بررسی کارایی تجزیه هیدروکربور نفتی زایلن با استفاده از تابش خورشیدی به روش UV/TiO_2 در پساب صنعتی سنتتیک*

غلامرضا بنیادی‌نژاد[1]، محمد مهدی امین[2]، رویا ناطقی[3]، امیر محمدی بوینی[1]، بهزاد جابریان[1]

چکیده

مقدمه: ترکیبات بنزن، تولوئن، اتیل بنزن و زایلن (BTEX یا Benzene, Toluene, Ethyl benzene and Xylene) در محیط‌های آبی از لحاظ بهداشتی و زیست محیطی بسیار خطرناک بوده، دارای سمیت بالا می‌باشند. هدف این مطالعه، بررسی کارایی تجزیه فتوکاتالیستی هیدروکربن نفتی زایلن در پساب صنعتی سنتتیک به روش UV/TiO_2 با استفاده از تابش خورشیدی بود.

روش‌ها: این مطالعه از نوع تجربی مداخله‌ای بوده، که در مقیاس آزمایشگاهی انجام شد. رآکتور مورد استفاده دارای پنج مدول شیشه‌ای متصل به هم با قطر ۳ cm و یک موتور گرداننده جهت حداکثر دریافت اشعه UV خورشید بود. برای تعیین عوامل مؤثر بر راندمان حذف- پاسخ، از نسبت سیگنال به نویز استفاده شد که با استفاده از فرمول $-10*\log_{10}^{\sum(1/y_1^2)/n}$ به دست می‌آید.

یافته‌ها: طبق نتایج به دست آمده، غلظت ورودی زایلن بیشترین تأثیر را بر راندمان حذف داشت و فاکتورهای مؤثر بعدی به ترتیب pH با مقدار ۷، زمان با محدوده ۶۰ تا ۱۸۰ دقیقه و غلظت TiO_2 با مقدار ۰/۰۱ mol/L بودند. شدت اشعه آفتاب در محدوده ۴۵ w/cm^2 تا ۶۰ و درجه حرارت در محدوده ۴۰ تا ۶۰ درجه سانتی‌گراد بود.

نتیجه‌گیری: روش تاگوچی در تجزیه و حذف هیدروکربن نفتی زایلن، ارتباط معنی‌دار آماری بین راندمان حذف با فاکتورهای مورد آزمایش نشان داد و در همه موارد $P < 0/1$ به دست آمد. غلظت زایلن بیشترین تأثیر را در کارایی تجزیه داشته، با افزایش آن کارایی حذف افزایش یافت. به طوری که در شرایط بهینه ۹۳/۳۳ درصد زایلن حذف گردید.

واژه‌های کلیدی: زایلن، انرژی خورشیدی، دی اکسید تیتانیوم، فرایندهای اکسیداسیون پیشرفته.

نوع مقاله: *تحقیقی*

دریافت مقاله: ۸۹/۱/۲۲ *پذیرش مقاله: ۸۹/۴/۱*

مقدمه

آب خالص تنها به حالت بخار، به صورت تقریبی، در طبیعت وجود دارد و در سایر اشکال آن ناخالصی‌های مختلفی را همراه خود دارد. این ناخالصی‌ها به هنگام عبور آب از قسمت‌های مختلف چرخه هیدرولوژیکی مثل تماس آب با مواد موجود در هوا و در سطح و زیر سطح زمین می‌توانند وارد آن شوند. فعالیت‌های انسان نیز به نوبه خود از طریق مواد زاید صنعتی و خانگی، مواد شیمیایی کشاورزی و سایر آلاینده‌ها، ناخالصی‌های دیگری را وارد آب می‌نماید. امروزه با ارتقای استانداردهای کیفی آب آشامیدنی و ابداع روش‌های

* این مقاله حاصل پایان‌نامه دانشجویی در مقطع کارشناسی ارشد در دانشگاه علوم پزشکی اصفهان می‌باشد.

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد بهداشت محیط، مرکز تحقیقات محیط زیست، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران.

۲- دانشیار، مرکز تحقیقات محیط زیست، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران. (نویسنده مسؤول)

Email: amin@hlth.mui.ac.ir

۳- کارشناس ارشد، گروه بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی زنجان، زنجان، ایران.

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-11-07]

www.mui.ac.ir

اندازه‌گیری دقیق‌تر، نیاز به استفاده از روش‌های تکمیلی تصفیه، بیش از پیش ضروری می‌نماید (۱). در سال‌های اخیر آلودگی آب‌های زیرزمینی به وسیله ترکیبات آلی یک مسأله نگران کننده می‌باشد. به طوری که از سال ۱۹۹۰ در قسمت عمده‌ای از مباحث سیاست‌های عمومی بسیاری از کشورهای توسعه یافته قرار گرفته است. آلودگی آب‌های زیرزمینی به وسیله مایعات سوختی و دیگر مشتقات هیدرکربورهای نفتی رها شده از مخازن ذخیره نفتی یک مشکل زیست محیطی شایع و جدی می‌باشد (۲). این ترکیبات شامل بنزن، تولوئن، اتیل بنزن، زایلن (Benzene Toluene Ethyl benzene Xylene یا BTEX) و کل هیدروکربورهای نفتی (Total Petroleum Hydrocarbons یا TPHs) بوده، که بسیار خطرناک و دارای سمیت بالا و توانایی تجمع بیولوژیکی می‌باشند. بسیاری از کشورها درباره این ترکیبات برنامه‌های مدونی دارند. این ترکیبات هنگامی که به محیط زیر سطحی (آب‌های زیرزمینی) وارد می‌شوند، به عنوان مایعاتی با فاز غیر آبی حضور می‌یابند (۳). تکنیک‌های متداول تصفیه برای آب‌های زیرزمینی آلوده شده توسط هیدروکربورهای نفتی شامل زدودن به وسیله هوادهی در برج‌های محصور، جذب بر روی کربن فعال گرانوله، استخراج به وسیله بخار و تجزیه بیولوژیک می‌باشد، که متأسفانه هر یک از این فرایندها دارای معایبی هستند (۴). فرایند تجزیه بیولوژیکی به تنهایی می‌تواند برای تصفیه آلودگی‌های با غلظت پایین به کار برده شود و کاربرد آن برای آلودگی‌های با سطح بالا (غلظت بالای هیدروکربورهای نفتی) مشکل می‌باشد (۵). فرایندهای اکسیداسیون پیشرفته (Advance Oxidation Processes یا AOPs) اغلب برای تصفیه فاضلاب حاوی آلاینده‌های آلی مقاوم به کار گرفته می‌شود (۶). در دهه گذشته فرایندهای اکسیداسیون پیشرفته (AOPs) برای تجزیه آلاینده‌های مقاوم مؤثر واقع شده است، که اساس آن‌ها بر تولید رادیکال آزاد هیدروکسیل با واکنش‌پذیری بالا می‌باشد. این روش‌ها به علت این که در جریان تصفیه فراورده‌های جانبی تولید نمی‌کنند و تولید فراورده‌های پایدار، بی‌خطر و معدنی شده مانند آب و دی اکسید کربن می‌کنند، دارای جذابیت می‌باشند. UV/O_3، UV/H_2O_2 و UV/TiO_2 از انواع مهم AOPs می‌باشند که ترکیب آن‌ها نیز برای تکمیل معدنی کردن آلاینده‌های آلی مقاوم به کار گرفته شده است که از این میان ازن خطرناک می‌باشد و همچنین باید در محل تولید شود. علاوه بر آن به کنترل شدیدی نیاز دارد (۷، ۶). در مطالعه‌ای Hyoung و همکاران با استفاده از سیستم راکتور فتوکاتالیستی خورشیدی حذف بیش از ۷۰ درصد بنزن، زایلن، اتیل بنزن و تولوئن را از طریق فرایند اکسیداسیون پیشرفته به روش UV/TiO_2 خورشیدی، در مدت چهار ساعت گزارش نموده‌اند. همچنین ایشان گزارش کردند که استفاده از سیستم فوق با TiO_2 پوشش داده شده، در سطوح داخلی راکتور و نیز استفاده از سیستم فوتوکاتالیستی UV/H_2O_2 خورشیدی، کارآیی چندانی در حذف BTEX نداشته است. همچنین ایشان اعلام کردند که افزودن پراکسید هیدروژن به مقدار ۱۰ میلی‌مول، کارآیی حذف BTEX را توسط سیستم UV/TiO_2 خورشیدی به طور مؤثری افزایش می‌دهد (۵). در مطالعه‌ای امین و همکاران با استفاده از راکتور بیوفیلم بی‌هوازی ناپیوسته متوالی (Anaerobic Sequencing Biofilm Batch Reactor یا ASBBR) توانستند ترکیبات BTX، با غلظت‌های ۵، ۲۰ و ۵۰ mg/L را در مخلوطی از فاضلاب سنتتیک پتروشیمی حاوی BTX را به ترتیب با کارایی ۶۱، ۷۹ و ۵۰ درصد حذف نمایند (۹). در مطالعه‌ای که توسط Tiburtius ER و همکاران صورت گرفت، به طور تقریبی همه BTX در مدت زمان ۳۰ دقیقه با استفاده از فرایند فتوفنتون به همراه UV تجزیه گردید. همچنین گزارش کردند که سیستم H_2O_2/UV کارایی تجزیه کمتری را دارد (۱۰). در تحقیقی دیگر Sahle-Demessie و همکاران نیز از سیستم فتوکاتالیستی UV/TiO_2 خورشیدی جهت حذف (Methyl Tertiary Butyl Ether یا MTBE) استفاده کردند که توانستند ۹۹ درصد MTBE را حذف کنند (۱۱). تجزیه فتوکاتالیستی فرایندهای آلی با استفاده از تابش خورشیدی در مقایسه با فرایندهای با استفاده از تابش

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-11-07]
www.mui.ac.ir

مصنوعی UV که به توان الکتریسیته ورودی قابل توجهی نیاز دارد، از لحاظ اقتصادی دارای مزیت مهمی است. همچنین انرژی خورشیدی به مقدار فراوانی در کشورهای استوایی و گرمسیری در دسترس می‌باشد که می‌تواند به طور مؤثری در تجزیه آلاینده‌های آلی تحت عنوان تابش خورشیدی تغلیظ شده، در فرایندهای فتوکاتالیستی و فتوشمیایی مورد استفاده قرار گیرد (۱۲، ۸). با توجه به نفت خیز بودن کشور ایران و وجود تأسیسات متعدد مرتبط با نفت مانند صنایع پتروشیمی و در نتیجه تولید حجم بالای فاضلاب حاوی هیدروکربن‌های نفتی از جمله زایلن و تولوئن و نظر به مقاوم بودن این ترکیبات نسبت به روش‌های متداول تصفیه فاضلاب و همچنین تأثیر رهاسازی فاضلاب تولیدی این صنایع بر سلامت بشر و محیط زیست و از طرف دیگر استفاده از انرژی فراوان و نامحدود خورشیدی که موجب کاهش چشمگیر هزینه‌های اقتصادی در تصفیه ترکیبات مذکور در صنایع مرتبط با نفت می‌گردد، این مطالعه با هدف بررسی کارایی تجزیه فتوکاتالیستی هیدروکربن نفتی زایلن در پساب صنعتی سنتتیک به روش UV/TiO_2 با استفاده از تابش خورشیدی انجام شد.

روش‌ها

این مطالعه از نوع تجربی مداخله‌ای بوده، که در مقیاس آزمایشگاهی انجام شد. مواد شیمیایی به کار برده شده از شرکت مرک آلمان تهیه گردید. در این تحقیق غلظت نهایی زایلن یا متغیر وابسته در مقابل پارامترهای راهبری و عملیاتی که متغیرهای مستقلی مانند pH، غلظت اولیه زایلن، زمان در معرض قرارگیری پرتو UV خورشید و غلظت‌های مختلف دی اکسید تیتانیم (TiO_2) می‌باشند، مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. رآکتور مورد استفاده دارای پنج مدول شیشه‌ای متصل به هم با قطر ۳ cm، حجم ۱/۵ لیتر و مجهز به یک موتور گرداننده جهت حداکثر دریافت اشعه UV خورشید بود. برای تهیه پساب سنتتیکی غلظت‌های مختلفی از هیدروکربور نفتی زایلن تهیه و در مخزن ذخیره ۳ لیتری ریخته شد. به محلول‌های حاوی زایلن غلظت‌های مختلف دی اکسید تیتانیوم در دامنه غلظت mol/L ۰/۰۰۵، ۰/۰۱ و ۰/۰۵ اضافه شد. جهت اختلاط کامل محلول در درون رآکتور، از یک پمپ آکواریومی استفاده گردید. در زیر سطح مدول به منظور ایجاد انعکاس نور خورشید به سمت تیوب‌ها آینه‌ای با انعکاس بالا نصب شده بود. جریان محلول توسط یک پمپ آکواریومی از مخزن ذخیره مکش شده، به سمت رآکتور منتقل می‌شد. شدت نور خورشید توسط رادیومتر UV اندازه‌گیری و ثبت گردید. همچنین رآکتور جهت دریافت مستقیم انرژی خورشیدی (اشعه UV) به یک موتور گرداننده در جهت چرخش خورشید در ساعات مختلف روز مجهز بود که توسط برنامه کامپیوتری PLC کنترل می‌شد. بعد از انجام واکنش کامل در زمان معین عمل سیرکوله متوقف شده، نمونه‌برداری در ظرف‌های مخصوص انجام شد و پس از انتقال به آزمایشگاه تحت شرایط خاص، مقادیر آلاینده توسط دستگاه GC-MS مدل (GC-۶۸۹۰N) مورد سنجش قرار گرفت. طراحی آزمایشات طبق روش تاگوچی با استفاده از نرم‌افزار Mini $Tab_{۱۵}$، آمیخته با یک عامل ۶ سطحی و ۳ عامل سه سطحی انجام شد. بعد از اتمام آزمایشات مربوطه، برای تعیین عوامل مؤثر بر راندمان حذف- پاسخ از نسبت سیگنال به نویز (Signal to noise ratio) استفاده شد که با استفاده از فرمول $-10*\log_{10}^{\sum(1/y_1^2)/n}$ به دست می‌آید. هر چه میانگین نسبت سیگنال به نویز برای هر عامل بیشتر باشد، آن عامل نقش بیشتری در پاسخ دارد.

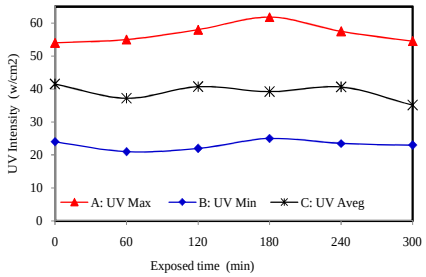
یافته‌ها

شکل ۱ میزان شدت نور خورشید اندازه‌گیری شده توسط رادیومتر UV را نشان می‌دهد که منحنی A و B به ترتیب نشان دهنده روزهایی هستند که بالاترین میزان شدت UV و کمترین شدت UV وجود داشت و منحنی C نشان دهنده مقدار متوسط شدت UV در تمام روزهای آزمایش می‌باشد. با توجه به جدول ۱، نتایج به دست آمده از تحلیل داده‌ها با استفاده از نسبت سیگنال به نویز نشان داد که بیشترین تأثیر

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-11-07]

www.mui.ac.ir

را غلظت ورودی زایلن بر راندمان حذف دارد. پس از آن به ترتیب pH، زمان و غلظت TiO_2 بر حذف آلاینده مورد بررسی تأثیرگذار بودند. به منظور تعیین سطوح اپتیمم هر عامل در کارایی فرایند فتوکاتالیستی خورشیدی، آنالیز داده‌ها با استفاده از مدل آماری تاگوچی انجام گردید که حاصل آن در شکل ۲ نشان داده شده است. شکل ۲ در مورد غلظت ورودی زایلن نشان می‌دهد که با افزایش غلظت ورودی، روندی صعودی در نسبت سیگنال به نویز به دست آمده است. محدوده زمان تا سطح ۲ یعنی تا ۱۸۰ دقیقه پس از شروع فرایند فتوکاتالیستی به بهبود فرایند حذف کمک نموده، اما در سطح ۳ به عبارت دیگر پس از گذشت ۳۰۰ دقیقه زمان تماس، بهبودی در کارایی فرایند حاصل نگردید، بنابراین نسبت سیگنال به نویز کاهش می‌یابد. pH نیز در سطح ۲ دارای بیشترین میانگین نسبت سیگنال به نویز بود. همچنین غلظت TiO_2 در سطح ۲ مناسب‌ترین نسبت سیگنال به نویز را داشت. با توجه به شکل ۲، سطوح اپتیمم به منظور بیشترین راندمان حذف آلاینده را می‌توان در سطوح بالای ۲ غلظت ورودی زایلن، سطح ۱ و ۲ زمان، سطح ۲ pH و سطح ۲ غلظت TiO_2 در نظر گرفت.

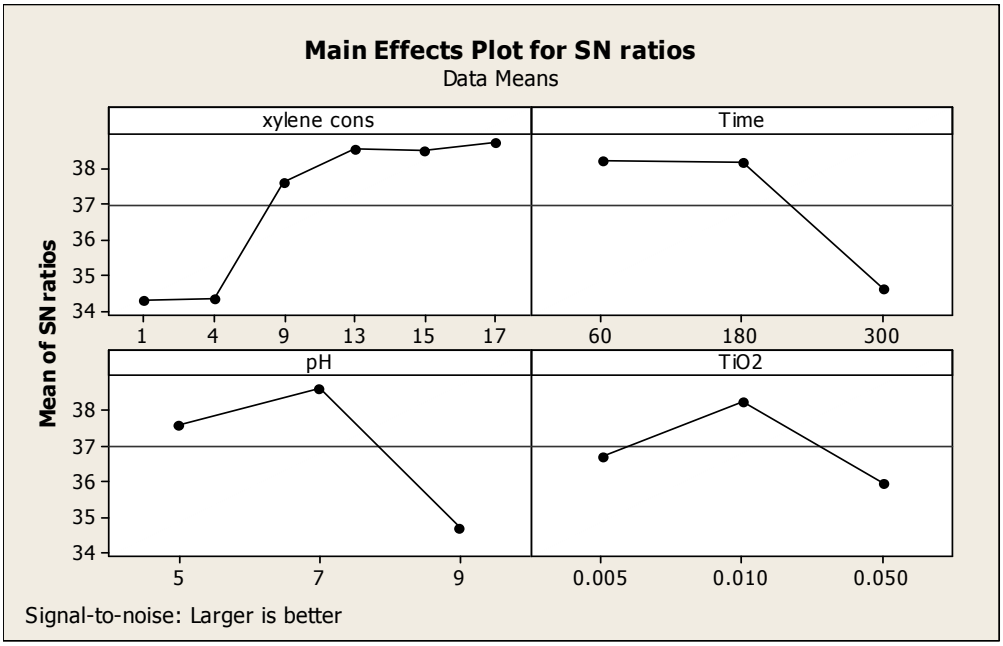


شکل ۱. شدت UV خورشید بر حسب (w/cm^2) در برابر زمان‌های در معرض قرارگیری رآکتور

جدول ۱. تحلیل واریانس نسبت سیگنال به نویز زایلن (هر چقدر بزرگتر باشد بهتر است)

سطح	غلظت زایلن	زمان	pH	TiO_2
۱	۳۴/۲۷	۳۸/۲۰	۳۷/۶۲	۳۶/۷۲
۲	۳۴/۳۲	۳۸/۱۵	۳۸/۶۲	۳۸/۲۷
۳	۳۷/۶۲	۳۴/۶۲	۳۴/۷۲	۳۵/۹۷
۴	۳۸/۵۲			
۵	۳۸/۴۹		.	
۶	۳۸/۷۱		.	
دلتا	۴/۴۵	۳/۵۸	۳/۹۰	۲/۲۹
رتبه (rank)	۱	۳	۲	۴

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-11-07]
www.mui.ac.ir



شکل ۲. سطوح اپتیمم هر عامل در حذف زایلن

(غلظت زایلن بر حسب mg/L، غلظت TiO_2 بر حسب mol/L و زمان بر حسب دقیقه)

بحث

همه آزمایشات انجام شده جهت تعیین تجزیه زایلن از پساب سنتتیک تحت شرایط روزهای آفتابی تابستان در بین ساعت ۱۱ صبح تا ۴ بعد از ظهر، که ساعات حداکثر اشعه UV ساطع شده از خورشید به سمت زمین می‌باشد، با استفاده از سیستم UV/TiO_2 خورشیدی انجام شد. شکل ۱ شدت تیپیک UV نور خورشید را از ساعت ۱۱ تا ۴ بعداز ظهر نشان می‌دهد. همان طور که در شکل نشان داده شده است، مطابق منحنی A شدت نور در بهترین شرایط یعنی یک روز کامل آفتابی بین ۵۴ تا ۶۱/۸ w/cm_2 نوسان داشته است. مطابق منحنی B شدت نور در بدترین شرایط آزمایش یا یک روز نیمه آفتابی بین ۲۱ تا ۲۴ w/cm_2 نوسان داشته، به طور میانگین در تمام روزهای انجام آزمایش‌ها، شدت نور بین ۳۵ تا ۴۱ w/cm_2 نوسان داشته است. بر اساس تجزیه و تحلیل آماری یافته‌های مطالعه توسط روش تاگوچی در تجزیه و حذف هیدروکربن نفتی زایلن، ارتباط معنی‌دار آماری را بین راندمان حذف با فاکتورهای مورد آزمایش نشان داد و در همه موارد $P < ۰/۱$ به دست آمد. با توجه به جدول ۱ که آنالیز واریانس‌های میانگین و نسبت سیگنال به نویز را نشان می‌دهد، مقدار F-ratio که در آن، فاکتور با بیشترین مقدار انتخاب می‌شود، غلظت زایلن بیشترین تأثیر را در کارایی تجزیه داشته، با افزایش آن کارایی حذف افزایش می‌یابد. فاکتورهای مؤثر بعدی به ترتیب pH با مقدار ۷، زمان با محدوده ۶۰ تا ۱۸۰ دقیقه و در آخر غلظت TiO_2 با مقدار ۰/۰۱ mol/L بود. شدت اشعه آفتاب در محدوده ۴۵ w/cm^2 تا ۶۰ و درجه حرارت سطح مدول در محدوده ۴۰ تا ۶۰ درجه سانتی‌گراد بود.

به طور کلی pH نقش مهمی را در تولید رادیکال‌های هیدروکسیل بازی می‌کند. به عبارت دیگر یکی از پارامترهای مهم در واکنش‌های فتوکاتالیزوری که در سطح ذرات رخ می‌دهد و بر سرعت واکنش‌های شیمیایی مؤثر می‌باشد، pH محیط است. زیرا pH محیط خصوصیات بار سطحی ذرات فتوکاتالیست را تحت تأثیر قرار می‌دهد (۱۵). بنابراین تجزیه فتوکاتالتیکی زایلن تحت تابش خورشیدی مطابق با مدل تاگوچی در محدوده pH اسیدی، خنثی و بازی مطالعه شد. pH محلول‌های حاوی زایلن با NaOH و H_2SO_4، قبل از

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-11-07]

www.mui.ac.ir

تابش تنظیم گردیدند. نتایج حاصل از آنالیز آماری مدل مربوطه در جدول ۱ و شکل ۲ نشان می‌دهد که pH برابر ۷ به عنوان pH بهینه به دست آمده است. به هر حال توصیف اثرات pH بر روی کارایی فرایند تجزیه فتوکاتالیتیکی وظیفه بسیار دشواری است، زیرا مکانیسم‌های واکنش متفاوتی مثل حمله رادیکال هیدروکسیل، اکسیداسیون مستقیم به وسیله حفره مثبت و احیای مستقیم به وسیله الکترون در باند هدایت (Conducting Band) می‌توانند در تجزیه مواد آلی نقش داشته باشند که اهمیت هر کدام به طبیعت ماده مربوطه و pH محیط بستگی دارد (۱۳).

تأثیر غلظت کاتالیست TiO_2 در فرایند فتوکاتالیستی خورشیدی بر روی میزان تجزیه زایلن مطابق آنالیز آماری مدل مربوطه در جدول ۱ و شکل ۲ در غلظت‌های mol/L ۰/۰۵، ۰/۰۱ و ۰/۰۰۵ مطالعه شد که غلظت mol/L ۰/۰۱ به عنوان غلظت بهینه به دست آمد. تجزیه نوری مواد آلی توسط فرایند فتوکاتالیستی به وسیله تحریک نوری نیمه رسانا، آغاز می‌شود و سپس توسط تشکیل یک جفت الکترون- حفره در سطح کاتالیست دنبال می‌شود (معادله ۱). پتانسیل بالای اکسیداتیو حفره (h_{VB}^+) در کاتالیست اجازه اکسیداسیون مستقیم مواد آلی به مواد واسطه را می‌دهد (معادله ۲). رادیکال‌های هیدروکسیل بسیار انفعالی همچنین می‌توانند توسط تجزیه آب (معادله ۳) و یا توسط واکنش حفره با OH^- تشکیل شود (معادله ۴). رادیکال هیدروکسیل یک اکسیدان غیر انتخابی بی‌نهایت قوی است که موجب تجزیه مواد شیمیایی آلی می‌شود.

$$TiO_2 + h\nu \rightarrow TiO_2\ (e_{CB}^- + h_{VB}^+) \quad (۱)$$

$$h_{VB}^+ + \text{dye} \rightarrow \text{oxidation of the dye} \quad (۲)$$

$$h_{VB}^+ + H_2O \rightarrow H^+ + {}^{\bullet}OH \quad (۳)$$

$$h_{VB}^+ + OH^- \rightarrow {}^{\bullet}OH \quad (۴)$$

همچنین الکترون‌ها در باند هدایت مسؤول تولید رادیکال‌های هیدروکسیل هستند که به عنوان دلیل اولیه معدنی‌سازی مواد آلی به شمار می‌روند (۱۴). نتایج حاصل نشان داد که افزایش مقدار بارگذاری TiO_2 تا مقدار mol/L ۰/۰۱ موجب افزایش کارایی حذف گردیده، پس از آن با افزایش بارگذاری TiO_2 کارایی فرایند کاهش یافته است. این نتایج می‌تواند به صورت قابلیت در دسترس بودن محل‌های فعال در سطح کاتالیست و نفوذ نور UV به داخل سوسپانسیون توضیح داده شود. مساحت سطح فعال کل با افزایش دوز کاتالیست افزایش می‌یابد. در زمان مشابه افزایش مقدار کاتالیست باعث افزایش کدورت سوسپانسیون شده، نفوذ نور UV کاهش یافته، موجب افزایش اثر پراکندگی شده است و بنابراین حجم سوسپانسیون فعال شده توسط نور کاهش می‌یابد و در نتیجه کارایی فرایند کاهش می‌یابد (۱۴).

با توجه به نتایج این مطالعه و مقایسه آن با تحقیقات دیگر محققین می‌توان به این نکته دست یافت که استفاده از فرایندهای اکسیداسیون پیشرفته، علاوه بر دست‌یابی حذف آلاینده‌های مقاوم در مدت زمان کوتاه می‌توان این ترکیبات خطرناک را به محصولات بی ضرری مثل آب و دی اکسید کربن تجزیه نمود و همچنین از معایب استفاده از فرایندهای اکسیداسیون پیشرفته این است که در حضور UV مصنوعی، می‌توان به مصرف انرژی آن اشاره نمود؛ در حالی که در این مطالعه از انرژی بی پایان خورشید استفاده شد و در شرایط بهینه ۹۳/۳۳ درصد زایلن حذف گردید.

تشکر و قدردانی

این مقاله نتیجه حاصل از طرح پژوهشی شماره ۲۸۸۲۶۷ مصوب معاونت تحقیقات و فناوری دانشگاه علوم پزشکی اصفهان می‌باشد. بدین وسیله از پشتیبان مالی طرح قدردانی می‌گردد.

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-11-07]

www.mui.ac.ir

References

1. Salehzade A. (Pesticides and their effects). MSPH Thesis of Isfahan University of Medical Sciences, Faculty of Health, Department of Environmental Health Engineering 2006: 112-125. (Persian)
2. San A. Use of risk-based standards for cleanup of petroleum contaminated soil, Armstrong Laboratory,and Air Force Institute of Technology 1994: 98-106.
3. Huntleya D, Beckettb G D. Persistence of LNAPL sources: Relationship between risk reduction and LNAPL recovery. Journal of Contaminant Hydrology 2002; 59: 3–26.
4. Roberto A, Marisa C. Fe(III) homogeneous photocatalysis for the removal of1, 2-dichlorobenzene in aqueous solution by means UV lamp and solar light. J Water research 2006; 40: 3785 – 3792.
5. Hyoung Ch, Lee-Hyung K. Solar Photocatalytic Degradation of Groundwater Contaminated with Petroleum Hydrocarbons. J Wiley InterScience 2006. Available from: http://www.interscience.wiley.com.
6. Dhananjay S, Vishwas G. Photocatalytic degradation of nitrobenzene using titanium dioxide and concentrated solar radiation: chemical effects and scaleup. Journal of Water Research 2003; 37: 1223–1230.
7. DeHeredia J B, Torregrosa J, Dominguez J R, Peres J A. Oxidation of p-hydroxy benzoic acid by UV radiation and by TiO2/UV radiation: Comparison and modeling of reaction kinetics. Journal of Hazardous Materials B 2001; 38: 255–264.
8. Subramaniam V, Pangarkar V G, Beenackers AACM. Photocatalytic degradation of p-hydroxybenzoic acid: relationship between substrate adsorption and photocatalytic degradation. J Clean Prod Process 2000; 2: 149–56.
9. Amin M M, Estebar M, Ghasemian M, Jaafarzade N. biodegradation of BTX in petrochemical industries wastewater throgh anaerobic sequencing biofilm batch reactor(ASBBR) in bench scale. IWA Chemical industries international conference 2008:
10. Tiburtius E R, Peralta Zamora P, Emmel A. Treatment of gasoline-contaminated waters by advanced oxidation processes. J Hazard Mater 2005; 26: 86-90.
11. Sahle Demessie E, Enriquez J, Gupta G. Treatment of gasoline-contaminated waters by advanced oxidation processes . Water Environment Federation 2005; 126: 86-90.
12. Yawalkar A A, Bhatkhande D S, Pangarkar V G, Beenackers AACM. Solar assisted photocatalytic and Institute of Chemical photochemical degradation of phenol. J Chemtech Biotech 2001; 76: 363–70.
13. Mahmoodi N M, Arami M, Yousefi Limaee N, Salman Tabrizi N. Decolorization and aromatic ring degradation Kinetics of Direct Red 80 by UV oxidation in the presence of hydrogen peroxide utilizing TiO_2 as a photo catalyst. J Chem Eng 112; 2005: 191-196.
14. Daneshvar N, Rasoulifard M H, Khataee A R, Hosseinzadeh F. Removal of C.I. Acid Orange 7 from aqueous solution by UV irradiation in the presence of ZnO nanopowder. J Water and Wastewater Treatment 2006; 95-101.

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-11-07]

www.mui.ac.ir

Performance analysis of xylene as a petroleum hydrocarbons using solar radiation UV/TiO_2 method in industrial synthetic waste*

Gholam Reza Bonyadinejad[1], Mohammad Mehdi Amin[2], Roya Nateghi[3], Amir Mohammadi Boini[1], Behzad Jaberian[1]

Abstract

Background: Benzene, toluene, ethyl benzene and xylene compounds (BTEX) are very dangerous in terms of health and environmental and have high toxicity in aquatic environment. The purpose of this study was to investigate the performance analysis of Petroleum Hydrocarbons Xylene Using Solar Radiation UV/TiO_2 Method in industrial synthetic waste.

Methods: scale. The reactor used was consisted of five connected glass modules with 3cm diameter and a drive motor for receiving maximum solar UV radiation. To determine the factors influencing the efficiency, elimination of the response signal to the noise ratio was calculated using the equation: $-10*\log\sum^{(1/y_1^2)/n}_{10}$.

Findings: Based on the findings obtained, the input xylene concentration had the most affect on the removal efficiency and the subsequent effective factors were respectively pH with the value of 7, the time in the range of 60 to 180 minutes and TiO_2 concentration of 0.01 mol/l. Intensity of solar ray and temperature were in the range of 45 to 60 w/cm^2 and 40 to 60 °C, respectively.

Conclusion: The statistical Taguchi model showed significant relationship between the removal efficiency of xylene and the tested factors, and $P < 0.1$ was obtained in all the cases. Xylene concentration had the most effect on degradation performance. The removal efficiency increases by increasing xylene density. 93.33% of considered pollutant was removed in the optimum condition.

Key words: Xylene, Solar Energy, Titanium Dioxide, Advanced Oxidation Processes.

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-11-07]

* This article derived from master thesis by Isfahan University of Medical Sciences.

1- MSc Student of Environmental Health, Environment Research Center, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran.
2- Associate Professor, Environment Research Center, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran (Corresponding Author)
Email: amin@hlth.mui.ac.ir
3- MSc, Department of Environmental Health, School of Health, Zanjan University of Medical Sciences, Zanjan, Iran.

www.mui.ac.ir