Journal of Occupational Hygiene Engineering *Volume 5, Issue 4, Winter 2019, Pages: 26-32*

Original Article

doi: *10.29252/johe.5.4.26*

Effect of the Type of Ultraviolet on the Photocatalytic Removal of Xylene as a Pollutant in the Air Using TiO_2 Nanoparticles Fixed on the Activated Carbon

Hossein Ali Rangkooy[1], Fereshteh Jahani[1], Atefeh Siahi Ahangar[2,*]

[1] *Assistant Professor, Environmental Technologies Research Center, Ahvaz Jundishapur University of Medical Sciences, Ahvaz, Iran*

[2] *MSc Student, Department of Occupational Health Engineering, School of Health, Ahvaz Jundishapur University of Medical Sciences, Ahvaz, Iran*

**** Corresponding Author:** Atefeh Siahi Ahangar, Department of Occupational Health Engineering, School of Health, Ahvaz Jundishapur University of Medical Sciences, Ahvaz, Iran. Email: siahi2068@gmail.com*

***Received:** 18/01/2019*
***Accepted:** 23/02/2019*

How to Cite this Article:
Rangkooy HA, Jahani F, Siahi Ahangar A. Effect of the Type of Ultraviolet on the Photocatalytic Removal of Xylene as a Pollutant in the Air Using TiO_2 Nanoparticles Fixed on the Activated Carbon. J Occup Hyg Eng. 2019; 5(4): 26-32. DOI: 10.29252/johe.5.4.26

Abstract

Background and Objective: *Currently, photocatalysts have become a major focus of research in physics, chemistry, and surface engineering. It is hoped that this science help to solve various environmental problems. This study investigated the effect of ultraviolet lamp type on the removal efficiency of xylene utilizing the fixation of TiO_2 nanoparticles on the activated carbon absorber and passing different concentrations of polluted air through xylene.*

Materials and Methods: *In this experimental study, after the fixation of nanoparticles on activated carbon, the produced catalyst characteristics with the specific surface area were determined using Brunauer-Emmett-Teller (BET) analysis and scanning electron microscope (SEM). A dynamic concentrator system was used in order to produce xylene vapor. Moreover, the photocatalytic removal efficiency of xylene with three inlet concentrations of the pollutant was studied under ultraviolet rays in the wavelengths of A and C regions.*

Results: *The results of BET analysis and SEM images showed that nanoparticles were well fixed on the surface of activated carbon. Moreover, the photocatalytic removal efficiency in the concentrations of 50, 100 and 300 ppm was equal to 87.8%, 98.9%, and 90.8%, respectively. In addition, no significant difference was observed between ultraviolet A and C regarding photocatalytic removal efficiency of xylene.*

Conclusion: *According to the results of this study, the inlet concentration of the pollutant had an effect on its photocatalytic removal efficiency. However, there was no significant difference between ultraviolet A and C regarding photocatalytic removal efficiency of xylene.*

Keywords: *Photocatalytic Removal; TiO_2 Nanoparticles; Ultraviolet A; Ultraviolet C*

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-11-06]

[DOI: 10.29252/johe.5.4.26]

Copyright *© 2019 Journal of Occupational Hygiene Engineering. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/) which permits copy and redistribute the material just in noncommercial usages, provided the original work is properly cite*

مجله مهندسی بهداشت حرفه‌ای دوره ۵، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۷، صفحات ۲۶ تا ۳۲

مقاله پژوهشی

doi: 10.29252/johe.5.4.26

بررسی تأثیر نوع اشعه فرابنفش در کارایی حذف فتوکاتالیستی آلاینده زایلن در هوا توسط نانوذرات TiO_2 تثبیت‌شده بر روی بستر زغال فعال

حسینعلی رنگ کوی[۱]، فرشته جهانی[۱]، عاطفه سیاهی آهنگر[۲،*]

[۱] استادیار، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور اهواز، اهواز، ایران

[۲] دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور اهواز، اهواز، ایران

* **نویسنده مسئول:** عاطفه سیاهی آهنگر، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور اهواز، اهواز، ایران. ایمیل: *siahi2068@gmail.com*

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۷/۱۰/۱۸

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۷/۱۲/۰۴

تمامی حقوق نشر برای دانشگاه علوم پزشکی همدان محفوظ است.

چکیده

سابقه و هدف: امروزه فتوکاتالیست بخش عمده‌ای از تحقیقات در حوزه‌های علمی از قبیل فیزیک، شیمی و مهندسی سطح را از آن خود کرده است و امید آن می‌رود که بتوان برای رفع مشکلات مختلف زیست محیطی، راه‌حل‌های مناسبی را به کمک این علم به‌دست آورد. در این مطالعه با تثبیت نانوذرات TiO_2 بر روی جاذب زغال فعال و عبور جریان هوای آلوده به غلظت‌های مختلف از آلاینده زایلن، اثر نوع لامپ *UV* (*Ultraviolet*) بر کارایی حذف زایلن مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها: در این مطالعه تجربی پس از تثبیت نانوذرات بر روی بستر زغال فعال، ویژگی‌های کاتالیست‌های تولیدشده با تعیین سطح ویژه با استفاده از آنالیز *BET* (*Brunauer–Emmett–Teller*) و تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی مشخص شدند. برای تولید بخار زایلن از سیستم غلظت‌ساز دینامیک استفاده گردید. همچنین، کارآیی حذف فتوکاتالیستی زایلن با سه غلظت ورودی از آلاینده تحت تابش اشعه‌های فرابنفش در نواحی طول موج‌های *A* و *C* مورد مطالعه قرار گرفت.

یافته‌ها: نتایج حاصل از آنالیز *BET* و تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی نشان دادند که نانوذرات به‌خوبی بر روی بستر زغال فعال تثبیت شده‌اند. علاوه‌براین، کارایی حذف فتوکاتالیستی در غلظت‌های ۵۰، ۱۰۰ و ۳۰۰ بخش بر میلیون به‌ترتیب برابر با ۸۷/۸، ۹۸/۹ و ۹۰/۸ درصد به‌دست آمد. شایان ذکر است که تفاوت معناداری در کارایی حذف فتوکاتالیستی زایلن تحت تابش اشعه *UV-A* و *UV-C* مشاهده نشد.

نتیجه‌گیری: مطابق با نتایج مطالعه حاضر، غلظت ورودی آلاینده بر روی کارایی حذف فتوکاتالیستی آن اثرگذار می‌باشد؛ اما تفاوت معناداری در کارایی حذف زایلن تحت تابش اشعه *UV-A* و *UV-C* مشاهده نگردید.

واژگان کلیدی: اشعه *UV-A*؛ حذف فتوکاتالیستی؛ نانوذرات TiO_2؛ *UV-C*

مقدمه

آلاینده‌های مهم شیمیایی آلی موجود در مجتمع‌های پتروشیمی شامل: بنزن، تولوئن، زایلن، اتیل بنزن و هگزان نرمال بوده و برخی از آن‌ها به‌صورت بالقوه توانایی ایجاد ناهنجاری‌های خونی را دارند. علت حساسیت سیستم خون‌ساز به آسیب ناشی از سمیت ترکیبات شیمیایی این است که این سیستم دارای فعالیت‌های متابولیکی بالایی می‌باشد تا بدین‌طریق نیازهای مربوط به تکثیر سریع سلول‌ها در این بافت فراهم گردد. علت مهم دیگر، وابستگی این سیستم به تعداد کمی از سلول‌های بنیادی با فعالیت تکثیری محدود می‌باشد [۱].

زایلن یکی از ۳۰ ترکیب شیمیایی است که به‌صورت انبوه تولید می‌شود و در صنایع مختلف از ترکیبات آن استفاده می‌گردد. همچنین به‌عنوان مکمل همراه بنزن به بنزین اضافه می‌شود. زایلن و ایزومرهای مختلف این ترکیب آروماتیک در رتبه دوم تولید و مصرف آروماتیک‌ها پس از بنزن قرار دارند. باید توجه داشت که زایلن سه فرم ایزومری دارد که ایزومر ارتو (*o*-)، متا (*m*-) و پارا (*p*-) نامیده می‌شوند [۲].

با توجه به اینکه مواجهه با آلاینده‌های شیمیایی می‌تواند باعث ایجاد عوارض بهداشتی مختلفی در ارتباط با سیستم اعصاب مرکزی و دیگر ارگان‌های داخلی مانند کبد شود و نیز از آنجایی که این آلاینده‌ها در صورت انتشار در اتمسفر می‌توانند باعث تشکیل مه دود فوتوشیمیایی، گرم‌شدن کره زمین، تغییرات آب و هوایی و دیگر مشکلات محیط زیستی گردند، تدوین

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-11-06]

[DOI: 10.29252/johe.5.4.26]

استراتژی‌هایی برای کاهش بخارات شیمیایی مسأله بسیار مهمی می‌باشد [۳].

یکی از مهم‌ترین و متداول‌ترین روش‌های مورد استفاده در کنترل ترکیبات آلی فرار، روش تجزیه فتوکاتالیستی می‌باشد [۴،۵]. در تجزیه فتوکاتالیستی، آلاینده‌های آلی از فتوکاتالیست‌هایی مانند اکسید روی برای حمل فوتون فرایند اکسایش به‌منظور تبدیل ترکیب‌های آلی فرار به آب و دی‌اکسید کربن استفاده می‌شوند [۶-۸]. صرف انرژی و هزینه کمتر، واکنش‌های سریع‌تر و شرایط واکنش ملایم‌تر از جمله مهم‌ترین مزایای استفاده از فتوکاتالیست‌ها می‌باشد [۷،۹].

سولفیدها و اکسیدهای فلزی از جمله فتوکاتالیست‌های رایج می‌باشند که از جمله آن‌ها می‌توان به ZnO، SnO_2، ZrO_2، Fe_2O_3، WO_3، ZnS و CdS اشاره کرد [۱۰]. رایج‌ترین این فوتوکاتالیست‌ها TiO_2، WO_3 و ZnO هستند [۱۱-۱۳]. ذرات TiO_2 با فوتون‌های پرانرژی در نتیجه ترک حفره‌های الکترونی باعث بالابردن الکترون از نوار ظرفیت به باند هدایت می‌گردد. دی‌اکسید تیتانیوم به دلیل سمیت کم، انرژی شکاف باند بالا، ارزان‌بودن، سازگاری با محیط زیست، پایداری شیمیایی و فعالیت بالا برای حذف ترکیبات آلی فرار به‌طور گسترده‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرد [۱۴-۱۷].

کربن فعال یک جاذب از جنس زغال و شکل کریستالی می‌باشد که در ساختار داخلی آن روزنه‌های زیادی وجود دارد. این نوع کربن، ارزان و در دسترس بوده و ساختار آن به‌گونه‌ای است که به ازای هر گرم، سطح بسیار زیادی را برای جذب نسبت به سایر مواد ایجاد می‌کند [۱۸].

باید خاطرنشان ساخت که استفاده از لامپ‌های فرابنفش در حذف آلاینده‌ها بسیار رایج است؛ زیرا این لامپ‌ها با تولید زوج الکترون و حفره بر روی نانوذرات، قدرت اکسیدکنندگی آن‌ها را افزایش می‌دهند که به آن "سیستم تجزیه نوری" گفته می‌شود. سیستم تجزیه نوری شامل ذرات نیمه‌هادی می‌باشد که در تماس نزدیک با محیط مایع و گاز قرار دارند. اساس و پایه فرایند فتوکاتالیست UV/ نانوذرات، تحریک نوری فوتوکاتالیست‌ها بر اثر جذب اشعه الکترومغناطیس است. اولین مرحله در فرایند فتوکاتالیتیک، جذب اشعه UV در سطح نانوذرات همراه با تشکیل الکترون و حفره‌های حاصل از خارج‌شدن الکترون‌ها می‌باشد. این الکترون‌های تشکیل‌شده، قدرت احیای خوبی دارند و باعث احیای برخی از فلزات و اکسیژن محلول می‌گردند (به‌عنوان گیرنده الکترون عمل می‌کنند) و متعاقب آن یون سوپراکسید تولید می‌شود که می‌تواند به‌عنوان اکسیدکننده عمل نماید [۱۹-۲۱].

تغییر پارامترها در تجزیه فتوکاتالیستی می‌تواند بر میزان کارایی حذف آلاینده اثرگذار باشد؛ از این رو در پژوهش حاضر با تثبیت نانوذرات TiO_2 بر روی جاذب زغال فعال و عبور جریان هوای آلوده با غلظت‌های مختلف از زایلن تحت تابش لامپ $UV\text{-}A$ و $UV\text{-}C$، اثر نوع لامپ UV بر کارایی حذف زایلن مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

مطالعه تجربی حاضر در مقیاس آزمایشگاهی انجام شد. ابتدا نانوذرات دی‌اکسید تیتانیوم تثبیت‌شده بر روی بستر زغال فعال (TiO_2-AC) سنتز گردیدند. سپس ویژگی‌های فیزیکی، مورفولوژی سطح و قابلیت آن‌ها در تجزیه و حذف زایلن در فاز گازی تحت تابش اشعه فرابنفش بررسی شدند.

تثبیت نانوذرات بر روی بستر زغال فعال

در این پژوهش برای بررسی درصد بهینه، نانوذرات TiO_2 به روش تلقیح مرطوب با نسبت ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ درصد وزنی بر روی بستر زغال فعال تثبیت شدند. مقدار مناسب از هر نانوذره در ارلن ۵۰ سی‌سی ریخته شد و ۳۰ سی‌سی آب مقطر دوبار تقطیرشده به آن اضافه گردید. سپس به مدت ۳۰ دقیقه در دستگاه التراسونیک و پس از آن ۳۰ دقیقه بر روی شیکر با فرکانس ۲۵۰ دور در دقیقه قرار گرفت. در ادامه، مقدار مناسبی از بستر زغال فعال به آن اضافه شده و مجدداً به مدت ۳۰ دقیقه در دستگاه التراسونیک و سپس به مدت دو ساعت بر روی شیکر با فرکانس ۲۵۰ دور در دقیقه قرار گرفت. پس از آن مواد از کاغذ صافی عبور داده شدند و کاغذ صافی به مدت ۲۴ ساعت در آونی با دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت. سپس، مواد درون بوته‌چینی ریخته شدند و به مدت دو ساعت و نیم در کوره‌ای با دمای ۳۰۰ درجه سانتی‌گراد خشک گردیدند تا فرایند تثبیت به درستی انجام شود.

تعیین مشخصات فتوکاتالیست

برای تعیین مساحت سطحی و سایز حفرات از دستگاه آنالیزور مساحت سطحی *Quantachrome Chem BET* با جریان گاز نیتروژن استفاده گردید. در این روش با اندازه‌گیری فشار گاز نیتروژن تزریق‌شده به داخل نمونه، میزان مساحت جذب ویژه اندازه‌گیری می‌شود. برای تعیین مورفولوژی و تخمین اندازه ذرات از میکروسکوپ الکترونی روبشی *FESEM Mira3 Tescan* با ولتاژ شتاب‌دهنده ۱۵ کیلوولت استفاده گردید.

سیستم راکتور فوتوکاتالیستی

سیستم آزمایش تجزیه فتوکاتالیستی زایلن به‌صورت جریان مداوم و دینامیک طراحی شد. سیستم فتوراکتور متشکل از یک محفظه استوانه‌ای به طول ۳۰ و قطر ۴ سانتی‌متر از جنس دیواره کوارتز بود. شایان ذکر است که ورودی

هوا در قسمت بالا و خروجی هوا در قسمت پایین طراحی گردید و بین ورودی و خروجی، بستر زغال فعال با پوشش نانوذرات TiO_2 قرار داده شد. در قسمت میانی استوانه یک منبع مولد اشعه با توان ۸ وات قرار گرفت و در اطراف راکتور سه لامپ

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-11-06]

[DOI: 10.29252/johe.5.4.26]

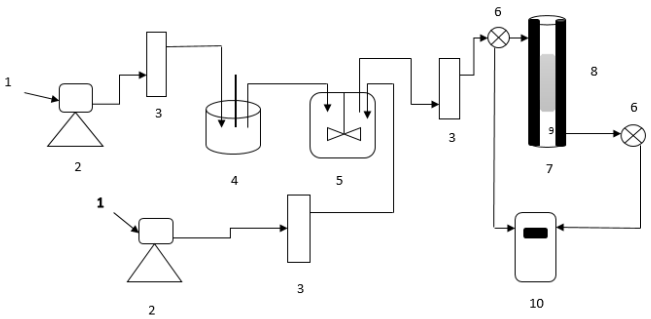
فرابنفش با توان ۶ وات قرار داده شد. جهت جلوگیری از اتلاف انرژی در زمان روشن‌بودن لامپ‌ها از یک لایه آلومینیوم در اطراف آن‌ها استفاده شد تا انرژی هدررفته را دوباره به سیستم بازگرداند.

حذف فتوکاتالیستی

پس از تهیه غلظت لازم از زایلن و ثابت نگه‌داشتن جریان کلی گاز، بخار زایلن با دبی ثابت ۱ لیتر بر دقیقه وارد راکتور گردید. در این فرایند غلظت زایلن ورودی و خروجی راکتور در وضعیت خاموش‌بودن لامپ‌ها سنجیده شد. زمانی که مقادیر ورودی و خروجی برابر گردیده و تعادل دینامیکی صورت می‌گرفت، بلافاصله لامپ‌ها روشن شده و داده‌های آزمایش جمع‌آوری می‌گردیدند. لازم به ذکر است که در این پژوهش عبور جریان هوای آلوده با غلظت‌های ۵۰، ۱۰۰ و ۳۰۰ بخش بر میلیون از زایلن مورد بررسی قرار گرفت. شکل ۱ نمای ساده‌ای از سیستم طراحی‌شده برای آزمایشات حذف فتوکاتالیستی را نشان می‌دهد. اندازه‌گیری بخارات زایلن نیز با استفاده از دستگاه قرائت مستقیم (مدل *Phocheck Tiger*، ساخت کمپانی انگلستان) براساس آشکارساز یونش نوری (*PID: Photoionization Detector*) انجام شد و میزان کارایی حذف با توجه به رابطه زیر محاسبه گردید:

$$X=(C_i-C_o/C_i)\times 100$$

در این رابطه X کارایی تجزیه فتوکاتالیستی زایلن بر حسب درصد بوده و C_i و C_o غلظت زایلن ورودی و خروجی بر حسب میلی‌گرم بر متر مکعب می‌باشند. به‌منظور دستیابی به نتایج دقیق‌تر، هر آزمایش حداقل سه مرتبه تکرار شد و میانگین اندازه‌گیری‌ها پس از ثبت در جداول اولیه مورد استفاده قرار گرفت. برای تجزیه و تحلیل نتایج در این پژوهش از نرم‌افزار *SPSS 24* و *Excell 2013* استفاده شد.



شکل ۱: نمای ساده‌ای از سیستم طراحی‌شده برای آزمایشات حذف فتوکاتالیستی

۱. ورودی هوا، ۲. پمپ هوا، ۳. روتامتر، ۴. ظرف حاوی محلول زایلن، ۵. محفظه اختلاط، ۶. پورت اندازه‌گیری غلظت زایلن، ۷. راکتور استوانه‌ای، ۸. لامپ‌های *UV*، ۹. بستر فتوکاتالیست، ۱۰ دستگاه اندازه‌گیری غلظت زایلن

یافته‌ها

ویژگی‌های ساختاری بستر

در این بررسی ویژگی مساحت سطح ویژه (*BET*) زغال فعال (*AC: Active Cole*) و AC/TiO_2 به‌ترتیب برابر با ۹۲۰/۵۱ و ۷۹۶/۳۹ متر مربع بر گرم به‌دست آمد. باید خاطرنشان ساخت که مساحت سطحی زغال فعال پس از تثبیت نانوذرات بر روی آن کاهش یافت که این کاهش سطح، نتیجه تثبیت نانوذرات بر روی بستر و مسدودکردن بخشی از منافذ آن می‌باشد.

تصاویر تهیه‌شده با استفاده از میکروسکوپ الکترونی روبشی (*SEM: Scanning Electron Microscope*) در شکل ۱ ارائه شده‌اند. این تصاویر نشان می‌دهند که نانوذرات به‌صورت توده‌ای بر روی خلل و فرج بستر زغال فعال قرار گرفته‌اند. سطوح ناهموار بستر و حفرات به‌خوبی در این تصاویر قابل مشاهده هستند.

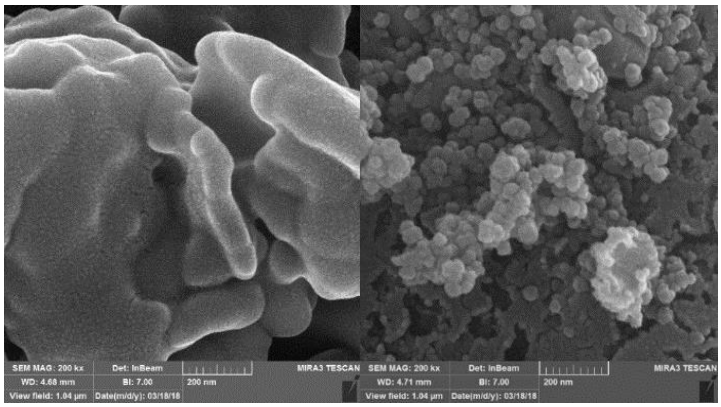
حذف فتوکاتالیستی

برای تعیین کارایی حذف زایلن از جریان هوای آلوده در هر مرحله میزان ۱ گرم فتوکاتالیست در راکتور تحت تابش *UV* قرار داده شد. نتایج تجزیه زایلن توسط فتوکاتالیست‌های AC/TiO_2 در شکل ۲ قابل مشاهده می‌باشند. شکل ۲ نشان می‌دهد که ۱۵ درصد وزنی از نانوذرات TiO_2 بالاترین کارایی را در حذف زایلن از جریان هوای آلوده دارد؛ از این رو در سایر بررسی‌های این پژوهش از TiO_2-*85AC* استفاده گردید.

برای بررسی تأثیر غلظت زایلن ورودی به سیستم در هر مرحله، جریان هوای آلوده حاوی یکی از غلظت‌های ۵۰، ۱۰۰ و ۳۰۰ بخش بر میلیون از زایلن با دبی ثابت ۱ لیتر بر دقیقه وارد راکتور گردید. نتایج تجزیه زایلن توسط فتوکاتالیست TiO_2-*85AC* در شکل ۳ نشان داده شده است. مطابق با این نتایج، حذف آلاینده زایلن از هوا با غلظت ورودی ۱۰۰ بخش بر میلیون کارایی بالاتری داشت؛ از این رو جهت بررسی تأثیر نوع اشعه فرابنفش از این غلظت ورودی استفاده گردید. نتایج بررسی تأثیر نوع اشعه فرابنفش در شکل ۴ نشان داده شده است. مطابق با آزمون T، نوع اشعه تفاوت معناداری در میزان کارایی حذف آلاینده زایلن در هوا نداشت ($PV>0/05$).

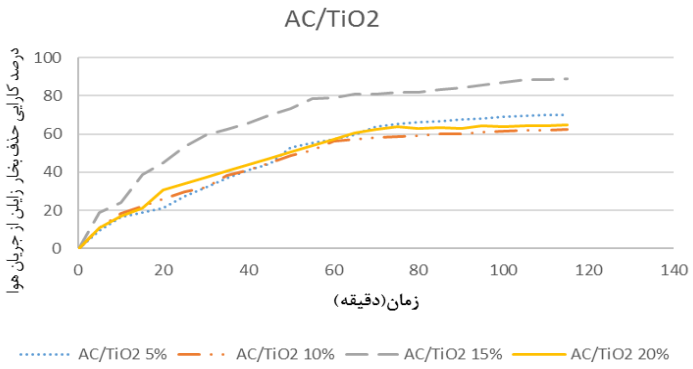
[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-11-06]

[DOI: 10.29252/johe.5.4.26]

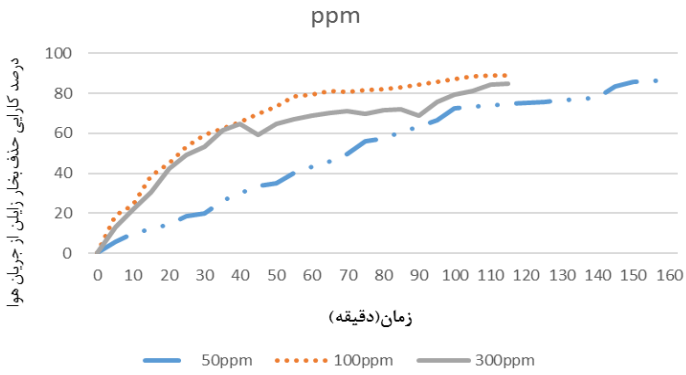


ب الف

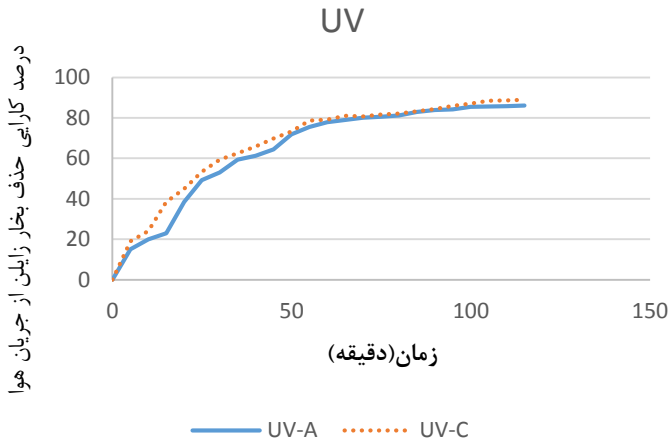
شکل ۱: تصاویر *FESEM*: الف. *AC*؛ ب. *AC/TiO*



شکل ۲: کارایی حذف زایلن در نسبت‌های مختلف از AC/TiO_2



شکل ۳: تأثیر غلظت زایلن ورودی بر کارایی حذف فتوکاتالیستی



[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-11-06]

[DOI: 10.29252/johe.5.4.26]

شکل ۴: تأثیر نوع اشعه فرابنفش بر کارایی حذف زایلن

بحث

نتایج مطالعه حاضر نشان دادند که در غلظت ۵۰ بخش بر میلیون از زایلن، زمان طولانی‌تری لازم است تا حذف فتوکاتالیستی به‌طور کامل انجام شود. کارایی حذف در این غلظت، پایین‌تر از کارایی حذف فتوکاتالیستی در غلظت ۱۰۰ بخش بر میلیون می‌باشد که علت این امر می‌تواند کاهش میزان آلاینده در غلظت ۵۰ بخش بر میلیون نسبت به ۱۰۰ بخش بر میلیون و عدم اشباع فتوکاتالیست در غلظت پایین‌تر آلاینده باشد. در غلظت ۳۰۰ بخش بر میلیون، بی‌نظمی‌هایی در نمودار وجود دارد (شکل ۳). از سوی دیگر، کارایی حذف آلاینده کمتر از کارایی حذف در غلظت ۱۰۰ بخش بر میلیون بود که به نظر می‌رسد ناشی از بالابودن غلظت آلاینده و در نتیجه اشباع سریع بستر و فرار آلاینده باشد. در مطالعه رضایی و همکاران که در سال ۱۳۸۶ انجام شد، غلظت‌های بالاتر از بخارات تولوئن نیاز به زمان بیشتری برای تجزیه داشتند؛ البته افزایش زمان با افزایش غلظت کاملاً متناسب نبود. در این مطالعه بیشترین میزان کاهش غلظت تولوئن مربوط به به‌کارگیری همزمان *UV-A* از داخل و خارج لوله به سیستم پایلوت فتوکاتالیست بود [۲۲]. مطابق با پژوهش *Liang* و همکاران در سال ۲۰۱۰ که در آن نانوذرات TiO_2 را با استفاده از روش سل- ژل تهیه نمودند و استون، تولوئن و پارازایلن به‌صورت جداگانه و مخلوطی از این مواد به‌عنوان ترکیبات آلی فرار برای حذف فتوکاتالیستی با استفاده از فیلم نازک TiO_2 انتخاب شدند. اثرات دبی جریان گاز و طول موج نور *UV* با گاز خالص مورد بررسی قرار گرفت و گزارش گردید که تخریب تا حد زیادی تحت تأثیر دبی جریان گاز می‌باشد. همچنین، بیان گردید که بالاترین میزان تخریب ۷۷/۷ درصد برای استون، ۶۱/۹ درصد برای تولوئن و ۵۵ درصد برای پارازایلن بوده و طول موج *UV-C*، گازهای فرار را بیشتر از طول موج *UV-A* تخریب می‌کند [۲۳]. در این راستا در مطالعه رنگ‌کوی و همکاران در سال ۲۰۱۳، کارایی حذف فرمالدهید با استفاده از نانوذرات *ZnO* تثبیت‌شده بر روی بستر خاکستر استخوان مورد بررسی قرار گرفت. در این مطالعه هنگامی که غلظت اولیه فرمالدهید از ۲/۵ به ۲۵ میلی‌گرم بر متر مکعب افزایش یافت، کارایی تجزیه فرمالدهید از ۷۳ به ۴۰ درصد برای فرایند *UV/ZnO-95BC* کاهش یافت [۲۴]. در مطالعه نخعی و همکاران در سال ۲۰۱۷ نیز با افزایش غلظت آلاینده، کارایی حذف فتوکاتالیستی کاهش یافت. مطالعات دیگر نیز این یافته را تأیید می‌کنند [۲۵-۲۷].

بر مبنای نتایج این مطالعه، حذف فتوکاتالیستی زایلن تحت تابش اشعه *UV-C* بالاتر از *UV-A* بود؛ اما تفاوت معناداری در کارایی حذف فتوکاتالیستی زایلن تحت تابش اشعه *UV-A* و *UV-C* مشاهده نشد؛ زیرا حداقل انرژی لازم برای برانگیخته‌کردن نانوذرات TiO_2 برابر با ۳/۲ الکترون‌ولت می‌باشد و نور با حداکثر طول موج ۳۸۷ نانومتر می‌تواند این انرژی را فراهم نماید. در واقع، به کمک نور با حداکثر طول موج ۳۸۷ نانومتر از طریق تغییر شدت تابش نور می‌توان انتظار داشت که کارایی حذف آلاینده تغییر کند. به نظر می‌رسد که تغییر شدت تابش اشعه با تغییر تعداد لامپ‌ها باعث تغییر در میزان برانگیختگی الکترون‌های فتوکاتالیست شده و می‌تواند بر کارایی حذف فتوکاتالیستی آلاینده اثرگذار باشد. این نتایج با یافته‌های مطالعه قدسیان و همکاران در سال ۲۰۱۳ مطابقت دارد [۲۷].

نتیجه‌گیری

نتایج به‌دست‌آمده از این مطالعه نشان دادند که غلظت ورودی آلاینده می‌تواند بر میزان کارایی حذف فتوکاتالیستی اثرگذار باشد. در غلظت‌های پایین‌تر از آلاینده، حذف فتوکاتالیستی کارایی مناسب‌تری خواهد داشت. شایان ذکر است که نوع اشعه *UV-A* و *UV-C* تأثیر چندانی بر کارایی حذف آلاینده زایلن در هوا نداشتند. پیشنهاد می‌گردد این سیستم‌های فتوکاتالیستی برای حذف سایر ترکیبات آلی فرار در فاز گازی مورد استفاده قرار گیرند.

تشکر و قدردانی

مطالعه حاضر از سوی حوزه معاونت پژوهشی دانشگاه علوم پـزشکی جندی‌شاپور اهواز در چارچوب پایان‌نامه کارشناسی ارشد با شماره طرح *ETRC-9604* حمایت مالی شده است. بدین‌وسیله از این معاونت محترم تشکر و قدردانی می‌گردد.

REFERENCES

1. *Winder C, Stacey NH. Occupational toxicology. Florida: CRC press; 2004.*
2. *Xylene (Mixed Isomers). Petrochemical Transportation Engineering Co. (P.T.E.C.). Available at: URL: http://www.ptec-ir.com/uploads/Xylene_(mixed_isomers)_685.pdf; 2018.*
3. *Moussavi GR, Khavanin A, Mokarami HR. Removal of Xylene from waste air stream using catalytic ozonation process. Iran J Health Environ. 2010;**3**(3):239-50.*
4. *Delage F, Pré P, Le Cloirec P. Mass transfer and warming during adsorption of high concentrations of VOCs on an activated carbon bed. Exper Theoretical Analysis. 2000;**34**(22):4816-21. DOI: 10.1021/es001187x*
5. *Song W, Tondeur D, Luo L, Li J. VOC adsorption in circulating gas fluidized bed. Adsorption. 2005;**11**(1):853-8. DOI: 10.1007/s10450-005-6035-z*
6. *Ochiai T, Fujishima A. Photoelectrochemical properties of TiO2 photocatalyst and its applications for environmental purification. J Photochem Photobiol. 2012;**13**(4):247-62. DOI: 10.1016/j.jphotochemrev.2012.07.001*
7. *Carp O, Huisman CL, Reller A. Photoinduced reactivity of titanium dioxide. Progr Solid State Chem. 2004;**32**(1-2):33-177. DOI: 10.1016/j.progsolidstchem.2004.08.001*
8. *Komarneni S, Esquivel S, Noh YD, Sitthisang S, Tantirungrotechai J, Li H, et al. Novel synthesis of nanophase anatase under conventional-and microwave-hydrothermal*

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-11-06]

[DOI: 10.29252/johe.5.4.26]

*conditions: DeNOx properties. Ceram Int. 2014;**40**(1):2097-102. DOI: 10.1016/j.ceramint.2013.07.123*

9. *Mohamed RM, McKinney DL, Sigmund WM. Enhanced nanocatalysts. Mater Sci Eng R Rep. 2012;**73**(1):1-3. DOI: 10.1016/j.mser.2011.09.001*
10. *Hoffmann MR, Martin ST, Choi W, Bahnemann DW. Environmental applications of semiconductor photocatalysis. Chem Rev. 1995;**95**(1):69-96. DOI: 10.1021/cr00033a004*
11. *Son DY, Im JH, Kim HS, Park NG. 11% efficient perovskite solar cell based on ZnO nanorods: an effective charge collection system. J Phys Chem C. 2014;**118**(30):16567-73. DOI: 10.1021/jp412407j*
12. *Fuku K, Wang N, Miseki Y, Funaki T, Sayama K. Photoelectrochemical reaction for the efficient production of hydrogen and high-value-added oxidation reagents. Chem Sus Chem. 2015;**8**(9):1593-600. PMID: 25872474 DOI: 10.1002/cssc.201403463*
13. *Wang K, Shi Y, Dong Q, Li Y, Wang S, Yu X, et al. Low-temperature and solution-processed amorphous WO X as electron-selective layer for perovskite solar cells. J Phys Chem Lett. 2015;**6**(5):755-9. PMID: 26262648 DOI: 10.1021/acs.jpclett.5b00010*
14. *Chavadej S, Kiatubolpaiboon W, Rangsunvigit P, Sreethawong T. A combined multistage corona discharge and catalytic system for gaseous benzene removal. J Mol Catalysis A Chem. 2007;**263**(1):128-36. DOI: 10.1016/j.molcata.2006.08.061*
15. *Chen X, Burda C. The electronic origin of the visible-light absorption properties of C-, N-and S-doped TiO2 nanomaterials. J Am Chem Soc. 2008;**130**(15):5018-9. PMID: 18361492 DOI: 10.1021/ja711023z*
16. *Markowska-Szczupak A, Ulfig K, Morawski AW. The application of titanium dioxide for deactivation of bioparticulates: an overview. Catalysis Today. 2011; **169**(1):249-57. DOI: 10.1016/j.cattod.2010.11.055*
17. *Yu J, Jaroniec M, Xiao W, Trapalis C, Liu H. TiO2 photocatalytic materials 2014. Int J Photoenergy. 2015; **2015**:786562. DOI: 10.1155/2015/786562*
18. *Çeçen F, Aktas Ö. Activated carbon for water and wastewater treatment: Integration of adsorption and biological treatment. New Jersey: John Wiley & Sons; 2011.*
19. *Sun RD, Nakajima A, Watanabe I, Watanabe T, Hashimoto K. TiO 2-coated optical fiber bundles used as a photocatalytic filter for decomposition of gaseous organic compounds. J Photochem Photobiol A Chem. 2000;**136**(1):111-6. DOI: 10.1016/S1010-6030(00)00330-0*
20. *Chen Y, Crittenden JC, Hackney S, Sutter L, Hand DW. Preparation of a novel TiO2-based p− n junction nanotube photocatalyst. Environ Sci Technol. 2005;**39**(5):1201-8. PMID: 15787357*
21. *Matsunaga T, Tomoda R, Nakajima T, Nakamura N, Komine T. Continuous-sterilization system that uses photosemiconductor powders. Appl Environ Microbiol. 1988;**54**(6):1330-3. PMID: 3046487*
22. *Rezaee A, Khavanin A, Saraf Mamoori R, Hajizadeh E. Elimination of toluene by Application of ultraviolet irradiation on TiO2 nano particles photocatalyst. J Mil Med. 2007;**9**(3):217-22. [Persian]*
23. *Liang WJ, Li J, Jin YQ. Photocatalytic degradation of gaseous acetone, toluene, and p-xylene using a TiO2 thin film. J Environ Sci Health A Tox Hazard Subst Environ Eng. 2010;**45**(11):1384-90. PMID: 20665322 DOI: 10.1080/10934529.2010.500925*
24. *Rangkooy HA, Rezaee A, Khavanin A, Jafari AJ, Khoopaie AR. A Study on photocatalytic removal of formaldehyde from air using ZnO nanoparticles immobilized on bone char. Qom Univ Med Sci J. 2011;**7**(2):27-34. [Persian]*
25. *Irvani H, Shojaee-Farah Abady H, Shahryari M, Nakhaei Pour M. Evaluation of photocatalytic removal of styrene from air flow using ZnO nanoparticles immobilized on ZSM-5 zeolite. Iran J Health Environ. 2017;**10**(2):165-74. [Persian]*
26. *Baran W, Makowski A, Wardas W. The effect of UV radiation absorption of cationic and anionic dye solutions on their photocatalytic degradation in the presence TiO2. Dyes Pigments. 2008;**76**(1):226-30. DOI: 10.1016/j.dyepig.2006.08.031*
27. *Ghodsian M, Ayati B, Ganjidoust H. Determination of optimum amounts of effective parameters in reactive dyes removal using photocatalytic reactions by immobilized TiO2 nano particles on concrete surface. Water Wastewater. 2013;**24**(3):45-53. [Persian]*

[Downloaded from johe.umsha.ac.ir on 2026-11-06]

[DOI: 10.29252/johe.5.4.26]