

# SID



سرویس های ویژه



سرویس ترجمه تخصصی



کارگاه های آموزشی



بلاگ مرکز اطلاعات علمی



سامانه ویراستاری STES



فیلم های آموزشی

## کارگاه های آموزشی مرکز اطلاعات علمی



مقاله نویسی علوم انسانی



اصول تنظیم قراردادها



آموزش مهارت های کاربردی در تدوین و چاپ مقاله



## مطالعه سینتیک حذف متیل اورانژ با استفاده از نانوذرات دی اکسید تیتانیوم تثبیت شده

اسماعیل تیموری پردنجانی<sup>۱</sup> و مسعود شایسته<sup>۲</sup>

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه مهندسی شیمی- دانشگاه سیستان و بلوچستان

۲- استادیار گروه مهندسی شیمی- دانشگاه سیستان و بلوچستان

### چکیده

در این پژوهش سینتیک واکنش فتوکاتالیستی حذف متیل اورانژ از آب با استفاده از مدل آماری بر اساس داده‌های آزمایشگاهی و همچنین تأثیر هیدروژن پراکسید بر مقدار حذف مورد مطالعه قرار گرفت. پارامترهای pH، غلظت متیل اورانژ و زمان به عنوان متغیر در نظر گرفته شد. فتوکاتالیست مورد استفاده در آزمایش‌ها نانوذرات دی اکسید تیتانیوم تثبیت شده بر روی گرانول‌های آلومینایی بود. شرایط عملیاتی برای pH از ۲ تا ۱۲، برای غلظت اولیه متیل اورانژ ۱۰ تا ۳۰ ppm و برای زمان، از لحظه شروع واکنش به مدت ۶۰ دقیقه انتخاب شد. نتایج نشان داد که بیشترین مقدار حذف در pH=2 و غلظت ۳۰ ppm انجام شد و همچنین در محیط اسیدی سرعت واکنش با گذشت زمان کاهش یافت. اضافه شدن هیدروژن پراکسید موجب افزایش سرعت واکنش در محلول اسیدی و قلیایی شد.

واژگان کلیدی: سینتیک، رادیکال هیدروکسیل، دی اکسید تیتانیوم، متیل اورانژ

یکی از بزرگترین چالش‌های قرن بیست و یکم، دسترسی به آب سالم و تمیز است [۱]. در سال‌های اخیر توسعه صنایعی مانند نساجی، چرم‌سازی، رنگ، کاغذ، پلاستیک و لوازم آرایشی افزایش یافته است. در سالهای اخیر فرآیند اکسیداسیون پیشرفته موثرترین راه برای تصفیه جریان‌های آبی حاوی مواد آلی است [۲]. در بین روش‌های اکسیداسیون پیشرفته، تجزیه فوتوکاتالیستی به عنوان بهترین روش شناخته شده است زیرا مواد آلی به مواد غیر سمی مانند  $\text{CO}_2$  و  $\text{H}_2\text{O}$  در شرایط اتمسفریک تبدیل می‌شوند [۳، ۴]. تجزیه فوتوکاتالیستی هتروژن آلودگی‌های آب و پساب تکنولوژی است که در دهه‌های اخیر مورد بررسی قرار گرفته است. در سال ۱۹۷۲، Fujishima و Honda نشان دادند که آب را می‌توان از طریق نور و  $\text{TiO}_2$  تجزیه کرد. در فوتوکاتالیست‌های هتروژن، نور و کاتالیست برای شروع و یا افزایش سرعت واکنش ضروری هستند [۵، ۶، ۷].

جفت الکترون-حفره تشکیل شده در سطح کاتالیست با جذب گونه‌های مختلف در چند واکنش اکسایش یا کاهش شرکت می‌کنند که منجر به تجزیه ترکیب آلی می‌گردد. فوتوکاتالیست‌های هتروژن ترکیبات آلی را به واسطه‌های متناظر با آنها اکسید می‌کند و اگر شرایط واکنش مناسب انتخاب شود (شرایط مانند مقدار فوتوکاتالیست، شدت نور، زمان تابش و ...)، این مواد واسطه به  $\text{CO}_2$  و  $\text{H}_2\text{O}$  تبدیل می‌شوند [۸].

وقتی که دی اکسید تیتانیوم به صورت پودر استفاده می‌شود بازیابی فوتوکاتالیست هزینه‌بر و زمان‌بر است و همچنین هدر رفت فوتوکاتالیست بالاست. برای غلبه بر این مشکلات، تثبیت دی اکسید تیتانیوم روی پایه پیشنهاد شده است [۹ و ۱۰ و ۱۱]. چندین عامل بر روی سرعت واکنش حذف فوتوکاتالیستی موثرند از جمله این عوامل می‌توان به pH، شدت تابش نور دریافتی، غلظت آلودگی، وجود عامل اکسنده در محلول، دمای عملیاتی، نوع کاتالیست و غیره اشاره کرد. لذا مدل‌های آماری یک روش مفید برای بهبود فرآیند است [۱۲].

در این پژوهش اثر پارامترهای pH، غلظت اولیه آلاینده و زمان واکنش بر سرعت واکنش فوتوکاتالیستی حذف متیل اورانژ با استفاده از مدل‌های آماری مورد مطالعه قرار می‌گیرد. فوتوکاتالیست مورد استفاده، دی اکسید تیتانیوم تثبیت شده بر گرانول آلومینا می‌باشد.

## ۲ مواد، روش‌ها و دستگاه‌ها

### ۲.۱ تهیه فوتوکاتالیست

ابتدا ۱۰۰CC از تیتانیوم بتوکسید با ۵۰CC الکل ۲-پروپانول و ۱CC استیل استون به عنوان کنترل کننده سرعت واکنش، مخلوط می‌شود. سپس ۱۰۰CC آب مقطر، قطره قطره و با شدت جریان کم به آن اضافه می‌گردد. در طول فرآیند، هم‌زدن به وسیله همزن مغناطیسی انجام می‌شود. سپس رسوب‌های تشکیل شده در ۳ الی ۴ مرتبه توسط آب مقطر شستشو داده شده و در ادامه مقدار ۳۰۰CC آب مقطر به رسوب اضافه می‌گردد. برای لخته‌زدایی، اسید نیتریک رقیق با غلظت ۰/۱ مولار، قطره قطره و بسیار آهسته برای کنترل دقیق pH و رسیدن به pH=۲ به محلول اضافه می‌شود. رفلکس در دمای ۸۵ درجه سانتیگراد به مدت دوازده ساعت انجام می‌گیرد و در نهایت سل  $\text{TiO}_2$  تهیه می‌شود [۱۳].

پایه مورد استفاده در این مطالعه، گرانول‌هایی از جنس آلومینا با قطر میانگین ۲/۸۵۵ میلی‌متر است. برای تثبیت نانوذرات روی گرانولها، روکش‌دهی با روش غوطه‌وری انجام شد و در دمای ۴۰۰°C به مدت ۲ ساعت در کوره الکتریکی کلسینه شدند.

### ۲.۲ تست فوتوکاتالیست

برای مطالعه سینتیک حذف متیل اورانژ از آب، آزمایش‌ها در فتوراکتور بسته انجام می‌شود. در این آزمایش از متیل اورانژ به عنوان آلودگی استفاده شد. در هر آزمایش، یک گرم از گرانول‌های آلومینایی روکش شده با دی اکسید تیتانیوم درون ۳۰۰CC محلول آب و متیل اورانژ ریخته شده و قبل از روشن کردن لامپ‌های UV، فوتوکاتالیست به مدت یک ساعت درون محلول در محیط تاریک قرار می‌گیرد. این کار برای برقراری تعادل جذب بر روی سطح کاتالیست لازم است. سه پارامتر زمان، غلظت اولیه آلاینده و pH به عنوان پارامترهای متغیر موثر بر سینتیک حذف متیل اورانژ در نظر گرفته شد. بازه انتخابی برای پارامترها متغیر در آزمایش‌ها در جدول ۱ آمده است.

همچنین تاثیر هیدروژن پراکسید بر میزان حذف متیل اورانژ با اضافه کردن ۰,۲ CC از آن به محلول متیل اورانژ بررسی شد.

جدول ۱- پارامترهای متغیر انتخاب شده برای انجام آزمایش‌ها

پارامتر	کمترین مقدار	بیشترین مقدار
pH	۲	۱۲
غلظت آلاینده (ppm)	۱۰	۳۰
زمان (دقیقه)	۰	۶۰

### ۳ نتایج و بحث

#### ۳,۱ مدل سینتیکی

همانطور که اشاره شد اثرات pH، غلظت آلاینده و زمان بر سرعت واکنش حذف متیل اورانژ را می‌توان به وسیله مدل‌های آماری نشان داد. مدل به دست آمده برای سرعت واکنش حذف در معادله (۱) داده شده است.

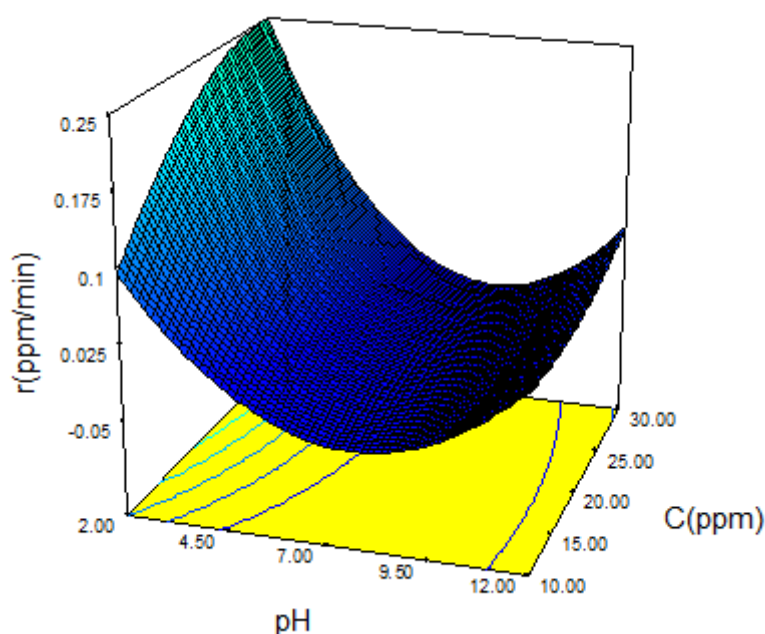
$$r = 0.76247 - 0.16165 * \text{pH} + 0.02289 * C - 0.035905 * t - 3.83780\text{E-}003 * \text{pH} * C + 4.91692\text{E-}003 * \text{pH} * t + 4.12910\text{E-}004 * C * t + 8.94423\text{E-}003 * \text{pH}^2 - 5.00190\text{E-}004 * C^2 + 3.01235\text{E-}004 * t^2 - 1.37389\text{E-}005 * \text{pH} * C * t + 9.92829\text{E-}005 * \text{pH}^2 * C - 1.81279\text{E-}004 * \text{pH}^2 * t + 5.55104\text{E-}005 * \text{pH} * C^2 - 2.04081\text{E-}005 * \text{pH} * t^2 - 4.51476\text{E-}006 * C * t^2.$$

(۱)

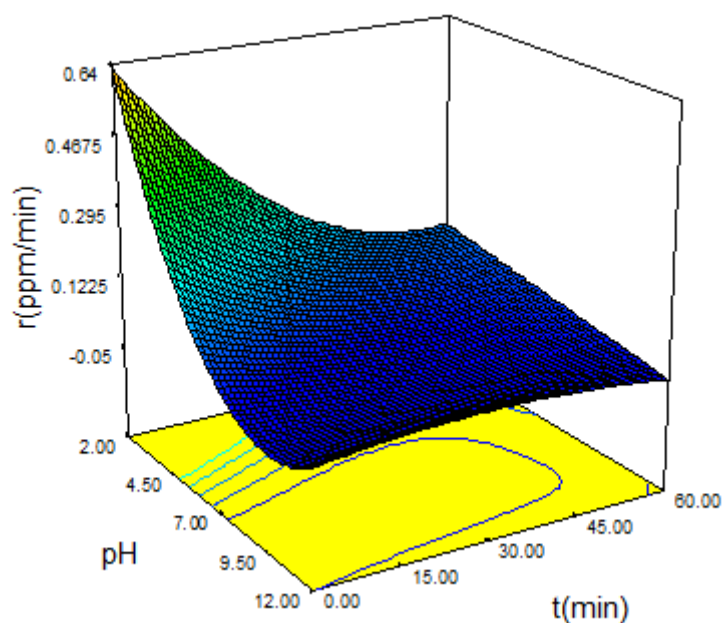
این معادله درجه سوم (cubic) بیانگر رابطه سرعت واکنش حذف متیل اورانژ با پارامترهای متغیر انتخابی است. در این مدل به دست آمده پارامترهای آماری که بیانگر دقت مدل است به صورت زیر است:

$$\begin{aligned} R\text{-Squared} &= 0.9652 \\ \text{Adj } R\text{-Squared} &= 0.9582 \\ \text{Pred } R\text{-Squared} &= 0.9343 \end{aligned}$$

با توجه به نمودار پاسخ سطح که در شکل (۱) و (۲) داده شده است، در محیط اسیدی افزایش غلظت اولیه محلول موجب افزایش سرعت واکنش شده است و با گذشت زمان سرعت واکنش کاهش می‌یابد. در محیط بازی و خنثی سرعت واکنش با تغییر غلظت اولیه متیل اورانژ تقریباً ثابت است همچنین در محیط بازی با توجه به اینکه افت غلظت کم است بنابراین در مدت ۶۰ دقیقه سرعت واکنش با گذشت زمان تقریباً ثابت است.



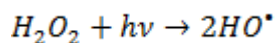
شکل ۱: نمودار پاسخ سطح برای سرعت واکنش در زمان  $t=30 \text{ min}$



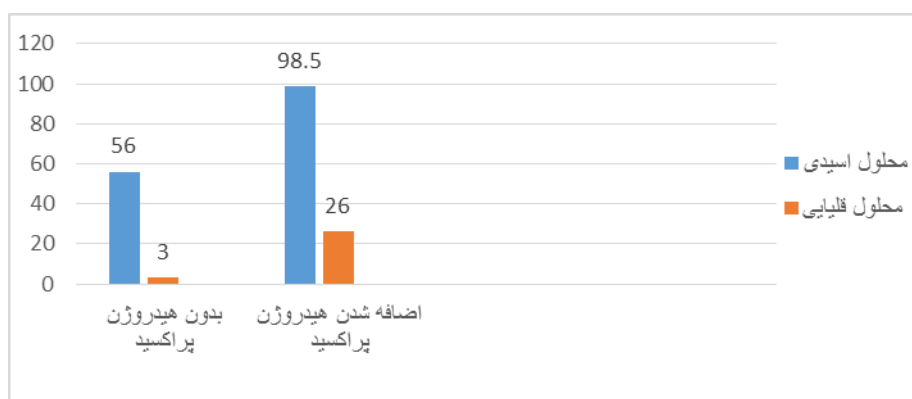
شکل (۲): نمودار پاسخ سطح برای سرعت واکنش در غلظت  $C=20 \text{ ppm}$

### ۳,۲ اثر هیدروژن پراکسید

همانطور که در شکل نشان داده شده است اضافه کردن ۰,۲ CC هیدروژن پراکسید به محلول متیل اورانژ میزان حذف در محلول اسیدی با غلظت ۳۰ ppm و در مدت زمان ۳۰ دقیقه از ۰,۵۶٪ به ۹۸,۵٪ افزایش یافت و در محلول بازی با غلظت ۳۰ ppm در مدت زمان ۳۰ دقیقه از ۰,۳٪ به ۲۶٪ افزایش یافت. هیدروژن پراکسید در محلول با تابش اشعه UV به رادیکال هیدروکسیل تبدیل می-شود (معادله ۲) که به شدت واکنش پذیر است و متیل اورانژ را تجزیه می کند.



)Error!  
or!  
No  
text  
of  
speci  
fied  
style  
in  
docu  
men  
t.(



شکل (۳): تفاوت مقدار حذف با اضافه شدن هیدروژن پراکسید در محلول اسیدی و قلیایی

#### ۴ نتیجه‌گیری

با توجه به مدل به دست آمده pH محلول تاثیر قابل توجهی بر سرعت واکنش حذف دارد. نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که بیشترین مقدار حذف در محلول اسیدی با  $\text{pH} = 2$  و غلظت  $30 \text{ ppm}$  به دست آمد. اضافه شدن هیدروژن پراکسید به محلول سرعت واکنش حذف را افزایش داده است و در محیط اسیدی میزان حذف از  $3\%$  به  $16\%$  و در محیط بازی از  $3\%$  به  $16\%$  افزایش یافت.

#### منابع و مراجع

1. Bekbölet, Miray, Ferhan Cecen, and Gülhan Özkösem. 1996, 34, 65-72.
  2. Gnanaprakasam A, Sivakumar VM, Thirumarimurugan M. 2015, Vol. 2015, No. pp., 2015.
  3. Carlsen L, Bruggemann R, Sailaukhanuly Y. 2013, 29, 191-202.
  4. Kim W, Tachikawa T, Moon GH, Majima T, Choi W. 2014, 5, 14036-14041.
  5. Hosseini SN, Borghei SM, Vossoughi M, Taghavinia N. 2007, 74, 53-62.
  6. Chen LC, Tsai FR, Huang CM. 2005, 170, 7-14.
  7. Sclafani, A. and J. Herrmann. 1996, 32, 13655-13661.
  8. Lee, S.-Y. and S.-J. Park. 2013, 19, 1761-1769.
  9. Malato S, Blanco J, Alarcón DC, Maldonado MI, Fernández-Ibáñez P, Gernjak W. 2007, 122, 137-149.
  10. Sakthivel S, Shankar MV, Palanichamy M, Arabindoo B, Murugesan V. 2002, 148, 153-159.
  11. Dijkstra MF, Michorius A, Buwalda H, Panneman HJ, Winkelman JG. 2001, 66, 487-494.
  12. Choquette-Labbé M, Shewa WA, Lalman JA, Shanmugam SR. 2014, 6, 1785-1806.
- Su C, Hong BY, Tseng CM. 2004, 96, 119-126.

# SID



سرویس های ویژه



سرویس ترجمه تخصصی



کارگاه های آموزشی



بلاگ مرکز اطلاعات علمی



سامانه ویراستاری STES



فیلم های آموزشی

## کارگاه های آموزشی مرکز اطلاعات علمی



مقاله نویسی علوم انسانی

مقاله نویسی علوم انسانی



اصول تنظیم قراردادها

اصول تنظیم قراردادها



آموزش مهارت های کاربردی در تدوین و چاپ مقاله

آموزش مهارت های کاربردی در تدوین و چاپ مقاله