

SID



سرویس های ویژه



سرویس ترجمه تخصصی



کارگاه های آموزشی



بلاگ مرکز اطلاعات علمی



عضویت در خبرنامه



فیلم های آموزشی

کارگاه های آموزشی مرکز اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی



مباحث پیشرفته یادگیری عمیق؛ شبکه های توجه گرافی (GAN)

مباحث پیشرفته یادگیری عمیق؛
شبکه های توجه گرافی
(Graph Attention Networks)



آموزش استفاده از وب آو ساینس

کارگاه آنلاین آموزش استفاده از
وب آو ساینس



کارگاه آنلاین مقاله روزمره انگلیسی

فرآیندهای اکسیداسیون پیشرفته روشی مطمئن برای تصفیه پسابهای صنعتی

ناصر جمشیدی¹ لادن طالبی آذر² فرزاد نژاد بهادری³

¹خیابان قدس، دانشکده محیط زیست، دانشگاه تهران

naserjam@yahoo.com

چکیده

امروزه وجود ترکیبات و مواد مقاوم و سمی در منابع آب و همچنین تولید فاضلاب‌های حاوی ترکیبات سمی و پیچیده، کاربرد فرآیندهای متداول تصفیه آب و فاضلاب را محدود و در برخی موارد ناتوان کرده است. از طرفی طی دو دهه گذشته استانداردهای زیست محیطی سخت گیرانه‌تر شده است. لذا با توجه به لزوم تأمین بهداشت عمومی و حفظ محیط زیست، توجه به فن آوریهای کارآمد در این زمینه الزامی است. بنابراین در 15 سال اخیر فن آوریهای تصفیه مختلفی از لحاظ اقتصادی و فنی توسعه پیدا کرده‌اند. یکی از این فن آوریهای تصفیه به عنوان فرآیندهای اکسیداسیون پیشرفته (AOPs) معروف هستند. سیستم‌های (AOPs) به عنوان یک فناوری کارآمد و پر قدرت و به عنوان فن آوری کلیدی برای آینده در آخرین سالهای قرن بیستم در جهان مورد توجه خاص قرار گرفته است.

در این مطالعه، فرآیندهای اکسیداسیون پیشرفته (AOPs) با کاربرد فرآیندهای O_3/H_2O_2 و $O_3/H_2O_2/UV$ برای تجزیه بیسفنل A (BPA) در راکتور فتولیتیک ناپیوسته در مقیاس آزمایشگاهی بررسی گردیدند. در منبع تولید کننده ازون هوا بعنوان خوراک اولیه دستگاه پس از انجام فعل و انفعالات الکتریکی به ازون تبدیل می شود. منبع تابش UV لامپ فشار متوسط بخار جیوه ای 300 وات استفاده شده که بصورت مستغرق در راکتور محتوی محلول پساب به حجم 1.5 لیتر قرار داده شده است. تاثیر مقدار ازون و پراکسید اولیه، غلظت بیسفنل A اولیه، pH، مقدار اکسیژن مورد نیاز شیمیایی (COD) و زمانهای تابش و همچنین تعیین نوع محصولات واسطه تولید شده پس از اکسیداسیون توسط آنالیز دستگاہی مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج آزمایش با فرآیند O_3/H_2O_2 نشان داد که مقدار کافی پراکسید هیدروژن باعث تسریع در زمان اکسیداسیون بیسفنل A می شود. اما غلظت خیلی زیاد باعث بازدارندگی سرعت اکسیداسیون می شود. در غلظت اولیه 100 میلی گرم در لیتر بیسفنل A در محدوده pH از 9.8 تا 10 در کمتر از 60 دقیقه با استفاده از فرآیند O_3/H_2O_2 کاملاً ناپدید شد و با فرآیند $O_3/H_2O_2/UV$ در محدوده pH از 3 تا 10 در کمتر از 36 دقیقه بیسفنل A کاملاً حذف می گردد و در این فرآیند COD پساب تا 75 درصد کاهش می یابد.

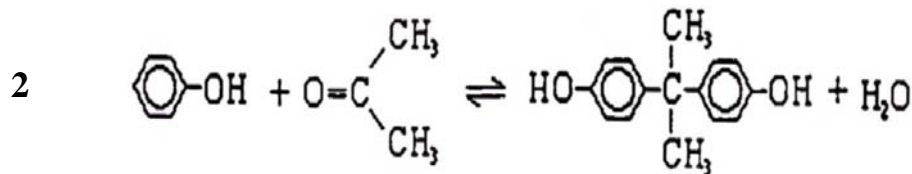
واژه های کلیدی: بیسفنل آ، اکسیداسیون پیشرفته، ازون، تابش ماورای بنفش

1- مقدمه:

امروزه وجود ترکیبات و مواد مقاوم و سمی در منابع آب و همچنین تولید فاضلاب های حاوی ترکیبات سمی و پیچیده، کاربرد فرآیندهای متداول تصفیه آب و فاضلاب را محدود و در برخی موارد ناتوان کرده است. یکی از این تکنولوژیهای تصفیه به عنوان فرآیندهای اکسیداسیون پیشرفته (AOPs) معروف می باشند. فرایندهای اکسیداسیون پیشرفته به عنوان یک فناوری کارآمد و پر قدرت در زمینه های مختلف علوم مهندسی و به منظور حفظ محیط زیست از آلاینده ها و به عنوان تکنولوژی کلیدی برای آینده در آخرین سالهای قرن بیستم در جهان مورد توجه خاص قرار گرفته است. در طی این فرآیندها یک یا چند الکترون از ماده شیمیایی مورد نظر به ماده اکسید کننده منتقل می گردد. به طور معمول فرآیندهای پیشرفته اکسیداسیون مانند پرتو فرابنفش - پراکسید هیدروژن / پرتو فرابنفش - ازون / پرتو فرابنفش - ازون / پراکسید هیدروژن و ... در برگینده تولید و استفاده از رادیکال هیدروکسیل (OH*) به عنوان یک اکسید کننده قوی برای تجزیه و تخریب موادی می باشد که بوسیله اکسید کننده های متداول از قبیل اکسیژن، و کلر به راحتی اکسید نمی گردند. رادیکالهای هیدروکسیل با اجزای محلول وارد واکنش شده منجر به رخداد یک سری واکنشهای اکسیداسیون می گردد تا اینکه این اجزا به طور کامل تبدیل به مواد معدنی شوند.

BPA از خانواده فنل بوده و عموماً " بصورت جامد سفید رنگ یا برنز روشن، پودر، یا گرانولار می باشد. نامهای دیگر این ماده 4،4-ایزوپروپیلیدین دیفنل (4,4'-isopropylidenediphenol) و دیفنیلوپروپان (Diphenylpropane) و بیس 4،4- (1-متیل اتیلیدین (Bis-4,4'-(1-methylethylidene)) می باشد. مشتقات فنل، ترکیباتی هستند که یک چند گروه هیدروکسیل دارند. این ترکیبات قطبی و نیمه فرار هستند.

از ترکیب یک مولکول استن و دو مولکول فنل، یک مولکول بیسفنل آ مطابق شکل ذیل تهیه می شود:



شکل (1) واکنش تهیه BPA از استن و فنل

2- مکانیسم اکسیداسیون پیشرفته با استفاده از ترکیب UV/O₃/H₂O₂

افزودن پراکسید هیدروژن به فرآیند UV/O₃ تجزیه ازون را تسریع می کند و در نتیجه سرعت تولید رادیکال های هیدروکسیل افزایش می یابد. این روش خیلی قوی می باشد که باعث کاهش چشمگیر کل کربن آلی (Total Organic Carbon) می شود. این فرآیند ترکیب دو سیستم UV/O₃ و H₂O₂ است. این روش کارآمدترین تصفیه برای پسابهایی با آلودگی بالا می باشد.

ازون به دو طریق با ترکیبات آلی واکنش میدهد 1- روش واکنش مستقیم با ازون مولکولی و 2- روش رادیکالی و با استفاده از رادیکال هیدروکسیل. در وضعیت اسیدی و در حضور رادیکالهای خورنده که به عنوان بازدارنده واکنش زنجیره ای هستند مسیر

ازوناسیون مستقیم شتاب بیشتری برای تجزیه ازون پیدا می کند. در چنین شرایطی واکنش ازون ادامه می یابد اما تحت شرایط بازی یا در حضور محلولهایی که زنجیره رادیکال را توسعه می دهند، واکنش در جهت تبدیل ازون به رادیکال هیدروکسیل شتاب بیشتری پیدا می کند. وقتی که شرایط راکتور بازی باشد ازون شروع به تشکیل رادیکال هیدروکسیل می نماید که این رادیکال اکسید کننده غیر انتخابی و واکنشی فعال برای تخریب ترکیبات آلی سمی در پساب خواهد بود. تجزیه ازون در واکنش زنجیره ای ازون و رادیکال هیدروکسیل در 3 مرحله شروع، پیشرفت و خاتمه و به صورت ذیل انجام می شود.

الف) مرحله شروع:

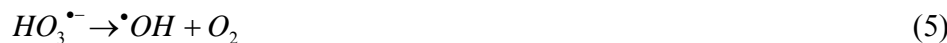
تجزیه ازون با یون هیدروکسید (OH^-) در محلول محتوی رادیکال (OH^-) آغاز می شود.



یک تعادل اسید-باز است HO_2^0 رادیکال

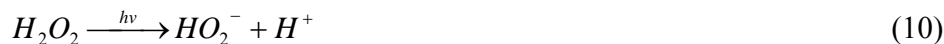


ب) مرحله پیشرفت:



ج) مرحله خاتمه:

می باشد. O_2 و OH^- ، HO_2^0 این مرحله شامل ترکیب رادیکالهای

**3- مکانیسم اکسیداسیون ترکیبات آلی مقاوم**

مولکولهای آلی با تولید رادیکالهای هیدروکسیل از سه طریق ذیل شروع به تجزیه می کنند.

3-1- با افزایش رادیکال:

افزودن رادیکال هیدروکسیل به ترکیب آلی آروماتیک یا آلیفاتیک غیر اشباع (مانند C_6H_6) منجر به تولید ترکیب آلی رادیکال می شود که برای تولید محصولات نهایی پایدار با ترکیباتی نظیر اکسیژن یا آهن فرس بیشتر اکسید می شوند. در واکنش های زیر علامت اختصاری R برای نشان دادن ترکیب آلی واکنش گر استفاده می شود.

**3-2- با برداشتن هیدروژن:**

رادیکال هیدروکسیل به منظور حذف اتم هیدروژن از ترکیب آلی استفاده می شود. حذف اتم هیدروژن باعث تشکیل ترکیب آلی رادیکال می شود. این کار منجر به شروع واکنشهایی می شود که ترکیب آلی با اکسیژن واکنش می دهد و رادیکال هیدروکسیل تولید می کند که با ترکیب آلی دیگری واکنش می دهد.

**3-3- با انتقال الکترون:**

انتقال الکترون باعث تشکیل یون هایی با ظرفیت بالاتر می شود. اکسیداسیون یون منفی تک ظرفیتی منجر به تشکیل یک اتم یا رادیکال آزاد خواهد شد.

**3-4- با ترکیب رادیکال:**

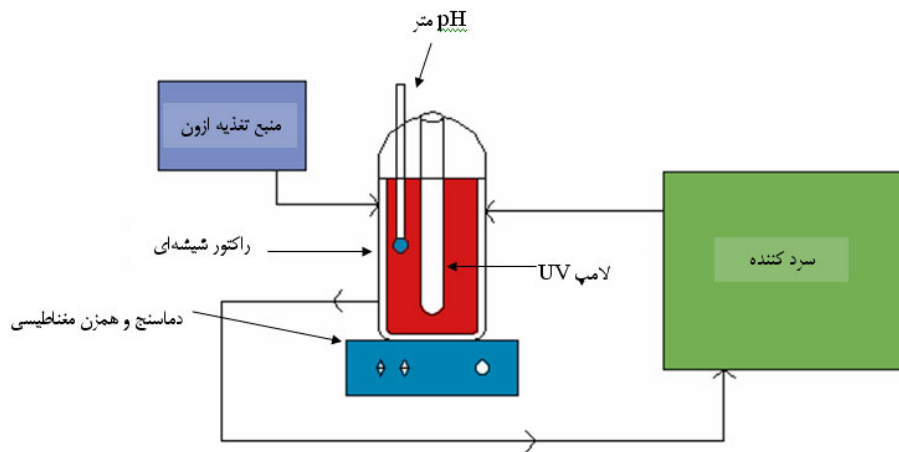
دو رادیکال برای تشکیل محصول پایدار ترکیب می شوند.



در نهایت واکنش رادیکال های هیدروکسیل با ترکیبات آلی منجر به تولید آب، دی اکسید کربن و املاح خواهد کرد که به فرآیند معدنی سازی معروف است.

4- آزمایشات:

این تحقیق نوعی تحقیق کاربردی و موردی است که در مدت 12 ماه و با انجام آزمایشات بر روی نمونه های مصنوعی از غلظت های ورودی BPA در محدوده انتخابی 100 میلی گرم در لیتر و محدوده pH برابر (3 الی 10) در سطح پایلوت انجام می پذیرد. مقایسه دو عامل اکسید کننده ازون/ پراکسید هیدروژن با و بدون استفاده از پرتو فرابنفش در مقیاس پایلوت برای حذف این آلاینده با حداکثر راندمان حائز اهمیت است. بر این اساس ضمن لحاظ نمودن عوامل موثر در عملکرد و غلظت نهایی BPA، اثرات آنها با نمونه برداری های لازم بررسی می گردد. در این مطالعه غلظت نهایی BPA یا متغیر وابسته در مقابل پارامترهای راهبری و عملیاتی مانند (pH)، غلظت اولیه BPA، زمان تابش پرتو فرابنفش و تزریق ازون، غلظت های مختلف پراکسید هیدروژن و دمای سیستم به عنوان متغیرهای مستقل مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است.

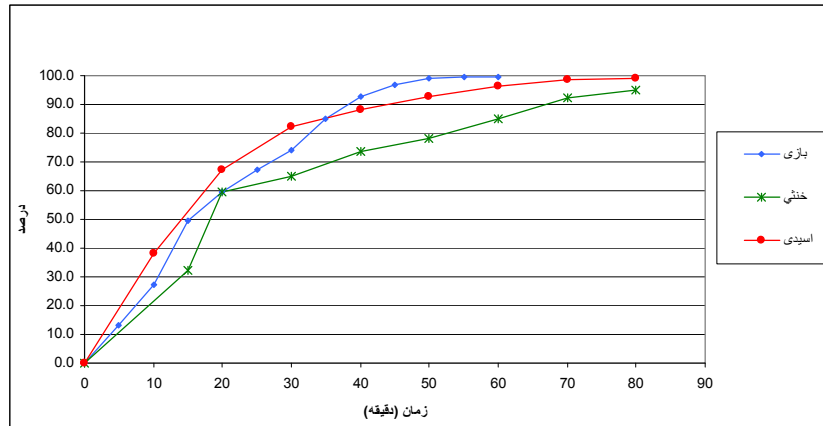


شکل (2) شمای کلی پایلوت

5- بحث و نتایج :

5-1- مقایسه راندمان سیستم ترکیبی O_3/H_2O_2 در حذف BPA

براساس نمودار (1) در اکسیداسیون پیشرفته BPA با استفاده از سیستم O_3/H_2O_2 صورت پذیرفته تغییرات درصد حذف غلظت های نسبی BPA در pH مختلف در برابر زمان را نشان می دهد.

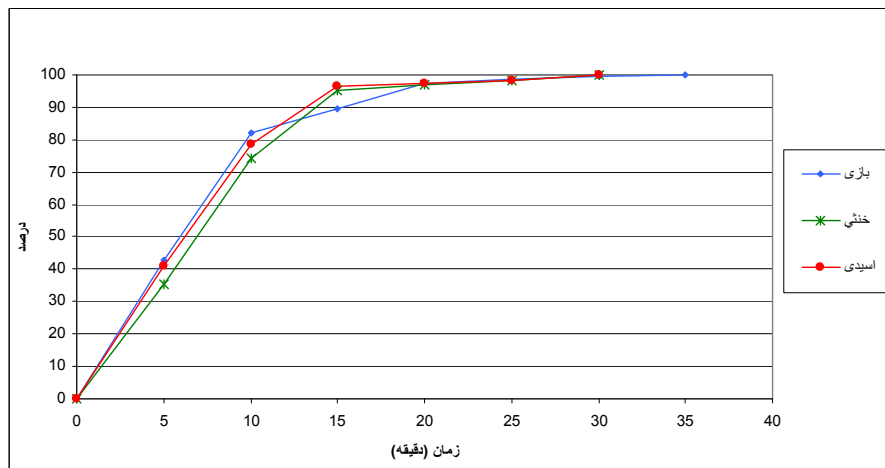


نمودار (1) مقایسه درصد حذف BPA در سیستم O₃/H₂O₂ در محیط های مختلف

5-2- مقایسه راندمان سیستم ترکیبی O₃/H₂O₂/UV در حذف BPA

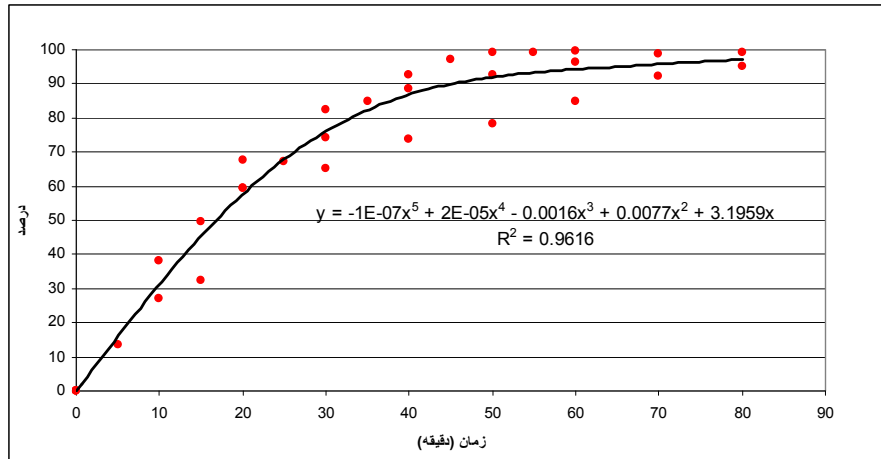
نتایج نشان می دهند که اکسیداسیون و درصد کاهش BPA در محیط های مختلف مستقل از pH بوده و در این شرایط در کمتر از 30 تا 35 دقیقه بیسفنل آ بطور کامل تجزیه می گردد. کاهش مقدار COD نیز بطور میانگین تا 75 درصد در هر سه محیط بدست آمده است.

براساس نمودار (2) که تغییرات درصد حذف غلظت های نسبی BPA در pH مختلف در برابر زمان را نشان می دهد، سرعت اکسیداسیون BPA در pH های متفاوت تقریباً یکسان بوده و لذا تجزیه BPA در فرآیند اکسیداسیون پیشرفته با استفاده از سیستم O₃/H₂O₂/UV با تقریب نسبتاً مناسبی مستقل از pH می باشد.



نمودار (2) مقایسه درصد حذف BPA در سیستم O₃/H₂O₂/UV در محیط های مختلف

نمودار (3) مقایسه روند تغییرات غلظت بیسفنل آ در سیستم $O_3/H_2O_2/UV$ را به عنوان تابعی از زمان تابش پرتو فرابنفش ارائه کرده است. این نمودار نشان می‌دهد که روند تغییرات غلظت BPA به زمان پرتو در محیط‌های مختلف از نظر pH مستقل و از یک معادله درجه 4 با تقریب خوبی تبعیت می‌کند.



نمودار(4) مقایسه درصد حذف BPA در سیستم $O_3/H_2O_2/UV$ در محیط‌های مختلف

6- نتیجه گیری :

- 1- میزان تخریب BPA در فرایند UV/H_2O_2 تحت تاثیر غلظت بهینه H_2O_2 ، pH محلول و مدت زمان تابش می باشد.
- 2- شرایط بهینه تخریب BPA با استفاده از سیستم O_3/H_2O_2 شامل غلظت 0/0945 مولار از آب اکسیژنه ، 0/138 میلی مول بر دقیقه ازون و pH بازی تعیین گردید.
- 3- راندمان تجزیه BPA با غلظت (100mg/l) در شرایط بهینه سیستم O_3/H_2O_2 پس از 60 دقیقه تزریق ازون به 99/4 درصد می رسد . درصد حذف COD در این شرایط 54/5 درصد تعیین گردید.
- 4- سیستم ترکیبی $O_3/H_2O_2/UV$ راندمان بالایی جهت حذف BPA از فاضلاب دارد.
- 5- شرایط بهینه تخریب BPA با استفاده از سیستم $O_3/H_2O_2/UV$ شامل غلظت 0/0945 مولار از آب اکسیژنه ، 0/138 میلی مول بر دقیقه ازون و pH خنثی تعیین گردید. درصد حذف COD در این شرایط 78 درصد محاسبه گردید.

مراجع :

- 1- USEPA, (1998). *Handbook of advanced photochemical oxidation processes*, EPA/625/R-98/004, Office of Research and Development, Cincinnati, Ohio 45268,1-15.
- 2- Irmak, S, Erbaturo, O, (2005). *Degradation of bisphenol A in aqueous medium by using ozone/uv techniques*, journal of Hazardous Materials.
- 3- Yunho, L, Changha, L, (2002). *High temperature dependence of 2,4-dichlorophenoxyacetic acid degradation by Fe^{3+}/H_2O_2 system*, chemosphere
- 4- Lee, J, H, Park, Yoon, J, *Ozonation characteristics of bisphenol A in water*, Environment technology.

- 5-Changha.L, Jeyong.Y, (2004). *Temperature dependence of hydroxyl radical formation in the $uv/Fe^{3+}/H_2O_2$ and Fe^{3+}/H_2O_2 systems*, Chemosphere
6. Vonga, D., Marotta, R., Napolitano, A., Andreozzi, R., (2002). *Advanced Oxidation of the pharmaceutical drug diclofenac with UV/H₂O₂ and ozone*, Water Research, 38(8), 309-314.
7. An, Y.J., Carry, E.R., (2002). *PAH degradation by UV/H₂O₂ in perfluorinated surfactant solutions*, Water Research, 36(1), 309-314.
8. Andreozzi, R., Caprio, V., Maratta, R., Insola, A., (2002). *The oxidation of metol (N-methyl-p-aminophenol) in aqueous solution by UV/H₂O₂ photolysis*, Water Research, 34(2), 463-472.
9. Benitez, F.J., heredia, J.B., Acero, J.L., Rubio, J., *Contribution of free radicals to chlorophenols decomposition by several advanced oxidation processes*, Chemosphere, 41(8), 1271-1277.
10. Chen.J, Rulkens, W.R., Bruning, H., (1997). *Photo chemical elimination of phenols and COD in industrial wastewater*, Water Science and Technology, 35(4), 231-238.
11. APHA, AWWA, WEF. (1995). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 19th Edition, Washington DC,

SID



سرویس های
ویژه



سرویس ترجمه
تخصصی



کارگاه های
آموزشی



بلاگ
مرکز اطلاعات علمی



عضویت در
خبرنامه



فیلم های
آموزشی

کارگاه های آموزشی مرکز اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی



مباحث پیشرفته یادگیری عمیق؛
شبکه های توجه گرافی
(Graph Attention Networks)



کارگاه آنلاین آموزش استفاده از
وب آوساینس



کارگاه آنلاین مقاله روزمره انگلیسی