Archive of SID

دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر
فصلنامه‌ی کاربرد شیمی در محیط زیست

سال سوم، شماره‌ی ۱۲
پاییز ۱۳۹۱، صفحات ۶۲-۵۷

تخریب بنزآلدئید با استفاده از التراسونیک

الهام محسنی
دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر، اهر، ایران
Elham_mohseni69@yahoo.com

پروین غربانی
گروه شیمی، دانشکده علوم پایه، عضو هیات علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر، اهر، ایران

چکیده

بنزآلدئید یک ترکیب سمی برای انسان و محیط زیست به شمار می‌آید. تخریب سونوشیمیایی بنزآلدئید در محلول آبی به وسیله یک سونیکیت آزمایشگاهی انجام شد. اثر پارامترهای مهم مثل pH محلول، زمان، فرکانس و دامنه ارتعاش دستگاه التراسونیک روی تخریب سونوشیمیایی بنزآلدئید مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج نشان داد که تخریب بنزآلدئید با افزایش pH محلول کاهش و با افزایش زمان، فرکانس و دامنه ارتعاش التراسونیک افزایش می‌یابد.

کلید واژه‌ها: بنزآلدئید، التراسونیک، pH محلول.

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

آب، شرط وجود حیات می‌باشد و اکثر قریب به اتفاق واکنش‌های شیمیایی در محیط آبی صورت می‌گیرد. این مایع بی‌رنگ یکی از خالص‌ترین مواد موجود در روی کره زمین و در عین حال از پیچیده‌ترین محلول‌هاست. تا دو دهه اخیر انرژی، مهم‌ترین سرمایه ملی کشورها بود ولی اکنون یا بهتر است بگوییم در آینده‌ای نه چندان دور، آب سرمایه ملی کشورها خواهد شد. در چگونگی انجام فرآیندهای باز ساختی و تصفیه آب و همچنین قابل استفاده کردن فاضلاب‌های شهری و صنعتی روش‌های مفیدتر و کم هزینه-تر مورد توجه بیشتری واقع خواهد شد. جامعه بشری از دیر باز نسبت به شناخت و کنترل منابع آلاینده محیط زیست زندگی خود حساسیت داشته است. ورود آلاینده‌هایی نظیر عوامل بیماری زا، ترکیبات سمی و مزاحم به منابع زیست محیطی انسانها از جمله آب، هوا و خاک همواره به عنوان یک تهدید جدی سلامت جامعه را به خطر انداخته است. از این میان آب به عنوان مهم‌ترین ماده طبیعت و حیاتی‌ترین رکن زندگی جوامع انسانی همواره اهمیت بسیار زیادی در سلامت جامعه ایفا نموده است و آلودگی آب همواره یک تهدید زیست محیطی بوده است. پساب‌های صنعتی به دلیل نبود برنامه ریزی جامع و بی‌توجهی به ملاحظات زیست محیطی یکی از عوامل تهدید کننده منابع آبی کشور به شمار می‌روند. جهت جلوگیری از ورود آلاینده‌های زیست محیطی به آب و محیط زیست و نزدیک کردن میزان این آلاینده‌ها به استاندار جهانی آب و پساب، بایستی کارگاه‌ها و کارخانه‌های صنعتی به سیستم‌های تصفیه آب و پساب مجهز شوند [۱]. از جمله آلاینده‌های آب، می‌توان به ترکیبات حلقوی از جمله بنزآلدئید اشاره کرد.

اکسیداسیون پیشرفته شامل ادغام فرآیندهای مختلفی از جمله اوزون، هیدروژن پراکسید، سونولیز، اشعه فرابنفش و تصفیه فوتوکاتالیستی می‌باشند که در دوره‌های اخیر فرآیندهای اکسیداسیون پیشرفته توسعه بیشتری یافته و برای کاربردهای صنعتی به کار رفته است.

این روش‌ها شامل اوزون زنی - پراکسید کردن، اکسیداسیون هوای مرطوب، سیستم هیدروژن پراکسید/ اوزون/ فرابنفش، سیستم واکنش‌های فنتون و سونولیز می‌باشند که در واکنش‌های این فرآیندها، رادیکال‌های آزاد بسیار فعال و واکنش پذیری هم‌چون هیدروکسیل، هیدروژن و هیدروپراکسیل تولید می شوند که این رادیکال ها گونه های اساسی تخریب ترکیبات مولکولی آلی و غیرآلی در آلودگی‌های تولید شده به وسیله فرآیندهای صنعتی می‌باشند [۲].

التراسونیک واکنش‌های شیمیایی را در محلول از طریق تولید میکروحبابهای حفره سازی بهبود می‌بخشد. رشد و فروپاشی این میکروحبابها باعث انتقال و تمرکز انرژی از امواج صوتی با اندازه ماکرو به بخار داخل حباب‌ها با اندازه میکرو می‌شود. در طول فروپاشی حباب‌ها، فشارهای بسیار بالا در حدود صد اتمسفر و درجه حرارت بسیار بالا در حدود هزاران کلوین در فاز بخار داخل حباب تولید می‌شود. در نتیجه رادیکال‌های آزاد بسیار واکنش‌پذیر تولید می‌شوند. این انرژی منحصر به فرد باعث واکنش‌پذیری ترکیبات در محلول‌های آبی می‌شود. کاربردهای بالقوه این محدوده از تکنولوژی، در تخریب آلاینده‌های زیست محیطی و سنتز دارو برای درمان‌های پزشکی است. سونوشیمی، شیمی مرتبط با التراسونیک است که توسط پارامترهای که شامل دامنه، فرکانس میدان صوتی اعمال شده، دما، کشش سطحی، فشار بخار، مقدار گاز، تراکم هسته از حلال و همچنین شکل هندسی لوله و ردیاب تاثیر می‌پذیرد [۳]. به عبارت دیگر سونولیز باعث تخریب آلاینده‌های آلی می‌شود که عمدتاً به تولید رادیکال‌ها و تجزیه حرارتی در میکروحبابها نسبت داده شده است. تعداد زیادی از مطالعات آزمایشگاهی نشان داده-اند که تابش التراسونیک یک روش بی‌خطر و موثر و سریع در تخریب آروماتیک‌ها، فنول‌ها، ترکیبات کلردار و آفت-کش‌ها از محلول‌های آبی می‌باشد [۴].

www.SID.ir

Archive of SID

روش آزمایش

در این کار پژوهشی بررسی تخریب بنزآلدئید با استفاده از التراسونیک انجام ونتایج به صورت زیر آورده شده است:

بررسی اثر دامنه ارتعاش امواج صوتی التراسونیک

برای انجام این آزمایش ۲۵۰ میلی لیتر محلول بنزآلدئید با غلظت ۱۰ mg/L تهیه شده و بشر حاوی محلول به همراه حمام یخ (برای جلوگیری از افزایش شدید دما در دقایق آغازین آزمایش) در دستگاه التراسونیک (شکل ۱) قرار داده شد. لازم به ذکر است چون در این آزمایش‌ها خود دستگاه کار همزدن محلول را انجام می‌داد نیازی به استفاده از همزن مغناطیسی نبود. آزمایشات در دامنه ارتعاش ۲۰، ۴۰، ۶۰، ۸۰، ۱۰۰ انجام شدند. آزمایش ۶۰ دقیقه ادامه یافته و در هر پنج دقیقه نمونه برداری انجام شد. در ادامه جذب نمونه‌ها توسط دستگاه اسپکتروفتومتر UV-Vis اندازه‌گیری شده و از روی میزان جذب، درصد تخریب در زمان‌های مختلف محاسبه شد. درصد تخریب محاسبه شده از این پنج آزمایش بر حسب زمان در نمودار (۱) و برحسب دامنه ارتعاش در نمودار (۲) نشان داده شده است.

شکل ۱: دستگاه التراسونیک مدل UP 400S

مطابق نمودارهای ۱و ۲، با افزایش دامنه ارتعاش دستگاه التراسونیک میزان تخریب بنزآلدئید افزایش می‌یابد. می‌توان چنین توجیه کرد که افزایش دامنه ارتعاش دستگاه التراسونیک منجر به تشکیل حباب های کاویتاسیون با شعاع بیشتر و رادیکال های آزاد هیدروکسیل بیشتر شده در نتیجه راندمان تخریب بنزآلدئید افزایش می یابد.

خواص یک دستگاه التراسونیک عموماً وابسته به سه پارامتر است: قدرت، فرکانس و دامنه ارتعاش[۵]. انتشار امواج التراسونیک در حلال‌های آبی طبق واکنش (۱)، منجر به تشکیل رادیکال‌های آزاد هیدروکسیل فعال می‌شود.

$H_2O + US \rightarrow H^{\cdot} + OH^{\cdot}$ واکنش (۱)

در حضور اکسیژن، رادیکال‌های $H\,O_2^{\cdot}$ (واکنش ۲) تشکیل می‌شود که منجر به تشکیل هیدروژن پراکسید می‌شود که به عنوان یکی از قوی‌ترین اکسیدان‌ها در این واکنش‌ها ایفای نقش می کند.

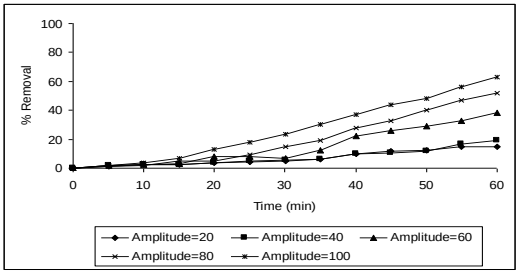
$H^{\cdot} + O_2 \rightarrow HOO^{\cdot}$ واکنش (۲)

همچنین هیدروژن پراکسید از ترکیب دوباره رادیکال‌های هیدروکسیل تشکیل می‌شود (واکنش های ۳ و ۴).

$HOO^{\cdot} + HOO^{\cdot} \rightarrow H_2O_2 + O_2$ واکنش (۳)

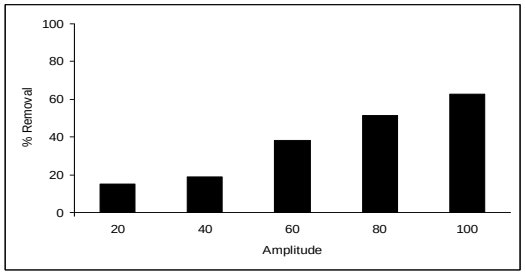
$2\,OH^{\cdot} \rightarrow H_2O_2$ واکنش (۴)

اما H_2O_2 تولیدی بعد از مدتی به آب و اکسیژن تجزیه می شود[۶].



نمودار (۱): تاثیر دامنه ارتعاش دستگاه التراسونیک

[BZ] =10 mg/L; US Frequency = 0.5 cycle/s



نمودار میله ای (۲): تاثیر دامنه ارتعاش دستگاه التراسونیک

[BZ] =10 mg/L; US Frequency = 0.5 cycle/s

بررسی اثر فرکانس امواج صوتی التراسونیک

www.SID.ir

Archive of SID

برای انجام این آزمایش ۲۵۰ میلی لیتر محلول بنزآلدئید با غلظت mg/L ۱۰ تهیه شده و بشر حاوی محلول به همراه حمام یخ (برای جلوگیری از افزایش شدید دما در دقایق آغازین آزمایش) در دستگاه التراسونیک قرار داده شد. فرکانس دستگاه به ترتیب در مقادیر ۰/۲، ۰/۴، ۰/۶، ۰/۸، ۱ cycle/s تنظیم شده، آزمایش ۶۰ دقیقه ادامه یافته و در هر پنج دقیقه نمونه برداری انجام شد. در ادامه جذب نمونه‌ها توسط دستگاه اسپکتروفتومتر UV – Vis اندازه گیری شده و از روی میزان جذب، درصد تخریب محاسبه شده از این آزمایش برحسب زمان در نمودار (۳) و برحسب فرکانس در نمودار (۴) نشان داده شده است.

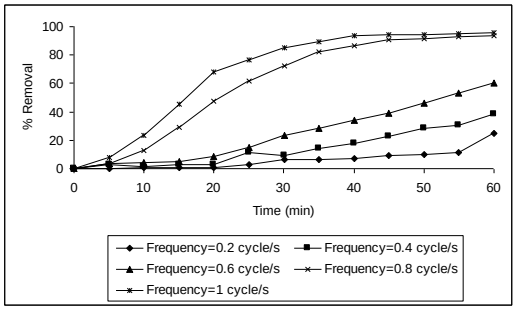
همانطور که در نمودارهای (۳) و (۴) مشاهده می‌شود با افزایش فرکانس از ۰/۲ به ۱ سیکل در ثانیه میزان تخریب بنزآلدئید افزایش می‌یابد.

دو دلیل می‌توان برای توجیه افزایش درصد حذف بنزآلدئید با افزایش فرکانس التراسونیک بیان کرد :

۱- با افزایش فرکانس، دمای محیط نیز افزایش می یابد.

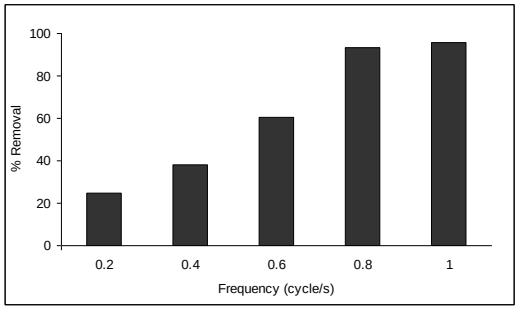
۲- با افزایش فرکانس، میزان رادیکال هیدروکسیل تولیدی نیز افزایش می‌یابد. چرا که با افزایش فرکانس، فروپاشی حبابها سریعتر اتفاق افتاده و رادیکال‌های بیشتری از حباب فرار می‌کنند.

افزایش این دو پارامتر (دما و رادیکال هیدروکسیل) سرعت واکنش را افزایش داده و در نتیجه راندمان حذف بالا می‌رود.



نمودار(۳): تاثیر فرکانس دستگاه التراسونیک در تخریب بنزآلدئید

[BZ] =10 mg/L; US Amplitude = 100



نمودار میله ای (۴): تاثیر فرکانس دستگاه التراسونیک در تخریب بنزآلدئید

[BZ] =10 mg/L; US Amplitude = 100

بررسی اثر pH محلول در تخریب بنزآلدئید

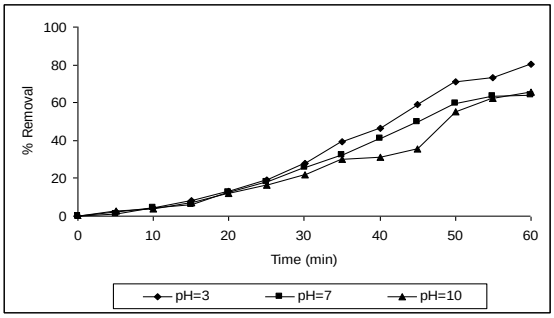
برای انجام این آزمایش ۲۵۰ میلی لیتر محلول بنزآلدئید با غلظت mg/L ۱۰ تهیه شده و pH محلول اندازه گرفته شد که برابر با ۷ بود. سپس با افزودن اسید کلریدریک و سدیم هیدروکسید، pH محلول را به ۳ و ۱۰ رسانده شد و بشر حاوی محلول به همراه حمام یخ در دستگاه التراسونیک قرار داده شد. دامنه ارتعاش دستگاه التراسونیک در روی ۱۰۰ و فرکانس cycle/s ۰/۵ تنظیم شد. آزمایش ۶۰ دقیقه ادامه یافت و در هر پنج دقیقه نمونه برداری انجام شد و پس از ثبت جذب نمونه‌ها، درصد تخریب در زمان‌های مختلف محاسبه شد. نمودارهای (۵) و (۶) نیز میزان حذف بنزآلدئید را در pH های مختلف نشان می دهد.

با توجه به نتایج حاصل از اثر pH محلول در فرآیند تخریب بنزآلدئید، ملاحظه می‌شود که درصد حذف بنزآلدئید در محیط‌های اسیدی بیشتر از محیط‌های خنثی و قلیایی است.

میزان تخریب بالا در محیط اسیدی را چنین می‌توان توجیه کرد که بنزآلدئید در محیط اسیدی به صورت مولکولی یافت می‌شود. مواد به صورت مولکولی به راحتی به حد فاصل آب – گاز حبابها وارد شده و حتی در داخل حبابهای حفره سازی بخار می‌شوند. بنابراین آنها به راحتی هم در داخل با شکافت حرارتی و هم در خارج به وسیله رادیکالهای OH تخریب می‌شوند.

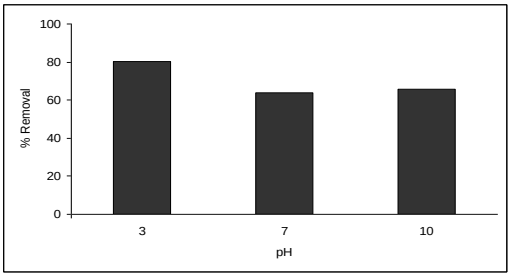
www.SID.ir

Archive of SID



نمودار (۵) : تاثیر pH در تخریب بنزآلدئید با استفاده از دستگاه التراسونیک

[BZ] =10 mg/L; US Amplitude = 100; Frequency = 0.5 cycle/s



نمودار میله ای (۶) : تاثیر pH در تخریب بنزآلدئید با استفاده از دستگاه التراسونیک

[BZ] =10 mg/L; US Amplitude = 100; Frequency = 0.5 cycle/s

نتیجه گیری

۱- دستگاه التراسونیک به تنهایی تا حد قابل قبولی قادر به تخریب بنزآلدئید می‌باشد (با راندمان تخریب ۹۵/۶۲ ٪). البته این میزان تخریب با بیشترین دامنه ارتعاش دستگاه یعنی ۱۰۰ و بیشترین فرکانس یعنی cycle/s ۱به دست آمد و در دامنه‌ی ارتعاش‌های پایین راندمان کار کم بود. که دلیل آن این بود که در دامنه ارتعاش بیشتر انرژی ذخیره شده بیشتری موجود بوده بنابراین باعث ایجاد حبابهای کاویتاسیون بیشتر می‌شود.

۲- در فرآیند تخریب بنزآلدئید توسط دستگاه التراسونیک بیشترین میزان تخریب در pH اسیدی رخ می‌دهد. این نتیجه به خاطر این است که بنزآلدئید در محیط اسیدی به صورت مولکولی یافت می‌شود. مواد به صورت مولکولی به راحتی و به سرعت در محیط‌های اسیدی قادر به نفوذ به درون فصل مشترک مایع - حباب گاز هستند.

www.SID.ir

Archive of SID

منابع

۱- موتمنی طباطبایی، ص. مژده وری، ح. تاج خلیلی، الف.، شیمی آب و تصفیه آب های صنعتی. اهر : انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی، چاپ اول، ۱۳۸۹.

2-Seungmin, N., Sanghyun, C., Seban, L., Seungkwan, H., Jeehyeong, K., Addition of sonochemical reactor to the solar photocatalytic compound parabolic concentrators system, Japanese Journal of Applied physics,Vol. 50, pp. 07 HE 14, 2011.

3- Cuiling, G., Douglas, P.H., Ultrasound induced cavitation and sonochemical yields, Journal of the Acoustical Society of America, Vol. 104, pp. 2675-2682, 1998.

4- Wu, T.N., Shi, M.C., pH-affecting sonochemical formation of hydroxyl radicals under 20 KHz ultrasonic irradiation, Sustainable Environment Research, Vol. 20, pp. 245-250, 2010.

5- Lin, J.G., Chang, C.N., Wu, J.R., Decomposition of 2-chlorophenol in aqueous solution by ultrasound/H_2O_2 process, Water Science and Technology, Vol.33, pp.75-81, 1996.

6- Hartmann, J., Bartels, P., Mau, U., Witter, M., Tumpling, W.V., Degradation of the drug diclofenac in water by sonolysis in presence of catalysts, Chemosphere, Vol. 70, pp.453-461, 2008.

www.SID.ir