

مقایسه کارایی پر خام و پر اصلاح شده شترمرغ با پراکسید هیدروژن در حذف فنل از محلول‌های آبی

تاریخ دریافت مقاله: ۹۰/۳/۱۳؛ تاریخ پذیرش: ۹۰/۱۰/۱۱

چکیده

محمد نوری سپهر^۱، احمد رضا یزدانبخش^۲،
هستی دارائی^{۳*}

^۱گروه بهداشت محیط، دانشکده بهداشت،
دانشگاه علوم پزشکی البرز، ایران

^۲گروه بهداشت محیط، دانشکده بهداشت،
دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران،
ایران

^۳گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده
بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی البرز، ایران

زمینه و هدف: حذف فنل توسط جاذب‌های زیستی در طی سال‌های اخیر بسیار مورد توجه قرار گرفته است. در این مطالعه پتانسیل پر شترمرغ به‌عنوان یک جاذب جدید برای جذب فنل از محلول‌های آبی مورد ارزیابی قرار گرفت. **روش بررسی:** در این تحقیق امکان‌پذیری کارایی پر شترمرغ و پراصلاح شده با H_2O_2 در مقیاس آزمایشگاهی و با محلول‌های سنتزی 1 تا 50 mg/L فنل مورد مطالعه قرار گرفت و تأثیر عوامل موثر در این فرآیند شامل pH، غلظت جاذب، زمان تماس و دما بررسی گردید. سپس داده‌های جذب توسط ایزوترم‌های فروندلیخ و لانگمیر مورد بررسی قرار گرفتند و از نرم افزار Excel برای تجزیه و تحلیل داده‌ها استفاده گردید. **یافته‌ها:** نتایج بدست آمده مشخص ساخت با افزایش مقدار جاذب از 0.2 g تا 0.7 g میزان جذب افزایش می‌یابد. جذب فنل با افزایش مقدار pH محلول کاهش می‌یابد. همچنین این نتیجه بدست آمد که افزایش زمان تماس تأثیر ویژه ای در میزان جذب از محلول دارد (83% برای پر خام و 73% برای پراصلاح شده). **نتیجه‌گیری:** نتایج نشان داد کارایی فرآیند جذب با پر خام بیشتر از جذب با پراصلاح شده می‌باشد. همچنین نتایج نشان داد که پر شترمرغ، به‌عنوان یک ماده ارزان و یک ماده زائد جامد از کشتارگاه‌ها، می‌تواند به‌عنوان یک جاذب زیستی برای حذف فنل به‌کار رود.

کلمات کلیدی: فنل، جاذب زیستی، ایزوترم، پر شترمرغ، اصلاح شیمیایی

* نویسنده مسئول: گروه مهندسی بهداشت
محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم
پزشکی البرز، ایران

۰۲۶۱-۴۶۴۳۲۵۴
E-mail: hasti.daraei@yahoo.com

مقدمه

با توجه به اینکه این آلاینده یک ماده سمی بوده و کاهش حذف بیولوژیکی آن مشکل می‌باشد، لذا استانداردهای سخت‌گیرانه‌ای برای تخلیه مواد فنل دار به محیط‌زیست در نظر گرفته شده است، بنابراین حذف این نوع از ترکیبات آلی از فاضلاب صنایع شیمیایی و پتروشیمی، یکی از اجزای لازم و ضروری در سیستم‌های تصفیه فاضلاب این صنایع به شمار می‌رود.^۴ روش‌های متعددی برای حذف فنل و مشتقات آن از آب و فاضلاب وجود دارد که این روش‌ها شامل اکسیداسیون شیمیایی و بیولوژیکی، ترسیب، تبادل یون، جذب سطحی با کربن فعال، روش‌های الکترو شیمیایی و غیره می‌باشد.^{۵-۷} در این میان یکی از تکنیک‌های کارآمد و مؤثر در حذف فنل فرآیند جذب می‌باشد و به همین دلیل کربن فعال بدلیل

فنل به‌عنوان یک آلاینده آلی و یکی از مشتقات بنزن، حلالیت بسیار بالایی در آب دارد و در طبیعت بسیار سمی می‌باشد. این ماده به‌دلیل ساختمان فیزیکی در اکثر ترکیبات شیمیایی و فاضلاب‌های شهری وجود دارد.^۱ فنل در صنایع پتروشیمی، نقاشی، داروسازی، ساخت رزین و پلاستیک، آفت کش‌ها، صنایع آرایشی و غیره کاربرد داشته در نتیجه به‌عنوان یک آلاینده مهم در پساب‌های صنعتی و آب‌های زیرزمینی یافت می‌شود.^۲ فنل و ترکیبات آن حتی در غلظت‌های کم، سرطان‌زا هستند. همچنین حضور این ترکیبات در آب در طول عمل کلر زنی آب به‌دلیل تولید کلرو فنل تولید بوی نامطبوع می‌کند. فنل یک محرک قوی چشم و سیستم تنفسی است.^۳

گردیدند در این مرحله پرها برای تعیین اندازه و سایز، از الک‌های با سایز بندی مشخص (۰/۵ و ۰/۳ سانتی متری) عبور داده می‌شوند. و در نهایت با عبور از این الک‌ها، جاذب با سایز ۰/۳ سانتی متر بدست آمد. همچنین در مرحله دوم کار، این مواد خرد شده با استفاده از پراکسید هیدروژن ۳۰٪ وزنی/حجمی برای زمان ۱۸ ساعت برای حذف کلیه مواد آلی چسبیده به آن اصلاح و تصفیه شدند. پس از زمان طی شده جرم به دست آمده مجدداً با آب مقطر شسته شده و جهت خشک شدن به مدت ۱۲ ساعت در اون در دمای ۱۰۰ °C قرار داده شدند. در نهایت ماده خشک شده برای مطالعات بعدی در دسیکاتور نگهداری گردید.

آماده‌سازی محلول‌ها

ابتدا یک محلول استوک ۱۰۰۰ mg/L از فنل (بدست آمده از شرکت مرک و با درجه خلوص آزمایشگاهی) تهیه و در ظرف شیشه‌ای قهوه‌ای رنگ و در یخچال نگهداری گردید و در مراحل بعدی آزمایش از محلول استوک مذکور برای تهیه نمونه‌های آب آلوده به فنل در غلظت‌های مورد نظر (۱ تا ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر) جهت آزمایش‌ها از طریق رقیق سازی با آب مقطر استفاده گردید. در ابتدا کلیه آزمایشات در غلظت ۱۵ میلی‌گرم بر لیتر برای تعیین مقادیر بهینه دما، pH، زمان و غلظت ماده جاذب صورت گرفت و بعد از به دست آوردن مقادیر بهینه پارامترهای لازم، این مقادیر بهینه در غلظت‌های گوناگون فنل اعمال و نتایج بررسی شدند. در این آزمایش غلظت فنل باقیمانده در محلول‌ها با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر UV/Vis در طول موج ۵۰۰ nm و بر پایه رنگ متوجه از واکنش فنل با معرف ۴-آمینوآنتی پیرن مشخص گردید.

نتایج

جذب فنل از محلول‌های آبی در پرشر مرغ توسط پارامترهای گوناگونی همچون pH (در رنج ۲، ۳، ۷ و ۹)، دما (۲۰، ۳۰ و ۴۰ درجه سانتی‌گراد)، زمان تماس (۳۰ دقیقه تا ۳۰ ساعت)، مقدار جاذب (۰/۲ تا ۱/۵ گرم) و غلظت فنل (۱ تا ۵۰ میلی‌گرم در لیتر) بررسی گردید.

قابلیت جذب بالای آن، در این زمینه در مطالعات متعددی مورد استفاده قرار گرفته است.^۸ متأسفانه کربن فعال به دلیل مشکلاتی هم‌چون قیمت بالا و مشکلات احیای مجدد آن، در کشورهای در حال توسعه و کم درآمد کارایی محدودی دارد لذا این امر باعث شده که بسیاری از محققین بدنبال جاذب های اقتصادی، عملی، در دسترس و مؤثر باشند. خاک اره، خاکستر، چوب، کاه، سبوس برنج، پوست نارگیل، خاک رس و ... تعدادی از جاذب های جدید و ارزان هستند.^{۹،۱۰} با توجه به این موضوع پرشرمرغ به عنوان یکی از زائادات کشتارگاه‌ها و مراکز پرورش شترمرغ و با رشد روز افزون در پرورش آن در ایران به عنوان جاذب در این تحقیق در نظر بکار گرفته شد. پر به دلیل داشتن درصد بالایی از پروتئین کراتین قادر به حذف بسیاری از آلاینده‌های آلی و فلزات سنگین می‌باشد.^{۱۱-۱۳} با توجه به وجود بیش از ۳ هزار واحد پرورش شتر مرغ در کشور و همچنین با وجود تقریبی ۴۰ هزار قطعه پرورش شترمرغ به صورت رسمی و در حدود ۱۵ هزار شترمرغ مولد و ۸۰ هزار قطعه شترمرغ دامی^{۱۴} که نشان دهنده رشد روزافزون پرورش شتر مرغ و تولید مواد زائدی همچون پر آن می‌باشد و با در نظر گرفتن این نکته که پر شترمرغ به عنوان یک ماده ارزان قیمت، جدید، قابل دسترسی و با تولید روز افزون می‌باشد لذا تحقیق حاضر با هدف بررسی امکان کاربرد پر شترمرغ و پر اصلاح شده با پراکسید هیدروژن به عنوان یک جاذب برای حذف آلاینده آلی همچون فنل و مقایسه عملکرد و راندمان آن با سایر جاذب‌های زیستی و مواد زائد انجام شد. همچنین جذب توسط اینگونه مواد به عنوان یک گزینه در مقایسه با سایر روش‌های متداول که معمولاً پرهزینه نیز می باشند، اقتصادی به نظر می‌رسد.

روش کار

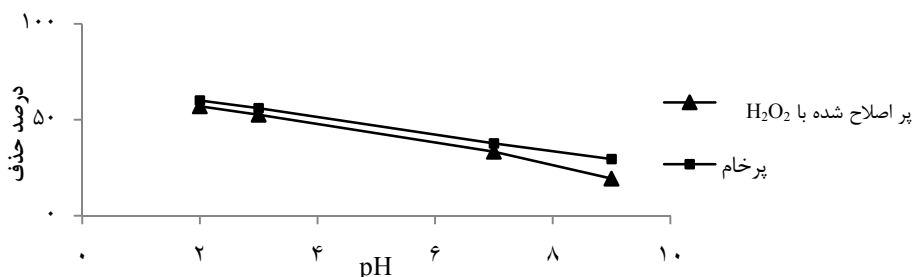
پرهاى شترمرغ بصورت مستقیم از مراکز پرورش شترمرغ تهیه و جمع آوری گردید. سپس جهت جداسازی مواد زائد چسبیده به پرها، آنها را چندین بار با آب و دترجنت شسته و در نهایت پرها مجدداً با آب مقطر شستشو داده شدند. در مرحله بعدی پرها به مدت یک شبانه روز در زیر نور آفتاب خشک شدند. سپس ساقه‌های خشک پرها از آنها جدا گردید و تارهای نرم آنها بریده شده و خرد

تأثیر دما

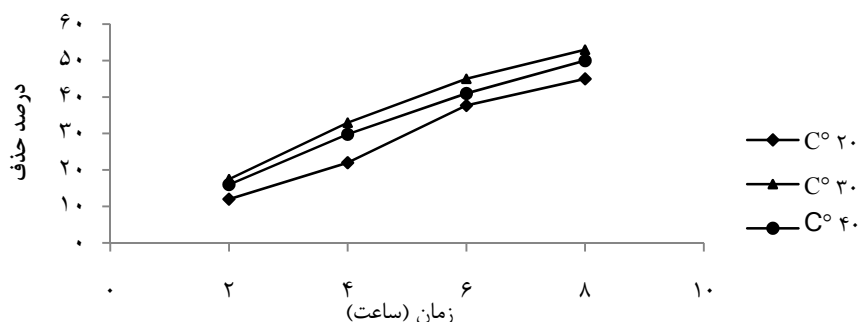
در شکل‌های ۲ و ۳ نتایج مربوط به تأثیر دما در میزان حذف فنل توسط فرآیندهای ذکر شده را در زمان‌های گوناگون (۲ تا ۸ ساعت) نشان داده شده است. همانطور که از شکل‌های مربوطه پیداست با افزایش دما تا محدوده 30°C راندمان حذف افزایش یافته و با افزایش بیشتر دما تا 40°C راندمان حذف کاهش می‌یابد.

تأثیر pH اولیه: تأثیر pH در جذب فنل از محلول‌های آبی با

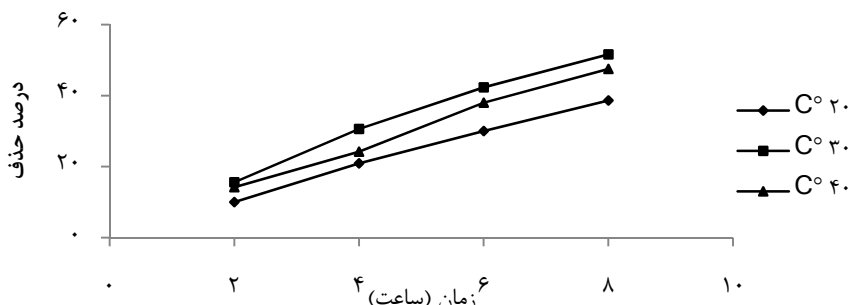
استفاده از پر خام و پر اصلاح شده با پراکسید هیدروژن در رنج pH بین ۲، ۳، ۷ و ۹ بررسی گردید. نتایج نشان داد که بیشترین راندمان حذف در $\text{pH}=2$ بدست آمد. با افزایش pH، میزان جذب کاهش می‌یابد (شکل ۱). بنابراین $\text{pH}=2$ برای کلیه آزمایشات جذب انجام شد.



شکل ۱. تأثیر pH بر میزان جذب فنل بر روی پر خام و پر اصلاح شده با H_2O_2 (زمان: ۸ ساعت؛ دما: 30°C ؛ غلظت فنل: ۱۵ میلی گرم بر لیتر؛ مقدار جاذب: ۰/۵ گرم)



شکل ۲. تأثیر دما بر میزان جذب فنل بر روی پر خام (زمان: ۲ تا ۸ ساعت؛ $\text{pH}=2$ ؛ غلظت فنل: ۱۵ میلی گرم بر لیتر؛ مقدار جاذب: ۰/۵ گرم)



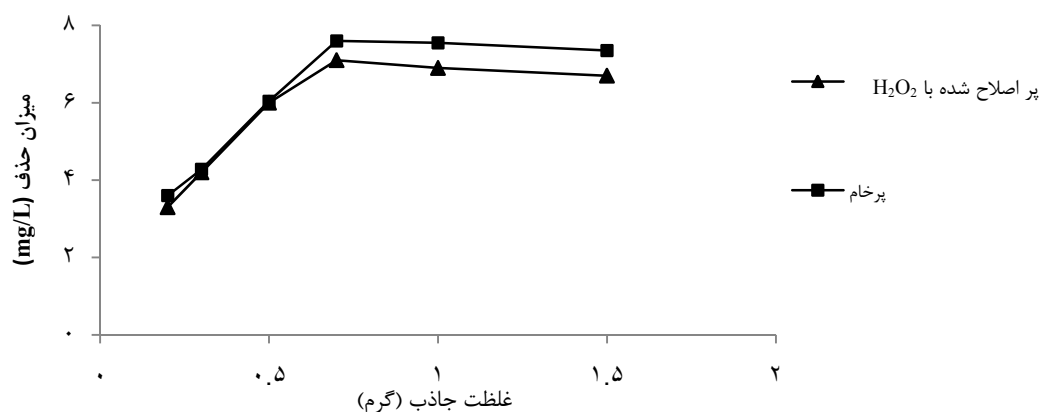
شکل ۳. تأثیر دما بر میزان جذب فنل بر روی پر اصلاح شده با H_2O_2 (زمان: ۲ تا ۸ ساعت؛ $\text{pH}=2$ ؛ غلظت فنل: ۱۵ میلی گرم بر لیتر؛ مقدار جاذب: ۰/۵ گرم)

تأثیر مقدار ماده جاذب

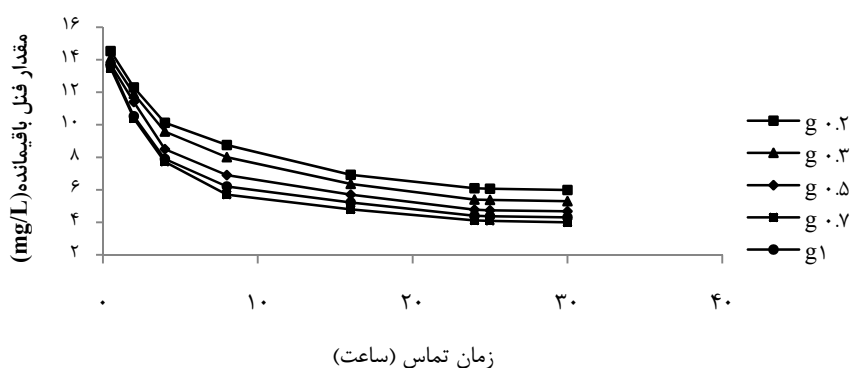
در شکل ۴ نتایج مربوط به تأثیر مقدار ماده جاذب در میزان حذف فنل توسط فرآیندهای ذکر شده نشان داده شده است. همانگونه که از شکل مربوطه پیداست با افزایش مقدار جاذب از ۰/۲ گرم تا ۰/۷ گرم میزان جذب فنل در هر دو فرآیند افزایش می‌یابد اما با افزایش بیشتر مقدار ماده جاذب از ۰/۷ گرم تا ۱/۵ گرم کارایی فرآیندهای مربوطه کاهش می‌یابد.

تأثیر زمان تماس

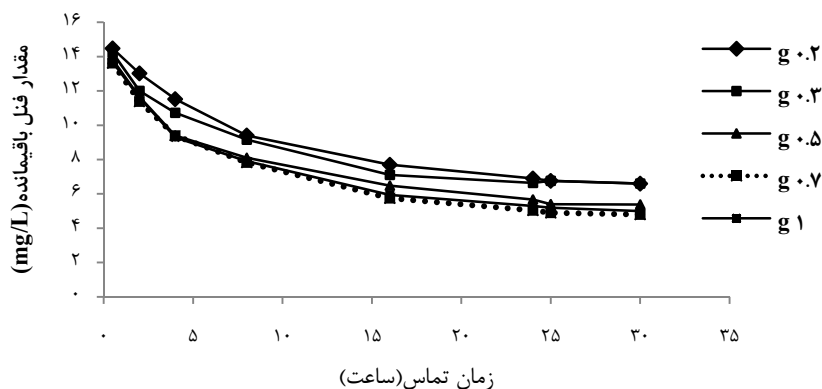
در شکل‌های ۵ و ۶ نتایج مربوط به اثر زمان تماس را در مقادیر گوناگونی از ماده جاذب در کارایی فرآیندهای مورد نظر نشان داده شده است. همانگونه که از نتایج مربوطه پیداست با افزایش زمان تماس میزان جذب فنل افزایش می‌یابد.



شکل ۴. تأثیر مقدار ماده جاذب بر میزان جذب فنل بر روی پرخام و پرخام اصلاح شده با H₂O₂ (زمان: ۸ ساعت؛ pH=۲؛ دما: ۳۰ درجه؛ غلظت فنل: ۱۵ میلی گرم بر لیتر)



شکل ۵. تأثیر زمان تماس بر میزان جذب فنل بر روی پرخام (pH=۲؛ دما: ۳۰ درجه؛ غلظت فنل: ۱۵ میلی گرم بر لیتر؛ مقدار جاذب: ۰/۲ تا ۱ گرم)



شکل ۶. تأثیر زمان تماس بر میزان جذب فنل بر روی پر پیش تصفیه شده با H_2O_2 (pH=۲)؛ دما: ۳۰ درجه؛ غلظت فنل: ۱۵ میلی گرم بر لیتر؛ مقدار جاذب: ۰/۲ تا ۱ گرم)

مطلوب را تعیین کرد. جهت تحلیل نتایج جذب و بررسی ایزوترم‌های جذب، دو مدل فروندلیخ و لانگمیر بررسی شدند. روابط خطی آنها به شکل زیر است:^{۱۵}

مدل ایزوترمی فروندلیخ

شکل خطی معادله ایزوترم فروندلیخ بصورت زیر می‌باشد:^{۱۵}

$$\log q_f = \log k_f + \frac{1}{n} \log C_e \quad (۱)$$

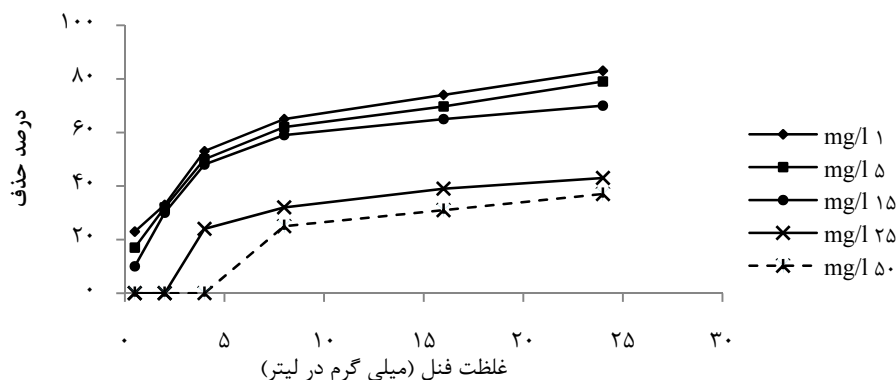
در این معادله C_e مقدار باقی مانده ماده جذب شونده در حالت تعادل (mg/L)، q_e مقدار ماده جذب شده به ازای جرم جاذب در حالت تعادل (mg/L)، k_f و n ثابت‌های فروندلیخ می‌باشند.

تأثیر غلظت اولیه فنل

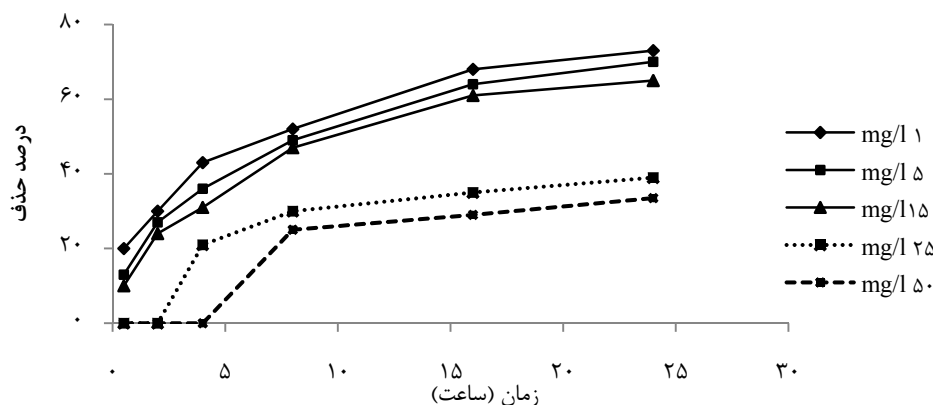
شکل‌های ۷ و ۸ نتایج مربوط به اثر غلظت اولیه فنل در میزان حذف آن توسط‌های ذکر شده را در مقابل زمان نشان می‌دهد. نتایج حاکی از آن می‌باشد که هرچه غلظت اولیه فنل بیشتر شود میزان حذف آن کاهش می‌یابد.

ایزوترم‌های جذب (فروندلیخ و لانگمیر)

عمده ترین پارامترهای طراحی فرآیند جذب ایزوترم‌های تعادلی می‌باشند که در آن حالت مقدار جذب ماده جذب شونده بر روی جاذب به حالت تعادل می‌رسد. درحقیقت می‌توان با استفاده از ایزوترم‌های جذب، حداکثر مقدار جذب و همچنین شرایط بهینه برای جذب



شکل ۷. تأثیر غلظت اولیه فنل در میزان جذب فنل بر روی پر خام در شرایط بهینه (pH=۲)؛ دما: ۳۰ درجه؛ مقدار جاذب: ۰/۷ گرم و زمان از ۰/۵ تا ۲۴ ساعت)



شکل ۸. تأثیر غلظت اولیه فنل بر میزان جذب بر روی پر پیش تصفیه شده با پراکسید هیدروژن در شرایط بهینه (pH=۲؛ دما: ۳۰ درجه؛ مقدار جاذب: ۰/۷ گرم؛ زمان از ۰/۵ تا ۲۴ ساعت)

مدل ایزوترمی لانگمیر

مدل ایزوترمی لانگمیر در مورد جذب سطحی تک لایه معتبر می

باشد. شکل خطی معادله ایزوترم لانگمیر به صورت زیر می باشد:

$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{C_e}{q_m} + \frac{1}{bq_m} \quad (2)$$

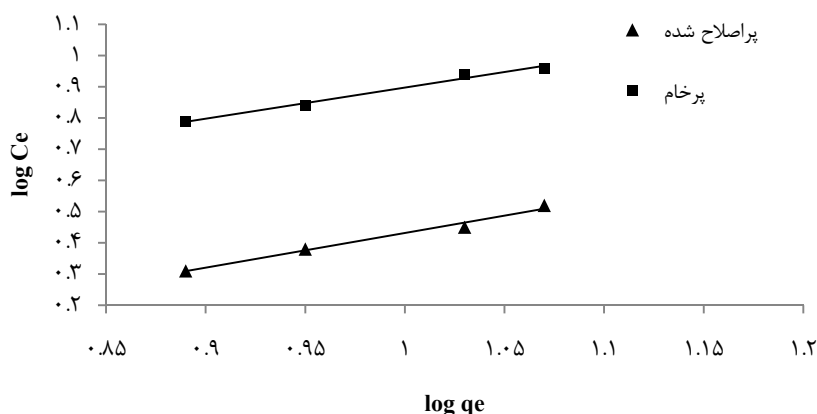
در این رابطه: q_m مقدار ماده جذب شده در واحد جرم جاذب در

حالت تعادل (mg/L)، C_e غلظت باقی مانده ماده جذب شونده در

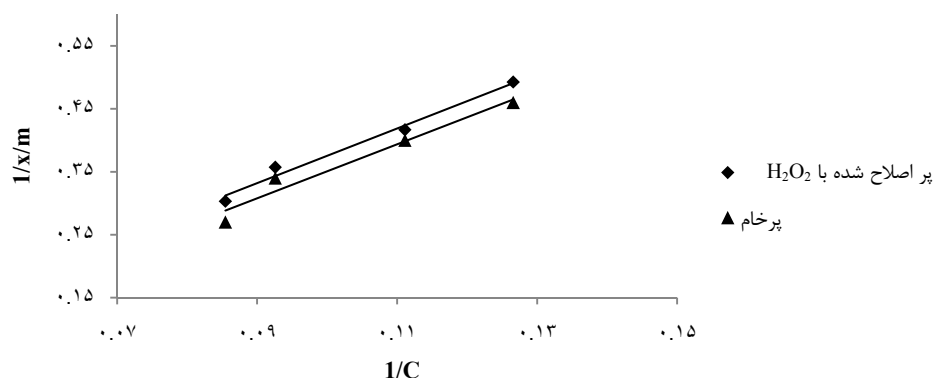
حالت تعادل (mg/L)، q_m حداکثر مقدار ماده جذب شده در واحد جرم

جاذب در حالت تعادل (mg/L) و b نشان دهنده ثابت لانگمیر

می باشد. شکل های ۹ و ۱۰ نتایج مربوط به رسم مدل های ایزوترم فروندلیخ و لانگمیر نشان داده شده است. همانگونه که از نتایج مربوطه پیداست جذب فنل در تمامی فرآیندهای بررسی شده بخوبی از ایزوترم فروندلیخ تبعیت می کند. البته در کل با توجه به مقدار ضریب رگرسیون (R^2) ارائه شده در جدول ۱ هر دو معادله برای تشریح جذب فنل در دو فرآیند جذب با پر خام و جذب با پر پیش تصفیه شده با پراکسید هیدروژن قابلیت دارند.



شکل ۹. ایزوترم خطی جذب فروندلیخ برای جذب فنل توسط پر خام و پراصلاح شده با H_2O_2



شکل ۱۰. ایزوترم خطی جذب لانگمیر برای جذب فنل توسط پر خام و پراصلاح شده با H_2O_2

جدول ۱. ضرایب مربوط به ایزوترم‌های خطی فروندلیخ، لانگمیر

نوع ایزوترم	مدل فروندلیخ			مدل لانگمیر		
	K	1/n	R^2	a	b	R^2
پارامتر جذب						
پر خام	۰/۲۲	۰/۷۵	۰/۹۸۱	۰/۶۴	۳/۵۷	۰/۹۱۹
پراصلاح شده با H_2O_2	۰/۲۴	۱/۴	۰/۹۸۵	۲/۱۶	۳/۷	۰/۹۸۳

بحث

اثر pH بر کارایی جذب: مطابق شکل ۱ در فرآیند جذب زیستی با استفاده از پر شترمرغ، افزایش در میزان pH، کاهش حذف فنل را به دنبال دارد. این مساله نشان می‌دهد که با کاهش pH اولیه در نمونه ها، می‌توان بدون تغییر مقدار جاذب اولیه مورد استفاده، تا حدود زیادی راندمان حذف فنل را افزایش داد. کاهش در جذب سطحی فنل در اثر افزایش pH می‌تواند در نتیجه تأثیر pH محلول بر شارژ الکتریکی سطح ماده جاذب براساس درجه یونیزاسیون و گوناگونی آلانده‌های موجود در محلول باشد. تغییر در pH بر روی فرآیند جذب سطحی در طی تجزیه و گسستگی گروه‌های وابسته، در سطوح فعال جاذب تأثیر می‌گذارد. این یک نظر مشترک است که سطوح جذب، آنیون‌ها را در pH پایین و در حضور یون‌های H بهتر جذب می‌کنند.^{۱۶} همچنین در مقادیر pH پایین، سطح جاذب دارای بار مثبت شده و در نتیجه در یک کشش قوی با یون‌های منفی فنل که به شکل یون $C_6H_5O^-$ می‌باشد قرار می‌گیرد.^۱ این یون‌های با بار

منفی مستقیماً در سطح دارای بار مثبت پر توسط نیروی الکتروستاتیک جذب می‌شوند.^{۱۷}

اثر دما بر کارایی جذب

مطابق نتایج بدست آمده از شکل‌های ۲ و ۳ ملاحظه می‌گردد که با افزایش دما از $20^{\circ}C$ تا $30^{\circ}C$ کارایی کلیه فرآیندهای مورد بررسی افزایش می‌یابد. این افزایش هم تاحدودی در نتیجه افزایش تجزیه و گسستگی فنل و میزان جذب آن با دما می‌باشد و هم اینکه تا حدودی در نتیجه انبساط کراتین موجود در پر با افزایش دما می‌باشد.^{۱۶} همانطور که از نتایج مشاهده می‌گردد با افزایش بیشتر دما از $30^{\circ}C$ تا $40^{\circ}C$ میزان حذف فنل در کلیه فرآیندهای مذکور کاهش می‌یابد. این کاهش در راندمان به آگروترومیک بودن فرآیند اشاره می‌کند. کاهش جذب در نتیجه افزایش دما، تا حدودی در نتیجه افزایش حرکت و جنبش فنل و در نتیجه ضعیف شدن نیروی جذب بین فنل و جاذب می‌شود بنابراین نیروی کششی ایجاد شده بین

جاذب و فنل جهت نگهداشتن ملکول‌های فنل در محل‌های قرار گرفته ناکافی می‌گردد.^{۲۰-۱۳}

اثر مقدار ماده جاذب بر کارایی جاذب

مطابق نتایج به دست آمده از شکل ۴ ملاحظه می‌گردد که جاذب فنل با افزایش مقدار جاذب از ۰/۲ گرم تا ۰/۷ گرم افزایش می‌یابد، این اتفاق به این علت می‌باشد که تعداد محل‌های خالی و همچنین محل‌های جاذب فعال در سطح جاذب با افزایش مقدار آن افزایش می‌یابد. همچنین در ادامه آزمایشات مشاهده گردید که با افزایش بیشتر جاذب از ۰/۷ تا ۱/۵ گرم کارایی فرآیند کاهش می‌یابد و این کاهش جاذب ممکن است به علت کمبود غلظت فنل در مقادیر جاذب بالاتر از ۰/۷ گرم باشد. به عبارتی با افزایش بیشتر مقدار جاذب تا مقدار مشخصی، فرآیند به نقطه شکست رسیده و از آن به بعد واجذب فنل رخ می‌دهد.^{۲۵-۱۹}

اثر زمان تماس بر کارایی جاذب

مطابق نتایج بدست آمده از شکل‌های ۵ و ۶ زمان تعادل جاذب فنل در اولیه غلظت ۱۵ mg/L برابر ۲۴ ساعت می‌باشد. مطابق شکل‌ها مشاهده می‌گردد که در مراحل ابتدایی آزمایش (۱۶ ساعت اول) سرعت جاذب بیشتر بوده و به تدریج و با گذشت زمان سرعت جاذب کاهش یافته و از زمان ۲۴ ساعت به بعد سرعت جاذب روند ثابتی را نشان می‌دهد. میزان جاذب بالا در مراحل اولیه (۱۶ ساعت اول) ممکن است در نتیجه افزایش تعداد محل‌های خالی در دسترس در جاذب در مراحل اولیه باشد و به عنوان یک نتیجه گیری می‌توان ذکر کرد که گرادیان غلظت بین ماده جاذب شونده در محلول و ماده جاذب در سطح جاذب افزایش می‌یابد. این افزایش در گرادیان غلظت باعث افزایش جاذب فنل در مراحل اولیه آزمایش می‌شود. در زمانهای بالاتر رفته رفته این غلظت در نتیجه تجمع ذرات فنل در محل‌های خالی کاهش می‌یابد و این باعث کاهش در میزان جاذب در مراحل بعدی از ۲۴ تا ۳۰ ساعت می‌شود.^{۲۵} با توجه به نتایج ارائه شده ملاحظه می‌گردد که با افزایش زمان تماس کارایی فرایندهای مربوطه در حذف فنل افزایش می‌یابد به طوریکه کمترین میزان حذف

فنل در زمان ۰/۵ ساعت و بیشترین مقدار جاذب در زمان ۲۴ ساعت مشاهده گردید.^{۲۷-۲۵}

اثر غلظت اولیه فنل بر کارایی جاذب

در این مطالعه توانایی ظرفیت جاذب پر شتر مرغ در پنج غلظت ۱، ۵، ۱۵، ۲۵ و ۵۰ میلی گرم بر لیتر از فنل بررسی شد. مطابق نتایج بدست آمده از شکل‌های ۷ و ۸ ملاحظه می‌گردد بیشترین مقدار حذف فنل در غلظت ۱ mg/L بوده است. نتایج نشان می‌دهد که حذف فنل با افزایش غلظت اولیه فنل کاهش یافت. دلیل این امر آن است که جاذب‌ها دارای محل‌های فعال محدودی می‌باشند که در غلظت‌های بالای آلاینده، این محل‌ها سریع‌تر اشباع شده و باعث کاهش کارایی فرایند می‌شوند.^{۲۸-۲۵}

ایزوترم‌های جاذب

ایزوترم‌ها مدل‌های تئوریک هستند که برای همبستگی و توصیف داده‌های تعادلی جاذب استفاده می‌شوند. ایزوترم‌های جاذب، روابط و معادلات ریاضی تهیه شده برای تشریح حالت تعادل جزء جاذب شونده بین فاز جامد و سیال می‌باشد. در مطالعات مربوط به جاذب آلاینده‌ها بر روی جاذب‌های مختلف تعیین ایزوترم جاذب و ظرفیت جاذب مورد استفاده از مهمترین مشخصه‌هایی است که باید مورد توجه قرار گیرد. در این مطالعه داده‌های تجربی تعادل جاذب با مدل‌های ایزوترم فروندلیخ، لانگمیر و بت مورد بررسی قرار گرفت. بررسی ضرایب هم بستگی و منحنی‌های این سه مدل نشان داد که جاذب فنل بر روی پرشتر مرغ از هر سه مدل ایزوترم جاذب فروندلیخ و لانگمیر با ثابت‌های رگرسیون بالاتر از ۰/۹ پیروی می‌کنند. اما در مجموع با توجه به نتایج مربوط به ایزوترم‌ها مدل فروندلیخ به صورت فیزیکی توصیف قابل اعتمادتری جهت جاذب آلاینده بر روی جاذب ارائه می‌کند که این موضوع می‌تواند به دلیل حضور باندهای جذبی مختلف بر روی جاذب باشد. مطابق نتایج موجود رابطه فروندلیخ به علت ضریب همبستگی بالای به دست آمده که برابر ۰/۹۸۹ می‌باشند نسبت به ایزوترم لانگمیر جاذب فنل بر روی پرشتر مرغ خام را بهتر توصیف می‌کند.^{۲۸-۲۴}

نتیجه‌گیری

تحقیق حاضر نشان داد که پر خام نسبت به پر اصلاح شده با پراکسید هیدروژن کارایی بالاتری برای جذب زیستی فنل دارد و از این جاذب با توجه به ارزان قیمت بودن و با توجه به این نکته که یک ماده زائد می‌باشد می‌توان جهت حذف فنل و دیگر آلاینده‌های آلی از محیط‌های آبی بهره گرفت. این جاذب ارزان قیمت قادر است در شرایط بهینه در حدود ۸۳ و ۷۳ درصد حذف فنل با غلظت ۱ میلی گرم بر لیتر را به ترتیب برای پر خام و پر اصلاح شده با پراکسید هیدروژن انجام دهد.

References

- Vimal C, Srivastava, Mahadeva M, Swamy Indra D. Mall, Basheswar Prasad, Indra M. Mishra. Adsorptive removal of phenol by bagasse fly ash and activated carbon: Equilibrium, kinetics and thermodynamics. J. Colloids and Surfaces 2006; 272: 89-104.
- Scheck CK, Ferimmel FH. Degradation of phenol and salicylic acid by ultraviolet radiation/hydrogen peroxide/oxygen. Water Research 1995; 29(10): 2346-2352.
- Ozkaya B. Adsorption and desorption of phenol on activated carbon and a comparison of isotherm models. J. Hazardous Materials 2006; 129: 158-163.
- Lin SH, Cheng MJ. Adsorption of phenol and m-chlorophenol on organo bentonite sand repeated thermal regeneration. J Ind Engin Chemis 2001; 74(9): 150-159.
- Aksu Z, Yener JA. comparative adsorption/biosorption study of mono-chlorinated phenols onto various sorbent. Waste Manag 2001; 21: 695-702.
- Masuda M, Sakurai A, Sakakibara M. Effect of Reaction Conditions on Phenol Removal by Polymerization and Precipitation Using Coprinus Cinereus Peroxidase. Enzyme and Microbial Technology 2001; 28: 295-300.
- Nazari K, Esmaeili N, Mahmoudi A, Rahimi H, Moosavi-Movahedi A. Peroxidative phenol removal from aqueous solutions using activated peroxidase biocatalyst. Enzyme and Microbial Technology 2007; 41: 226-233.
- Mostafa MR, Sarma SE, Yousef AM. Removal of organic pollutants from aqueous solution: part 1. Adsorption of phenol by activated carbon. Indian J Chem 1989; 28: 946-948.
- Rengaraj S, Seun-Hyeon M, Sivabalan R, Arabindoo B, Murugesan V. Agricultural solid waste for the removal of organics: adsorption of phenol from water and wastewater by plum seed coat activated carbon. Waste Manag 2002; 22: 543-548.
- Khalid N, Ahmad S, Toheed A, Ahmed J. Potential of rice husks for antimony removal. Applied Radiation and Isotopes 2000; 52: 31-38.
- Mittal A. Removal of the dye amaranth from wastewater using hen feathers as potential adsorbent. Elect. J. Environ, Agric, Food Chem 2006; 5(2): 129-135.
- Mittal A. Use of hen feathers as potential adsorbent for the removal of a hazardous dye, Brilliant Blue FCF, from wastewater. J Hazard Mater 2006; 128: 233-239.
- De la Rosa G, Reynel-Avila HE, Bonilla-Petriciolet I, Cano-Rodríguez C, Martínez-Hernández A. L. Recycling Poultry Feathers for Pb Removal from Wastewater: Kinetic and Equilibrium Studies. Word Academy of Science Engineering and Technology 2008: 394-402.
- Daraei H, Manshouri M, Yazdanbakhsh AR. Removal of phenol from aqueous solution using ostrich feathers ash. Mazand Univ Med Sci 2010; 20(79): 81-87 (in Persian)
- Sciban M, Klasnja M, Skrbic B. Modified softwood sawdust as adsorbent of heavy metal ions from water. Journal of Hazardous Material 2006; 136: 266-271
- Tor A, Cengeloglu Y, Aydin ME, Ersoz M. Removal of phenol from aqueous phase by using neutralized red mud. J. Colloid and Interface Science 2006; 300: 498-503
- Banat FA, Al-Asheh. Biosorption of phenol by chicken feathers. Environ Engg and Policy 2000: 85-90.
- Halhouli KA, Drawish NA, Al-Dhoon NM. Effects of pH and inorganic salt on the adsorption of phenol from aqueous systems on activated decolorizing charcoal. Separation Science and Technology 1995: 181-90.
- Mishra S, Bhattacharya J. Batch studies on phenol removal using leaf activated carbon. Malaysian Journal of Chemistry 2008: 51-9.
- Mittal A, Mittal J, Kurup L. Utilization of Hen Feathers for the Adsorption of Indigo Carmine from Simulated Effluents. Journal of Environmental Protection Science 2007: 92-100.

21. Mishra S, Bhattacharya J. Potential of Leaf litter for phenol adsorption –Akinetic study. India Journal of Chemical Technology 2006; 13: 298-301.
22. Nagda G. K, Diwan A. M, Ghole V. S . Potential of tendu leaf refuse for phenol removal in aqueous systems. Applied Ecology and Environmental Research 2007: 1-19.
23. Vazquez G., Gonzalez J., Freire M.S., Calvo M , Antorrena G. Determination of the optimal conditions for the adsorption of cadmium ions and phenol on the chestnut (Castanea Sativa) shell. Global NEST Journal 2009: 102-111.
24. Mahvi AH, Maleki A, Eslami A. Potential of rice husk and rice husk ash for phenol removal in aqueous systems. American Journal of Applied Sciences 2004: 321-326.
25. Banat FA, Al-Bashir B, Al-Asheh S, and O. Hayajneh. Adsorption of phenol by bentonit. Environmental Pollution 2000; 107: 391-398.
26. Uddin Mt, Islam MS, Abedin MZ. Adsorption of phenol from aqueous solution by water hyacinth ash. ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences 2007: 124-132.
27. Potgieten JH, Bada SO, Potgieter SS. Adsorptive removal of various phenols from water by South African coal fly ash. Available on website <http://www.wrc.org.za> 2008: 89-95.
28. Cavaco S, Fernandes S. Removal of chromium from electroplating industry effluents by ion exchange resins. Journal of Hazardous Materials 2007; 144 :634–638.