پژوهشی

مجله دانشگاه علوم پزشکی مازندران
دوره بیست و چهارم شماره ۱۱۳ خرداد سال ۱۳۹۳ (۱۱۷-۱۰۵)

بررسی کارایی جذب پنتاکلروفنل با استفاده از بیومس قارچ فانروکیت کرایزوسپوریوم از محلول‌های آبی

صلاح عزیزی[۱]
رضا شکوهی[۲]
جواد فردمال[۳]

چکیده

سابقه و هدف: پنتاکلروفنل یک ترکیب آلی است که حتی در غلظت‌های پایین هم اثرات زیان‌آور دارد که این ترکیب به مقدار زیاد در ساخت ترکیبات علف کش، بیو ساید و کارخانه‌های چوب بری مورد استفاده قرار می‌گیرد. بنابراین حذف پنتاکلروفنل از آب و فاضلاب اهمیت زیادی دارد. هدف از انجام این مطالعه بررسی کارایی بیومس قارچ فانروکیت کرایزوسپوریوم در جذب پنتاکلروفنل است.

مواد و روش‌ها: در این مطالعه تجربی پس از تهیه و فعال سازی سوش قارچ فانروکیت کرایزوسپوریوم سوش قارچ در پلیت‌های محیط کشت پتیت و دکستروز آگار رشد داده شدند سپس بیومس قارچ فانروکیت کرایزوسپوریوم تهیه گردید و برای مطالعه جذب پنتاکلروفنل مورد استفاده قرار گرفت. برای سنجش پنتاکلروفنل از دستگاه کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا استفاده شد.

یافته‌ها: بررسی پارامترهای مورد مطالعه نشان داد که کارآیی جذب پنتاکلروفنل با افزایش دوز بیومس افزایش می‌یابد. درصد جذب پنتاکلروفنل با افزایش غلظت اولیه پنتاکلروفنل کاهش یافت داد. حداکثر جذب پنتاکلروفنل در pH اسیدی به دست آمد. داده‌های آزمایشات جذب از مدل ایزوترم جذب لانگمیر تبعیت می‌کند (R^2=۰/۹۹۲). مقدار pH_{ZPC} برای بیومس، ۶/۱ است. نتایج آزمایش BET نشان داد که بیومس قارچ فانروکیت کرایزوسپوریوم دارای سطح حفرات ۱/۲۷۵ m^2/g و بیشترین فراوانی قطر حفرات بیومس مربوط به قطر ۱/۲۲ نانومتر می باشد.

استنتاج: نتایج نشان داد که می‌توان از فرآیند جذب با استفاده از بیومس قارچ به عنوان یک روش موثر برای جذب پنتاکلروفنل از محلول‌های آبی در غلظت‌های پایین و pH اسیدی استفاده کرد.

واژه های کلیدی: بیومس قارچ، فانروکیت کرایزوسپوریوم، پنتاکلروفنل

مقدمه

پنتاکلروفنل (PCP: Pentachlorophenol) یک ترکیب آلی و از مشتقات فنلی است که دارای تعداد زیاد کلر روی حلقه بنزنی می‌باشد و این ترکیب از آلاینده‌های مهم است و حتی در غلظت‌های پایین هم

مولف مسئول: رضا شکوهی– خیابان شهید فهمیده، دانشگاه علوم پزشکی همدان، دانشکده بهداشت E-mail: reza.shokohi@umsha.ac.ir
۱. کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران
۲. دانشیار، گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران
۳. استادیار، گروه آمار زیستی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران
تاریخ دریافت : ۱۳۹۲/۱۲/۱۱ تاریخ ارجاع جهت اصلاحات : ۱۳۹۳/۲/۱ تاریخ تصویب : ۱۳۹۳/۲/۱۷

Archive of SID
www.SID.ir

اثرات زیان آور روی انسان، حیوانات و گیاهان دارد(۲،۱). PCP به مقدار زیاد در ساخت ترکیبات علف کش، بیو ساید، کارخانه‌های چوب بری و برای حفظ فرمولاسیون چوب استفاده می‌شود(۵-۳). با توجه به استفاده گسترده آن در جهان,PCP آلودگی‌های بسیار زیادی را در آب و خاک ایجاد کرده است، هم‌چنین خاک‌های آلوده شده با PCP می‌توانند آب‌های سطحی و زیرزمینی را نیز آلوده کنند(۶). قرار گرفتن کوتاه مدت در معرض PCP می‌تواند منجر به مسمومیت می‌شود که کشندگی بالایی دارد. قرار گرفتن در معرض PCP می‌تواند به کبد، کلیه، پوست، خون، ریه‌ها، سیستم عصبی، معده، روده و دستگاه گوارش صدمه بزند و در نهایت می‌تواند منجر به مرگ شود(۹،۸).

سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا مقدارMCL (Maximum Contaminant Levels) برای PCP در آب آشامیدنی را ۰/۰۰۱ میلی‌گرم در لیتر و مقدار MCLG (Maximum Contaminant Level Goal) برای آن را صفر در نظر گرفته است(۱۰). با توجه به موارد فوق لزوم حذف PCP از آب و فاضلاب اهمیت بیش تری پیدا می‌کند. از جمله روش‌های حذف ترکیبات فنلی فرایند جذب، فرایندهای اکسیداسیون متداول، اکسیداسیون پیشرفته (AOPs: Advanced Oxidation Processes) و غیره است(۱۳-۱۱). اکثر این فرایندها معایبی دارند به عنوان مثال فرایندهای اکسیداسیون پیشرفته گران قیمت بوده و هزینه زیادی را برای بهره برداری از آن‌ها باید تقبل نمود. بنابراین انتخاب روشی که علاوه بر کارایی بالا، آلاینده‌های جانبی دیگرتولید نکند و در ضمن از نظر اقتصادی هم به صرفه باشد، اهمیت دارد به نظر می رسد جذب سطحی بهترین چشم‌انداز را برای تصفیه کلی، به خصوص برای فاضلاب با غلظت متوسط و کم آلاینده‌ها ارائه کند(۱۵،۱۴). محققان از انواع جاذب‌ها هم‌چون، کربن فعال، زغال سنگ، مخلوط زغال سنگ- خاک رس، جاذب‌های بیولوژیکی مثل لجن بی‌هوازی و بیومس لجن فعال هوازی در حذف ترکیبات فنلی از آب استفاده کرده‌اند. Mathialagar همکاران (۲۰۰۹) در تحقیقی که روی جذب PCP با استفاده از بیومس زنده قارچ آسپرژیلوس نیجر انجام دادند گزارش کرده‌اند که حذف PCP به میزان pH وابسته است به این ترتیب که هر چه میزان pH افزایش یابد حذف PCP کاهش می‌یابد. هم‌چنین بیان کرده‌اند که طی دو ساعت جذب توسط بیومس قارچ به تعادل می‌رسد(۱۶). کومار و همکاران (۲۰۱۱) در تحقیقی که روی حذف فنل توسط بیومس قارچ Schizophyllum commune انجام دادند، گزارش کردند ماکزیمم جذب تک لایه‌ای از فنل، ۱۷۸ میلی‌گرم در گرم در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد است که با مدل لانگمویر تطابق داشته است(۱۷).

دیانتی تیلکی و همکاران (۲۰۱۳) مطالعه جذب فنل را با استفاده از گیاه آزولای خشک شده انجام دادند و در این مطالعه تأثیر عوامل مختلف هم‌چون زمان تماس، pH و غلظت فنل را در جذب فنل بررسی کردند که pH بهینه برای جذب فنل را سه گزارش کردند(۱۸). زززولی و همکاران در سال ۲۰۱۳ از کربن فعال و پوسته تخم مرغ برای جذب بیس فنل A استفاده کردند یافته‌های آن‌ها نشان داد که راندمان هر دو جاذب در جذب آلاینده با افزایش زمان ماند، افزایش غلظت بیس فنل A و کاهش pH افزایش می‌یابد. در این مطالعه بیش‌ترین جذب برای کربن فعال و پوسته تخم مرغ به ترتیب ۹۲ و ۳۳ درصد گزارش شده است(۱۹). در مطالعات مشابه موجود از انواع جاذب‌ها برای جذب ترکیبات فنلی استفاده شده است و تاکنون مطالعه‌ای مبنی براستفاده از بیومس قارچ فانروکیت کرایزوسپوریوم برای جذب پنتاکلروفنل انجام نشده است.

قارچ فانروکیت کرایزوسپوریوم یک قارچ ساپروفیت می‌باشد که برای انسان و حیوانات بیماری زایی ندارد. قارچ فانروکیت کرایزوسپوریوم در ایران، جنگل‌های شمال امریکا و مناطقی در اروپا یافت می‌شود(۲۱،۲۰). با توجه به موارد فوق و هم‌چنین رشد سریع این قارچ و توانایی بیومس آن در جذب آلاینده‌ها که در برخی مطالعات نیز گزارش شده بود در این

Archive of SID

www.SID.ir

تحقیق از بیومس قارچ فانروکیت کرایزوسپوریوم (Phanerochaete chrysosporium) به‌عنوان جاذب برای جذب پنتاکلروفنل استفاده شد. هم‌چنین با توجه به این‌که در تحقیقات مشابه دلایل متعددی جهت استفاده از پیومس مرده گزارش شده است از جمله آن که: نگرانی از سمیت آن وجود ندارد، نیازی به محیط کشت یا مواد مغذی ندارد و تکنیک‌های ساده‌ای برای وا جذب آلاینده‌ها از بیومس وجود دارد و می‌توان مجددا آن‌ها را استفاده کرد(۱۲،۲۴-۲۲) در این تحقیق بیومس مرده قارچ مورد استفاده قرار گرفت. سویه مورد استفاده قارچ فانروکیت کرایزوسپوریوم PTCC5270 بود. هدف از انجام این مطالعه بررسی جذب پنتاکلروفنل از محلول‌های آبی توسط بیومس قارچ فانروکیت کرایزوسپوریوم است.

مواد و روش‌ها

۱-۲.آماده سازی بیومس و فرایند جذب

در این مطالعه بنیادی- کاربردی که به صورت بررسی تجربی انجام شد و پس از انجام مراحل مختلف آزمایش، نتایج با توجه به تعیین مقادیر بدست آمده با روش‌های شیمیایی و دستگاهی تفسیر شد. سوش قارچ فانروکیت کرایزوسپوریوم PTCC 5270 از مرکز کلکسیون قارچ‌ها و باکتری‌های صنعتی ایران تهیه شد. بعد از فعال‌سازی سوش قارچ، دو میلی لیتر از سوسپانسیون به پلیت‌های PDA (Potato Dextrose Agar) انتقال داده شد. این پلیت‌ها به مدت هفت تا ده روز در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد در انکوباتورقرار داده شدند. بیومس قارچی با استفاده از روش shake flask در محیط کشت مایع کشت شدند. به این ترتیب که اسپورها و میسیلیوم از محیط کشت PDA به ظروف ارلن مایر ۲۵۰ میلی لیتری حاوی ۱۰۰ml محیط رشد مایع PDB (Potato Dextrose Broth) تلقیح شدند سپس ظروف بر روی یک شیکر چرخشی در ۱۵۰rpm در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد به مدت چهار روز قرار گرفت. برداشت بیومس با استفاده از فیلتر کردن محیط کشت رشد داده شده از یک فیلتر ۱۵۰µm انجام شد(۲۵). این بیومس شسته شده، بیومس زنده نام دارد. بیومس زنده در محلول ۰/۵ NaOH نرمال به مدت ۱۵ دقیقه جوشیده و با مقدار کافی از آب مقطر شست‌وشو داده شد. سپس بیومس فیلتر شده را در ۶۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۵-۱۲ ساعت خشک کرده و در یک هاون کوبیده و به پودر تبدیل شد. بیومس پودری باقی‌مانده که تهیه می‌شوند، بیومس اصلاح شده (pretreated biomass) نام دارد. سپس بیومس اصلاح شده برای مطالعه جذب PCP مورد استفاده قرار گرفت. محلول استوک از PCP (۱۰۰۰ mg/l) تهیه شد. غلظت‌های ۱۰ mg/l، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰، ۳۵ و ۴۰ از PCP برای آزمایش‌ها استفاده شد. میزان pH ۳، ۴، ۵، ۶، ۷ و ۸ در این آزمایش‌ها استفاده شد. مقدار pH محلول‌های آزمایش با استفاده از NaOH و HNO_3 یک نرمال تنظیم شدند. ۲۵۰ میلی لیتر از بیومس پودری قارچ فانروکیت کرایزو سپورید) ۰/۱، ۰/۲، ۰/۳، ۰/۴، ۰/۵، ۰/۶، ۰/۷، ۰/۸، ۰/۹ و ۱ گرمی برای بررسی فرایند جذب پنتاکلروفنل مورد استفاده قرار گرفت. نمونه‌ها با استفاده از فیلتر استات سلولز فیلتر شدند و برای آنالیز غلظت PCP مورد استفاده قرار گرفتند. همه آزمایش‌های جذب در ظروف ارلن مایر ۲۵۰ ml روی یک شیکر چرخان (در ۱۵۰ rpm) در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد انجام شد. در این آزمایش‌ها از نمک‌های سدیم و پتاسیم فسفات به عنوان بافر برای ثابت نگهداشتن pH در حین انجام آزمایش‌ها استفاده شد(۱۶). همه مواد شیمیایی مصرفی در این تحقیق از محصولات شرکت مرک وآلدریچ بودند. اندازه‌گیری pH با استفاده از pH متر مدل (Schott Germany,CG-824) انجام شد. هر آزمایش سه بار تکرار شد و میانگین آن‌ها با یکدیگر مقایسه گردید. تعداد نمونه‌ها ۱۰۵ نمونه برآورد شد. برای تجزیه و تحلیل داده‌های حاصل از آزمایش از نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۶ و از آنالیز واریانس یک طرفه برای بررسی اثر متقابل متغیرها بر هم استفاده شد.

Archive of SID
www.SID.ir

جدول شماره ۱: خصوصیات پنتاکلروفنل

نام	ساختار شیمیایی	فرمول شیمیایی	جرم مولکولی
Pentachlorophenol sodium salt CAS Number: 131-52-2		C_6Cl_5NaO	۲۸۸/۳۲ g/mol

تعیین pH_{ZPC}: این پارامتر یکی از مهم‌ترین مشخصه‌های جاذب‌ها است، زیرا نشان‌دهنده وضعیت پراکندگی بار الکتریکی در سطح جاذب می‌باشد. این پارامتر نشان می‌دهد که سطح ماده جاذب در دامنه مختلف pH محیط دارای چه نوع بار الکتریکی (+/–) به‌صورت غالب می‌باشد. برای تعیین این پارامتر از محلول نمک طعام (inc.Germany-merck) ۰/۰۱ مولار به عنوان الکترولیت و از محلول‌های سود و اسید کلریدریک ۰/۱ مولار به عنوان کنترل کننده pH استفاده شد. مقدار ۳۰ میلی‌لیتر از محلول الکترولیت را در شش ارلن ۵۰ میلی‌لیتری ریخته و pH محلول‌ها در محدوده دو تا دوازده با استفاده از اسید و سود با مولاریته مذکور تنظیم شد. میزان جرمی ۰/۲ گرم از بیومس قارچ فانروکیت کرایزوسپوریوم در هر کدام از ارلن‌ها اضافه شد و به منظور جلوگیری از ورود دی اکسید کربن موجود در اتمسفر محیط و انحلال آن در داخل محلول ارلن در حالت درب بسته به مدت ۴۸ ساعت در دمای آزمایشگاه روی همزن مغناطیسی با قابلیت تنظیم سرعت با سرعت ۱۲۰ دور در دقیقه قرار داده شد. به منظور کنترل نتایج یک ارلن محتوای الکترولیت و فاقد بیومس قارچ به عنوان شاهد در نظر گرفته شد. بعد از سپری شدن زمان فوق، pH نهایی در هر یک از ارلن‌ها پس از سانتریفوژ (مدل Rotofit-32 Hettch ۳۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۵ دقیقه) با استفاده از دستگاه pH متر قرائت گردید. قرائت‌ها سه بار تکرار شدند. نقطه pH_{zpc} از رسم مقادیر اولیه در برابر مقادیر نهایی pH تعیین گردید(۲۶).

۲-۲. تعیین ایزوترم‌های جذب:

ایزوترم‌های جذب، معادلاتی برای تشریح حالت تعادل جزء جذب شونده بین فاز جامد و سیال می‌باشد. داده‌های تجربی تعادل جذب با مدل‌های ایزوترم جذب فروندلیخ و لانگمویر مورد بررسی قرار گرفتند. معادلات ایزوترم‌های جذب مورد بررسی به‌صورت زیر می‌باشد :

فروندلیخ $$\log q_e = \log k + \frac{1}{n}\log c_e$$

لانگمویر $$\frac{1}{q_e} = \frac{1}{q_m b}\left(\frac{1}{C_e}\right) + \frac{1}{q_m}$$

در رابطه فروندلیخ K ثابت ظرفیت جذب در غلظت واحد، 1/n شدت جذب سطحی و Ce غلظت تعادلی ماده جذب شدنی در محلول بعد از جذب سطحی بر حسب میلی‌گرم بر لیتر می‌باشد. در معادله لانگمویر q_e مقدار ماده جذب شونده روی جاذب در حالت تعادل، b ثابت تعادل (mg/l) و q_m حداکثر ظرفیت جذب (mg/g) می‌باشد. مطالعات تعادلی در یک ارلن مایر به حجم ۵۰۰ سی سی حاوی ۲۵۰ میلی‌لیتر غلظت اولیه پنتاکلروفنل بررسی شد و بعد از به تعادل رسیدن (زمان تعادل ۱۲۰ دقیقه)، از داده‌های به‌دست آمده برای تطابق با دو مدل مذکور استفاده شد. ظرفیت جذب با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد:

$$q_e = (C_\circ - C_e)V/M$$

در این رابطه q_e مقدار جزء جذب شده در واحد جرم بیومس قارچ برحسب میلی‌گرم بر گرم، $C_\circ$ غلظت اولیه در محلول قبل از جذب بر حسب میلی‌گرم بر لیتر محلول، C_e غلظت تعادلی ماده جذب شدنی در محلول بعد ازجذب سطحی بر حسب میلی‌گرم بر لیتر، V حجم محلول بر حسب لیتر و M جرم جاذب بر حسب گرم می‌باشد.

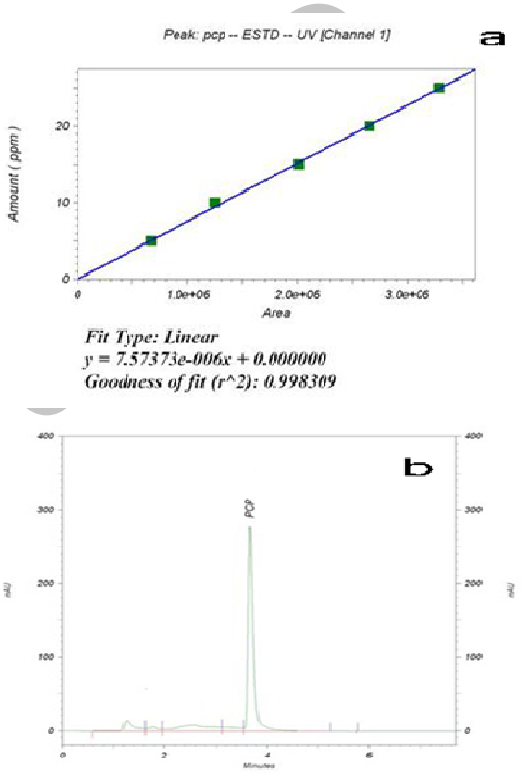
۲-۳. تعیین مقدار PCP با استفاده از HPLC:

برای تعیین کارایی حذف PCP از کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا (High performance liquid chromatography : HPLC) مدل (KNAUER,Company, Berlin Germany model Smartline Autosampler 3950 HPLC, A5005-1) استفاده شد(۲۷). مشخصات کروماتوگراف مورد استفاده عبارت از: مدل ۶۶۰، ستون استیل C ۱۸، فاز متحرک ۶۰

Archive of SID

www.SID.ir

درصد استونیتریل و ۴۰ درصد آب مقطر، زمان ماند ۳/۸۱ دقیقه، pH برابر ۶، میزان جریان فاز متحرک ۰/۷ میلی‌لیتر در دقیقه، دتکتور UV-2600 با طول موج ۲۵۴ میکرومتر و میزان تزریق پنتاکلروفنل ۴۰ میکروگرم در لیتر می‌باشد. غلظت نمونه‌ها با استفاده از منحنی کالیبراسیون با ضریب همبستگی ۹۹۸/ ۰ تعیین مقدار شدند. در تصویر شماره ۱: a) منحنی کالیبراسیون پنتاکلروفنل و b) پیک پنتاکلروفنل خروجی از دستگاه HPLC نشان داده شده است.

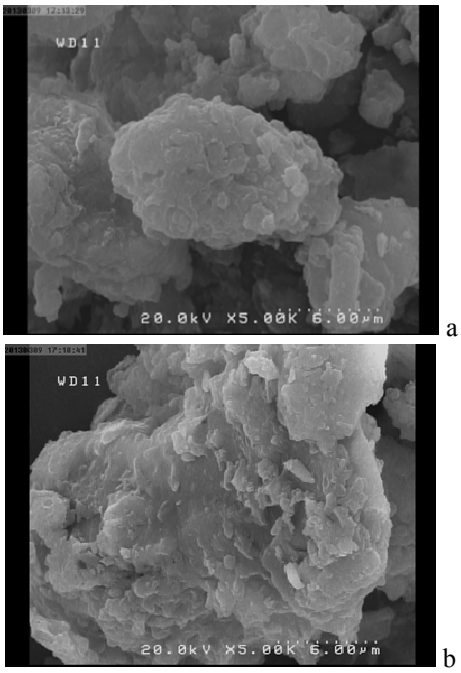


تصویر شماره ۱: اندازه گیری پنتاکلروفنل a) منحنی کالیبراسیونپنتاکلروفنل در HPLC b) پیک پنتاکلروفنل خروجی از دستگاه HPLC

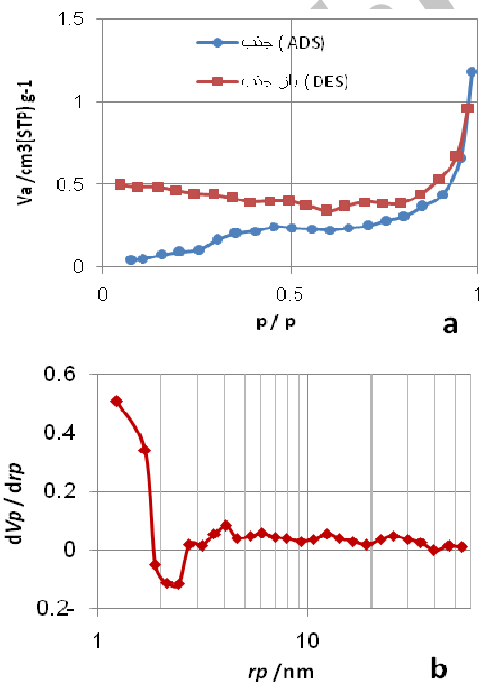
یافته ها

۱-۳. مشخصات بیومس قارچ فانروکیت کرایزوسپوریوم:

جهت تعیین مشخصات ساختاری بیومس قارچ مذکور از تکنیک‌های میکروسکوب الکترونی روبشی Scanning Electron Microscope SERON-) SEM ATS-2,100) و برای تعیین سطح ویژه آن از آزمایش BET BELSORPminic)، آزمایشگاه مرکزی دانشگاه صنعتی شریف) استفاده شد. تصویر شماره ۲ الف تصویر SEM بیومس قارچ مورد استفاده در این تحقیق را نشان می‌دهد. تصویر شماره ۲ ب نمودار BET بیومس را نشان می‌دهد.



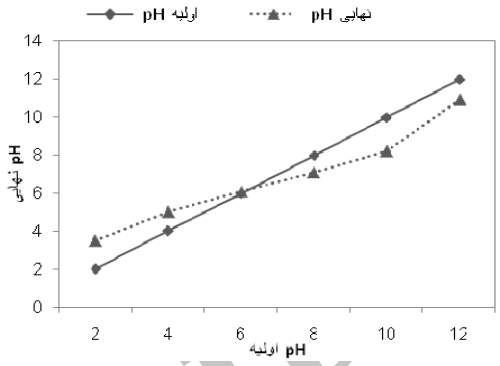
تصویر شماره ۲: الف: تصویر SEM بیومس قارچ مورد a) قبل از جذب b) بعد از جذب



تصویر شماره ۲ ب: نتایج آزمایش BETa) ایزوترم جذب- بازجذب نیتروژن b) فراوانی حفرات بیومس بر اساس قطر آنها (نمودار BJH)

www.SID.ir

بر اساس تصویر شماره ۲ ج مقدار pH_{pzc} برای جاذب بیومس قارچ فانروکیت کرایزوسپوریوم ۶/۱ به‌دست آمده است.



تصویر شماره ۲ ج. نتایج تعیین pH_{pzc} برای بیومس قارچ فانروکیت کرایزوسپوریوم

۳-۱. اثر زمان تماس بر میزان جذب :

زمان تماس، یک فاکتور بسیار مهم برای کسب موفقیت در کاربرد عملی یک جاذب و بیانگر سرعت جذب پنتاکلروفنل است. تصویر شماره ۳ اثر زمان تماس بر تغییرات غلظت پنتاکلروفنل با استفاده از بیومس قارچ فانروکیت کرایزوسپوریوم را تارسیدن به زمان تعادل نشان می‌دهد. مقدار کاهش PCP ناشی از تبخیر یا جذب به وسیله دیواره شیشه ظرف ارلن مایر در آزمایشات نمونه کنترل ناچیز بود.

۳-۲.تاثیر pH بر میزان جذب:

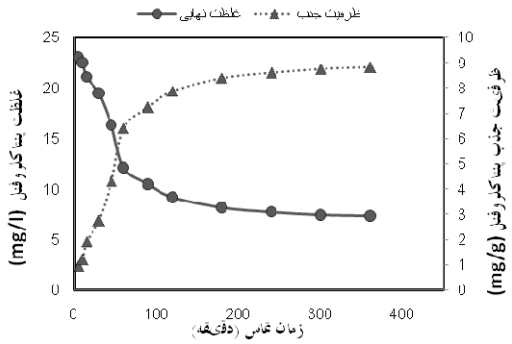
مقدار pH محلول نیز یکی از پارامترهای مهم تاثیر گذار بر واکنش‌های شیمیایی و بیولوژیکی فاضلاب محسوب می‌شود. نتایج جذب پنتاکلروفنل در pH های مختلف در تصویر شماره ۴ نشان داده شده است. در کل با افزایش pH درصد حذف پنتاکلروفنل توسط بیومس قارچ کرایزوسپوریوم کاهش می‌یابد.

۳-۳. اثر غلظت اولیه بر میزان جذب پنتاکلروفنل

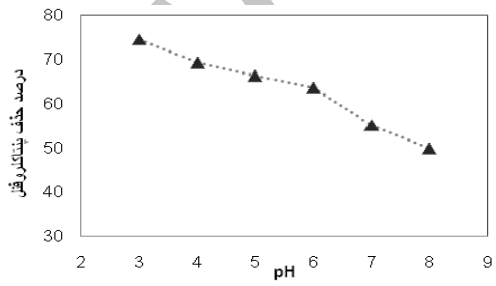
همان‌گونه که در تصویر شماره ۵ مشاهده می‌شود با افزایش غلظت اولیه پنتاکلروفنل بازده حذف آن کاهش می‌یابد. به گونه‌ای که با افزایش غلظت اولیه پنتاکلروفنل از ۱۰ تا ۴۰ میلی گرم در لیتر ، راندمان جذب آن از ۷۴/۲۷ درصد به ۴۷/۳۵ درصد کاهش پیدا می کند.

۳-۴. اثر میزان جاذب بیومس قارچ فانروکیت کرایزوسپوریوم در جذب پنتاکلروفنل

اثر میزان دوز جاذب بیومس (تصویر شماره ۶) نشان داد که با افزایش دوز جاذب راندمان حذف افزایش و ظرفیت جذب پنتاکلروفنل به ازای واحد جرم جاذب کاهش می‌یابد.



تصویر شماره۳: تغییرات غلظت پنتاکلروفنل و ظرفیت جذب آن در طی زمان(pH= ۵، مقدار بیومس ۰/۵ g/250 ml و غلظت ۲۵ mg/l)

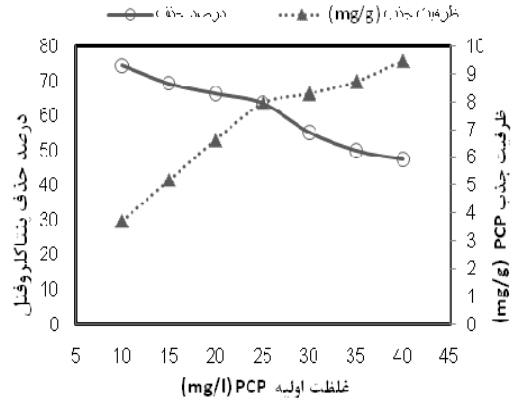


تصویر شماره ۴: اثر pH بر جذب پنتاکلروفنل (زمان تماس ۲ ساعت، مقدار بیومس ۰/۵g/250 ml و غلظت پنتاکلروفنل ۲۵ mg/l، سرعت اختلاط 120 rpm)

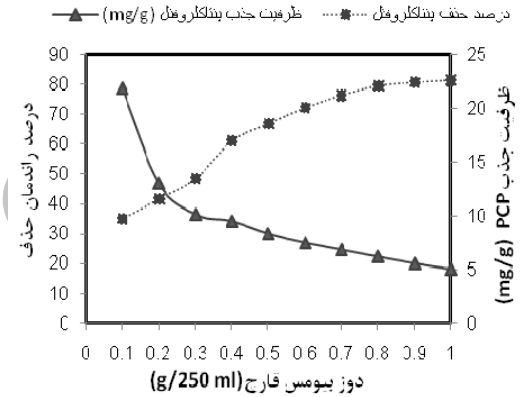
جدول شماره ۲: شرایط انجام آزمایش BET و نتایج آن

ویژگی	جذب شونده (Adsorbate)	دمای جذب	فشار بخار اشباع	قطر میانگین حفرات	مساحت سطح حفرات	کل حجم حفرات ترکیب (p/p_0=0.983)
مقدار	گاز نیتروژن(N_2)	۷۷ درجه کلوین	۹۰/۸۴۱ kpa	۵/۷۰۲ (nm)	۱/۲۷۵ ($m^2\ g^{-1}$)	۱/۸۱×۱۰ $^{-3}$ ($cm^3\ g^{-1}$)

www.SID.ir



تصویر شماره ۵: اثر غلظت اولیه پنتاکلروفنل بر فرایند جذب (pH = ۵ ، زمان تماس ۲ ساعت ، مقدار بیومس ۰/۵ g/250 ml و ، سرعت اختلاط ۱۲۰ rpm)

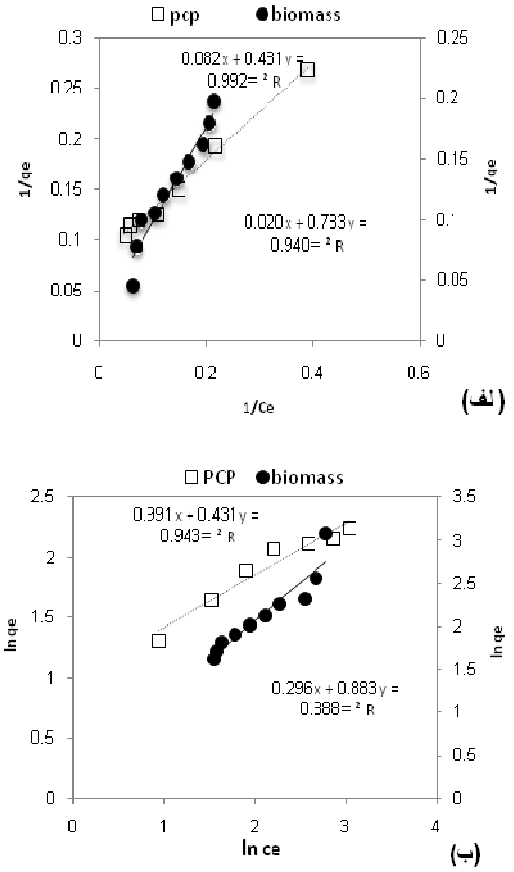


تصویر شماره ۶: اثر مقدار بیومس بر فرایند جذب (pH = ۵ ، زمان تماس ۲ ساعت ، غلظت ۲۵ mg/l و سرعت اختلاط ۱۲۰ rpm)

۳-۶. نتایج بررسی ایزوترم جذب:

ایزوترم‌های حاصله از نتایج در نمودار شماره ۷ الف و ب و پارامترهای محاسبه شده از روی معادلات ایزوترمی در جدول شماره ۳ آورده شده است.

نتایج حاصل از مطالعات ایزوترمی نشان داد که جذب پنتاکلروفنل روی بیومس قارچ فانروکیت کرایزوسپوریوم با معادله ایزوترم تعادلی لانگمویر (R^2= ۰/۹۹۲) مطابقت بیش‌تری دارد. مقدار بیش‌تر مربوط به ضریب تعیین خط رگرسیونی این موضوع را نشان می‌دهد. پارامترهای محاسبه شده مربوط به هر یک از مدل‌ها در جدول شماره ۳ به صورت خلاصه آورده شده‌اند.



نمودار شماره ۷: نتایج ایزوترم جذب پنتاکلروفنل الف) ایزوترم جذب فروندلیخ ب) ایزوترم جذب لانگمیر

جدول شماره ۳: نتایج تطابق داده ها با مدل های ایزوترمی لانگمویر و فروندلیخ

نوع ایزوترم	فرمول	ضریب رگرسیون	پارامتر-های مدل	معادله خط
لانگمیر	$\frac{1}{q_e}=\frac{1}{q_m b}\left(\frac{1}{C_e}\right)+\frac{1}{q_m}$	R^2 = 0.992	b=0.171 q_m = 12.13	**y = 0.4818x + 0.0824**
فروندلیخ	$\log q_e = \log k_f + \frac{1}{n}\log C_e$	R^2 =0.9439	n=2.31 k_f=9.81	**y = 0.4313x + 0.9916**

q_e: ظرفیت جذب در حالت تعادل در هر گرم از بیومس (mg/g) ، C_e : غلظت ماده حل شدنی در حالت تعادل (mg/l) و q_m و b ضریب‌های مدل لانگمیر و k_f و n ضریب‌های مدل فروندلیخ می‌باشند.

بحث

۴-۱. *بررسی مشخصات ساختاری بیومس قارچ فانروکیت کرایزوسپوریوم*

مورفولوژی سطحی بیومس قارچ فانروکیت کرایزوسپوریوم قبل و بعد از جذب پنتاکلروفنل با

Archive of SID
www.SID.ir

استفاده از میکروگراف اسکن الکترونی انجام شده، نشان داد که سطح بیومس دارای تخلخل می‌باشد و تغییرات مورفولوژی سطح بیومس قبل و بعد از جذب پنتاکلروفنل ناچیز بود. نتایج آزمایش BET نیز بیانگر آن بود که بیومس قارچ فانروکیت کرایزوسپوریوم دارای مساحت سطح حفرات ۱/۲۷۵ متر مربع بر گرم می‌باشد و هم‌چنین میانگین قطر حفرات آن نیز برابر با۵/۷۰۲ نانومتر است. در این آزمایش مشخص گردید که بیش‌ترین فراوانی قطر حفرات بیومس مربوط به قطر ۱/۲۲ نانومتر می باشد. در نمودار ایزوترم جذب و باز جذب نیتروژن می‌توان مشاهده کرد که در فشارهای پایین جذب صورت می گیرد که نشان‌دهنده بر همکنش بالای جاذب و جذب شونده می‌باشد و با افزایش فشار، جذب بیش‌تر صورت می‌گیرد. در فشار خیلی زیاد جذب به صورت ناگهانی است و در این فشارها جذب به صورت چند لایه‌ای می‌باشد. افزایش تدریجی جذب با افزایش فشار می‌تواند ناشی از این باشد که جاذب دارای خلل و فرج زیادی می‌باشد و می‌تواند آلاینده ها را به صورت مطلوبی جذب نماید.

۴-۲. بررسی اثر زمان واکنش بر فرایند جذب

نتایج بررسی زمان تماس بر جذب پنتاکلروفنل توسط بیومس قارچ فانروکیت کرایزوسپوریوم نشان داد که حداکثر سرعت جذب در ۶۰ دقیقه اول فرایند اتفاق می‌افتد که با افزایش زمان ماند در شرایط ثابت، راندمان جذب پنتاکلروفنل افزایش می‌یابد. این افزایش جذب می‌تواند ناشی از افزایش تعداد برخوردهای بین آلاینده و جاذب باشد که هرچه زمان ماند بیش‌تر شود، احتمال برخورد بیش‌تر شده و جذب آلاینده به وسیله جاذب مورد نظر افزایش می‌یابد. بهترین زمان ماند در آزمایش دو ساعت انتخاب شد که پس از این زمان، درصد حذف افزایش چشم گیری نداشت. نتایج جذب پنتاکلروفنل با استفاده از بیومس قارچ فانروکیت کرایزوسپوریوم نشان داد که راندمان جذب در زمان تماس ۱۲۰ دقیقه حدود ۶۲ درصد می‌باشد و ظرفیت جذب آن در این زمان ۷/۹ میلی‌گرم بر گرم می باشد. بالا بودن سرعت واکنش حجم واحدهای فرایندی را کاهش داده و از دیدگاه مهندسی و اقتصادی بسیار مطلوب و حائز اهمیت می‌باشد. بالا بودن سرعت جذب در این مطالعه خود می‌تواند از مزایای این جاذب باشد. سرعت بالای جذب در مطالعات دیگر نیز مشاهده شده است. در مطالعه‌ای که جان یو و همکاران جهت جذب 2,4-dichlorophenol توسط بیومس قارچ فانروکیت کرایزوسپوریوم انجام دادند نیز زمان بهینه جذب ۱۲۰ دقیقه حاصل شد. هم‌چنین در این مطالعه حداکثر سرعت جذب در ۵۰ دقیقه نخست واکنش اتفاق افتاده است. از جمله سایر مطالعه‌ها می‌توان به مطالعه کومار و همکاران تحت عنوان بررسی کارایی بیومس قارچ Schizophyllum commune جهت جذب ترکیبات فنلی اشاره نمود که نتایج حاصل از پژوهش آنها نشان داد که جذب فنل در زمان ۱۴۰ دقیقه به تعادل می‌رسد و حداکثر سرعت جذب آن در ۳۰ دقیقه اولیه فرایند حاصل شد(۱۷). در مطالعه سانتوز و همکاران برای جذب پنتاکلروفنل و 2,4-dichlorophenol از خاکستر فرار زغال سنگ استفاده شد که زمان تعادل را سه ساعت گزارش کردند(۲۸).

۴-۳. بررسی اثر pH بر کارایی فرایند

نتایج اثر pH بیانگر آن است که درصد حذف پنتاکلروفنل با افزایش pH کاهش می‌یابد به طوری که با افزایش pH از سه به هشت راندمان حذف به ترتیب از ۸۱/۳۵ به ۳۶/۸۲ کاهش پیدا می کند. نتایج آنالیز آماری آنالیز واریانس یک طرفه نشان داد که اثر pH روی فرایند جذب پنتاکلروفنل معنی‌دار ($p<۰/۰۰۱$) می‌باشد. زمانی که در مورد اثر pH محلول بر فرایند بیوجذب پنتاکلروفنل بحث می‌شود ذکر خصوصیت شیمیایی پنتاکلروفنل اهمیت پیدا می کند. PCP یک اسید قوی و از مشتقات فنل می‌باشد که pK_a (pH که در آن نصف

Archive of SID

www.SID.ir

گروه‌های عملکردی ترکیب در محلول دارای بار و نصف دیگر خنثی می‌باشند) آن برابر ۴/۷ می‌باشد. هم‌چنان‌که pH محلول تغییر می‌یابد توزیع مولکولی و یونی PCP تغییر می‌کند. برای مثال در pH برابر با سه، ۹۸ درصد از پنتاکلروفنل در شکل مولکولی وجود دارد در حالی که در pH برابر با هشت، ۹۹/۹ درصد از پنتاکلروفنل در شکل آنیونی وجود دارد. در بین این محدوده pH هر دو شکل پنتاکلروفنل وجود دارد. از آن جایی که گونه‌های یونی و مولکولی کلروفنل‌ها هیدروفوبیک هستند درحالی که فرم منفی آن کم‌تر هیدروفوبیک است در نتیجه جایی که pH بیش تر از pK_a باشد، جذب کم‌تری مشاهده می‌شود(۲۴، ۲۹). هم‌چنان که در تصویر شماره ۴ می‌توان مشاهده کرد در pH بیش تر از پنج (pK_a PCP=۴/۷) حذف پنتاکلروفنل به طور چشمگیری کاهش می‌یابد. هم‌چنین pH محلول می‌تواند روی خصوصیات سطح (مانند پتانسیل و بار سطحی) جاذب بیومس موثر باشد. به طور کلی بیومس یک قارچ یک بار منفی خالص را در شرایط pH خنثی و بازی نشان می‌دهد(۳۰،۱۱). در همان زمان پنتاکلروفنل در همان محدوده pH (خنثی و بازی) به طور کلی در فرم آنیونی وجود دارد بنابراین دافعه الکترواستاتیک بین سطح بیومس دارای بار منفی و PCP آنیونی ممکن است به جذب پایین تر منجر شود. اما هنگامی که pH را پایین آورده شد بار منفی روی سطح بیومس کاهش می‌یابد و PCP تمایل می‌یابد در فرم مولکولی وجود داشته باشد و بنابراین کاهش pH ممکن است موانع الکترواستاتیک بین بیومس و PCP را رفع کند و فرایند جذب تسهیل پیدا کند. هم‌چنین در pH پایین، سطح بیومس به وسیله یون‌های هیدرونیوم احاطه می‌شود که می‌تواند با افزایش نیروهای جذب و واکنش بین پنتاکلروفنل با مکان‌های جذب، مقدار جذب را افزایش دهد. در این مطالعه نیز همچون مطالعات مشابه(۱۷،۳۱) گروه‌های عملکردی کربوکسیل، فسفوریل، هیدروکسیل و آمین بر سطح بیومس قارچ شناسایی شد که در جذب پنتاکلروفنل نقش مهمی دارند. در تحقیقی که Viraraghavan و همکاران در سال ۲۰۰۸ روی جذب PCP با استفاده از بیومس قارچ گونه آسپرژیلوس انجام دادند، گزارش شده که حذف PCP به میزان pH وابسته است هر چه میزان pH افزایش یابد حذف PCP کاهش می‌یابد. هم‌چنین بیان کرده‌اند که طی دو ساعت جذب توسط بیومس قارچ به تعادل می‌رسد(۱۶).

۴-۴. بررسی اثر غلظت اولیه پنتاکلروفنل بر کارایی فرایند

بررسی اثر غلظت اولیه پنتاکلروفنل بر کارایی فرایند نشان داد که با افزایش غلظت اولیه پنتاکلروفنل راندمان جذب آن کاهش می‌یابد. به گونه‌ای که با افزایش غلظت اولیه پنتاکلروفنل از ۱۰ به ۴۰ میلی‌گرم بر لیتر، میزان جذب آن به ترتیب از ۸۴/۶۳ به ۵۶/۸۲ کاهش پیدا می‌کند. نتایج حاصل نشان داد که مقدار پنتاکلروفنل جذب شده به ازای واحد جرم بیومس قارچ فانروکیت کرایزوسپوریوم در غلظت‌های ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰، ۳۵ و ۴۰ میلی‌گرم در لیتر به ترتیب ۳/۷، ۵/۱۹، ۶/۶۳ ، ۷/۹۵، ۸/۲۸، ۸/۷۱ و ۹/۴۷ میلی‌گرم بر گرم می‌باشد. نتایج آنالیز آماری واریانس یکطرفه نشان داد که اثر غلظت اولیه پنتاکلروفنل در جذب آن توسط بیومس قارچ مذکور معنی‌دار می‌باشد (p-< ۰/۰۰۱). دنیزلی و همکاران نیز گزارش کردند با افزایش غلظت اولیه ظرفیت جذب در واحد جرم جاذب افزایش می‌یابد(۳۲). این پدیده را می‌توان چنین توصیف کرد که با افزایش غلظت، مکان‌های موجود روی سطح جاذب کم‌تر می‌شود به علاوه محدودیت ابعاد حفره‌های جاذب و نیروهای دافعه الکترواستاتیک بین بار منفی مولکول‌های پنتاکلروفنل باعث می‌شود که میزان جذب کاهش یافته و در نتیجه درصد حذف پنتاکلروفنل هم کاهش می‌یابد. درصد حذف با افزایش غلظت پنتاکلروفنل کاهش می‌یابد اما مقدار پنتاکلروفنل جذب شده به ازای واحد جرم جاذب افزایش پیدا می‌کند. در تحقیقی که کومار و همکاران تحت عنوان

Archive of SID
www.SID.ir

بررسی جذب فنل از محلول‌های آبی با استفاده از بیومس قارچ Schizophyllum commune انجام دادند، گزارش شده است که با افزایش غلظت اولیه فنل راندمان جذب پنتاکلروفنل کاهش می یابد که دلیل آن را محدودیت ابعاد حفره های جاذب در غلظت های بیشتر عنوان کرده اند(۱۷).

۴-۵. بررسی اثر دوز جاذب بر کارایی فرایند

نتایج حاصل از مطالعه تاثیر میزان بیومس قارچ فانروکیت کرایزوسپوریوم نشان داد که مقدار بیومس در راندمان حذف پنتاکلروفنل یک عامل موثر می باشد به صورتی که با افزایش مقدار بیومس درصد جذب پنتاکلروفنل بیش‌تر می‌شود ولی میزان ظرفیت جذب به ازای واحد جرم جاذب کاهش می یابد به صورتی که راندمان جذب پنتاکلروفنل در مقدار ۰/۱ گرم، ۳۵ درصد و با افزایش مقدار بیومس به یک گرم راندمان جذب به ۸۰ درصد می‌رسد و با افزایش مقدار بیومس بیش از یک گرم تغییری در راندمان جذب صورت نگرفت. ظرفیت جذب پنتاکلروفنل با افزایش مقدار بیومس قارچ فانروکیت کرایزوسپوریوم از ۰/۱ به یک گرم از ۲۱ میلی گرم به ۵ میلی گرم کاهش می‌یابد. به نظر می رسد افزایش در راندمان جذب با افزایش مقدار بیومس به نظر می رسد که ناشی از اتصال اکثر مولکول‌های پنتاکلروفنل به جاذب و تثبیت تعادل بین مولکول‌های باند شده به جاذب و مولکول های جذب نشده در محلول باشد. یافته های پژوهشی بیانگر آن است که ظرفیت جذب با کاهش دوز جاذب افزایش می‌یابد. عوامل متعددی می توانند این اثر غلظت جاذب را توجیه کنند. مهم‌ترین عامل آن، مکان‌های جذب باقی مانده اشباع نشده در طول واکنش جذب می‌باشد. این کاهش در ظرفیت جذب با افزایش در دوز جاذب به طور اساسی به مکان‌های جذب غیر اشباع در طول فرایند جذب نسبت داده می شود. نتایج آنالیز آماری آنالیز واریانس یک‌طرفه نشان داد که تاثیر مقدار بیومس قارچ بر راندمان جذب پنتاکلروفنل معنی دار می باشد ($p< ۰/۰۰۱$). در مطالعه کیم و همکاران نیز هم‌چون مطالعه ما گزارش کردند که مقدار بیومس قارچ در راندمان جذب این ترکیبات تأثیر دارد و با افزایش مقدار بیومس راندمان جذب افزایش می‌یابد(۱۷).

۴-۶.بررسی ایزوترم جذب

در این مطالعه ایزوترم جذب های فروندلیخ و لانگمویر به کار رفته است. داده‌های آزمایشات ایزوترم جذب و آنالیز این داده ها از لحاظ تعیین مدل ایزوترم جذب برای طراحی واحد های فرایندی جذب اهمیت دارد. آزمایشات ایزوترم جذب پنتاکلروفنل توسط بیومس قارچ فانروکیت کرایزوسپوریوم در pH بهینه (pH= 5) و زمان تعادل به‌دست آمده برای هر آلاینده در دمای آزمایشگاه (۲۵ درجه سلسیوس) انجام شد. ایزوترم های جذب در غلظت‌های اولیه ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰، ۳۵ و ۴۰ میلی‌گرم در لیتر از پنتاکلروفنل و همچنین مقدار بیومس ۰/۵ گرم از قارچ فانروکیت کرایزوسپوریوم در حجم ۲۵۰ میلی لیتر انجام شد. نتایج ایزوترم جذب پنتاکلروفنل توسط بیومس قارچ فانروکیت کرایزوسپوریوم نشان داد که جذب پنتاکلروفنل توسط این جاذب از هر دو مدل ایزوترم لانگموئر و فروندلیخ تبعیت می کند ولی تبعیت بیشتری از مدل ایزوترم لانگمویر با ضریب همبستگی $R^2=$ ۰/۹۹ در مقایسه با مدل فروندلیخ با $R^2=$ ۰/۹۴ دارد. در تحقیقی که توسط دینگ و همکاران جهت جذب 2,4-dichlorophenoxyacetic acid با استفاده از بیومس اصلاح شده قارچ Penicillium chrysogenum انجام شد، گزارش گردید که مدل ایزوترم لانگمویر به خوبی فرایند جذب را توصیف می کند(۲۹).

در پایان می‌توان نتیجه گرفت که زمان بهینه تماس برای بیومس دو قارچ مذکور ۱۲۰ دقیقه می باشد که پس از این زمان درصد جذب افزایش چشمگیری ندارد و جذب پنتاکلروفنل با سرعت بسیار اندک اتفاق

Archive of SID

www.SID.ir

می‌افتد. نتایج مطالعه اثر pH نشان داد که در کل درصد حذف پنتاکلروفنل با افزایش pH کاهش می‌یابد به طوری که با افزایش pH از سه به هشت راندمان حذف به ترتیب از ۸۱/۳۵ به ۳۶/۸۲ کاهش پیدا می‌کند. هم چنین نتایج نشان داد که خصوصیت شیمیایی پنتاکلروفنل مثل pK_a و توزیع مولکولی و یونی PCP یکی از فاکتورهای مؤثر بر راندمان جذب آن در pH متفاوت محلول می‌باشند. از نتایج این مطالعه و مطالعات قبلی روی جذب آلاینده‌ها توسط بیومس قارچ‌ها می‌توان نتیجه گرفت که خصوصیات سطح (مانند پتانسیل و بار سطحی) جاذب بیومس یک عامل موثر در جذب پنتاکلروفنل می‌باشد. با افزایش غلظت پنتاکلروفنل در محلول درصد جذب کاهش پیدا می‌کند ولی ظرفیت جذب در واحد جرم جاذب افزایش می‌یابد. نتایج تطبیق داده‌ها با مدل‌های ایزوترمی لانگمویر و فروندلیخ نشان داد که جذب پنتاکلروفنل تبعیت بیش‌تری از مدل ایزوترم لانگمویر از نتایج آزمایشات خصوصیات بیومس می‌توان نتیجه گرفت که سطح بیومس دارای تخخل می‌باشد و هم چنین تغییرات در مرفولوژی سطح بیومس قبل و بعد از جذب پنتاکلروفنل ایجاد نشده است. در مجموع با توجه به نتایج ارائه شده، استفاده از بیومس قارچ فانروکیت کرایزوسپوریوم برای جذب پنتاکلروفنل به عنوان یک روش موثر و کارآ در غلظت‌های پایین و pH اسیدی از محلول‌های آبی پیشنهاد می‌شود. با توجه به این‌که مطالعه حاضر، یک مطالعه بنیادی بوده و در شرایط آزمایشگاهی و روی محلول سنتتیک اجرا شده است لذا برای استفاده از نتایج این مطالعه در شرایط واقعی و تصفیه فاضلاب حاوی پنتاکلروفنل بایستی در ابتدا کارآیی فرآیند در مقایس بزرگتر و با نمونه‌های فاضلاب صنعت مربوطه انجام گردد. هم‌چنین در این مطالعه هیچ‌گونه برآورد اقتصادی برای مقایسه با دیگر فرآیندهای معمول موجود برای جذب پنتاکلروفنل از محیط‌های مائی انجام نشده است که در مطالعات آتی می‌توان به این مهم پرداخته شود.

محدودیت طرح: در این مطالعه اثر متغیرهای pH، غلظت اولیه PCP، مقدار تلقیح قارچ‌ها بر راندمان حذف PCP به صورت جداگانه بررسی شد. در این شرایط ممکن است مقدار بهینه واقعی حاصل نشود در نتیجه به دلیل محدودیت در تعداد نمونه‌ها، اثر متقابل متغیرها بر هم فقط در شرایط مقدار بهینه بررسی شد.

سپاسگزاری

این مقاله حاصل بخشی از پایان نامه کارشناسی ارشد در رشته مهندسی بهداشت محیط در سال ۹۰ و کد ۹۰۱۲۰۹۴۴۸۰ است که با حمایت دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی همدان اجرا شده است. نویسندگان این مقاله بر خود لازم می‌دانند که از حمایت‌های مادی و معنوی دانشگاه در انجام این طرح تشکر نمایند.

References

1. Busca G, Berardinelli S, Resini C, Arrighi L. Technologies for the removal of phenol from fluid streams: A short review of recent developments. Journal of Hazardous Materials 2008; 160(2-3): 265-288.
2. Brás I, Lemos L, Alves A, Pereira MFR. Sorption of pentachlorophenol on pine bark. Chemosphere 2005; 60(8): 1095-1102.
3. Lou L, Wu B, Wang L, Luo L, Xu X, Hou J, et al. Sorption and ecotoxicity of pentachlorophenol polluted sediment amended with rice-straw derived biochar. Bioresource Technology 2011; 102(5): 4036-4041.
4. Aqueous Solution on Dodecylbenzenesulfonate Modified Nickel−Titanium Layered Double

Archive of SID
www.SID.ir

Hydroxide Nanocomposites. Industrial & Engineering Chemistry Research 2011; 50(9): 5334-5345.

5. Visvanathan C, Thu LN, Jegatheesan V, Anotai J. Biodegradation of pentachlorophenol in a membrane bioreactor. Desalination 2005; 183(1-3): 455-464.
6. Hattemer-Frey HA, Travis CC. Pentachlorophenol: Environmental partitioning and human exposure. Archives of Environmental Contamination and Toxicology 1989; 18(4): 482-489.
7. McGrath R, Singleton I. Pentachlorophenol transformation in soil: a toxicological assessment. Soil Biology and Biochemistry 2000; 32(8-9): 1311-1314.
8. Cirico TL, Omaye ST. Additive or synergetic effects of phenolic compounds on human low density lipoprotein oxidation. Food and Chemical Toxicology 2006;44(4): 510-516.
9. Jorens PG, Schepens PJC. Human Pentachlorophenol Poisoning. Human & Experimental Toxicology. 1993 November 1, 1993; 12(6): 479-495.
10. Aksu Z, Yener J. A comparative adsorption/ biosorption study of mono-chlorinated phenols onto various sorbents. Waste Management 2001; 21(8): 695-702.
11. Rao J, Viraraghavan T. Biosorption of phenol from an aqueous solution by Aspergillus niger biomass. Bioresource Technology 2002; 85(2): 165-171.
12. Deng S, Ma R, Yu Q, Huang J, Yu G. Enhanced removal of pentachlorophenol and 2,4-D from aqueous solution by an aminated biosorbent. Journal of Hazardous Materials 2009; 165(1-3): 408-414.
13. Zazouli MA, Ebrahimzadeh MA, Yazdani Charati J, Shiralizadeh Dezfoli A, Rostamali E, Veisi F. Effect of Sunlight and Ultraviolet Radiation in the Titanium Dioxide (TiO2) Nanoparticles for Removal of Furfural from Water. J Mazandaran Univ Med Sci 2013; 23(107): 126-138 (Persian).
14. Saitoh T, Asano K, Hiraide M. Removal of phenols in water using chitosan-conjugated thermo-responsive polymers. Journal of Hazardous Materials 2011; 185(2-3): 1369-1373
15. León-Santiestebán H, Meraz M, Wrobel K, Tomasini A. Pentachlorophenol sorption in nylon fiber and removal by immobilized Rhizopus oryzae ENHE. Journal of Hazardous Materials 2011; 190(1-3): 707-712.
16. Mathialagan T, Viraraghavan T. Biosorption of pentachlorophenol from aqueous solutions by a fungal biomass. Bioresource Technology 2009; 100(2): 549-558.
17. Kumar NS, Min K. Phenolic compounds biosorption onto Schizophyllum commune fungus: FTIR analysis, kinetics and adsorption isotherms modeling. Chemical Engineering Journal 2011; 168(2): 562-571.
18. Dyanati R, Yousefi Z, Yazdani Cherati J, Balarak D. Investigating Phenol Absorption from Aqueous Solution by Dried Azolla. J Mazandaran Univ Med Sci. 2013; 22(2): 13-20 (Persian).
19. zazouli MA, Veisi F, Veisi A. Modeling Bisphenol A Removal from Aqueous Solution by Activated Carbon and Eggshell. J Mazandaran Univ Med Sci 2013; 22(2): 129-38 (Persian).
20. Pointing. Feasibility of bioremediation by white-rot fungi. Applied Microbiology and Biotechnology 2001; 57(1): 20-33.
21. \Piontek K, Glumoff T, Winterhalter K. Low pH crystal structure of glycosylated lignin peroxidase from Phanerochaete chrysosporium

Archive of SID

www.SID.ir

at 2.5 Å resolution. FEBS Letters 1993; 315(2): 119-124.

22. Rao JR, Viraraghavan T. Biosorption of phenol from an aqueous solution by Aspergillus niger biomass. Bioresource Technology 2002; 85(2): 165-171.
23. Mathialagan T, Viraraghavan T. Biosorption of Pentachlorophenol by Fungal Biomass from Aqueous Solutions: a Factorial Design Analysis. Environmental Technology 2005; 26(5): 571-580
24. Jianlong W, Yi Q, Horan N, Stentiford E. Bioadsorption of pentachlorophenol (PCP) from aqueous solution by activated sludge biomass. Bioresource Technology 2000; 75(2): 157-161.
25. Kumar NS, Min K. Phenolic compounds biosorption onto Schizophyllum commune fungus: FTIR analysis, kinetics and adsorption isotherms modeling. Chemical Engineering Journal 2011; 168(2): 562-571.
26. Srivastava P, Hasan SH. Biomass of mucor heimalis for the biosorption of cadmium from aqueous solutions: equilibrium and kinetic studies. Bio Resources 2011; 6(4).
27. Srivastava S, Ahmad AH, Thakur IS. Removal of chromium and pentachlorophenol from tannery effluents. Bioresource Technology 2007; 98(5): 1128-1132.
28. Estevinho BN, Martins I, Ratola N, Alves A, Santos L. Removal of 2,4-dichlorophenol and pentachlorophenol from waters by sorption using coal fly ash from a Portuguese thermal power plant. Journal of Hazardous Materials 2007;143(1-2): 535-540
29. Deng S, Ma R, Yu Q, Huang J, Yu G. Enhanced removal of pentachlorophenol and 2, 4-D from aqueous solution by an aminated biosorbent. Journal of Hazardous Materials 2009; 165(1): 408-414.
30. Huang C, Westman D, Quirk K, Huang J, Morehart AL. Removal of cadmium (II) from dilute aqueous solutions by fungal biomass. Particulate Science and Technology 1988; 6(4): 405-419.
31. Bowman SM, Free SJ. The structure and synthesis of the fungal cell wall. Bioessays 2006; 28(8): 799-808.
32. Denizli A, Cihangir N, Rad AY, Taner M, Alsancak G. Removal of chlorophenols from synthetic solutions using Phanerochaete chrysosporium. Process Biochemistry 2004; 39(12): 2025-2030.

Archive of SID
www.SID.ir

ORIGINAL ARTICLE

Biosorption of Pentachlorophenol from Aqueous Solutions Using Phanerochaete Chrysosporium Biomass

Salah Azizi[1],
Reza Shookohi[2],
Javad Fredmal[3]

[1] MSc. in Environmental Health Engineering, Hamedan, Iran
[2] Associate Professor, Department of Environmental Health, Faculty of Health, Hamedan University of Medical Sciences and Health Services, Hamedan, Iran
[3] Assistant Professor, Department of Biostatistics and Epidemiology, Faculty of Health, Hamedan University of Medical Sciences, Hamedan, Iran

(Received March 2, 2014 ; Accepted May 7, 2014)

Abstract

Background and purpose: Pentachlorophenol (PCP) is an organic compound categorized as priority pollutants with harmful effects on humans, animals and plants. Therefore, the removal of PCP from water and wastewater is of great importance. This study aimed at assessing the efficiency of Phanerochaete Chrysosporium fungus biomass in PCP absorption.

Material and methods: In this experimental study *Phanerochaete Chrysosporium* strains were prepared from Persian Type Culture Collection of Iranian Research Organization for Science and Technology (IROST). After activation, the strains were incubated in potato dextrose agar (PDA). The prepared *Phanerochaete Chrysosporium* biomass was modified by NaOH and then it was used for PCP absorption assay. The measurement of PCP was done by high-performance liquid chromatography.

Results: We found that the biosorption efficiency of PCP increased with increase in the *Phanerochaete Chrysosporium* biomass loading. The pentachlorophenol biosorption percentage decreased when the initial pentachlorophenol concentration increased. Maximum biosorption of PCP was obtained at acidic pH. The experimental adsorption isotherm complies with Langmuir equation model (R^2=0.992). The pH_{ZPC} for *Phanerochaete Chrysosporium* biomass was found to be 6.1. Characterization results from BET (Brunauer, Emmett and Teller) showed that BET surface area of the *Phanerochaete Chrysosporium* biomass was 1.275 m^2g^{-1} and adsorption average pore diameter was 1.22 nm.

Conclusion: The results showed biosorption by *Phanerochaete Chrysosporium* biomass as an effective method in removal of pentachlorophenol from aqueous solutions in low concentration and acidic pH.

Keywords: Absorption, fungi's biomass, *Phanerochaete Chrysosporium*, pentachlorophenol

J Mazandaran Univ Med Sci 2014; 24(113): 105-117 (Persian).

Archive of SID

www.SID.ir