

بررسی کارایی بیومس قارچ اسپرژیلوس نیجر در جذب پنتاکلروفنل (PCP) از محلول های آبی

رضا شکوهی^۱، صلاح عزیزی^۲، سید امیر غیاثیان^۳، جواد فردمال^۴

پذیرش: ۹۲/۰۵/۱۲

دریافت: ۹۲/۰۲/۱۷

چکیده:

زمینه و هدف: پنتاکلروفنل (PCP) یک ترکیب آلی و از مشتقات فنلی و در دسته آلاینده های دارای اولویت است که حتی در غلظت های پایین هم دارای اثرات زیان آور بر روی انسان، حیوانات و گیاهان است. بنابر این ضرورت حذف PCP از آب و فاضلاب دارای اهمیت زیادی است. هدف از انجام این مطالعه بررسی کارایی بیومس قارچ اسپرژیلوس نیجر در جذب پنتاکلروفنل است.

روش بررسی: این مطالعه از نوع تجربی بوده و پس از طی مراحل مختلف آزمایش ها، انجام شد. سوش قارچ اسپرژیلوس نیجر شماره ۵۰۱۲ PTCC از مرکز کلکسیون قارچ ها و باکتری های صنعتی ایران تهیه گردید. بعد از فعال سازی سوش قارچ در پلیت های محیط کشت پتیتو دکستروز آگار به مدت ۷ تا ۱۰ روز در دمای 25°C قرار داده شدند. بیومس قارچ اسپرژیلوس نیجر تهیه گردید و سپس برای مطالعه جذب پنتاکلروفنل مورد استفاده قرار گرفت. برای سنجش پنتاکلروفنل از دستگاه کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا استفاده شد.

یافته ها: نتایج حاصل از این مطالعه نشان داد که زمان تماس یک فاکتور مهم و اثرگذار در سرعت جذب پنتاکلروفنل است. بهترین زمان ماند در آزمایش ۲ h انتخاب گردید که پس از این زمان درصد حذف افزایش چشمگیری نداشت. نتایج جذب پنتاکلروفنل در pH های مختلف نشان داد که راندمان جذب پنتاکلروفنل با افزایش pH و غلظت اولیه پنتاکلروفنل کاهش می یابد. اثر عوامل زمان تماس، pH و غلظت اولیه پنتاکلروفنل بر روی فرایند جذب معنی دار بود ($P\text{-value} < 0.001$).

نتیجه گیری: نتایج نشان می دهد که با افزایش زمان ماند در شرایط ثابت، راندمان جذب پنتاکلروفنل افزایش می یابد. همچنین در شرایط pH پایین بیومس اصلاح شده قارچ اسپرژیلوس نیجر می تواند جاذب خوبی برای پنتاکلروفنل باشد.

واژگان کلیدی: فرایند جذب، بیومس قارچ، اسپرژیلوس نیجر، پنتاکلروفنل

۱- دکتری بهداشت محیط، دانشیار دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی همدان

۲- (نویسنده مسئول): دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی همدان

۳- دکتری قارچ شناسی، استاد دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی همدان

۴- دکتری آمار زیستی، استادیار دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی همدان

پنتاکلوروفنل (PCP: Pentachlorophenol) یک ترکیب آلی و از مشتقات فنلی است که دارای تعداد زیاد کلر بر روی حلقه بنزنی است و در دسته آلاینده های دارای اولویت است که حتی در غلظت های پایین هم دارای اثرات زیان آور بر روی انسان، حیوانات و گیاهان است (۱، ۲). PCP به مقدار زیاد در ساخت ترکیبات علف کش، میکروب کش، کارخانه های چوب بری و برای حفظ فرمولاسیون چوب استفاده می شود (۳-۵). با توجه به استفاده گسترده آن در جهان PCP آلودگی های بسیار زیادی را در آب و خاک ایجاد کرده است، همچنین خاک های آلوده شده با PCP می توانند PCP را به آب های سطحی و زیرزمینی رها کنند (۶، ۷). قرار گرفتن کوتاه مدت در معرض PCP می تواند به مسمومیت منجر شود که دارای کشندگی بالایی است. قرار گرفتن در معرض PCP می تواند به کبد، کلیه، پوست، خون، ریه ها، سیستم عصبی، معده، روده و دستگاه گوارش صدمه بزند و در نهایت می تواند منجر به مرگ شود (۸، ۹). سازمان حفاظت محیط زیست آمریکا مقدار (Maximum Contaminant Levels (MCL برای PCP در آب آشامیدنی را 0.01 mg/L 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 بیشتر اهمیت پیدا می کند. از جمله روش های حذف ترکیبات فنلی می توان به فرایند جذب، فرایندهای اکسیداسیون متداول، اکسیداسیون پیشرفته (AOPs: Advanced Oxidation Processes) و غیره اشاره کرد. اکثر این فرایندها دارای معایبی هستند، به عنوان مثال فرایندهای اکسیداسیون پیشرفته گران قیمت بوده و هزینه زیادی را برای بهره برداری از آنها باید تقبل نمود. بنابراین آنچه مهم تر است استفاده از روشی است که علاوه بر کارایی بالا، آلاینده های جانبی دیگر تولید نکند و در ضمن از نظر اقتصادی هم به صرفه باشد. جذب سطحی به نظر می رسد بهترین چشم انداز را برای تصفیه کلی، به خصوص برای فاضلاب با غلظت متوسط و کم آلاینده ها ارائه کند (۱۱، ۱۲). محققان برای کاربرد انواع جاذب ها در حذف PCP از آب تلاش کرده اند که این جاذب ها عبارتند از: کربن فعال، زغال سنگ، مخلوط زغال

سنگ- خاک رس، جاذب های بیولوژیکی مثل لجن بی هوازی و بیومس لجن فعال هوازی. استفاده از بیومس مرده به صرفه تر از بیومس زنده است به این دلیل که نگرانی از سمیت وجود ندارد، همچنین نیازی به محیط کشت یا مواد مغذی نیست و تکنیک های ساده ای برای واجذب آلاینده ها از بیومس وجود دارد و می توان مجددا آنها را استفاده کرد (۱۳-۱۶). در این تحقیق بیومس مورد مطالعه بیومس مرده قارچ اسپرژیلوس نیجر (*Aspergillus niger*) شماره ۵۰۱۲ PTCC بود که این قارچ یکی از رایج ترین گونه های جنس اسپرژیلوس است. هدف از انجام این مطالعه بررسی جذب پنتاکلوروفنل از محلول های آبی توسط بیومس قارچ اسپرژیلوس نیجر بود.

مواد و روش ها

-آماده سازی بیومس و فرایند جذب

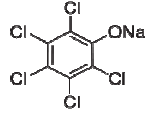
این تحقیق یک مطالعه بنیادی- کاربردی است که به صورت بررسی تجربی بوده و پس از انجام مراحل مختلف آزمایش، نتایج با توجه به تعیین مقادیر بدست آمده با روش های شیمیایی و دستگاهی تفسیر شد. سوش قارچ اسپرژیلوس نیجر ۵۰۱۲ PTCC از مرکز کلکسیون قارچ ها و باکتری های صنعتی ایران تهیه شد. بعد از فعال سازی سوش قارچ 2 mL از سوسپانسیون به پلیت های (PDA (Potato Dextrose Agar) انتقال داده شد. این پلیت ها به مدت ۷ تا ۱۰ روز در دمای 25°C در انکوباتور قرار داده شدند. بیومس قارچی با استفاده از روش shake flask در محیط کشت مایع کشت شدند. به این ترتیب که اسپورها و میسلیوم از محیط کشت PDA به ظروف ارلن مایر 250 mL حاوی 100 mL محیط رشد مایع (PDB (Potato Dextrose Broth) تلقیح شدند سپس ظروف بر روی یک شیکر چرخشی در 150 rpm در دمای 25°C به مدت ۴ روز قرار گرفت. برداشت بیومس با استفاده از فیلتر کردن محیط کشت رشد داده شده از یک فیلتر $150 \mu\text{m}$ انجام شد. این بیومس شسته شده بیومس زنده نام دارد. بیومس زنده در محلول 0.5 N NaOH به مدت 15 min جوشیده و با مقدار کافی از آب مقطر شستشو داده شد. سپس بیومس فیلتر شده را در 60°C به مدت $15-12 \text{ h}$ خشک کرده و در یک هاون کوبیده و به پودر تبدیل شد. بیومس پودری

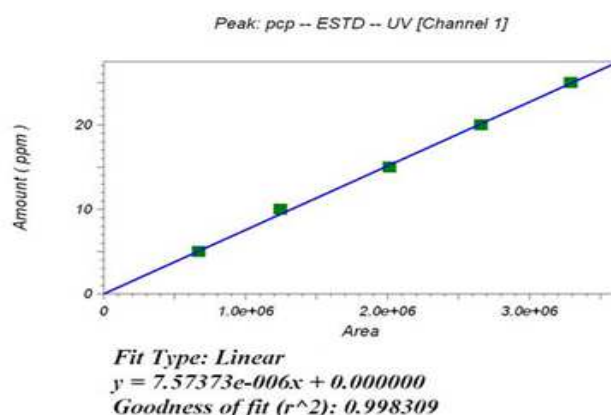
و آلد ریچ بودند. اندازه گیری pH با استفاده از pH متر مدل (Schott Germany, CG-۸۲۴) انجام شد. هر آزمایش سه بار تکرار شد و میانگین آنها با یکدیگر مقایسه گردید. تعداد نمونه ها ۱۰۵ نمونه برآورد شد. برای تجزیه و تحلیل داده های حاصل از آزمایش از نرم افزار SPSS.۱۶ و از آنالیز واریانس یک طرفه (Way ANOVA One) برای بررسی اثر متقابل متغیرها بر هم استفاده شد.

۲-۲. تعیین مقدار PCP با استفاده از HPLC برای تعیین کارایی حذف PCP از کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا (HPLC: High performance liquid chromatography) استفاده شد. مشخصات کروماتوگراف مورد استفاده عبارت از: مدل ۶۶۰، ستون استیل C₁₈، فاز متحرک ۶۰٪ استونیتریل و ۴۰٪ آب مقطر، زمان ماند ۳/۸۱ min، pH برابر ۶، میزان جریان فاز متحرک ۰/۷ mL/min، دکتور UV-۲۶۰۰ با طول موج ۲۵۴ nm و میزان تزریق پنتاکلروفنل ۴۰ μg/L است. غلظت نمونه ها با استفاده از منحنی کالیبراسیون با ضریب همبستگی ۰/۹۹۸ تعیین مقدار شدند.

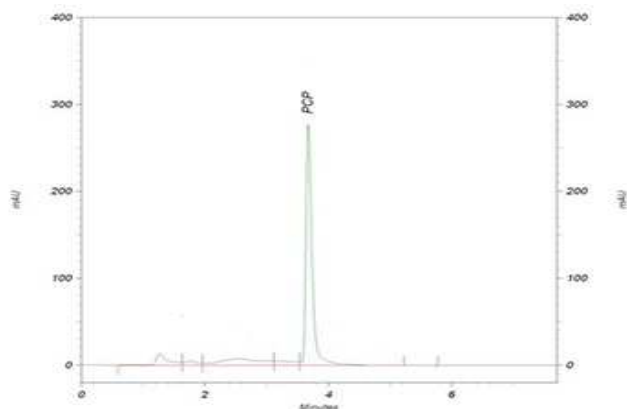
باقیمانده که تهیه می شوند، بیومس اصلاح شده (pretreated biomass) نام دارد. سپس بیومس اصلاح شده برای مطالعه جذب PCP مورد استفاده قرار گرفت. محلول استوک از PCP (۱۰۰۰ mg/L) تهیه شد. غلظت های ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰، ۳۵ و ۴۰ از PCP برای آزمایش ها استفاده شد. میزان pH ۳، ۴، ۵، ۶، ۷ و ۸ در این آزمایش ها استفاده شد. مقدار pH محلول های آزمایش با استفاده از NaOH و ۱ N HNO₃ تنظیم شدند. مقدار ۲۵۰ g/mL ۰/۱، ۰/۲، ۰/۳، ۰/۴، ۰/۵، ۰/۶، ۰/۷، ۰/۸، ۰/۹ و ۱ بیومس پودری فارچ اسپرژیلوس نیجر برای بررسی فرایند جذب پنتاکلروفنل مورد استفاده قرار گرفت. نمونه ها با استفاده از فیلتر استات سلولز فیلتر شدند و برای آنالیز غلظت PCP مورد استفاده قرار گرفتند. همه آزمایش های جذب در ظروف ارلن مایر ۲۵۰ mL بر روی یک شیکر چرخان (در ۱۵۰ rpm) در دمای ۲۵°C انجام گردید. در این آزمایش ها از نمک های سدیم و پتاسیم فسفات به عنوان بافر برای ثابت نگه داشتن pH در حین انجام آزمایش ها استفاده شد (۱۷). همه مواد شیمیایی مصرفی در این تحقیق از محصولات شرکت مرک

جدول ۱. خصوصیات پنتاکلروفنل

نام	ساختار شیمیایی	فرمول شیمیایی	جرم مولکولی
Pentachlorophenol sodium salt CAS Number: 131-52-2		C ₆ Cl ₅ NaO	288/32 g/mol



شکل ۱. منحنی کالیبراسیون پنتاکلروفنل در HPLC



شکل ۲. پیک بنتاکلروفنل خروجی از دستگاه HPLC

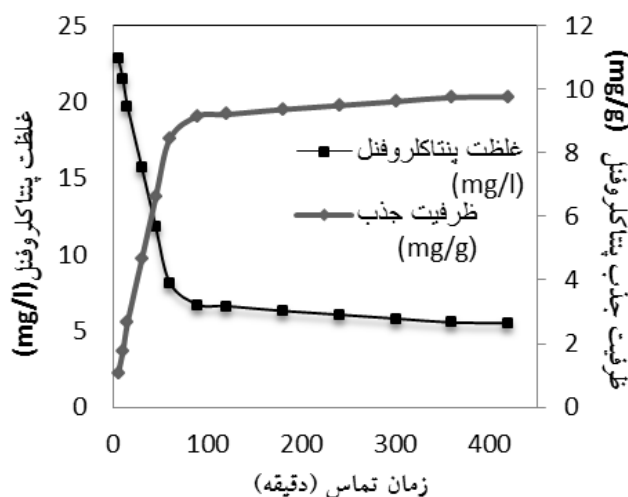
یافته ها

-اثر زمان تماس بر میزان جذب:

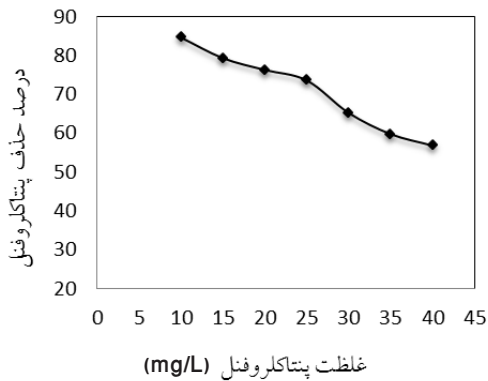
زمان تماس یک فاکتور بسیار مهم برای کسب موفقیت در کاربرد عملی یک جاذب و بیانگر سرعت جذب بنتاکلروفنل است. شکل ۱ اثر زمان تماس بر تغییرات غلظت بنتاکلروفنل با استفاده از بیومس قارچ اسپرژیلوس نیجر را تا رسیدن به زمان تعادل نشان می دهد. مقدار کاهش PCP ناشی از تبخیر یا جذب به وسیله دیواره شیشه ظرف ارلن مایر در آزمایشات نمونه کنترل ناچیز بود.

-تأثیر pH بر میزان جذب:

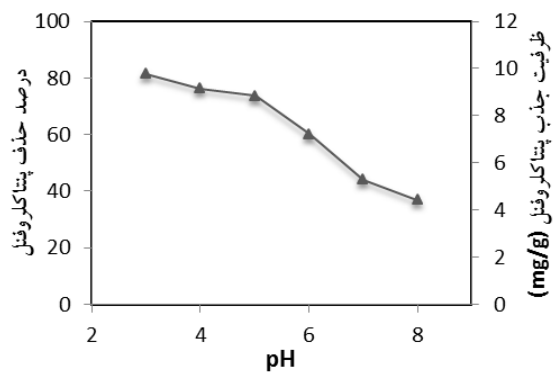
مقدار pH محلول نیز یکی از پارامترهای مهم تاثیرگذار بر واکنش های شیمیایی و بیولوژیکی فاضلاب محسوب می شود. نتایج جذب بنتاکلروفنل در pH های مختلف در شکل ۲ نشان داده شده است. همچنان که در شکل نشان داده شده در کل با افزایش pH درصد حذف بنتاکلروفنل توسط بیومس قارچ اسپرژیلوس نیجر کاهش می یابد.



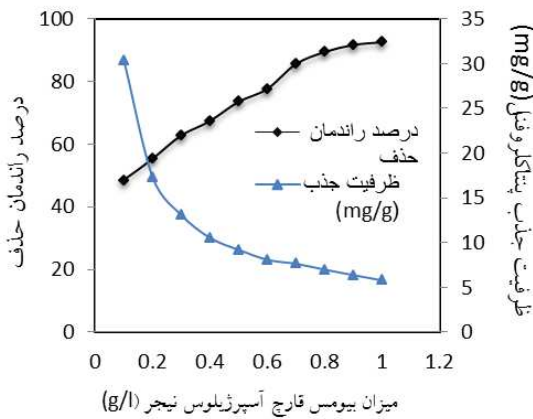
شکل ۳. تغییرات غلظت بنتاکلروفنل و ظرفیت جذب آن در طی زمان (pH=5، مقدار بیومس 0.5 g/L و غلظت 25 mg/L)



شکل ۵. اثر غلظت اولیه پنتاکلوروفنل بر فرایند جذب (pH = ۵، زمان تماس ۲ h، مقدار بیومس ۰/۵ g/L، و سرعت اختلاط ۱۲۰ rpm)



شکل ۴. اثر pH بر جذب پنتاکلوروفنل (زمان تماس ۲ h، مقدار بیومس ۰/۵ g/L و غلظت پنتاکلوروفنل ۲۵ mg/L، سرعت اختلاط ۱۲۰ rpm)



شکل ۶. اثر مقدار بیومس بر فرایند جذب (pH = ۵، زمان تماس ۲ h، غلظت ۲۵ mg/L و سرعت اختلاط ۱۲۰ rpm)

مشخصه ضروری ایزوترم لانگمویر توسط ثابت R_L که به پارامتر تعادلی معروف است به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$R_L = \frac{1}{1 + bC_0}$$

به طوری که b ثابت لانگمویر و C_0 غلظت اولیه پنتاکلوروفنل را نشان می‌دهد به گونه‌ای که اگر $R_L = 0$ ایزوترم غیر قابل برگشت، $0 < R_L < 1$ ایزوترم مطلوب، $R_L = 1$ ایزوترم خطی و اگر $R_L > 1$ باشد ایزوترم نامطلوب است. مدل فروندلیچ بر اساس جذب تک لایه‌ای بر روی مکان‌های جذب هتروژن و دارای انرژی‌های نابرابر و غیر همسان بنا نهاده شده است. در

اثر غلظت اولیه بر میزان جذب پنتاکلوروفنل

همانگونه که مشاهده می‌شود با افزایش غلظت اولیه پنتاکلوروفنل بازده حذف آن کاهش می‌یابد. به گونه‌ای که با افزایش غلظت اولیه پنتاکلوروفنل از ۱۰ تا ۴۰ mg/L، میزان جذب آن از ۰/۸۴/۶ به ۰/۵۶/۸ کاهش پیدا می‌کند.

اثر میزان جاذب بیومس قارچ اسپرژیلوس نیجر در جذب پنتاکلوروفنل

اثر میزان دوز جاذب بیومس نشان داد که با افزایش دوز جاذب راندمان حذف افزایش و ظرفیت جذب پنتاکلوروفنل به ازای واحد جرم جاذب کاهش می‌یابد.

ایزوترم جذب

ایزوترم‌های جذب جهت توصیف ظرفیت جذب به منظور آسان کردن ارزیابی امکان‌سنجی این فرایند برای کاربرد در نظر گرفته شده و برای آنالیز و طراحی سیستم جذب مفید هستند. در این مطالعه جذب تعادلی پنتاکلوروفنل توسط بیومس قارچ اسپرژیلوس نیجر با استفاده از ایزوترم‌های لانگمویر، فروندلیچ در دمای ثابت و مقادیر مختلف جاذب مدل شده است.

مدل لانگمویر برای جذب تک لایه‌ای بر روی سطح ماده جاذب دارای مکان‌های جذب محدود و یکسان معتبر است.

q_e : ظرفیت جذب در حالت تعادل در هر گرم از بیومس (mg/L)
 C_e : غلظت ماده حل شدنی در حالت تعادل (mg/L)
 و q_m و b ضریب های مدل لانگمویر و K و n ضریب های مدل فروندلیچ هستند.

ایزوترم فروندلیچ زمانی که kf افزایش می یابد ظرفیت جذب جاذب برای جذب ماده جذب شونده مورد نظر افزایش می یابد، همچنین مقدار n بین ۱ تا ۱۰ نشان دهنده فرایند جذب مناسب است. اگر مقدار n نزدیک به ۱ باشد هتروژن بودن سطح کم اهمیت تر و اگر نزدیک به ۱۰ باشد مهم تر می شود. در این مطالعه R_L برابر $0/014$ بدست آمد.

جدول ۲. نتایج تطابق داده ها با مدل های ایزوترمی لانگمویر و فروندلیچ

معادله خط	پارامترهای مدل	ضریب رگرسیون	فرمول	نوع ایزوترم
$y = 0.2513x + 0.0768$	$b=13.15$ $q_m=3.98$	$R^2 = 0.9897$	$\frac{1}{q_e} = \frac{1}{q_m b} \left(\frac{1}{C_e} \right) + \frac{1}{q_m}$	لانگمویر
$y = 0.4006x + 1.3417$	$n=2.5$ $k_f=3.81$	$R^2 = 0.96$	$\log q_e = \log k + \frac{1}{n} \log C_e$	فروندلیچ

بحث

است ($P\text{-value} < 0/001$). زمانی که در مورد اثر pH محلول بر فرایند بیوجذب پنتاکلروفنل بحث می شود ذکر خصوصیت شیمیایی پنتاکلروفنل اهمیت پیدا می کند. PCP مشتق فنلی بوده و جز قوی ترین اسیدهای موجود است که pK_a برابر است با pH که در آن نصف گروه های عملکردی ترکیب در محلول دارای بار و نصف دیگر خنثی هستند) آن برابر $4/7$ است. همچنان که pH محلول تغییر می یابد توزیع مولکولی و یونی PCP تغییر می کند. برای مثال در pH برابر ۳، ۹۸٪ از پنتاکلروفنل در شکل مولکولی وجود دارد در حالی که در pH برابر با ۸، ۹۹٪ درصد از پنتاکلروفنل در شکل آنیونی وجود دارد. در بین این محدوده pH هر دو تا شکل از پنتاکلروفنل وجود دارد. از آنجایی که گونه های یونی و مولکولی از کلروفنل ها هیدروفوبیک هستند درحالی که فرم منفی آن کمتر هیدروفوبیک است در نتیجه جایی که pH بیشتر از pK_a باشد جذب کمتری مشاهده می شود (۱۵، ۱۶). همچنان که در شکل ۳ می توان مشاهده کرد که در pH بیشتر از ۵ (pK_a PCP=4/7) حذف پنتاکلروفنل به طور چشمگیری کاهش می یابد. همچنین pH محلول می تواند بر روی خصوصیات سطح (مانند پتانسیل و بار سطحی) جاذب بیومس موثر باشد. به طور کلی بیومس یک قارچ یک بار منفی خالص

بررسی اثر زمان واکنش بر فرایند جذب نتایج نشان می دهد که با افزایش زمان ماند در شرایط ثابت راندمان جذب پنتاکلروفنل افزایش می یابد. این افزایش جذب می تواند ناشی از افزایش تعداد برخورد های بین آلاینده و جاذب باشد که هرچه زمان ماند بیشتر شود احتمال برخورد بیشتر شده و جذب آلاینده به وسیله جاذب مورد نظر افزایش می یابد. بهترین زمان ماند در آزمایش ۲ h انتخاب گردید که پس از این زمان درصد حذف افزایش چشمگیری نداشت. در مطالعه ای که Mathialagan و همکاران در سال ۲۰۰۸ بر روی جذب PCP با استفاده از بیومس قارچ جنس اسپریژیلوس انجام دادند گزارش کرده اند که حذف PCP در زمان ۲ h جذب توسط بیومس قارچ به تعادل می رسد (۱۷).

بررسی اثر pH بر کارایی فرایند از نتایج اثر pH که در شکل ۳ نشان داده شده مشخص می شود که درکل درصد حذف پنتاکلروفنل با افزایش pH کاهش می یابد به طوری که با افزایش pH از ۳ به ۸ 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 معنی دار

شایان ذکر است 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 نمونه ها، اثر متقابل متغیرها برهم فقط در شرایط مقدار بهینه بررسی شد. این نکته از محدودیت های طرح حساب می شود.

را در شرایط pH خنثی و بازی نشان می دهد. در همان زمان پنتاکلروفنل در همان رنج 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 آوریم، بار منفی بر روی سطح بیومس کاهش می یابد و PCP تمایل می یابد در فرم مولکولی وجود داشته باشد و بنابراین کاهش در 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 یون های هیدرونیوم احاطه می شود که می تواند با افزایش نیروهای جذب و واکنش بین پنتاکلروفنل با مکان های جذب را افزایش دهد. در تحقیقی که Viraraghavan و همکاران در سال ۲۰۰۸ بر روی جذب PCP با استفاده از بیومس قارچ گونه اسپرژیلوس انجام دادند گزارش کرده اند که حذف PCP به میزان pH وابسته است هر چه میزان pH افزایش یابد حذف PCP کاهش می یابد. همچنین بیان کرده اند که در زمان ۲ h جذب توسط بیومس قارچ به تعادل می رسد (۱۷).

-بررسی اثر غلظت اولیه پنتاکلروفنل بر کارایی فرآیند همانگونه که مشاهده می شود با افزایش غلظت اولیه پنتاکلروفنل بازده حذف آن کاهش می یابد. به گونه ای که با افزایش غلظت اولیه پنتاکلروفنل از ۱۰ به ۴۰ mg/L، میزان جذب آن به ترتیب از ۸۴/۶۳ به ۵۶/۸۲ کاهش پیدا می کند. Wu و همکاران در تحقیقی که بر روی جذب dichlorophenol-۲,۴ با استفاده از بیومس قارچ فانروکیت کرایزوسپوریوم انجام دادند گزارش کردند که با افزایش غلظت اولیه ظرفیت جذب در واحد جرم جاذب افزایش می یابد (۱۸). این پدیده را می توان چنین توصیف کرد که با افزایش غلظت، مکان های موجود بر روی سطح جاذب کمتر می شود به علاوه محدودیت ابعاد حفره های جاذب و نیروهای دافعه الکترواستاتیک بین بار منفی مولکول های پنتاکلروفنل باعث می شود که میزان جذب کاهش یافته و در نتیجه درصد حذف پنتاکلروفنل هم کاهش می یابد. درصد حذف با افزایش غلظت پنتاکلروفنل کاهش می یابد اما مقدار پنتاکلروفنل جذب شده به ازای واحد جرم جاذب افزایش پیدا می کند.

نتیجه گیری

نتایج این مطالعه نشان داد که فرایند جذب پنتاکلروفنل توسط بیومس قارچ اسپرژیلوس نیجر پس از ۲ h به حالت تعادل رسیده و در این زمان حدود ۸۰٪ پنتاکلروفنل در pH برابر ۵ و غلظت ۲۵ mg/L جذب شده است. همچنین نتایج نشان می دهد که فرایند جذب وابسته به pH محلول بوده و بالاترین میزان جذب در pH اسیدی ۳ (۸۲٪) است که با افزایش pH راندمان جذب پنتاکلروفنل به میزان قابل توجهی کاهش می یابد. با افزایش غلظت پنتاکلروفنل در محلول درصد جذب کاهش پیدا می کند ولی ظرفیت جذب در واحد جرم جاذب افزایش می یابد. نتایج تطبیق داده ها با مدل های ایزوترمی لانگمویر و فروندلیخ نشان داد که فرایند جذب به خوبی از این مدل ها تبعیت میکند و مدل ایزوترمی فروندلیخ تطابق بهتری را با داده های حاصل از آزمایش ها نشان می دهد.

تشکر و قدردانی

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 می دانند که از حمایت های مادی و معنوی دانشگاه در انجام این طرح تشکر نمایند.

منابع

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):265-88.
2. Brás I, Lemos L, Alves A, Pereira MFR. Sorption of pentachlorophenol on pine bark. *Chemosphere*. 2005;60(8):1095-102.
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):4036-41.
4. Gao Z, Du B, Zhang G, Gao Y, Li Z, Zhang H, et al. Adsorption of pentachlorophenol from aqueous solution on dodecylbenzenesulfonate modified nickel–titanium layered double hydroxide nanocomposites. *Industrial & Engineering Chemistry Research*. 2011;50(9):5334-45.
5. Visvanathan C, Thu L, Jegatheesan V, Anotai J. Biodegradation of pentachlorophenol in a membrane bioreactor. *Desalination*. 2005;183(1):455-64.
6. Hattemer-Frey HA, Travis CC. Pentachlorophenol: environmental partitioning and human exposure. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*. 1989;18(4):482-89.
7. McGrath R, Singleton I. Pentachlorophenol transformation in soil: A toxicological assessment. *Soil Biology and Biochemistry*. 2000;32(8):1311-14.
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):510-16.
9. Jorens PG, Schepens PJ. Human pentachlorophenol poisoning. *Human & Experimental Toxicology*. 1993;12(6):479-95.
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. Saitoh T, Asano K, Hiraide M. Removal of phenols in water using chitosan-conjugated thermo-responsive polymers. *Journal of Hazardous Materials*. 2011;185(2):1369-73.
12. Leon-Santiesteban 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):707-12.
13. Rao J, Viraraghavan T. Biosorption of phenol from an aqueous solution by *Aspergillus niger* biomass. *Bioresource Technology*. 2002;85(2):165-71.
14. Mathialagan T, Viraraghavan T. Biosorption of pentachlorophenol by fungal biomass from aqueous solutions: A factorial design analysis. *Environmental Technology*. 2005;26(5):571-80.
15. Jianlong W, Yi Q, Horan N, Stentiford E. Bioadsorption of pentachlorophenol (PCP) from aqueous solution by activated sludge biomass. *Bioresource Technology*. 2000;75(2):157-61.
16. 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):408-14.
17. Mathialagan T, Viraraghavan T. Biosorption of pentachlorophenol from aqueous solutions by a fungal biomass. *Bioresource Technology*. 2009;100(2):549-58.
18. Wu J, Yu H-Q. Biosorption of 2,4-dichlorophenol from aqueous solution by *Phanerochaete chrysosporium* biomass: Isotherms, kinetics and thermodynamics. *Journal of Hazardous Materials*. 2006;137(1):498-508.

Efficiency of the fungus *Aspergillus niger* biomass in Pentachlorophenol (PCP) absorption from aqueous solutions

Reza Shokoohi¹, Salah Azizi^{2*}, Said Amir Ghiasian³, Javad Fredmal⁴

¹ Department of Environmental Health, Faculty of Health, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran

² Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran

³ Department of Mycology and Parasitology, Faculty of Medical Sciences, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran

⁴ Department of Statistics, Faculty of Health, Hamadan University of Medical Sciences, Hamadan, Iran

Received; 4 April 2012 Accepted; 16 May 2012

ABSTRACT

Background and Objectives: Pentachlorophenol (PCP) is an organic compound and phenolic derivatives categorized as priority pollutants that have harmful effects on humans, animals, and plants in low concentrations. Therefore, PCP removal from water and wastewater is very important. The aim of this study was to assess the efficiency of *A. niger* fungus biomass in PCP absorption.

Materials and Methods: This was an experimental study in which different steps of the experiments were performed. *A. niger* strain was prepared from Persian Type Culture Collection of Iranian Research Organization for Science and Technology (IROST). After activation in potato dextrose agar (PDA) culture plates, fungi were incubated for 7 to 10 days at 25 °C. The prepared *A. niger* biomass was modified by NaOH and then it was used for PCP absorption assay. The concentration of PCP was measured using high-performance liquid chromatography.

Results: The findings of present study showed that contact time is an important and effective factor in the PCP absorption rate. Two hours was selected as the optimum retention time in this experiment and after that the removal percentage did not raise significantly. The results of PCP absorption in different pH demonstrated that the adsorption efficiency decreases by rising pH and initial PCP concentration. The effects of contact time, pH and initial PCP concentration on the absorption process was significant (P-value <0.001).

Conclusion: The results show that absorption efficiency increases by rising retention time under constant conditions. In addition, at low pH the modified *A. niger* biomass could be a good absorber for PCP.

Keywords: Absorption process, fungi biomass, *Aspergillus niger*, Pentachlorophenol.

*Corresponding Author: Salah.Azizi9@yahoo.com

Tel: +98 811 8380026 Fax: +98 811 8380025