

Lead removal from aqueous solution using ostrich feathers modified by hydrogen peroxide

M. Manshouri, PhD¹ A.R. Yazdanbakhsh, PhD² H. Daraei, MSc³ M. Noorisepehr, PhD⁴

Assistant Professor Department of Environmental Health Engineering¹, Associate Professor Department of Environmental Health Engineering², Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, Iran. Instructor Department of Environmental Health Engineering³, Assistant Professor Department of Environmental Health⁴, Alborz University of Medical Sciences, Karaj, Iran.

(Received 18 Dec, 2011 Accepted 9 Jul, 2012)

ABSTRACT

Introduction: Lead is the major toxicant found in industrial effluent that can adversely affect environment and human health. Conventional methods for the removal of this metal from waste waters are often cost prohibitive. This study was conducted to investigate the effect ostrich feathers modified by hydrogen peroxide on lead removal from waste water.

Methods: In this descriptive and practical study, ostrich feathers were used for removal of lead from model solutions. Ostrich feathers were modified with hydrogen peroxide (30% w/v) and distilled water for 18 hr. In this study, effect of pH (2-9), temperature (20-40°C), contact time (0.5-12 hr), sorbent dosage (0.3-1 gr) and initial concentration (1-15 mg/l) were investigation in batch system. All the experiments were conducted in triplicate. Experimental results were fitted to Langmuir and Freundlich isotherm models and Excel software was used for data analysis.

Results: The results show that the maximum lead adsorption by modified feathers reached within pH 5, contact time 8 hr, feather dosage 0.7 g and temperature 30°C for concentration range of 1-15 mg/L. Adsorption equilibrium data fit most satisfactorily with the Freundlich and Langmuir isotherms.

Conclusion: According to the results, because of its inexpensive and availability, ostrich feathers can be used as a suitable method to reduce the level of Lead from the aqueous solutions in the contaminated places throughout the country.

Key words: Sorption – Feathers – Lead

Correspondence:
H. Daraei, MSc.
Department of Environmental
Health Engineering Faculty of
Health Alborz University of
Medical Sciences.
Karaj, Iran
Tel.: +98 916 361 1839
Email:
hasti.daraei@yahoo.com

بررسی حذف سرب از محلولهای آبی با استفاده از پر شترمرغ اصلاح شده با پراکسید هیدروژن

دکتر محمد منشوری^۱، دکتر احمد رضا یزدانبخش^۲، هستی دارایی^۳، دکتر محمد نوری سپهر^۴

^۱ استادیار گروه مهندسی بهداشت محیط، ^۲ دانشیار گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی شهیدبهشتی ^۳ مربی گروه مهندسی بهداشت محیط، ^۴ استادیار گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی البرز

مجله پزشکی هرمزگان سال هفدهم شماره چهارم مهر و آبان ۹۲ صفحات ۲۸۳-۲۷۶

چکیده

مقدمه: سرب از جمله فلزات سنگین بسیار سمی در پسابهای صنعتی می‌باشد که می‌تواند بر روی محیط و سلامت انسان تأثیر نامطلوب بگذارد. روشهای معمول برای حذف این فلز از فاضلاب اغلب گران قیمت هستند و برای این امر نیاز به یک روش ارزان قیمت و در دسترس برای تصفیه پساب می‌باشد. هدف از انجام این تحقیق، میزان حذف سرب از محلولهای آبی با استفاده از پر شترمرغ اصلاح شده با پراکسید هیدروژن بود.

روش کار: این یک مطالعه توصیفی - کاربردی است که در آن از پر شترمرغ جهت حذف سرب از محلول های شبیه‌سازی شده استفاده گردید. پر شترمرغ با محلول پراکسید هیدروژن (۳۰٪w/v) و آب مقطر ۲ بار تقطیر شده به مدت ۱۸ ساعت پاکسازی و اصلاح شد. در این مطالعه تأثیر pH (۲ تا ۹)، دما (۲۰ تا ۴۰ °C)، زمان (۰/۵ تا ۱۲ ساعت)، مقدار جاذب (۰/۳ تا ۱ گرم) و غلظت سرب (۱۵-۱ mg/L) در سیستم بسته و با سه بار تکرار بررسی گردید. همچنین نتایج حاصل از آزمایشات بروی مدل‌های ایزوترمی فرونلیخ و لانگمیر مورد مطالعه قرار گرفت و از نرم‌افزار Excel برای تجزیه و تحلیل داده‌ها استفاده شد.

نتایج: نتایج نشان داد که حداکثر جذب سرب در پر اصلاح شده با H_2O_2 در pH ۵ در زمان ۸ ساعت، مقدار پر ۰/۷ g و دمای ۳۰ °C برای غلظتهای ۱ تا ۱۵ میلی‌گرم در لیتر بدست آمد. داده‌های جذب به طور رضایت‌بخشی با ایزوترمهای فرونلیخ و لانگمیر تبعیت داشتند.

نتیجه‌گیری: بنابراین بر اساس یافته‌های این مطالعه چنین می‌توان گفت که پر شترمرغ می‌تواند به عنوان یک گزینه مناسب و مؤثر با توجه با ارزان و در دسترس بودن آن برای کاهش میزان سرب از محلولهای آبی در مناطق آلوده کشور به کار رود.

کلیدواژه‌ها: جذب - پر - سرب

نویسنده مسئول:

هستی دارایی
گروه مهندسی بهداشت محیط دانشگاه
بهداشت دانشگاه علوم پزشکی البرز،
کرج - ایران
تلفن: ۹۸۹۱۶۳۶۱ ۱۸۳۹
پست الکترونیکی:
hasti.daraci@yahoo.com

دریافت مقاله: ۹۰/۹/۲۷ اصلاح نهایی: ۹۱/۳/۳۱ پذیرش مقاله: ۹۱/۴/۱۹

مقدمه:

تناسلی و حتی مرگ اشاره نمود. با توجه به خطرات سرب آژانس حفاظت از محیط زیست (USEPA) حداکثر غلظت مجاز سرب در فاضلاب و آب آشامیدنی را به ترتیب ۰/۱ mg/L و ۰/۰۱۵ mg/L اعلام نموده است (۶). تاکنون تکنیکهای زیادی مانند رسوبدهی، اکسیداسیون، فرآیندهای الکتروشیمیایی، اسمز معکوس، تبخیر، تعویض یونی و جذب برای حذف سرب و دیگر فلزات سنگین به کار گرفته شده‌اند (۷-۹). اکثر این روشها از نظر اقتصادی و اجرایی معایبی همچون بالا بودن هزینه‌های عملیاتی، حساسیت در برابر تغییر شرایط، مصرف انرژی قابل ملاحظه و تولید لجن دارا می‌باشند (۱۰،۱۱). حذف یونهای فلزی از

افزایش کاربرد فلزات سنگین در فعالیتهای صنعتی سبب ورود آنها در آبهای سطحی و زیرزمینی می‌شود (۱). به عنوان مثال سرب از جمله فلزات سمی بوده که در دسته آلاینده‌های اولویت‌دار طبقه‌بندی شده است (۲) و در نتیجه فعالیت‌های صنعتی همچون آبکاری فلزات، ساخت رنگ و پلاستیک، معدنکاری، فرآیند ذوب فلزات، پتروشیمی و باتری‌سازی وارد محیط می‌شوند. تخلیه این یون فلزی در محیط به دلیل خاصیت تجمع‌پذیری و سمیت برای ارگانهای زنده یک نگرانی عمده محسوب می‌شود (۳-۵). از دیگر اثرات سرب بر روی انسان می‌توان به آسیب به کلیه، کبد، مغز، قلب، آنمی، تشنج، دستگاه

منافذ 0.5 cm و 0.3 cm عبور داده شدند که در نهایت اندازه این مواد در محدود 0.3 cm بدست آمد. در مرحله بعد، جهت حذف مواد آلی موجود در پر، آنها با استفاده از محلول پراکسید هیدروژن $3\% \text{ w/v}$ به مدت ۱۸ ساعت تصفیه شدند. بعد از طی این زمان، پرها مجدداً چندین بار با استفاده از آب مقطر شسته شدند. سپس پرها با استفاده از آون در دمای 100°C به مدت ۱۲ ساعت خشک شدند. در نهایت جاذب بدست آمده تا زمان انجام آزمایش در دسیکاتور نگهداری شد (۲۰، ۲۱).

برای تهیه نمونه‌ها، تمامی آزمایشات در سیستم بسته و بر روی محلولهای سینتتیک انجام شدند و کلیه مراحل آزمایش مطابق کتاب استاندارد متد انجام گردید (۲۳). در شروع کار، جهت بدست آوردن مقادیر بهینه‌ای از پارامترهای دما، زمان، pH و مقدار جاذب کلیه آزمایشات با غلظت ثابتی از سرب (5 mg/L) انجام شدند. برای شروع آزمایش یک محلول استوک (1000 mg/L) از سرب با انحلال $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ در آب مقطر تهیه گردید و در مراحل بعدی آزمایش، برای ساخت استانداردها و غلظت‌های مورد نظر سرب از این محلول استوک ساخته شدند. محلولهای سرب در رنج ۱، ۵ و ۱۵ میلی‌گرم در لیتر آماده شدند. یک لرنزنده کنترلگر دما برای اختلا جاذب و محلول استفاده شد و سپس نمونه‌ها به انکوباتور شیکردار انتقال داده شدند. این آزمایش در رنجهای (۲-۹) pH دما ($20-30^\circ \text{C}$)، غلظت سرب ($1-15 \text{ mg/L}$)، مقدار جاذب (0.3 تا 1 گرم) و زمان تماس ($1-12 \text{ hr}$) انجام شد و جمعاً ۱۴۴ نمونه تهیه و تجزیه گردید، تمام آزمایشات با سه بار تکرار انجام شده و متوسط نتایج آن در مقاله ذکر شد. pH محلولها با استفاده از H_2SO_4 و NaOH تنظیم گردید. جاذب و محلولهای سرب مخلوط شدند و به آنها اجازه داده شد که در زمانهای گوناگون واکنش دهند. در نهایت نمونه‌ها از انکوباتور خارج و جاذب با استفاده از فیلتراسیون از محلولها جدا شدند و در نهایت غلظت سرب باقیمانده با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر UV-Vis در طول موج 520 nm و بر پایه متد $\text{PAR} (2, 4\text{-pyridile azo resorcinol})$ اندازه‌گیری شد. در نهایت از نرم‌افزار Excel برای تجزیه و تحلیل داده‌ها و تعیین راندمان حذف استفاده گردیده شد.

نتایج:

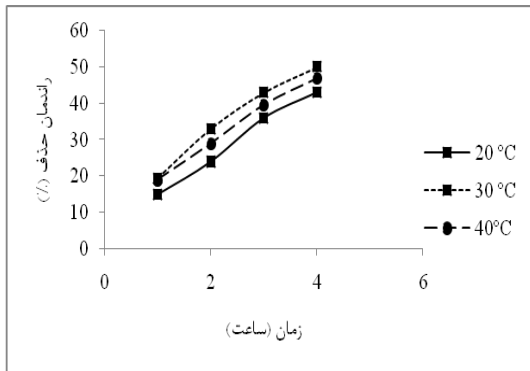
نتایج حاصل از این مطالعه در خصوص تأثیر pH دما، زمان، مقدار جاذب و غلظت اولیه در جذب سرب در نمودارهای

محلولهای آبی با فرآیند جذب زیستی یک نقش مهمی را در کنترل آلودگی آب ایفاء می‌کند (۱۲). در طول دهه‌های گذشته از مواد دورریز و طبیعی زیادی به عنوان جاذب برای حذف سرب استفاده شده است که از آنها می‌توان به تفاله انجیر، زائدات کارخانه زیتون سازی، پشم اصلاح شده، کتان، پوست فندق، شلتوک برنج، خاک اره، هسته میوه، خاکستر پر و تفاله نیشکر اشاره نمود (۱۶-۹). استفاده از این مواد جاذب به عنوان یک گزینه نسبتاً جدید، ارزان قیمت، محتمل و دوست‌دار محیط می‌تواند توجه زیادی را به خود جلب کند. هدف اصلی این تحقیقات، تشخیص یک ماده جاذب موثر و ارزان قیمت جهت حذف سرب از محلولهای آبی است. در این راستا تصمیم گرفته شد تا از دیگر مواد زائدی همچون پر ماکیان به عنوان یک جاذب استفاده گردد. در حقیقت، پر از جمله جاذب‌های طبیعی هستند که می‌توانند برای تصفیه آب بکار گرفته شوند و در مقادیر زیادی به عنوان یک ماده زائد در مرغداری‌ها و کشتارگاهها تولید می‌شوند. مطابق نتایج حاصل از تحقیقات قبلی، کاربرد پر ماکیان برای تصفیه فاضلابهای صنعتی و آب آشامیدنی یک روش بسیار اقتصادی می‌باشد. در این زمینه می‌توان به کاربرد پر مرغ در حذف فلزات سنگین، رنگ و ترکیبات آلی سمی اشاره نمود (۲۰-۱۷). بررسی‌ها نشان داده‌اند که پر شترمرغ نیز مانند سایر پر ماکیان جزء جاذبهای طبیعی هستند که می‌توانند برای تصفیه آب استفاده شوند (۲۱، ۲۲).

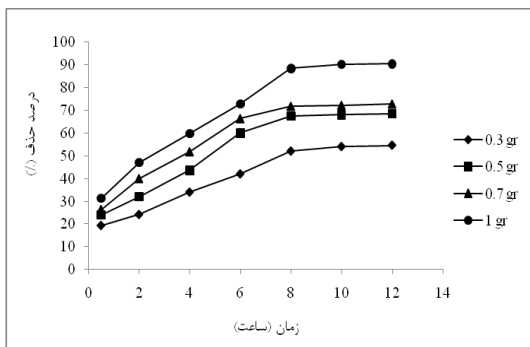
در حال حاضر در ایران حدود ۳۰۰۰ واحد پرورش شترمرغ وجود دارد که نشان‌دهنده رشد روزافزون پرورش شترمرغ و تولید مواد زائدی همچون پر آن می‌باشد و با در نظر گرفتن این نکته که پر شترمرغ به عنوان یک ماده ارزان قیمت، جدید، قابل دسترسی و با تولید روزافزون می‌باشد، لذا تحقیق حاضر با هدف بررسی امکان کاربرد پر شترمرغ به عنوان یک جاذب برای حذف فلزات سنگینی همچون سرب و مقایسه عملکرد و راندمان آن با پر ماکیان انجام شد.

روش کار:

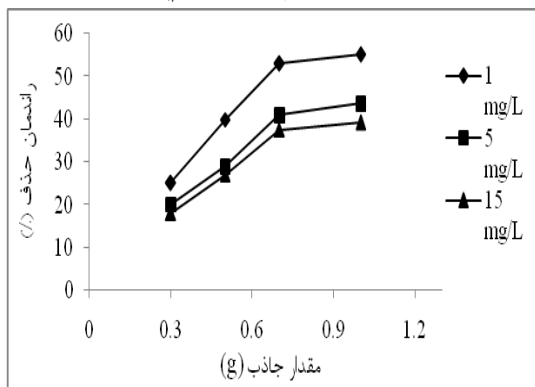
این تحقیق یک مطالعه توصیفی - کاربردی می‌باشد که بر روی نمونه‌های آبی آلوده به سرب انجام گردیده است. پرهای شترمرغ از محل پرورش شترمرغ جمع‌آوری شدند. این پرها چندین بار با مواد شوینده و آب مقطر شسته شدند و به مدت یک روز در زیر نور آفتاب خشک شدند. سپس پرهای خشک شده خورد شدند و جهت تعیین اندازه مناسب، از الک‌هایی با سلیر



نمودار شماره ۲- تأثیر دما بر میزان جذب سرب بر روی پر (زمان: ۲ تا ۸ ساعت؛ pH = ۵؛ غلظت سرب: ۵ میلی گرم بر لیتر؛ مقدار جاذب ۰/۵ گرم)



نمودار شماره ۳- تأثیر زمان تماس بر میزان جذب سرب بر روی پر (pH = ۵؛ دما: ۳۰ درجه؛ غلظت سرب: ۵ میلی گرم بر لیتر؛ مقدار جاذب ۰/۳ تا ۱ گرم)



نمودار شماره ۴- تأثیر مقدار ماده جاذب بر میزان جذب سرب بر روی پر (زمان: ۸ ساعت؛ pH = ۵؛ دما: ۳۰ درجه؛ غلظت سرب: ۵ میلی گرم بر لیتر)

۱ تا ۵ نشان داده شده است. همچنین جهت تعیین حداکثر مقدار جذب و تعیین شرایط بهینه برای جذب مطلوب از ایزوترم‌های فروندلیش و لانگمیر استفاده گردید. نتایج حاصل از ایزوترم‌های جذب فروندلیش و لانگمیر برای جاذب مورد استفاده به ترتیب در نمودارهای ۶ و ۷ نمایش داده شده است. همچنین پارامترهای اصلی و ضرایب رگرسیون مدل‌های فروندلیش و لانگمیر در جدول شماره ۱ ارائه شده است.

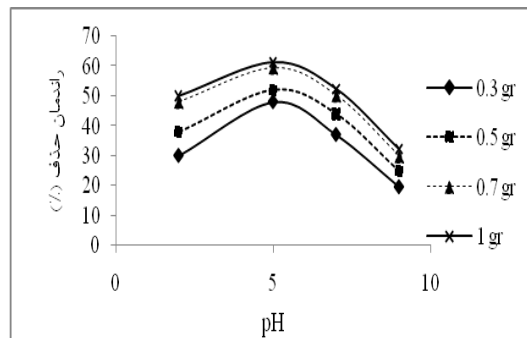
معادلات فوق از فرمولهای زیر بدست می آید (۲۴):

$$\ln q_e = \ln K_f + \frac{1}{n} \ln C_e$$

$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{Q^\infty b} + \frac{C_e}{Q^\infty}$$

$$\frac{C}{(C_s - C)q_e} = \frac{1}{BQ^\infty} + \left(\frac{B-1}{BQ^\infty}\right) \left(\frac{C}{C_s}\right)$$

که در آن q_e مقدار ماده حل شده بر واحد وزن جاذب، C_e غلظت در فاز مایع، Q^∞ غلظت در فاز جامد، $\frac{1}{n}$ شدت جذب، b ثابت تعادل، C_s غلظت اشباع ماده محلول، C غلظت ماده محلول در شرایط تعادل، در فرایند جذب می باشد. مقدار K_f می تواند به عنوان یک مقدار از توانایی جذب، استفاده شود (۲۵).



نمودار شماره ۱- تأثیر pH بر میزان جذب سرب بر روی پر (زمان: ۸ ساعت؛ دما: ۳۰ درجه؛ غلظت سرب: ۵ میلی گرم بر لیتر؛ مقدار جاذب: ۰/۵ گرم)

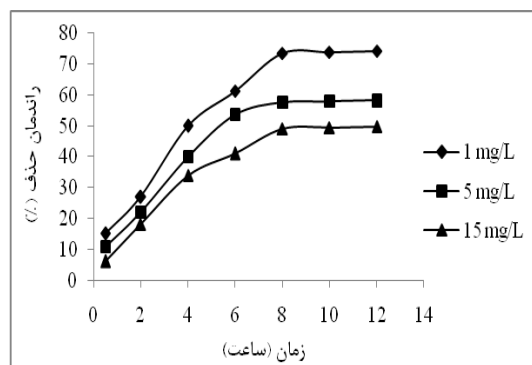
جدول شماره ۱- پارامترهای مدل ایزوترم جذب فروندلیچ و لانگمیر

مدل لانگمیر			مدل فروندلیش			نوع ایزوترم
R ²	b	Q ⁰	R ²	n	K	
۰/۹۴۸	۲۵	۰/۲۵۸	۰/۹۷۷	۰/۸۱۱	۳/۹۷۵	پر شترمرغ

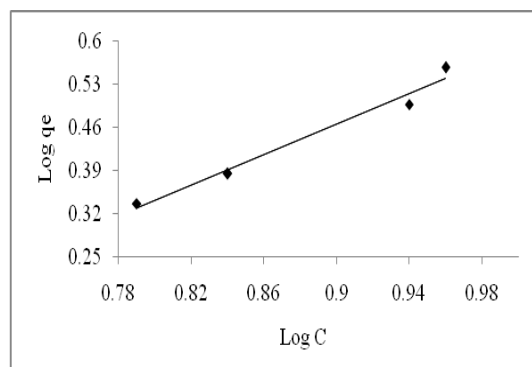
بحث و نتیجه‌گیری:

تأثیر pH حذف سرب از محلولهای آبی به شدت تحت تأثیر pH محلول بوده و نتایج موجود در نمودار شماره ۱ این موضوع را ثابت می‌نماید. مطابق نتایج، با افزایش pH از ۲ به ۵ راندمان حذف سرب افزایش می‌یابد و با افزایش بیشتر pH تا ۹ راندمان کاهش می‌یابد. مطابق نتایج این چنین می‌توان استنباط کرد که تغییر در pH ممکن است باعث یونیزاسیون محلهای فعال موجود در جذب شده و بنابراین عملکرد حذف مناسبتر می‌شود (۲۶). همچنین در مقادیر pH پایین‌تر، بین یون‌های مثبت هیدروژن و یون فلزی برای اتصال به سطح جذب رقابت بوجود می‌آید. در نتیجه میزان حذف فلز در pH پایین‌تر از ۵ کم است. اما با افزایش pH به بیش از ۵ یونهای فلزی به صورت هیدروکسید رسوب کرده و در نتیجه میزان یونهای فلزی در محلول کاهش یافته و میزان جذب کم می‌شود (۹، ۱۵، ۲۴). نتایج برخی از مطالعات صورت گرفته بر روی جذب زیستی فلزات سنگین توسط جاذبهای طبیعی، نشان دهنده نقش غالب تعویض یون در فرآیند بیوجذب در نتیجه فرآیند یونیزاسون می‌باشد (۲۷، ۲۸).

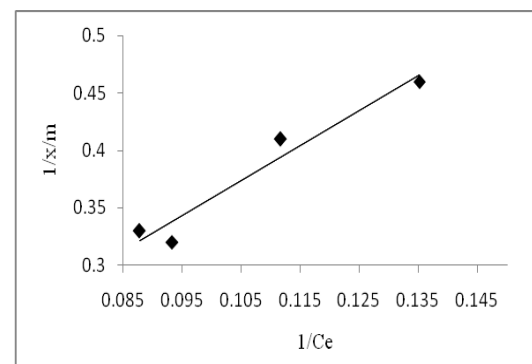
تأثیر دما: نتایج نشان داد که با افزایش دما تا ۳۰°C مقدار جذب افزایش می‌یابد و با افزایش بیشتر دما تا ۴۰°C راندمان فرآیند کاهش می‌یابد. با افزایش دما تا ۳۰°C، تعداد برخوردهای بین ذرات و سطح جذب زیاد شده و میزان جذب زیاد می‌شود. همچنین این افزایش راندمان در نتیجه افزایش دما می‌تواند در نتیجه انبساط پر و محلهای فعال بیشتر برای حذف فلزات باشد (۲۶، ۲۷). دمای بالاتر از ۳۰ درجه سانتی‌گراد باعث تغییر در بافت پر شده و بنابراین باعث کاهش توانایی جذب سرب می‌شود (۱۸). همچنین افزایش بیشتر دما باعث افزایش تحرک و جنب و جوش فلز شده و در نتیجه، این امر یک اثر عکس در توانایی یونهای فلز در جهت واکنش با محلهای فعال جذب می‌نارد (۲۸). در این زمینه می‌توان به جذب زیستی سرب توسط دلا روسا اشاره نمود (۲۵).



نمودار شماره ۵- تأثیر غلظت اولیه سرب بر میزان جذب بر روی پر شترمرغ در شرایط پهنه (pH = ۵) دما: ۳۰°C؛ مقدار جاذب: ۰/۷ گرم؛ زمان از ۰/۵ تا ۱۲ ساعت



نمودار شماره ۶- ایزوترم خطی جذب فروندلیش برای جذب سرب توسط پر شترمرغ در دمای ۳۰°C



نمودار شماره ۷- ایزوترم خطی جذب لانگمیر برای جذب سرب توسط پر شترمرغ در دمای ۳۰°C

مقاومت در برابر جذب سرب در نتیجه افزایش نیروی انتقال جرم، کاهش پیدا می‌کند. به عبارت دیگر، در غلظت اولیه بالاتر، نیروی رانش قابل توجه‌ای ایجاد می‌شود که بر مقاومت انتقال جرم غلبه کرده و باعث افزایش اثر متقابل بین جاذب و سرب می‌شود (۳۱۹،۳۵). در این زمینه می‌توان به جذب زیستی سرب با استفاده قارچها، ساقه نی و باقیمانده گل رز اشاره نمود (۳۸-۳۶).

ایزوترمها: عمده‌ترین پارامترهای طراحی فرآیند جذب ایزوترم‌های تعادلی می‌باشند که در آن حالت مقدار جذب ماده جذب شونده بر روی جاذب به حالت تعادل می‌رسد.

ایزوترم‌های جذب، روابط و معادلات ریاضی تهیه شده برای تشریح حالت تعادل جز جذب شونده بین فاز جامد و سیال می‌باشد. در مطالعات مربوط به جذب آلاینده‌ها بر روی جاذبهای مختلف تعیین ایزوترم جذب و ظرفیت جذب مورد استفاده از مهمترین مشخصه‌هایی است که باید مورد توجه قرار گیرد. نتایج مربوط به ایزوترمهای فروندلیش، لانگمیر و BET در شکلهای ۶ و ۷ و ۸ نشان داده شده است و مقادیر مربوط به ضریب رگرسیون نیز در جدول شماره ۱ آورده شده است. نتایج نشان داد که جذب سرب در پر از هر سه ایزوترم تبعیت می‌کند ولی با توجه به اختلاف ناچیزی که در ضریب تعیین (R2) بدست آمد، مشخص شد که میزان جذب تابعیت بیشتری با ایزوترم فروندلیش دارد. این ممکن است به این دلیل باشد که مدل فروندلیش به صورت فیزیکی توصیف قابل اعتمادتری جهت جذب آلاینده‌ها بر روی مواد آلی ارائه می‌کند که این موضوع می‌تواند به دلیل حضور باندهای جذبی مختلف بر روی مواد آلی باشد (۱۹).

در این مطالعه توانایی حذف سرب از محلولهای آبی با استفاده از یک جاذب کم هزینه مانند پر اثبات شد. در طول فرآیند مورد تحقیق پارامترهای گوناگونی همچون pH، دما، زمان تماس، مقدار جاذب و غلظت سرب مورد بررسی قرار گرفت. آزمایشات در شرایط بسته به طور واضح نشان داد که پرها بیشترین میزان جذب را در غلظتهای پایین دارند. حداکثر جذب سرب در دمای ۳۰°C و pH ۵ بدست آمد. در مجموع این مطالعه نشان داد که جذب فلز با افزایش pH در محدوده اسیدی افزایش یافت. در نهایت به عنوان یک نتیجه‌گیری کلی می‌توان ذکر کرد که این زائده ناشی از پرورش می‌تواند به عنوان یک جاذب کم هزینه و در دسترس برای حذف سرب از پسابهای آلوده استفاده شوند.

تأثیر زمان: تأثیر زمان تماس و غلظت اولیه سرب بر روی کارایی حذف فرآیند در شکل شماره ۳ نشان داده شده است. نتایج حاصله نشان داد که با افزایش زمان واکنش کارایی حذف سرب افزایش می‌یابد. همچنین نتایج نشان داد که زمان تماس ۸ ساعت برای دستیابی به تعادل کافی است و با افزایش بیشتر در زمان تماس، تغییر عمده‌ای در جذب مشاهده نمی‌شود. بنابراین مشخص گردید که افزایش مقدار جاذب و همچنین زمان تماس باعث افزایش کارایی فرآیند می‌گردد. میزان جذب بالاتر در زمانهای اول ممکن است در نتیجه افزایش تعداد محلهای خالی در جاذب موجود در مراحل اولیه می‌باشد همچنین گرادیان غلظت بین ماده جذب شده در محلول و ماده جذب شده در سطح جاذب افزایش می‌یابد. با گذشت زمان و در زمانهای بالاتر گرادیان غلظت در نتیجه تجمع ذرات سرب در مکانهای خالی کاهش می‌یابد (۱۲،۲۹،۳۰). نتایج حاصل از تحقیقاتی که توسط هون و ویلار بر روی حذف سرب با بیوجذب انجام گردیدند، نتایج حاصل از تأثیر زمان بر کارایی حذف سرب را در این فرآیند اثبات می‌نماید (۳۱،۳۲). تأثیر مقدار جاذب: مطابق نتایج بدست آمده از نمودار شماره ۴ مشاهده می‌شود که با افزایش مقدار جاذب غلظت سرب در محلول کاهش یافته و راندمان حذف بالا می‌رود. این افزایش در راندمان می‌تواند در نتیجه در دسترس بودن سطح بیشتری از جاذب با گروههای فعال آلاینده در مقدار پر بالاتر باشد. به عبارت دیگر با افزایش مقدار جاذب، محلهای جذب برای سرب افزایش می‌یابد (۲۶،۳۴). همچنین مشاهده می‌گردد که با افزایش بیشتر در مقدار جاذب، میزان حذف روند تقریباً ثابتی پیدا می‌کند و این ممکن است در نتیجه کاهش مقدار غلظت سرب در مقدار پر بیشتر از ۰/۷ گرم باشد (۳۲،۳۳). نتایج مشابهی در این خصوص برای جذب سرب بر روی جاذبهای زیستی توسط تونالی و همکارانش ارائه شده است (۳۴).

تأثیر غلظت اولیه: اثر تغییرات غلظت اولیه سرب بر کارایی حذف آن در مقادیر بهینه پارامترهای مؤثر در حذف سرب (۵ = pH زمان ۸ ساعت، دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد و مقدار ۰/۷ گرم جاذب) در شکل شماره ۵ نشان داده شده است. نتایج نشان می‌دهد که با افزایش غلظت اولیه سرب کارایی حذف آن کاهش می‌یابد. بر اساس این شکل مشخص گردید که با افزایش غلظت سرب از ۱ به ۱۵ میلی‌گرم بر لیتر کارایی حذف آن از ۸۰٪ به ۵۶٪ کاهش می‌یابد. این کاهش در راندمان می‌تواند به این دلیل باشد که

References

منابع

1. Oboh I, Aluyor E, Audu T. Biosorption of Heavy Metal Ions from Aqueous Solutions Using a Biomaterial. *Leonardo Journal of Sciences*. 2009;14:58-65.
2. Villaescusa I, Martinez M, Miralles N. Heavy metal uptake from aqueous solution by cork and yohimbe bark wastes. *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*. 2000;75:812-816.
3. Verwilghen C, Guilet R, Deydier E, Menu MJ, Dartiguenave Y. Lead and Cadmium uptake by sulphur-containing modified silica gels. *Environ Chem Lett*. 2004;2:15-19.
4. Gong R, Ding Y, Liu H, Chen Q, Liu Z. Lead biosorption and desorption by intact and pretreated *Spirulina maxima* biomass. *Chemosphere*. 2005;58:125-130.
5. Machida M, Kikuchi Y, Aikawa M, Tatsumoto H. Kinetics of adsorption and desorption of Pb (II) in aqueous solution on activated carbon by two-site adsorption model. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical Eng Aspects*. 2004;240:179-186.
6. Volesky B. Detoxification of metal-bearing effluents: biosorption for the next century. *Hydrometallurgy*. 2001;59:203-216.
7. Lv L, Peng M, Su F, Zhao XS. Competitive adsorption of Pb²⁺, Cu²⁺, and Cd²⁺ ions on microporous titanosilicate ETS-10. *Journal of Colloid and Interface Science*. 2005;287:178-184.
8. Goel J, Kadirvelu K, Rajagopal C, Garg VK. Removal of lead (II) from aqueous solution by adsorption on carbon aerogel using a response surface methodological approach. *Industrial Engineering Chemistry Research*. 2005;44:1987-1994.
9. Bahadir T, Bakang G, Altas L, Buyukgungor H. The investigation of lead removal by sorption: an application at storage battery industry wastewater. *Enzyme and Microbial Technology*. 2007; 41: 98-102.
10. Babel S, Kurniawan T. Low-cost adsorbents for heavy metals uptake from contaminated water: a review. *J Hazard Mater*. 2003;97:219-243.
11. De la Rosa G, Gardea Torresdey JL, Peralta-Videa JR, Herrera I, Contreras C use of silica-immobilized humin for heavy metal removal from aqueous solution under flow conditions. *Bioresour Technol*. 2003;90:11-17.
12. Dávila-Jiménez MM, Elizalde-González MP, Geyer W, Mattusch J, Wennrich R. Adsorption of metal cations from aqueous solution onto a natural and a model biocomposite. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*. 2003;209:243-252.
13. Fiol N, Villaescusa I, Martínez M, Miralles N, Poch J, Serarols J. Sorption of Pb (II), Ni (II), Cu (II) and Cd (II) from aqueous solution by olive stone waste. *Separation and Purification Technology*. 2006;50:132-140.
14. Doyurum S, Celik A. Pb (II) and Cd (II) removal from aqueous solutions by olive cake. *J Hazard Mater*. 2006;138:22-28.
15. Sun QY, Lu P, Yang LZ. The adsorption of lead and copper from aqueous solution on modified peat-resin particles. *Environmental Geochemistry and Health*. 2004;26:311-317.
16. Senthilkumar R, Vijayaraghavan K, Thilakavathi MP, Iyer R, Velan M. Application of seaweeds for the removal of lead from aqueous solution. *Biochemical Engineering Journal*. 2007;33:211-216.
17. Sayed SA, Saleh SM, Hasan EE. Removal of some polluting metals from industrial water using chicken feathers. *Desalination*. 2005;181:243-255.
18. Coward-Kelly G, Chang V, Agbogbo F, Holtzapple M. Lime treatment of keratinous materials for the generation of highly digestible animal feed: *Chicken feathers Bioresource Technology*. 2006;97:1337-1343.
19. Gupta V, Mittal A, Kurup L, Mittal J. Adsorption of a hazardous dye, erythrosine, over hen feathers. *Journal of Colloid and Interface Science*. 2006;304:52-57.

20. Mittal A. Adsorption kinetics of removal of a toxic dye, Malachite Green, from wastewater by using hen feathers. *J Hazard Mater.* 2006;133:196-202.
21. 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.
22. Manshouri M, Daraei H, Yazdanbakhsh AR. A feasible study on the application of raw ostrich feather, feather treated with H₂O₂ and feather ash for removal of phenol from aqueous solution. *Desalination and Water Treatment.* 2012;41:179-185.
23. Greenberg AE. Standard methods for the examination of water and wastewater. 19th ed. Washington DC: American Public Health Association Press; 1995.
24. Jadhav DN, Vanjara AK. Removal of phenol from wastewater using sawdust, polymerized sawdust and sawdust carbon. *Indian Journal of Chemical Technology.* 2004;11:35-41.
25. Ayar A, Gürsal S, Gürten A, Gezici O. On the removal of some phenolic compounds from aqueous solutions by using a sporopollenin-based ligand-exchange fixed bed - Isotherm analysis. *Desalination.* 2008;219:160-170.
26. Kar P, Misra M. Use of keratin fiber for separation of heavy metals from water. *Journal of Chemical Technology and Biotechnology.* 2004;79:1313-1319.
27. De la Rosa G, Reynel-Avila HE, Bonilla A, Cano-Rodriguez Z, Velasco Santos C, Martinez AL. Recycling Poultry Feathers for Pb Removal from Wastewater: Kinetic and Equilibrium Studies. *World Academy of Science, Engineering and Technology.* 2008;47:394-402.
28. Ahuja P, Gupta R, Saxena RK. Zn²⁺ biosorption by *Oscillatoria angustissima*. *Process Biochemistry.* 1999;34:77-85.
29. Diniz V, Volesky B. Biosorption of La, Eu and Yb using *Sargassum* biomass. *Water Res.* 2005;39:239-247.
30. Qaiser S, Saleemi AR, Umar M. Biosorption of lead (II) and chromium (VI) on groundnut hull: Equilibrium, kinetics and thermodynamics study. *Electronic Journal of Biotechnology.* 2009;12:1-17.
31. Uddin MT, Islam MS, Abedin MZ. Adsorption of phenol from aqueous solution by water hyacinth ash. *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences.* 2007;2:11-17.
32. Uzun H, Bayhan YK, Kaya Y, Cakici A, Algur OF. Biosorption of lead (II) from aqueous solution by cone biomass of *Pinus sylvestris*. *Desalination.* 2003;154:233-238.
33. Vilar VJP, Botelho CMS, Boaventura AR. Kinetics and equilibrium modelling of lead uptake by algae *Gelidium* and algal waste from agar extraction industry. *J Hazard Mater.* 2007;143:396-408.
34. Mishra S, Bhattacharya J. Batch studies on phenol removal using leaf activated carbon. *Malay J Chem.* 2007;9:1-15.
35. Wang Sg Gong WX, Liu XW, Gao BY, Yue QY, Zhang DH. Removal of fulvic acids from aqueous solution via surfactant modified zeolite. *Clinical Research in Chinese Universities.* 2006;22:566-570.
36. Yan G, Viraraghavan T. Heavy-metal removal from aqueous solution by fungus *Mucor rouxii*. *Wat Res.* 2003;37:4486-4496.
37. Nasir MH, Nadeem R, Akhtar K, Hanif MA, Khalid AM. Efficacy of modified distillation sludge of rose (*Rosa centifolia*) petals for lead (II) and zinc (II) removal from aqueous solutions. *J Hazard Mater.* 2007;147:1006-1014.
38. Southichak B, Nakano K, Nomur M, Chiba N, Nishimura O. Pb (II) biosorption on reed biosorbent derived from wetland: Effect of pretreatment on functional groups. *Wat Sci Technol.* 2006;54:133-141.