

بررسی قابلیت حذف یون های کادمیم از محلول های آبی توسط خاکستر برگ درخت نخل

ملیحه امینی^{۱*}

Amini.malihe@gmail.com

محمدعلی ضیائی مدبونی^۲

آرزو شریفی^۳

تاریخ پذیرش: ۹۴/۱۱/۲۵

تاریخ دریافت: ۹۴/۰۷/۲۶

چکیده

زمینه و هدف: برگ نخل یکی از پسماندهای کشاورزی است که سالانه در حجم وسیعی در کشور تولید می شود. در این مطالعه قابلیت خاکستر برگ نخل به عنوان یک ماده جاذب ارزان قیمت جهت حذف یون های Cadmium (II) از محلول های آبی مورد بررسی قرار گرفت.

روش بررسی: متغیرها شامل pH (۲-۷)، غلظت یون های فلزی در محلول (۵۰-۳۵۰ mg/l) و مقدار جاذب (۱۴ g/l - ۰/۱) در سیستم جذب ناپیوسته بودند.

یافته ها: pH بهینه برای حذف یون های Cd(II)، ۴ به دست آمد. بررسی متغیر میزان جاذب در این مطالعه نشان داد که با افزایش مقدار جاذب از ۰/۱ تا ۱۱ g/l میزان جذب افزایش و پس از آن تا ۱۴ g/l که حد بالای متغیر مورد نظر است، تقریباً ثابت شود. هم چنین کارایی جذب در مدت ۶۰ دقیقه در غلظت ۱۰۰ mg/l بیش ترین مقدار بود.

بحث و نتیجه گیری: با توجه به نتایج، در نهایت جذب بهینه در شرایط pH ۴، میزان جاذب ۱۱ g/l و غلظت یون های کادمیم ۱۰۰ mg/l برابر ۹۲/۳۶٪ به دست آمد. جمع بندی نتایج این مطالعه نشان داد که خاکستر برگ نخل دارای پتانسیل بسیار خوبی جهت حذف یون های سمی فلزات سنگین از قبیل کادمیم از محلول های آبی می باشد.

واژه های کلیدی: آلودگی، خاکستر، جذب، کادمیم، سیستم ناپیوسته.

۱- استادیار گروه محیط زیست، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه جیرفت، جیرفت، ایران. * (مسئول مکاتبات)
۲- دانش آموخته دکتری گروه حشره شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولی عصر رفسنجان، رفسنجان، ایران.
۳- دانش آموخته دکتری گروه خاک شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولی عصر رفسنجان، رفسنجان، ایران.

Investigating the Potential of Cadmium Ions Removal from Aqueous Solutions using Date-palm Leaf Ash

Malihe Amini ^{1*}

Amini.malihe@gmail.com

Mohammad Ali Ziaei Madbouni ²

Arezoo Sharifi ³

Admission Date: October 18, 2015

Data Received: February 14, 2016

Abstract

Background and Objective: Annually large amount of date-palm leafs are produced as waste products of agriculture are produced in Iran. In this study, the potential of date-palm leaf ashes as an inexpensive adsorbent for Cd (II) removal from aqueous solutions has been used was investigated.

Method: The studied variables were as pH (2-7), Cd (II) ion concentrations (50 – 350 mg/l), and adsorbent dose (0.1 – 14 g/l) in batch systems.

Findings: The optimum pH for the removal of Cd (II) ions was equal to 4. Experiments for investigate of the effect of adsorbent dose showed that the removal efficiency increased with the increasing increase of adsorbent dose from 0.1 to 11 g/l the removal efficiency increased and after that after that the, removal efficiency was stabled with the increasing increase of adsorbent dose, removal efficiency was stabled. The removal efficiency reached the highest value at 60 minutes in 100 mg/l Cd(II) concentration was highest value.

Discussion and Conclusion: According to the results, optimum conditions for desirable Cd(II) removal efficiency of 92.36% was obtained Cd(II) in pH 4, adsorbent dose of 11 g/l and Cd(II) ions concentration of 100 mg/l. was obtained 92.36%. This study concluded indicated that, date-palm leaf ashes, have a good potential, as an adsorbent, to remove the toxic heavy metals like including cadmium from aqueous solutions.

Keywords: Pollution, Ash, Adsorption, Cadmium, Batch systems.

1- Assistant Professor of Environment Department, Faculty of Natural Resources, University of Jiroft, Jiroft, Iran.

* (Corresponding Author)

2- PhD Graduated of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Vali-e-Asr University of Rafsanjan, Rafsanjan, Iran.

3- PhD Graduated of Soil sciences, Faculty of Agriculture, Vali-e-Asr University of Rafsanjan, Rafsanjan, Iran.

مقدمه

خشک و دم برگ‌ها و هم چنین جداسازی الیاف درخت می باشد. در هر درخت خرما بر حسب رقم و شرایط زراعی در طول سال حدود ۱۵ تا ۲۵ برگ خشک می شود که هر کدام به طور متوسط ۱/۵ تا ۲/۵ کیلوگرم وزن دارد. تعمیم این مقدار بقایای گیاهی به چند میلیون اصله نخل موجود در کشور رقم بزرگی بوده که مدیریت بهره وری و ضرورت انجام تحقیقاتی در زمینه استفاده بهینه از این منبع طبیعی را می طلبد (۱۰). استان کرمان خصوصا منطقه جنوب کرمان با بیش از ۳۹ هزار هکتار نخیلات و تولید سالانه ۲۲۶ هزار تن محصول انواع واریته‌های خرما توانسته است مقام چهارم سطح زیر کشت و مقام اول تولید خرماي کشور را به خود اختصاص دهد. یکی از کاربردهای پسماندهای گیاهی استفاده به عنوان منبع انرژی و هم چنین استفاده از خاکستر به جامانده به عنوان جاذب می باشد.

بنابراین هدف از تحقیق حاضر، استفاده از خاکستر برگ درخت نخل برای تعیین توانایی اش در جذب کادمیم از محیط های آبی بوده است. اثر تغییرات pH، غلظت جاذب و غلظت اولیه فلز مورد نظر در محلول بر توانایی جذب موثر یون های فلزی به وسیله خاکستر بررسی شدند و پس از آن شرایط مطلوب برای بازیافت یون های فلزی تعیین گردیدند.

روش بررسی

۱- تهیه جاذب

در تحقیق حاضر برگ درخت نخل از حوزه شهر ستان جیرفت جمع آوری و پس از شسته شو به منظور رفع گرد و غبار و مواد جامد با آب و سپس با آب مقطر در آون به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۶۰ درجه قرار داده شد تا کاملا خشک گردد. در ادامه برگ های خرد شده در داخل بوته های چینی در دمای ۵۰۰ درجه سانتی گراد به مدت ۳ ساعت کاملا سوزانده و خاکستر شدند. پس از گذشت این مدت، نمونه ها کاملا خرد و آسیاب گردید. سپس خاکستر از الک mesh ۱۰۰ عبور داده شد تا پودری کاملا همگن و بسیار ریز و سطح جذب بالا به دست آید (۱۱).

فلزات سنگین حداقل پنج برابر سنگین تر از آب، عناصری با پایداری بالا با توانایی تجمع زیستی در زنجیره غذایی هستند. این فلزات وظیفه ای در بدن ندارند و بنابراین ایجاد سمیت می نمایند. به علت توسعه فعالیت های صنعتی، افزایش مقدار فلزات سنگین در جریان های رودخانه ای به وجود آمده و باعث تولید مقادیر بالای کادمیم، جیوه، نیکل و سرب شده است که روی سمیت آب اثر زیادی دارند (۱) و تهدیدی جدی برای حیوانات و انسان محسوب می شوند (۲). فلزات سنگین حتی در غلظت های کم سمی، سرطانزا یا جهشزا هستند و بنابراین یک مشکل مهم و مورد توجه جامعه جهانی می باشند (۳). کادمیم جزو سمی ترین فلزات است هم چنین دارای حلالیت بالا در آب می باشد. این فلز باعث پوکی استخوان، عدم کارایی ریه و صدمه به کبد در انسان می باشد (۴). فاضلاب صنایع آب کاری، گداختن فلز، ساخت پلاستیک، رنگ سازی، باتری سازی، کودسازی، معدن کاری و تصفیه فلزات حاوی کادمیم است. بنابراین نیاز به استفاده از روش های موثر کاهش آلودگی فلزات وجود دارد. بهترین راه حل جلوگیری از ورود فلزات سنگین به اکوسیستم، استفاده از روش های دوست دار طبیعت و بدون ایجاد صدمه به محیط زیست برای جمع آوری و رفع مشکل آلودگی فلزات سنگین و تباهی منابع آبی می باشد (۵-۶). تعدادی از پسماندهای گیاهی در کشاورزی و باغبانی که در سال های اخیر به عنوان جاذب فلزات سنگین استفاده شده اند شامل برگ، ساقه و پوست درختان و یا خاکستر آنها می باشد (۷-۸). جذب فلزات به وسیله جاذب با سرعت خیلی بالا (چندین دقیقه) قابل انجام است. سودمندی های جذب سطحی برای بازیافت یون های فلزات سنگین شامل صرفه اقتصادی، دسترسی آسان و ظرفیت جذب بالا به علت سطح تماس زیاد می باشد (۹).

در ایران خرما از جمله محصولات مهم کشاورزی بوده و درخت خرما گیاهی همیشه سبز می باشد و بعد از ۳ تا ۷ سال برگ های مسن آن خشکیده می شوند و باید از درخت حذف و هرس شوند. هر ساله ضایعات و بقایای گیاهی زیادی در سطح نخلستان ها تولید می شوند که ناشی از عملیات حذف برگ های

۲- تهیه محلول فلز سنگین

نمک مورد استفاده نیترات کادمیم ($\text{CdN}_2\text{O}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$) بود. برای ساخت محلول ۱۰۰۰ ppm کادمیم مقدار ۳/۲۴۲ گرم نمک نیتراته کادمیم در آب مقطر حل شد و سپس در بالن ژوژه به حجم ۱۰۰۰ ml رسانده شد. سپس غلظت‌های پایین‌تر با توجه به محدوده آزمایشات تهیه گردید. حجم محلول‌های تهیه شده برای انجام آزمایشات ۱۰۰ ml بود و در داخل ارلن های ۲۵۰ ml قرار می‌گرفت. هر کدام از محلول‌ها دارای pH مشخصی بودند که تنظیم آن با NaOH یک مولار و H_2SO_4 یک مولار صورت پذیرفت (۶).

۳- انجام آزمایشات جذب بیولوژیک

پس از تهیه محلول‌های حاوی فلز کادمیم در سیستم‌های ناپیوسته با سرعت ۲۰۰ rpm شروع به چرخش نمود. مقدار مشخصی خاکستر در زمان صفر داخل ارلن ریخته و نمونه‌گیری از هر ارلن در زمان‌های ۲، ۵، ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰، ۵۰ و ۶۰ دقیقه با سرنگ انجام گرفت. سپس با فیلتر سرنگی $0.45 \mu\text{m}$ محلول حاوی فلز برای اندازه‌گیری غلظت فلز استفاده شد (۱۲).

۴- محدوده متغیرها و مراحل انجام آزمایشات

متغیرهای مورد بررسی در این تحقیق pH، مقدار جذب و غلظت یون‌های فلز کادمیم در محلول‌های آبی بودند. در مرحله اول متغیر pH در محدوده ۷-۲ بررسی شد. در هر آزمایش بررسی یکی از pH های ۲، ۳، ۴، ۵، ۶ و ۷ صورت گرفت. مقدار محلول هر آزمایش ۱۰۰ ml در داخل ارلن ۲۵۰ ml ریخته و pH آن با استفاده از سود و اسید سولفوریک یک نرمال به حد مورد نظر رسانده شد. در زمان صفر مقدار 2g/l از پودر خاکستر در محلول‌های فلزی 100mg/l ریخته شد و با گذشت زمان نمونه‌گیری انجام گرفت. در این مرحله بالاترین درصد حذف یون‌های کادمیم در محلول‌های آبی بررسی شد تا بهترین pH برای ادامه آزمایشات مشخص گردد. نتایج، بالاترین درصد حذف را از بین آزمایشات انجام شده در pH ۴ نشان داد (۲۱/۷۲). بنابراین در ادامه آزمایشات این متغیر ثابت نگه داشته می‌شود و متغیر بعدی برای دست‌یابی به مقدار بهینه تغییر می‌یابد. علت خیلی بالا نبودن درصد حذف، عدم بهینه‌سازی بقیه متغیرها

می‌باشد و باید در نهایت در پایان آزمایشات به درصد حذف مطلوبی دست‌یابیم (۱۳). در مرحله دوم مقدار جاذب بیولوژیکی استفاده شده از 0.1g/l تا 14g/l تغییر داده شد تا در نهایت به حد مطلوبی از درصد حذف دست‌یافته شد. آزمایشات تغییر مقدار جاذب شامل 0.1 ، 0.3 ، 0.5 ، 1 ، 1.5 ، 2 ، 3 ، 4 ، 5 ، 6 ، 7 ، 8 ، 9 ، 10 ، 11 ، 12 ، 13 و 14 انجام گردید. علت محدوده زیاد تغییرات این عامل، دست‌یابی به درصد حذف مطلوب بود و در نهایت مقدار جاذب 11g/l با درصد حذف $93/35\%$ برای مراحل بعدی آزمایشات ثابت در نظر گرفته شد (۱۳). در مرحله سوم مقدار غلظت یون‌های فلز کادمیم در محلول در محدوده $50-350 \text{mg/l}$ و با مقادیر 50 ، 100 ، 150 ، 200 ، 250 ، 300 و 350 میلی‌گرم بر لیتر تغییر داده شد. درصد حذف بهینه در مقدار غلظت کادمیم 100mg/l در حد $92/36\%$ به دست آمد (۱۳). آزمایشات در هر مرحله در سه تکرار انجام شده و مقادیر میانگین به عنوان نتیجه برای انجام مراحل بعدی آزمایشات در نظر گرفته شدند. با توجه به این که آزمایشات بهینه‌سازی متغیرها برای دست‌یابی به بالاترین درصد حذف یون‌های فلزی انجام گردیدند، بنابراین با بهینه شدن هر متغیر، در مراحل بعدی ثابت در نظر گرفته شدند (۱۴).

۵- آنالیز داده‌ها

دستگاه اسپکترومتر جذب اتمی (Perkin Elmer) برای اندازه‌گیری غلظت فلزات سنگین در محلول‌ها استفاده گردید. در ابتدا اطلاعات مربوط به غلظت‌های استاندارد برای رسم منحنی کالیبراسیون به دستگاه داده شد. سپس میزان جذب و مقدار یون‌های فلزی موجود در نمونه‌ها به دست آمد. داده‌های به دست آمده برای هر آزمایش در نرم افزار Excel وارد شدند و منحنی درصد تغییرات حذف فلز (R) از محلول مورد نظر با گذشت زمان به دست آمد. محاسبه مقدار R برای داده‌ها با توجه به فرمول (۱-۲) انجام شد (R (%)) درصد جذب فلز توسط جاذب، P_0 (mg/L) غلظت اولیه یون فلزی، و P_e (mg/L) غلظت نهایی یون‌های فلزی (۱۵).

$$R = \frac{P_0 - P_e}{P_0} \times 100 \quad (2-1)$$

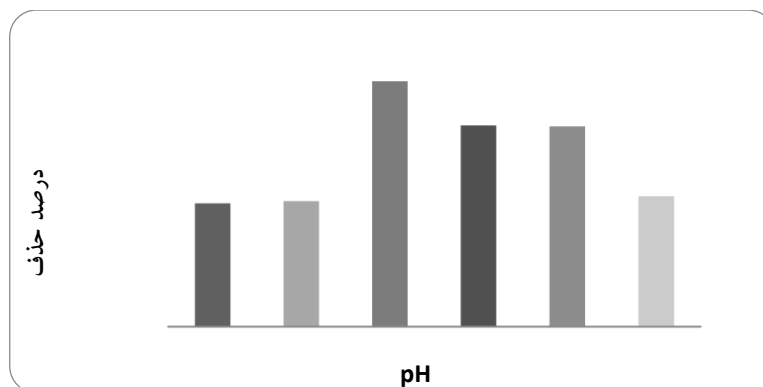
یافته‌ها

۱- اثر تغییرات pH بر روی میزان جذب فلز توسط

خاکستر برگ نخل

جذب فلزات سنگین در محیط آبی خیلی حساس به تغییرات pH در محیط کشت است (۱۶). محلول‌های در نظر گرفته شده در این تحقیق دارای pH ۲ تا ۷ قبل از اضافه شدن جاذب به محیط کشت بودند. خاکستر استفاده شده حاوی مقدار بالایی سیلیس می باشد (حدود ۶۰٪) که می تواند سبب استحکام جاذب در طول فرآیند جذب گردد. سطح ذرات خاکستر برگ نخل دارای خلل و فرج های متعددی می باشد که همین مسأله باعث افزایش نسبت سطح به حجم جاذب شده و در نتیجه می تواند سبب افزایش میزان جذب یون های فلزی گردد. (۱۱)،

تحت شرایط اسیدی به علت رقابت یون های H^+ با کاتیون های فلزات برای قرارگیری در سطح جاذب، جذب اندکی اتفاق می افتد. خصوصاً در pH ۲ و کم تر از آن جذب ناچیزی مشاهده می گردد. میزان جذب کادمیم در این pH مقدار ۱۰ درصد به دست آمد. درصد ظرفیت جذب خاکستر با افزایش pH محلول از ۲ به سمت مقادیر بالاتر افزایش یافت و در pH ۴ به ۱۷/۸ درصد رسید. با تغییر pH محلول به مقادیر بالاتر، یون های فلزی به دلیل غلظت بالای یون های OH^- رسوب می کنند و در نتیجه مقدار ظرفیت جذب کاهش می یابد (۱۷) بنابراین در pH ۷ درصد حذف حدود ۱۱/۵ درصد ثبت گردید. شکل ۱ تاثیر تغییرات pH را بر میزان جذب یون های کادمیم توسط خاکستر نشان می دهد.



شکل ۱- تاثیر تغییرات pH بر درصد حذف یون های کادمیم توسط خاکستر برگ درخت نخل

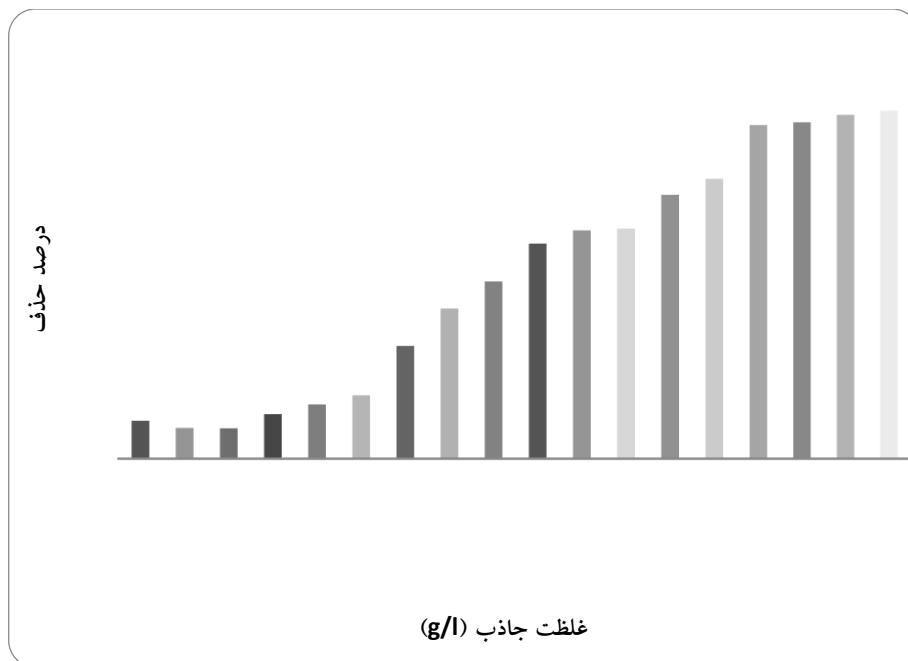
Figure 1- The effect of pH changes on cadmium ions removal percentage with Date-palm Leaf Ash

۲- اثر تغییرات مقدار جاذب گیاهی بر روی میزان جذب

فلز توسط خاکستر برگ نخل

غلظت جاذب یک پارامتر مهم است که بر ظرفیت جذب فلزی تاثیر بالایی دارد. در این مطالعه آزمایشات بررسی اثر غلظت جاذب بر فرآیند بازیافت فلزات سنگین به وسیله خاکستر برگ درخت نخل انجام شد و محدوده غلظت جاذب در محلول از ۱-۰/۱۴ g/l تغییر داده شدند. در این محدوده ابتدا میزان درصد حذف یون های کادمیم کم بود و با افزایش مقدار جاذب در ۱ g/l ۱۱ درصد حذف مطلوبی مشاهده گردید. در غلظت های بالاتر

افزایش درصد حذف بسیار اندک بود، بنابراین همین مقدار به عنوان مقدار جاذب بهینه در ادامه آزمایشات مورد استفاده قرار گرفت. در صورتی که مقدار جاذب خیلی بیش از حد افزایش یابد، سرعت حذف کاهش می یابد که در ارتباط با دانه دانه شدن جاذب و به هم چسبیدگی ذرات آن است (۱۸). شکل ۲ تاثیر تغییرات مقدار جاذب را در محلول های آبی بر میزان درصد حذف یون های فلزی نشان می دهد. درصد حذف مطلوب و بهینه در مقدار جاذب ۱۱ g/l برابر ۹۳/۳۵٪ گزارش گردید.



شکل ۲- تاثیر تغییرات مقدار جاذب بر درصد حذف یون‌های کادمیم توسط خاکستر برگ درخت نخل

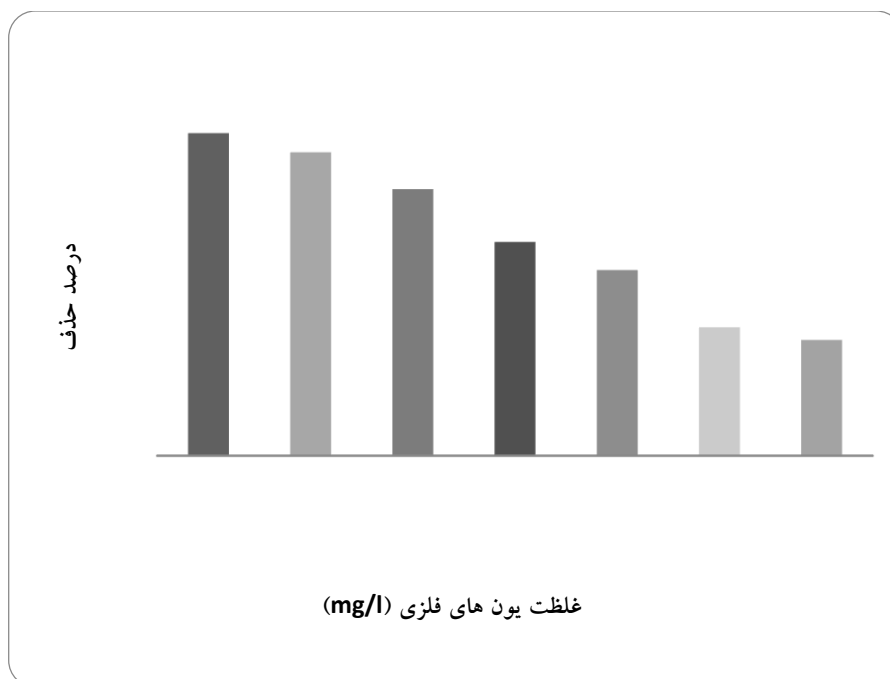
Figure 2- The effect of adsorbent dose changes on cadmium ions removal percentage with Date-palm Leaf Ash

در ضمن صرفه اقتصادی برای حذف مقدار بالای آلاینده غلظت 100 mg/l به عنوان مقدار بهینه با درصد حذف $92/36\%$ انتخاب گردید. در مقدار غلظت 50 mg/l درصد حذف $98/22\%$ بود که به خاطر اختلاف بالای غلظت اولیه با 100 mg/l به عنوان مقدار بهینه انتخاب نشد. بنابراین با افزایش غلظت اولیه یون‌های فلزی میزان حذف نیز در حد مطلوبی باقی ماند ولی افزایش خیلی زیاد غلظت اولیه یون‌های فلزی موجب کاهش درصد حذف یون‌های فلزی گردید. شکل ۳ تاثیر غلظت اولیه یون‌های فلزی را در میزان جذب یون‌های کادمیم نشان می‌دهد. همان طور که گفته شد درصد حذف مطلوب در مقدار کادمیم 100 mg/l در حد $92/36\%$ به دست آمد.

۳- اثر تغییرات غلظت یون‌های کادمیم بر روی میزان

جذب فلز توسط خاکستر برگ نخل

درصد حذف یون‌های فلزی به وسیله جاذب خاکستر تحت تاثیر غلظت اولیه یون‌های فلزی در محلول آبی در محدوده mg/l $50-350$ برر سی شد. با توجه به این که مقدار دو متغیر pH و مقدار جاذب به ترتیب در 4 و 11 g/l مطلوب ترین درصد حذف را داشتند، بنابراین در این مرحله این دو عامل ثابت در نظر گرفته شدند. مقادیر غلظت یون‌های فلزی 50 ، 100 ، 150 ، 200 ، 250 ، 300 و 350 بودند. در دو غلظت 50 mg/l و 100 ، میزان درصد حذف مطلوب و بالای 90% بود و پس از آن در غلظت‌های بالاتر به تدریج درصد حذف کاهش یافت. بنابراین به منظور دستیابی به درصد حذف بالای آلودگی فلز سنگین و



شکل ۳- تاثیر تغییرات مقدار غلظت اولیه یون های فلزی بر درصد حذف یون های کادمیم توسط خاکستر برگ درخت نخل

Figure 3- The effect of initial concentration of metal ions changes on cadmium ions removal percentage with Date-palm Leaf Ash

بحث

۱- اثر تغییرات pH بر روی میزان جذب فلز توسط

خاکستر برگ نخل

مطالعات زیادی نشان داده اند که مهم ترین پارامتر بحرانی در حذف فلزات سنگین توسط جاذب، pH اولیه محیط کشت است. در مقادیر pH خیلی اسیدی، بار سطحی کل سلول مثبت می گردد، کاتیون های فلزی و پروتون ها برای قرارگیری در مکان های اتصال روی دیواره سلولی رقابت می کنند و در نتیجه میزان جذب فلز ناچیز است (۶). در pH های بالاتر از ۶/۵ نیز هیدروکسید فلزی ($Cd(OH)_2$) شکل می گیرد که باعث رسوب یون های فلزی می شود (۱۶). بنابراین مقادیر pH بالاتر از ۷ مورد بررسی قرار نگرفت. البته تغییرات اسمزی و انجام هیدرولیز در محلول نیز در میزان جذب یون های فلزی توسط دیواره سلولی تاثیر گذار هستند (۱۹). مطالعات زیادی بر روی بررسی تغییرات عامل pH و میزان تاثیر بر درصد حذف یون های فلزی انجام شده است و در آن ها نیز بهترین مقدار این متغیر برای دست یابی به بهترین درصد حذف حد متوسط بوده است و وجود

شرایط خیلی اسیدی یا قلیایی موجب عدم توانایی حذف مطلوب یون های فلزی می گردد (۳).

۲- اثر تغییرات مقدار جاذب گیاهی بر روی میزان جذب

فلز توسط خاکستر برگ نخل

نتایج بیان گر این مطلب است که با افزایش میزان جاذب، تعداد مکان های فعال جذب هم افزایش می یابند و در نتیجه آن درصد حذف بیش تر می شود (۲۰). اما افزایش بی رویه جاذب موجب افزایش بیش تر حذف یون های فلزات نمی شود زیرا با افزایش مقدار جاذب به هم چسبیدگی ذرات اتفاق می افتد و در مقدار خیلی بالای جاذب موجب کاهش درصد جذب خواهد شد (۱۲، ۲۱-۲۲). در تحقیق مشابه کار حاضر در غلظت های بالای جاذب (۲۰ g/l) برای جذب سرب در صد جذب ۱۰۰ به دست آمدند و این نشانگر بالا بودن توانایی این مواد در حذف مواد آلاینده فلزی از محلول های آبی می باشد (۲۳). در تحقیق حاضر مقدار جاذب بهینه ۱۱ g/l بوده است که توسط نتایج تحقیق فوق الذکر در مورد استفاده از مقدار بالای جاذب تایید می گردد.

کردند (۲۶). بنابراین می‌توان از مواد بیولوژیکی در فاضلاب‌هایی با مقدار قابل توجه آلودگی به فلزات سنگین استفاده کرد. حتی در غلظت حدود 100 mg/l برای کروم ظرفیت جذب *Micrococcus sp.* ۹۰ درصد به دست آمد (۱۹). بنابراین محدودیت جذب یون‌های فلزی در غلظت‌های بالا کم‌تر از غلظت‌های خیلی پایین یون‌ها می‌باشد و با توجه به آلودگی زیاد فاضلاب کارخانه‌ها و غلظت بالای فلزات محلول در آب، استفاده از جاذب‌ها برای جذب فلزات می‌تواند بسیار موثر و سودمند باشد.

نتیجه‌گیری

در این مطالعه، از خاکستر برگ درخت نخل برای حذف فلز سنگین کادمیم به عنوان آلاینده محیط زیست استفاده شد. توانایی این جاذب برای بازیافت فلز کادمیم از محلول‌های آبی ارزیابی و شرایط مطلوب برای دستیابی به بالاترین درصد حذف تعیین گردید. نتایج حاضر نشان دادند که خاکستر برگ درخت نخل جذب قابل توجه یون‌های فلزی را در محلول‌های آبی انجام می‌دهد. آزمایشات با توجه به عوامل pH اولیه محلول، مقدار جذب و غلظت اولیه یون‌های فلزی انجام شدند. نتایج حاصل نشان دادند که خاکستر برگ درخت نخل جاذبی مطلوب برای یون‌های فلزی است و جذب سطحی بالایی برای کاربرد عملی در فاضلاب حاوی یون‌های فلزات سنگین دارد. میزان جذب یون‌های کادمیم توسط خاکستر در شرایط مطلوب جذب از محلول‌های آبی ۹۲/۳۶٪ به دست آمد. مقدار سه متغیر pH اولیه محلول، مقدار خاکستر و غلظت اولیه یون کادمیم در محلول‌های مورد آزمایش تعیین شدند. pH اولیه ۴، مقدار جذب 11 g/l و غلظت اولیه کادمیم 100 mg/l برای حداکثر بازیافت یون‌های فلزی و ایجاد مطلوب‌ترین شرایط تأیید گردیدند. بر اساس این مشاهدات جاذب خاکستر به عنوان یک جاذب موثر برای بازیافت یون‌های فلزی از محیط‌های آبی آلوده توانایی دارد.

پیشنهادات

✓ با توجه به نتایج به دست آمده و مشاهده مقدار جذب مطلوب فلز کادمیم توسط خاکستر برگ درخت نخل

هم‌چنین در مطالعه Apiratikul و Pavasant (2008) میزان حذف سرب، مس و کادمیم با استفاده از *Caulerpa lentillifera* بررسی و بیان شد که افزایش مقدار جاذب درصد حذف را افزایش داده است. از طرفی مشخص گردید که در کاربردهای واقعی باید کم‌ترین مقدار از بیومس که قادر به پاسخ‌گویی به نیازها و میزان حذف بهینه یون‌های فلزی باشد تعیین گردد (۲۴). در این تحقیق برای حذف مقدار غلظت اولیه 10 mg/l ، مقادیر ۱۴، ۱۷/۵ و 10 g/l جاذب به ترتیب برای سرب، مس و کادمیم استفاده شد که تأیید کننده تحقیق حاضر برای استفاده از مقدار 11 g/l جاذب در حذف مطلوب یون‌های فلزی از محلول‌های حاوی فلزات سنگین می‌باشد.

۳- اثر تغییرات غلظت یون‌های کادمیم بر روی میزان جذب فلز توسط خاکستر برگ نخل

مقدار فلز جذب شده به ازای واحد جرم جاذب زمانی افزایش می‌یابد که غلظت اولیه یون‌های فلزی در محلول زیاد شود که ممکن است در نتیجه اشباع مکان‌های فعال جاذب باشد و منجر به حداکثر ظرفیت جذب یون‌های فلزی توسط جاذب گردد (۱۸). Liu و همکاران (2006) بیان کردند که افزایش جذب یون‌های فلزی هم‌زمان با فزونی غلظت اولیه آن‌ها، ممکن است در نتیجه افزایش امکان انجام واکنش‌های شیمیایی باشد. هم‌چنین با افزایش غلظت اولیه یون‌های فلزی ظرفیت جذب سطحی نیز افزایش می‌یابد (۲). در غلظت‌های پایین همه یون‌های فلزی با سایت‌های فعال در جاذب واکنش داده و هر سایت فعال توسط یون‌های فلزی بیش‌تری احاطه می‌گردد، بنابراین ظرفیت جذب به سرعت با افزایش غلظت اولیه فلز افزایش می‌یابد، در غلظت‌های بالا ظرفیت جذب تقریباً ثابت است و این ناشی از اشباع شدن سایت‌های جذب است (۱۷). میکروارگانیسم *Microcystis* برای بررسی اثر غلظت 10 mg/l یون‌های نیکل استفاده و ظرفیت جذب ۷۸ درصد محاسبه گردید (۲۵). این نتایج نشان می‌دهند که می‌توان غلظت یون فلزی را افزایش داد تا به درصد حذف بالاتری دست یافت. Park و همکاران (۲۰۰۵) نیز در غلظت 50 mg/l کروم با استفاده از *A. niger* میزان حذف کروم را ۱۰۰ درصد گزارش

- 4- Iqbal, M., Saeed, A., Zafar, S. I., 2007. Hybrid biosorbent: an innovative matrix to enhance the biosorption of Cd(II) from aqueous solution. *Journal of Hazardous Materials*, Vol. 148, pp. 47-55
- 5- Chubar, N., Carvalho, J. R., Correia, M. J. N., 2004. Heavy metals biosorption on cork biomass: effect of the pre-treatment. *Physicochemical Engineering Aspects*, Vol. 238, pp.51-58.
- 6- Amini, M., Younesi, H., Bahramifar, N., 2009. Statistical modeling and optimization of the cadmium biosorption process in an aqueous solution using *Aspergillus niger*. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, Vol. 337, pp. 67-73.
- 7- Sawalha, M. F., Peralta-Videa, J. R., Romero-González, J., Duarte-Gardea, M., Gardea-Torresdey, J. L., 2007. Thermodynamic and isotherm studies of the biosorption of Cu (II), Pb(II), and Zn(II) by leaves of saltbush (*Atriplex canescens*). *Journal of Chemical Thermodynamics*, Vol. 39, pp. 488-492.
- 8- Bulut, Y., Baysal, Z., 2006. Removal of Pb(II) from wastewater using wheat bran. *Journal of Environment Management*, Vol. 78, pp.107-13.
- 9- Mungasavalli, D. P., Viraraghavan, T., Jin, Y-C., 2007. Biosorption of chromium from aqueous solutions by pretreated *Aspergillus niger*: Batch and column studies. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical Engineering Aspects*, Vol. 301, pp. 214-223.
- 10- Khademi, R., Behseresht, R., Farar, N., 2005. Common practices for the use of plant remains in the country's foliage,

در محلول تک فلزی، تحقیقاتی در رابطه با مقدار جذب فلزات سنگین در محلول‌هایی با حضور دو یا سه فلز صورت گیرد تا اثرات متقابل یون‌های فلزی و درصد کاهش یا افزایش جذب توسط بیوماس خاکستر در این حالت‌های جدید بررسی گردد.

✓ کار با فاضلاب صنایع که حاوی فلز کادمیم است برای تکمیل نتایج تحقیق حاضر انجام شود و تاثیر ترکیبات آلی و معدنی مختلف موجود در آن نیز بر میزان جذب بررسی شود.

تشکر و قدردانی

تحقیق حاضر در قالب طرح پژوهشی با استفاده از اعتبارات دانش گاه جیرفت انجام شده است. بدین وسیله از معاونت آموزشی و پژوهشی دانش گاه جیرفت نهایت تشکر را داریم. هم چنین از آقایان دکتر برومند و مهندس سنجری اساتید گروه خاک شناسی دانش گاه جیرفت و خانم مهندس حیدری کار شناس آزمایش گاه خاک شناسی دانش گاه جیرفت که در پیشرفت عملی کار حاضر ما را یاری نمودند، سپاس گزاریم.

Reference

- 1- Wang, X. S., Lu, Z. P., Miao, H. H., He, W., Shen, H.L., 2010. Kinetics of Pb (II) adsorption on black carbon derived from wheat residue. *Chemical Engineering Journal*, Vol. 166, pp. 986-993.
- 2- Liu, Y-g., Fan, T., Zeng, G-m., Li, X., Tong, Q., Ye, F., Zhou, M., Xu, W-h., Huang, Y-e., 2006. Removal of cadmium and zinc ions from aqueous solution by living *Aspergillus niger*. *Transition Nonferrous Metals Society China*, Vol. 16, pp. 681-686.
- 3- Bahadir, T., Bakan, G., Altas, L., Buyukgungor, H., 2007. The investigation of lead removal by biosorption: An application at storage battery industry wastewaters. *Enzyme Microbiology and Technology*, Vol. 41, pp. 98- 102.

- ions onto pretreated *Aspergillus niger*. Biochemical Engineering Journal, Vol. 28, pp.187–195.
- 17- Akar, T., Tunali, S., Kiran, I., 2005. *Botrytis cinerea* as a new fungal biosorbent for removal of Pb(II) from aqueous solutions. Biochemical Engineering Journal, Vol. 25, pp. 227-235.
- 18- Selatnia, A., Boukazoula, A., Kechid, N., Bakhti, M. Z., Chergui, A., Kerchich, Y., 2004b. Biosorption of lead (II) from aqueous solution by a bacterial dead *Streptomyces rimosus* biomass. Biochemical Engineering Journal, Vol. 19, pp. 127-135.
- 19- Congeevaram, S., Dhanarani, S., Park, J., Dexilin, M., Thamaraiselvi, K., 2007. Biosorption of chromium and nickel by heavy metal resistant fungal and bacterial isolates. Journal of Hazardous Materials, Vol. 146, pp. 270- 277.
- 20- Azila, Y., Mashita, M. D., Bhatia, S., 2008. Biosorption of copper (II) onto immobilized cells of *Pycnoporus sanguineus* from aqueous solution: Equilibrium and kinetic studies. Journal of Hazardous Materials, Vol. 161, pp.189-195.
- 21- Selatnia, A., Madani, A., Bakhti, M. Z., Kertous, L., Mansouri, Y., Yous, R., 2004c. Biosorption of Ni²⁺ from aqueous solution by a NaOH-treated bacterial dead *Streptomyces rimosus* biomass, Mineral Engineering, Vol. 17, pp. 903–911.
- 22- Han, R., Li, H., Li, Y., Zhang, J., Xiao, H., Shi, J., 2006. Biosorption of copper and lead ions by waste beer yeast. Journal of Hazardous Materials, Vol. 137, pp. 1569-1576.
- the first scientific conference on the management of plant remains, Tehran. (In Persian).
- 11- Ghorbani, F., Sanati, A. M., Younesi, H., Ghoreyshi, A. A., 2012. The Potential of Date-palm Leaf Ash as Low-cost Adsorbent for the Removal of Pb(II) Ion from Aqueous Solution. International Journal of Engineering: Applications, Vol. 25(4), pp. 296-278
- 12- Amini, M., Younesi, H., Bahramifar, N., Zinatizadeh Lorestani, A. A., Ghorbani, F., Daneshi, A., Sharifzadeh, M., 2008. Application of response surface methodology for optimization of lead biosorption in an aqueous solution by *Aspergillus niger*. Journal of Hazardous Materials, Vol. 54, pp. 694-702.
- 13- Amini, M., Younesi, H., Bahramifar, N., 2013. Biosorption of U(VI) from Aqueous Solution by *Chlorella vulgaris*: Equilibrium, Kinetic, and Thermodynamic Studies. Journal of environmental engineering, Vol. 139, pp. 410-421.
- 14- Amini, M., Younesi, H., Bahramifar, N., 2008. Process modeling and optimization of nickel ions biosorption by *Aspergillus niger* in an aqueous solution using response surface methodology and isotherm models. Chemosphere, pp. 1483- 1491.
- 15- Liu S. Y., Gao, J., Yang, Y. J., Yang, Y. C., Ye, Z. X., 2010. Adsorption intrinsic kinetics and isotherms of lead ions on steel slag. Journal of Hazardous Materials, Vol. 173, pp. 558-62.
- 16- Dursun, A. Y., 2006. A comparative study on determination of the equilibrium, kinetic and thermodynamic parameters of biosorption of copper (II) and lead(II)

- 25- Pradhan, S., Singh, S., Rai, L. C., 2007. Characterization of various functional groups present in the capsule of *Microcystis* and study of their role in biosorption of Fe, Ni and Cr. *Bioresource Technology*, Vol. 98, pp. 595-601.
- 26- Park, D., Yun, Y-S., Jo, J. H., Park, J. M., 2005. Mechanism of hexavalent chromium removal by dead fungal biomass of *Aspergillus niger*. *Water Resource*, Vol. 39, pp. 533-540.
- 23- Nourbakhsh, M. N., Kiliçarslan, S., İlhan, S., Ozdag, H., 2002. Biosorption of Cr^{6+} , Pb^{2+} and Cu^{2+} ions in industrial waste water on *Bacillus* sp. *Chemical Engineering Journal*, Vol. 85, pp. 351-355.
- 24- Apiratikul, R., Pavasant, P., 2008. Batch and column studies of biosorption of heavy metals by *Caulerpa lentillifer*. *Bioresource Technology*, Vol. 99, pp. 2766-2777.