

حذف سرب با استفاده از پوست گلابی به روش جذب سطحی

مریم سعید فرجی^{۱*}

faraji83@gmail.com

علی محمدی ثانی^۲

فائزه تجلی^۳

حسین علیزاده گلستانی^۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۷/۲۵

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۱۲/۰۵

چکیده

زمینه و هدف: سرب فلزی خطرناک برای سلامتی انسان و محیط زیست محسوب می شود، بنابراین حذف آن از فاضلاب ها و ممانعت از ورود آن به محیط زیست به روشی ارزان و مناسب اهمیت زیادی دارد. در این پژوهش اثر سه پارامتر pH، غلظت اولیه یون های فلزی و مدت زمان تماس به روش ناپیوسته برای حذف یون سرب از محلول آبی به روش جذب سطحی توسط پوست گلابی (*Pyrus pyrifolia*) به عنوان یک بیوجاذب مورد مطالعه قرار گرفت.

روش بررسی: بدین منظور چهار غلظت ۱۰، ۵۰، ۱۰۰ و ۲۵۰ میلی گرم بر لیتر، چهار زمان تماس ۱۵، ۳۰، ۶۰ و ۱۲۰ دقیقه و سه pH در مقادیر ۳، ۴ و ۵ در نظر گرفته شد. مدل های هم دمای لانگمیر و فرندلیچ که عاملی بسیار مهم برای تعیین ظرفیت جذب جاذب و طراحی فرآیندهای جذب سطحی می باشد نیز بررسی شدند.

یافته ها: پوست گلابی به عنوان یکی از ضایعات کشاورزی که می توان آن را از کارخانجات تولید کننده کمپوت و آبمیوه تهیه کرد، بیوجاذبی ارزان و در دسترس است که توانایی مناسبی برای حذف فلز سرب از محلول آبی آن دارا می باشد.

بحث و نتیجه گیری: نتایج نشان داد که pH اپتیمم برای جذب یون سرب برابر ۵ بود. ظرفیت جذب یون سرب با افزایش غلظت اولیه یون های فلزی افزایش یافت به طوریکه بیشترین میزان حذف سرب در غلظت ۲۵۰ میلی گرم بر لیتر تعیین شد. حداکثر ظرفیت جذب برای یون سرب بعد از ۶۰ دقیقه بود. همچنین نتایج نشان داد که مدل هم دمای لانگمیر، مدلی بود که جذب فلز توسط پوست میوه گلابی از آن تبعیت می کند.

واژه های کلیدی: پوست گلابی، سرب (II)، جذب سطحی، معادلات لانگمیر و فرندلیچ.

۱- * (مسئول مکاتبات): کارشناس ارشد مهندسی کشاورزی- علوم و صنایع غذایی، واحد قوچان، دانشگاه آزاد اسلامی، قوچان، ایران.

۲- دانشیار گروه علوم و صنایع غذایی، واحد قوچان، دانشگاه آزاد اسلامی، قوچان، ایران.

۳- عضو هیات علمی گروه پژوهشی کیفیت و ایمنی مواد غذایی جهاد دانشگاهی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.

۴- استادیار گروه مهندسی شیمی، واحد قوچان، دانشگاه آزاد اسلامی، قوچان، ایران.

Elimination of lead using adsorption by pear peel

Maryam Saeed Faraji ^{1*}

faraji83@gmail.com

Ali Mohamadi Sani ²

Faezeh Tajalli ³

Hosein Alizadeh Golestani ⁴

Abstract

Background and Objective: The aim of this study was to investigate the effects of pH, initial metal ions concentration and contact times in batch experiments to remove lead ion from aqueous solution by adsorption using pear peel (*Pyrus pyrifolia*) as a natural biosorbent.

Method: For this purpose, four concentrations of 10, 50, 100 and 250 mg/L, four times of 15, 30, 60 and 120 minutes and three pH values of 3, 4 and 5 were considered. Langmuir and Freundlich isotherm models, the critical factor determining the adsorption capacity of adsorbents and adsorption processes of design were evaluated in this study.

Findings: The optimal pH value for Pb adsorption onto the pear peel was found to be 5. Metal uptake capacity of Pb increased by increasing the initial metal ion concentrations, so that the maximum amount of lead was determined at a concentration of 250 mg/L. Maximum adsorption capacity for lead was estimated after 60 minutes. The equilibrium process was described well by the Langmuir isotherm model.

Keywords: Pear peel, Pb, adsorption, Langmuir and Freundlich isotherms.

1- MSc of Food Science and Technology, Quchan Branch, Islamic Azad University, Quchan, Iran. * (*Corresponding Author*)

2- Associate Professor Department of Food Science and Technology, Quchan Branch, Islamic Azad University Quchan, Iran.

3- Head of Food Quality & Safety Research Department, Food Science & Technology Research Institute, ACECR-Mashad Branch, Mashad, Iran.

4- Assistant professor Department of Chemical Engineering, Quchan Branch, Islamic Azad University, Quchan, Iran.

مقدمه

فلزات سنگین برای گیاهان و جانوران آبی و انسان ها حتی در غلظت های پایین نیز سمی و خطرناک هستند. این مواد زیست تخریب ناپذیرند و می توانند در بافت های موجودات زنده تجمع کنند، اغلب سرطان زا می باشند و مدت طولانی در طبیعت باقی می مانند. ورود فلزات سنگین به زنجیره ی مواد غذایی باعث ایجاد تغییرات فیزیولوژیکی در آنها می شود و در نهایت با وارد شدن این مواد از طریق مواد غذایی به بدن انسان ها و تجمع باعث به خطر افتادن سلامتی می شوند (۱-۳). فلزات سنگین سمی ای که در فاضلاب ها و پساب های کارخانجات و صنایع یافت می شوند شامل روی، مس، نیکل، جیوه، کادمیوم، سرب، کروم، آرسنیک و کبالت می باشند. فلزات سنگین از طریق صنایعی مانند آبکاری فلزات، روکش دادن فلزات، استخراج معدن، سرامیک سازی، باتری سازی، رنگ سازی، نساجی، کاغذ سازی، تولید آفت کش ها، تولید کودهای شیمیایی، دباغی و وارد فاضلاب ها و پساب ها شده و در نهایت وارد چرخه اکوسیستم می شوند (۴-۷).

سرب (Pb) یکی از فلزات سنگین و خطرناک محسوب می شود. فلز سرب در رسوب گذاری، مانند کلسیم (Ca) عمل می کند. به سیستم اعصاب مرکزی صدمه وارد می کند، همچنین می تواند به کلیه ها، کبد، سلول های پایه مغزی آسیب وارد کرده و در کارکرد مغز اختلال ایجاد کند. این عنصر باعث ایجاد تومورهای کلیوی و سرطان های مختلف می شود. همچنین تمایل زیادی به ترکیب با گلبول های قرمز خون نیز دارد بنابراین باعث کم خونی می شود. سرب می تواند باعث آنسفالیت و هپاتیت نیز شود. از آنجا که مقدار سرب در بدن انسان بستگی به عوامل گوناگون دارد، کودکان و نوجوانان بیشتر در معرض آلودگی با سرب قرار دارند و در این میان کودکان حساس ترین افراد از حیث بدنی و تاثیر پذیری می باشند. از نشانه های مسمومیت با سرب می توان کم خونی، بی خوابی، سردردهای شدید، سرگیجه، بی حوصلگی، ضعف عضلانی و توهم را نام برد. علائم و نشانه های مسمومیت با سرب در کودکان و بزرگسالان متفاوت است. تغییرات خلقی و

رفتاری و کم شدن رشد ذهنی و ایجاد خطوط کدر بر روی دندان ها از جمله نشانه های مسمومیت با سرب در کودکان است. علائمی چون تجمع سرب در استخوان ها، تجمع در گلبول های قرمز خون، خستگی مزمن، پیری زودرس، سردرد، افسردگی، پوکی استخوان زودرس، تغییرات روانی و رفتاری چون عصبانیت و پرخاشگری نیز اغلب در میان بزرگسالان شایع است. سرب جزء سمومی است که در بدن تجمع پیدا می کند (۸ و ۹).

به دلیل خطرات و مشکلات زیست محیطی که فلزات سنگین ایجاد می کنند باید از فاضلاب ها و پساب ها حذف شده و مانع از ورود آنها به محیط زیست و منابع آبی شد. روش های مختلفی برای حذف فلزات سنگین وجود دارد که شامل رسوب دهی شیمیایی، تبادل یونی، جذب سطحی، فیلتراسیون غشایی، الکتروشیمیایی، تجمع، خنثی سازی و الکترودیالیز می باشد. هر کدام از این روش ها محدودیت ها یی مانند هزینه های بالا، تولید لجن ثانویه و نیاز به فن آوری پیچیده دارند (۱۰-۱۳). روش جذب سطحی روشی موثر و اقتصادی برای حذف فلزات سنگین می باشد.

در این روش از بیوجاذب هایی مانند بیومس میکروارگانسیم ها (باکتری، کپک، مخمر، جلبک)، کربن فعال و ضایعات کشاورزی استفاده می شود (۱۴ و ۱۵).

ضایعات کشاورزی در بین بیو جاذب ها بیشترین کاربرد را دارند. مزایای این ترکیبات شامل هزینه پایین، کارایی مناسب، حداقل ضایعات و مواد باقی مانده و قابلیت بازیافت می باشد (۱۶ و ۱۷).

در این پژوهش توانایی پوست گلابی (*Pyrus pyrifolia*) به عنوان یک بیوجاذب برای حذف یون های سرب (II) از محلول آبی به روش جذب سطحی مورد بررسی قرار گرفت. سه پارامتر pH، غلظت اولیه یون های سرب (II) و مدت زمان تماس بین جاذب و یون های سرب (II) در نظر گرفته شدند.

مواد و روش ها

۱- آماده سازی جاذب

میوه گلابی (Pyrus pyrofolia) از مغازه های شهر مشهد خریداری شد. میوه ها زیر شیر آب شستشو داده شدند و پس از خشک شدن پوست گیری شدند. پوست ها در آون در دمای ۶۰ درجه سانتی گراد به مدت ۲۴ ساعت خشک شدند.

سپس پوست های خشک شده توسط آسیاب سایشی آسیاب شده و از الک با شماره ۷۰ (۰/۲۱۲ میلی متر) عبور داده شدند و در ظروف دربسته دور از نور و رطوبت نگهداری شدند.

۲- آماده سازی محلول ها

مقدار ۱/۵۹ گرم نمک سرب نیترات توزین و در یک لیتر آب مقطر حل شد. سپس از محلول مادر با غلظت ۱۰۰۰ میلی گرم در لیتر، محلول هایی با غلظت های ۱۰، ۵۰، ۱۰۰ و ۲۵۰ میلی گرم در لیتر تهیه گردید.

۳- فرآیند جذب

از محلول های با غلظت ۱۰، ۵۰، ۱۰۰ و ۲۵۰ میلی گرم بر لیتر که pH آن ها در عددهای ۳، ۴ و ۵ با کمک نیتریک اسید ۰/۱ نرمال و سود ۰/۱ نرمال تنظیم شده بود، ۲۰ میلی لیتر برداشته مقدار ۰/۲ گرم جاذب اضافه کرده و در مدت زمان های ۱۵، ۳۰، ۶۰ و ۱۲۰ دقیقه با سرعت ۲۰۰ دور در دقیقه با همزن مگنت دار در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد همزده و سپس با کاغذ صافی مارک Whatman شماره ۴۱ صاف کرده، سپس به هریک از محلول های صاف شده معرف دی تیرون اضافه کرده و میزان جذب با کمک دستگاه اسپکتروفوتومتر UV - VISIBLE مدل CAMSPEC M550، در طول موج ۵۲۰ نانومتر برای سرب اندازه گیری شد.

بحث و نتیجه گیری

۱- اثر pH اولیه

یکی از پارامترهای مهم در میزان جذب فلزات سنگین توسط جاذب ها، pH محلول های آبی حاوی فلزات سنگین می باشد. تنظیم pH نه تنها بر میزان جذب فلزات سنگین بلکه بر جایگاه

های فعال و ترکیبات تشکیل دهنده دیواره سلولی پوست میوه نیز اثر می گذارد (۱۸ و ۱۹).

با توجه به شکل های (۳ تا ۱) مشخص می شود که با افزایش pH از ۳ تا ۵ میزان جذب سرب توسط جاذب افزایش یافته است. دلیل این مساله این است که در pH های اسیدی با بالا رفتن غلظت یون های H^+ رقابتی بین یون های H^+ و یون های فلزات سنگین برای جذب سطحی بر روی جاذب رخ داده و در این بین یون های H^+ تمامی جایگاه های فعال در سطح جاذب را اشغال می نمایند. همچنین در pH های قلیایی به دلیل افزایش غلظت یون های هیدروکسید (OH^-) و واکنش آنها با فلزات سنگین، هیدروکسیدهای فلزی تشکیل شده که رسوب می کنند و دیگر جاذب توانایی جذب این گونه ها را نخواهد داشت و به این ترتیب میزان جذب کاهش می یابد.

۲- اثر غلظت اولیه یون های فلزات سنگین

یکی دیگر از پارامترهای مهم و تاثیرگذار بر میزان جذب فلزات سنگین توسط جاذب، غلظت اولیه یون های فلز سنگین می باشد

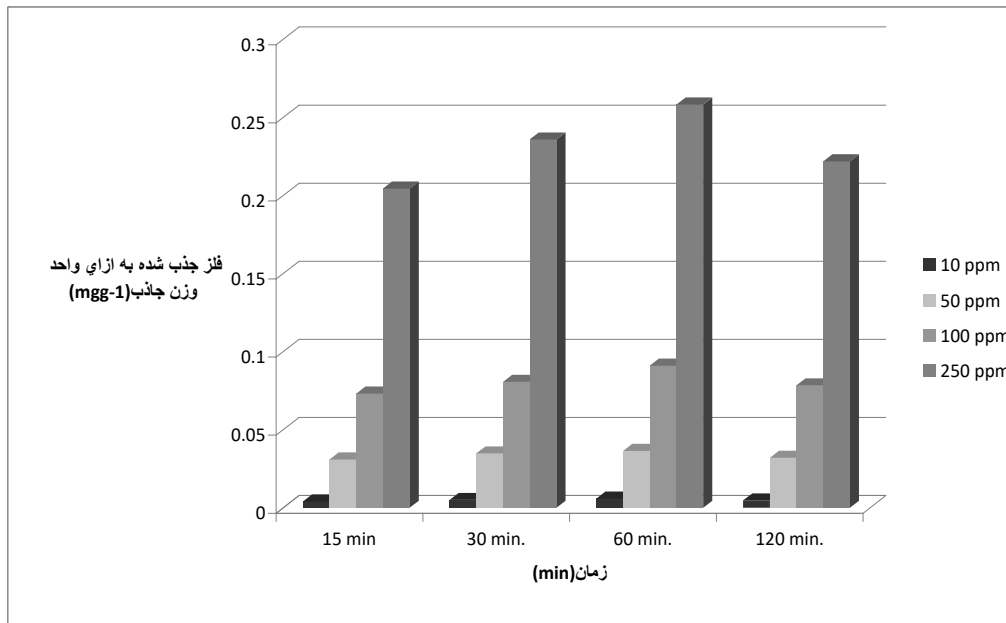
(۲۰-۱۸). با توجه به شکل های (۳ تا ۱) مشخص می شود که به ترتیب با افزایش غلظت یون سرب از ۱۰ تا ۲۵۰ میلی گرم بر لیتر میزان جذب افزایش می یابد. دلیل این امر را می توان به این صورت توضیح داد که به طور کلی در غلظت های پایینی مانند غلظت های در نظر گرفته شده ی ۱۰، ۵۰، ۱۰۰ و ۲۵۰ میلی گرم بر لیتر، سایت های خاصی مسوولیت جذب فلز را بر عهده دارند که در غلظت های بالا این سایت ها اشباع می شوند و جذب کاهش می یابد. در غلظت های کم سایت های جاذب یونی اشغال می شوند ولی با افزایش غلظت سایت های تعویض یونی هم پر می شوند.

۳- اثر مدت زمان تماس

یک پارامتر مهم دیگر در جذب فلز سنگین توسط جاذب، مدت زمان تماس جاذب با یون های فلز سنگین می باشد (۲۰-۱۸). با توجه به شکل های (۳ تا ۱) و طبق نتایج به دست آمده با افزایش زمان تماس بین جاذب (پوست گلابی) و یون سرب از ۱۵ دقیقه تا ۶۰ دقیقه میزان جذب افزایش یافته و سپس در

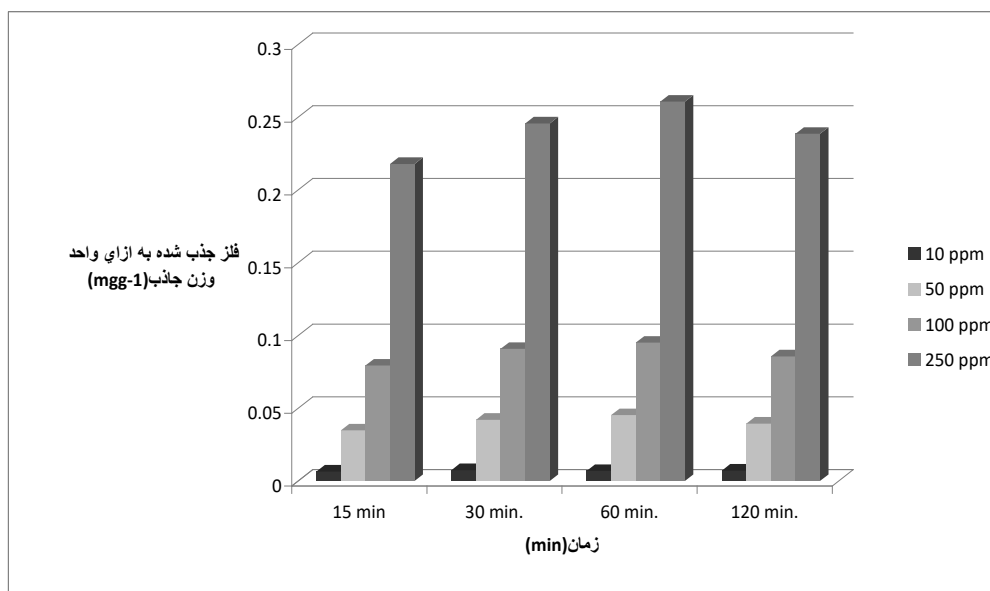
گذشت زمان و به دلیل کاهش تعداد جایگاه های فعال و افزایش رقابت جهت اشغال جایگاه ها توسط یون ها روند صعودی رو به کاهش می گذارد.

۱۲۰ دقیقه کاهش می یابد. دلیل این امر به زیاد بودن جایگاه های فعال جذب در سطح پوست گلابی (*Pyrus pyrofolia*) در زمان های ابتدایی مربوط می شود، ولی به تدریج و با



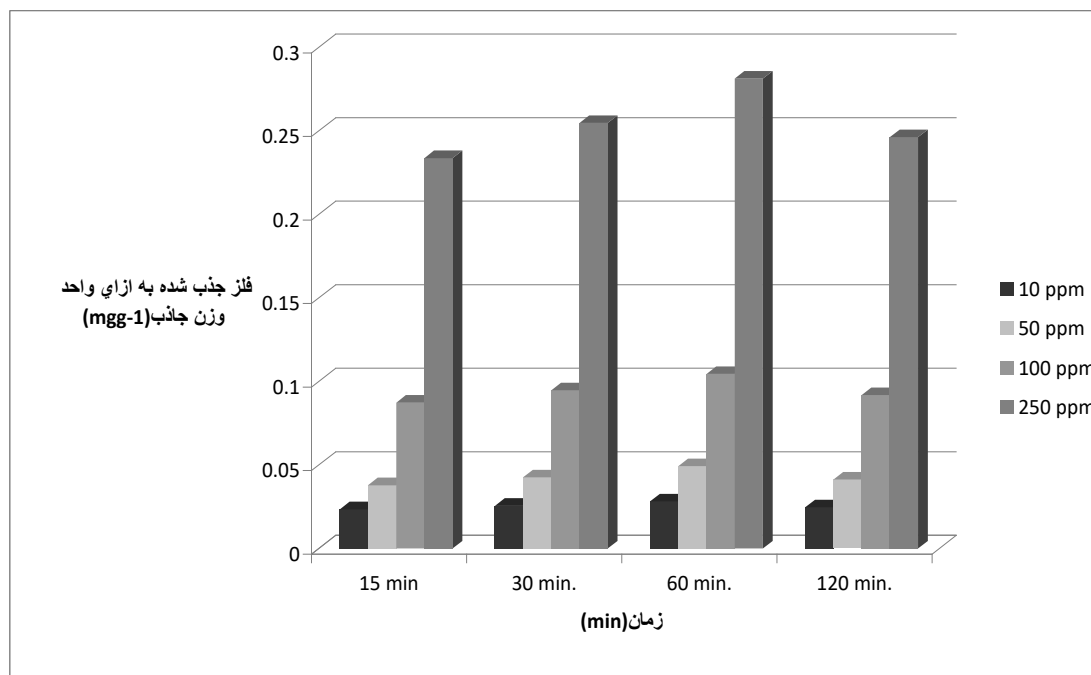
شکل ۱- بررسی تاثیر متقابل زمان تماس و غلظت اولیه در حذف سرب در pH ۳

Figure1-Interactive effects of contact time and initial concentration on the removal of Pb (II) at pH 3



شکل ۲- بررسی تاثیر متقابل زمان تماس و غلظت اولیه در حذف سرب در pH ۴

Figure2- Interactive effects of contact time and initial concentration on the removal of Pb (II) at pH 4



شکل ۳- بررسی تاثیر متقابل زمان تماس و غلظت اولیه در حذف سرب در pH ۵

Figure 3- Interactive effects of contact time and initial concentration on the removal of Pb (II) at pH 5

۴- هم دماهای جذب سطحی

داده‌های تجربی در این مطالعه با دو هم دمای لانگمیر و فرنللیچ (معادلات (۱) و (۲)) بررسی گردید. با توجه به شکل (۴) که معادلات لانگمیر و فرنللیچ را نشان می دهد مشخص می شود که مدل لانگمیر نسبت به مدل فرنللیچ، جذب سطحی سرب را بر روی پوست گلابی بهتر توصیف می کند همچنین با بررسی این شکل ها معلوم می شود که جذب های انجام گرفته برای سرب تا حدی از معادله لانگمیر پیروی می کند.

در معادله ۲:

q_{eq} و q_{max} : به ترتیب نشان دهنده غلظت در حال تعادل و بیشترین مقدار ممکن آن (mgg^{-1})

C_{eq} : غلظت تعادلی یون فلزی (mgL^{-1})

b : ثابت تعادل توزیع یون فلزی بین دو فاز جامد و مایع

در معادله ۱:

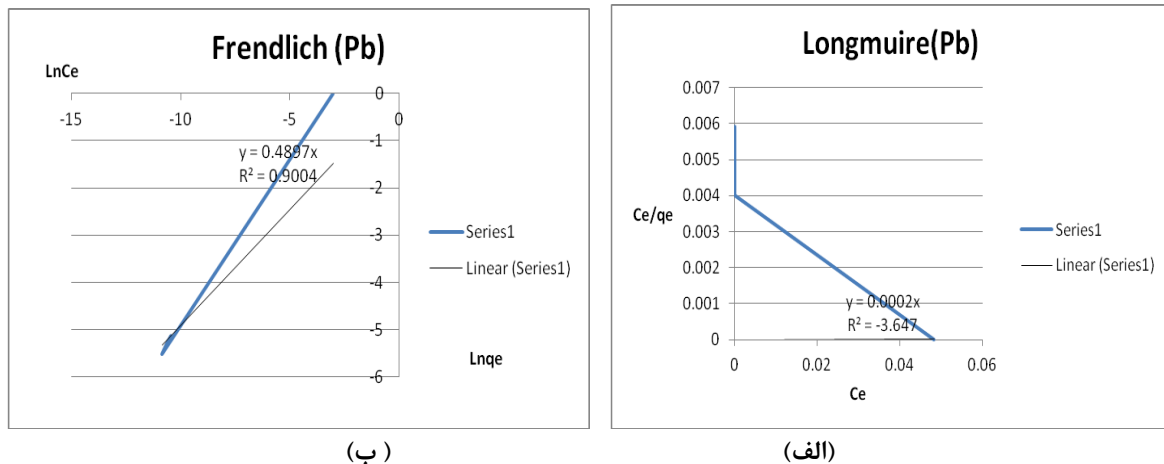
K_F و $1/n$: به ترتیب ثابت های فرنللیچ هستند که به ظرفیت جاذب و توانایی جذب فلز مربوط می شود.

در معادله ۱:

$$C_{eq} / q_{eq} = 1 / bq_{max} + C_{eq} / q_{max} \quad (1)$$

$$\ln q_{eq} = \ln K_F + 1/n \ln C_{eq} \quad (2)$$

در معادله ۱:



شکل ۴- منحنی هم دمای لانگمیر(الف) و فرندلیچ(ب) سرب

Figure4- Longmuire isotherm for Pb (II) and Frendlich isotherm for Pb (II)

کشاورزی، بیولوژیکی و دامی به عنوان جاذب می توان استفاده نمود. فن آوری ساده و راحتی دارد، ظرفیت جذب جاذب ها بالا می باشد و در محدوده گسترده ای از pH عمل جداسازی را انجام می دهد.

پوست گلابی به عنوان یکی از ضایعات کشاورزی که می توان آن را از کارخانجات تولید کننده کمپوت و آبمیوه تهیه کرد، بیوجاذبی ارزان و در دسترس می باشد که در این پژوهش از آن به عنوان جاذب استفاده شد. نتایج نشان داد که پوست گلابی جاذبی مناسب برای حذف فلز سرب از محلول آبی آن می باشد.

تشکر و قدردانی

با سپاس فراوان از زحمات بی دریغ کارکنان محترم آزمایشگاه آکرودیته جهاد دانشگاهی مشهد

منابع

- 1- Bhatnagar, A., Sillanpaa, M., 2010. Utilization of agro-industrial and municipal waste materials as potential adsorbents for water treatment—A review. Chemical Engineering Journal, vol.157, pp.277–296.
- 2- Chuah, T.G., Jumariah, A., Katayon, S., Thomas Choong, S.Y., 2005. Rice

نتایج به دست آمده از محققانی مانند Alam و همکاران در سال ۲۰۱۲ (بیومس تهیه شده از ضایعات انار برای حذف سرب)، Selen Serin و Gönen در سال ۲۰۱۲ (پوست پرتقال برای حذف نیکل)، در سال ۲۰۱۱، Gong و همکاران (کاه برنج اصلاح شده با تیوگلی کولیک اسید برای حذف سرب) و Saikaew و همکاران در سال ۲۰۰۹ (پوست میوه پوملو برای حذف کادمیوم) نیز نشان داد که با افزایش pH و افزایش غلظت اولیه یون های فلزی میزان جذب نیز افزایش یافت و همچنین در زمان های ابتدایی تماس، میزان جذب بالا بود و سپس کاهش یافت. بررسی ساز و کار جذب نیز نشان داد که مدل لانگمیر نسبت به مدل فرندلیچ، جذب سطحی سرب را بر روی پوست گلابی بهتر توصیف کرده و بیانگر تک لایه بودن فرآیند جذب سطحی می باشد.

یافته ها

روش جذب سطحی در مقایسه با سایر روش های جذب فلزات سنگین مانند الکترودیالیز، روش های شیمیایی، استخراج با حلال، فیلتراسیون غشایی و سایر روش ها که گران قیمت و پیچیده هستند و نیاز به دستگاه های گران قیمتی دارند، روشی موثر و اقتصادی می باشد. این روش قابلیت انعطاف پذیری بالایی در طراحی و عمل دارد. این روش، روشی کم هزینه است که جاذب های آن در دسترس و ارزان هستند. از ضایعات

- Thioglycolic acid esterified into ricestraw for removing lead from aqueous solution. *Iranian Journal of Environmental Health Science & Engineering*, vol.8(3), pp. 219 – 226.
- 10- Alam, M., Nadeem, R., Jilani, M.I., 2012. Pb (II) removal from wastewater using Pomegranate waste biomass. *International Journal of Chemical and Biochemical Sciences*, vol, 1, pp. 24 – 29.
- 11- Dekhil, AB., Hannachi, Y., Ghorbel, A., Boubaker, T., 2011. Comparative Study of the Removal of Cadmium from Aqueous Solutions by Using Low-Cost Adsorbents. *Journal of Environmental Science and Technology*, vol.4 (5), pp. 520 – 533.
- 12- Mulgund, M.G., Dabeer, S.P., Dhar, S., Makani, V., Jadhav, B. 2011. Equilibrium Uptake and Column Studies of Pb²⁺, Cu²⁺ and Cd²⁺ Using Waste Eucalyptus Charcoal . *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, vol. 5(4), pp. 135 - 142.
- 13- Sud, D., Mahajan, G., Kaur, M.P., 2008. Agricultural Waste Material as Potential Adsorbent for Sequestering Heavy Metal Ions from Aqueous Solutions – A review. *Bioresource Technology*, vol.99, pp. 6017 – 6027.
- 14- Dhir, B., Kumar, R., 2010. Adsorption of Heavy Metals by *Salvinia* Biomass and Agricultural Residues. *International Journal of Environmental Research*, vol.4(3), pp. 427 – 432.
- 15- Gupta, V.K., Carrott, P.J.M., Ribeiro Carrott, M.M.L., Suhas., 2009. Low-Cost Adsorbents: Growing Approach to Wastewater Treatment-a Review. *Critical Reviews in*
- husk as a potentially low-cost biosorbent for heavy metal and dye removal: an overview. *Desalination*, vol.175, pp. 305–316.
- 3- Wan Ngah, W.W., Hanafiah, M.A.K.M., 2008. Removal of heavy metal ions from wastewater by chemically modified plant wastes as adsorbents: A review. *Bioresource Technology*, vol.99, pp. 3935–3948.
- 4- Alluri, H.K ., Ronda, S.R ., Settalluri, V.S ., Bondili, J.S ., Suryanarayana, V ., Venkateshwar, P., 2007. Biosorption: An eco-friendly alternative for heavy metal removal . *African Journal of Biotechnology*, vol. 6(25), pp. 2924- 2931.
- 5- Egila, J.N., Dauda, B.E.N., Iyaka, Y.A., Jimoh, T., 2011. Agricultural Waste as a Low Cost Adsorbent for Heavy Metal Removal from Waste Water. *International Journal of the Physical Sciences*, vol.6 (8), pp. 2152 – 2157.
- 6- Mesfin Yeneneh, A., Maitra, S., Eldemerdash, V ., 2011. Study on Biosorption of Heavy Metals by Modified Lignocellulosic Waste. *Journal of Applied Sciences*, vol.10, pp. 1 – 8.
- 7- Oliveira, F.D., Soares, A.C., Freitas, O.M., Figueiredo, S.A., 2010. Copper, Nickel and Zinc Removal by Peanut Hulls: Batch and Column Studies in Mono, Tri-Component Systems and with Real Effluent. *Global NEST Journal*, vol.12 (2) , pp.206 – 214.
- 8- Fu, F., Wang, Q., 2011. Removal of Heavy Metal Ions from Waste Waters: A review. *Journal of Environmental Management*, vol.92, pp. 407 – 418.
- 9- Gong, R ., Du, Y ., Li, C ., Zhu, S ., Qiu, Y., Jiang, J ., 2011.

- solution. African Journal of Biotechnology, vol.11 (5), pp.1250-1258.
- 19- 19- Saikaew, W., Kaewsarn, P., Saikaew, Wu., 2009. Pomelo Peel: Agricultural Waste for Biosorption of Cadmium Ions from Aqueous Solutions. World Academy of Science, Engineering and Technology, vol.56, pp. 287 – 291.
- 20- 20- Farooq, U., Kozinski, J.A., Ain Khan, M., Athar, M., 2010. Biosorption of heavy metal ions using wheat based biosorbents – A review of the recent literature .Bioresource Technology, vol.101, and pp.5043–5053.
- Environmental Science and Technology, vol.39, pp.783–842.
- 16- 16-Ahmad Khan, N., Ibrahim, SH., Subramaniam, P., 2004. Elimination of Heavy Metals from Wastewater Using Agricultural Wastes as Adsorbents, Review. Malaysian Journal of Science, vol. 23, pp. 43 – 51.
- 17- 17- Rao, KS. Mohapatra, M., Anand, S., Venkateswarlu, P., 2010. Review on Cadmium Removal from Aqueous Solutions. International Journal of Engineering, Science and Technology, vol.2 (7), pp. 81 – 103.
- 18- 18-Gönen, F., Selen Serin, D., 2010. Adsorption study on orange peel: Removal of Ni (II) ions from aqueous