

The survey of chromium (VI) Adsorption from aqueous solutions by powder and activated Carbon of Pine Cones

Fahimeh Sharifian

PhD student, Department of Science and Water Engineering, School of Agriculture, University of Birjand, Birjand, Iran.

Ali Shahidi

* Associate Professor, Department of Science and Water Engineering, School of Agriculture, University of Birjand, Birjand, Iran.

ashahidi@birjand.ac.ir

Abbas Khashei

Associate Professor, Department of Science and Water Engineering, School of Agriculture, University of Birjand, Birjand, Iran.

Received: 20 November 2017

Accepted: 19 December 2017

ABSTRACT

Background & objective: The hexavalent chromium is a toxic and water-soluble heavy metal that is absorbed and stored through the digestive system and through the skin in the human body. Since the amount of chromium is impermissible in drinking water of Birjand. The purpose of this study was to investigate the possibility of hexavalent chromium elimination from aqueous solutions using pine fruit powder and its activated carbon.

Methods and Materials: In this research, for Calculate removal efficiency (Re), five parameters including contact time, pH, adsorbent dose, initial Cr (VI) concentration and Temperature was studied to evaluate the efficiency of these adsorbents in elimination of chromium. Experiments were intermittently performed in batch reactor on shaker.

Results: The results showed that the adsorption of chromium significantly depends on the pH of the solution. The maximum adsorption rate of chromium was achieved in the pH of 3 for powder, and 1 for activated carbon. The maximum removal efficiency of Cr (VI) was 96/5 % for pine fruit powder, and for activated carbon of pine cones was 93/958%. According to the obtained results, the adsorption of soluble chromium ions was fitted to the Langmuir isotherm model.

Conclusion: The most removal of the hexavalent chromium happened by pine fruit powder and pine cones can be used as an effective and inexpensive method to remove the hexavalent chromium from aqueous solutions.

Document Type: Research article

Keywords: Absorption efficiency, Activated Carbon, Chromium (VI), Isotherm, Pine fruit powder.

► **Citation:** sharifian F, shahidi A, Khashei Siuki A. The survey of chromium (VI) Adsorption from aqueous solutions by powder and activated Carbon Pine Cones. *Journal of Research in Environmental Health*. Autumn 2017;3 (3) : 227-234 .

بررسی مقدار جذب کروم شش ظرفیتی از محلول‌های آبی با استفاده از پودر مخروط کاج و کربن فعال حاصل از آن

چکیده

زمینه و هدف: کروم شش ظرفیتی از جمله فلزات سنگین سمی و قابل حل در آب است که هم از طریق سیستم گوارش و هم از طریق پوست در بدن انسان جذب و ذخیره می‌گردد. میزان کروم در آب شرب شهر بیرجند بیش از حد مجاز است، لذا مطالعه حاضر با هدف بررسی امکان حذف کروم شش ظرفیتی با استفاده از پودر و کربن مخروط کاج و مقایسه این دو جاذب با یکدیگر انجام شد.

مواد و روش‌ها: در این مطالعه برای محاسبه کارایی حذف (Re)، پارامترهای زمان تماس، pH، غلظت اولیه کروم شش ظرفیتی در محلول، غلظت جاذب بر میزان جذب این فلز و اثر دما بررسی شد. آزمایش‌ها به صورت ناپیوسته بر روی شیکر انجام گرفت.

یافته‌ها: میزان جذب کروم به میزان قابل توجهی به pH محلول بستگی دارد و بیشترین میزان جذب زمانی حاصل شد که pH محلول در محدوده ۳ برای پودر و ۱ برای کربن مخروط کاج قرار داشت. حداکثر حذف کروم شش ظرفیتی برای پودر مخروط کاج ۹۶/۵ درصد و برای کربن حاصل از آن ۹۳/۹۵۸ درصد بود. بر اساس نتایج، جذب یون محلول کروم شش ظرفیتی از طریق جاذب‌های مورد استفاده در این پژوهش، از مدل ایزوترمی لانگمیر به خوبی تبعیت می‌کند.

نتیجه‌گیری: بیشترین میزان جذب کروم، توسط پودر مخروط کاج بود و می‌توان از مخروط کاج به عنوان یک روش مؤثر و ارزان قیمت در جهت حذف کروم شش ظرفیتی از پساب‌های آلوده استفاده کرد.

نوع مقاله: مقاله پژوهشی

کلید واژه‌ها: ایزوترم، پودر مخروط کاج، راندمان جذب، کربن فعال، کروم (VI).

فهیمة شریفان

دانشجوی دکتری، گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران.

علی شهیدی

* دانشیار، گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران. (نویسنده مسئول)

ashahidi@birjand.ac.ir

عباس خاشعی سیوکی

۲- دانشیار، گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران..

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۸/۲۹

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۹/۲۸

◀ **استناد:** شریفان ف، شهیدی ع، خاشعی سیوکی ع. بررسی مقدار جذب کروم شش ظرفیتی از محلول‌های آبی با استفاده از پودر مخروط کاج و کربن فعال حاصل از آن. *فصلنامه پژوهش در بهداشت محیط*. پاییز ۱۳۹۶؛ ۳(۳): ۲۲۷-۲۳۴.

مقدمه

آلودگی و کاهش منابع آب سالم، حیات انسان، گیاهان و جانوران را با خطر جدی مواجه کرده است. در واقع طرح این موضوع می‌تواند بیانگر اهمیت مایع حیات باشد که امروزه شاهد نابودی آن به دست انسان‌ها هستیم. بر اساس آمار سازمان جهانی بهداشت، در کشورهای در حال توسعه، ۸۰ درصد بیماری‌ها در ارتباط با آب است (۳، ۱۱).

کروم موجود در پساب‌های صنعتی و طبیعت در دو شکل شش ظرفیتی و سه ظرفیتی یافت می‌شود. کروم شش ظرفیتی در مقایسه با کروم سه ظرفیتی بسیار سمی، سرطان‌زا و جهش‌زا است (۵). تاکنون روش‌های مختلفی از جمله فرآیند اسمز معکوس، الکترودیالیز و تبادل یون برای حذف فلزات سنگین مورد بررسی قرار گرفته است. این فرآیندها به دلیل حذف شدن کامل کروم و همچنین هزینه‌های نسبی بالا، با محدودیت‌هایی روبرو هستند. چنین مشکلاتی باعث شده است که روش حذف زیستی به عنوان گزینه‌ای که هم اقتصادی بوده و هم سازگار با محیط زیست است، مورد توجه قرار گیرد. پسماندهای کشاورزی در میان بیوجاذب‌ها بیشترین کاربرد را دارند. مزیت‌های این ترکیبات شامل هزینه کم، بازده مناسب، حداقل ضایعات و مواد باقی‌مانده و قابل بازیافت کردن می‌باشد (۲).

تحقیقات زیادی در زمینه حذف کروم شش ظرفیتی از محلول‌های آبی با استفاده از ضایعات ارزان انجام شده است. در مطالعه Ameri و Mirzayi (۲۰۱۳) که حذف یون کروم شش ظرفیتی از محلول‌های آبی توسط ضایعات کنجد مورد بررسی قرار گرفت، بیشترین میزان جذب کروم در pH برابر ۲ رخ داد. همچنین نتایج حاکی از آن بود که بازده فرآیند جذب پس از ۱۸۰ min به مقدار تعادلی ۶۲/۴ درصد می‌رسد. با افزایش مقدار جاذب به دلیل افزایش سطح تماس بین جاذب و ماده جذب شونده، میزان جذب افزایش یافت (۴). همچنین Nouri Sepehr و همکاران (۲۰۱۳) به بررسی کارایی تفاله سیب خام و اشکال اصلاح شده آن با پراکسید هیدروژن و کلرید منیزیم در حذف

کروم شش ظرفیتی سمی از محلول‌های سنتتیک پرداختند که نشان داده شد تفاله سیب خام قادر به حذف کروم شش ظرفیتی می‌باشد و چنانچه سطح آن با پراکسید هیدروژن و کلرید منیزیم اصلاح گردد، ظرفیت جذب آن افزایش می‌یابد. مطالعه حاضر با هدف مقایسه ظرفیت جذب جاذب پودر مخروط کاج (به عنوان جاذب کروم شش ظرفیتی از محلول‌های آبی) با کربن حاصل از آن انجام شد.

روش کار

تهیه پودر مخروط کاج:

میوه درخت کاج رسمی از باغ دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند تهیه گردید. جاذب مورد نظر ابتدا جهت حذف ناخالصی‌های آن، چندین بار با آب بدون یون شسته شده و سپس در آن در دمای 100°C به مدت ۲۴ h خشک گردید. پس از خارج کردن از آن، دانه‌های درون مخروط کاج را درآورده و سپس خرد نموده و توسط آسیاب سنگی به پودر تبدیل شد، سپس پودر از الک ۱۰۰ عبور داده شد و پودر درون زیر الک به عنوان پودر مورد نظر مورد استفاده قرار گرفت.

تهیه کربن فعال حاصل از مخروط کاج:

میوه درخت کاج جهت حذف ناخالصی آن با آب بدون یون چندین بار شسته و سپس با دمای 600°C به مدت ۱ h در کوره سوزانده شد. پس از خارج کردن از کوره توسط هاون آزمایشگاهی خرد و به دنبال آن از الک ۱۰۰ عبور داده شد (۶).

تهیه محلول:

جهت تهیه محلول کروم شش ظرفیتی، از ماده دی کرومات پتاسیم استفاده گردید. برای این منظور ۰/۲۸۳ gr از نمک دی کرومات پتاسیم به آب بدون یون اضافه کرده و به حجم ۱۰۰ mL رسانده شد. بدین ترتیب محلول مادر 1000 mg/L از کروم شش ظرفیتی تهیه گردید. محلول‌های کاربردی به صورت روزانه و با رقیق‌سازی محلول مادر تهیه گردید. از اسید نیتریک

و سود ۱ نرمال جهت تنظیم pH محلول استفاده گردید (۱۳)، جهت بررسی آزمایشات جذب، پارامترهای مختلفی از جمله pH محلول (۹-۱)، زمان واکنش (۱۵-۱۸۰ min)، میزان جاذب (۰/۲-۳ gr)، غلظت محلول (۵-۲۰۰ mg/L) و دمای محلول (۱۵-۳۰°C) مورد بررسی قرار گرفت. جهت تعیین غلظت نهایی کروم شش ظرفیتی از دستگاه جذب اتمی مدل Shimad-zuAA-6300-Japan استفاده شد و همچنین تمام آزمایشات با سه بار تکرار انجام گرفت (۱۷).

مقدار کروم جذب شده که به ازای واحد جرم جاذب است، با استفاده از رابطه ۱ قابل محاسبه است:

(۱)

که در آن q_e غلظت ماده جذب شونده در فاز جامد بر حسب mg/g ، C_0 غلظت اولیه ماده جذب شونده در محلول (mg/L) ، C_e غلظت نهایی ماده جذب شونده بعد از برقراری تعادل (mg/L) ، V حجم محلول (L) و m جرم جاذب بر حسب gr است.

بررسی مدل‌های جذب:

مدل‌های جذب فیزیکی لانگمویر و فروندلیچ دو مبنای متداول در حذف آلاینده‌ها محسوب می‌شوند.

مدل جذب لانگمویر (۱۲): ایزوترم جذب لانگمویر یکی از قوانین معتبر فیزیکی در مورد جذب می‌باشد که در بسیاری از موارد صادق می‌باشد. برای جذب تک لایه‌ای روی سطوح با تعداد محدودی از موقعیت‌های جذب یکسان به کار می‌رود. رابطه آن به صورت رابطه ۲ می‌باشد:

$$q_e = \frac{Q_{max} K_L C_e}{(1 + b C_e)} \quad (2)$$

که در آن q_e مقدار آلاینده جذب شده بر حسب (mg/g) در هر لحظه، Q_{max} حداکثر ظرفیت جذب به وسیله توده زیستی (mg/g) ، K_L یا b ثابت تعادلی که به میزان تمایل جذب شونده به توده زیستی بستگی دارد و C_e غلظت تعادلی آلاینده یا

جذب نشده (mg/L) است. نمودار q_e بر حسب ۱۱۱۱ به صورت یک تابع هموگرافیک است که مقدار q_e در هر C_e از رابطه به دست می‌آید.

معادله لانگمویر به صورت رابطه ۳ به شکل خطی در می‌آید:

$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{Q_0 b} + \frac{C_e}{Q_0} \quad (3)$$

که مقادیر q_e و b را می‌توان به ترتیب از شیب و عرض از مبدأ آن به دست آورد. شاخص بدون بعد (R_L) نیز برای بررسی قابلیت استفاده از معادله لانگمویر به کار برده می‌شود و به صورت رابطه ۴ بیان می‌شود (۱۶):

$$R_L = \frac{1}{1 + C_0 b} \quad (4)$$

که C_0 غلظت اولیه محلول و b ثابت لانگمویر است. اگر مقدار $R_L > 1$ باشد، استفاده از مدل نامناسب، اگر $R_L = 1$ باشد، استفاده از حالت خطی مدل مناسب، اگر $0 < R_L < 1$ باشد، مدل مناسب و اگر $R_L = 0$ باشد، مدل ناکارآمد است.

مدل جذب فروندلیچ (۸): ایزوترم جذب فروندلیچ برای جذب روی سطح ناهمگن معتبر است و معادله آن به صورت رابطه ۵ می‌باشد:

$$q_e = K_f \cdot C_e^{\frac{1}{n}} \quad (5)$$

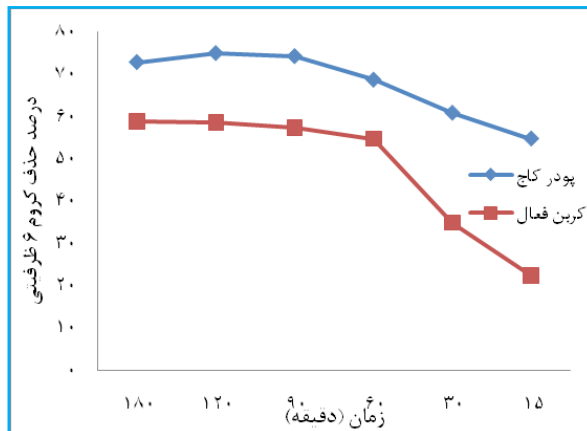
که در آن q_e و C_e مشابه موارد مطرح شده در رابطه لانگمویر هستند، K_f و n ثابت‌های مدل فروندلیچ هستند که به ترتیب معرف ظرفیت جذب و شدت جذب هستند که از شیب و عرض از مبدأ فرعی خطی شده معادله به صورت رابطه ۶ به دست می‌آید:

$$\log q_e = \log K_f + \frac{1}{n \log C_e} \quad (6)$$

یافته‌ها

بررسی تأثیر pH محلول:

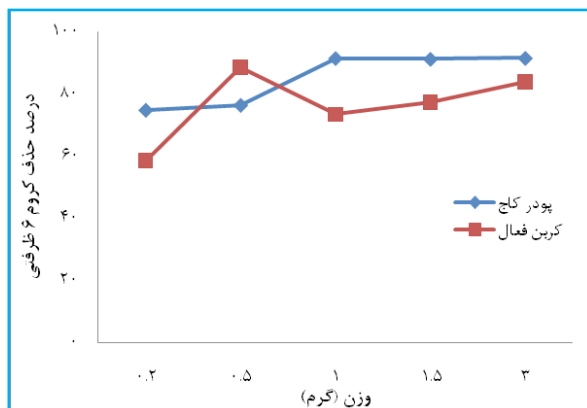
نتایج حذف کروم در آزمایشات اثر pH در شکل ۱ ارائه شده



شکل ۲. تأثیر زمان تماس بر روی کارایی حذف ($pH=3$) برای پودر و $pH=1$ برای کربن فعال آن، مقدار ماده جاذب 2 gr ، غلظت اولیه کروم شش ظرفیتی 50 L/mg و دما 22°C)

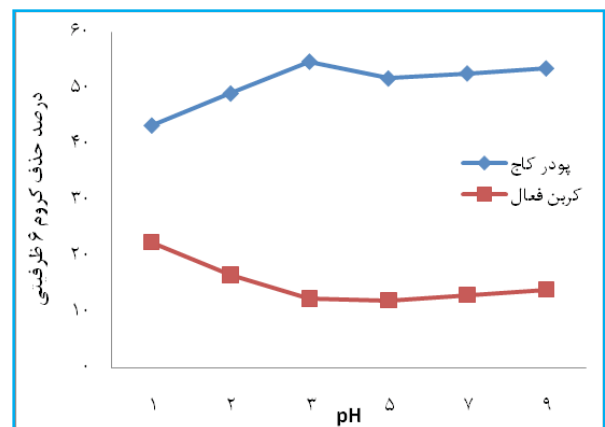
بررسی تأثیر مقدار جاذب:

نتایج اثر مقدار جاذب در pH های بهینه و زمان تماس 120 min برای هر دو جاذب در شکل ۳ ارائه شده است. همانگونه که در این شکل مشاهده می‌شود، راندمان حذف کروم شش ظرفیتی از 75 درصد به $91/724$ درصد برای مقادیر جاذب پودر مخروط کاج 3 gr می‌باشد و حداکثر جذب توسط این جاذب در 3 gr اتفاق می‌افتد. همچنین برای جاذب کربن فعال حاصل از مخروط کاج، حداکثر راندمان حذف در مقدار جاذب $0/5\text{ gr}$ اتفاق می‌افتد که در این مقدار جاذب، راندمان حذف $88/8$ درصد می‌باشد که این شکل نشان‌دهنده افزایش راندمان حذف کروم شش ظرفیتی در اثر افزایش مقدار این دو جاذب می‌باشد.



شکل ۳. اثر وزن جاذب در راندمان حذف کروم شش ظرفیتی $pH=3$ برای پودر و $pH=1$ برای کربن فعال آن، غلظت اولیه کروم 50 L/mg ، زمان تماس 120 min و دما 22°C)

است. همانگونه که مشاهده می‌شود، pH بهینه برای حذف کروم توسط پودر مخروط کاج ۳ می‌باشد و پایین‌تر و بالاتر از این مقدار، منجر به کاهش کارایی حذف می‌شود. در $pH=3$ ، $54/8$ درصد از کروم شش ظرفیتی توسط جاذب مورد نظر حذف گردید. همچنین با توجه به این شکل، بیشترین میزان حذف کروم شش ظرفیتی توسط کربن فعال حاصل از مخروط کاج در $pH=1$ اتفاق می‌افتد که این pH بهینه می‌باشد و با افزایش pH محلول به ۹، کارایی حذف به‌طور چشم‌گیری کاهش می‌یابد.



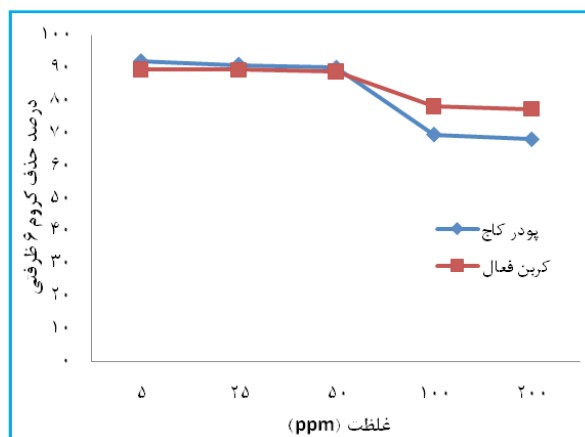
شکل ۴. تأثیر تغییرات pH بر روی کارایی حذف (غلظت اولیه کروم شش ظرفیتی 50 L/mg ، مقدار ماده جاذب 2 gr ، زمان تماس 15 min و دما 22°C)

بررسی تأثیر زمان تماس:

زمان تماس، یکی از عوامل تأثیرگذار بر فرآیند جذب در حالت ناپیوسته است. نتایج اثر زمان تماس در pH بهینه ۳ برای پودر مخروط کاج و pH بهینه ۱ برای کربن فعال آن در شکل ۵ ارائه شده است. همانگونه که در شکل ۲ مشاهده می‌شود، حداکثر درصد حذف توسط پودر مخروط کاج و کربن فعال حاصل از آن که با افزایش زمان تماس از ۱۵ به ۱۲۰ min افزایش می‌یابد، به ترتیب از $54/8$ به 75 و $22/54$ به $58/74$ درصد افزایش می‌یابد و در زمان 180 min ، راندمان حذف برای هر دو جاذب ثابت می‌شود که زمان 120 min همان زمان تعادل در آزمایش‌هاست.

بررسی تأثیر غلظت محلول:

نتایج اثر غلظت اولیه محلول در pH های بهینه، زمان تماس ۱۲۰ min و مقادیر بهینه برای هر دو جاذب در شکل ۴ ارائه شده است. با توجه به شکل، حداکثر راندمان جذب توسط پودر مخروط کاج ۹۲/۰۸ درصد و برای کربن حاصل از آن ۸۶/۶۲ درصد و برای هر دو جاذب در غلظت کروم ۵ ppm می باشد. با توجه به شکل می توان گفت که هرچه غلظت اولیه کروم افزایش یابد، راندمان جذب کاهش می یابد. بنابراین می توان گفت غلظت محلول بهینه برای جاذب های پودر مخروط کاج و کربن فعال حاصل از آن ۵ ppm می باشد.



شکل ۴. اثر غلظت اولیه کروم بر روی کارایی حذف (pH=۳) برای پودر و pH=۱ برای کربن فعال آن، مقدار ماده جاذب برای پودر ۳ و برای کربن ۰/۵ گرم، زمان تماس ۱۲۰ min و دما ۲۲°C)

بررسی تأثیر دما:

نتایج اثر دما در pH های بهینه، زمان تماس ۱۲۰ min، مقادیر بهینه جاذب و غلظت ۵ ppm برای هر دو جاذب در شکل ۵ ارائه شده است. با توجه به شکل می توان گفت برای جاذب پودر مخروط کاج در دمای ۲۵ °C بیشترین میزان حذف کروم شش ظرفیتی اتفاق می افتد؛ به طوری که در این دما، راندمان حذف ۹۶/۵ درصد برای این جاذب مشاهده گردید. همچنین برای کربن فعال حاصل از مخروط کاج در دمای ۴۰ °C بیشترین میزان حذف کروم شش ظرفیتی اتفاق می افتد؛ به طوری که در این دما، راندمان

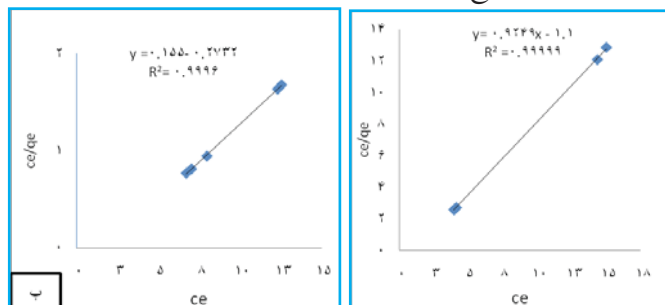
حذف ۹۳/۹۵۸ درصد مشاهده گردید.



شکل ۵. اثر دما بر روی کارایی حذف (pH=۳) برای پودر و pH=۱ برای کربن فعال آن، مقدار ماده جاذب برای پودر ۳ و برای کربن ۰/۵ گرم، زمان تماس ۱۲۰ min و غلظت ۵ ppm)

نتایج ایزوترم های جذب:

در این مطالعه محاسبات لازم برای مدل های خطی لانگمیر و فروندلیچ انجام و پارامترها و ثابت های این دو ایزوترم اندازه گیری شدند. مقدار عددی ثابت های محاسبه شده برای توصیف رفتار جذبی کروم شش ظرفیتی بر روی جاذب های مورد مطالعه و نیز ضریب تعیین (R^2) برای هر یک از ایزوترم ها در جدول ۱ بیان شده است. مقایسه ضریب تعیین به دست آمده از رسم منحنی های هر یک از ایزوترم ها، می تواند به عنوان معیار مناسبی برای بیان تطبیق داده ها و ایزوترم های مذکور باشد. همانطور که در جدول ۱ مشاهده می شود، ایزوترم لانگمیر نسبت به ایزوترم فروندلیچ مطابقت بیشتری با داده ها دارد. نتایج حاصل از مدل های ایزوترمی لانگمیر و فروندلیچ به ترتیب در شکل های ۶ و ۷ ارائه شده است.



شکل ۶. ایزوترم لانگمیر برای جاذب های پودر (الف) و کربن (ب) مخروط کاج

یون‌های محلول فلزات سنگین توسط جاذب‌های مختلف انجام شده است، مقدار جاذب به کار رفته، به عنوان یکی از عوامل مؤثر بر فرآیند جذب سطحی فلزات سنگین، معرفی و اثر آن بررسی شد. مطالعه مشابهی که توسط Nameni و همکاران (۲۰۱۱) جهت حذف کروم با استفاده از سبوس برنج انجام شد، نشان داد با افزایش میزان جاذب، راندمان جذب افزایش می‌یابد (۱۴).

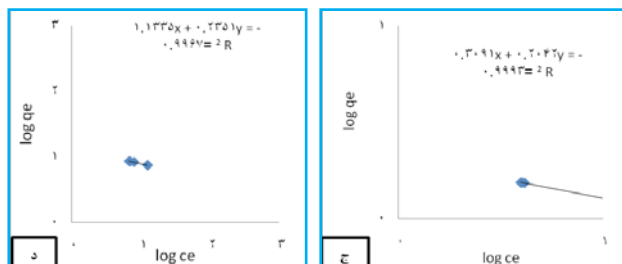
شکل ۴ نشان می‌دهد که با افزایش غلظت اولیه کروم شش ظرفیتی، میزان درصد حذف این فلز سنگین در محلول کاهش می‌یابد. جاذب‌ها، دارای تعداد محل‌های فعال محدودی هستند که در غلظت‌های بالا اشباع می‌شوند.

با افزایش دما، میزان درصد حذف افزایش چشمگیری می‌یابد. می‌توان دلیل افزایش درصد حذف در این قسمت را افزایش سرعت واکنش جذب به علت گرماگیر بودن این فرآیند دانست.

بررسی روابط نشان می‌دهد که ضرایب همبستگی مدل‌های ایزوترم لانگمیر و فروندلیچ قابل قبول و نزدیک به هم می‌باشند. برای پودر مخروط کاج و کربن حاصل از آن، ضریب همبستگی مدل ایزوترم لانگمیر (۰/۹۹۹۷) بیشتر از مدل فروندلیچ (۰/۹۹۹۶) بود، بنابراین می‌توان گفت داده‌های آزمایشگاهی جذب کروم شش ظرفیتی در این پژوهش برای هر دو جاذب به خوبی از مدل ایزوترم لانگمیر پیروی کرد. در دو مطالعه‌ای که توسط Yuan و همکاران (۲۰۱۰) و Abou و همکاران (۲۰۱۱) انجام شد، جذب کروم توسط جاذب مگنتیت از مدل ایزوترم لانگمیر پیروی کرد که با نتایج مطالعه حاضر همخوانی داشت (۱، ۱۷).

نتیجه‌گیری

برای هر دو جاذب پودر مخروط کاج و کربن فعال آن ایزوترم‌های جذب سطحی فروندلیچ و لانگمیر مورد بررسی قرار گرفت که بر طبق نتایج مقدار ضریب تبیین مدل لانگمیر بالاتر از مدل فروندلیچ بود، که نشان‌دهنده تناسب خوب مدل تک لایه‌ای لانگمیر برای جذب کروم شش ظرفیتی از طریق هر دو جاذب



شکل ۷. ایزوترم فروندلیچ برای جاذب‌های پودر (ج) و کربن (د) مخروط کاج

جدول ۱. مقادیر پارامترهای ثابت معادلات لانگمیر و فروندلیچ برای جاذب‌ها

ایزوترم ثابت‌ها	لانگمیر			فروندلیچ		
	R^2	q^0	b	R^2	K_f	n
پودر مخروط کاج	۰/۹۹۹۷	۱/۰۸	۰/۸۴	۰/۹۹۹۳	۲	۴/۸۹
کربن فعال پودر مخروط کاج	۰/۹۹۹۶	۶/۴۵	۰/۵۶	۰/۹۹۶۷	۱۳/۶	۴/۲۵

بحث

به طور کلی pH محلول نقش مؤثری در جذب کروم شش ظرفیتی با پودر مخروط کاج و کربن فعال آن دارد. همانطور که در شکل ۱ مشاهده شد با افزایش pH راندمان حذف کروم با استفاده از جذب بر روی پودر مخروط کاج و کربن فعال آن کاهش می‌یابد. برخی مطالعات گذشته نشان داده‌اند که pH محلول‌های حاوی کروم، عموماً بسیار اسیدی می‌باشند که به علت غالب بودن نوع گونه آنیونی کروم شش ظرفیتی (HCro^{4-}) و مثبت بودن بار سطحی این جاذب‌ها می‌باشد (۹).

حذف کروم شش ظرفیتی با افزایش مقدار جاذب‌های پودر مخروط کاج و کربن فعال آن و زمان تماس افزایش می‌یابد که علت آن افزایش سطح فعال و محل‌های جذب قابل دسترسی برای این جاذب‌ها می‌باشد. در مطالعه‌ای Ghaneian و همکاران (۲۰۱۴) از پودر هسته انار جهت حذف کروم ۶ ظرفیتی استفاده شد. در این مطالعه، زمان تعادل در زمان تماس ۱۲۰ min دقیقه مشاهده گردید (۱۰) که نتایج مشابهی با مطالعه حاضر داشت. همچنین با افزایش مقدار جاذب، تعداد جایگاه‌های قابل دسترسی افزایش یافته و کارایی جاذب برای حذف یون‌های فلزی افزایش می‌یابد. در مطالعات متعددی که بر روی جذب

سنگین کروم را از محلول‌های آبی حذف کرده و می‌توان از هر دو جاذب به عنوان یک روش مؤثر و ارزان قیمت در جهت حذف کروم شش ظرفیتی از پساب‌های آلوده استفاده کرد.

تشکر و قدردانی

این مقاله برگرفته از پایان‌نامه ارشد فهیمه شریفان با شماره ۲۳۱۷۳۹۲ می‌باشد. بدین‌وسیله از دانشگاه بیرجند به دلیل حمایت‌های مالی تشکر و قدردانی می‌شود.

است. در مدل لانگمیر فرض می‌شود که مناطق جذب واقع بر سطح جسم جاذب یکنواخت بوده و همگی دارای قدرت جذب یکسان هستند، در نتیجه ضخامت لایه جاذب در تمام نقاط سطح یکسان بوده و برابر با یک لایه از مولکول جذب‌شونده خواهد بود. نتایج آزمایشات حاکی از آن است که بیشترین میزان جذب کروم، توسط پودر مخروط کاج بود و بر اساس نتایج، جاذب پودر مخروط کاج نسبت به کرین حاصل از آن به‌طور مؤثرتری فلز

References:

1. Abou EL, Reash YG, Otto M, Kenawy IM, Ouf A M. Adsorption of Cr (VI) and As (V) ions by modified magnetic chitosan chelating resin. *INT J BIOL MACRO MOL*. 2011; 2907:1-10.
2. Ahmad Khan N, Ibrahim SH, Subramaniam P. Elimination of Heavy Metals from Wastewater Using Agricultural Wastes as Adsorbents. *Malaysian Journal of Science*. 2004; VOL 23, pp. 43 – 51.
3. **Ahmadiyan F**. Removal of Hexavalent Chromium from wastewater using iron oxide nanoparticles and nano-filtration process. [Ms. Thesis]. Faculty of Engineering. Islamic Azad University. Quchan; 2011. (Persian)
4. Ameri A, Mirzayi F. Enzymatic removal of phenolic contaminants from industrial wastewater. *Journal of Water and Wastewater*. 2013; 68:2-8. (Persian)
5. APHA. AWWA. WPCF. Standard methods for Examination of water and Wastewater: 21th ed. Washington D.C, USA. 2005; 3: 67-68.
6. **Barghaei M**, Hasani A, Yazdan bakhsh H, Shahangiyan M. The study of the efficiency of natural adsorbents (Coal Pine, Kaolinite, Coalwood, Activated Carbon and Sawdust) in the removal of detergent. *Environmental science and technology*. 2007; 12(4). (Persian)
7. Cavaseno V. Industrial wastewater and solid waste engineering. NEW YORK: Chemical Engineering. 1980;405P.
8. Freundlich HMF. Über die adsorption in losungen, *Zeitschrift fur physikslische Chemie*. 1906; 470-57:385.
9. Garg VK, Gupta R, Kumar R, Gupta RK. Adsorption of chromium from aqueous solution on treated sawdust. *Bioresour Technol*. 2004; 92:79-81.
10. Ghaneian M, Jamshidi B, Amrollahi M, Dehvari M, Taghavi M. Application of biosorption process by pomegranate seed powder in the removal of hexavalent chromium from aquatic environment. *Koomesh*. 2014; 15(2):206-211. (Persian)
11. Khazaei A. Remove Chrome using agricultural waste. [Ms. Thesis]. Faculty of Engineering. Islamic Azad University, Quchan; 2007. (Persian)
12. Langmuir I. The constitution and fundamental properties of solids and liquids. *J Am Chem Soc*. 1916; 95-38:2221.
13. Mansori S, Shahidi A, Khashei siuki A. Study chromium removal from wastewater samples by the bitter fruit of the olive tree decoration a natural adsorbent. [M.SC Thesis]. Iran. University of Birjand; 2016. (Persian)
14. Nameni M, Alavi S, Arami M. Rice Bran is a natural absorbent suitable for removing chromium from drinking water. *Environmental science and technology*. 2011; 15:45-55. (Persian)
15. Nouri Sepehr M, Taghva M, Zarabi M. The capability of raw potato pulp and bugs corrected with hydrogen peroxide and magnesium chloride in the removal of toxic hexavalent chromium from solutions Sntytk. *Journal of Alborz University of Medical Sciences*. 2013; 4:253-260. (Persian)
16. Rao R A, Rehman F. Adsorption Studies on Fruits of Gular (*Ficus glomerata*): Removal of Cr (VI) from Synthetic wastewater. *Journal of Hazardous Materials*. 2010; 181: 405-412.
17. Taheriyani P, Najafi M, Shahidi A. Study of chromium removal from wastewater in a fixed bed and a movable column of absorbent natural Grape leaves. [M.SC Thesis]. Iran. University of Birjand. 2015. (Persian)
18. Yuan P, Liu D, Fan M, Yang D, Zhu R, Ge F. Removal of Hexavalent Chromium from Aqueous Solution by the Diatomite-supported/unsupported magnetite. *J Hazardous Mat*. 2010; 73:614-21.
19. Zongo I, Leclerc J P, Maïga H A, Wethe J, Lapique F. Removal of Hexavalent Chromium from Industrial Wastewater by Electrocoagulation: A comprehensive comparison of Aluminum and Iron Electrodes. *Sep Puri Technol*. 2009; 66: 159-166.