

بررسی کارایی ستون جریان پیوسته پودر مخروط کاج در حذف کروم VI  
از محلول‌های آبی  
فهیمة شریفان، علی شهیدی و عباس خاشعی سیوکی

دوره ۳، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۶، صفحات ۱۸۹ - ۱۸۱

Vol. 3(2), Summer 2017, 181 - 189

**Assessing the Efficiency of Continuous Flow  
Column of Pine Fruit Powder in Removal of  
Chromium (VI) from Aqueous Solution**

Sharifan F., Shahidi A. and Khashei Siuki A.



[www.jewe.ir](http://www.jewe.ir)

OPEN ACCESS

نحوه ارجاع به این مقاله: شریفان ف.، شهیدی ع. و خاشعی سیوکی ع. (۱۳۹۶). بررسی کارایی ستون جریان پیوسته پودر مخروط کاج در حذف کروم (VI) از محلول‌های آبی. محیط‌زیست و مهندسی آب، جلد ۳، شماره ۲، صفحات: ۱۸۹ - ۱۸۱.

**How to cite this paper:** Sharifan F., Shahidi A. and Khashei Siuki A. (2017). Assessing the efficiency of continuous flow column of pine fruit powder in removal of chromium (VI) from aqueous solution. J. Environ. Water Eng., 3(2), 181 - 189.

## بررسی کارایی ستون جریان پیوسته پودر مخروط کاج در حذف کروم VI از محلول‌های آبی

فهیمة شریفان<sup>۱\*</sup>، علی شهیدی<sup>۲</sup> و عباس خاشعی سیوکی<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup> کارشناسی ارشد، گروه علوم و مهندسی آب، گرایش آبیاری و زهکشی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران

<sup>۲</sup> دانشیار، گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران

\*نویسنده مسئول: fahime.sharifan@yahoo.com

تاریخ دریافت: [۱۳۹۵/۰۲/۰۸]

تاریخ پذیرش: [۱۳۹۶/۰۳/۱۵]

### چکیده

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. هدف از این مطالعه حذف کروم شش ظرفیتی از محلول‌های آبی به وسیله پودر مخروط کاج به روش پیوسته بوده است. جاذب مورد نظر در شرایط آزمایشگاهی تهیه و با استفاده از الک استاندارد ASTM با اندازه مش ۱۰۰ دانه بندی شد. برای تهیه محلول استوک کروم از دی کرومات پتاسیم استفاده شد و غلظت کروم در نمونه‌ها با استفاده از دستگاه جذب اتمی تعیین گردید. به منظور بررسی رفتار جاذب در ستون بستر ثابت، ستون شیشه‌ای به طول ۲۵ سانتی‌متر و قطر ۲/۵ سانتی‌متر مورد استفاده قرار گرفت. اثر غلظت اولیه کروم و دبی، مورد بررسی قرار گرفت. نتایج آزمایش‌ها نشان داد که بیشینه یون کروم شش ظرفیتی جذب شده بر روی جاذب، ۳۸/۷۴۸ mg/g در شرایط دبی ۱۲ ml/min و غلظت اولیه ۰/۱۱ mg/l به دست آمد. با توجه به نتایج به دست آمده، کل مقدار یون کروم جذب شده و ظرفیت جذب ستون با افزایش دبی کاهش یافته و با افزایش غلظت کروم ورودی افزایش می‌یابد. در دبی ۴ ml/min و غلظت ۰/۱۵ mg/l یون کروم شش ظرفیتی به خوبی از روی ستون با جاذب پودر مخروط کاج حذف می‌شود. نتایج نشان دادند که می‌توان از پودر مخروط کاج به عنوان یک روش مؤثر و ارزان قیمت در جهت حذف کروم شش ظرفیتی از پساب‌های آلوده استفاده کرد.

واژه‌های کلیدی: پودر مخروط کاج، جریان پیوسته، جذب، کروم (VI)

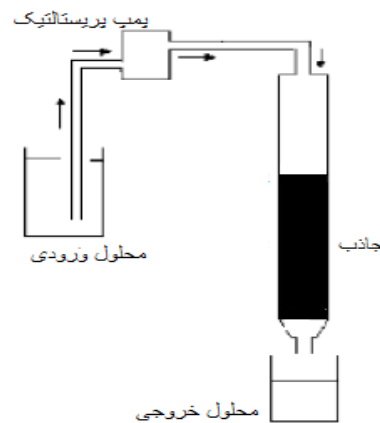
## ۱- مقدمه

آلودگی آب به دلیل تخلیه نامناسب فاضلاب شهری و صنعتی، وجود آلاینده‌های سمی و مدیریت نامناسب مواد زائد جامد، سلامتی بشر را به صورت جدی تحت تأثیر قرار می‌دهد. با توجه به حجم عظیم فاضلاب‌های تولیدی، تلاش برای دستیابی به نحوه دفع مناسب فاضلاب در محیط‌زیست ضروری می‌باشد. دسته مهمی از آلاینده‌ها که برای محیط‌زیست و سلامت انسان‌ها خطر جدی محسوب می‌شوند، فلزات سنگین هستند که امروزه غلظت آنها در محیط‌زیست، با گسترش شهرها و توسعه صنایع، رابطه مستقیم دارد. فلزات سنگین، در دسته آلاینده‌های درجه اول سمی قرار دارند. ترکیبات سمی درجه اول، موادی هستند که دارای خطرات زیست‌محیطی بوده و برای سلامت بشر زیان‌آورند. اغلب فلزات سنگین، در واکنش‌های بیولوژیک سلول‌های موجودات زنده دخالت می‌نمایند و باعث اختلال در فعالیت‌های متابولیکی می‌شوند. برخی فلزات سنگین مانند: جیوه، سرب، کادمیوم، مس، کروم و نیکل، حتی در مقادیر کم و جزئی نیز سمی می‌باشند (Lefebvre and Edwards 2010). کروم از طریق تخلیه فاضلاب‌های صنایع از جمله دباغی، نساجی، آبکاری فلزات، پرداخت فلز، رنگریزی، تولید نیشکر، کارخانه‌های شیمیایی، تصفیه سنگ معدن و مواد نفتی و تولید رنگ به منابع آب وارد می‌شود (Donmez and Zumriye 2002; Yuan et al. 2009). کروم در طبیعت در حالت‌های اکسیداسیون  $Cr^{3+}$  و  $Cr^{6+}$  وجود دارد (Yuan et al. 2010)، و حضور عمده کروم در محلول‌های آبی به شکل آنیون‌های کرومات و دی کرومات می‌باشد (Yuan et al. 2009; Elwakeel 2010). حداکثر مجاز  $Cr^{3+}$  و  $Cr^{6+}$  در آب آشامیدنی به ترتیب ۵ و ۰/۵ میلی‌گرم بر لیتر است (Dong et al. 2008). در سیستم‌های بیولوژیکی، کروم شش ظرفیتی در نتیجه‌ی شرایط اکسیداسیون قوی ایجاد می‌شود و به دلیل خاصیت اکسید شدن، اثرات سمی قوی دارد. همچنین دارای سمیت بالا و تحرک زیاد بوده و بسیار ناپایدار است. کروم سه ظرفیتی یک میکرو مغذی اساسی برای بسیاری از موجودات زنده است و نسبت به کروم شش ظرفیتی سمیت و حلالیت کمتری دارد (Yuan et al. 2010; Wu et al. 2009; Coelho et al. 2008). تاکنون روش‌های مختلفی از جمله فرآیند اسمز معکوس، الکترودیالیز و تبادل یون برای حذف فلزات سنگین مورد بررسی قرار گرفته است. این فرایندها به دلیل حذف شدن کامل کروم و همچنین هزینه‌های نسبی بالا محدودیت‌هایی دارند. وجود چنین مشکلاتی محققان را بر آن داشته است که به دنبال روش‌های جدید در این زمینه باشند. تحقیقات زیادی برای کاربرد و استفاده از روش‌هایی که به‌سادگی قابل استفاده و کم‌هزینه باشند، صورت گرفته است. جذب، یک فرآیند بسیار مؤثر و دارای کاربردهای متنوعی می‌باشد و امروزه به‌عنوان یک روش اقتصادی و کارا برای حذف فلزات سنگین از محیط‌های آبی محسوب می‌شود (Ping- Jing et al. 2010). قوانین و استانداردهای دفع فاضلاب صنعتی، روزبه‌روز سخت‌گیرانه‌تر می‌شوند و از طرفی با توجه به گسترش صنایع مختلف و وارد شدن فلزات، همواره باید از روش‌های جدید، کارآمد و کم‌هزینه، برای تصفیه و حذف آلاینده‌ها به‌خصوص کروم شش ظرفیتی استفاده نمود. تاکنون تحقیقات زیادی در زمینه حذف عناصر سنگین به روش پیوسته انجام شده است که می‌توان به بررسی مشخصه‌های رفتار ستون کربن فعال تولیدشده از مخروط کاج در جذب رنگ از محلول‌های آبی توسط (Samarghandi et al. 2010) اشاره نمود. در این بررسی مقادیر ظرفیت کسری ناحیه انتقال جرم به ترتیب برای رنگ‌های AB13 و AB1 برابر با ۰/۲۷۱ و ۰/۳۶۹ تعیین شد. پایین بودن مقدار مشخصه ظرفیت کسری ناحیه انتقال جرم باعث افزایش طول ناحیه انتقال جرم در مورد هر دو رنگ شد. بنابراین افزایش دادن ظرفیت کسری ناحیه انتقال جرم در جذب رنگ با استفاده از کربن فعال از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. همچنین در تحقیق دیگری توسط (Raftari et al. 2010)، حداکثر میزان جذب فلز سرب در آزمایش‌های پیوسته برای جاذب زائادات برگ چای و پوشال گندم ۹۹/۵ درصد و مقدار جذب فلز به‌وسیله‌ی خاکاره و پوسته شلتوک برنج ۹۵ و ۶۳ درصد به دست آمد. مخروط کاج نیز می‌تواند به‌عنوان ماده‌ای آلی به‌منظور تولید کربن فعال مورد استفاده قرار گیرد. درخت کاج به‌عنوان یک درخت تزئینی در اکثر پارک‌ها و تفرجگاه‌ها در ایران مورد استفاده قرار می‌گیرد و همچنین با شرایط اقلیمی بخش‌های مختلف ایران

سازگار است، بنابراین می‌توان مخروط‌های کاج را که بعد از باز شدن پس از مدتی از درخت جدا شده و به زمین می‌افتند، جمع‌آوری و به‌عنوان ماده اولیه برای تولید جاذب موردنظر مورد استفاده قرار داد. هدف از این پژوهش بررسی کارایی جاذب پودر مخروط کاج در حذف کروم (VI) از محلول‌های آبی به روش جریان پیوسته می‌باشد.

## ۲- مواد و روش‌ها

در این مطالعه، میوه درخت کاج رسمی از باغ دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند تهیه گردید. جاذب مورد نظر ابتدا جهت حذف ناخالصی‌های آن با آب بدون یون چندین بار شسته شده و سپس در آن در دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت خشک گردید. پس از خارج کردن از آن خرد شده و به‌وسیله آسیاب سنگی به پودر تبدیل شد. سپس پودر از الک ۱۰۰ عبور داده و پودر زیر الک به‌عنوان جاذب مورد استفاده قرار گرفت. جهت تهیه محلول کروم ۶ ظرفیتی از ماده دی کرومات پتاسیم استفاده گردید. برای این منظور، ۰/۲۸۳ گرم از نمک دی کرومات پتاسیم به آب بدون یون اضافه و به حجم ۱۰۰ میلی‌لیتر رسانده شد. بدین ترتیب محلول مادر  $1000 \text{ mg/L}$  از کروم ۶ ظرفیتی تهیه گردید. محلول‌های کاربردی به‌صورت روزانه و با رقیق‌سازی محلول مادر تهیه گردید. از اسید نیتریک و سود ۱ نرمال جهت تنظیم pH محلول (Cp-505) استفاده گردید. اندازه‌گیری غلظت کروم (VI) نیز با استفاده از دستگاه جذب اتمی انجام شد. آزمایش‌های ستون بستر ثابت با به‌کارگیری ستون شیشه‌ای با ارتفاع ۲۵ سانتی‌متر و قطر داخلی ۲/۵ سانتی‌متر انجام پذیرفت. در این آزمایش‌ها، ستون تا ارتفاع ۱۰ سانتی‌متر از پودر مخروط کاج پر شد. محلول کروم با pH برابر ۳ در دمای آزمایشگاه ( $22^\circ\text{C}$ ) به‌صورت جریان ثقلی و به‌وسیله پمپ پریستالتیک به داخل ستون پمپاژ گردید. اثر نرخ جریان و غلظت کروم اولیه بر جذب کروم به‌وسیله مخروط کاج به‌وسیله ستون آزمایشگاهی و پمپ پریستالتیک نشان داده شده در شکل (۱) بررسی شد. در تمام آزمایش‌های ستونی، محلول یون فلزی تا زمانی که غلظت محلول خروجی ( $C_t$ ) به غلظت محلول ورودی ( $C_0$ ) برسد، به‌وسیله پمپ به داخل ستون تزریق و سپس در فواصل زمانی مختلف، از خروجی ستون نمونه‌برداری شد.



شکل ۱- نمای ستون آزمایشگاهی مورد استفاده

حجم سیال خروجی را می‌توان از معادله (۱) به دست آورد:

$$V_{\text{eff}} = Qt$$

(۱)

که در آن  $Q$  و  $t$  به ترتیب دبی حجمی ( $\text{ml}/\text{min}$ ) و زمان جریان کل ( $\text{min}$ ) می‌باشند. مساحت زیر منحنی شکست ( $A$ ) با انتگرال‌گیری از منحنی غلظت کروم جذب‌شده ( $C_r$ ) در مقابل زمان ( $t$ ) از رابطه‌ی (۲) قابل‌محاسبه بوده و از آن می‌توان در محاسبه مقدار کل فلز جذب‌شده ( $q_{\text{total}}$ ) در ستون برای غلظت ورودی و دبی داده‌شده، استفاده نمود.

$$q_{\text{total}} = \frac{QA}{1000} = \frac{Q}{1000} \int_{t=0}^{t=\text{total}} C_r dt \quad (2)$$

مقدار کل یون فلزی ورودی به ستون ( $m_{\text{total}}$ ) و حذف کل (%) به ترتیب از معادلات (۳) و (۴) قابل‌محاسبه است (Padmesh et al. 2005).

$$m_{\text{total}} = \frac{C_0 q_{\text{total}}}{1000} \quad (3)$$

$$\text{TotalRemoval}(\%) = \frac{q_{\text{total}}}{m_{\text{total}}} \times 100 \quad (4)$$

ظرفیت جذب ستون ( $q_{\text{eq}}$ ) را می‌توان با استفاده از معادله (۵) به صورت مقدار کل یون جذب‌شده در پایان زمان جریان کل ( $q_{\text{total}}$ ) در واحد جرم جاذب ( $X$ ) جاذب محاسبه نمود (Aksu and Gonen 2004):

$$q_{\text{eq}} = \frac{q_{\text{total}}}{X} \quad (5)$$

زمان‌ماند در بستر خالی (EBRT) معرف زمان لازم برای پر شدن ستون خالی به‌وسیله‌ی محلول می‌باشد که از معادله (۶) قابل‌محاسبه است (Ko et al. 2000):

$$\text{EBRT} = \frac{(\text{bed volume})}{\text{volumetric flowrate of the liquid}} \quad (6)$$

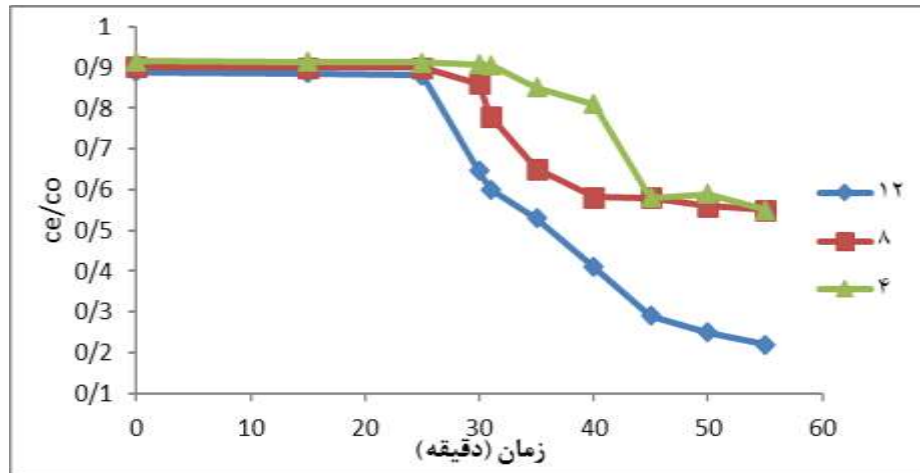
در این معادله صورت کسر حجم بستر و مخرج آن دبی حجمی مایع می‌باشد.

### ۳- نتایج و بحث

#### ۳-۱- اثر دبی

شکل (۲) منحنی شکست ستون کروم به‌وسیله‌ی پودر مخروط کاج در غلظت اولیه  $11 \text{ ppm}$  و دبی‌های اولیه ۴، ۸ و ۱۲ میلی‌لیتر در دقیقه و ارتفاع بستر ۱۰ سانتی‌متر را نشان می‌دهد. همان‌طوری که مشاهده می‌شود زمان شکست ستون با افزایش سرعت جریان افزایش می‌یابد که این نتیجه برخلاف انتظار می‌باشد زیرا با افزایش سرعت، پودر مخروط کاج مدت‌زمان کمتری در تماس با بستر قرار می‌گیرد. علت این است که جاذب پودر مخروط کاج به علت جنس چوبی آن به شدت آب‌دوست می‌باشد و وقتی در آب قرار می‌گیرد مقدار آب زیادی را جذب خود می‌کند که در نتیجه با افزایش دبی، انتقال جرم افزایش و ظرفیت جذب افزایش می‌یابد. (Soltani and Baghdadi 2014) با استفاده از پنبه اصلاح‌شده به حذف مالاشیت سبز از محیط‌های آبی پرداختند و به نتیجه رسیدند که به علت آب‌دوست بودن جاذب پنبه اصلاح‌شده با افزایش سرعت جریان زمان شکست ستون افزایش می‌یابد. که با نتایج این پژوهش مشابه است. همچنین با افزایش دبی، زمان جذب در طول بستر به‌وسیله‌ی دبی ۱۲ میلی‌لیتر در دقیقه حاصل

شد. بنابراین اگر زمان ماند محلول در ستون به اندازه کافی طولانی نباشد، محلول کروم قبل از نقطه تعادل ستون را ترک می کند (Tewari et al. 2005).



شکل ۲- منحنی شکست حذف کروم به وسیله ی پودر مخروط کاج (ارتفاع بستر: ۱۰ سانتی متر؛ غلظت اولیه: ۰/۱۱ ppm)

در به کارگیری ستون بستر ثابت، شاخص EBRT از اهمیت ویژه ای برخوردار است و در این مطالعه مقادیر EBRT برای دبی های مختلف ۴، ۸، ۱۲ میلی لیتر بر دقیقه به ترتیب ۱۲/۲۷، ۶/۱۳ و ۴/۰۹ دقیقه به دست آمده است. هرچه مقدار EBRT به دست آمده بیشتر باشد، یون های  $Cr^{6+}$  زمان بیشتری در تماس با پودر مخروط کاج هستند و این موجب زدایش بیشتر یون های کروم در ستون بستر ثابت می شود (Mathialagan and Viraraghavan 2006). مقدار کل جذب، حداکثر جذب کروم و درصد حذف با توجه به میزان دبی ورودی در جدول (۱) آمده است. به طور کلی در جدول (۱)، مقدار کل جذب، حداکثر جذب و درصد حذف کروم به ترتیب برابر با ۵۹/۵ میلی گرم، ۱۹/۸۳ میلی گرم بر گرم و ۸۵٪ برای دبی ۴ میلی لیتر بر دقیقه به دست آمد.

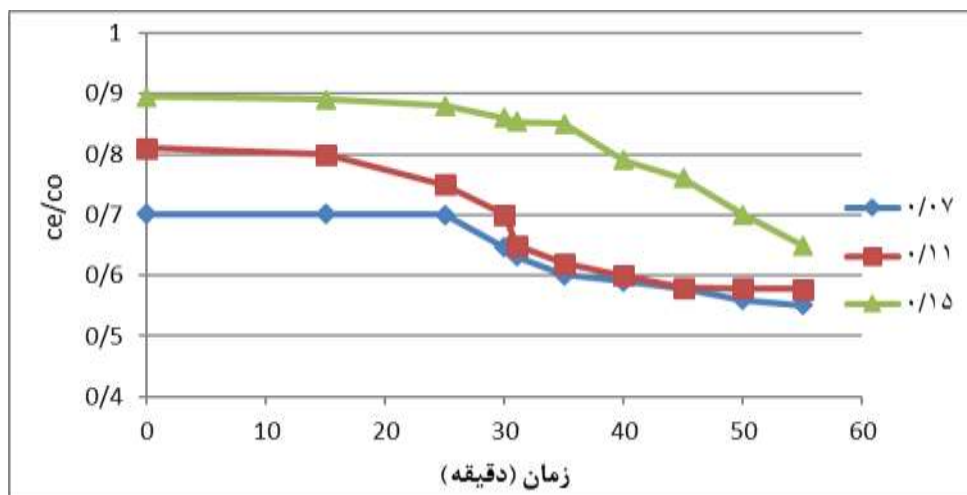
جدول ۱- تأثیر دبی و غلظت اولیه کروم در مقدار کل کروم جذبی ( $q_{total}$ )، ظرفیت جذب ستون ( $q_{eq}$ ) و درصد کل حذف  $Cr^{6+}$

حذف فلز (%)	$q_{eq}$ (mg/g)	$q_{total}$ (mg)	$m_{total}$ (mg)	$t_{total}$ (min)	$C_0$ (mg/L)	$Q$ (ml/min)
۵۱	۱۸/۷	۵۶/۱	۱۱۰	۵۵	۰/۱۱	۴
۵۶	۳۷/۳۳	۱۱۲	۲۰۰	۵۰	۰/۱۱	۸
۶۴/۵۸	۳۸/۷۴۸	۱۱۶/۲۴۴	۱۸۰	۳۰	۰/۱۱	۱۲
۵۸	۱۷/۴	۵۲/۲	۹۰	۴۵	۰/۰۷	۴
۸۵	۱۹/۸۳	۵۹/۵	۷۰	۳۵	۰/۱۵	۴

### ۳-۲- اثر غلظت

منحنی شکست ستون جذب در غلظت های اولیه ۰/۰۷، ۰/۱۱ و ۰/۱۵ ppm کروم با سرعت جریان ۴ mL/min و ارتفاع بستر ۱۰ سانتی متر در شکل (۳) نشان داده شده است. زمان رسیدن به نقطه شکست و تخلیه با افزایش غلظت کروم ورودی کاهش می یابد. Taheriyani (2015) با استفاده از برگ انگور به حذف کروم در محیط های آبی پرداخت و به نتایج مشابه با این پژوهش که با

افزایش غلظت کروم ورودی زمان شکست و تخلیه کاهش می‌یابد رسید. با افزایش غلظت ورودی این منحنی‌ها دارای شیب بیشتر شده و حجم شکست به علت کاهش بار انتقال جرمی بین محلول و سطح جاذب و کاهش نیروی محرک، کاهش می‌یابد (2009 Sivakumar and Palanisamy). در غلظت‌های بیشتر دسترسی مولکول‌های فلزی برای سایت‌های جذبی بیشتر می‌باشد که این باعث افزایش ظرفیت جذب در غلظت‌های بیشتر شده و در نتیجه زمان شکست و فرسودگی کوتاه‌تر از این زمان‌ها برای غلظت‌های کمتر می‌باشد.



شکل ۳- منحنی شکست حذف کروم به وسیله‌ی پودر مخروط کاج (بررسی غلظت) [ارتفاع بستر: ۱۰ cm؛ دبی: ۴ ml/min]

همچنین با توجه به جدول (۱) بیشترین نرخ جذب به وسیله‌ی این جاذب در بیشترین غلظت فلز، یعنی غلظت ۰/۱۵ ppm صورت گرفته است. نیروی محرک در پدیده جذب، اختلاف غلظت بین یون‌های کروم موجود در محلول و روی سطح جاذب می‌باشد (Aksu and Gonen 2004). در نتیجه نیروی محرک بالا حاصل از غلظت بالای یون‌های فلزی عاملی مهم در کارایی بهتر ستون می‌باشد. که این نتایج با نتیجه این پژوهش مطابقت دارد.

#### ۴- نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از بررسی رفتار جذب پودر مخروط کاج در ستون با بستر ثابت نشان داد که زمان شکست ستون با افزایش سرعت جریان افزایش می‌یابد. این نتیجه برخلاف انتظار می‌باشد، زیرا با افزایش سرعت، پودر مخروط کاج مدت‌زمان کمتری در تماس با بستر قرار می‌گیرد. این نتیجه‌گیری به خاطر خاصیت آب‌دوست بودن پودر مخروط کاج می‌باشد که منجر به افزایش مقاومت انتقال جرم می‌شود. همچنین با افزایش غلظت کروم، ورودی نقطه شکست و تخلیه کاهش می‌یابد. بنابراین با توجه به نتایج حاصل از مطالعه حاضر می‌توان نتیجه گرفت که با توجه به ظرفیت بالای پودر مخروط کاج در حذف کروم ۶ ظرفیتی، این روش می‌تواند به‌عنوان یک روش کارآمد در حذف کروم شش ظرفیتی از آب مورد استفاده قرار گیرد.

#### Reference

- Aksu Z. and Gönen F. (2004). Biosorption of phenol by immobilized activated sludge in a continuous packed bed: prediction of breakthrough curves. *Process Biochem.*, 39(5), 599-613.



- Coelho F. S., Ardisson J.D., Moura F.C.C., Lago R.M., Murad E. and Fabris J.D. (2008). Potential application of highly reactive Fe(0)/Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> composites for the reduction of Cr(VI) environmental contamination. *Chemosphere*, 71(1), 90-96.
- Dong J., Xu Z. and Wang F. (2008). Engineering and characterization of mesoporous silicacoated magnetic particles for mercury removal from industrial effluents. *J. Appl. Surface Sci.*, 254(11), 3522-3530.
- Donmez G. and Zumriye A. (2002). Removal of Chromium (VI) from saline wastewater by *Dunaliella* species. *Process Biochem.*, 38(5), 751-762.
- Elwakeel K. Z. (2010). Removal of Cr(VI) from alkaline aqueous solutions using chemically modified magnetic chitosan resins. *Desal.*, 250(1), 105-112.
- Ko D. C. K., Porter J. F. and McKay G. (2000). Optimised correlations for the fixed bed adsorption of metal ions on bone char. *Chem. Eng. Sci.*, 55(23), 5819-5829.
- Lefebvre D. D. and Edwards C. D. (2010). Decontaminating heavy metals using photosynthetic microbes. In: Shah V, editor. *Emerging Environmental Technologies*. Vol 2. New York: Springer.
- Mathialagan T. and Viraraghavan T. (2006). Adsorption of cadmium from aqueous solutions by perlite. *J. Hazard. Mat.*, 94(3), 291-303.
- Padmesh T. V. N., Vijayaraghavan K., Sekaraz G., and Velan M. (2005). Batch and column studies on biosorption of acid dyes on fresh water macro alga *Azolla filiculoides*. *J. Hazard. Mat.*, 125, 121-129.
- Raftari H, loazemi H., Ganji dust H. and Ayati B., (2010). Evaluating the ability of natural absorbents remove heavy metals copper and lead. *The Second International Symposium on Environment [In Persian]*
- Ribeiro A. B., Mateus E. P., Ottosen L. M. and Bech-Nielsen G. (2000). Electrodialytic removal of Cu, Cr, and As from chromatid copper arsenate treated timber waste. *J. Environ. Sci. Technol.*, 34(5), 784-788.
- Samarghandi M. R., Azizian S. and Shirzad Sibani M. (2010). Removal of Hexavalent Chromium from Aqueous Solution by Modified Holly Sawdust: A Study of Equilibrium and Kinetics. *Sci. J. Hamadan Univ. Med. Sci. Health Serv.*, 16(4), 61-67 [In Persian].
- Sivakumar P. and Palanisamy P. N. (2009). Adsorption studies of basic Red 29 by a non-conventional activated carbon prepared from *Euphorbia antiquorum*. *Int. J. Chem. Technol. Res.*, 1, 502-510.
- Soltani B. and Baghdadi M. (2014). Removal of green malachite using modified cotton from aqueous solution, *Proc. 2014, 2<sup>nd</sup> Int. Conf. on Iranian environmental research*. Hamedan [In Persian].
- Taheriyani P. (2015). Study of chromium removal from wastewater in a fixed bed and a movable column of absorbent natural Grape leaves. M.Sc. Dissertation, University of Birjand, Birjand, Iran, 79pp. [In Persian]
- Tewari N., Vasudevan P. and Guha B. K. (2005). Study on biosorption of Cr(VI) by *Mucorhiemalis*. *Biochem. Eng. J.*, 23(2), 185-192.
- Wu J., Zhang H., He P-J., Yao Q. and Shao L-M. (2010). Cr(VI) removal from aqueous solution by dried activated sludge. *J. Hazard. Mat.*, 176(1-3), 697-703.
- Wu Y., Zhang J., Tong Y. and Xu X. (2009). Chromium (VI) reduction in aqueous solutions by Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-Stabilized Fe<sup>0</sup> nanoparticles. *J. Hazard. Mat.* 172 (2-3), 1640-1645.
- Yuan P., Fan M., Yang D., He H., Liu D. and Yuan A. (2009). Montmorillonite –supported magnetite nanoparticles for the removal of Hexavalent Chromium from Aqueous Solutions. *J. Hazard. Mat.*, 166, 821-829.



Yuan P., Liu D., Fan M., Yang D., Zhu R. and Ge F. (2010). Removal of hexavalent chromium from aqueous solution by the diatomite-supported/unsupported magnetite. *J. Hazard. Mat.*, 73, 614-621.

## Assessing the Efficiency of Continuous Flow Column of Pine Fruit Powder in Removal of Chromium (VI) from Aqueous Solution

Fahime Sharifan<sup>1\*</sup>, Ali Shahidi<sup>2</sup> and Abbas Khashei Siuki<sup>2</sup>

<sup>1</sup>M.Sc. Student of Irrigation and Drainage, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, University of Birjand, Birjand, Iran

<sup>2</sup>Associate Professor, Department of Water Engineering, School of Agriculture, University of Birjand, Iran

\*Corresponding author: fahime.sharifan@yahoo.com

Received: April 28, 2017

Accepted: June 5, 2017

### Abstract

The hexavalent chromium is one of the toxic and soluble heavy metals, which is absorbed and stored in human body through the digestive system and skin. Therefore, the aim of this study was to adsorb the hexavalent chromium from aqueous media using continuous flow fixed bed of pine fruit. The adsorbent was prepared in laboratory scale and pulverized by standard ASTM sieve (100 mesh). Stock solution of chromium was prepared using potassium dichromate and the unknown concentration of hexavalent chromium was determined using atomic absorption spectrometry. In order to study the behavior of the sorbent in the fixed-bed column, we used glass column with the length of 25 cm and diameter of 2.5 cm. The effect of initial concentration of chromium and flow rate were examined. Test results showed that the maximum uptake of Cr(VI) obtained was 38.748 mg/g in a flow rate of 12 ml/min and initial concentration of 0.11 mg/l. According to the obtained results, the total amount of chromium absorbed and the adsorption capacity of the column decreased by increasing the concentration of initial chromium concentration. The maximum adsorption of Cr(VI) using the pine fruit powder achieved at flowrate of 4 ml/min and initial concentration of adsorbent of 0.15 mg/l. our findings confirms the capability of pine fruit powder application as an effective and cheap method for the removal of Cr(VI) from polluted effluents.

**Key words:** Pine Fruit Powder; Continuous Flow; Absorption; Hexavalent Chromium.