مقاله پژوهشی
مجله دانشگاه علوم پزشکی رفسنجان
دوره ۱۵، بهمن ۱۳۹۵، ۱۰۴۸-۱۰۳۹

بررسی کارایی هسته‌های انگور در حذف کروم شش‌ظرفیتی از محلول‌های آبی

محمدعلی زززولی[۱]، رضا قربانپور[۲]

دریافت مقاله: ۹۵/۷/۳ ارسال مقاله به نویسنده جهت اصلاح: ۹۵/۷/۲۸ دریافت اصلاحیه از نویسنده: ۹۵/۱۰/۱۲ پذیرش مقاله: ۹۵/۱۰/۲۷

چکیده

زمینه و هدف: کروم شش‌ظرفیتی یکی از مهم‌ترین فلزات سنگین است که در پساب صنایع مختلفی از جمله آبکاری‌ها و معدن‌کاری‌ها وجود دارد. کروم شش‌ظرفیتی در مقایسه با کروم سه‌ظرفیتی بسیار سمی، سرطان‌زا و جهش‌زا می‌باشد. لذا هدف از این مطالعه بررسی کارایی سه نوع هسته انگور در جذب کروم شش‌ظرفیتی از محلول‌های آبی و تعیین ایزوترم جذب بود.

مواد و روش‌ها: این مطالعه از نوع تجربی بود که در آن از هسته‌های سه نوع انگور به‌عنوان جاذب استفاده شد. در این پژوهش، اثرات متغیرهای مختلفی از قبیل pH، غلظت اولیه کروم، دوز جاذب و زمان تماس در یک سیستم ناپیوسته مورد بررسی قرار گرفت. اندازه‌گیری غلظت کروم شش‌ظرفیتی توسط دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۴۰ نانومتر صورت گرفت.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که با افزایش pH و زمان تماس، راندمان حذف کاهش می‌یابد. همچنین با افزایش دوز جاذب، راندمان حذف برای هر سه جاذب با افزایش همراه است؛ به‌طوری‌که هر سه نوع جاذب در مقدار دوز ۰/۳ میلی‌گرم، راندمان ۸۰ درصد حذف را نشان می‌دهد. غلظت‌های اولیه کروم شش‌ظرفیتی هم در pH=3 و دوز جاذب ۰/۲ میلی‌گرم در لیتر برای هر سه جاذب، راندمان بیشتر از ۸۰ درصد به دست آمد.

نتیجه‌گیری: با توجه به نتایج، هسته‌های انگور می‌توانند جاذبی مؤثر در حذف کروم شش‌ظرفیتی از محیط‌های آبی باشند. کاربرد این جاذب از نظر آماده‌سازی، بسیار ساده و از نظر هزینه، ارزان بوده و کاربرد آن در مقایسه با بسیاری از جاذب‌های طبیعی و مصنوعی دیگر دارای اولویت است.

واژه‌های کلیدی: هسته انگور، محلول‌های آبی، کروم شش ظرفیتی، جذب سطحی

۱- دانشیار، گروه مهندسی بهداشت محیط، مرکز تحقیقات علوم بهداشتی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ساری، ایران
۲- (نویسنده مسئول) دانشجویی کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی مازندران، ساری، ایران
تلفن: ۳۲۲۴۷۲۸۱-۰۵۸، دورنگار: ۳۲۲۴۷۲۸۱-۰۵۸، پست الکترونیکی: ghorbanpoor.reza@gmail.com

مقدمه

فلزات سنگین از جمله آلاینده‌هایی هستند که برای سلامتی انسان و محیط زیست زیان‌آور بوده و در پساب‌های صنعتی وجود دارند [۱].

یکی از فلزات سنگین که در اغلب پساب‌های صنعتی وجود دارد، کروم است [۲]. کروم شش‌ظرفیتی در مقایسه با کروم سه‌ظرفیتی که حلالیت کمتری دارد، بسیار خطرناک و سرطان‌زا بوده و در آب‌های آلوده به‌صورت محلول یافت می‌شود [۳].

خاصیت بالای تجمع‌پذیری کروم در بافت‌های حیوانی و گیاهی باعث ایجاد مشکلات جدی شده و موجب اختلال در کار کبد و کلیه‌ها می‌شود [۴].

سازمان محیط زیست آمریکا و سازمان بهداشت جهانی، حد مجاز کروم برای آب‌های آشامیدنی را ۰/۰۵ میلی‌گرم در لیتر و استاندارد تخلیه آن را ۰/۱ میلی‌گرم در لیتر برای آب‌های سطحی تعیین نموده است [۵]. خاصیت تجمع‌پذیری کروم باعث شده است تا اگر توسط بدن انسان جذب شود و غلظت آن در بدن به مقدار ۰/۱ mg/g از وزن بدن برسد باعث مرگ خواهد شد [۶].

بنابراین، با توجه به خطرات کروم شش‌ظرفیتی برای محیط زیست و همچنین باارزش بودن بازیافت آن از پساب، محققان را بر آن داشته است که به دنبال روش‌هایی در جهت حذف این آلاینده باشند. روش‌های مختلفی در جهت حذف فلزات سنگین مورد بررسی قرار گرفته‌اند که اغلب این روش‌ها دارای هزینه بالایی هستند [۷-۹].

هزینه‌های بالا و نیاز به افراد متخصص باعث شده است تا محققان تلاش‌های زیادی برای یافتن روش‌های کم‌هزینه و ساده‌تر انجام دهند [۱۰]. یکی از فرایندهای متداول که برای جذب آلاینده‌ها بیشتر مورد استفاده قرار می‌گیرد، جذب سطحی است [۱۱]. روش‌هایی نوین و ارزان از مواد طبیعی به‌عنوان جاذب در جهت جذب آلاینده‌ها مانند گل قرمز [۱۳-۱۲] پوست مرکبات [۱۴] و غیره استفاده کرده‌اند که عملکرد بسیار خوبی در حذف داشته‌اند.

با توجه به اینکه یکی از محصولات اصلی استان خراسان شمالی انگور هست و تقریباً نیمی از انگور تولیدی استان به کارخانه آبمیوه‌گیری منتقل می‌شود که بعد از فرایند آبگیری، هسته‌های انگور به همراه تفاله‌ها دور ریخته می‌شوند، بنابراین نیاز است از این هسته‌ها استفاده بهینه شود. لذا هدف از این مطالعه بررسی پتانسیل حذف کروم شش‌ظرفیتی توسط جاذب هسته انگور بود. در این مطالعه اثرات پارامترهای مختلف چون pH، زمان تماس، مقدار جاذب، غلظت اولیه کروم شش‌ظرفیتی در میزان جذب بررسی شده و همچنین ایزوترم و سینتیک جذب تعیین شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش یک مطالعه آزمایشگاهی بود که به‌صورت یک سیستم ناپیوسته در آزمایشگاه شیمی دانشگاه علوم پزشکی خراسان شمالی انجام گردید.

جاذب‌های مورداستفاده در این پژوهش هسته‌های سه نوع انگور بود که پس از تهیه از کارخانه آب‌میوه‌گیری با آب مقطر شسته شد و در دستگاه فور (Memmert) در

دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد تا به وزن ثابت خود برسد. سپس آنها را خرد و برای دانه‌بندی از الک مش ۱۰ استفاده گردید و در ظرف مخصوص به دور از رطوبت نگهداری شد و در طی آزمایش‌ها از آنها استفاده گردید.

کلیه مواد مورد نیاز شیمیایی در این مطالعه از شرکت مرک (Merck) آلمان خریداری گردید. در این مطالعه محلول‌های آبی حاوی کروم از حل کردن دی کرومات پتاسیم در آب دو بار تقطیرشده به دست آمد.

برای انجام آزمایش‌ها، نخست محلول‌هایی به حجم ۵۰ سی‌سی با غلظت مشخص برداشته و داخل بشر ریخته شد و pH محلول‌ها توسط pHمتر (مدل ۳۵۱۰ شرکت Jenway) با HCL و NaOH یک نرمال تنظیم گردید و سپس دوز مشخصی از جاذب وزن گردید و به محلول‌های داخل بشر اضافه شد و بشرها را در شرایط یکسان به زیر دستگاه جارتست منتقل و عمل هم زدن با دور همزن ثابت انجام شد. پس از زمان تماس مورد نظر، محلول‌ها را از دستگاه جارتست برداشته و سپس محلول‌ها از کاغذ صافی عبور داده شد. فاکتورهای مؤثر بر انجام فرایندهای موردمطالعه شامل pH (۲، ۳، ۵، ۷، ۹ و ۱۱)، غلظت اولیه کروم شش‌ظرفیتی (۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۳۰، ۴۰ و ۵۰ میلی‌گرم بر لیتر)، دور همزن (rpm) (۰، ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰)، دوز جاذب (۰/۱، ۰/۲، ۰/۳، ۰/۴، ۰/۵ و ۰/۶ گرم در ۱۰۰ سی‌سی) و زمان تماس (۰، ۱۵، ۳۰، ۴۵، ۶۰، ۹۰، ۱۲۰ دقیقه) در مراحل جداگانه در طول تحقیق مورد بررسی قرار گرفت. سپس غلظت‌های نهایی کروم شش‌ظرفیتی توسط دستگاه اسپکتروفتومتر مدل UV/Vis Spectrometer 2100Unico، در طول موج ۵۴۰ nm طبق روش استاندارد متد شماره 3500-Cr B اندازه‌گیری شد [۱۵]. آزمایش‌ها با دو بار تکرار انجام شد. تمام مراحل آزمایش برای پی بردن به خطاهای احتمالی در دو مرحله انجام شد. در نهایت راندمان جذب و میزان جذب با استفاده از روابط ۱ و ۲ تعیین گردید.

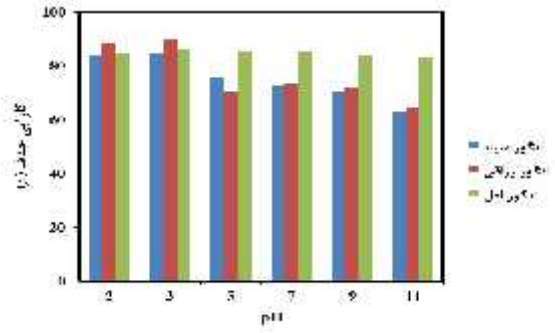
$$R=\frac{(Co-Ce)\times 100}{Co} \quad (1)$$

$$q_e=\frac{(Co-Ce)\times V}{M} \quad (2)$$

در این رابطه R راندمان، q_e ظرفیت جذب برحسب میلی‌گرم به ازای هر گرم جاذب، C_0 غلظت اولیه رنگ برحسب میلی‌گرم در لیتر، C_e غلظت رنگ در زمان t برحسب میلی‌گرم در لیتر، M جرم جاذب برحسب گرم، V حجم نمونه برحسب لیتر است و در نهایت برای بررسی ایزوترم جذب کروم شش‌ظرفیتی از مدل‌های ایزوترمی لانگمیر و فروندلیخ استفاده شد.

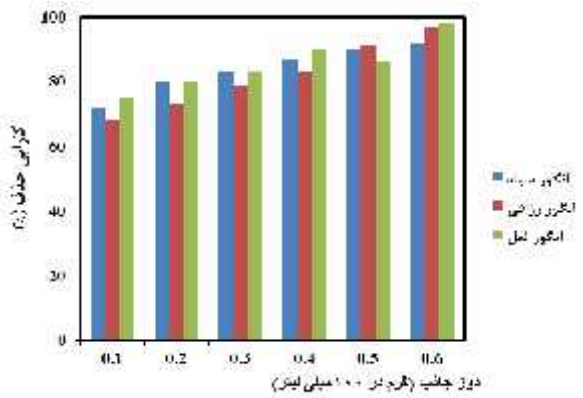
نتایج

همان‌طور که در نمودار ۱ مشاهده می‌شود، با افزایش pH راندمان حذف در هسته انگور سیاه و رازقی کاهش می‌یابد و در هسته انگور لعل تفاوت محسوسی مشاهده نمی‌شود؛ بنابراین برای ادامه آزمایش‌ها از pH= ۳ استفاده شد.

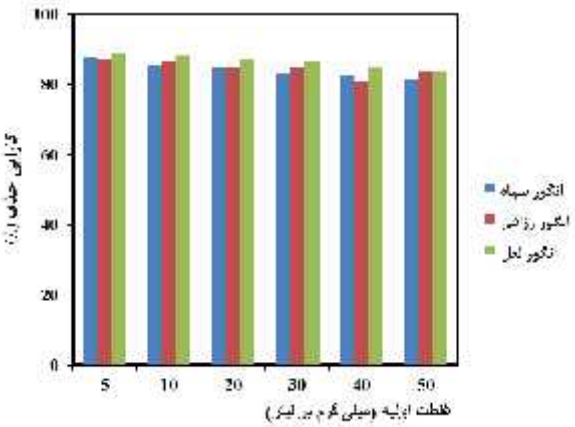


نمودار ۱- تأثیر pH بر کارایی حذف کروم شش‌ظرفیتی با استفاده از هسته‌های سه نوع انگور از محلول‌های آبی

تأثیر دوز جاذب بر راندمان حذف کروم شش‌ظرفیتی در شکل ۲ ارائه شده است. بر اساس این نتایج، با افزایش دوز جاذب، راندمان حذف برای هر سه جاذب افزایش می‌یابد؛ به‌طوری‌که هر سه نوع جاذب در مقدار دوز ۰/۳ میلی‌گرم، راندمان ۸۰ درصدی حذف را نشان می‌دهد.



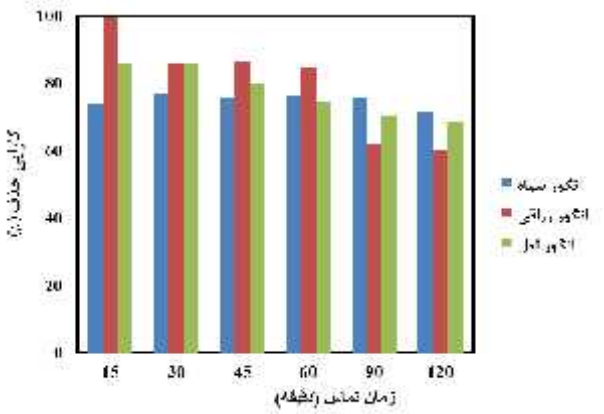
نمودار ۲- تأثیر دوز جاذب بر کارایی حذف کروم شش‌ظرفیتی با استفاده از هسته‌های سه نوع انگور از محلول‌های آبی



شکل ۳- تأثیر غلظت اولیه بر کارایی حذف کروم شش‌ظرفیتی با استفاده از هسته‌های سه نوع انگور از محلول‌های آبی

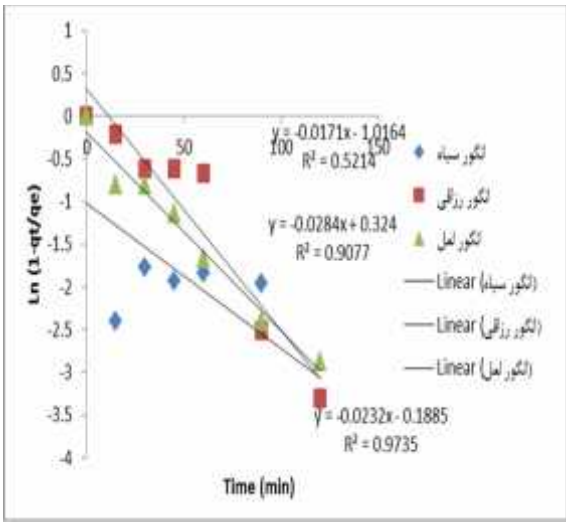
تأثیر غلظت اولیه کروم شش‌ظرفیتی در سیستم مورد مطالعه بر روی کارایی حذف در غلظت‌های اولیه کروم شش‌ظرفیتی (۵،۱۰،۲۰،۳۰،۴۰،۵۰ mg/L) در pH=3 و دوز جاذب ۰/۲ میلی‌گرم در لیتر در زمان‌های مختلف بررسی شد. شکل ۳ نتایج حاصل را نشان می‌دهد که برای هر سه جاذب در غلظت‌های مختلف کروم اولیه، راندمان بیشتر از ۸۰ درصد به دست آمد.

شکل ۴ تأثیر زمان تماس بر روی کارایی حذف را نشان می‌دهد که برای هر سه جاذب با افزایش زمان تماس بیشتر از یک ساعت، راندمان حذف کاهش می‌یابد و برای جاذب هسته انگور رازقی در زمان ۱۵ دقیقه، راندمان ۱۰۰ درصد مشاهده شد.

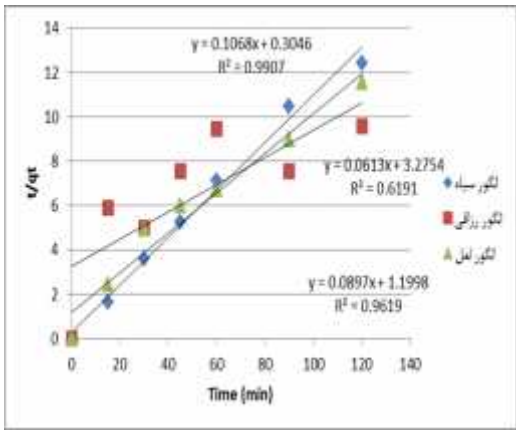


نمودار ٤- تأثیر زمان تماس بر کارایی حذف کروم شش‌ظرفیتی با استفاده از هسته‌های سه نوع انگور از محلول‌های آبی

نتایج حاصل از آزمایش‌های جذب، استخراج و با استفاده از منحنی‌های ایزوترم رسم شد که با توجه به نتایج به‌دست‌آمده، مشاهده می‌شود که جذب کروم از مدل فروندلیچ با ضریب همبستگی R=۰/۵۲ برای انگور سیاه، R=۰/۹ برای انگور رازقی و R=۰/۹۷ برای انگور لعل تبعیت می‌کند.



سینتیک درجه اول



پارامترهای ایزوترم جذب

		Pseudo-second-order model				*Pseudo-first-order model*	
نوع انگور	q_e *(exp) (mg/g)*	k_1 *(1/min)*	R^2	k_2 *(g/mgmin)*	q_e *(exp) (mg/g)*	R^2	
سیاه	۱۰	0.0171	0.5213	0.0374	9.36	0.907	
رزاقی	۱۳	0.0283	0.9077	0.00114	16.313	0.6191	
لعل	۱۱	0.0232	0.9735	0.00678	11.148	0.9619	

بحث

در فرایند جذب، pH یکی از پارامترهای کنترلی مهم است. با توجه به راندمان حذف کروم شش‌ظرفیتی در pH قلیایی پایین‌تر از اسیدی می‌باشد. در pH اسیدی پروتون‌های موجود در سطح جاذب به‌راحتی جدا شده و سطح جاذب دارای بار منفی می‌شود که این امر به علت ایجاد نیروی جاذبه الکترواستاتیک، جذب کروم را افزایش می‌دهد و علاوه بر آن به علت وجود یون‌های مثبت آزادشده در pH اسیدی از سطح جاذب، نیروی دافعه‌ای بین این یون‌ها با کروم ایجاد شده که سبب دفع کروم و کاهش راندمان حذف خواهد شد. با وجود این دو نیرو به نظر می‌رسد نیروی جاذبه الکترواستاتیکی ایجادشده در سطح جاذب غالب‌تر از نیروی دافعه یون‌های مثبت آزادشده در محیط بوده و این امر سبب افزایش راندمان حذف کروم شش‌ظرفیتی در pHهای اسیدی خواهد شد [۱۶].

Namasivayam و Karthikeyan در مطالعات خود روی جاذب‌های مختلف نشان دادند که جذب کروم

شش‌ظرفیتی در pH برابر ۲ و ۳ بالاترین مقدار بوده و با افزایش مقدار آن راندمان جذب به‌طور چشمگیری کاهش می‌یابد [۱۷- ۱۸].

یک پارامتر مهم دیگر در فرایند جذب، مقدار دوز جاذب است که نتایج در شکل ۲ نشان می‌دهد که با افزایش مقدار دوز جاذب در هر ۳ نوع جاذب، راندمان حذف افزایش می‌یابد؛ به‌طوری‌که در همه جاذب‌های موردمطالعه با مقدار جذب ۰/۱ گرم، راندمانی حدود ۶۸ درصد مشاهده می‌شود، درصورتی‌که با مقدار جاذب ۰/۶ گرم، راندمان حذف به ۹۸ درصد افزایش می‌یابد. نظر به اینکه با افزایش مقدار جاذب، حجم لجن افزایش می‌یابد، لذا مقدار بهینه دوز جاذب در این مطالعه ۰/۲ گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر در نظر گرفته شد. افزایش راندمان جذب به علت افزایش سطح جاذب و به دنبال آن افزایش جایگاه‌های فعالی است که توانایی جذب کروم و جداسازی آن را دارا هستند [۱۹]. در تحقیقی که Pahlivan از پوست گردو، فندق و بادام برای حذف کروم شش‌ظرفیتی استفاده کرد، نشان داد که با افزایش مقدار جاذب، راندمان افزایش می‌یابد [۲۰]. بنابراین، می‌توان گفت که در این پژوهش یکی از عوامل مهم دیگری که میزان جذب را تحت تأثیر قرار می‌دهد، تغییرات غلظت اولیه آلاینده جذب‌شونده می‌باشد. با توجه به شکل شماره ۳، در این مطالعه تغییرات قابل محسوسی مشاهده نمی‌شود. با توجه به نمودار ۴، در این مطالعه جاذب هسته انگور رازقی در مدت زمان تماس ۱۵ دقیقه، راندمانی صد درصدی را نشان می‌دهد و در هر سه نوع جاذب با افزایش زمان تماس بیشتر از یک ساعت راندمان حذف کاهش می‌یابد. تعیین ایزوترم یک از مهم‌ترین مشخصه‌هایی است که برای جذب آلاینده‌های مختلف بر روی جاذب‌های مختلف استفاده می‌شود. با بررسی ضریب همبستگی جذب کروم شش‌ظرفیتی بر روی هسته‌های انگور می‌توان دریافت که جذب از ایزوترم لانگمیر تبعیت می‌کند.

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از تحقیق حاضر نشان می‌دهد که هسته‌های سه نوع انگور می‌توانند جاذبی مؤثر در حذف کروم شش‌ظرفیتی از محیط‌های آبی باشند. به‌علاوه، کاربرد این جاذب از نظر آماده‌سازی، بسیار ساده و از نظر هزینه، ارزان بوده و کاربرد آن در مقایسه با بسیاری دیگر از جاذب‌های طبیعی و مصنوعی دارای اولویت است. لذا پیشنهاد می‌گردد که عملکرد این جاذب برای سایر فلزات سنگین هم مورد بررسی قرار گیرد.

تشکر و قدردانی

این مقاله حاصل طرح تحقیقاتی مصوب کمیته تحقیقات دانشجویی دانشگاه علوم پزشکی مازندران با شماره طرح ۱۷۰-۹۵ است. نویسندگان این مقاله بدین‌وسیله تشکر و سپاس خود را از معاونت تحقیقات و فناوری دانشگاه علوم پزشکی مازندران به خاطر حمایت‌های مالی اعلام می‌دارند. همچنین در پایان، از کلیه عزیزانی که به هر نحوی در این پژوهش به ما کمک کرده‌اند، تقدیر و تشکر می‌گردد.

References

[1] Mahvi AH, Naghipour D, Vaezi F, Nazmara S. Teawaste as an adsorbent for heavy metal removal from industrial waste waters. J App Sci 2005; 2: 372-375.

[2] Albadarin AB, Mangwandi C, Ala'a H, Walker GM, Allen SJ, Ahmad MN. Kinetic and thermodynamics of chromium ions adsorption onto low-cost dolomite adsorbent. Chem Eng 2011; 179: 193-202.

[3] Thiruvenkatachari, R. Permeable reactive barrier for groundwater remediation. Industr Eng Chem 2008; 14(3): 145-156.

[4] Park S, Jung WY. Removal of chromium by activated carbon fibers plated with copper metal. Carbon Science 2001; 2(1): 15-21.

[5] Alvarez P, Blanco C, Granda M. The adsorption of chromium (VI) from industrial wastewater by acid and base-activated lignocellulosic residues. J Hazar Mater 2007; 144(1): 400-5.

[6] Schneider RM, Cavalin CF, Barros MASD, Tavares CRG, Adsorption of chromium ions in activated carbon. Chem Eng 2007; 132: 355-62.

[7] Browski D, Hubicki Z, Cielny PP, Robens E. Selective removal of the heavy metal ions from waters and industrial wastewaters by ionexchange method. Chemosphere 2004; 56: 91-106...

[8] Ghanizadeh G, Asgari G. Removal of Methylene Blue Dye from Synthetic Wastewater with Bone Char. Health & Environmental 2009; 2(2): 102-12.

[9] Crini G, Badot PM. Application of chitosan, a natural aminopolysaccharide, for dye removal from aqueous solutions by adsorption processes using batch studies: A review of recent literature. Progress in Polymer Science 2008; 33(4): 399-447.

[10] Gupta S, Babu BV. Removal of toxic metal Cr(VI) from aqueous solutions using sawdust as adsorbent: Equilibrium, kinetics and regeneration studies. Chem Eng J 2009; 150(2-3): 352-65.

[11] Gholizadeh A, Kermani M, Gholami M, Farzadkia M. Comparative Investigation of 2-Chlorophenol and 4-Chrorophenol Removal Using Granulated Activated Carbon and Rice Husk Ash. Tolooe behdasht 2013; 11(3): 66-78. [Farsi]

[12] Zazouli M, Balarak D, Mahdavi Y, Ebrahimi M. Adsorption Rate of 198 Reactive Red Dye from Aqueous Solutions by using Activated Red Mud. Iran J Health Sci 2013; 1 (1): 36-43.

[13] Zazouli MA, Belarek D, Mahdavi Y. Application of modified red mud for adsorption of acid orange 7 (AO7) dye from aqueous solution: isotherms, kinetics studies. Health Rese in Community 2015; 1(2): 1-11.

[14] Zezoli MA, Ebrahimi P, Bagheri Ardebilian M. Application of agricultural fruit skin waste remainders in removal of Cr and Cd From aqueous solution. The 1st international conference and 6th national congress on waste Management; 2012; April 22-23, Mashhad, Iran. [Farsi]

[15] APHA, AWWA, WEF. Standard Methods for the Examination of water and wastewater. 22th ed. Washington Dc: American Public Health Association; 2013.

[16] Ren J, Bopape MF, Setshedi K, Kitinya JO, Onyango MS. Sorption of Pb (II) and Cu (II) by low-cost magnetic eggshells-Fe3O4 powder. Chem Ind & Chem Eng Q 2012; 18(2): 221-31.

[17] Namasivayam C, Sureshkumar MV. Removal of chromium (VI) from water and wastewater using surfactant modified coconut coir pith as a biosorbent. Bioresour Technol 2008; 99(7): 2218-25.

[18] Karthikeyan T, Rajgopal S, Miranda LR, Chromium(VI) adsorption from aqueous solution by Hevea Brasilinesis sawdust activated carbon. J Hazar Mater 2005; 124: 192-9.

[19] Kakavandi B, Rezaei Kalantary R, Esrafily A, Jonidi Jafari A, Azari A. Isotherm, kinetic and thermodynamic of reactive blue 5 (RB5) dye adsorption using Fe3O4 nanoparticles and

using walnut, hazelnut and almond shell. J Hazard Mater 2008; 155(1): 378-84.

activated carbon magnetic composite. J Color Sci & Technol 2013; 7: 237-48.

[20] Pehlivan E, Altun T. Biosorption of chromium(VI) ion from aqueous solutions

The Efficiency of Grape Seeds in Removal of Hexavalent Chromium from Aqueous Solutions

M.A. Zazouli[1], R. Ghorbanpour[2]

Received: 24/09/2016 Sent for Revision:19/10/2016 Received Revised Manuscript: 1/1/2017 Accepted: 16/01/2017

Background and Objective: Chromium (Cr6+) is a heavy metal which is present in industries sewages likecladding, mining, and in various concentrations. Cr6+ compared with Cr3+ is so toxic, carcinogenic,and mutagenic. Thus the aim of this study was to evaluate the efficiency of 3 types of grape seeds in adsorbing Cr6+ from aqueous solutions and determining its isotherms and kinetics.

Materials and Methods: This was an experimental study. The seeds of the three types of grapes were used as adsorbent. In this study the effects of different variables such as pH, initial chromium concentration, adsorbent dosage, and contact time were studied in a batch system. Measuring the concentration of hexavalent chromium was performed using a spectrophotometer at 540 nm.

Results: The results showed that the removal efficiency decreases with increasing pH and contact time. Alternatively, by increasing adsorbent dosage, efficiency increases for 3types of adsorbents. So that all three types of adsorbents in dosage of 0.3 mg showed 80% removal efficiency Also in the initial chromium concentration, using adsorbent in dosage of 0.2 mg/L in the pH = 3, the obtained efficiency was more than 80% for each absorbent.

Conclusion: According to the results, the grape seeds can be effective adsorbents for the removal of hexavalent chromium from their aquatic environment. Likewise using this adsorbent is much easier and cheaper comparedwith many other natural and artificial adsorbents, which marks its priority.

Key words*:* Grape seeds, Aqueous solution, Cr6+, Adsorption.

Funding: This research was funded by Mazandaran University of Medical Sciences.

Conflict of interest: None declared.

Ethical approval: The Ethics Committee of Mazandaran University of Medical Sciences approved the study.

How to cite this article: Zazouli M.A, Ghorbanpour R. The Efficiency of Grape Seeds in Removal of Hexavalent Chromium from Aqueous Solutions. *J Rafsanjan Univ Med Sci* 2017; 15(11): 1039-48. [Farsi]

1- Associate Prof., Faculty Member, Department of Environmental Health Engineering, Health Sciences Research Center, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran

2- MSc Student of Environmental Health Engineering, Dept. of Environmental Health, Student Research Committee, Mazandaran University of Medical Sciences, Sari, Iran

(Corresponding Author) Tel: (058) 32247281, Fax: (058) 32247281, E-mail: ghorbanpoor.reza@gmail.com