

کاربرد فرآیند جذب زیستی توسط پودر هسته انار در حذف کروم شش ظرفیتی از محیط آبی

محمدتقی قانعیان^۱ (Ph.D)، بهزاد جمشیدی^۱ (M.Sc)، محسن امرالهی^۱ (M.Sc)، محبوبه دهواری^۱ (M.Sc)، محمود تقوی^۱ (M.Sc)

۱- دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی شهید صدوقی یزد، دانشکده بهداشت، گروه مهندسی بهداشت محیط

۲- دانشگاه آزاد اسلامی، واحد زابل، باشگاه پژوهش‌گران جوان و نخبگان

چکیده

سابقه و هدف: فلزات سنگین به دلیل سمیت برای محیط زیست، از آلاینده‌های محیط زیستی به‌شمار می‌روند. کروم شش ظرفیتی از جمله فلزات سنگین سمی و قابل حل در آب است. لذا مطالعه حاضر با هدف حذف کروم شش ظرفیتی از محلول‌های آبی توسط پودر هسته انار انجام شده است.

مواد و روش‌ها: این مطالعه به صورت تجربی و در مقیاس آزمایش‌گاهی انجام شد. جاذب مورد نظر در شرایط آزمایش‌گاهی تهیه و با استفاده از ال‌ک‌های استاندارد ASTM با اندازه‌های مش بین ۴۰-۱۰۰ دانه‌بندی شد. در این تحقیق تأثیر pH (۲، ۳، ۴، ۶)، جرم جاذب (۰/۲ تا ۰/۶ گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر)، زمان تماس (۱۵ تا ۱۸۰ دقیقه) در غلظت‌های اولیه ۲ و ۱۰ میلی‌گرم در لیتر کروم (VI) بر حذف کروم شش ظرفیتی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصل از جذب در شرایط تعادل، توسط مدل‌های ایزوترم لانگمیر و فروندلیچ تحلیل گردید. غلظت کروم در نمونه‌ها به روش اسپکتروفتومتری در طول موج ۵۴۰ نانومتر بر اساس روش ارائه شده در کتاب روش‌های استاندارد آزمایش‌های آب و فاضلاب تعیین گردید.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که افزایش جرم جاذب و زمان تماس منجر به افزایش راندمان حذف و افزایش pH و غلظت اولیه کروم منجر به کاهش راندمان حذف می‌گردد. مطابق با نتایج، بهترین راندمان حذف در pH اسیدی رخ داده و جذب در زمان ۱۲۰ دقیقه به تعادل رسیده بود. در جرم جاذب ۰/۶g/۱۰۰mL و pH=۲ و غلظت ۲ mg/L کروم شش ظرفیتی، راندمان حذف برابر با ۹۹/۵٪، به دست آمد.

نتیجه‌گیری: نتایج به دست آمده نشان داد که پودر هسته انار جاذب طبیعی مناسبی برای حذف کروم شش ظرفیتی می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: کروم شش ظرفیتی، انار، محیط زیست، فلزات سنگین، آلاینده‌های آب

مقدمه

موجودات زنده مزمن می‌باشد. کروم از جمله فلزات سنگینی است که به دو شکل کروم سه ظرفیتی و شش ظرفیتی در محلول‌های آبی وجود دارد [۴،۳،۲]. کروم سه ظرفیتی نسبت به کروم شش ظرفیتی، پایداری بیشتر و سمیت کم‌تری دارد [۳،۲]. کروم شش ظرفیتی به صورت $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ و CrO_4^{2-} در طبیعت یافت می‌شود [۵]. در رنج pH نرمال در آب‌های

فلزات سنگین از مهم‌ترین آلاینده‌های زیست محیطی می‌باشند که از نظر شدت آلاینده‌گی در گروه آلاینده‌های درجه اول سمی قرار می‌گیرند و دارای خطرات زیست محیطی بوده و برای سلامت انسان زیان‌آور هستند [۱]. این فلزات دارای قابلیت تجمع زیستی بوده و اثرات سمی آن‌ها در بدن

فلزی سمی از جمله کروم از محلول‌های آبی می‌باشد [۷]. فرآیند جذب دارای مزایای متعددی نظیر سادگی و سهولت بهره‌برداری، ارزان بودن، عدم تولید لجن، قابلیت استفاده در نقطه ورود آب به محل مصرف و اجتماعات کوچک، قابلیت تولید ذرات جاذب در اندازه‌های مختلف و با حداکثر نسبت سطح به جرم و قابلیت بازیافت مواد جذب‌شده می‌باشد [۱۵]. کربن فعال به دلیل ناحیه سطحی نسبتاً بالا از مؤثرترین جاذب‌های مورد استفاده در فرآیند جذب کروم می‌باشد اما تهیه و احیاء کربن فعال هزینه‌بر است. بنابراین استفاده از مواد جاذب ارزان قیمت که به فراوانی یافت شده و در دسترس می‌باشند، توسعه یافته است [۱۱، ۱۴]. در سال‌های اخیر استفاده از جاذب‌های ارزان قیمت مانند پوست موز [۱۶]، پودر گل گیاه تلخه [۱۷]، خاک اره، پوست گردو، پوسته نارگیل [۱۱] مورد توجه بسیاری از محققین قرار گرفته است. مزیت عمده جاذب‌های بیولوژیکی، هزینه پایین، راندمان بالای آن‌ها در حذف فلزات سنگین از محلول‌های آبی، قابلیت تولید مجدد جاذب بیولوژیکی و احتمال احیاء دوباره فلز می‌باشد [۱۱، ۱۸]. انار محصول مهم بسیاری از مناطق گرمسیری و نیمه گرمسیری جهان است. این درخت به میزان وسیعی در ایران، هند، افغانستان و کشورهای مدیرانه‌ای و هم‌چنین در آمریکا، چین، ژاپن و روسیه کشت می‌شود. از جمله کاربردهای عمده انار، تولید آب این میوه به عنوان نوشیدنی در مقیاس صنعتی و تولید رب انار می‌باشد که طی مراحل تولید آن‌ها مقادیر زیادی از هسته انار باقی می‌ماند که می‌تواند به عنوان جاذب ارزان و در دسترس برای حذف آلاینده‌های مختلف مورد استفاده قرار گیرد [۱۹]. طی مطالعه انجام شده توسط YASSIN و NAJIM (۲۰۰۹)، از دو نوع پوست انار اصلاح شده (از طریق شستشو با آب مقطر و تماس با محلول فرمالدئید در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد) برای حذف کروم شش ظرفیتی استفاده گردید. طبق نتایج به دست آمده از مطالعه این محققین، pH بهینه و حداکثر ظرفیت جذب برای پوست انار اصلاح شده با آب مقطر به ترتیب ۲ و ۱۳/۰۱ میلی‌گرم بر گرم و برای جاذب اصلاح شده با فرمالدئید به ترتیب ۳ و

طبیعی، یون‌های $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ و HCrO_4^- ، CrO_4^{2-} اشکال مورد انتظار کروم شش ظرفیتی را تشکیل می‌دهند که کاملاً محلول و به طور سیار در جریان‌های آب وجود دارند [۶]. کروم شش ظرفیتی در مقایسه با کروم سه ظرفیتی بسیار سمی، سرطان‌زا و جهش‌زا می‌باشد [۵]. تماس با کروم شش ظرفیتی باعث درماتیت، واکنش‌های پوستی حساسیت‌زا، زخم روده و صدمات جبران‌ناپذیر به کبد و کلیه می‌شود [۱، ۷، ۸]. سازمان جهانی بهداشت سرطان‌زا بودن کروم شش ظرفیتی در انسان را تأیید کرده است [۸]. آژانس بین‌المللی تحقیقات سرطان (IARC) کروم شش ظرفیتی را در گروه ۱ مواد سرطان‌زا برای انسان قرار داده است [۹]. حداکثر سطح قابل قبول کروم شش ظرفیتی در آب آشامیدنی 0.05 mg/L و حد آستانه برای کروم شش ظرفیتی جهت تخلیه به آب‌های سطحی، mg/L ۰/۱ است [۲، ۷، ۱۰]. پساب صنایع باید برای کاهش کروم (VI) جهت رسیدن به سطوح قابل قبول تصفیه شود [۱۱]. بر خلاف آلاینده‌های آلی که اغلب به صورت بیولوژیکی تجزیه شده و به فرم‌های بی‌خطر تبدیل می‌شوند، فلزات سنگین نظیر کروم (VI) پتانسیل تبدیل شدن به اجزای بی‌خطر را ندارند [۱۲]. برای حذف کروم از فاضلاب صنایع روش‌های متعددی مورد مطالعه و بررسی قرار گرفته‌اند که بسته به هزینه - اثربخشی ممکن است در مکان‌های مختلف این روش‌ها متفاوت باشند. در قسمت تصفیه مقدماتی سیستم‌های رایج تصفیه، آشغال‌گیر ریز و ته‌نشینی می‌توانند کروم را به حد مقادیر جزئی کاهش دهند. از جمله این روش‌ها می‌توان به تبادل یون، اسمز معکوس، ترسیب شیمیایی، الکترودیالیز اشاره کرد [۱۳]. ترسیب شیمیایی با آلوم، آهک، سولفات فریک و سولفات فرو ممکن است راندمان حذف کروم را به ۹۰٪ برساند که این راندمان حذف بسته به ظرفیت کروم (۳ یا ۶ ظرفیتی) و میزان pH بهره‌برداری متغیر است. فرآیندهای مذکور علاوه بر هزینه‌بر بودن دارای معایب دیگری هم‌چون مصرف انرژی بالا، عدم حذف کامل کروم و تولید لجن سمی و دیگر زایدات مضر هستند که نیاز به مدیریت دارند [۱۱، ۱۴]. فرآیند جذب سطحی، وسیع‌ترین فرآیند مورد استفاده برای حذف یون‌های

تحقیق، در مجموع تعداد ۳۰۰ نمونه حاوی کروم (۲ بار تکرار) مورد آنالیز قرار گرفته است. در این راستا از روش فیلتراسیون (فیلتر ۰/۲ میکرون) جهت جدا کردن جاذب از محلول‌های آبی استفاده گردیده و غلظت کروم (VI) در نمونه‌های استاندارد و مجهول مطابق با روش‌های استاندارد برای آزمایش‌های آب و فاضلاب با استفاده از روش رنگ‌سنجی توسط از نشانگر ۱ و ۵ دی‌فنیل کاربازاید در محیط اسیدی و استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر UV/Visible (SP-3000 Plus، ژاپن) و رسم منحنی کالیبراسیون در طول موج ۵۴۰ نانومتر اندازه‌گیری شده است [۵]. مقدار کروم (VI) جذب شده از تفاوت مقدار اولیه و باقی‌مانده محلول محاسبه گردید. راندمان حذف کروم شش ظرفیتی (R) با استفاده از معادله (۱) محاسبه گردید.

$$R (\%) = \frac{(C_0 - C_t)}{C_0} \times 100 \quad (1)$$

که در آن C_0 و C_t به ترتیب غلظت اولیه و باقی‌مانده آلاینده بعد از آزمایش (mg/L) می‌باشد.

مقدار کروم جذب شده در واحد جرم جاذب (q_e) با استفاده از معادله (۲) محاسبه گردید.

$$q_e = \frac{(C_0 - C_t)V}{M} \quad (2)$$

که در آن V ، حجم محلول (L) و M ، جرم جاذب (gr) می‌باشد [۱۷،۶].

نتایج

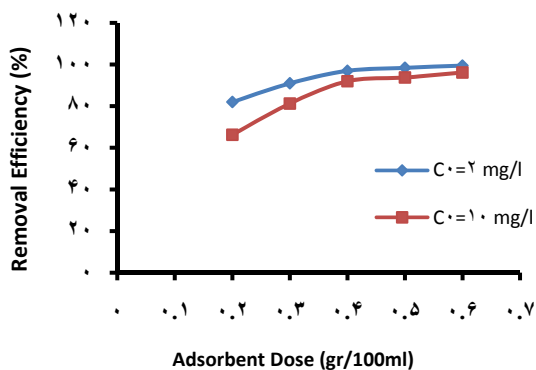
اثر pH بر راندمان حذف کروم شش ظرفیتی. غلظت باقی‌مانده و راندمان حذف کروم شش ظرفیتی توسط پودر هسته انار در pHهای مختلف ۲، ۳، ۴ و ۶ در شکل ۱ ارائه شده است. آزمایشات این مرحله در غلظت‌های ۲ و ۱۰ میلی‌گرم در لیتر کروم شش ظرفیتی، جرم جاذب ۱۰۰ ml ۰/۶ gr/پودر هسته انار و زمان ۲۴ ساعت انجام شد. نتایج به دست آمده بیانگر کاهش راندمان حذف با افزایش pH از ۲ به ۶ می‌باشد. مطابق با شکل ۱، بیش‌ترین راندمان حذف با غلظت اولیه کروم (VI) ۲ و ۱۰ میلی‌گرم در لیتر در pH=۲

۲۲/۲۸ میلی‌گرم بر گرم کروم ۶ ظرفیتی بوده است [۶]. هدف از این تحقیق، بررسی کارایی حذف کروم از محلول‌های آبی توسط پودر هسته انار و تأثیر پارامترهای مختلفی همچون pH، جرم جاذب، غلظت اولیه کروم و زمان تماس بر روی فرآیند جذب بوده است. در این تحقیق، ایزوترم‌های جذب لانگمیر و فروندلیچ نیز مورد بررسی قرار گرفتند.

مواد و روش‌ها

این تحقیق، یک مطالعه تجربی است که در مقیاس آزمایش‌گاهی انجام شده است. تمام مواد شیمیایی مورد استفاده در این تحقیق از شرکت مرک آلمان خریداری شدند. در این مطالعه از هسته انار به عنوان یک جاذب طبیعی جدید استفاده شد. برای تهیه جاذب، پس از جمع‌آوری دانه‌های انار، آن‌ها را شسته، سپس به مدت ۲ ساعت جوشانده و دانه‌ها در انکوباتور خشک گردید. در نهایت دانه‌ها توسط آسیاب برقی پودر گردید و جهت دانه‌بندی ذرات جاذب، از الک‌های استاندارد ۴۰ و ۱۰۰ استفاده شد. محلول استوک کروم شش ظرفیتی (۱۰۰۰ mg/L) با استفاده از حل کردن پودر دی‌کرومات پتاسیم ($K_2Cr_2O_7$) در آب دو بار تقطیر تهیه شد [۳]. سپس از محلول استوک، محلول‌های کروم (VI) با غلظت ۲ و ۱۰ mg/L با استفاده از آب دو بار تقطیر تهیه گردید. جهت انجام آزمایش از ارلن‌های ۲۵۰ میلی‌لیتری به عنوان راکتور ناپیوسته استفاده شد. همه نمونه‌ها به مدت ۱۰ دقیقه به منظور ته‌نشین شدن بعضی ذرات جاذب که به صورت معلق باقی می‌مانند، اولتراسونیک (مدل Elma آلمان) شدند. در این تحقیق، اثر pH (۲ تا ۶)، جرم جاذب (۰/۶ تا ۰/۲ gr/100ml)، غلظت اولیه کروم شش ظرفیتی (۲ و ۱۰ mg/L) و زمان تماس (۱۵ تا ۱۸۰ دقیقه) مورد بررسی قرار گرفت. جهت اختلاط و تماس مناسب جاذب و کروم (VI) از شیکر اریبتالی (GFL۱۳۷، انگلستان) با سرعت ۱۵۰ دور در دقیقه در ۲۰ °C استفاده گردید. pH نمونه‌ها با استفاده از محلول‌های اسید فسفریک و سود ۰/۱ نرمال توسط pH متر (مدل Mi151) انجام شد. با توجه به متغیرهای

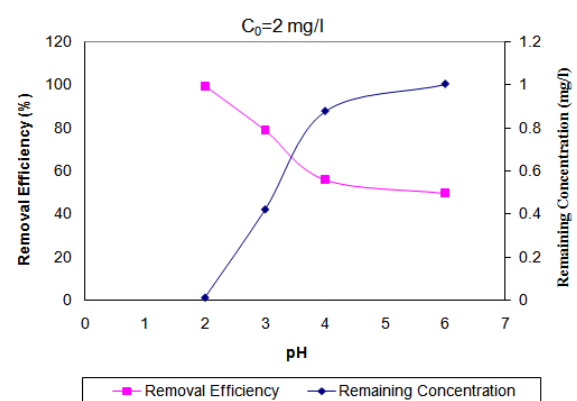
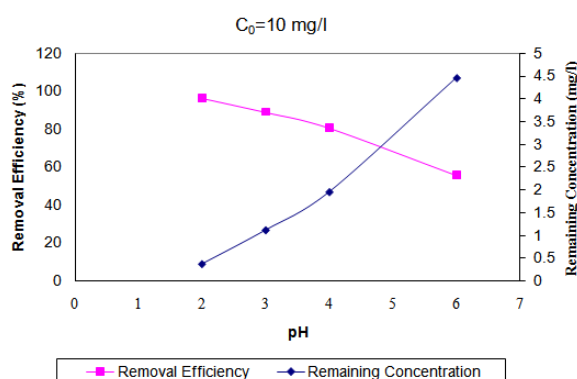
در جرم جاذب ۰/۲ و ۰/۶ گرم در ۱۰۰ میلی لیتر برای غلظت ۲ میلی گرم در لیتر، راندمان حذف به ترتیب برابر با ۸۲٪ و ۹۹/۵٪ و برای غلظت ۱۰ میلی گرم در لیتر به ترتیب برابر با ۶۶/۳٪ و ۹۶/۲٪ به دست آمد. با توجه به کارایی مطلوب جرم ۰/۶ گرم در ۱۰۰ میلی لیتر پودر هسته انار در حذف کروم، در سایر مراحل تحقیق از این میزان جرم جاذب استفاده شده است.



شکل ۲. اثر جرم جاذب بر راندمان حذف کروم شش ظرفیتی توسط پودر هسته انار

اثر غلظت اولیه کروم و زمان تماس بر راندمان حذف کروم شش ظرفیتی. تأثیر غلظت اولیه کروم شش ظرفیتی با تغییر غلظت آلاینده از ۲ به ۱۰ میلی گرم در لیتر مورد بررسی قرار گرفت. در این مرحله، جرم جاذب برابر ۰/۶ گرم در ۱۰۰ میلی لیتر، pH برابر ۲ و سرعت شیکر، ۱۵۰ دور در دقیقه بود. جهت بررسی این عامل، زمان‌های ۱۵، ۳۰، ۶۰، ۱۲۰ و ۱۸۰ دقیقه در نظر گرفته شد. مطالعه جذب با بررسی راندمان حذف جاذب در زمان‌های مختلف نشان داد که بیش‌ترین میزان حذف کروم (VI) تا زمان ۱۲۰ دقیقه حاصل شده که نشان‌دهنده این است که تا این زمان تقریباً واکنش‌های جذب به حالت تعادل رسیده‌اند. غلظت باقی‌مانده کروم در زمان ۱۲۰ دقیقه و ۱۸۰ دقیقه برای غلظت ۲ میلی گرم در لیتر به ترتیب برابر با ۰/۲۷ و ۰/۱۹ میلی گرم در لیتر و برای غلظت ۱۰ میلی گرم در لیتر به ترتیب برابر با ۱/۷ و ۱/۲ میلی گرم در لیتر بوده است. همان‌طور که در شکل ۳ مشاهده می‌شود، با افزایش غلظت از ۲ به ۱۰ میلی گرم در لیتر،

حاصل شده که به ترتیب برابر با ۹۹/۵٪ و ۹۶/۲٪ بود. در pH=۶ راندمان حذف برای غلظت‌های ۲ و ۱۰ میلی گرم در لیتر کروم به ترتیب ۴۹/۸٪ و ۵۵/۵٪ بود.



شکل ۱. اثر pH بر غلظت باقیمانده و راندمان حذف کروم شش ظرفیتی توسط پودر هسته انار

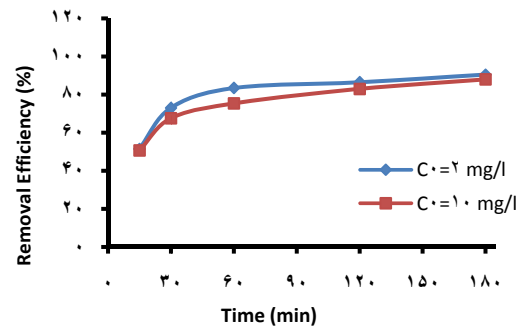
اثر جرم جاذب بر راندمان حذف کروم شش ظرفیتی. اثر جرم جاذب‌های متفاوت (۰/۲، ۰/۳، ۰/۴، ۰/۵ و ۰/۶ گرم در ۱۰۰ میلی لیتر) بر روی راندمان حذف کروم شش ظرفیتی توسط پودر هسته انار در غلظت‌های ۲ و ۱۰ میلی گرم در لیتر کروم (VI) و pH برابر ۲ مورد بررسی قرار گرفت. برای دستیابی به شرایط تعادل در جذب، زمان تماس ۲۴ ساعت در نظر گرفته شد. بدین منظور نمونه‌ها بر روی شیکر با شدت اختلاط ۱۵۰ دور در دقیقه قرار داده شد. نتایج به‌دست آمده از اثر جرم جاذب بر روی راندمان حذف کروم شش ظرفیتی توسط پودر هسته انار در شکل ۲ آورده شده است. مطابق با نتایج به‌دست آمده با افزایش جرم جاذب از ۰/۲ به ۰/۶ گرم در ۱۰۰ میلی لیتر، راندمان حذف افزایش یافت. به‌طوری که

بحث و نتیجه گیری

pH محلول از فاکتورهای مهمی است که فرآیند جذب را کنترل می‌کند. مطابق با نتایج به‌دست آمده از تحقیق حاضر، با کاهش pH، راندمان حذف افزایش یافته است. به‌طوری که بیش‌ترین راندمان حذف کروم در pH=۲ به‌دست آمد. جذب بالای کروم در pH پایین را می‌توان به شکل غالب کروم و سطح جاذب نسبت داد [۲۰]. در pH پایین، یون‌های هیدرونیوم همراه با گروه‌های عاملی نظیر کربوکسیلیک، فنلیک، هیدروکسیل و کربونیل باعث افزایش پیوند یون‌های کروم شش ظرفیتی و سطح جاذب دارای بار مثبت می‌شود. در pH=۲، شکل غالب کروم (VI)، HCrO_4^- است، در نتیجه جذب الکترواستاتیکی بین بار مثبت جاذب و بار منفی HCrO_4^- اتفاق می‌افتد [۲۱،۶]. در مطالعه انجام‌شده توسط Gupta و همکاران (۲۰۰۹) تحت عنوان حذف کروم شش ظرفیتی توسط خاک اره، pH بهینه برای حداکثر جذب کروم شش ظرفیتی، ۲ تعیین شده بود [۲۱]. NAJIM و همکاران (۲۰۰۹) مطالعه‌ای در مورد حذف کروم شش ظرفیتی با استفاده از پوست انار اصلاح شده انجام دادند. طبق نتایج به‌دست آمده از مطالعه این محققین، بیش‌ترین ظرفیت جذب برای FMPGP و MPGP به ترتیب در pH=۲ و pH=۳ به‌دست آمده بود. آن‌ها بیان کردند که افزایش مقدار pH منجر به کاهش بار مثبت (سطح پروتونه) شده که کاهش پتانسیل سطحی مثبت جاذب را به‌دنبال داشته و باعث کاهش نیروهای الکترواستاتیکی بین جاذب و جذب‌شونده و کاهش ظرفیت جذب می‌شود [۶].

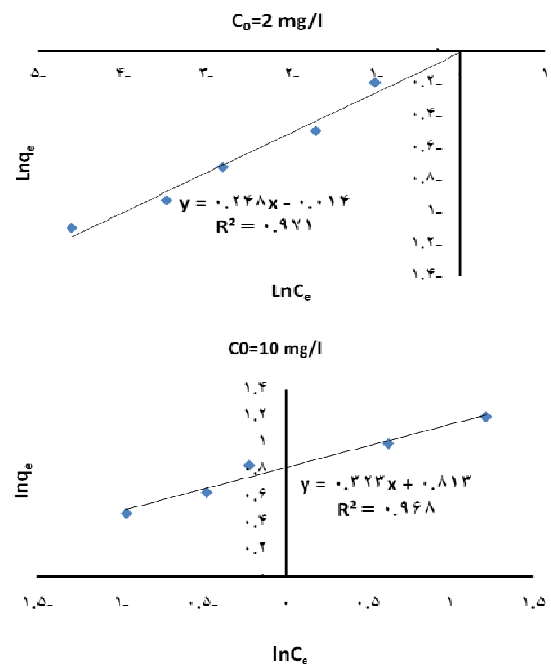
جرم جاذب از جمله عواملی می‌باشد که در آزمایشات جذب مورد بررسی قرار می‌گیرد. نتایج به‌دست آمده از این تحقیق مشخص کرد که با افزایش جرم جاذب از ۰/۲ به ۰/۶ گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر، میزان حذف کروم افزایش پیدا می‌کند. با افزایش مقدار جاذب، سطح تماس میان جاذب و ماده جذب‌شونده افزایش یافته و در نتیجه باعث افزایش میزان جذب می‌شود [۱۴]. Mor و همکاران (۲۰۰۷) طی مطالعه خود در مورد جذب کروم توسط آلومینا و زغال فعال نشان

راندمان حذف کروم شش ظرفیتی کاهش یافته است. به‌طوری که راندمان حذف در زمان بهینه (۱۲۰ دقیقه) در غلظت‌های ۲ و ۱۰ میلی‌گرم در لیتر به ترتیب برابر ۸۶/۵٪ و ۸۳٪ بود.



شکل ۳. اثر غلظت اولیه کروم (VI) و زمان تماس بر راندمان حذف کروم شش ظرفیتی توسط پودر هسته انار

ایزوترم‌های جذب. با توجه به داده‌های حاصل از مرحله اثر جرم جاذب، مدل‌های ایزوترم جذب لانگمیر و فروندلیچ مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصل از مطالعات ایزوترمی نشان داد که حذف کروم شش ظرفیتی با استفاده از پودر هسته انار در غلظت ۲ و ۱۰ میلی‌گرم در لیتر کروم شش ظرفیتی از مدل ایزوترم فروندلیچ ($R^2=0/968$, $0/971$) در مقایسه با مدل لانگمیر ($R^2=0/966$, $0/784$) پیروی می‌کند. نتایج حاصل از مدل ایزوترمی فروندلیچ در شکل ۴ ارائه شده است.



شکل ۴. مدل ایزوترمی فروندلیچ برای حذف کروم شش ظرفیتی توسط پودر هسته انار

آن‌ها، بررسی اثر زمان واکنش بر روند جذب نشان داد که در کم‌تر از ۱۲۰ دقیقه جذب یون‌های کروم توسط جاذب به حالت تعادل می‌رسد [۱۷]. طی مطالعه‌ای که El-Ashtoukhy و همکاران (۲۰۰۸) بر روی حذف سرب و مس از محلول‌های آبی با استفاده از پوست انار انجام دادند بدین نتیجه رسیدند که با افزایش زمان تماس کارایی حذف افزایش می‌یابد و در حدود ۱۲۰ دقیقه به تعادل می‌رسد [۲۴]. مطابق با نتایج به‌دست آمده از مطالعه Bhatnagar و همکاران (۲۰۱۰) بر روی حذف نیکل از آب توسط پودر هسته انار، ۵۰٪ جذب در ۲ ساعت اول واکنش کامل شده بود [۲۵].

بر اساس داده‌های جذب، ضریب همبستگی (R^2) در مورد هر دو غلظت ۲ و ۱۰ میلی‌گرم در لیتر کروم شش ظرفیتی برای مدل فروندلیچ بالاتر از مدل لانگمیر بود. مقدار $1/n$ به‌دست آمده در رابطه فروندلیچ در غلظت ۲ و ۱۰ میلی‌گرم در لیتر کروم (VI) به ترتیب برابر با ۰/۲۴۸ و ۰/۳۲۳ به‌دست آمده است که کم‌تر از یک بوده و نشان‌دهنده جذب ایزوترم فروندلیچ و جذب مطلوب کروم بر روی جاذب پودر هسته انار می‌باشد. El-Ashtoukhy و همکاران (۲۰۰۸) مطالعه‌ای تحت عنوان حذف سرب و مس از محلول‌های آبی با استفاده از پوست انار بدین نتیجه رسیدند که داده‌های جذب در مورد فلز سرب از ایزوترم لانگمیر و در مورد فلز مس از ایزوترم فروندلیچ پیروی می‌کند [۲۴].

در این مطالعه، پودر هسته انار به عنوان یک جاذب ارزان و مؤثر در حذف کروم شش ظرفیتی مورد بررسی قرار گرفت. مطابق با نتایج به‌دست آمده، راندمان حذف با افزایش غلظت اولیه کروم شش ظرفیتی و pH، کاهش و با افزایش جرم جاذب و زمان تماس، افزایش می‌یابد. داده‌های جذب با مدل ایزوترم فروندلیچ، با ضریب همبستگی بالاتر نسبت به مدل ایزوترم لانگمیر، تطابق داشت. نتایج نشان داد که پودر هسته انار جاذبی مناسب و ارزان قیمتی برای حذف کروم شش ظرفیتی می‌باشد و می‌تواند به عنوان جاذب در حذف سایر آلاینده‌های زیست محیطی نیز مورد استفاده قرار گیرد. با

دادند که جذب کروم شش ظرفیتی با افزایش جرم آلمینای فعال و زغال فعال افزایش می‌یابد [۳]. Kamal Amin (۲۰۰۹) از پوست انار برای حذف رنگ آبی ۱۰۶ استفاده کرد. نتایج مطالعه او نشان‌دهنده افزایش راندمان حذف با افزایش دز جاذب بود [۲۲]. نتایج مشابهی توسط محققین دیگر برای جاذب‌های متفاوت گزارش شده است. Hong و Zhang و همکارانش در سال ۲۰۱۰ به نتایج مشابه‌ای دست یافتند [۱۴].

غلظت اولیه فلز نیروی محرک مهمی را برای غلبه بر مقاومت انتقال جرم یون‌های فلزی بین فاز مایع و جامد فراهم می‌کند [۶]. در مطالعه حاضر، افزایش غلظت کروم شش ظرفیتی از ۲ به ۱۰ میلی‌گرم در لیتر منجر به کاهش راندمان حذف گردید. دلیل کاهش راندمان حذف با افزایش غلظت آلاینده، اشباع شدن محل‌های فعال جاذب توسط آلاینده می‌باشد [۲۳]. NAJIM و همکاران در سال ۲۰۰۹ مطالعه‌ای در مورد حذف کروم شش ظرفیتی توسط پوست انار اصلاح شده انجام دادند. نتایج مطالعه آن‌ها بیانگر افزایش ظرفیت جذب و کاهش راندمان با افزایش غلظت اولیه کروم از ۱۰ به ۶۰ میلی‌گرم در لیتر بود [۶]. نتایج مطالعه Mor و همکاران (۲۰۰۷) نیز با نتایج به‌دست آمده از مطالعه ما مطابقت داشت. این محققین در مطالعه خود نشان دادند که حذف کروم شش ظرفیتی با افزایش غلظت اولیه کروم (VI) کاهش می‌یابد [۳].

تعیین زمان مناسب تعادل جذب یا اشباع جاذب یک پارامتر مهم در طراحی ستون‌های جذب می‌باشد. داده‌های به‌دست آمده در این تحقیق نشان داد که با افزایش زمان تماس، میزان جذب افزایش می‌یابد که دلیل آن افزایش احتمال برخورد با سطح جاذب می‌باشد [۲۴]. همان‌طور که در شکل ۳ مشاهده می‌شود، میزان جذب در ابتدای واکنش سریع بوده و پس از مدتی آهسته می‌شود. مطابق با نتایج تحقیق حاضر، زمان تعادل برای جاذب پودر هسته انار در جذب کروم شش ظرفیتی، حدود ۲ ساعت می‌باشد. قانعیان و همکاران (۲۰۱۲) مطالعه‌ای تحت عنوان حذف کروم شش ظرفیتی توسط پودر گل گیاه تلخه انجام دادند. در مطالعه

[10] Seyf-Laye M, Sika A, Liu F, Chen H. Optimization of key parameters for chromium (VI) removal from aqueous solutions using activated charcoal. *J Soil Sci Environ Manage* 2010; 1: 55-62.

[11] Miretzky P, Cirelli AF. Cr (VI) and Cr (III) removal from aqueous solution by and modified lignocellulosic materials. *J Hazard Mater* 2010; 180: 1-19.

[12] Choi HD, Cho JM, Baek K, Yang JS, Lee JY. Influence of cationic surfactant on adsorption of Cr (VI) onto activated carbon. *J Hazard Mater* 2009; 161: 1565-1568.

[13] Ribeiro AB, Mateus EP, Ottosen LM, B-Nielsen G. Electrolytic removal of Cu, Cr, and as from chromated copper arsenate-treated timber waste. *Environ Sci Technol* 2000; 34: 784-788.

[14] Zhang H, Tang Y, Cai D, Liu X, Wang X, Huang Q, Yu Z. Hexavalent chromium removal from aqueous solution by algal bloom residue derived activated carbon: Equilibrium and kinetic studies. *J Hazard Mater* 2010; 181: 801-808.

[15] Jacobs J, Testa SM. Overview of chromium (VI) in the environment: Background and history. *Chromium (VI) Handbook* CRC Press; Boca Raton, Fla. 2005; p: 1-21.

[16] Mehrasbi M, Farahmand kia Z. Heavy metal removal from aqueous solution by adsorption on modified banana shell. *Iran J Health Environ* 2008; 1: 57-66. (Persian).

[17] Ghaneian MT, Ehrampoush MH, Dehvari M, Jamshidi B, Amrollahi M. Application of raw russian knapweed flower powder as a natural biosorbent in removal of hexavalent chromium from synthetic wastewater. *Toloo e Behdasht* 2012; 2: 19-28. (Persian).

[18] Nawaz Bhatti H, Waheed Nasir A, Asif Hanif M. Efficacy of daucus carota L. waste biomass for the removal of chromium from aqueous solutions. *Desalination* 2010; 253: 78-87.

[19] Miguel MG, Neves MA, Antunes MD. Pomegranate (*Punica granatum L.*): A medicinal plant with myriad biological properties-A short review. *J Med Plant Res* 2010; 4: 2836-2847.

[20] Demirbas E, Kobya M, Senturk E, Ozkan T. Adsorption kinetics for the removal of chromium (VI) from aqueous solutions on the activated carbons prepared from agricultural wastes. *Water SA* 2004; 30: 533-540.

[21] Gupta S, Babu BV. Removal of toxic metal Cr (VI) from aqueous solutions using sawdust as adsorbent: Equilibrium, kinetics and regeneration studies. *Chem Engin J* 2009; 150: 352-365.

[22] Amin NK. Removal of direct blue-106 dye from aqueous solution using new activated carbons developed from pomegranate peel: Adsorption equilibrium and kinetics. *J Hazard Mater* 2009; 165: 52-62.

[23] Owwad M, Aroua MK, Wan Daud WM. Hexavalent chromium adsorption on impregnated palm shell activated carbon with polyethyleneimine. *Bioresour Technol* 2010; 101: 5098-5103.

[24] El-Ashtouky ES, Amin NK, Abdelwahab O. Removal of lead (II) and copper (II) from aqueous solution using pomegranate peel as a new adsorbent. *Desalination* 2008; 223: 162-173.

[25] Bhatnagar A, Minocha AK. Biosorption optimization of nickel removal from water using *Punica granatum* peel waste. *Colloids Surf B Biointerfaces* 2010; 76: 544-548.

این حال تهیه این جاذب محدود به فصل سال و استان‌های خاصی در کشور بوده، که جزء محدودیت‌های تحقیق است.

تشکر و قدردانی

مقاله حاضر نتایج طرح تحقیقاتی بوده است که در دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی-درمانی شهید صدوقی یزد با کد ۲۷۷۳ در سال ۱۳۹۲ به تصویب رسیده است؛ لذا نویسندگان مقاله، از معاونت محترم پژوهشی دانشگاه جهت حمایت‌های مالی از طرح، کمال تشکر را دارند.

منابع

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

[2] Muthukumar K, Beulah S. Removal of Chromium (VI) from wastewater using chemically activated *Syzygium jambolanum* nut carbon by batch studies. *Procedia Environ Sci* 2011; 4: 266-280.

[3] Mor S, Ravindra K, Bishnoi NR. Adsorption of chromium from aqueous solution by activated alumina and activated charcoal. *Bioresour Technol* 2007; 98: 954-957.

[4] Gude SM, Das SN. Adsorption of Chromium (VI) from aqueous solutions by chemically treated water hyacinth *Eichhornia crassipes*. *Indian J Chem Technol* 2008; 15: 12-18.

[5] APHA, AWWA, WPCF. Standard methods for examination of water and wastewater, 21th ed. Washington, D.C, USA 2005; 3: 67-3, 68.

[6] Najim TS, Yassin SA. Removal of Cr (VI) from aqueous solution using modified pomegranate peel: Equilibrium and Kinetic Studies. *E-J Chem* 2009; 6: S129-S142.

[7] Neagu V, Mikhalovsky S. Removal of hexavalent chromium by new quaternized crosslinked poly (4-vinylpyridines). *J Hazard Mater* 2010; 183: 533-540.

[8] WHO, Guidelines for Drinking-Water Quality, Second Edition-Volume 1- Recommendations. 1993; pp: 208.

[9] ISIRI, Quality standards of drinking water. Institute of Standards and Industrial Research of Iran. 1997. available from: <http://www.isiri.org/std/1053.htm>.

Application of biosorption process by pomegranate seed powder in the removal of hexavalent chromium from aqueous environment

Mohammad Taghi Ghaneian (Ph.D)¹, Behzad Jamshidi (M.Sc)¹, Mohsen Amrollahi (M.Sc)¹, Mahboobeh Dehvari (M.Sc)^{1*}, Mahmoud Taghavi (M.Sc)²

1 - Dept. of Environmental Health Engineering, Faculty of Health, Shahid Sadoughi University of Medical Sciences, Yazd, Iran

2 - Young Research and Elit Club, Zabol Branch, Islamic Azad University, Zabol, Iran

(Received: 9 Mar 2013; Accepted: 21 Jul 2013)

Introduction: Because of heavy metals toxicity for the environmental, heavy metals are considered as environmental pollutants. The hexavalent chromium is one of the heavy metals that toxic and soluble in water. This study to remove of hexavalent chromium from aqueous solution by pomegranate seed powder has been done.

Materials and Methods: This study was performed in laboratory scale and experimental. The adsorbent prepared in laboratory scale and pulverized by standard ASTM sieves (40-100 mesh). In this research, the effect of pH (2, 3, 4, 6), adsorbent dose (0.2 to 0.6 g/100 ml), contact time (15 to 180 min) at initial Cr (VI) concentrations of 2 and 10 mg/L, was studied. The results of adsorption equilibrium were analyzed to Langmuir and Freundlich isotherm models. The unknown Concentration of Hexavalent Chromium by spectrophotometer set (UV/VisibleSP-3000 Plus-Japan) at 540 nm based on standard methods for testing water and wastewater book determined.

Results: The results showed that increasing the adsorbent dose and contact time led to increasing of the removal efficiency and increasing pH and initial chromium concentration led to reducing of removal efficiency. According to the results, the best removal efficiency occurred at acidic pH and adsorption equilibrium time was 120 min. In the absorbed dose of 0.6gr/100ml, pH = 2 and hexavalent chromium concentration 2 mg/l, the removal efficiency was achieved equal to 99.5%. In this study, chromium ions adsorption by pomegranate seed powder is follows Freundlich isotherm model.

Conclusion: The obtained results showed that pomegranate seed powder is suitable natural adsorbent for the removal of chromium (VI).

Keywords: Hexavalent chromium, Pomegranate, Environment, Heavy metals, Water pollutants

Corresponding author: Fax: +98 351 6238555 Tel: +98 9381149651
mahboobehdehvari@yahoo.com

How to cite this article:

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

URL http://www.koomeshjournal.ir/browse.php?a_code=A-10-1593-7&slc_lang=en&sid=1