

بررسی مقایسه‌ای کارائی لجن فعال گرانوله و لجن فعال متداول در حذف کروم (VI) از محلول‌های سنتیتیک

تاریخ دریافت مقاله: ۹۹/۰۲/۹؛ تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۵/۱

چکیده

زمینه و هدف: گرانول‌های هوازی توانایی نشینی بسیار عالی و ساختاری با تخلخل بالا دارند. در این مقاله قابلیت گرانول‌های هوازی به عنوان یک نوع جدیدی از جاذب برای حذف کروم (VI) از محلول‌های سنتیتیک و مقایسه آن با لجن فعال متداول مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها: در این تحقیق تأثیر پارامترهای مهم فرآیند از قبیل pH (۵ و ۷ و ۹)، غلاظت اولیه کروم (۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر) و مدت زمان موازن (۳۰، ۶۰، ۱۲۰، ۲۴۰، ۳۰۰ و ۳۶۰ دقیقه) در حذف کروم از محلول‌های سنتیتیک در سیستم Batch بررسی گردید. مقدار کروم (VI) با استفاده از اسپکتروفتومتر در ۵۴۰ نانومتر تعیین شد.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که در pH=۵، غلاظت ۲۵ میلی گرم بر لیتر کروم، و زمان موازن ۱۲۰ دقیقه، ۹۷/۶۵٪ کروم با استفاده از گرانول‌های بیولوژیکی هوازی حذف شده است. در مرحله دوم، حذف کروم با استفاده از لجن فعال متداول در شرایط بهینه مورد بررسی قرار گرفت و راندمان حذف کروم در pH=۵، غلاظت ۲۵ میلی گرم بر لیتر نیترات و زمان ماند ۱۲۰ دقیقه ۵۸٪ به دست آمد.

نتیجه گیری: بطور کلی می‌توان نتیجه گرفت که لجن فعال گرانوله به عنوان یک جاذب زیست تجزیه پذیر و ارزان قیمت، عملکرد مناسبی برای حذف کروم از محلول‌های آبی دارد.

کلمات کلیدی: لجن فعال، گرانول هوازی، کروم (VI)، بیو جذب

رقیه نوروزی^{۱*}، محمد نوری سپهر^{۱**}،
محمد درویش متولی^{۱***}، عمامه
دهقانی فرد^{۱****}

^۱ استاد مهندسی بهداشت محیط، دانشکده
بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی البرز،
کرج، ایران
^۲ مرکز تحقیقات بهداشت، ایمنی و
محیط (RCHSE)، دانشگاه علوم پزشکی
البرز، کرج، ایران

کرج، ایران

ایمنی و

محیط (RCHSE)

دانشگاه علوم پزشکی

البرز، کرج، ایران

نویسنده مسئول:

مرکز تحقیقات بهداشت، ایمنی و
محیط (RCHSE)، دانشگاه علوم پزشکی
البرز، کرج، ایران

۰۹۱۲۳۳۴۴۰۷۲

E-mail: dr.noorisepher@gmail.com

مقدمه

جاذب‌های مختلف می‌باشد. استفاده از این روش‌ها به دلیل هزینه‌های بالا، عدم کارایی لازم و تولید لجن زیاد و عدم حذف کامل فلزات، ناکارآمد می‌باشند. بنابراین توسعه روش‌های جدید که چنین محدودیت‌هایی را نداشته باشد لازم و ضروری است. حذف بیولوژیکی فاضلاب‌های حاوی کروم اخیراً به عنوان یک روش برای تصفیه محیط‌های آلوده به کروم مورد توجه زیادی قرار گرفته است^{۱۶-۱۲}.

در مطالعات مختلفی حذف بیولوژیکی کروم توسط باکتری‌های خاصی مورد بررسی قرار گرفته شده است^۹. در این مطالعات شرایط بهره برداری ویژه‌ای جهت جلوگیری از آلودگی توسط سایر میکروب‌ها مورد نیاز می‌باشد. Kabacinsi و همکاران با استفاده از فرایند لجن فعال موفق به حذف کروم از فاضلاب شدند^{۱۷}. همچنین Iddou و همکاران و Wu و همکاران با استفاده از زائدات لجن فعال یک کارخانه لبینات و بیومس خشک لجن فعال موفق به حذف کروم ۳ ظرفیتی شدند^{۱۹, ۱۸}.

از آنجایی که لجن تصفیه خانه حاوی مخلوطی از میکروارگانیسم‌ها می‌باشد، می‌تواند به عنوان یک روش جهت تصفیه و حذف کروم مورد استفاده قرار گیرد^۹. بنابراین هدف از مطالعه حاضر تعیین و مقایسه کارائی لجن فعال گرانوله و لجن فعال متداول در حذف کروم (VI) از محلول‌های سنتیتیک می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق از نوع مطالعه بنیادی-کاربردی بوده و در ابتدا اقدام به تهیه بذر میکروبی و تشکیل گرانولهای بیولوژیکی هوایی گردید و سپس کارآیی این گرانولهای بیولوژیکی هوایی با لجن فعال در حذف کروم (VI) مورد مقایسه قرار گرفت.

اندازه‌گیری کروم

برای اندازه‌گیری کروم (VI) با توجه به روش پیشنهادی شماره – Cr D3500 کتاب روشهای استاندارد در ابتدا رسم منحنی کالیبراسیون کروم شش ظرفیتی با استفاده از دستگاه اسپکتروفوتومتر در طول موج 540 nm بر اساس مقدار جذب نور صورت گرفت^{۲۰}. مراحل کار به شرح زیر است:

فعالیت‌های صنعتی انسان باعث تولید و نشر آلاینده‌های مختلفی از قبیل ترکیبات آلی سمی، فلزات سنگین و مواد سرطانزا در محیط زیست می‌شود. فلزات سنگین به دلیل سمیت، غیر قابل تجزیه بودن و پایداری خود از اصلی ترین آلاینده‌ها در محیط زیست محسوب می‌شوند و تهدیدی جدی برای سلامت انسان در غاظت‌های بالا می‌باشند^{۳-۱}.

اغلب فلزات سنگین، در واکنش‌های بیولوژیک سلول‌های موجودات زنده دخیل هستند و باعث اختلال در فعالیت‌های بیولوژیکی می‌شوند. برخی فلزات سنگین مانند جیوه، سرب، کادمیوم، مس، کروم و نیکل حتی در مقادیر کم و جزئی نیز سمی می‌باشند^{۵, ۴}.

کروم یکی از مهمترین فلزات سنگین می‌باشد که به صورت وسیع در صنایع آبکاری، نساجی، دباغی، چرم سازی و ساخت و پردازش آلیاژها و فلزات به کار می‌رود و در بیشتر کشورها به یک معضل جدی تبدیل شده است^{۸-۶}.

این فلز در محیط زیست اغلب به دو شکل اکسید شده سه ظرفیتی و شش ظرفیتی موجود است. کروم سه ظرفیتی برای انسان سودمند بوده و از نظر تغذیه‌ای ضروری است اما در حضور نمک‌های منگنز به کروم ۶ ظرفیتی تبدیل می‌شود که بسیار سمی است و دفع آن در محیط زیست خطرناک می‌باشد^{۱۰, ۹}.

وجود کروم ۶ ظرفیتی در منابع آب آشامیدنی باعث ایجاد بیماری‌های مختلفی مانند سرطان ریه و مجرای تنفسی، سرطان استخوان و در غلظت‌های کمتر باعث سردرد، سرگیجه، تهوع، سرفه‌های خشک و سخت می‌شود. براساس رهنمودهای سازمان جهانی بهداشت (WHO) حد مجاز کروم ۶ ظرفیتی در آب آشامیدنی ۰/۰۵ میلی گرم بر لیتر می‌باشد و میزان کل کروم در فاضلاب‌های تخلیه شونده به آب‌های پذیرنده باید کمتر از ۲ میلی گرم بر لیتر باشد^{۱۱, ۶}.

روش‌های مختلفی برای حذف یون‌های کروم ۶ ظرفیتی از محلول‌های آبی و فاضلاب‌های صنعتی وجود دارد. از جمله روش‌های مورد استفاده ترسیب شیمیایی، ترسیب الکتروشیمیایی، تبادل یون، اسمر معکوس، فرایندهای غشایی و جذب توسط

غلظت نهایی آن بر حسب میلی گرم بر لیتر می باشد.
مراحل انجام این بخش از تحقیق به شرح ذیل می باشد:

تأثیر تغییرات غلظت کروم (VI)

به منظور بررسی اثر تغییرات غلظت کروم ، نمونه پساب با غلظت های کروم ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر با گرانولهای بیولوژیکی هوازی در pH های مختلف ۵، ۷ و ۹ در طی زمان تماس های ۳۰ تا ۳۶۰ دقیقه و در مراحل جداگانه مجاورت داده شد و با توجه به نتایج حاصله اثر متغیر مذکور بر راندمان حذف مورد محاسبه قرار گرفت.

تأثیر تغییرات pH

در این مرحله نیز اثر متغیر pH در محدوده ۵، ۷ و ۹ مورد مطالعه قرار گرفت. در هر مرحله pH به عنوان عامل متغیر و زمان ماند ۳۰ تا ۳۶۰ دقیقه و غلظت کروم (VI) ثابت نگه داشته شده و در انتهای هر مرحله کارآیی حذف مورد محاسبه قرار گرفت.

تأثیر تغییرات زمان تماس

در این حالت اثر متغیر زمان در محدوده ۳۰ تا ۳۶۰ دقیقه مورد مطالعه قرار گرفت. در هر مرحله زمان ماند به عنوان عامل متغیر و pH و غلظت های مختلف کروم (VI) ثابت نگه داشته شده و کارآیی حذف روش مورد مطالعه مورد محاسبه قرار گرفت.

بررسی عملکرد لجن فعال متداول در حذف کروم (VI) از محلولهای آبی

جهت انجام این قسمت از پژوهش تمام شرایط مشابه شرایط گرانولهای بیولوژیکی هوازی در نظر گرفته شد. و تأثیر متغیرهای pH، زمان تماس و غلظت اولیه کروم بر کارآیی حذف آن در راکتور Batch مورد مطالعه قرار گرفت.

روش تجزیه و تحلیل اطلاعات

با توجه به مشخصات نمونه های برداشت شده قبل و بعد از قرار گرفتن در معرض روش حذف مورد مطالعه، داده های بدست

تهیه گرانولهای بیولوژیکی هوازی

در این پژوهش ابتدا پسابی از قسمت حوض هوادهی تصفیه خانه شرکت زر ماکارون تهیه شد. پساب را صاف کرده و به مدت ۳۰ دقیقه ته نشین شد. سپس پساب ته نشین شده را به ۴ میلی لیتر تقسیم کرده و پس از تهیه بذر میکروبی، به منظور رشد و گرانولی شدن باکتری ها از گلوکز و استات سدیم به عنوان منبع کربن و سوبیستره اصلی استفاده و عناصر ضروری برای رشد میکرووارگانیسم ها به مقدار لازم اضافه گردید. این غذادهی به پساب ها روزی ۳ مرتبه بوده و در ساعت های مشخصی اضافه می شد.

حذف کروم (VI) با استفاده از گرانولهای بیولوژیکی هوازی

جهت انجام تحقیق غلظت های مورد استفاده کروم در محدوده ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر با استفاده از محلول اصلی با غلظت ۵۰۰ mg/l تهیه گردید. محدوده غلظتهای مورد نظر بر اساس مطالعات قبلی در حذف کروم (VI) از محلولهای آبی انتخاب شده است^{۲۱}. دامنه تغییرات pH بر کارآیی حذف نیز در محدوده ۵، ۷ و ۹ مورد بررسی قرار گرفته است. جهت تنظیم pH از اسید نیتریک رقیق و سود ۰/۱ نرمال استفاده گردید. زمان تماس در راکتور نیز در محدوده ۳۰، ۶۰، ۹۰، ۱۲۰، ۱۸۰، ۲۴۰، ۳۰۰ و ۳۶۰ دقیقه انتخاب گردید. سپس در تمام مراحل انجام آزمایش گرانولهای بیولوژیکی هوازی در راکتور Batch با محلول سنتیک حاوی غلظت های مشخص کروم شش ظرفیتی در تماس قرار گرفت. بعد از تکمیل واکنش، سوسپانسیون جدا شده و از فیلتر غشایی ۰/۴۵ میکرون عبور داده می شد. بر اساس تغییرات عوامل مورد مطالعه، نمونه برداری از محلول قبل و بعد از تماس محلول با گرانولهای بیولوژیکی هوازی مورد انجام قرار گرفته و طبق روش های استاندارد مورد آزمایش قرار گرفت^{۲۰}. هر یک از آزمایشات دو بار تکرار شده و از میانگین نتایج جهت محاسبه کارآیی حذف استفاده گردید. در هر مرحله از

$$\frac{C_i - C_e}{C_i} \times 100\% =$$

تحقیق کارآیی حذف با استفاده از رابطه
C_i محاسبه قرار گفت. که در این رابطه C_i غلظت اولیه کروم و

یافته‌ها

نتایج حاصل از حذف کروم (VI) با استفاده از گرانولهای

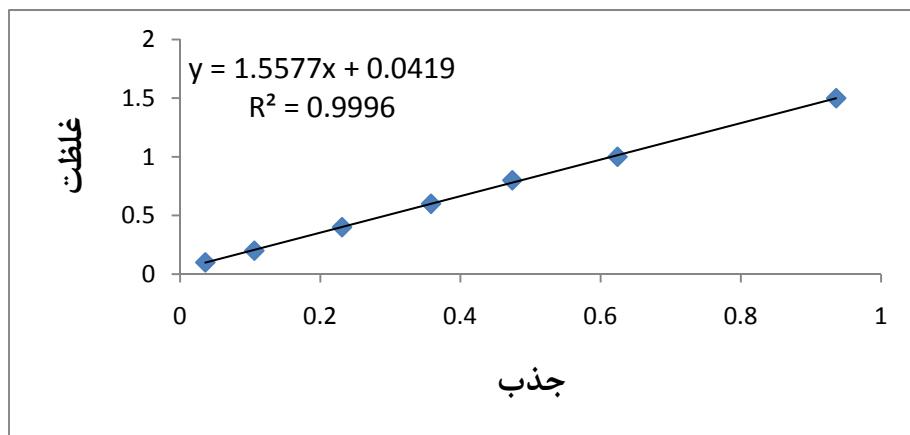
بیولوژیکی هوازی

در این بخش از تحقیق نتایج حاصل از تاثیر تغییرات غلظت Cr^{6+} با غلظتهای ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر بر کارایی حذف با گرانولهای بیولوژیکی هوازی در زمان‌های تماس ۳۰، ۶۰، ۱۲۰، ۱۸۰، ۲۴۰، ۳۰۰ و ۳۶۰ دقیقه و در $\text{pH}=5$ که در مراحل جداگانه و در رآکتور Batch مورد بررسی قرار گرفته، در اشکال ۲ تا ۴ آورده شده است.

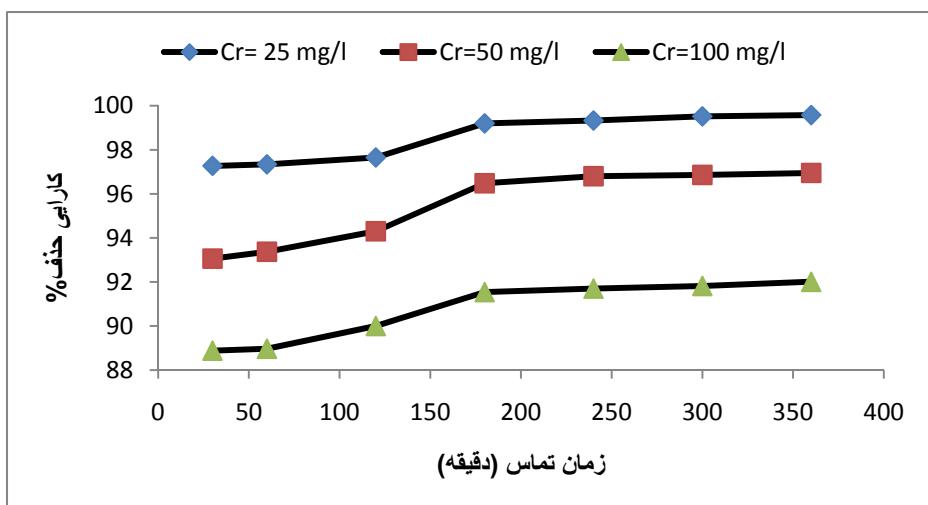
آمده از آزمایشات ستون ناپیوسته با استفاده از نرم افزار اکسل مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

محاسبه و رسم منحنی کالیبراسیون

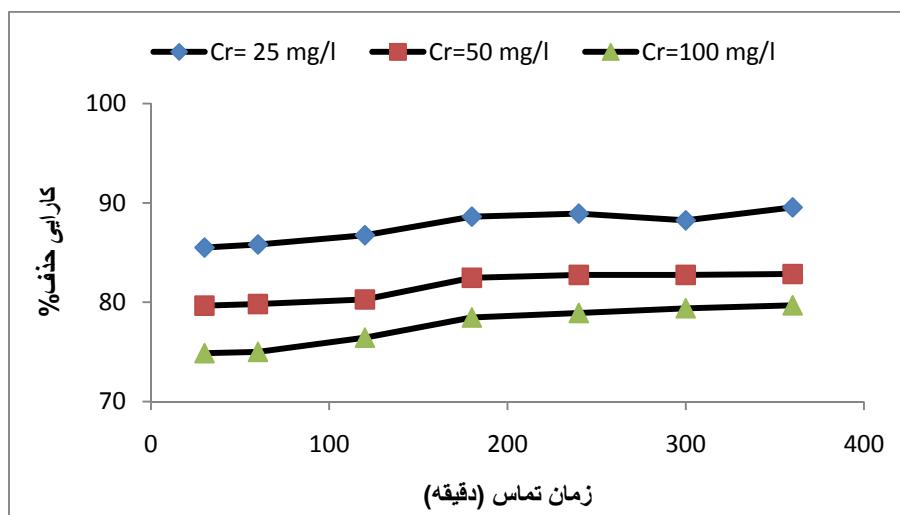
جهت رسم منحنی کالیبراسیون، میزان جذب نور در نمونه‌های آمده شده توسط دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۴۰ نانومتر اندازه گیری و منحنی مربوطه توسط دستگاه اسپکتروفتومتر رسم گردید. با استفاده از اطلاعات به دست آمده منحنی کالیبراسیون کروم شش ظرفیتی رسم گردید (شکل ۱).



شکل ۱: منحنی کالیبراسیون کروم شش ظرفیتی



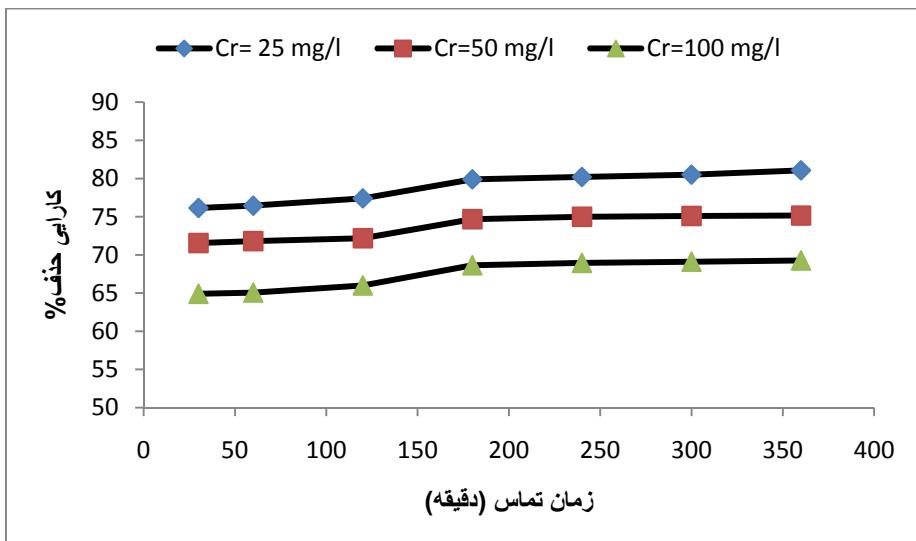
شکل ۲: کارایی حذف کروم (VI) با استفاده از گرانولهای بیولوژیکی هوازی: $\text{pH}=5$ و غلظت‌های مختلف کروم



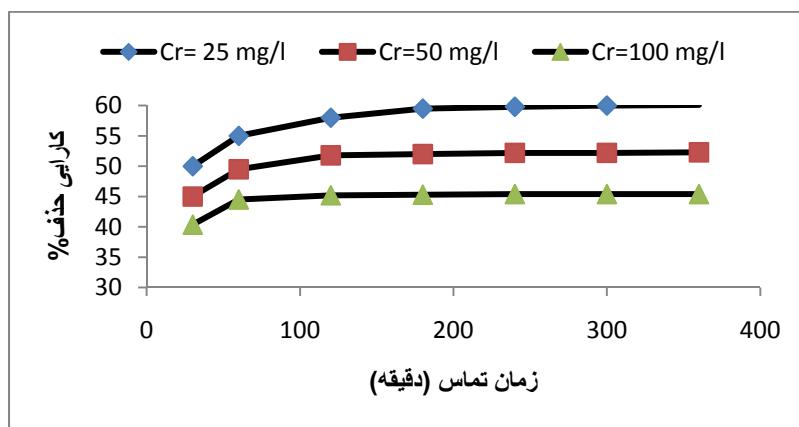
شکل ۳: کارایی حذف کروم (VI) با استفاده از گرانولهای بیولوژیکی هوازی: $pH=7$ و غلظت‌های مختلف کروم

۳۰۰ و ۳۶۰ دقیقه و در $pH=5, 7, 9$ که در مراحل جداگانه و در رآکتور Batch مورد بررسی قرار گرفته و در اشکال ۵ تا ۷ آورده شده است.

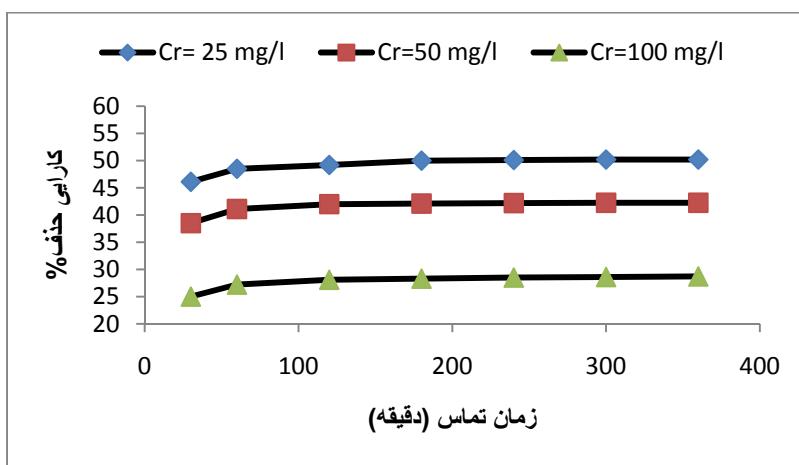
نتایج حاصل از حذف کروم (VI) با استفاده از لجن فعال متداول در این بخش از تحقیق نتایج حاصل از تاثیر تغییرات غلظت Cr^{6+} با غلظت‌های ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر بر کارایی حذف با لجن فعال متداول در زمان‌های تماس ۳۰، ۶۰، ۱۲۰، ۱۸۰، ۲۴۰، ۳۰۰، ۳۶۰ دقیقه و در $pH=9$ که در مراحل جداگانه و در رآکتور Batch مورد بررسی قرار گرفته و در اشکال ۵ تا ۷ آورده شده است.



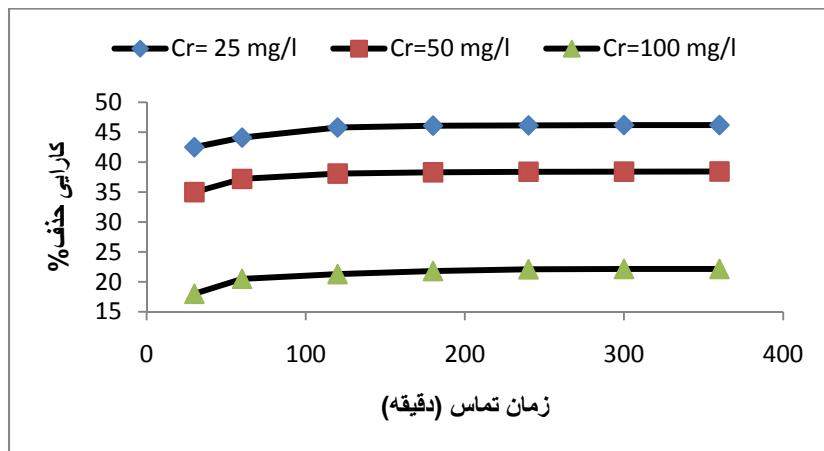
شکل ۴: کارایی حذف کروم (VI) با استفاده از گرانولهای بیولوژیکی هوازی: $pH=9$ و غلظت‌های مختلف کروم



شکل ۵: کارایی حذف کروم (VI) با استفاده از گرانولهای بیولوژیکی هوازی: $pH=5$ و غلظت‌های مختلف کروم



شکل ۶: کارایی حذف کروم (VI) با استفاده از گرانولهای بیولوژیکی هوازی: $pH=7$ و غلظت‌های مختلف کروم



شکل ۷: کارایی حذف کروم (VI) با استفاده از گرانولهای بیولوژیکی هوازی: $pH=9$ و غلظت‌های مختلف کروم

می باشد.

نموده اند. مهمترین دلیل افزایش کارایی حذف کروم (VI) در pH های اسیدی افزایش تولید یون H^+ می باشد. زیرا در این شرایط تعدادی از گروه های عامل، مانند گروه های آمینی موجود در سطح جاذب بر پایه زیستی، در pH اسیدی پروتونه شده و یون های کرومات با بار منفی را از طریق برهمکنش الکترواستاتیکی جذب می کنند. در pH>۸ به دلیل تشکیل رسوب $Fe(OH)_3$ سرعت واکنش کاهش می یابد. چون واکنش ترسیب اتفاق افتاده است.

نتایج حاصل از این پژوهش با مطالعات شاهین و اوتزترک در سال ۲۰۰۵ و ژائو و همکاران در سال ۲۰۰۷ هماهنگی دارد. در مطالعات انجام شده توسط سن و همکاران در سال ۲۰۱۱، زیاگو و همکاران در سال ۲۰۰۷ و ازدمیر و همکاران در سال ۲۰۰۴، مقدار pH بهینه در محدوده اسیدی ۴ به دست آمده است^{۲۴-۲۲}.

نتایج حاصل از این تحقیق با مطالعه Niu Shao-Feng و همکاران مطابقت دارد. در آن مطالعه با کاربرد نانو ذرات ۰۰ مشخص گردید که با کاهش pH از ۱۰ به ۳ کارایی حذف کروم (VI) از ۳۵٪ به بیش از ۹۹٪ افزایش می یابد.^{۲۵}

همچنین در مطالعات انجام شده توسط Huijing Qian با عنوان سیتیک احیای کروم شش ظرفیتی به وسیله فلز آهن نشان داده شد که با کاهش pH از ۱۰ به ۴، کارایی حذف کروم (VI)، در غلاظت ۶ گرم بر لیتر کروم و زمان ماند ۱۲۰ دقیقه از ۳۹٪ به ۹۱٪ افزایش می یابد که با نتایج مطالعه حاضر سازگار می باشد.^{۲۶}

تأثیر تغییرات زمان تماس

به منظور بررسی تأثیر زمان تماس بر راندمان حذف غلظتها مختلف کروم (VI)، مطالعات در ۶ محدوده زمانی (۳۰، ۶۰، ۱۲۰، ۱۸۰، ۲۴۰ و ۳۶۰ دقیقه) انجام پذیرفت. نتایج حاصل از این بخش از مطالعات در اشکال ۴-۲-۲ آمده است. این نتایج نشان می دهند که میزان حذف کروم با افزایش زمان تماس جاذب با محلول مورد نظر افزایش می یابد و پس از رسیدن به زمان تعادل، درصد حذف ثابت می ماند. بر این اساس، زمان تعادل جذب کروم در محدوده غلاظت مورد مطالعه معادل ۱۲۰ دقیقه به دست آمد. به طوری که در pH ۵، غلاظت های ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ میلی گرم بر

بحث

سیستم های تصفیه بیولوژیکی محیط های زنده باکتریایی هستند که با مصرف مواد آلی و مغذی فاضلاب آلودگی آن را از بین می برند. ساختار لخته های لجن بسیار متخلخل بوده و در عوض گرانول های میکروبی توده های فشرده ای از میکرو اگانیسم های مختلف هستند. امروزه تکنیک هایی برای برانگیختن تشکیل یک لجن ته نشین شونده خوب بوجود آمده است، یک روش پیشرفته جدید در تصفیه فاضلاب استفاده از فناوری لجن گرانوله هوازی می باشد که تحت شرایط خاصی ایجاد می شود. بیومس گرانوله به دو شکل عملده گرانولاسیون بی هوازی و هوازی تقسیم می شود. از زمان معرفی لجن گرانوله هوازی، تحقیقات بر روی عملکرد و میکروبیولوژی گرانول های میکروبی متمرکز گشته است. گرانول هوازی نتیجه توسعه بیوتکنولوژی محیط زیست در جهت نیل به راندمان بالای تصفیه فاضلاب در شرایط نامتعارف از قبیل حضور مواد سمی و بازدارنده می باشد. مقایسه لخته های بیولوژیکی متدائل با گرانول های هوازی که دارای ساختار میکروبی قوی، پایداری بالا، توده میکروبی حجیم و مقاومت در برابر ترکیبات سمی هستند نشان می دهد که این گرانولها می توانند به عنوان جاذب بیولوژیکی برای حذف فلزات سنگین مورد استفاده قرار گیرند.^۹

تأثیر تغییرات pH بر کارایی حذف کروم با استفاده گرانولهای بیولوژیکی هوازی

به منظور بررسی اثر پارامتر pH بر راندمان حذف کروم (VI)، مطالعات در ۳ محدوده pH (۵، ۷، ۹) انجام پذیرفت که نتایج مرتبط با تأثیر تغییرات pH بر کارایی حذف در روش مورد مطالعه در اشکال شماره (۲-۴) آمده است. براین اساس مشخص گردید که با کاهش pH درصد حذف نیز افزایش یافته است. بیشترین میزان حذف کروم (VI) در غلاظت برابر ۱۲۰ mg/l و زمان تماس ۱۲۰ دقیقه، در pH ۵ با درصد حذف کروم ۶ ظرفیتی ۹۷/۶۵ درصد حاصل شده است. در همین شرایط در pH ۹ درصد حذف حدود ۷۷/۴۰ درصد می باشد. همچنین برای غلظتها ۵۰ و ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر کروم (VI) و در همان شرایط کارایی حذف در pH ۵ به ترتیب ۹۴/۳۰٪ و ۹۰٪ و در pH ۹ به ترتیب حدود ۷۲/۱۸٪ و ۶۶٪.

حذف کروم (VI) با استفاده از لجن فعال متداول

تأثیر تغییرات غلظت کروم (VI) اولیه

جهت بررسی تغییرات غلظت کروم (VI) اولیه بر راندمان حذف، مطالعات در ۳ محدوده غلظت (۱ mg/l، ۵۰، ۲۵، ۱۰۰) انجام پذیرفت که نتایج مربوط به آن در اشکال ۵-۷ آمده است. براساس این مطالعات مشخص گردید که با افزایش غلظت اولیه کروم (VI) کارایی حذف کاهش می‌یابد. براساس مندرجات حاصل از شکل ۵ مشخص گردید که در شرایط pH ۵، زمان ماند ۱۲۰ دقیقه، غلظت ۲۵ میلی گرم بر لیتر کروم (VI) کارایی حذف ۵۸٪ و در غلظت ۵۰ میلی گرم بر لیتر کروم ۵۱٪ و برای غلظت ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر کروم ۶ حدود ۴۵٪ می‌باشد.

مطالعات انجام شده توسط دمندی و همکاران در حذف بیولوژیکی کروم شش ظرفیتی از پساب توسط قارچ بیومس فائزروکائت کریزوپوریوم نشان داد که با افزایش غلظت اولیه از ۲۰ تا ۵۰۰ میلی گرم بر لیتر میزان جذب به ازای واحد خشک افزایش یافته و ماقریم این مقدار حدود ۴۸٪ می‌باشد^{۲۹} که با نتایج مطالعه حاضر سازگار می‌باشد.

تأثیر تغییرات pH

به منظور بررسی اثر پارامتر pH بر راندمان حذف کروم (VI)، مطالعات در ۳ محدوده pH (۵، ۷، ۹) انجام پذیرفت که نتایج مرتبط با تاثیر تغییرات pH بر کارایی حذف در روش مورد مطالعه در اشکال شماره ۷-۵ آمده است. براین اساس مشخص گردید که در غلظت ۲۵ میلی گرم بر لیتر کروم ۶، و زمان ماند ۱۲۰ دقیقه کارایی حذف در pH ۵ حدود ۵۸٪ و در pH ۹ حدود ۴۵٪ می‌باشد. همچنین در همین شرایط برای غلظت‌های ۵۰ و ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر کروم (VI) کارایی حذف آن در pH ۵ به ترتیب حدود ۵۱٪ و ۴۵٪ و در pH ۹ به ترتیب حدود ۳۸٪ و ۲۱٪ می‌باشد.

مهمترين دليل افزایش کارایی حذف کروم (VI) در pH های اسیدی افزایش تولید یون H^+ می‌باشد. زیرا در این شرایط تعدادی از گروه‌های عامل، مانند گروه‌های آمینی موجود در سطح جاذب بر پایه زیستی، در pH اسیدی پروتونه شده و یون‌های کرومات با بار

لیترکروم (VI) کارایی حذف کروم (VI) در ۱۲۰ دقیقه به ترتیب ۹۷/۶۵ و ۹۶/۳۰٪ می‌باشد. همچنین در همین شرایط برای غلظت ۲۵ میلی گرم بر لیتر کروم (VI) با افزایش زمان ماند از ۳۰ به ۳۶۰ دقیقه کارایی حذف کروم (VI) از ۹۷/۲۷٪ به بیش از ۹۹٪ افزایش یافته است.

همچنین در غلظت ۵۰ میلی گرم بر لیتر کروم (VI) با افزایش زمان تماس از ۳۰ دقیقه به ۳۶۰ دقیقه کارایی حذف کروم (VI) از حدود ۹۳/۰۶٪ به ۹۸/۲۰٪ و در غلظت ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر کروم از ۸۸/۸۸ به ۹۳/۵۷ درصد افزایش یافته است. در مطالعه‌ای که شمس خرم آبادی و همکاران در سال ۱۳۸۹ با مطالعه جذب کادمیوم بر روی لجن مازاد فرآیند لجن فعال انجام دادند نتایج مشابهی در این مورد دست یافته اند^{۳۳}.

در مطالعه‌ای که Liu و همکاران بر روی بیوجذب کادمیوم روی لجن فعال گرانوله انجام دادند نتایج حاکی از آن است که زمان تعادل جذب کادمیوم حدود ۱۲۰ دقیقه می‌باشد و پس از این زمان درصد حذف ثابت می‌باشد^{۳۷}. زمان تعادل به دست آمده در این مطالعه با نتایج لاکید و همکاران در سال ۲۰۰۴ مطابقت دارد^{۳۸}.

تأثیر تغییرات غلظت اولیه کروم (VI)

به منظور بررسی اثر غلظت کروم (VI) اولیه بر راندمان حذف، مطالعات در ۳ غلظت (۱ mg/l، ۵۰، ۲۵، ۱۰۰) انجام پذیرفت که نتایج آنالیز تغییرات غلظت کروم (VI) بر میزان حذف آن در اشکال ۲-۴ آمده است. براساس نتایج حاصله مشخص گردید که با افزایش غلظت کروم (VI) میزان کارایی روش مورد مطالعه در حذف کروم (VI) کاهش یافته است. همچنین بر اساس مندرجات حاصل از اشکال ۱-۳ مشخص گردید که در شرایط pH ۵، زمان تماس ۱۲۰ دقیقه افزایش کارایی حذف برای غلظتها ۵۰ و ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر کروم (VI) به ترتیب حدود ۹۷/۶۵٪ و ۹۶/۳٪ می‌باشد. بنابراین با افزایش غلظت کروم میزان جذب کاهش می‌یابد که می‌تواند ناشی از کاهش ظرفیت جاذب و کاهش مکانهای فعال جذب باشد.

دقیقه به ترتیب حدود ۴۵٪ و ۴۰٪ و در زمان تماس ۳۶۰ دقیقه به ترتیب حدود ۵۲٪ و ۴۵٪ می باشد.

منفی را از طریق برهمکنش الکترواستاتیکی جذب می کنند. در pH > ۸ به دلیل تشکیل رسوب Fe(OH)_3 سرعت واکنش کاهش می یابد. چون واکنش ترسیب اتفاقه است.^۹

نتیجه گیری

انجام آزمون آماری t نشان داد که اختلاف آماری معنی داری بین کارایی دو روش در حذف کروم شش ظرفیتی وجود دارد ($p < 0.05$). همچنین نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که روش استفاده از گرانولهای بیولوژیکی از نظر کاربرد تاثیر بالایی در حذف کروم شش ظرفیتی از محیط های آبی دارد.

تشکر و سپاسگزاری

این مقاله حاصل از طرح تحقیقاتی با عنوان "بررسی مقایسه ای کارائی لجن فعال گرانوله و لجن فعال متداول در حذف کروم (VI) از محلول های سنتیتیک" مصوب دانشگاه علوم پژوهشی البرز (کد طرح ۲۴۲۸۸۵۶) می باشد.

تأثیر تغییرات زمان تماس

به منظور بررسی تأثیر زمان بر راندمان حذف کروم (VI)، مطالعات بر روی حذف در ۵ محدوده زمانی (۱۸۰، ۱۲۰، ۶۰، ۳۰ و ۳۶۰ دقیقه) با استفاده از لجن فعال متداول و غلاظت های ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی گرم بر لیتر کروم (VI) انجام پذیرفت که نتایج مربوط به آن در اشکال ۵-۷ آمده است. براساس این مطالعات مشخص گردید، که با افزایش زمان تماس غلاظت کروم (VI) کاهش می یابد. به طوریکه در زمان تماس ۳۰ دقیقه در pH ۵، غلاظت کروم (VI) برابر 25 mg/l کارایی حذف کروم (VI) ۵۰٪ و در زمان تماس ۳۶۰ دقیقه کارایی حذف کروم (VI) بالای ۶۰٪ می باشد. همچنین در همین شرایط کارایی حذف کروم ۳۰ برای غلاظت های ۵۰ و ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر در زمان تماس

References

- Cheremisinoff N. Handbook of Water and Wastewater Treatment Technologies. Butterworth-Heinemann. United States of America 2002.
- Wuana RA, Okieimen FE. Heavy metals in contaminated soils: a review of sources, chemistry, risks and best available strategies for remediation. *Isrn Ecology* 2011.
- Mansourian N, Javedan G, Darvishmotevalli M, et al. Efficiency evaluation of zeolite powder, as an adsorbent for the removal of nickel and chromium from aqueous solution: isotherm and kinetic study. *International Journal of Pharmacy and Technology* 2016;8(2): 13891-907.
- Aseman E, Sayyaf H. Evaluation of Chromium (VI) Removal Process Fromaqueous Solutions Using Powdered Algae *Spirogyra porticalis*. *Journal of Sabzevar University of Medical Sciences* 2017;24(3):165-71.
- Nasseh N, Taghavi L, Barikbin B, Harifi A. Investigation of Cr(VI) removal from aqueous solutionefficiency by almond green hull and its ash. *Journal of Birjand University of Medical Sciences* 2013;20(3): 220-32.
- Deng L, Zhang Y, Qin J, et al. Biosorption of Cr (VI) from aqueous solutions by nonliving green algae *Cladophora albida*. *Minerals Engineering* 2009;22(4): 372-7.
- Malkoc E, Nuhoglu Y, Dundar M. Adsorption of chromium (VI) on pomace—an olive oil industry waste: batch and column studies. *Journal of Hazardous Materials* 2006;138(1): 142-51.
- Miretzky P, Cirelli AF. Cr (VI) and Cr (III) removal from aqueous solution by raw and modified lignocellulosic materials: a review. *Journal of hazardous materials* 2010;180(1-3): 1-19.
- Najafi-Chaleshtori A, Yazdanbakhsh AR, Khodabakhshi A, Shakeri K. The efficiency of biological sludge on hexavalent chromium removal from aqueous solution. *Journal of Shahrekord Uuniversity of Medical Sciences* 2015;16(6): 40-7.
- Sahu J, Acharya J, Meikap B. Response surface modeling and optimization of chromium (VI) removal from aqueous solution using Tamarind wood activated carbon in batch process. *Journal of hazardous materials* 2009;172(2-3): 818-25.
- Darvishmotevalli M, Moradnia M, Noorisepehr M, et al. Evaluation of carcinogenic risks related to nitrate exposure in drinking water in Iran. *MethodsX* 2019;6: 1716-27.
- Aseman E, Sayyaf H. Evaluation of chromium (VI)

- removal process from aqueous solutions using powdered algae spirogyra poriclis. 2017.
13. Darvishmotevali M, Zarei A, Moradnia M, et al. Optimization of saline wastewater treatment using electrochemical oxidation process: Prediction by RSM method. *MethodsX* 2019;6: 1101-13.
 14. Taherkhani S, Darvishmotevali M, Karimyan K, et al. Dataset on photodegradation of tetracycline antibiotic with zinc stannate nanoflower in aqueous solution – Application of response surface methodology. *Data in Brief* 2018;19: 1997-2007.
 15. Sepehr MN, Allani F, Zarabi M, et al. Dataset for adsorptive removal of tetracycline (TC) from aqueous solution via natural light weight expanded clay aggregate (LECA) and LECA coated with manganese oxide nanoparticles in the presence of H₂O₂. *Data in Brief* 2019;22: 676-86.
 16. Moradi M, Heydari M, Darvishmotevali M, et al. Kinetic and modeling data on phenol removal by Iron-modified Scoria Powder (FSP) from aqueous solutions. *Data in Brief* 2018;20: 957-68.
 17. Kabacinski M, Hultman B, Plaza E, Trela J. Strategies for improvement of sludge quality and process performance of sequencing batch reactor plant treating municipal and tannery wastewater. *Water science and technology* 1998;38(4-5): 69.
 18. Iddou A, Ouali M. Waste-activated sludge (WAS) as Cr (III) sorbent biosolid from wastewater effluent. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces* 2008;66(2): 240-5.
 19. Wu J, Zhang H, He P-J, et al. Cr (VI) removal from aqueous solution by dried activated sludge biomass. *Journal of Hazardous Materials* 2010;176(1-3): 697-703.
 20. Association APH, Association AWW, Federation WPC, Federation WE. Standard methods for the examination of water and wastewater: American Public Health Association ; 1920.
 21. Rahmani A, Norozi R, Samadi M, Afkhami A. Hexavalent chromium removal from aqueous solution by produced iron nanoparticles. *Iranian Journal of Health and Environment* 2009;1(2): 67-74.
 22. Sen M, GHOSH DM. Biosorption of Cr (VI) by resting cells of *Fusarium solani*. 2011.
 23. SHAMS KGA, DARVISHI CSR, Jorfi S. Cd (II) adsorption using waste sludge from a municipal wastewater treatment system. 2010.
 24. Zhou M, Liu Y, Zeng G, et al. Kinetic and equilibrium studies of Cr (VI) biosorption by dead *Bacillus licheniformis* biomass. *World Journal of Microbiology and Biotechnology* 2007;23(1): 43-8.
 25. Shao-feng N, Yong L, Xin-Hua X, Zhang-hua L. Removal of hexavalent chromium from aqueous solution by iron nanoparticles. *Journal of Zhejiang University Science B* 2005;6(10): 1022-7.
 26. Qian H, Wu Y, Liu Y, Xu X. Kinetics of hexavalent chromium reduction by iron metal. *Frontiers of Environmental Science & Engineering in China* 2008;2(1): 51-6.
 27. Yao L, Ye Z-f, Tong M-p, et al. Removal of Cr³⁺ from aqueous solution by biosorption with aerobic granules. *Journal of hazardous materials* 2009;165(1-3): 250-5.
 28. Loukidou MX, Zouboulis AI, Karapantsios TD, Matis KA. Equilibrium and kinetic modeling of chromium (VI) biosorption by *Aeromonas caviae*. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects* 2004;242(1-3): 93-104.
 29. Marandi R. Biosorption of hexavalent chromium from aqueous solution by dead fungal biomass of *Phanerochaete crysosporium*: batch and fixed bed studies. *Can J Chem Eng Technol* 2011;2(2): 8-22.

Roghayeh Noroozi^{1,2},
Mohammad Noorisepehr^{1,2*},
Mohammad
Darvishmotevali^{1,2}, Emad
Dehghanifard^{1,2}

¹ Department of Environmental Health Engineering, School of Public Health, Alborz University of Medical Sciences, Karaj, Iran

² Research Center for Health, Safety and Environment, Alborz University of Medical Sciences, Karaj, Iran

A Comparative Study of the Efficiency of Granular Activated Sludge and Common Activated Sludge in the Removal of Chromium (VI) from Synthetic Solutions

Received: 28 Apr. 2020; Accepted: 22 Jul. 2020

Abstract

Introduction: Aerobic granules as a novel type of bio-sorbent have an excellent settling ability and high-porosity structure. This study investigated the feasibility of aerobic granules for chromium (VI) removal from synthetic aqueous solution and compare it with conventional activated sludge.

Method: In this research the effect of some important parameters including pH (5, 7, and 9), initial chromium (VI) concentration (25, 50, and 100 mg/l), and equilibration time (30, 60, 120, 180, 240, and 360 minutes) in removal of chromium (VI) from synthetic aqueous solution in batch system have been studied. The amount of chromium (VI) was determined using Spectrophotometer at 540 nm.

Results: The results indicated that at pH=5, initial chromium concentration of 25 mg/L and equilibration time of 120 minutes, 97.65 % of chromium (VI) was found by aerobic granules. In the second stage, chromium (VI) removal was examined using conventional activated sludge which the efficiency of chromium (VI) were obtained 58% in the optimum conditions (pH=5, initial chromium (VI) concentration =25 mg/l, and retention time=120 minutes).

Conclusion: Totally, it can be concluded that aerobic granules sludge as an effective and low-cost biodegradable adsorbent has a good performance for the removal of chromium (VI) from aqueous solutions.

Key words: Activated Sludge, Aerobic granules, Chromium (VI), Bio-sorption

***Corresponding Author:**
Research Center for Health,
Safety and Environment,
Alborz University of Medical
Sciences, Karaj, Iran

Tel: 09123344072
E-mail: dr.noorisepher@gmail.com