

بررسی جذب کروم شش ظرفیتی با جاذب باگاس نیشکر فعال شده و تعیین ایزوترم ها و سینتیک جذب

افشین تکدستان^۱، آزاده شریفیات^۲، رویا مافی غلامی^۳، آزاده اسلامی^{۴*}

^۱ استادیار گروه مهندسی بهداشت محیط و عضو مرکز تحقیقات فن آوری های زیست محیطی، دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور اهواز، اهواز، ایران

^۲ کارشناس ارشد مهندسی محیط زیست-آب و فاضلاب، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات خوزستان، اهواز، ایران

^۳ استادیار گروه محیط زیست - دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز، اهواز، ایران

^۴ دانشجوی دکتری مهندسی محیط زیست-آب و فاضلاب، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران، تهران، ایران

نشانی نویسنده مسئول: تهران، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، دانشکده محیط زیست و انرژی، گروه مهندسی محیط زیست

E-mail: a.eslami@srbiau.ac.ir

وصول: ۹۲/۱۱/۱۳، اصلاح: ۹۲/۱۱/۲۸، پذیرش: ۹۲/۱۲/۱۱

چکیده

زمینه و هدف: از آنجایی که کروم شش ظرفیتی به مراتب آلاینده تر، سمی تر و خورنده تر از نوع سه ظرفیتی آن است، در این تحقیق کارایی جاذب باگاس نیشکر فعال شده به وسیله اسید استیک در حذف کروم شش ظرفیتی از آب سنتتیک آلوده به کرومیروسی و ایزوترم ها و سینتیک جذب تعیین شده است.

روش بررسی: اثر پارامترهای pH، دمای محیط، زمان تماس، غلظت جاذب و اندازه ذرات جاذب بر میزان جذب کروم موجود در محلول مورد بررسی قرار گرفت. تعادل برای هر دو ایزوترم لانگمویر و فروندلیچ و سینتیک جذب برای هر دو حالت درجه اول و دوم نیز بررسی شد. آزمایشات به روش تاگوشی وبا کمک نرم افزار Qualitek4 انجام شد.

یافته ها: بیشترین میزان بهینه جذب مربوط به زمانی بدست آمد که جذب در ۲pH، دمای ۵۰°C، اندازه ذره جاذب ۵۰۰ میکرومتر و غلظت جاذب ۲۰گرم بر لیتر انجام گرفت که درصد جذب ۹۰/۱٪ گزارش شد. به طور کلی با افزایش دما، میزان جذب افزایش یافت، بهترین جذب در حالت اسیدی، بعد از آن در حالت خنثی و کمترین جذب در حالت بازی انجام شد. اندازه ذره اثر چندانی روی میزان جذب نداشت. سینتیک جذب مرتبه دوم و نیز ایزوترم جذب لانگمویر بیشترین مطابقت را با جاذب باگاس در حذف کروم نشان داده است.

نتیجه گیری: نتایج حاصل نشان داد که باگاس نیشکر یک جاذب مناسب در حذف کروم شش ظرفیتی به عنوان یک آلاینده عمده و مهم صنایع می باشد.

کلید واژه ها: فلزات سنگین، کروم شش ظرفیتی، باگاس نیشکر، سینتیک جذب

مقدمه

موضوع نگرانی گسترده ای را در سطح جهان ایجاد کرده است. (۱ و ۲) فعالیت های صنعتی مختلفی در تخلیه کروم به منابع آب های سطحی دخیل هستند که چرم سازی،

با شتاب گرفتن روند صنعتی شدن، فلزات سنگین به طور فزاینده ای به محیط زیست تخلیه می شوند و این

آبکاری الکتریکی، نازک کاری فلز، ساخت اسید کرومیک، صنایع تولید رنگ و کاغذ برخی از مثال های آن می باشد. منابع طبیعی آلودگی کروم عمدتاً فعالیت آتشفشانی و فرسایش سنگ هامی باشد. (۳و۴) کروم عنصری بسیار واکنش پذیر است و در شش حالت اکسیداسیون دیده می شود که دو حالت پایدار آن کروم ۳ و ۶ ظرفیتی می باشد. لذا کروم شش ظرفیتی ۵۰۰ مرتبه سمی تر از کروم سه ظرفیتی است. (۷-۸) به این سبب که فلزات سنگین مشکلات بهداشتی مختلفی ایجاد کرده اند، حذف این ترکیبات از آب توجه بسیاری را به خود جلب کرده است. استانداردها در کنترل محیط زیست سختگیرانه تر شده اند و در نتیجه تخلیه فلزات سنگین به محیط های آبی و منابع آب آشامیدنی با حساسیت بیشتری کنترل می شود. (۳) سازمان بهداشت جهانی (WHO) حداکثر میزان قابل تحمل را برای کروم کل در شبکه توزیع آب شهری ۰/۰۵ میلی گرم بر لیتر تعیین کرده است. (۸) کروم شش ظرفیتی به عنوان یک عامل سرطان زای قوی مورد توجه است زیرا براساس یافته های موسسه بین المللی تحقیقات سرطان، با تغییر پروسه رونویسی DNA موجب بی نظمی در توزیع کروموزوم ها طی تقسیم سلولی می شود. براین اساس کروم شش ظرفیتی در گروه A سرطان زایی سازمان حفاظت محیط زیست آمریکاطبقه بندی می شود. (۴) روش های بسیاری برای مقابله با آلاینده کروم و حذف آن از پساب های صنعتی مورد بررسی قرار گرفته است که از آن جمله می توان ترسیب شیمیایی، تبادل یون، ترسیب الکترو شیمیایی، احیاء، جذب سطحی با جاذب های مختلف نظیر کربن فعال، زغال چوب و زغال پوست نارگیل، عصاره حلال ها، جداسازی غشائی، تغلیظ، تبخیر، اسمز معکوس و جذب بیولوژیکی را نام برد. (۱۰ و ۹ و ۷ و ۶ و ۳ و ۲ و ۱)

از میان روش های موجود در حذف فلزات سنگین، جذب سطحی بویژه فرآیندهایی که از مواد جاذب ارزان قیمت در آنها بهره گرفته شده است، مانند

توده بیولوژیکی، توجه بسیاری از محققین را به خود جلب کرده است. (۱۰ و ۷) جذب بیولوژیکی به معنی توانایی بیومس غیر فعال در حذف فلزات سنگین از محلول های آبی است. برخی از مزایای استفاده از زائادات گیاهی در تصفیه فاضلاب شامل شیوه کاربرد ساده، نیاز به پردازش جزئی، ظرفیت جذب خوب، جذب انتخابی یون های فلزات سنگین، هزینه سرمایه گذاری اندک، و فراوانی دسترسی می باشد. علاوه بر این فلزات جذب شده به راحتی و به کمک روش های فیزیکی و شیمیایی بسیاری از بیومس بازیابی می شوند که این امر منجر به استفاده مجدد از بیومس و صرفه اقتصادی بیشتر فرایند می شود. (۱۲ و ۱۱ و ۱۰) از میان انواع بیومس بکار رفته به عنوان جاذب در حذف فلزات سنگین می توان به گیاهان دریایی، الیاف کتان، خاک اره، گلاله ذرات، الیاف نارگیل، شلتوک برنج، کیتوزان، هسته زیتون، پوست پرتقال، برگ درختان، پوسته بادام زمینی، ساقه انگور، برگ کاکتوس، سبوس گندم، چوب پایایا و باگاس نیشکر اشاره نمود. (۱۵-۱۲ و ۱۰) از میان زائادات کشاورزی مختلفی که به آن اشاره شد، به نظر می رسد که باگاس نیشکر بیشترین توجه را به خود جلب کرده است. وجود ترکیباتی مانند سلولز، پولیویزس، لیگنین و سیلیس با محل های قابل اتصال که توانایی جذب فلزات سنگین را دارند، به استفاده از باگاس به عنوان یک جاذب طبیعی ارزان قیمت دلالت دارد. (۱۴-۱۲ و ۱۰ و ۷) مطالعات بسیاری در زمینه استفاده از باگاس نیشکر به عنوان جاذب انجام شده است. سوامیناتان در سال ۲۰۰۵ از باگاس نیشکر عمل آوری شده در حذف سرب دو ظرفیتی استفاده کرد که ظرفیت جذب ۲۲۷/mg/g در محدوده pH برابر ۵ بدست آمد. (۱۶) گورگل و همکاران ظرفیت جذب باگاس نیشکر بهینه شده با سدیم هیدروکسید را در حذف مس، کادمیم و سرب در pH های ۶، ۴، ۵/۷ بررسی کردند که ظرفیت جذب به ترتیب ۹،۵۰۰ mg/g، ۱۵۳/۲۵ بود. (۱۰) کارنیتز و همکاران حداکثر جذب منگنز و کلسیم را در

شستشو با آب مقطر و صاف سازی و خشک کردن در دمای ۸۰ درجه سانتی گراد استفاده شده است.

مواد و روش ها

۲-۱- روش آماده سازی محلول کروم

آب آلوده به کروم شش ظرفیتی بصورت سنتتیک و با اضافه نمودن نمک دی کرومات پتاسیم در غلظت های ۵ و ۱۰ و ۱۵ mg/l، مقدر ۰/۰۱۱ گرم نمک دی استاندارد ۱۵ mg Cr₂/l، مقدار ۲۵۰ cc آب مقطر حل گردید. برای کرومات پتاسیم در ۲۵۰ cc آب مقطر حل گردید. برای آماده سازی محلول استاندارد ۱۰ mg Cr₂/l، ۶۰ ml از محلول استاندارد ۱۵ mg Cr₂/l با آب مقطر به حجم ۹۰ cc رسید و برای ساخت محلول استاندارد ۵ mg Cr₂/l، ۳۰ ml از محلول استاندارد اول با آب مقطر به حجم ۹۰ cc رسانده شد و در نهایت یک محلول blank که حاوی ۱۵ ml آب مقطر بود نیز، تهیه شد. برای ساخت محلول شناساگر از دی فنیل کاربازید، استن و اسید سولفوریک استفاده شد. به منظور تعیین غلظت کروم از روش اسپکتروفتومتری با دستگاه UV/VIS استفاده گردید. غلظت پتاسیم دی کرومات در محلول طبق روش ۳۵۰۰ کتابروش های استاندارد آزمایشات آب و فاضلاب با روش فتومتر ۱/۵ دی فنیل کاربازید در $\lambda_{max} = 540 \text{ nm}$ تعیین گردید. (۲۸)

۲-۲- روش آماده سازی جاذب

باگاس مورد استفاده در این تحقیق از کشت و صنعت کارون و میان آب در شوشتر تهیه گردید. برای انجام آزمایشات از چهار سایز مختلف ذرات باگاس استفاده شد که به شرح جدول ۱ می باشد. به منظور آماده سازی جاذب، ابتدا باگاس با آب مقطر در دمای ۸۰ °C به مدت ۳ ساعت به شدت هم زده شد و مجدداً با آب مقطر شستشو شد. برای جداسازی باگاس از آب از کاغذ صافی استفاده گردید. باگاس صاف شده به مدت ۲۰ ساعت در دمای ۸۰ درجه سانتی گراد خشک گردید. به منظور بهینه

محدوده pH ۱۰-۹/۵، ۵-۵/۵ بوسیله باگاس نیشکر بهینه شده با سدیم هیدروکسید ۱ mg/g-۵۴-۶/۴، ۴۶-۲۳/۵ گزارش کرد. (۱۷) مولیناری از باگاس نیشکر اصلاح شده در حذف یون سولفات استفاده کردند و حداکثر جذب در pH برابر ۱۰ به میزان ۳۸/۴ mg/g گزارش شد. (۱۸) کالدیس در سال ۲۰۰۸ ظرفیت جذب کربن فعال تهیه شده از باگاس نیشکر را در حذف فنل ۲۴/۶۸ mg/g اعلام کرد. (۱۹) حمید و همکاران کربن فعال حاصل از بیومس را مورد بررسی قرار دادند و ظرفیت جذب فنل را ۱۴۰ mg/g در محدوده pH ۳-۸ گزارش کردند. (۲۰) کارنیتز و همکاران در سال ۲۰۰۷ ظرفیت جذب باگاس اصلاح شده با مواد شیمیایی را در حذف سرب، کادمیم و مس در محدوده pH ۵/۵-۶-۷/۵، ۵-۶/۵-۷/۵ به ترتیب ۳۱۳، ۱۳۹، ۳۱۳ mg/g بدست آورد. (۲۱) گرگ در مطالعات مختللیباگاس نیشکر را برای حذف کادمیم، نیکل و کروم مورد بررسی قرار داد که ظرفیت جذب در pH های برابر ۶، ۶/۵ و ۲ به ترتیب ۶/۷۵ mg/g، ۲۶/۳ و ۵/۷۵ گزارش شد. (۲۲-۲۴) گوپتا از خاکستر باگاسدر pH خشی استفاده کرد که ظرفیت جذب را برای DDE, DDD برابر ۱۰۰۷۶۹ mg/g اعلام کرد. (۲۵) وارتل در سال ۲۰۰۵ از باگاس اصلاح شده در حذف کروم شش ظرفیتی استفاده کرد که حداکثر جذب در pH برابر ۵/۷۵ mg/g بدست آمد. (۲۶) امین ظرفیت کربن فعال تهیه شده از مغز باگاس نیشکر را در حذف رنگ واکنش پذیر در pH برابر ۱ بررسی کردند که ظرفیت جذب ۳/۹۲ mg/g مشاهده شد. (۲۷)

در تحقیق حاضر که با هدف حذف کروم شش ظرفیتی از یک محلول سنتتیک به وسیله باگاس بهینه شده با اسیداستیک به انجام رسیده است، سینتیک های جذب کروم و معادلات حاکم بر آن مورد مطالعه قرار گرفته و ایزوترم های فروندلیچ ولانگمویر مورد بررسی قرار گرفته است. به منظور افزایش ظرفیت جذب باگاس که به عنوان دورریز کشت و صنعت کارون و میان آب شوشتر می باشد، از اسید استیک یک نرمال پس از چند مرحله

اندازه ذرات جاذب بر روی جذب کروم شش ظرفیتی از محلول سنتتیک که به روش تاگوچی طراحی شده بود بررسی گردید. نتایج آن به شرح نمودار امی باشد. همانگونه که در نمودار ۱ نشان داده شده است، پارامتر اندازه ذره جاذب اثر چندانی بر روی درصد جذب ندارد. به طور کلی می توان گفت، در حالت بهینه می توان از هر اندازهی ذره جاذب استفاده نمود.

اثر غلظت جاذب باگاس بر جذب کروم شش ظرفیتی در نمودار ۱ نشان داده شده است. براساس این نمودار با افزایش غلظت جاذب، راندمان جذب افزایش پیدا کرد و بیشترین حذف در غلظت ۲۰ gr/l اتفاق افتاد.

در این نمودار اثر دمای محیط در محدوده درجه حرارت ۲۰-۵۰ °C، غلظت کروم ۱۰۰ ppm و دور همزن ۲۵۰ rpm بررسی شد. با افزایش دامینان جذب کروم نیز افزایش یافت.

اثر pH محیط بر میزان جذب کروم مطابق نمودار ۱ می باشد. بر اساس نمودار، هر چه به سمت قلیایی شدن پیش می رویم، جذب کاهش یافته بیشترین میزان جذب در حالت اسیدی اتفاق افتاد و پس از آن در حالت خنثی و کمترین جذب در ناحیهی بازی دیده شد.

نمودن باگاس از اسید استیک یک نرمال استفاده شد. باگاس اسیدی برای رسیدن به pH خنثی به دفعات با آب مقطر شستشو داده شد. با بالا رفتن pH سرعت خشک شدن باگاس روی قیف بوخنر کاهش یافت. در مرحله آخر باگاس بهینه شده در دمای ۸۰ درجه به مدت ۱۵ ساعت خشک گردید.

۲-۳- روش انجام آزمایش

در این مطالعه که به صورت آزمایشگاهی انجام گردید، پس از انجام پیش تصفیه مورد نیاز، آزمایشات بر روی جذب کروم شش ظرفیتی بوسیله باگاس بهینه شده با اسید استیک انجام گردید و اثر pH، دمای محیط جذب، غلظت جاذب و اندازه ذرات جاذب بررسی شد. به منظور بررسی کلیه پارامترهای مذکور و اثر متقابل پارامترها بر یکدیگر و به دلیل تعداد بسیار زیاد آزمایشات از نرم افزار Qualitek4 که بر پایه طراحی آزمایش به روش تاگوچی عمل می کند استفاده شد و براساس روش فوق ۱۶ آزمایش طراحی گردید.

یافته ها

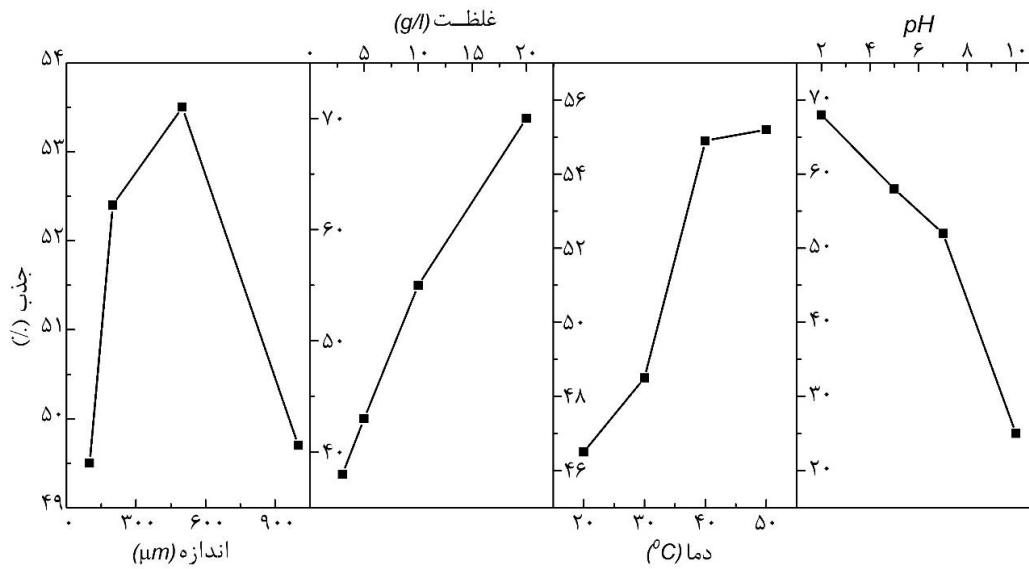
اثر پارامترهای pH، دمای محیط، غلظت جاذب و

جدول ۱: اندازه ذرات باگاس استفاده شده در انجام آزمایشات

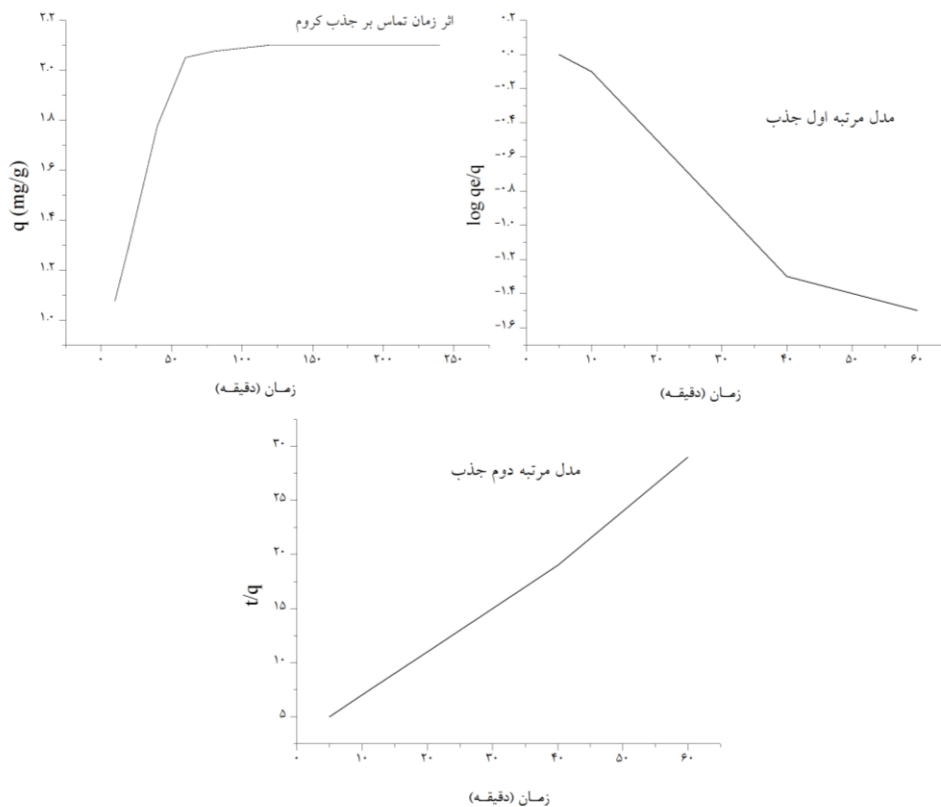
The kind of mesh	d1	d2	d3	d4
Particle size	800 – 1000 μm	420 – 500 μm	177 – 210 μm	88 – 105 μm



شکل ۱: مراحل آماده سازی جاذب باگاس



نمودار ۱: تأثير پارامتر اندازه ذره، غلظت جاذب، دمای محیط و pH بر میزان جذب کروم
شرایط آزمایش: (سرعت همزن = 250 rpm، غلظت = 100 ppm)

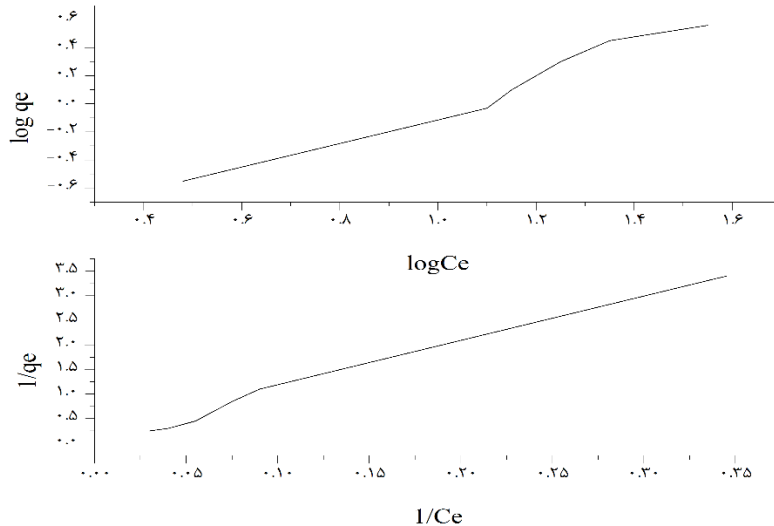


نمودار ۲: اثر زمان تماس بر جذب کروم، مدل مرتبه اول و دوم جذب کروم بوسیله جاذب باگاس
شرایط آزمایش (سرعت همزن = 250 rpm، غلظت = 100 ppm، غلظت باگاس = 20 gr/lit، دما = 50 $^{\circ}\text{C}$ ، اندازه ذرات = 420-500 μm ، pH = 2)

در شرایط بهینه را 92/3 درصد ارزیابی نموده بود تقریباً
مطابقت دارد.

اثر زمان واکنش بر میزان جذب کروم در نمودار ۲
نشان داده شده است. بر اساس نمودار ۲ در ابتدا با افزایش

در بررسی پارامترهای مورد نظر بر راندمان جذب
تحت شرایط بهینه (pH=2، اندازه ذره (500 μm)، غلظت
(20 gr/lit) و دمای 50 درجه سانتیگراد) میزان جذب 90/1
بدست آمد که با پیش بینی روش تاگوچی که میزان جذب



نمودار ۲: ایزوترم لانگمویر و فرندلیچ جذب کروم بوسیله جاذب باگاس
شرایط آزمایش (سرعت همزن=۲۵۰ rpm، غلظت=۱۰۰ ppm، غلظت باگاس=۲۰ gr/lit، دما=۵۰°C، اندازه ذرات=۴۲۰-۵۰۰ μm، pH=2)

برای چسبیدن کروم به جاذب افزایش پیدا می کند از این رو با افزایش غلظت جاذب باگاس، درصد جذب کروم شش ظرفیتی افزایش می یابد. (۴) این مسئله با توجه به فراوانی جاذب و ارزان بودن آن به لحاظ اقتصادی مقرون به صرفه است. این نتایج با مطالعات تالوکارو کرونیج کاملاً مطابقت دارد. (۲ و ۴)

درجه حرارت پارامتر مهمی در فرآیند جذب یون های فلزی می باشد. افزایش درجه حرارت موجب افزایش سرعت انتشار مولکول های ماده جذب شونده از میان لایه مرزی خارجی و درون منافذ جاذب می شود. علاوه بر این تغییرات درجه حرارت ممکن است موجب تغییر در ظرفیت تعادل یک جاذب برای یک ماده جذب شونده خاص شود. (۵ و ۶) البته تاثیر دما بر جذب نسبت به غلظت جاذب کم اهمیت تر به نظر می رسد. نتایج این بررسی با مطالعات آلوما و همکاران، کریشان و سانتانا کاروالهو کاملاً مطابقت دارد. (۲۹ و ۲۷ و ۱۱)

یکی از مهم ترین عواملی که در جذب بیولوژیکی یون های فلزی تأثیر می گذارد، اسیدیته محلول می باشد. فرآیند جذب سطحی یون های فلزی به دلیل تغییر در بار سطحی جاذب و مشخصات فلزات، تحت تأثیر pH محلول است. (۱۲) کروم شش ظرفیتی در pH های

زمان تماس میزان جذب کروم افزایش یافت تا اینکه این افزایش جذب کند شد و واکنش به تعادل رسید. زمان تعادل فرآیند حذف کروم توسط باگاس بهینه شده با اسید استیک، حدود ۱۲۰ دقیقه بدست آمد.

بحث

بررسی اثر اندازه جاذب بر میزان جذب نشان می دهد که اندازه ذرات جاذب اثر چندانی بر راندمان عمل جذب نداشته است. با این وجود بیشترین جذب در اندازه ذره ۵۰۰ μm اتفاق افتاد که احتمالاً به دلیل افزایش سطح دسترسی می باشد. (۵) تالوکار اثر جاذب های مختلف را بر حذف کروم مورد بررسی قرار داد و نشان داد که در خصوص باگاس بیشترین جذب در اندازه ۰/۱ میلی متر اتفاق افتاده است که البته سایز ذره قابل ملاحظه ای بر راندمان جذب نداشته است. (۲) در مطالعه ای که احمد در حذف کروم فاضلاب بوسیله پوست درخت انجام داد، بیشترین میزان جذب (۸۵٪) بوسیله کوچکترین اندازه جاذب (۶۳ μm) بدست آمد هر چند که دامنه تغییرات درصد جذب گسترده نبوده است (بین ۸۳/۸ تا ۸۵ درصد). (۵)

با افزایش غلظت جاذب، تعداد محل های در دسترس

$$\text{Log}(q_e - q_t) = \text{Log} q_e - \frac{k \cdot t}{2.303} \quad (1)$$

که q_e و q_t میزان کروم جذب شده (mg/g) به ترتیب در زمان تعادل و زمان t است و k_1 (1/min) ثابت آهنگ معادله مرتبه اول می باشد. مدل مرتبه دوم به شرح زیر است:

$$\frac{t}{q_t} = \frac{1}{k_2 q_e^2} + \frac{t}{q_e} \quad (2)$$

که k_2 ثابت آهنگ معادله مرتبه دوم (g/mg.min) و q_e و q_t به ترتیب مقدار کروم جذب شده در زمان تعادل و زمان t می باشد. (۳۲ و ۲۴) بر اساس نمودار ۲ و با توجه به مقدار R^2 می توان گفت که جذب کروم شش ظرفیتی بوسیله باگاس بهینه شده با اسید استیک، از سینتیک جذب مرتبه دوم تبعیت می کند. ایزوترم لانگمویر بر مبنای پوشش تک لایه ماده جذب شده بر سطح جاذب همگن است.

$$q_e = \frac{b q_m c_e}{1 + b c_e}$$

که q_m ظرفیت جذب تک لایه جاذب بیولوژیکی (mg/g)، q_e مقدار کروم جذب شده در حالت تعادل (mg/g)، C_e غلظت تعادلی یون کروم در محلول (mg/l) و b ثابت جذب لانگمویر (1/mg) که با انرژی آزاد جذب رابطه دارد. (۱۱) بر اساس نمودار ۳ مقدار R^2 برای جاذب باگاس نشان می دهد که تئوری لانگمویر به خوبی پدیده جذب را توصیف می کند. مدل ایزوترم فروندلیچ بر مبنای سطح جذب ناهمگن است. (۳۴ و ۳۳)

$$q_e = k_f c_e^{1/n}$$

که K_f با ظرفیت جذب رابطه دارد و $1/n$ پارامتر تجربی است که با شدت جذب رابطه دارد. بر اساس نمودار ۳، مقدار کم R^2 (نسبت به مدل لانگمویر) نشان می دهد که مدل فروندلیچ برای توصیف ارتباط میان مقدار فلز جذب شده و غلظت های تعادلی آن در محلول مناسب نمی باشد.

بررسی ایزوترم های جذب لانگمویر و فروندلیچ

پایین معمولاً به شکل HCrO_4^- دیده می شود. به روشنی می توان دریافت که در pH های پایین، HCrO_4^- با بار منفی بوسیله بار مثبت موجود در جاذب که ناشی از جذب الکترونیک می باشد، به آسانی جذب می شود. (۳۰) بر اساس مطالعات گارگ بیشترین جذب در pH برابر ۲ اتفاق افتاده است. (۷) در مطالعه تالوکار بیشترین جذب در pH ۲ اتفاق افتاده است که با قلیایی شدن محیط واکنش، میزان جذب کاهش یافته است. (۲) احمد و همکاران بیشترین میزان جذب کروم را در pH ۳ گزارش دادند. (۵)

کل زمان جذب کروم بوسیله باگاس بهینه شده با اسید استیک را می توان به دو ناحیه تند و کند تقسیم کرد. عمده جذب در یک ساعت اول اتفاق افتاده و در یک ساعت دوم جذب به کندی انجام گرفت. پس از آن با افزایش زمان تماس، تغییری در جذب کروم ایجاد نشد. این نکته را می توان اینگونه توجیه کرد که در ابتدا به دلیل خالی بودن سطح جاذب، این ماده قدرت بیشتری برای جذب نشان می دهد که به مرور زمان و با اشغال شدن سطوح فعال جاذب، قدرت جذب کاهش می یابد. تا زمانی که میزان کروم جذب شده با میزان دفع شده برابری کند که به این زمان، زمان تعادل گفته می شود. (۳۱) کریشان زمان رسیدن به تعادل را در جذب کبالت بوسیله کربن فعال حاصل از باگاس نیشکر ۴ ساعت اعلام کرد. (۲۹) در مطالعه ای که کارنیتز و همکاران بر روی حذف مس، سرب و کادمیم بوسیله باگاس بهینه شده انجام داد، زمان رسیدن به تعادل را ۳۰ تا ۴۰ دقیقه گزارش کرد. (۲۱)

در بررسی سینتیک جذب، ۱۰۰ ppm محلول کروم و ۲۰ g/l باگاس نیشکر به کار گرفته شد. سایر شرایط بر اساس شرایط بهینه جذب که پیش تر به آن اشاره شد انتخاب شد. نمودار ۲ مدل های جذب کروم شش ظرفیتی را نشان می دهد. یکی از ساده ترین سینتیک های جذب، معادله تفاضلی مرتبه اول لاجرگرناس است. (۲۴)

موثر در حذف کروم از فاضلابمی باشد.

تشکر و قدردانی

نویسندگان این مقاله از شرکت کشت و صنعت کارون و میان آب شوشتر برای تأمین باگاس نیشکر و پرسنل آزمایشگاه دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات خوزستان کمال سپاسگزاری را به عمل می آورند.

نشان داد که تطبیق داده ها بر ایزوترم لانگمویر بیشتر از فروندلیچ است. ($R^2=0.9902$) نتایج بدست آمده با یافته های حاصل از مطالعات گارگ، کارنیتز و آلوما مطابقت دارد. (۲۵ و ۲۱ و ۱۲) بررسی نمودارهای سینتیک جذب مرتبه اول و دوم ثابت می کند که سینتیک جذب مرتبه دوم مدل مناسبی برای جذب کروم (VI) می باشد. بازده جذب کروم در شرایط بهینه دما، pH، غلظت و اندازه ذره ۹۰/۱ درصد بدست آمده است که با پیش بینی انجام شده به روش تاگوچی مطابقت دارد. در مجموع می توان نتیجه گیری نمود که باگاس نیشکر فعال شده یک جاذب طبیعی و

References

1. Wan Ngah W.S, Hanafiah M.A.K.M, Removal of heavy metal ions from wastewater by chemically modified plant wastes as adsorbents: A review. *Bioresource Technology Journal*. 2008; 99: 3935–3948.
2. Talokar A.Y, Studies on removal of chromium from wastewater by adsorption using low cost agricultural biomass as adsorbents. *International Journal of Advanced Biotechnology and Research*. 2011; 2: 452-456.
3. Rengaraj S, Joo C K, Kim Y, Yi J. Kinetics of removal of chromium from water and electronic process wastewater by ion exchange resins: 1200H, 1500H and IRN97H. *Journal of Hazardous Materials*. 2003; 102: 257–275
4. Cronje K J, Chetty K, Carsky M, Sahu J N, Meikap B C. Optimization of chromium(VI) sorption potential using developed activated carbon from sugarcane bagasse with chemical activation by zinc chloride. *Desalination Journal*. 2011; 275: 276–284.
5. Ahmad R, Rao R A K, Masood M M. Removal and Recovery of Cr(VI) from Synthetic and Industrial Wastewater using Bark of *Pinus roxburghii* as an Adsorbent. *Water Qual Res. Journal*, 2005; 40: 462–468.
6. Mazumder D, Ghosh D, Bandyopadhyay P. Treatment of Electroplating Wastewater by Adsorption Technique. *International Journal of Civil and Environmental Engineering* 2011; 3: 101-110.
7. Garg U K, Kaur M P, Sud D, Garg V K. Removal of hexavalent chromium from aqueous solution by adsorption on treated sugarcane bagasse using response surface methodological approach. *Desalination* 2009; 249: 475–479
8. World Health Organization (WHO), “Guidelines for Drinking-Water Quality”, second addendum. Volum I, Recommendations. 3rd ed. 2008.
9. Mohan D, Singh K P, Singh V K. Removal of hexavalent chromium from aqueous solution using low-cost activated carbons derived from agricultural waste materials and activated carbon fabric cloth. *Industrial and Engineering Chemistry* 2005; 44: 1027–1042
10. Gurgel LVA, Freitas RPD, Gil LF, Adsorption of Cu(II), Cd(II), and Pb(II) from aqueous single metal solutions by sugarcane bagasse and mercerized sugarcane bagasse chemically modified with succinic anhydride. *Carbohydrate Polymers* 2008; 74: 922–929
11. Padmavathy V, Vasudevan P, Dhingra SC. Biosorption of nickel (II) ions on Baker’s yeast. *Process Biochemistry Journal*, 2003; 38: 1389–95.
12. Alomal, Martín-Lara MA, Rodríguez IL, Blázquez G, Calero M, Removal of nickel (II) ions from aqueous solutions by biosorption on sugarcane bagasse. *Taiwan Institute of Chemical Engineers* 2012; 43: 275–281
13. Brandao PC, Souza TC, Ferreira CA, Hori CA, Romaniello LL, Removal of petroleum hydrocarbons from aqueous solution using sugarcane bagasse as adsorbent. *Hazardous Materials* 2010; 175: 1106–1112
14. Martín-Lara MA, Rodríguez Rico IL, Caridad IDL, Vicente A, García GB, Hoces MCD. Modification of the sorptive characteristics of sugarcane bagasse for removing lead from aqueous solutions. *Desalination* 2010; 256: 58–63.
15. Demiral H, Gunduzoglu G, Removal of nitrate from aqueous solutions by activated carbon prepared from sugar beet bagasse. *Bioresource Technology* 2010; 101: 1675–1680
16. Swaminathan K, Ayyappan R, Sophia AC, Sandhya S, Removal of Pb(II) from aqueous solution using

- carbon derived from agricultural wastes, *Process Biochemistry* 2005; 40 : 1293–1299.
17. Karnitz OJ, Gurgel LVA, Gil LF, Adsorption of Ca(II), Mg(II), and Pb(II) from aqueous single metal solutions by mercerized cellulose and mercerized sugarcane bagasse chemically modified with EDTA dianhydride (EDTAD), *Carbohydrate Polymers* 2009; 79 : 184–191.
 18. Mulinari DR, da Silva MLCP, Adsorption of sulphate ions by modification of sugarcane bagasse cellulose, *Carbohydrate Polymers* 2008; 74 : 617– 620
 19. Kalderis D, Koutoulakis D, Paraskeva P, Diamadopoulos E, Otal E, del Valle JO, Fernandez-Pereira C, Adsorption of polluting substances on activated carbons, *Chemical Engineering Journal* 2008; 144 : 42–50.
 20. Hameed BH, Rahman AA, Removal of phenol from aqueous solutions by adsorption onto activated carbon prepared from biomass material, *Hazardous Materials* 2008; 160 : 576–581.
 21. Karnitz OJ, Gurgel LVA, Melo JCP, Botaro VR, Melo TMS, Gil RPF, Gil LF, Adsorption of heavy metal ion from aqueous single metal solution by chemically modified sugarcane bagasse, *Bioresource Technology* 2007; 28 : 1291–1297.
 22. Garg U, Kaur MP, Jawa GK, Sud D, Garg VK, Removal of cadmium(II) from aqueous solutions by adsorption on agricultural waste biomass, *Journal of Hazardous Materials* 2008; 154 : 1149–1157.
 23. Garg UK, Kaur MP, Garg VK, Sud D. Removal of Nickel(II) from aqueous solution by adsorption on agricultural waste biomass using a response surface methodological approach, *Bioresource Technology* 2008; 99: 1325–1331.
 24. Garg UK, Kaur MP, Garg VK, Sud D. Removal of hexavalent chromium from aqueous solution by agricultural waste biomass. *Hazardous Materials* 2007; 140: 60–68.
 25. Gupta VK, Ali I, Removal of DDD and DDE from wastewater using bagasse fly ash, a sugar industry waste, *Water Research* 2001; 35 : 33–40.
 26. L.H. Wartelle, W.E. Marshall, Chromate ion adsorption by agricultural byproducts modified with dimethyloldihydroxyethylene urea and choline chloride, *Water research* 2005; 39: 2869–2876.
 27. Amin, NK. Removal of reactive dye from aqueous solutions by adsorption onto activated carbons prepared from sugarcane bagasse pith. *Desalination* 2008; 223:152–161.
 28. APHA, AWWA, WEF, Standard methods for the examination of water and wastewater, 21st ed., American Public Health Association, Washington, 2005, DC, pp. 3-65–3-68.
 29. Krishnan KA, Anirudhan TS, Kinetic and equilibrium modeling of cobalt (II) adsorption onto bagasse pith based sulphurised activated carbon, *Chemical Engineering* 2008; 137: 257–264
 30. Hu J, Wang SW, Shao DD, Dong YH, Li JX, Wang XK, Adsorption and Reduction of Chromium(VI) from Aqueous Solution by Multiwalled Carbon Nanotubes. *The Open Environmental Pollution & Toxicology Journal*, 2009; 1:66-73
 31. Carvalho WS, Martins DF, Gomes FR, Leite IR, Silva LGD, Ruggiero R. Phosphate adsorption on chemically modified sugarcane bagasse fibres, biomass and bioenergy 2011; 3 (5): 3913-3919
 32. Geng B , Zhaohui J ,Tielong T, Xinhua O. Kinetics of hexavalent chromium removal from water by Chitosan-Fe nanoparticles, *Chemosphere* 2009; 75: 825-830.
 33. Bhattacharyya, K.G., Sharma, A. Kinetics and thermodynamics of Methylene Blue adsorption on Neem (*Azadirachta indica*) leaf powder. *Dyes Pigments* 2005; 65: 51–59.
 34. Sari A, Tuzen M, Uluozlu OD, Soylak M. Biosorption of Pb (II) and Ni (II) from aqueous solution by lichen (*Cladonia furcata*) biomass. *Biochem Eng* 2007; 37: 151–158

Investigation of the hexavalent chromium adsorption onto activated sugarcane bagasse and determining of the Kinetic and equilibrium modelling

Afshin Takdastan,

Assist. Prof. of Environmental Health Eng., Member of Environment Tech. Research Center, Jondishapoor University of Medical Sciences, Ahwaz

Azadeh Sharifat,

M.Sc. of Environmental Eng., Khuzestan University, Sciences and Research Branch, Ahwaz

Roya Mafi Gholami,

Assist. Prof. of environmental engineering, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran.

Azadeh Eslami*

Department of environmental engineering, College of environment and energy,

Received:02/02/2014, Revised:17/02/2014, Accepted:02/03/2014

Corresponding Author:

Azadeh Eslami, Tehran Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
E-mail: a.eslami@srbiau.ac.ir

Abstract

Background: Chromium is one of the toxic heavy metals that exist in trivalent and hexavalent forms in aqueous systems. Hexavalent chromium is highly toxic, carcinogenic and corrosive in nature. Adsorption is an effective method in chromium removal. The aim of this study is investigation of the hexavalent chromium removal using sugarcane bagasse from synthetic solutions and determining of the sorption kinetics.

Methods: The impact of pH, temperature, contact time, Adsorbent concentration and particle size on chromium removal was carried out. Langmuir and Freundlich adsorption isotherms with sorption kinetics were investigated. Experiments were carried out with Tagochi method using Qualitik4.

Finding: The maximum chromium removal was achieved in pH=2, temperature of 50°C, 500 µm adsorbent size, adsorbent concentration of 20g/l equal to 90.1%. Altogether adsorption capacity was increased with increasing temperature and adsorbent concentration and decreased with increasing pH. Adsorbent particle size does not an important effect on removal efficiency. Sugarcane bagasse adsorption kinetics in chromium removal followed by second- order reaction and were in good agreement with Langmuir isotherm.

Conclusion: the results showed appropriate adsorption capacity for sugarcane bagasse in hexavalent chromium removal as a significant pollutant.

Key words: heavy metals, hexavalent chromium, sugarcane bagasse, Adsorption kinetics, equilibrium modeling