

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشکده کشاورزی

پایان نامه کارشناسی ارشد آب و خاک

بررسی تاثیر برخی جاذب های طبیعی بر پالایش فلزات سنگین از آب های آلوده

نگارنده: الهام بوحمید

استاد راهنما

دکتر هادی قربانی

استاد مشاور

دکتر علی عباسپور

بهمن ۱۳۹۵

شماره پیوست ۲

دانشگاه صنعتی شاهرود

دانشکده کشاورزی

گروه آب و خاک

پایان نامه کارشناسی ارشد خانم الهام بوحمید

تحت عنوان: بررسی تاثیر برخی جاذب های طبیعی بر پالایش فلزات سنگین از آب های آلوده

در تاریخ ۱۳۹۵/۱۱/۱۸ توسط کمیته تخصصی زیر جهت اخذ مدرک کارشناسی ارشد مورد ارزیابی و با درجه ی عالی مورد پذیرش قرار گرفت.

امضاء	اساتید مشاور	امضاء	اساتید راهنما
	دکتر علی عباسپور		دکتر هادی قربانی

امضاء	نماینده تحصیلات تکمیلی	امضاء	اساتید داور
	دکتر محمد هادی موحد نژاد		دکتر شاهین شاهسونی
			دکتر وجیهه درستکار

تقدیم بہ پدر و مادر عزیزم

کہ بھطات ناب باور بودن، لذت و غرور و دانستن، جسارت خواستن، عظمت رسیدن و تمام تجربہ ہای یکتا و زیبای
زندگیم مدیون حضور سبز آنہاست۔

تقدیم بہ برادرانم کہ:

وجودشان شادی بخش و صفایشان مایہی آرامش من است

تقدیم بہ ہمسر عزیزم کہ:

ہموارہ حیات ہای بی شبہی او باعث قوت قلب من است

تقدیر و شکر

نخستین پاس به پیشگاه حضرت دوست که هر چه هست از اوست ستایش پروردگار بی همتا را که راه تحصیل را بر من هموار نمود و رخصت گام نهادن بر عرصه حیات و زیور ساختن علم را ارزانی ام داشت. حالاکه این پژوهش پایان یافته است بر خود لازم میدانم از زحمات بی شائبه و راهنماییهای استاد راهنمای فریخته و بزرگوار آقای دکتر مهدی قربانی که با کرامتی چون خورشید سرزمین دل را روشنی بخشید و گلشن سرای علم و دانش را با راهنماییهای کار ساز و سازنده بارور ساختند تقدیر و شکر نمایم. از استاد عالی قدر جناب آقای دکتر عباسپور که زحمات مشاوره‌ی این پروژه را بر عهده داشتند کمال شکر را دارم از تمام دوستانی که در طول انجام این کار محبتهایشان شامل حال من شده پاسخگزارم. نهایت پاس و کمال قدر دانی را به فرشتگان زندگیم، پدر و مادر و خانواده‌ی عزیزم تقدیم می‌کنم که همواره دعای خیرشان بدرقه راهم بوده و برای همه این عزیزان آرزوی سلامتی و سعادت می‌نمایم.

و من الله توفیق...

الهام بوحمد

تعهد نامه

اینجانب الهام بوحمید دانشجوی دوره ی کارشناسی ارشد رشد خاکشناسی دانشکده ی کشاورزی بسطام دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده ی پایان نامه بررسی تاثیر برخی جاذب های طبیعی بر پالایش فلزات از آب های آلوده تحت راهنمایی دکتر هادی قربانی متعهد می شوم.

- تحقیقات در این پایان نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است.
- در استفاده از نتایج پژوهش های محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است.
- مطالب مندرج در پایان نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است.
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه شاهرود می باشد و مقالات مستخرج با نام «دانشگاه شاهرود» و یا «Shahrood University» به چاپ خواهد رسید.
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان نامه تأثیرگذار بوده اند در مقالات مستخرج از پایان نامه رعایت می گردد.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که از موجود زنده (یا بافت های آنها) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است، اصل رازداری، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است.

تاریخ

امضای دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

- کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج، کتاب، برنامه های رایانه ای، نرم افزار ها و تجهیزات ساخته شده است) متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد. این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود.
- استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی باشد.

چکیده

فعالیت های صنعتی در دهه های اخیر باعث ورود فلزات سنگین از قبیل کروم، کادمیم، سرب به چرخه ی محیط زیست شده و حیات موجودات زنده را تهدید کرده است. این فلزات به راحتی توسط فرآیند بیولوژیکی تجزیه نمی شود و در غلظت های کم نیز خطرناک هستند. علاوه بر آن سوزاندن بقایای کشاورزی مانده بعد از برداشت باعث انتشار گازهای گلخانه ای در جو که خود عامل تخریب لایه اوزون هستند می شود یکی از راه های حذف فلزات سنگین وارد شده به محیط زیست از قبیل محلول های آبی پدیده ی جذب سطحی است که توسط بیوچار که یک کربن فعال است انجام می شود. برای جذب انواع فلزات سنگین از رنج وسیعی از مواد طبیعی و سینتیک استفاده می شود کربن ضایعات کشاورزی را می توان نام برد با توجه به مشکلات سوزاندن بقایا در کشور این مطالعه با هدف تبدیل انواع ضایعات کشاورزی به بیوچار و بررسی پتانسیل آن ها به عنوان جاذب فلزات سنگین در محیط های آبی انجام شد.

ضایعات کشاورزی مورد استفاده شامل سبوس برنج (Br)، باگاس نیشکر (BB) و عناب (Bj) بودند که در ابتدا از طریق کوره در دو دمای ۲۵۰ و ۵۰۰ درجه سانتیگراد به بیوچار تبدیل، سپس pH برای بیوچارهای تولید شده و ماده خام اندازه گیری شد. سپس با در نظر گرفتن نتایج جذب کروم، کادمیم و سرب (غلظت ۰،۱۰،۲۰،۵۰،۱۰۰ میلی گرم بر لیتر) غلظت اولیه کروم (۰،۱۰،۲۰،۵۰،۱۰۰ میلی گرم بر لیتر) کادمیم (۰،۱۰،۲۰،۵۰،۱۰۰ میلی گرم بر لیتر) و سرب (۰،۱۰،۲۰،۵۰،۱۰۰ میلی گرم بر لیتر) در محلول و زمان (۳۰،۶۰،۱۲۰ دقیقه) بررسی و آزمایش جذب برای سه عنصر کروم، کادمیم و سرب انجام شد. نتایج این پژوهش نشان داد که بیشترین جذب توسط سه نوع جاذب با میزان جذب بین ۵۰ تا ۱۰۰ برای کادمیم رخ داد سپس سرب بیشترین جذب توسط باگاس و سبوس برنج حذف شد. کروم توسط نوع خام دو جاذب باگاس نیشکر و عناب جذب بهتری داشته است.

کلمات کلیدی: بیوچار، کروم، کادمیم، ایزوترم، سینتیک، سرب

لیست مقالات مستخرج از پایان نامه

۱- بررسی اثر بیوچار طبیعی باگاس نیشکر بر حذف کروم از آب های آلوده، همایش ملی

یافته های پژوهش و فناوری در اکوسیستم های طبیعی و کشاورزی، مهرماه ۱۳۹۵

۲- بررسی اثر بیوچار طبیعی سبوس برنج بر حذف کادمیم از آب های آلوده، همایش

ملی یافته های پژوهش و فناوری در اکوسیستم های طبیعی و کشاورزی، مهرماه ۱۳۹۵

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
فصل اول.....	۱
مقدمه.....	۱
۱-۱- مقدمه.....	۲
۱-۲- اهمیت و ضرورت انجام پژوهش.....	۴
۱-۳- اهداف.....	۴
۱-۴- فرضیات.....	۵
فصل دوم.....	۷
کلیات و بررسی منابع.....	۷
۱-۲- بيوچار.....	۸
۲-۲- کاربرد بيوچار.....	۸
۳-۲- مزایای استفاده از بيوچار.....	۹
۴-۲- استفاده از بيوچار در مدیریت مواد زائد.....	۹
۵-۲- بيوچار به عنوان بهبود دهنده‌ی خاک.....	۹
۶-۲- ضرورت جذب آلاینده ها از پساب.....	۹
۷-۲- فلزات سنگین.....	۱۰
۸-۲- برخی روش های مرسوم حذف فلزات سنگین.....	۱۱
۹-۲- جذب سطحی.....	۱۱
۱۰-۲- جذب زیستی.....	۱۲
۱۱-۲- کروم و روش های حذف آن.....	۱۲
۱۲-۲- کادمیم و روش های حذف آن.....	۱۳
۱۳-۲- سرب و روش های حذف آن.....	۱۴
۱۴-۲- باگاس نیشکر.....	۱۵
۱۵-۲- سیوس برنج.....	۱۶
۱۶-۲- اثر بيوچار بر جذب عناصر.....	۱۶
۱۷-۲- اثر غلظت.....	۱۶
۱۸-۲- مدل لانگمویر.....	۱۷
۱۹-۲- مدل فروندلیچ.....	۱۷
۲۰-۲- اثر زمان بر جذب سطحی.....	۱۷
۲۱-۲- مروری بر مطالعات انجام شده در حذف فلزات سنگین از محلولهای آبی توسط بيوچار.....	۱۸

فصل سوم ۲۱

مواد روشها ۲۱

۱-۳- برداشت و جمع آوری ضایعات ۲۲

۲-۳- تهیه بیوچار ۲۲

۱-۲-۳- بیوچار باگاس نیشکر ۲۲

۲-۲-۳- بیوچار سیوس برنج ۲۳

۳-۲-۳- بیوچار عناب ۲۴

۳-۳- اندازه گیری کروم ۲۴

۴-۳- اندازه گیری کادمیم ۲۴

۵-۳- اندازه گیری سرب ۲۴

۶-۳- مطالعات جذب ۲۴

۷-۳- ایزوترم جذب ۲۵

۸-۳- سینتیک جذب ۲۵

۹-۳- تجزیه و تحلیل داده ها ۲۵

فصل چهارم ۲۷

بحث و نتایج ۲۷

۱-۴- جذب سطحی کروم ۲۸

۱-۱-۴- سینتیک جذب ۲۸

۱-۲-۴- ایزوترم های جذب ۴۶

۲-۴- جذب سطحی کادمیم ۵۰

۱-۲-۴- سینتیک جذب ۵۰

۲-۲-۴- ایزوترمهای جذب ۶۰

۳-۴- جذب سطحی سرب ۶۴

۱-۳-۴- ایزوترم های جذب ۶۴

فصل پنجم ۷۱

نتیجه گیری و پیشنهادات ۷۱

نتیجه گیری ۷۲

پیشنهادهات ۷۳

فصل ششم ۷۵

منابع ۷۵

فهرست شکل ها

صفحه	عنوان
۲۲	شکل-۱-۳- گاس نیشکر و بیوچار تهیه شده از آن
۲۳	شکل ۲-۳- سبوس برنج و بیوچار تهیه شده از آن
۲۹	شکل ۱-۴- سینتیک جذب کرومات توسط باگاس نیشکر خام در غظت های ۱۰ و ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر (الف) سینتیک مرتبه صفر، (ب) سینتیک مرتبه یک، (ج) سینتیک مرتبه دو
۳۱	شکل ۲-۴- سینتیک جذب کرومات توسط بیوچار باگاس نیشکر با دمای ۲۵۰ درجه در غظت های ۱۰ و ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر (الف) سینتیک مرتبه صفر، (ب) سینتیک مرتبه یک، (ج) سینتیک مرتبه دو
۳۳	شکل ۳-۴- سینتیک جذب کرومات توسط بیوچار باگاس نیشکر با دمای ۵۰۰ درجه در غظت های ۱۰ و ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر (الف) سینتیک مرتبه صفر، (ب) سینتیک مرتبه یک، (ج) سینتیک مرتبه دو
۳۵	شکل ۴-۴- سینتیک جذب کرومات توسط بیوچار سبوس خام در غظت های ۱۰ و ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر (الف) سینتیک مرتبه صفر، (ب) سینتیک مرتبه یک، (ج) سینتیک مرتبه دو
۳۷	شکل ۵-۴- سینتیک جذب کرومات توسط بیوچار سبوس با دمای ۲۵۰ درجه در غظت های ۱۰ و ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر (الف) سینتیک مرتبه صفر، (ب) سینتیک مرتبه یک، (ج) سینتیک مرتبه دو
۳۹	شکل ۶-۴- سینتیک جذب کرومات توسط بیوچار سبوس با دمای ۵۰۰ در غظت های ۱۰ و ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر (الف) سینتیک مرتبه صفر، (ب) سینتیک مرتبه یک، (ج) سینتیک مرتبه دو
۴۱	شکل ۷-۴- سینتیک جذب کرومات توسط بیوچار عناب خام در غظت های ۱۰ و ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر (الف) سینتیک مرتبه صفر، (ب) سینتیک مرتبه یک، (ج) سینتیک مرتبه دو
۴۳	شکل ۸-۴- سینتیک جذب کرومات توسط بیوچار عناب ۲۵۰ در غظت های ۱۰ و ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر (الف) سینتیک مرتبه صفر، (ب) سینتیک مرتبه یک، (ج) سینتیک مرتبه دو
۴۵	شکل ۹-۴- سینتیک جذب کرومات توسط بیوچار عناب ۵۰۰ در غظت های ۱۰ و ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر (الف) سینتیک مرتبه صفر، (ب) سینتیک مرتبه یک، (ج) سینتیک مرتبه دو
۴۷	شکل (۱۰-۴) ایزوترمهای جذب سطحی کرومات توسط بیوچار سبوس برنج، عناب و باگاس نیشکر خام (الف) لانگمویر، (ب) فروندلیچ
۴۹	شکل ۱۱-۴ ایزوترمهای جذب سطحی کرومات توسط بیوچار سبوس برنج، عناب و باگاس نیشکر ۲۵۰ (الف) لانگمویر، (ب) فروندلیچ
۵۰	شکل ۱۲-۴ ایزوترم-های جذب سطحی کرومات توسط بیوچار سبوس برنج، عناب و باگاس نیشکر ۵۰۰ (الف) لانگمویر، (ب) فروندلیچ

- شکل ۴-۱۳- سینتیک جذب کادمیوم توسط بیوچار باگاس خام در غظتهای ۱۰ و ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر (الف) سینتیک مرتبه صفر، (ب) سینتیک مرتبه یک، (ج) سینتیک مرتبه دو ۵۲
- شکل ۴-۱۴- سینتیک جذب کادمیوم توسط بیوچار باگاس ۲۵۰ در غظتهای ۱۰ و ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر (الف) سینتیک مرتبه صفر، (ب) سینتیک مرتبه یک، (ج) سینتیک مرتبه دو ۵۳
- شکل ۴-۱۵- سینتیک جذب کادمیوم توسط بیوچار باگاس ۵۰۰ در غظت های ۱۰ و ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر (الف) سینتیک مرتبه صفر، (ب) سینتیک مرتبه یک، (ج) سینتیک مرتبه دو ۵۵
- شکل ۴-۱۶- سینتیک جذب کادمیم توسط بیوچار سبوس خام در غظتهای ۱۰ و ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر (الف) سینتیک مرتبه صفر، (ب) سینتیک مرتبه یک، (ج) سینتیک مرتبه دو ۵۶
- شکل ۴-۱۷- سینتیک جذب کادمیم توسط بیوچار سبوس ۲۵۰ در غظتهای ۱۰ و ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر (الف) سینتیک مرتبه صفر، (ب) سینتیک مرتبه یک، (ج) سینتیک مرتبه دو ۵۸
- شکل ۴-۱۸- سینتیک جذب کادمیم توسط بیوچار سبوس ۵۰۰ در غظت های ۱۰ و ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر (الف) سینتیک مرتبه صفر، (ج) سینتیک مرتبه یک، (ج) سینتیک مرتبه دو ۵۹
- شکل ۴-۱۹- ایزوترمهای جذب سطحی کرومات توسط بیوچار سبوس برنج، عنب و باگاس نیشکر خام (الف) لانگمویر، (ب) فروندلیچ ۶۱
- شکل ۴-۲۰- ایزوترمهای جذب سطحی کرومات توسط بیوچار سبوس برنج، عنب و باگاس نیشکر ۲۵۰ (الف) لانگمویر، (ب) فروندلیچ ۶۲
- شکل ۴-۲۱- ایزوترمهای جذب سطحی کادمیوم توسط بیوچار سبوس برنج، عنب و باگاس نیشکر ۵۰۰ (الف) لانگمویر، (ب) فروندلیچ ۶۴
- شکل ۴-۲۲- ایزوترمهای جذب سطحی سرب توسط بیوچار سبوس برنج، عنب و باگاس نیشکر خام ۰ (الف) لانگمویر، (ب) فروندلیچ ۶۵
- شکل ۴-۲۳- ایزوترمهای جذب سطحی سرب توسط بیوچار سبوس برنج، عنب و باگاس نیشکر ۲۵۰ (الف) لانگمویر، (ب) فروندلیچ ۶۷
- شکل ۴-۲۴- ایزوترمهای جذب سطحی سرب توسط بیوچار سبوس برنج، عنب و باگاس نیشکر ۵۰۰ (الف) لانگمویر، (ب) فروندلیچ ۶۹

فهرست جدول

عنوان

صفحه

جدول ۱-۴- پارامترهای برآزش مدل‌های سینتیکی کرومات توسط باگاس نیشکر خام در غلظت ۱۰ و ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر کرومات	۲۸
جدول ۲-۴- پارامترهای برآزش مدل‌های سینتیکی کرومات توسط بیوچار باگاس نیشکر با دمای ۲۵۰ درجه در غلظت ۱۰ و ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر کرومات	۳۰
جدول ۳-۴- پارامترهای برآزش مدل‌های سینتیکی کرومات توسط بیوچار باگاس نیشکر با دمای ۵۰۰ درجه در غلظت ۱۰ و ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر	۳۲
جدول ۴-۴- پارامترهای برآزش مدل‌های سینتیکی کرومات توسط سبوس خام در غلظت ۱۰ و ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر کرومات	۳۴
جدول ۵-۴- پارامترهای برآزش مدل‌های سینتیکی کرومات توسط سبوس با دمای ۲۵۰ در غلظت ۱۰ و ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر کرومات	۳۶
جدول ۶-۴- پارامترهای برآزش مدل‌های سینتیکی کرومات توسط سبوس ۵۰۰ در غلظت ۱۰ و ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر کرومات	۳۸
جدول ۷-۴- پارامترهای برآزش مدل‌های سینتیکی کرومات توسط عنباب خام در غلظت ۱۰ و ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر کرومات	۴۰
جدول ۸-۴- پارامترهای برآزش مدل‌های سینتیکی کرومات توسط عنباب ۲۵۰ در غلظت ۱۰ و ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر کرومات	۴۲
جدول (۹-۴) پارامترهای برآزش مدل‌های سینتیکی کرومات توسط عنباب ۵۰۰ در غلظت ۱۰ و ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر کرومات	۴۴
جدول ۱۰-۴- پارامترهای محاسبه شده‌ی ایزوترمهای فروندلیچ و لانگمویر توسط بیوچار سبوس برنج، عنباب و باگاس نیشکر خام	۴۶
جدول ۱۱-۴- پارامترهای محاسبه شده‌ی ایزوترمهای فروندلیچ و لانگمویر توسط بیوچار سبوس برنج، عنباب و باگاس نیشکر ۲۵۰	۴۸
جدول ۱۲-۴- پارامترهای محاسبه شده‌ی ایزوترمهای فروندلیچ و لانگمویر توسط بیوچار سبوس برنج، عنباب و باگاس نیشکر ۵۰۰	۴۹
جدول ۱۹-۴- پارامترهای محاسبه شده‌ی ایزوترمهای فروندلیچ و لانگمویر توسط بیوچار سبوس برنج، عنباب و باگاس نیشکر خام	۶۰

جدول ۴-۲۰- پارامترهای محاسبه شده ی ایزوترمهای فروندلیچ و لانگمویر توسط بیوچار سبوس برنج ، عناب و باگاس	نیشکر ۲۵۰
۶۲	
جدول ۴-۲۱- پارامترهای محاسبه شده ی ایزوترمهای فروندلیچ و لانگمویر توسط بیوچار سبوس برنج، عناب و باگاس	نیشکر ۵۰۰
۶۳	
جدول ۴-۲۲- پارامترهای محاسبه شده ی ایزوترمهای فروندلیچ و لانگمویر توسط بیوچار سبوس برنج، عناب و باگاس	نیشکر خام ۶۵
۶۵	
جدول ۴-۲۳- پارامترهای محاسبه شده ی ایزوترمهای فروندلیچ و لانگمویر توسط بیوچار سبوس برنج ، عناب و باگاس	نیشکر ۲۵۰
۶۶	
جدول ۴-۲۴- پارامترهای محاسبه شده ی ایزوترمهای فروندلیچ و لانگمویر توسط بیوچار سبوس برنج، عناب و باگاس	نیشکر ۵۰۰
۶۸	

فصل اول

مقدمه

۱-۱- مقدمه

فعالیت‌های انسانی در دهه اخیر تاثیر نامناسب، بر محیط زیست داشته است. افزایش فعالیت‌های صنعتی دلیل اصلی اغلب مشکلات آلودگی محیط زیست و تخریب اکوسیستم بوده و باعث تجمع آلاینده‌هایی نظیر فلزات سنگین می‌گردد. علاوه بر آن سوزاندن ضایعات محصولات کشاورزی باعث ورود گازهای گلخانه‌ای به اتمسفر شده که به دنبال آن پدیده‌ی گرمایش جهانی و تغییر اقلیم را خواهیم داشت (جوزف ولهمن ۲۰۰۹). یکی از راه‌های کاهش گازهای گلخانه‌ای نظیر CO₂ تثبیت کربن مواد آلی و تبدیل ضایعات کشاورزی به بیوپچار است. بیوپچار یک باقیمانده‌ی جامد دارای کربن است که در شرایط گرمایی و در شرایط محدود اکسیژن و درجه حرارت پایین‌تر از ۷۰۰ درجه سانتی گراد تولید شده که ماده‌ی جامد حاصل از آن دارای زی توده غنی از کربن است (ژو و همکاران ۲۰۱۳). دمای تولید و نوع ماده خام دو فاکتور اصلی تغییر دهنده‌ی ویژگی‌های بیوپچار می‌باشد. تقریباً نیمی از زی توده خشک را کربن خالص تشکیل می‌دهد. اگر زی توده در هوای آزاد تجزیه شود تقریباً تمام کربن آن به اتمسفر آزاد می‌شود، طی فرآیند تولید بیوپچار حدود ۵۰٪ از زی توده کربن به بیوپچار تبدیل می‌شود و ۵۰٪ بقیه به صورت انرژی مفید آزاد می‌شود. انواع مختلف مواد می‌تواند به عنوان ماده‌ی اولیه تولید بیوپچار استفاده شود که از این دسته می‌توان به ضایعات چوب، کودهای حیوانی و بقایای محصولات کشاورزی اشاره کرد (احمدخان و همکاران ۲۰۰۴). این مزیت بیوپچار که از گسترده‌ی وسیعی از زی توده‌ها قابل تولید است و همچنین توانایی گوناگون آن باعث شده که بیوپچار به عنوان یک ابزار سودمند زیست محیطی و با صرفه‌ی اقتصادی برای مدیریت محیط زیست مطرح شد (تانگ و همکاران ۲۰۱۱). فلزات سنگین به لحاظ ماهیت غیر قابل تجزیه بودن، ماندگاری طولانی مدت در طبیعت، سمی بودن باید از چرخه طبیعت خارج شود، چون این فلزات در بافت‌های موجودات زنده تجمع می‌کند و باعث بروز انواع بیماری‌ها برای انسان‌ها می‌شوند، بنابراین باید آن‌ها را حذف کرد. فلزات سنگین برخلاف آلوده کننده‌های آلی تغییر ناپذیر، غیرقابل تجزیه و پایدار در خاک هستند (آدریانو و همکاران ۲۰۰۴). وجود فلزات سنگین با غلظت بیش از استاندارد (معمولاً در حد

ppm) در آب نوشیدنی، باعث بروز بیماری‌های مختلف نظیر مسمومیت، حساسیت شدید، ضایعات کروموزومی، عقب‌افتادگی ذهنی، فراموشی، پارکینسون، سنگ کلیه، نرمی استخوان و انواع سرطان‌ها می‌گردد (جاروپل و همکاران ۲۰۰۳). منابع آب ممکن است در اثر پدیده‌های طبیعی، مانند همسایگی با یک معدن و یا بستر آلوده و در نتیجه فعالیت‌های صنعتی و کشاورزی با غلظت‌های بالایی از مواد، آلوده شده باشند. افزایش مصرف آب برای اهداف مختلف باعث کاهش منابع آب شده است. ازسویی دیگر جمعیت جهان در حال افزایش و منابع آشامیدنی روبه کاهش است، بنابراین ممکن است جهان در آینده با مشکل کمبود آب مواجه شود (وهاب زاده ۱۳۷۸). یکی از عمده‌ترین آلاینده‌های محیط زیست وجود فلزات سنگین در پساب‌های صنعتی است. صنعتی شدن سریع، رشد بی‌رویه، استفاده از کودها و سموم کشاورزی منجر به افزایش ورود فلزات سنگین به محیط زیست آبی شده است (بوتکین و کلر ۱۹۹۵). اهمیت جلوگیری از ورود این فلزات به محیط زیست از آن جهت است که این عناصر به شدت سمی بوده و حتی در غلظت‌های بسیار کم در زنجیره غذایی و در بدن موجودات زنده تجمع پیدا می‌کنند (گوپتا و همکاران ۲۰۰۸). کروم از جمله فلزات سنگینی است که در پساب صنایع از جمله پساب صنایع آبکاری و کارخانجات دباغی چرم وجود دارد و وجود آن برای انسان و محیط زیست بسیار خطرناک است. روش‌های مختلفی برای حذف فلزات سنگین شامل فیلتراسیون، ته‌نشینی، اکسیداسیون احیاء، تبادل یونی که پرهزینه و بازده پایینی دارند، حذف فلزات سنگین از محلول‌های آب از طریق جذب یک روش آسان و کم‌هزینه است که به نوع جاذب بستگی دارد (تانی و همکاران ۲۰۰۶). بیوپار بهترین جاذب فلزات سنگین محسوب می‌شود (بانسال و همکاران ۲۰۰۹) که غنی از کربن است جذب سطحی به پارامترهایی مانند مشخصات جذب، pH، دما، مقدار جاذب، زمان تماس و سرعت اختلاط وابسته است. در استان خوزستان که از مناطق گرم و خشک ایران محسوب می‌شود، نیشکر با سطح زیرکشت بالغ بر ۸۵۰۰۰ هکتار کشت می‌شود. که باگاس (تفاله‌های نیشکر) تولیدی از آن حجم بالایی دارد. باگاس شبیه کاه و کلش گندم ولی

خشبی تر و ضخیم تر و دارای نسبت C/N حدود ۱۵۰ می باشد (صیاد و کاظمی ۱۳۷۶). این باگاس پس از تبدیل به بیوچار جاذب مناسبی برای حذف فلزات سنگین محسوب می شود.

۱-۲- اهمیت و ضرورت انجام پژوهش

دسترسی مداوم و آسان به آب شرب سالم از جمله شاخص های توسعه یافتگی و رفاه در هر جامعه است . این امر در جوامع توسعه یافته بالای ۹۹٪ است . ولی متأسفانه در برخی کشورهای در حال توسعه به علت وجود منابع آلاینده آمار داده شده حاکی از کمبود شدید دسترسی مداوم به منابع آب سالم و بهداشتی برای عموم مردم است. آلاینده های شیمیایی که به طور طبیعی و یا به واسطه فعالیت بشر وارد آب می شوند (مالاه و همکاران ۲۰۰۱). از جمله مهم ترین آلاینده های منابع آب به شمار می آیند. با رشد سریع و رو به پیشرفت فعالیت های صنعتی در سراسر جهان، آلودگی های ناشی از فلزات سنگین به یک پدیده مهم و جدی تبدیل شده است. امروزه افزایش روبه رشد جمعیت باعث افزایش تقاضای انسان ها برای مواد غذایی گردیده که این امر باعث توسعه کشاورزی و استفاده بیش از حد از کود و سموم کشاورزی که خود نیز باعث ورود آلودگی به محیط زیست و آب های زیر زمینی می شود علاوه بر آن، افزایش فعالیت های صنعتی برای تامین نیازهای انسان باعث ورود فلزات سنگین به محیط زیست می شود (رودریگز و همکاران ۲۰۱۰ و میمان و همکاران ۲۰۰۹).

۱-۳- اهداف

- تبدیل ضایعات کشاورزی (باگاس نیشکر، سبوس برنج، عناب) به بیوچار به عنوان یک ماده آلی با ارزش در محیط زیست
- بهینه سازی شرایط جذب برای افزایش کارایی جذب

- بررسی توان بیوچار حاصل از سبوس برنج، باگاس نیشکرو عنب در جذب فلزات سنگین از محلول‌های آبی

•

۱-۴-فرضیات

- سبوس برنج خام، عنب و باگاس نیشکر توانایی قابل قبولی برای تولید بیوچار دارند .
- دمای کوره اثر مهمی بر ویژگی‌های کمی و کیفی بیوچارهای تولید شده از سبوس برنج، عنب و باگاس نیشکر دارد.
- بیوچار سبوس برنج، باگاس نیشکر و عنب کارایی مناسب در جذب فلزات سنگین از محیط- های آبی دارد.

فصل دوم

کلیات و بررسی منابع

۲-۱- بیوچار

بیوچار (زغال) که از حرارت دادن ضایعات کشاورزی در شرایط وجود کم اکسیژن و یا عدم حضور آن حاصل می‌شود. تولید بیوچار به عنوان راه کاری برای کاهش اثرات گازهای گلخانه‌ای در افزایش دمای زمین مطرح می‌باشد. این ماده ظرفیت زیادی برای کاهش گازهای گلخانه‌ای دارد و می‌تواند کربن را برای دوره‌های طولانی مدت در خاک ذخیره کند (لهمن و همکاران ۲۰۰۶). در بخش کشاورزی یکی از مهم‌ترین دلایل تولید و کاربرد بیوچار، مدیریت ضایعات کشاورزی می‌باشد، البته بیوچار علاوه بر آن باعث افزایش ظرفیت نگهداری آب، افزایش حاصلخیزی خاک می‌شود (نواک و همکاران ۲۰۰۹).

۲-۲- کاربرد بیوچار

بیوچار دارای مقدار با ارزشی کربن است که امنیت غذایی را افزایش می‌دهد. همچنین بیوچار با افزایش حفظ مواد غذایی و شیمیایی برای مصرف گیاهان و محصولات، کمیت و کیفیت آب را نیز بهبود می‌بخشد به عبارتی مواد غذایی بیشتر در خاک باقی می‌ماند، در نتیجه این امر باعث جلوگیری از آلودگی آب‌های زیرزمینی می‌شود.

کاربردهای اساسی بیوچار به اختصار:

الف- پدیده ی گرم شدن کره زمین را کند می نماید.

ب- پسماندهای کشاورزی را کاهش داده و انرژی قابل بازیافت و خالص تولید می کند.

ج- باعث افزایش حاصلخیزی خاک می‌شود.

د- در جذب و پالایش آلاینده‌ها از آب و خاک موثر است (ربیعی و همکاران ۱۳۹۲).

۳-۲- مزایای استفاده از بیوچار

مزایایی که از تولید بیوچار حاصل می‌شود: کاهش پسماندها، تولید همزمان انرژی، اصلاح حاصلخیزی خاک و ساختار آن و کاهش تغییرات اقلیمی، اصلاح و پالایش آب‌های آلوده اکثر این مزایا برای سیستم‌های اقتصادی رایج مناسب هستند (ژوئه و همکاران ۲۰۱۲).

۴-۲- استفاده از بیوچار در مدیریت مواد زائد

یکی از راه کارها برای کاهش هدررفت منابع، استفاده‌های مجدد ممکن از این ضایعات است. استفاده از ضایعات به عنوان جاذب یکی از این راه کارهای پیشنهادی است (جزینی و همکاران ۱۳۹۳). با تهیه بیوچار از این ضایعات کشاورزی به عنوان جاذب فلزات سنگین از محلول‌های آبی استفاده می‌شود که می‌تواند گامی مهم در کاهش ضایعات کشاورزی و در نتیجه کاهش آلودگی محیط زیست باشد.

۵-۲- بیوچار به عنوان بهبود دهنده‌ی خاک

بیوچار به عنوان بهبود دهنده خاک کاربرد دارد (سوهی و همکاران ۲۰۰۹). کاربرد این ترکیب با یک سری مکانیسم‌های خاص باعث سلامت خاک می‌شود. بسیاری از ویژگی‌های مفید این زغال فعال به علت ساختار متخلخل آن است. که می‌تواند رطوبت و همچنین عناصر غذایی حل شده در آب را نگه دارد. همچنین بیوچار می‌تواند، سکونت‌گاه تعداد زیادی از میکروارگانیسم‌های مفید خاک باشد (دیس و همکاران ۲۰۰۹).

۶-۲- ضرورت جذب آلاینده‌ها از پساب

آب از منابع ضروری برای ادامه حیات همه موجودات زنده است. به طور روز افزونی، اکوسیستم‌های آبی با توجه به سرعت روبه رشد افزایش جمعیت، توسعه فناوری، شهرنشینی و رشد اقتصادی مورد تهدید قرار گرفته‌اند. امروزه فلزات سنگین به یکی از خطرناک‌ترین مسائل زیست محیطی جهانی تبدیل شده‌اند. آبی که در صنعت مورد استفاده قرار می‌گیرد، انواع آلودگی‌ها را پیدا می‌کند. فلزات

سنگین آلاینده درپساب بسیاری از صنایع مانند آبکاری فلزات، عملیات استخراج معدن، دباغی و غیره موجود می‌باشند، که از مهم‌ترین آن‌ها کادمیم، کروم، کبالت، نیکل، سرب، مس و جیوه هستند. فلزات سنگین از نظر زیستی تخریب پذیر نیستند، لذا تمایل به انباشتگی در بدن موجودات زنده دارند که باعث ایجاد بیماری‌ها و نابهنجاری‌ها می‌شود. از این رو پساب حاوی فلزات سمی قبل از اینکه به جریان آبی (رودخانه‌ها) تخلیه شود نیازمند تصفیه است. بسیاری از روش‌های فیزیکی-شیمیایی مانند تعویض یون، جداسازی غشایی و غیره برای تصفیه فلزات در دسترس است. اصلی‌ترین عیبی که این روش‌ها دارد، تولید لجن زیاد و هزینه بالا است. پس وجود یک تکنولوژی مقرون به صرفه و دوست دار محیط زیست برای تصفیه فلزات از پساب لازم است. اخیراً جذب زیستی به عنوان موثرترین روش برای آلودگی‌زدایی پساب حاوی فلزات سنگین و کاهش سریع غلظت سموم در پساب‌ها شناخته شده است (کوتاه زاده ۱۳۹۰).

۲-۷- فلزات سنگین

با صنعتی شدن جامعه، آلاینده‌های مختلفی به محیط وارد می‌شود. یکی از این آلاینده‌ها که به یک مشکل جهانی تبدیل شده است، فلزات سنگین می‌باشند (گوپتا و همکاران ۲۰۰۴). فلزات سنگین از آلاینده‌های پایدار و بادوام محیط زیست به شمار می‌آیند، چون نمی‌توانند مانند آلوده کننده‌های آلی از طریق شیمیایی یا فرآیندهای زیستی در طبیعت تجزیه شوند. این فلزات در مقادیر کم به طور طبیعی برای بدن و محیط، لازم و ضروری می‌باشند، ولی در غلظت‌های بالاتر که توسط فعالیت‌های انسانی به محیط وارد می‌گردد خطرات زیست محیطی فراوانی را به بار می‌آورند. منابع ناشی از فعالیت‌های بشر که به طور عمده باعث ورود فلزات سنگین به محیط می‌گردند عبارت‌اند از: معدن کاری فلزات، صنایع کشاورزی، صنایع متالوژی، صنایع الکترونیک، باتری سازی و پساب‌های صنعتی عوارض و اختلالاتی که به وجود می‌آورند (گوپتا و همکاران ۲۰۰۱). در تمامی سازمان‌ها دیده می‌شوند و فاکتورهای مختلف از جمله نوع فلز در آن‌ها دخالت دارند. از مهم‌ترین عوارض و اختلالات آن‌ها می‌توان سرطان زایی، اثر بر سیستم اعصاب مرکزی و محیطی، اثر بر روی پوست، اثر بر سیستم

خون ساز، اثر بر سیستم قلبی و عروقی، آسیب به کلیه‌ها و تجمع در بافت‌ها اشاره کرد (پارک و همکاران ۲۰۰۱).

۲-۸- برخی روش‌های مرسوم حذف فلزات سنگین

فلزات سنگین به لحاظ ماهیت غیر قابل تجزیه، سمیت شدید، تجمع‌پذیر و سرطان‌زا بودن نه تنها حیات آبریان منابع آب را به مخاطره می‌اندازد، بلکه آب‌های پذیرنده را جهت مصارف مختلف از جمله آشامیدن نامطلوب می‌سازد (اولمنو و همکاران ۲۰۰۳). بنابراین تصفیه فاضلاب قبل از تخلیه آن به محیط زیست لازم است. حذف فلزات سنگین از پساب‌های معدنی با فرآیندهای تصفیه مرسوم از قبیل ته نشینی شیمیایی، تبادل یونی، فرآیندهای غشایی، تصفیه الکتروشیمیایی، انعقاد، استخراج با حلال و فیلتراسیون و غیره صورت می‌گیرد (پون و همکاران ۱۹۸۶). با این حال این روش‌ها دارای معایب مختلف از جمله حذف یون‌های فلزی غیرقابل پیش بینی، حذف ناقص الزامات پرانرژی، نیاز به مقدار زیادی از واکنش‌گر، تولید لجن سمی و غیره می‌باشد. یکی از راه‌های تصفیه جایگزین در سال‌های اخیر جاذب‌های کم هزینه است (چون و همکاران ۲۰۰۴). محدودیت منابع آبی و خطر بحران آب به همراه افزایش آلودگی آب به فلزات سنگین، یافتن راه حل‌های موثر و اقتصادی محیط زیستی را در جهت حذف این مواد از منابع آبی را ضروری می‌سازد. در این راستا استفاده از پسماندهای ارزان قیمت می‌تواند راه گشا باشد (اسدی و همکاران ۱۳۸۷). پسماندهای کشاورزی در میان بیوجاذب‌ها بیشترین کاربرد را دارند. مزیت این ترکیبات شامل هزینه کم، بازده مناسب می‌باشد (احمدخان و همکاران ۲۰۰۴).

۲-۹- جذب سطحی

جذب سطحی، فرآیند تجمع مواد در فصل مشترک بین دو فاز است. در جذب سطحی از مواد مختلفی مثل کربن فعال، گرانوله وپودری، خاکستر، بنتونیت، فسفر هیدرات سلولز، بیومس، زغال کک و خاک چینی استفاده می‌شود (سلویی و همکاران ۲۰۰۱). امروزه روش جذب سطحی به طور

گسترده‌ای در جهان برای تصفیه آب‌های سطحی و منابع آب زیرزمینی، به منظور استفاده از این آب‌ها به عنوان آب آشامیدنی و مصرفی و همچنین جهت تصفیه فاضلاب مورد استفاده قرار می‌گیرد. با استفاده از این روش، مواد محلول آلی و برخی مواد معدنی مضر، جذب سطح جسم جاذب شده و از آب جدا می‌شوند. مهم‌ترین جسم جاذب مورد استفاده کربن فعال است. در سال‌های اخیر از مواد طبیعی ارزان قیمت و جاذب‌های زیستی برای حذف فلزات سنگین استفاده شده است (وینود و همکاران ۲۰۰۳).

۲-۱۰- جذب زیستی

در حذف زیستی، فلزات سنگین بدون اینکه ضرری برای عوامل زیستی داشته باشد، روی این عوامل زیستی زنده و غیر زنده پیوند می‌شود (تثبیت می‌شوند). حذف فلزات سنگین از طریق داخل سلولی در اثر تماس طولانی عامل زنده با محلول فلزی، تجمع زیستی نامیده می‌شود. در جاذب‌های زیستی، تمام یون‌های فلزی قبل از دسترسی به غشای پلاسمایی و سیستوپلاسم باید از دیواره سلولی عبور کنند و چون دیواره سلولی حاوی پلی‌ساکاریدها و پروتئین‌های مختلفی است، در نتیجه جایگاه‌های فعالی دارد که قابلیت اتصال با یون‌های فلزی را دارند. برتری‌های جذب زیستی نسبت به روش‌های سنتی شامل هزینه کم، کارایی بالا حذف فلز از محلول‌های رقیق، نیاز نداشتن به تغذیه اضافی، احیای جاذب، و امکان بازیافت یون‌های فلزی می‌باشد (تیرگاری و همکاران ۲۰۰۷ و کاووستوباو و همکاران ۲۰۰۶).

۲-۱۱- کروم و روش‌های حذف آن

حضور یون‌های فلزات سنگین در داخل آب‌ها و پساب‌های صنعتی به دلیل سمی بودن، یک مشکل بزرگ برای محیط زیست محسوب می‌شود. در سال‌های اخیر توجه زیادی روی مباحث محیط زیستی و بخصوص درباره حضور فلزات سنگین در آب‌های طبیعی انجام گرفته است. به علت حلالیت بالای این فلزات از جمله کروم در محیط‌های آبی، این فلزات سنگین ممکن است توسط ارگانسیم‌های

حیاتی جذب شوند، کروم از فلزات سنگین بوده که در پساب صنایع مختلفی از جمله آبکاری‌ها، معدن کاری‌ها، دباغی و صنایع کود سازی وجود دارد (ساماتی و همکاران ۲۰۰۵). ترکیبات کرومی به صورت کروم سه ظرفیتی به عنوان یک عنصر ضروری برای انسان بوده و دارای سمیت پایین‌تر از کروم شش ظرفیتی می‌باشد. کروم شش ظرفیتی دارای مخاطرات بهداشتی اثبات شده‌ای مانند سرطان‌زایی است (راج و همکاران ۱۹۹۷). که به همین دلایل حذف و کاهش آن از محیط ضروری می‌باشد. از روش‌های حذف کروم می‌توان، به روش‌هایی از جمله حذف به روش نانو فیلتراسیون تجمع شیمیایی، تبادل یونی و جذب روی کربن فعال اشاره کرد (سان و همکاران ۲۰۰۳). که روش‌های مذکور علاوه بر این که گستره‌ی محدود دارند پرهزینه و وقت‌گیر بوده و حتی ممکن است، باعث تولید پساب ثانویه شوند. روش‌های جذب سطحی توسط خاک اره اصلاح شده درخت راجی از جمله روش‌های کم هزینه و پر بازده، که در حذف کروم استفاده می‌شود (سمرقندی و همکاران ۱۳۸۸). این روش دو مزیت مهم بازیافت پسماند و تهیه جاذب ارزان قیمت را به دنبال دارد.

۲-۱۲- کادمیم و روش های حذف آن

عناصر سنگین از مهم‌ترین منابع آلودگی‌های غیرنقطه‌ای منابع طبیعی هستند. سالانه هزاران تن از این عناصر در مقیاس جهانی وارد سیستم خاک می‌شود. صنایع متالورژی، استخراج و ذوب فلزات و تهیه‌ی آلیاژ، آبکاری فلزات، عکسبرداری، باتری‌های نیکل کادمیمی، کودهای فسفاته، رنگرزی، چاپ روی پارچه و نساجی، مواد شیمیایی صنعتی، استخراج سرب و مواد رنگی صنعتی منابع اصلی ورود کادمیم به چرخه‌ی محیط زیست است. کادمیم از جمله عناصری است که برای گیاهان، حیوانات و انسان بسیار سمی بوده و بنظر می‌رسد عامل اثرگذار در ایجاد بیماری‌های قلبی و فشار خون می‌باشد. کادمیم نیز جزو عناصر آلاینده‌ی محیط زیست به خصوص آب و خاک است، که بیشترین مصرف کادمیم در صنایع آبکاری و همچنین آلیاژهای کادمیمی می‌باشد. کادمیم و ترکیبات آن بسیار سمی است (صارمی ۱۳۹۱). و از عوارض نامطلوب حضور آن در بدن می‌توان به اسهال، شکم درد، استفراغ شدید، شکستگی استخوان، عقیم شدن، آسیب به سیستم عصبی مرکزی، آسیب به سیستم ایمنی،

ناهنجاری‌های روانی و آسیب احتمالی به DNA و سرطان اشاره کرد. کادمیم در بدن انسان در کلیه تجمع دارد (دهقانی و همکاران ۲۰۱۱). چندین حادثه در زمینه‌ی آلودگی منابع سطحی به فلزات سنگین گزارش شده است به عنوان مثال، بیماری "ایتای ایتای" که مربوط به آلودگی کادمیم در رودخانه جیسنو ژاپن بوده است (شاه محمدی و همکاران ۲۰۱۰ و حسینیان ۱۹۹۹). کادمیم به دلیل حلالیت بالا در آب و تحرک در خاک به عنوان آلاینده‌های بسیار مهم شناخته شده است. که باید از چرخه محیط زیست خارج شوند. از روش‌های حذف کادمیم از فاضلاب‌های صنعتی می‌توان به روش‌های ته نشینی، لخته کردن و تبادل یونی اشاره کرد. جذب فلزات سنگین با استفاده از بقایای گیاهی عمدتاً از دهه ۱۹۷۰ شروع شد. در این زمینه می‌توان به طور مشخص به مطالعات مهراسبی و همکاران (۱۳۸۷) که در آن از پوست موز اصلاح شده برای حذف کادمیم استفاده نمودند اشاره کرد. که روشی کم هزینه و پر بازده تلقی می‌شود.

۲-۱۳- سرب و روش های حذف آن

سرب یکی از پایدارترین و فراوان ترین فلزات سنگین محیط زیست است (ملکوتیان و همکاران ۲۰۱۱). در صورت تماس و جذب کافی می‌تواند برای انسان مسمومیت‌زا باشد. از آنجایی که این عنصر هیچ گونه نفع یا عملکرد ضروری در سیستم حیاتی ندارد، باید افراد را در مواجهه زیاد با سرب حفاظت نماییم. سرب با تحت تاثیر قرار دادن سیستم خونی و کلیوی باعث ناهنجاری‌های متابولیکی و نقایص عصبی-فیزیکی در کودکان می‌شود (میزان زاده و همکاران ۱۳۹۰). سرب یکی از فلزات سنگین است که دارای کارکرد زیستی مشخصی نمی‌باشند و ازپتانسیل ایجاد مسمومیت برای گیاهان و سایر موجودات زنده برخوردار است. سرب نه تنها فعالیت ریز جانداران خاک را تحت تأثیر قرار داده و سبب از دست رفتن حاصلخیزی خاک می‌شود، بلکه باعث بروز تغییر در شاخص‌های فیزیولوژیکی رشد گیاهان و در نهایت کاهش عملکرد آن‌ها نیز می‌گردد. مهم‌ترین منابعی که سرب از آن طریق می‌تواند وارد بدن گردد، عبارت است از هوای محیط، غذا و آب به طور متوسط تخمین زده می‌شود که ۱۰ تا ۲۰ درصد آلودگی‌های سربی در اثر آب آشامیدنی می‌باشد. از جمله روش‌های حذف سرب

می‌توان به الکترویالیز، اسمز معکوس، فیلتراسیون نام برد (شینگ و همکاران ۲۰۰۴). فیلتراسیون روشی برای تصفیه در بهبود ظاهر فیزیکی آب می‌باشد و برای حذف ذرات معلق در آب موثر است. با این وجود، اگر آلودگی آب شرب از نوع مواد محلول در آب باشد از این طریق نمی‌توان آن را حذف کرد زیرا پرهزینه هستند. اما روش جذب سطحی مناسب ترین روش گزارش شده است. جاذب‌های گیاهی قابلیت زیادی برای جذب سطحی فلزات سنگین را دارند، زیرا در آن‌ها ترکیبات حاوی کربوکسیلیک و هیدروکسل، فلزات سنگین را به دام می‌اندازند. خاک اره به عنوان یک جاذب سرب برای روش جذب سطحی توسط اسدی و همکاران (۲۰۰۸) معرفی شده است.

۲-۱۴- باگاس نیشکر

- باگاس تفاله نیشکر است، که پس از شربت‌گیری از ساقه نیشکر به شکل توده فیبر خشک باقی می‌ماند. این ماده می‌تواند بعنوان سوخت مورد استفاده قرار گیرد یا با فعل و انفعالاتی به خمیر کاغذ، خوراک دام، اتانول و فورفورال (دارای مصرف پزشکی و داروسازی) و چندین فرآورده دیگر تبدیل شود. باگاس دارای ارزش اقتصادی بسیار بالا و مخلوطی از قند، فیبر و رطوبت است که وقتی برای زمین باشد. خود به خود می‌سوزد. تنها راه جلوگیری از سوختن این محصول با ارزش ایجاد صنایع تبدیلی برای آن است. امروزه محصولات جانبی کارخانجات قند و شکر نه به عنوان ضایعات بلکه به عنوان مواد ارزشمند مورد استفاده در صنایع مختلف شناخته شده و کاربرد دارد در صورت برنامه‌ریزی صحیح جهت بازیافت آن‌ها علاوه بر حفظ محیط زیست و ایجاد درآمدهای جانبی برای کارخانجات قند، ماده اولیه بسیاری از صنایع وابسته تامین و این صنایع رونق خواهند یافت. نیشکر بیشتر در مناطق جنوب غربی از جمله خوزستان کشت می‌شود (گلستان ۱۳۸۳)

۲-۱۵- سبوس برنج

سبوس برنج به عنوان یک ماده زاید جامد آلی از توانایی بالایی در حذف فلزات سنگین از پساب برخوردار است و می‌تواند در تصفیه پساب‌های صنعتی که از مهم‌ترین منابع آلاینده آب و خاک به فلزات سنگین هستند، بسیار مفید و کارآمد باشد. (سبحان اردکانی و همکاران ۲۰۱۴).

۲-۱۶- اثر بیوچار بر جذب عناصر

بیوچار به دو صورت بر قابلیت دسترسی عناصر تاثیر دارد یکی افزودن و دیگری نگهداری عناصر غذایی. خاکستر در بیوچار دارای مواد مغذی گیاهی از جمله، بیشتر کاتیون‌های بازی مانند کلسیم، منیزیم و پتاسیم و همچنین فسفر و عناصر کم مصرف شامل روی و منگنز می‌باشد. بیوچار تاثیری بلند مدت روی مواد مغذی گیاهی در خاک دارد. مطالعات انجام شده نشان می‌دهد، که استفاده از بیوچار باعث ذخیره‌سازی کربن، فسفر و نیتروژن می‌شود. در طی آزمایش‌های انجام شده نشان داده شد، که بیوچارهای بلوط و کاج استفاده شده باعث افزایش جذب عناصر می‌شود (موخرجی و زیمرمن ۲۰۱۳). این ماده به علت سرعت تجزیه بسیار کند نسبت به سایر مواد آلی ظرفیت زیادی برای کاهش گازهای گلخانه‌ای از قبیل دی‌اکسید کربن و متان دارد و می‌تواند کربن را برای دوره‌های طولانی ذخیره کند (لهمن و همکاران ۲۰۰۹).

۲-۱۷- اثر غلظت

اثر غلظت آلاینده‌ها بر جذب توسط جاذب، توسط ایزوترم‌های جذب بررسی می‌شود. ایزوترم‌های جذب رابطه‌ی بین مقدار جذب جاذب (q_e) با غلظت محلول در شرایط تعادل (C_e) را در دمای ثابت بررسی می‌کند (روت و همکاران ۲۰۱۴) برای بررسی اثر غلظت محلول بر توانایی جذب جاذب مدل-های مختلفی مانند لانگمویر و فروندلیچ وجود دارد.

۲-۱۸- مدل لانگمویر

در هم دماهای جذب لانگمویر فرض می‌شود، که جذب شونده تنها با تعداد محدودی از سایت-های جذبی یکنواخت بر هم‌کنش دارد و جذب تنها به یک تک لایه روی سطح محدود می‌شود، از این رو برای تمام یون‌های یک محلول در فرآیند جذب انرژی و آنتالپی یکسانی وجود خواهد داشت (روت و همکاران ۲۰۱۴).

$$\frac{c_e}{q_e} = \frac{1}{b q_m} + \frac{1}{q_m} c_e \quad \text{رابطه (۱-۲)}$$

رابطه (۲-۲)

$$q_e = \frac{(c_0 - c_e)}{m} \times v$$

C_0 میزان غلظت اولیه‌ی محلول (میلی گرم بر لیتر)، C_e میزان غلظت محلول پس از تعادل (میلی گرم بر لیتر)، v میزان حجم محلول (لیتر) m میزان جرم جاذب (گرم) b ضریب لانگمویر، q_m حداکثر میزان جذب سطحی (میلی گرم بر گرم)، q_e ، میزان جذب سطحی (میلی گرم بر گرم) را نشان می‌دهد.

۲-۱۹- مدل فروندلیچ

رابطه تجربی فروندلیچ بر اساس جذب چند لایه به روی سطوح ناهمگن و توزیع ناهمگن انرژی به روی سایت‌های فعال جاذب استوار است. رابطه اصلی و شکل خطی این مدل به صورت زیر می‌باشد.

$$\ln q_e = \ln k_f + \frac{1}{n} \ln c_e \quad \text{رابطه (۳-۲)}$$

۲-۲۰- اثر زمان بر جذب سطحی

سینتیک از پارامترهای مهم برای سنجش دینامیک جذب سطحی است. سینتیک اطلاعات مهمی را درباره‌ی روند آزمایش شامل مکانیزم‌های جذب، ثابت‌های سینتیک و بهینه‌کردن زمان جذب در اختیار ما قرار می‌دهد. هدف انواع مدل‌های سینتیکی تعیین سرعت دقیق مکانیزم‌های جذب است. در

این تحقیق برای توصیف سینتیک‌ها از سه مدل شبه مرتبه‌ی صفر، اول و دوم استفاده شد. فرمول هر سه مدل سینتیکی در معادلات (۴-۲)، (۵-۲) و (۶-۲) آورده شده است.

$$q_t = \frac{1}{\beta} \ln(\alpha\beta) + \frac{1}{\beta} \ln(t) \quad \text{رابطه (۴-۲)}$$

$$\log(q_e - q_t) = \log q_e - \frac{k_1}{2.303} t \quad \text{رابطه (۵-۲)}$$

$$\frac{t}{q_t} = \frac{1}{k_2 q_e^2} + \frac{1}{q_t} t \quad \text{رابطه (۶-۲)}$$

در معادلات بالا q_e مقدار جذب سطحی در زمان تعادل (میلی گرم بر گرم)، q_t جذب سطحی در زمان t (میلی گرم بر گرم) و α و β ثابت‌های مرتبه صفر، K_1 ثابت مرتبه یک و K_2 ثابت مرتبه دو است.

۲-۲۱- مروری بر مطالعات انجام شده در حذف فلزات سنگین از محلول‌های آبی

توسط بیوچار

شهیدی و همکاران (۱۳۹۲)، در پژوهشی به بررسی ویژگی‌های حذف کادمیم از محیط آبی با استفاده از جاذب طبیعی لופا پرداختند. در این آزمایش اثر عواملی مثل زمان تماس، جرم جاذب و غلظت اولیه کادمیم بر فرآیند جذب بررسی شد. و نتایج نشان داد که مقدار کل یون کادمیم جذب ستون با افزایش دبی کاهش و با افزایش غلظت کادمیم ورودی افزایش می‌یابد. جزینی و همکاران (۱۳۹۳)، مطالعه‌ای باهدف تبدیل کاه گندم و سبوس برنج به بیوچار و بررسی پتانسیل آن به عنوان جاذب فلزات سنگین در محیط‌های آبی انجام دادند. نتایج آزمون بیانگر توانایی بیوچار حاصل از کاه گندم در حذف فلزات سنگین سرب و کادمیم از محلول‌های آبی نسبت به بیوچار برنج بود. ناصریان اصل و همکاران (۱۳۸۸)، از کربن فعال برای حذف آلاینده‌های سمی و حاصل از پساب‌های صنعتی

پرداختند و به این نتیجه رسیدند که کربن فعال به عنوان یک پارامتر مهم و پرکاربرد در صنایع مختلف می‌باشد.

حمزبی (۱۳۹۱)، در پژوهشی به بررسی تاثیر بیوچار در فراهمی عنصرسنگین کادمیم خاک و رشد گیاه ماش پرداخت نتایج نشان داد، که آبیاری با فاضلاب افزایش قابل توجه شوری خاک و افزایش فراهمی کادمیم را در پی داشت که این فاضلاب باعث کاهش شدید رشد گیاه، کاهش شدید تعداد و وزن گره‌های ریشه و کاهش جذب نیتروژن در شاخساره ماش شد. و بر هم‌کنش فاضلاب و بیوچار نشان داد، که کاربرد بیوچار در سطوح بالای فاضلاب باعث افزایش شوری خاک شد، که در پی آن فراهمی کادمیم در خاک نیز افزایش یافت که کاربرد بیوچار افزایش رشد گیاه و افزایش تثبیت نیتروژن را در پی داشت.

سینگ و همکاران (۲۰۰۵)، با انجام پژوهشی جهت حذف کروم به وسیله سبوس برنج به این نتیجه رسیدند، که میزان حذف کروم به میزان ۱۲/۵ تا ۹۷ درصد بوده که نتیجه قابل قبولی می‌باشد، مدل جذب لانگمویر برازش بهتری بر داده‌ها داشته است.

گوپتا و همکاران (۲۰۰۴)، با بررسی اثر خاکستر تفاله نیشکر در حذف کروم به این نتیجه رسیدند، که حدود (۹۶-۹۸) درصد کروم جذب شده و هر دو مدل لانگمویر و فروندلیچ هم‌خوانی مطلوبی با داده‌ها داشتند.

گوپتا و همکاران (۲۰۰۳)، طی تحقیقی به این نتیجه رسیدند که حدود ۹۰ درصد کادمیم توسط خاکستر تفاله نیشکر حذف شد و لانگمویر با داده‌ها هم‌خوانی داشت.

مهدی‌نیا و همکاران (۱۳۹۳)، طی تحقیقی که از شلتوک خام، سبوس و سیلیکای شاتوک برنج برای حذف کادمیم از محلول‌های آبی استفاده کردند، به این نتیجه رسیدند، که حداکثر راندمان حذف کادمیم به میزان ۹۶/۸٪ و توسط جاذب سبوس در pH برابر ۶ و جرم جاذب ۱ گرم در لیتر، زمان تماس ۹۰ دقیقه و با غلظت کادمیم ۵ میلی‌گرم در لیتر بدست آمد. در حالی که راندمان حذف در

شرایط مشابه توسط جاذب‌های شلتوک و سیلیکای شلتوک برنج به ترتیب برابر با ۶۹/۳ و ۷۴/۷ بدست آمد. که نتایج مطالعه نشان داد که شلتوک برنج و جاذب‌های حاصل از آن می‌توانند به عنوان جاذب-های موثر و ارزان در حذف آلودگی کادمیم مورد توجه قرار گیرند.

طی پژوهشی که توسط رستگارف و همکاران (۱۳۹۳)، انجام شد مطابق با مدل لانگمویر حداکثر ظرفیت یون‌های نیکل و کادمیم برای جاذب پوست گیلای بدست آمد به علاوه کادمیم نسبت به نیکل درصد جذب بیشتری را نشان داد، بنابراین در این بررسی پوست راش از قابلیت جذب بالاتری برای حذف فلزات سنگین نیکل و کادمیم دو ظرفیتی از پساب‌های مصنوعی در مقایسه با سرشاخه چوب گیلای برخوردار بود.

در تحقیقی توسط اسد سنگابی و همکاران (۱۳۹۴)، از برگ درختان سرو و سپیدار به عنوان جاذب-های گیاهی برای حذف یون‌های فلزی سرب مس و کادمیم در سیستم‌های ناپیوسته استفاده شد. بررسی مقادیر ضریب همبستگی حاصل از سه هم‌دمای جذبی نشان داد که، اگرچه برخی فرآیندهای جذب با بیش از یک مدل توصیف می‌شوند اما مدل ایزوترم لانگمویر در مقایسه با دو مدل دیگر در جذب هر سه فلز روی جاذب‌ها تطابق بهتری دارد.

فصل سوم

مواد روش‌ها

۳-۱- برداشت و جمع آوری ضایعات

باگاس نیشکر از مزارع کشت و صنعت نیشکر هفت تپه در شهرستان شوش استان خوزستان تهیه شد. سبوس برنج از شالیزارهای استان گلستان (مینودشت)، و عناب از استان خراسان جمع آوری شد.

۳-۲- تهیه بیوچار

۳-۲-۱- بیوچار باگاس نیشکر

بدین منظور ابتدا باگاس نیشکر از مزارع جمع آوری شد و در ظرفهای فلزی دربدار ریخته شد. ظرفها در دو دمای ۲۵۰ و ۵۰۰ درجه به مدت یک شبانه روز در کوره مخصوص تهیه بیوچار حرارت داده شد. بعد از دو روز از کوره خارج شد و با آب مقطر شسته شد پس از خشک شدن بیوچار، ذرات بین ۰/۵ و ۲۰ میلی متر توسط الک جدا شدند.



بیوچار باگاس نیشکر



باگاس نیشکر خام

پ

شکل-۳-۱- گاس نیشکر و بیوچار تهیه شده از آن

۳-۲-۲- بیوچار سبوس برنج

پس از تهیه سبوس برنج از استان گلستان همانند باگاس نیشکر، سبوس برنج نیز درون ظرف‌ها ریخته شد و بعد از حرارت دادن از الک عبور داده شدند خصوصیات بیوچار توسط pH متر اندازه گیری شد.



بیوچار سبوس برنج



سبوس برنج

شکل ۳-۲- سبوس برنج و بیوچار تهیه شده از آن

pH	نوع جاذب
۷/۹۰	باگاس نیشکر ۵۰۰
۷/۹۹	باگاس نیشکر ۲۵۰
۷/۴۳	باگاس نیشکر خام
۷/۱۶	عناب ۵۰۰
۶/۵۱۲	عناب ۲۵۰
۶/۰۱۵	عناب
۸/۶۲	سبوس ۵۰۰
۸/۰۲	سبوس ۲۵۰
۷/۹۶	سبوس خام

۳-۲-۳- بیوچار عنب

پس از تهیه عنب از خراسان همانند نمونه‌های باگاس و سبوس، عنب نیز درون ظرف‌ها ریخته شد و سپس بعد از حرارت دادن و عبور دادن از الک استفاده شد.

۳-۳- اندازه گیری کروم

برای اندازه گیری کروم ابتدا محلول استاندارد و با استفاده از دی‌کرومات پتاسیم ($K_2Cr_2O_7$)، در غلظت‌های ۰، ۱۰، ۲۰، ۵۰، ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر و زمان‌های ۳۰، ۶۰ و ۱۲۰ دقیقه تهیه شد بعد از اضافه کردن مقدار ۰/۱ گرم از هرنوع بیوچار به نمونه‌های با غلظت مختلف و رد کردن از کاغذ صافی محلول بدست آمده برای قرائت توسط دستگاه جذب اتمی آماده شد.

۳-۴- اندازه گیری کادمیم

برای آلوده نمودن آب به کادمیم از نیترات کادمیم استفاده شد محلول‌ها در غلظت‌های ۰، ۱۰، ۲۰، ۵۰، ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر و زمان‌های ۳۰، ۶۰ و ۱۲۰ دقیقه غلظت کادمیم توسط دستگاه جذب اتمی اندازه گیری شد.

۳-۵- اندازه گیری سرب

برای اندازه گیری سرب از نیترات سرب جهت تهیه محلول استاندارد استفاده شد. سپس محلول‌های با غلظت‌های ۰، ۱۰، ۲۰، ۵۰، ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر تهیه شد بعد از صاف کردن نمونه‌ها برای اندازه گیری توسط دستگاه جذب اتمی آماده شد.

۳-۶- مطالعات جذب

در مطالعات جذب، اثر غلظت محلول یا ایزوترم (غلظت‌های ۰، ۱۰، ۲۰، ۵۰، ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر) بررسی شد.

۳-۷- ایزوترم جذب

برای بررسی اثر غلظت نیز مقدار ۲۵ میلی لیتر از محلول کروم، کامیم، سرب با میزان ۰/۱ گرم از بیوچار باگاس نیشکر و سبوس برنج و عناب و ماده خام آن‌ها در زمان ثابت یک ساعت شیکر شد (در این مرحله زمان ثابت و میزان غلظت عناصر متغییر بود) بعد از گذشت یک ساعت غلظت عناصر توسط دستگاه جذب اتمی قرائت شدند.

$$(C_0 - C_e) / C_0 \times 100$$

۳-۸- سینتیک جذب

به منظور بررسی اثر زمان تماس، مقدار ۲۵ میلی لیتر از محلول کروم، کادمیم در غلظت‌های ۱۰ و ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر با میزان ۰/۱ گرم از بیوچار سبوس برنج، عناب و باگاس نیشکر در سه دمای خام ۲۵۰ و ۵۰ درجه در مدت زمان‌های تعیین شده شیکر شد (در این مرحله زمان متغییر و غلظت‌ها ثابت بودند) و بعد از گذشت زمان غلظت عناصر با دستگاه جذب اتمی قرائت شد.

۳-۹- تجزیه و تحلیل داده ها

برای رسم شکل و نمودارها محاسبات ایزوترم و سینتیک از نرم افزار EXCEL استفاده شد.

فصل چہارم

بحث و نتائج

۴-۱- جذب سطحی کروم

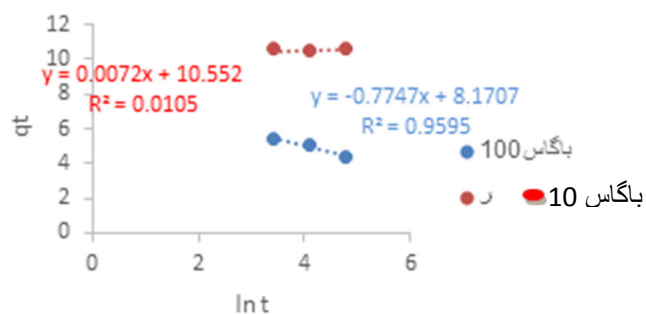
۴-۱-۱- سینتیک جذب

در این تحقیق برای توصیف سینتیک‌ها از سه مدل شبه مرتبه‌ی صفر، اول و دوم استفاده شد. برای جذب کروم در این تحقیق از سه نوع بیوچار (باگاس نیشکر، سبوس برنج و عناب) با سه حالت (۵۰۰، ۲۵۰) درجه خام استفاده شد. با توجه به جدول (۴-۱) و شکل (۴-۱) مشاهده شد که سینتیک مرتبه دوم، بهترین برازش را برای داده‌های جذب کرومات توسط باگاس خام دارد. تمام داده‌های آزمایش در مرتبه دوم ضریب رگرسیون عدد ۰/۹ را نشان داد و سینتیک داده‌های آزمایشی را بهتر برازش نمود. بنابراین نشان می‌دهد که مقدار ماده بر میزان جذب تاثیر فوق العاد بالایی داشته است. و باگاس خام نتیجه مطلوبی در مدل شبه مرتبه دوم در جذب کروم از محلول‌های آبی داشت. در تحقیقی که توسط رحیمی و همکاران (۱۳۹۵) صورت گرفت، نتایج نشان داد که در جذب کرومات از محلول‌های آبی توسط جاذب سبوس برنج، مدل شبه مرتبه دوم دارای ضریب رگرسیون بالا بوده و برازش بهتری نسبت به دو مرتبه‌ی صفر و یک نشان داد.

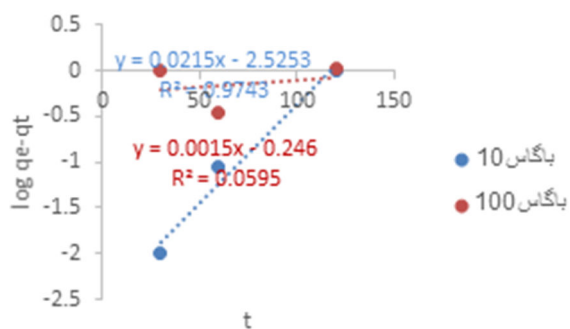
جدول ۴-۱- پارامترهای برازش مدل‌های سینتیکی کرومات توسط باگاس نیشکر خام در غلظت ۱۰ و ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر کرومات

	پارامترها	mg l^{-1}	mg l^{-1}
مرتبه صفر	α	۲۴۶	۳۳/۷۸
	β	۱۴/۲۸	۱/۲
	R^2	۰/۰۱	۰/۹
	Qe	۱/۶۲۱	۰/۸۲۱
	K_1	-۰/۰۴۸	۰/۰۱۴
مرتبه یک	R^2	۰/۹	۰/۰۵

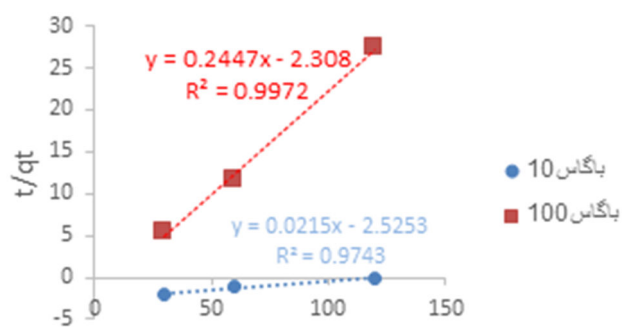
	Qe	۴۷/۶۱۹	۴/۱۶۷
مرتبه دو	K ₂	۰/۰۳۳	۰/۱۶۸
	R ²	۰/۹۷	۰/۹۹



(الف)



(ب)



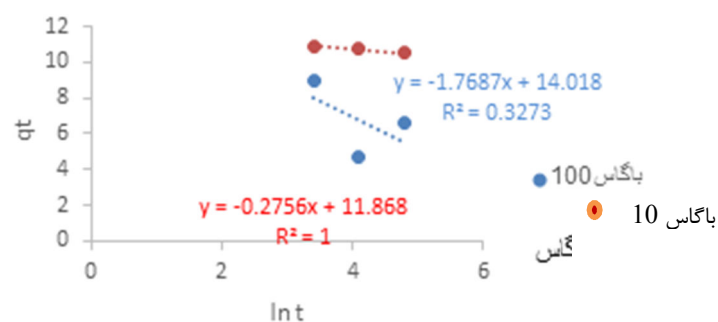
(ج)

شکل ۴-۱- سینتیک جذب کرومات توسط باگاس نیشکر خام در غظت های ۱۰ و ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر (الف) سینتیک مرتبه صفر، (ب) سینتیک مرتبه یک، (ج) سینتیک مرتبه دو

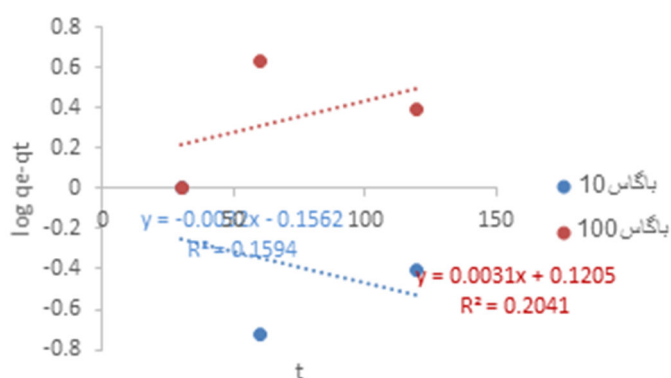
باتوجه به جدول (۲-۴) و شکل (۲-۴) داده‌های آزمایشی در تیمار بیوجار تهیه شده در دمای ۲۵۰ درجه در سینتیک مرتبه‌ی دوم میزان ضریب رگرسیون یک را نشان داد و سینتیک داده‌های آزمایشی را بهتر برازش نمود. مدل‌های شبه مرتبه صفر و اول دارای میزان ضریب رگرسیون پایینی را برای برازش داده‌های آزمایشی در این مطالعه بوده است. بنابراین نتایج نشان می‌دهد که مقدار ماده بر میزان جذب دو چندانی داشته است. البته جذب کروم در مرتبه صفر در غلظت زیاد بهتر بوده ولی در کل جذب کروم توسط باگاس ۲۵۰ درجه در مرتبه دوم نتایج مطلوبی را ارائه داد. محمدی و همکاران (۱۳۹۰) با حذف کروم توسط فاضلاب لجن دفعی فاضلاب شهری به این نتیجه رسیدند که سینتیک جذب مطابقت بیشتری با سینتیک شبه مرتبه دوم دارد. در تحقیق دیگر در مورد جذب کرومات از محلول‌های آبی توسط سبوس برنج مدل شبه مرتبه اول با ضریب رگرسیون R^2 بالای ۰/۹۹۴ بود و برازش خوبی را نشان داد.

جدول ۲-۴- پارامترهای برازش مدل‌های سینتیکی کرومات توسط بیوجارباگاس نیشکر با دمای ۲۵۰ درجه در غلظت ۱۰ و ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر کرومات

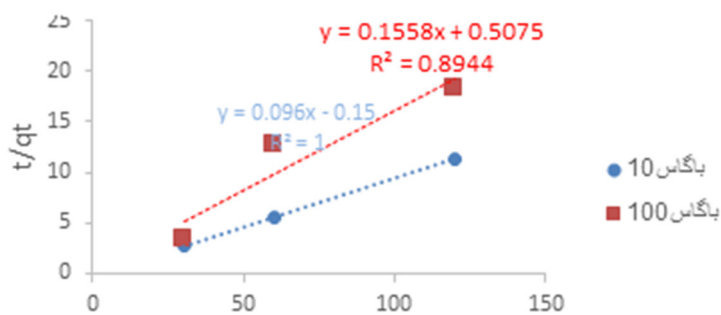
پارامترها	mg l^{-1}	mg l^{-1}
α	۱۲	۰/۷۶
مرتبه صفر	β	-۳/۶۳
	R^2	۱
	Q_e	۱/۱۲۷
مرتبه یک	K_1	۰/۰۰۰۷
	R^2	۰/۲
	Q_e	۶/۴۵
مرتبه دو	K_2	۰/۰۴۸
	R^2	۰/۸



(الف)



(ب)



(ج)

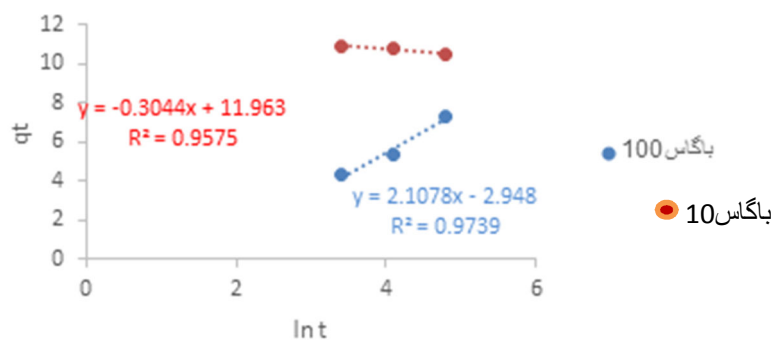
شکل ۴-۲- سینتیک جذب کرومات توسط بیوچار باگاس نیشکر با دمای ۲۵۰ درجه در غظت های ۱۰ و ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر (الف) سینتیک مرتبه صفر، (ب) سینتیک مرتبه یک، (ج) سینتیک مرتبه دو

با توجه به نتایج ارائه شده برای تیمار بیوچار باگاس نیشکر با دمای ۵۰۰ درجه در جدول (۳-۴) و شکل (۳-۴) ضریب رگرسیون در سینتیک مرتبه دوم بالای ۹۰ درصد است که نشان می دهد. سینتیک مرتبه دوم نتایج مطلوب تری را ارائه داده است و جذب بیشتری صورت گرفته است. هر سه

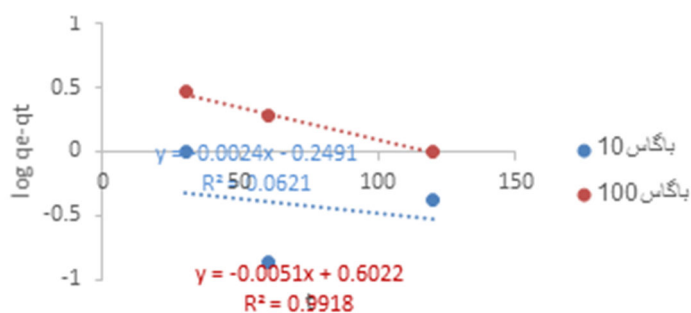
بیوچار باگاس نیشکر با دماهای مختلف ضریب رگرسیون در مرتبه دوم بالاتر بوده است. در تحقیقی که توسط لطیفی و همکاران (۱۳۶۲) صورت گرفت نشان داد، در جذب کرومات توسط ضایعات کشاورزی (پوسته‌های بادام، گردو، پسته و هسته خرما) که داده‌های حاصله از مدل شبه مرتبه درجه دوم تبعیت می‌کردند. در تحقیق دیگر در مورد جذب کروم از محلول‌های آبی توسط بقایای خاکه اره درخت توسکا اصلاح شده نشان داده شد، که سینتیک فرآیند جذب از شبه مدل مرتبه دوم تبعیت می‌کند، که ضریب رگرسیون بالای ۰/۹۹۴ می‌باشد.

جدول ۴-۳- پارامترهای برازش مدل‌های سینتیکی کرومات توسط بیوچارباگاس نیشکر با دمای ۵۰۰ درجه در

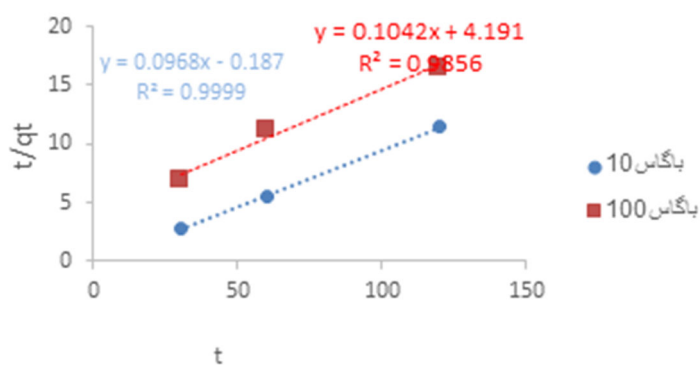
غلظت ۱۰ و ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر		mg l ⁻¹	
پارامترها		mg l ⁻¹	
مرتبه صفر	α	۱/۱۷۳	۹/۷۲۸
	β	۵۰۰	۲۰۰
	R ²	۰/۹۵	۰/۹۷
	Qe	۱/۲۸۳	۱/۸۲۶
مرتبه یک	K ₁	-۰/۰۰۵	-۱/۳۹۶
	R ²	۰/۰۶	۰/۹۹
	Qe	۱۰/۴۱۷	۹/۶۱۵
مرتبه دو	K ₂	۰/۰۴۹	۰/۰۰۳
	R ²	۰/۹۹	۰/۹۸



(الف)



(ب)



(ج)

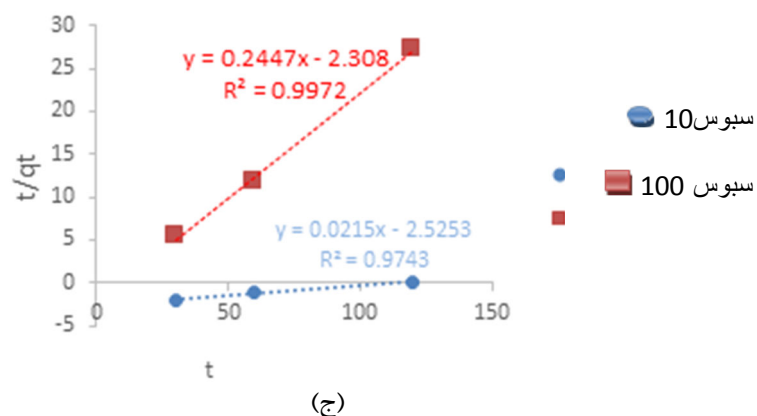
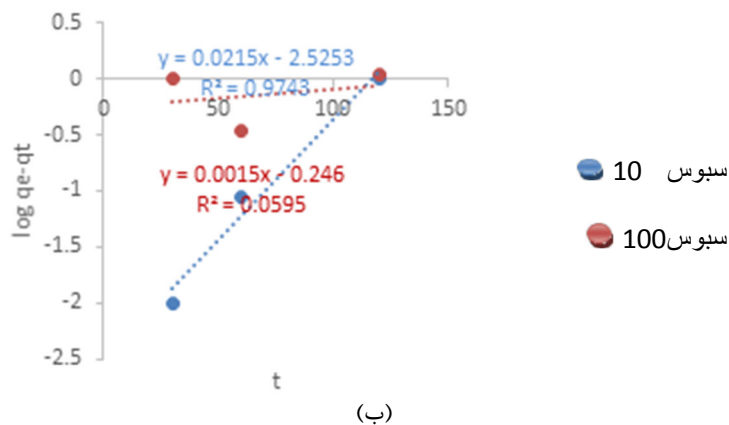
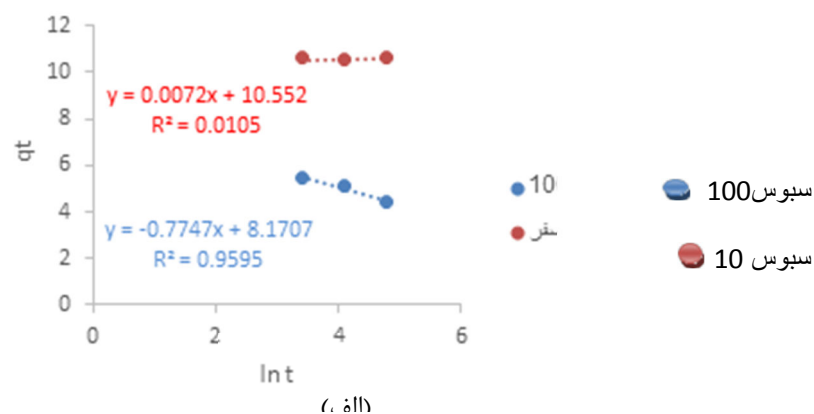
شکل ۴-۳- سینتیک جذب کرومات توسط بیوچار باگاس نیشکر با دمای ۵۰۰ درجه در غظت‌های ۱۰ و ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر (الف) سینتیک مرتبه صفر، (ب) سینتیک مرتبه یک، (ج) سینتیک مرتبه دو

در تیمار سبوس برنج در حالت خام در جدول (۴-۴) و شکل (۴-۴) مقدار ضریب رگرسیون در مرتبه صفر و دوم بیشتر از ۰.۹ بود، که مرتبه دوم برازش مناسبی برای سبوس خام ارائه داد و مقدار جذب بالایی داشت. در این بخش مقدار ضریب رگرسیون در مرتبه اول و دوم بالای ۰/۹ بوده است ،

که مرتبه دوم برازش مناسبی برای سبوس خام داشته است. لی و همکاران (۲۰۱۵) حذف یون های کروم شش ظرفیتی را با استفاده از چیتوسان انداه نانو مورد بررسی قرار دادند، نتایج تحقیق آن ها نشان داد مدل سینتیک شبه درجه دوم بهترین برازش را بر داده های آزمایشگاهی داشته است. ایلایس و همکاران (۲۰۱۴) جذب سطحی کروم شش ظرفیتی را توسط کربن فعال خاک اره مورد مطالعه قرار داد نتایج نشان داد، که مدل سینتیک شبه درجه دوم در مقایسه با سایر مدل ها بهترین برازش را برای داده های آزمایش داشت.

جدول ۴-۴- پارامترهای برازش مدل های سینتیکی کرومات توسط سبوس خام در غلظت ۱۰ و ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر کرومات

	پارامترها	mg l^{-1}	mg l^{-1}
مرتبه صفر	A	۰/۳۱۶	۳۱/۲۰
	B	۱۴/۲۸	۱/۲۹۹
	R^2	۰/۰۱	۰/۹۵
	Qe	۲/۵۲۵	-۷۸
مرتبه یک	K_1	-۰/۰۰۵	-۰/۰۰۲
	R^2	۰/۹۸	۰/۰۵۹
	Qe	۴۷/۶۱	۱۰۰۰
	K_2	۰/۳	۰/۱
مرتبه دو	R^2	۰/۹۷	۰/۹۹

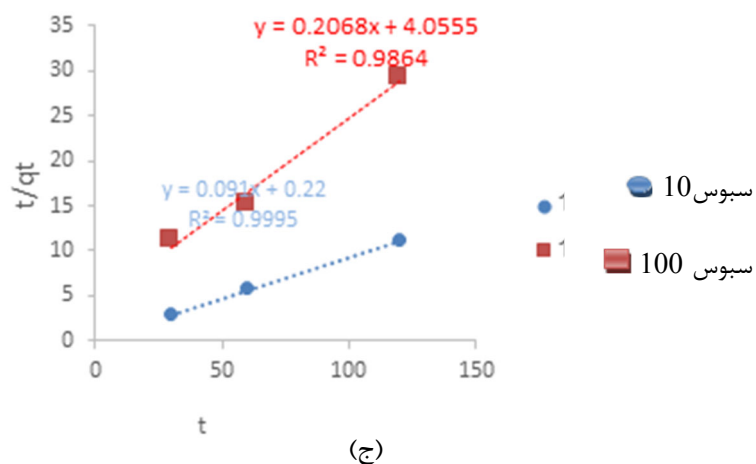
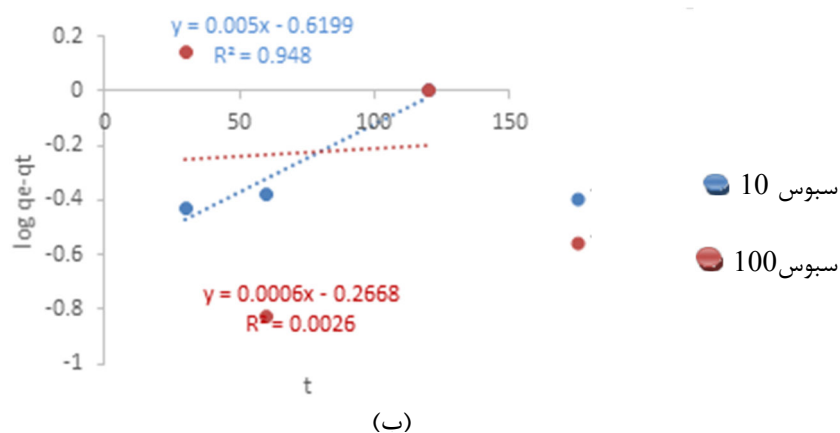
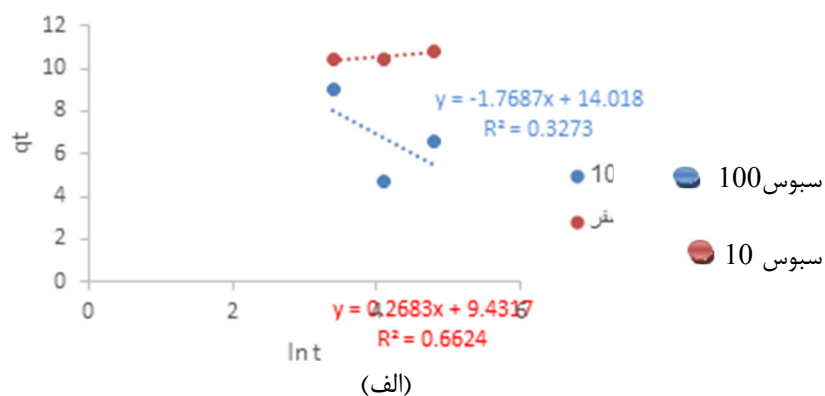


شکل ۴-۴- سینتیک جذب کرومات توسط بیوچار سبوس خام در غظت های ۱۰ و ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر (الف) سینتیک مرتبه صفر، (ب) سینتیک مرتبه یک، (ج) سینتیک مرتبه دو در جدول (۵-۴) و شکل (۵-۴) که در ارتباط جاذب سبوس ۲۵۰ درجه است ضریب رگرسیون بالای ۹۰ درصد در شبه مرتبه دوم نشان می‌دهد، که سینتیک برازش خوبی از داده‌ها را ارائه داده

است و جذب کروم توسط سبوس ۲۵۰ به میزان بالا بوده است. که مقدار ماده برمیزان جذب نهایی تاثیر بالایی داشته است. یانگ و همکاران (۲۰۱۵) راندمان حذف کروم توسط کربن فعال را مورد مطالعه قرار دادند. همچنین مدل سینتیک شبه درجه دوم در مقایسه با سایر مدل‌ها برازش بهتری را برای داده‌های آزمایش داشت. در تحقیقی دیگر توسط حیدر و همکاران (۲۰۱۴) که از خاکستر استخوان در جذب کروم صورت گرفت نتایج نشان داد، که سینتیک جذب از مدل شبه مرتبه دوم تبعیت می‌کند. قلی پور و هاشمی پور (۲۰۱۲) نیز با کاربرد نانو تیوپ کربن در جذب فلز کروم به این نتیجه پی بردند که از مدل شبه درجه دوم پیروی کرد.

جدول ۴-۵- پارامترهای برازش مدل‌های سینتیکی کرومات توسط سبوس با دمای ۲۵۰ در غلظت ۱۰ و ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر کرومات

	پارامترها	mg l^{-1}	mg l^{-1}
مرتبه صفر	α	۵/۱۴	۴۰/۸
	β	۳/۷۳۱	۰/۵۶۶
	R^2	۰/۶۶	۰/۳۲
	Qe	۰/۵۳	۰/۷۷۶
مرتبه یک	K_1	۰	۰/۰۱۲
	R^2	۰/۹۴	۰/۰۰۲
	Qe	۴/۸۵	۱۰/۹۸
مرتبه دو	K_2	۰/۱۹۳	۰/۰۰۲
	R^2	۰/۹۹	۰/۹۸

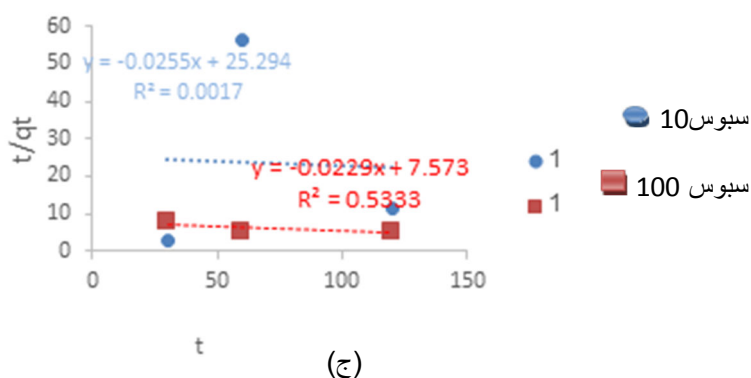
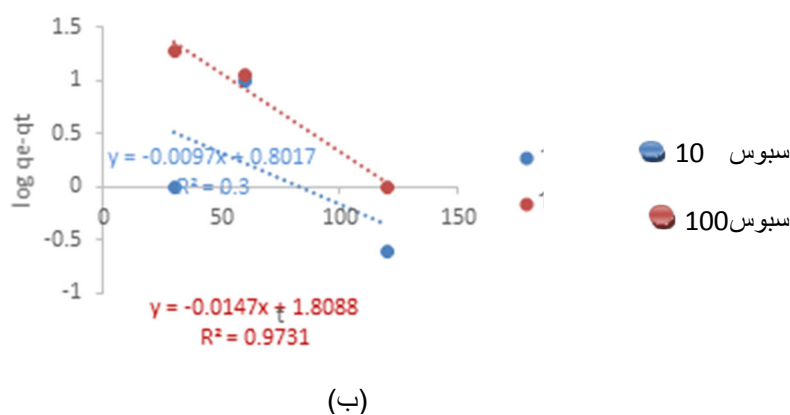
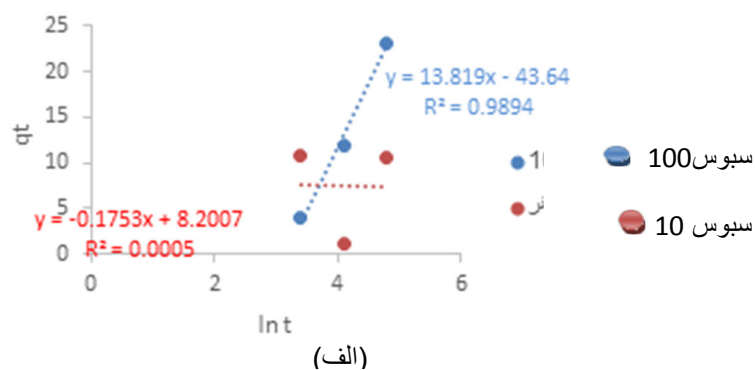


شکل ۴-۵- سینتیک جذب کرومات توسط بیوچار سبوس با دمای ۲۵۰ درجه در غظت‌های ۱۰ و ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر (الف) سینتیک مرتبه صفر، (ب) سینتیک مرتبه یک، (ج) سینتیک مرتبه دو در جدول (۴-۶) و شکل (۴-۶) ضریب رگرسیون در مرتبه صفر و یک در غلظت ۱۰۰ پی پی ام مقدار بالای ۰/۹ می‌باشد، و در بخش‌های مدل مقدار ضریب رگرسیون کم تر است. سبوس در دمای ۵۰۰ درجه کروم را به میزان کم از محلول‌های آبی حذف کرده است. دیوبند هفشجانی و همکاران (۱۳۹۳)

نشان دادند جذب کروم توسط خاکستر نانو توسط مدل شبه درجه دوم بهتر توصیف میشود بنابراین مقدار ماده بر میزان جذب تاثیر دوچندان داشته است. در حذف کروم از محلول های آبی توسط جذب بر روی رزین آنیون باز قوی، با توجه به ضرایب همبستگی R^2 داده ها از مدل سنتیکی شبه درجه دو پیروی می کنند (شیرزادسیبانی و همکاران ۱۳۹۰).

جدول ۴-۶- پارامترهای برازش مدل های سینتیکی کرومات توسط سبوس ۵۰۰ در غلظت ۱۰ و ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر کرومات

	پارامترها	mg l^{-1}	mg l^{-1}
مرتبه صفر	A	۳/۸۸	۰/۳۲
	β	۵/۷۱۴	۰/۰۷۲
	R^2	.	۰/۹۸
	Qe	۱/۰۱	۶/۵۵۹
مرتبه یک	K_1	۰/۰۲۱	۰/۰۲۲
	R^2	۰/۳	۰/۹۸
	Qe	۴۰	۴/۵۱
	K_2	۰/۰۲	۰/۰۰۷
مرتبه دو	R^2	۰/۰۰۱	۰/۵۳۳



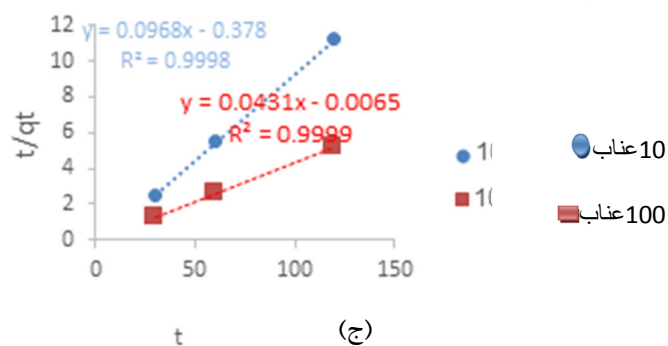
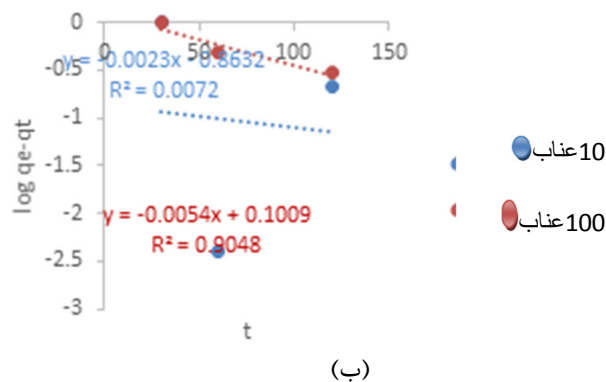
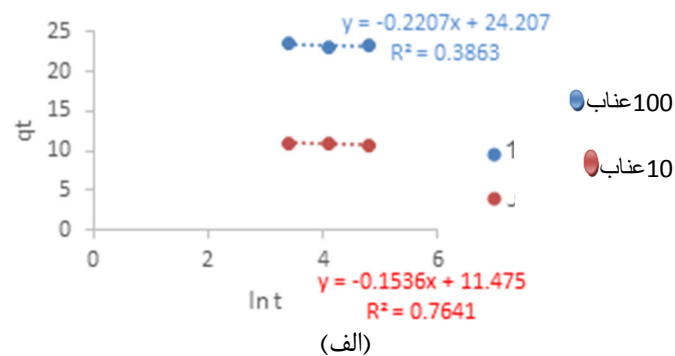
شکل ۴-۶- سینتیک جذب کرومات توسط بیوچار سبوس با دمای ۵۰۰ در غظت‌های ۱ و ۱۰ میلی گرم بر لیتر (الف) سینتیک مرتبه صفر، (ب) سینتیک مرتبه یک، (ج) سینتیک مرتبه دو

باتوجه به داده‌های جدول (۷-۴) و شکل (۷-۴)، سینتیک مرتبه دوم دارای ضریب رگرسیون بالای ۰/۹ می‌باشد که نشان می‌دهد، سینتیک داده‌های آزمایشی را بهتر برازش نمود، بنابراین مقدار ماده به

میزان بالایی بر جذب عنصر کروم تاثیر داشته است در حالی که مدل‌های شبه مرتبه صفر یک عدد نامناسبی را نشان می‌دهد. نتایج حاصل از حذف کروم شش ظرفیتی از محیط‌های آبی با استفاده از جذب بر روی خاک اره درخت توسکا اصلاح شده نشان داد، که داده‌های سینتیکی آزمایشی با الگوهای سینتیکی شبه درجه دو مطابقت دارد. در تحقیقی توسط نوری زاده و همکاران (۱۳۹۲)، جذب کروم از محلول‌های آبی توسط نانوذرات گاما آلومینا نشان داد که داده‌های آزمایش از سینتیک شبه مرتبه درجه دوم تبعیت می‌کند. مقدار ماده بر جذب تاثیر مثبتی داشته است و باعث جذب به میزان بالا شده است

جدول ۴-۷- پارامترهای برازش مدل‌های سینتیکی کرومات توسط عنب‌خام در غلظت ۱۰ و ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر کرومات

	پارامترها	mg l^{-1}	mg l^{-1}
مرتبه صفر	α	۱/۳	۱/۰۳
	β	۴/۵۴	۶/۵۳
	R^2	۰/۳۸	۰/۷۶
	Qe	۰/۴۲۲	۱/۱۰۵
مرتبه یک	K_1	-۰/۰۰۵	-۰/۰۲۴
	R^2	۰/۰۰۷	۰/۹
	Qe	۱۰/۴۱۷	۲۳/۲۵
مرتبه دو	K_2	۰/۰۲۴	۳/۸۶
	R^2	۰/۹۹	۰/۹۹



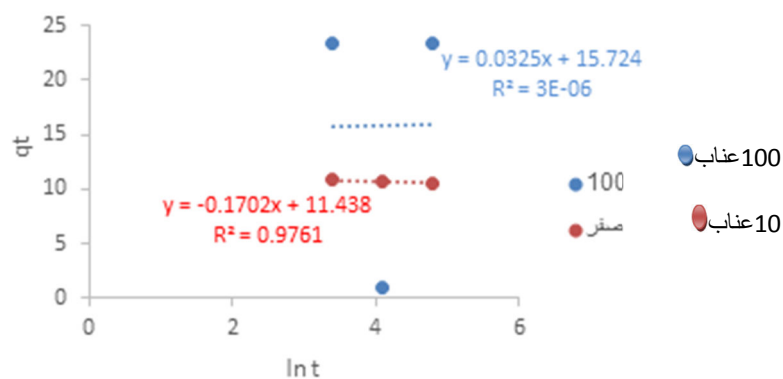
شکل ۴-۷- سینتیک جذب کرومات توسط بیوچار عنب خام در غلظت‌های ۱۰ و ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر (الف) سینتیک مرتبه صفر، (ب) سینتیک مرتبه یک، (ج) سینتیک مرتبه دو

باتوجه به جدول (۴-۸) و شکل (۴-۸) مدل مرتبه دوم ضریب رگرسیون عدد یک را نشان می‌دهد، که بیانگر این است که سینتیک در مرتبه دوم با برازش داده‌ها همخوانی دارد، بنابراین نشان می‌دهد که مقدار ماده بر جذب تاثیر بالایی داشته است مدل مرتبه صفر و مدل مرتبه اول عددپایینی را نشان

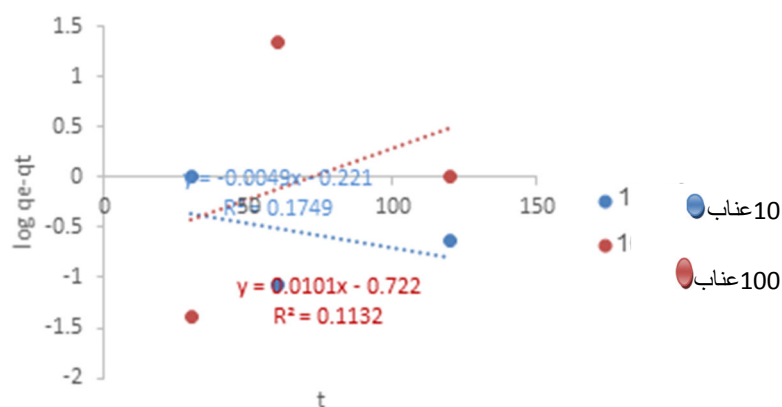
می‌دهد. در جذب کروم از محلول‌های آبی توسط سرباره صنایع فولاد، داده‌های آزمایشی با ضریب رگرسیون معادل ۱ از مدل شبه مرتبه درجه دوم تبعیت می‌کند (ساکی ۱۳۹۲).

جدول ۴-۸- پارامترهای برازش مدل‌های سینتیکی کرومات توسط عنب ۲۵۰ در غلظت ۱۰ و ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر کرومات

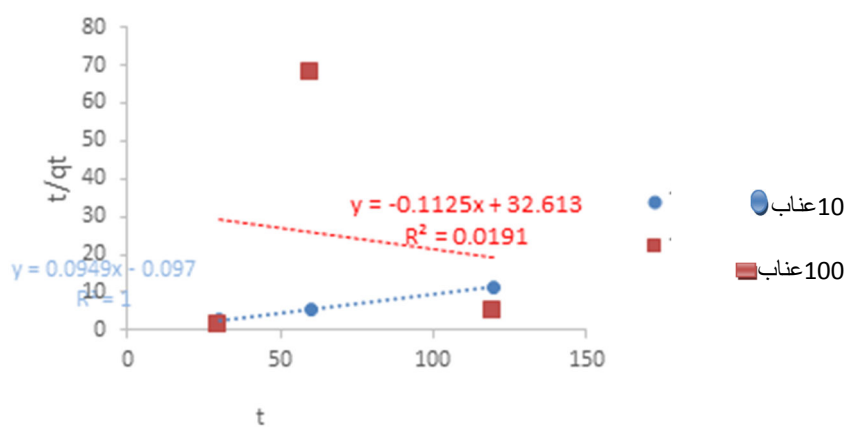
پارامترها		10 mg l^{-1}	100 mg l^{-1}
مرتبه صفر	α	۲/۶۷	۱۵/۷۲۰
	β	۵/۸۸۲	۳۱/۲۵
	R^2	۰/۹	۰
	Q_e	۰/۸۰۲	۰/۴۸۶
مرتبه یک	K_1	-۰/۰۰۹	-۲۳/۰۳
	R^2	۰/۱۷۴	۰/۱۱۳
	Q_e	۱۰/۶۳	۸/۹۲۹
مرتبه دو	K_2	۰/۰۹۱	۰/۰۰۳
	R^2	۱	۰/۰۱۹



(الف)



(ب)



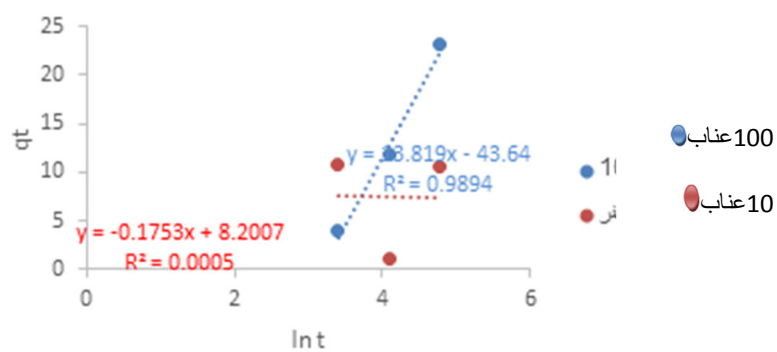
(ج)

شکل ۴-۸- سینتیک جذب کرومات توسط بیوچار عنب ۲۵۰ در غظت‌های ۱۰ و ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر (الف) سینتیک مرتبه صفر، (ب) سینتیک مرتبه یک، (ج) سینتیک مرتبه دو
با توجه به جدول (۴-۹) و شکل (۴-۹) تیمار عنب در دمای ۵۰۰ درجه، مرتبه صفر عدد مناسبی را نشان می‌دهند، بنابراین مقدار ماده بر جذب تاثیری ندارد اما در مرتبه اول و دوم عدد نامناسب و

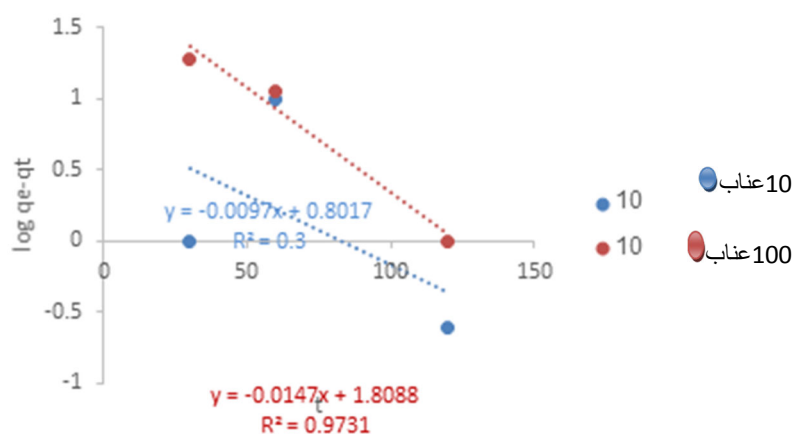
پایین را نشان می‌دهد، درکل جاذب خوبی برای جذب کروم نیست. درحذف کروم شش ظرفیتی از محیط آبی با استفاده از کرین فعال مغناطیسی شده با نانوذرات آهن صفربررسی روابط سینتیک واکنش نشان می‌دهدکه فرآیند جذب از سینتیک شبه مرتبه درجه دوم با ضریب رگرسیون R^2 بالای ۰/۹۸ تبعیت می‌کند (آذری و همکاران).

جدول (۹-۴) پارامترهای برازش مدل‌های سینتیکی کرومات توسط عنب ۵۰۰ در غلظت ۱۰ و ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر کرومات

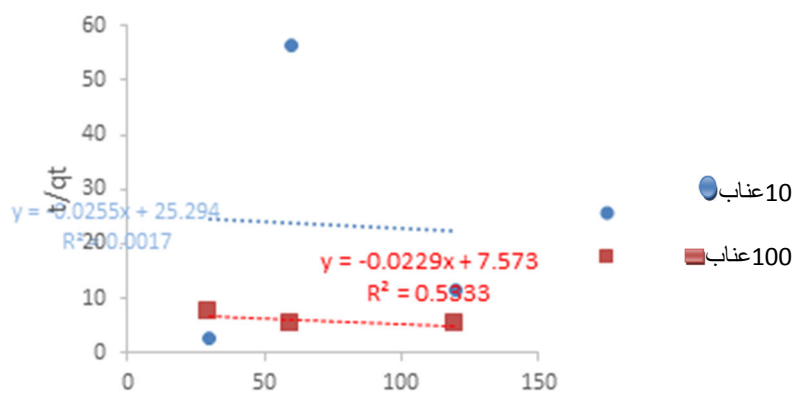
	پارامترها	mg l^{-1}	mg l^{-1}
مرتبه صفر	α	۳/۸۸	۴۳/۸
	β	۵/۷۱۴	۰/۰۷۲.
	R^2	.	۰/۹۸
	Q_e	۲/۲۲	۶/۰۹۸
مرتبه یک	K_1	-۰/۰۲۱	-۰/۰۳۲
	R^2	۰/۳	۰/۰۹
	Q_e	۴۰	۴۵
مرتبه دو	K_2	۰/۰۰۳	۰/۰۰۰۱
	R^2	۰/۰۰۱	۰/۵۳۳



(الف)



(ب)



(ج)

شکل ۴-۹- سینتیک جذب کرومات توسط بیوجار عناب ۵۰۰ در غظت‌های ۱۰ و ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر (الف) سینتیک مرتبه صفر، (ب) سینتیک مرتبه یک، (ج) سینتیک مرتبه دو

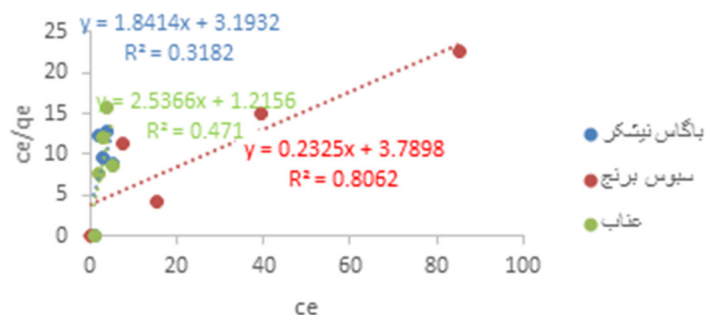
۴-۲-۱- ایزوترم های جذب

ایزوترم های جذب، ارتباط بین مقدار جذب جاذب (qe) با غلظت محلول در شرایط تعادل (ce) را در دمای ثابت بررسی می کند. روت و همکاران (۲۰۱۴). داده های جذب این مطالعه با ۲ مدل فروندلیچ و لانگمویر برازش داده شد.

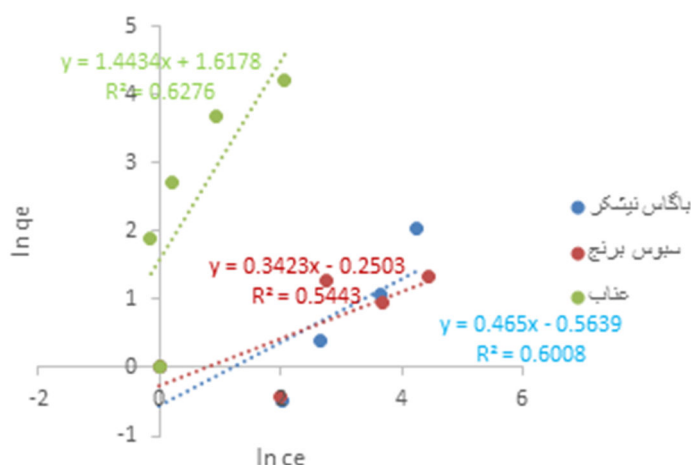
در سه تیمار سبوس برنج، باگاس نیشکر و عناب در حالت خام با توجه به جدول (۴-۱۰) و شکل (۴-۱۰) مشاهده می شود، که مقدار ضریب رگرسیون در بیوچار با دمای ۰ در مدل لانگمویر نسبت به مدل فروندلیچ بیشتر بوده است. ضریب رگرسیون در مدل لانگمویر بیشتر از فروندلیچ بوده برازش بهتری نسبت به فروندلیچ نشان داد (در سبوس برنج). که نشان می دهد جذب به یک تک لایه روی سطح محدود می شود.

جدول ۴-۱۰- پارامترهای محاسبه شده ی ایزوترم های فروندلیچ و لانگمویر توسط بیوچار سبوس برنج، عناب و باگاس نیشکر خام

سبوس	عناب	باگاس	پارامترها	
۰/۸	۰/۴۷	۰/۳۱	R^2	لانگمویر
۰/۰۶	۲	۰/۵۷	b	
۴/۳	۰/۳۹	۰/۵۴۳	Q_m	
۰/۵۴	۰/۴۳	۰/۶	R^2	
۲/۹۲۴	۰/۶۹۸	۲/۱۵	N	فروندلیچ
۰/۷۷	۵/۰۳۸	۰/۵۶	KF	



(الف)



(ب)

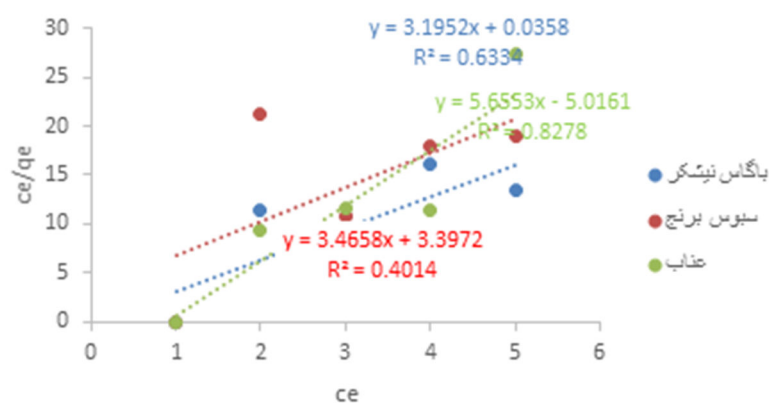
شکل (۴-۱۰) ایزوترم‌های جذب سطحی کرومات تو سب بیوچار سبوس برنج، عناب و باگاس نیشکر خام (الف-الف) لانگمویر، (ب) فروندلیچ

باتوجه به جدول (۴-۱۱) و شکل (۴-۱۱) مشاهده شد، مقدار ضریب رگرسیون در مدل لانگمویر نسبت به فروندلیچ بیش‌تر بود و برازش بهتری را نسبت به فروندلیچ نشان داد. که نشان می دهد جذب تنها به یک تک لایه روی سطح محدود می‌شود. باریراک و همکاران (۲۰۰۶) طی تحقیقی که از خاکستر فعال شده پوست فندق برای حذف کروم انجام شد، نشان دادند مدل فروندلیچ با داده‌های آزمایش هم خوانی داشت.

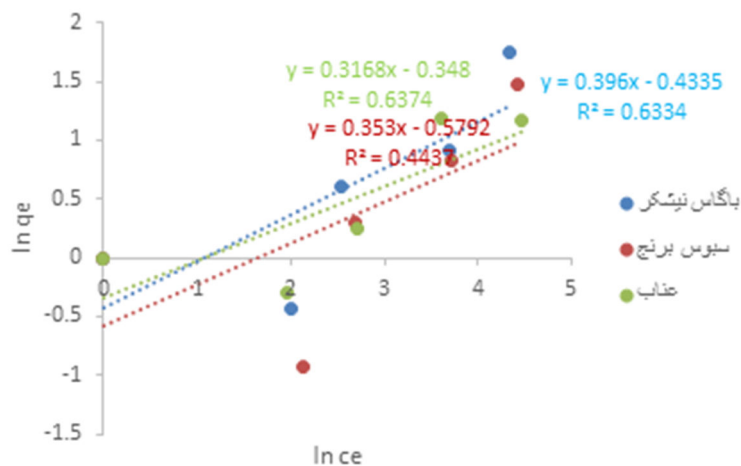
طبق تحقیقات انجام شده توسط کوبیا (۲۰۰۴) در جذب کرومات از محلول‌های آبی مدل لانگمویر تطابق زیادی با داده‌ها داشت. در تحقیقی دیگر توسط نوری زاده و همکاران (۱۳۹۲)، در جذب کروم از محلول‌های آبی توسط نانوذرات گاما آلومینا داده‌های آزمایش از مدل فروندلیچ تبعیت می‌کند.

جدول ۴-۱۱- پارامترهای محاسبه شده ی ایزوترمهای فروندلیچ و لانگمویر توسط بیوچارسیبوس برنج، عناب و باگاس نیشکر ۲۵۰

سیبوس	عناب	باگاس	پارامترها	لانگمویر
۰/۴۸	۰/۸۲۷	۰/۶۳	R^2	
۱/۰۱۸	-۱۰/۱۱۶	۰/۰۹۲	b	
۰/۲۸۹	۰/۱۷۷	۰/۳۱	Q_m	
۰/۴۴	۰/۶۳	۰/۶۳	R^2	
۳/۹۵	۳/۱۶	۲/۵	N	فروندلیچ
۰/۵۶	۰/۷۰۶	۰/۶۴	KF	



(الف)



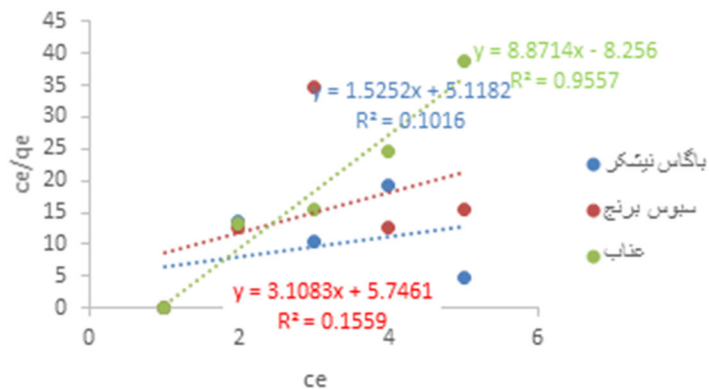
(ب)

شکل ۴-۱۱ ایزوترم‌های جذب سطحی کرومات توسط بیوچار سبوس برنج، عناب و باگاس نیشکر ۲۵۰ (الف) لانگمویر، (ب) فروندلیچ

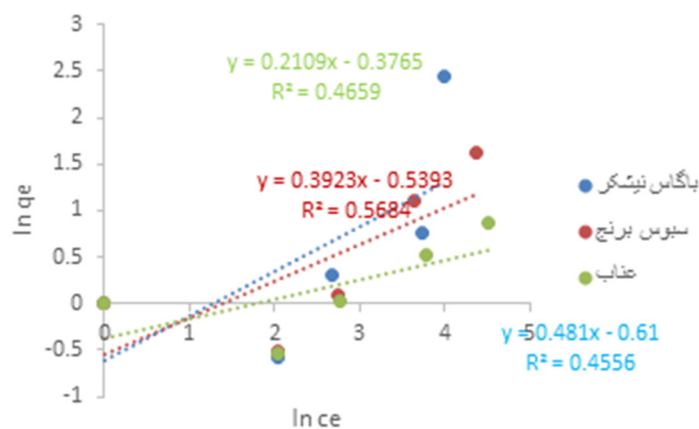
باتوجه به جدول (۴-۱۲) و شکل (۴-۱۲) بیوچار با دمای ۵۰۰ مدل جذب لانگمویر تطابق بهتری با داده‌های آزمایش دارد. سه نوع جاذب با توجه به جدول (۴-۱۲)، مقدار ضریب رگرسیون داده‌های جاذب عناب بالای ۰/۹۵ است. گوپتا و همکاران (۲۰۰۴) طی تحقیقی که با خاکستر تفاله نیشکر حذف کروم را انجام داد در این تحقیق هر دو مدل لانگمویر و فروندلیچ برازش داده‌ها را انجام دادند، که هر دو ضریب رگرسیون بالای ۰/۹۱ داشتند.

جدول ۴-۱۲- پارامترهای محاسبه شده‌ی ایزوترم‌های فروندلیچ و لانگمویر توسط بیوچار سبوس برنج، عناب و باگاس نیشکر ۵۰۰

سبوس	عناب	باگاس	پارامترها	
۰/۱۵۵	۰/۹۵	۰/۱	R^2	و لانگمویر
۰/۵۴۱	۱/۰۷۲	۰/۲۹۷	B	
۰/۳۲۲	۰/۱۱۳	۰/۶۵	Q_m	
۰/۵۶	۰/۴۶	۰/۴۵	R^2	
۲/۵۵	۴/۷۶۲	۲/۰۷۹	N	فروندلیچ
۰/۵۸۳	۰/۶۸۷	۰/۵۴۳	KF	



(الف)



(ب)

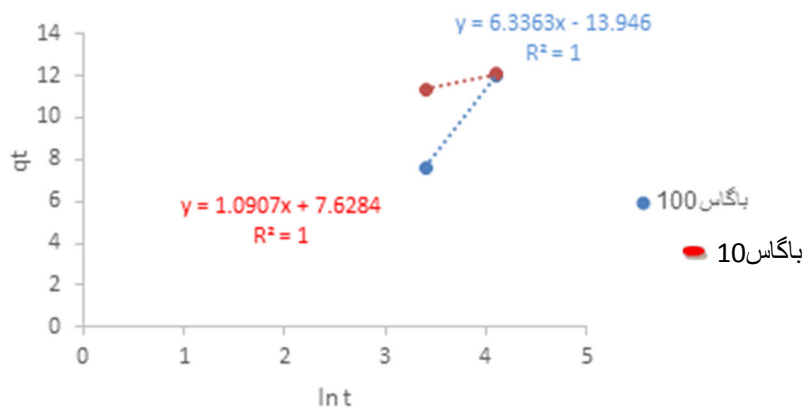
شکل ۴-۱۲- ایزوترم-های جذب سطحی کرومات تو سط بیوچار سبوس برنج، عنباب و باگاس نیشکر ۵۰۰ (الف) لانگمویر، (ب) فروندلیچ

۴-۲- جذب سطحی کادمیم

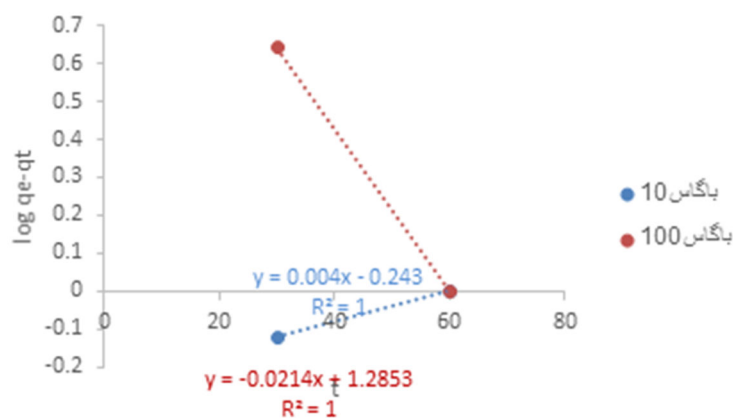
۴-۲-۱- سینیتیک جذب

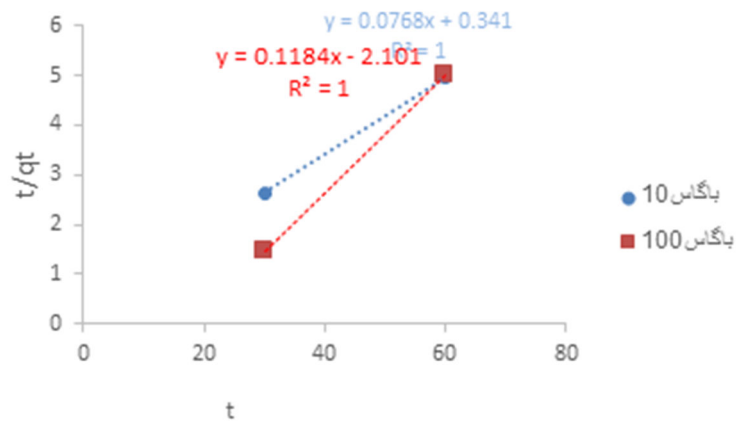
برای عنصر کادمیم برای دو نوع بیوچار باگاس نیشکر و سبوس برنج در دماهای مختلف بررسی شد. با توجه به جدول (۴-۱۳) و شکل (۴-۱۳) ارزیابی سینیتیکی نشان داد، سینیتیک هر سه مرتبه صفر، یک و دو با ضریب رگرسیون یک همخوانی خوبی با دادهای آزمایش داشتند. البته به علت محدود

بودن داده ها، هزینه بر بودن آزمایشات، داده های آزمایش به صورت شکل نمایش داده شد . چاند و همکاران (۲۰۱۴) در جذب کادمیم توسط میوه سیب، سینتیک جذب مرتبه‌ی دوم با ضریب رگرسیون بالا نسبت به دو مرتبه صفر و یک برازش بهتری را برای داده‌های آزمایشی نشان داد. در تحقیقی توسط قدیری و همکاران (۱۳۸۸) جذب کادمیوم توسط جاذب‌های گیاهی اعم از (افرا، برگ مو، چمن، برگ نو) بررسی شده و نتایج نشان داده شد که سینتیک داده‌ها از مدل سینتیک مرتبه دوم تبعیت می‌کند.



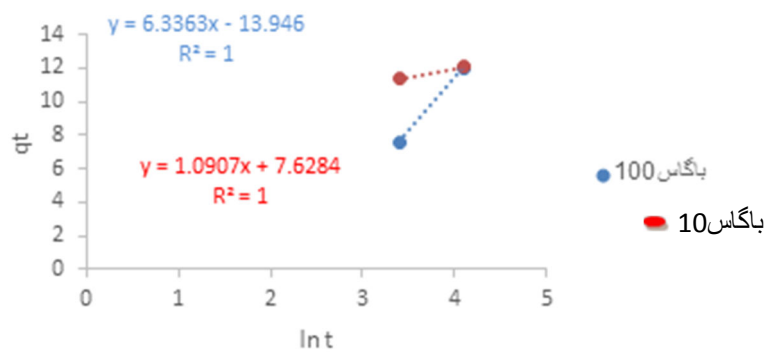
(الف)



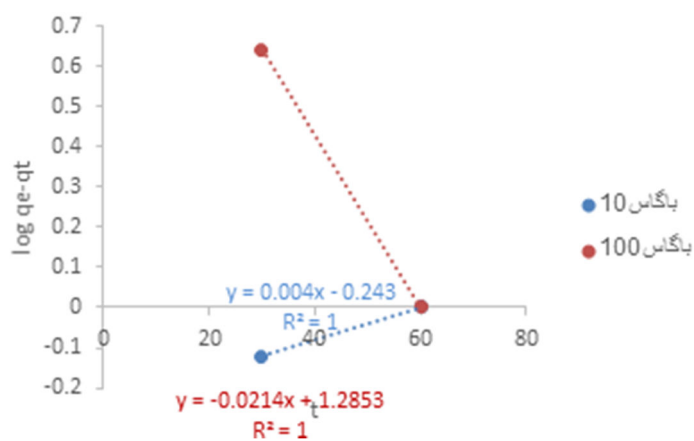


(ج)

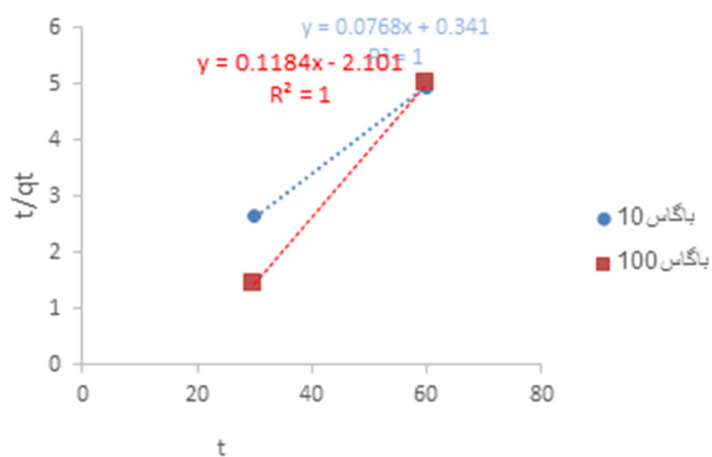
شکل ۴-۱۳- سینتیک جذب کادمیوم توسط بیوچار باگاس خام در غظت‌های ۱۰ و ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر (الف) سینتیک مرتبه صفر، (ب) سینتیک مرتبه یک، (ج) سینتیک مرتبه دو با توجه به جدول (۴-۱۴) و شکل (۴-۱۴) هر سه مرتبه صفر، یک و دوم با ضریب رگرسیون همخوانی بالایی با داده‌های آزمایش داشته است و این نشان می‌دهد، به دلیل محدود بودن داده‌ها، برازش داده‌ها فقط به صورت شکل نمایش داده شد. در جذب کادمیم توسط برگ سنجد و سبوس برنج، سینتیک جذب مرتبه دوم با ضریب رگرسیون با R^2 بالای ۹۶ درصد برازش بهتری را برای داده‌های آزمایشی نشان داد (رحیمی و همکاران ۱۳۹۵).



(الف)



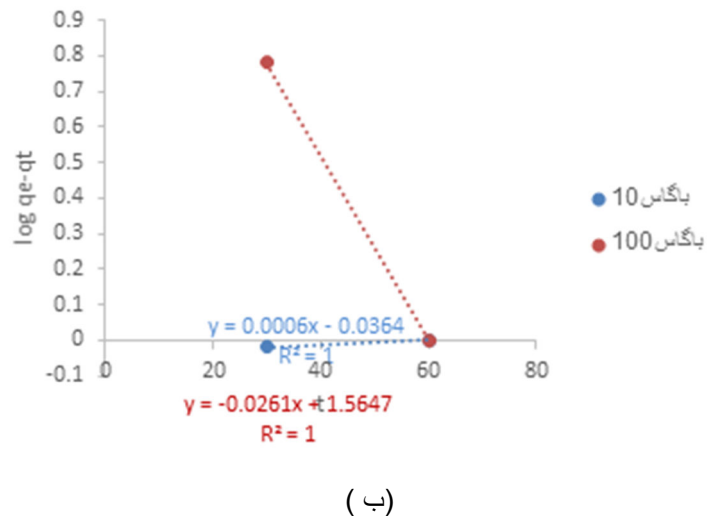
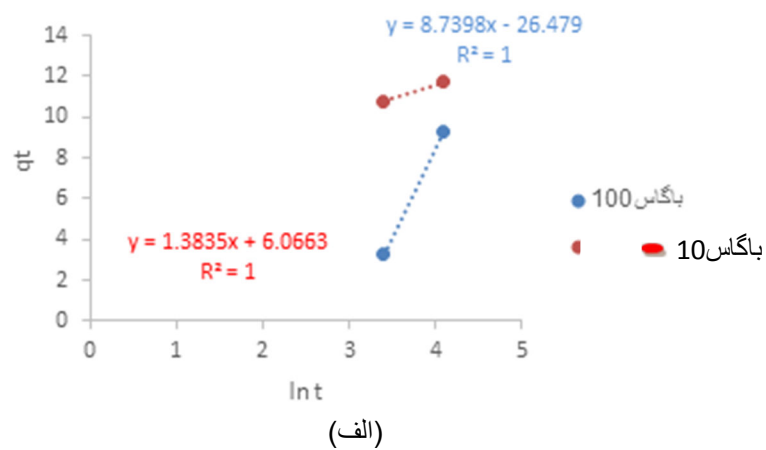
(ب)

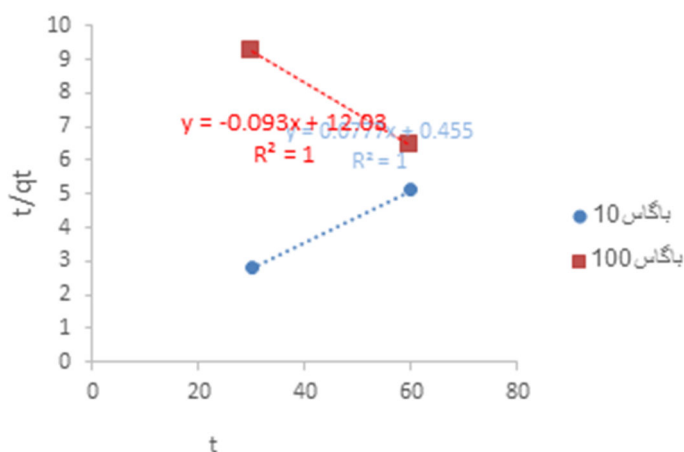


(ج)

شکل ۴-۱۴- سینتیک جذب کادمیوم توسط بیوچار باگاس ۲۵۰ در غظت‌های ۱۰ و ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر (الف) سینتیک مرتبه صفر، (ب) سینتیک مرتبه یک، (ج) سینتیک مرتبه دو

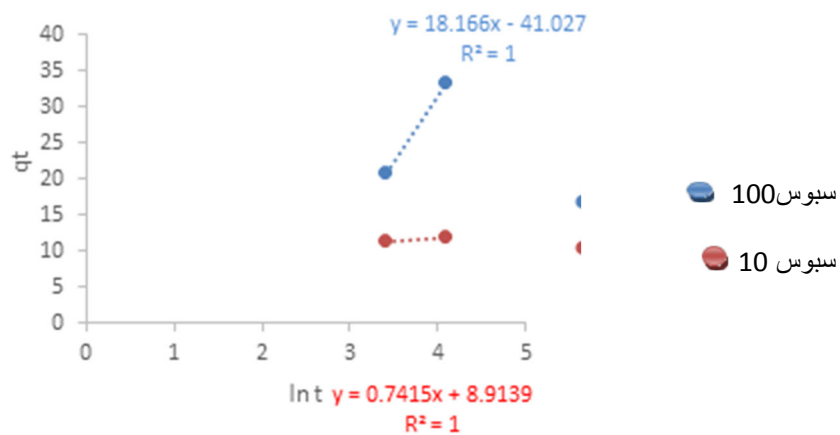
با توجه به جدول (۱۵-۴) و شکل (۱۵-۴) هر سه مرتبه صفر، یک و دوم با ضریب رگرسیون همخوانی بالایی با داده‌های آزمایش داشته است و این نشان می‌دهد، که به علت محدود بودن داده‌ها برازش داده‌ها فقط به صورت شکل نشان داده شد



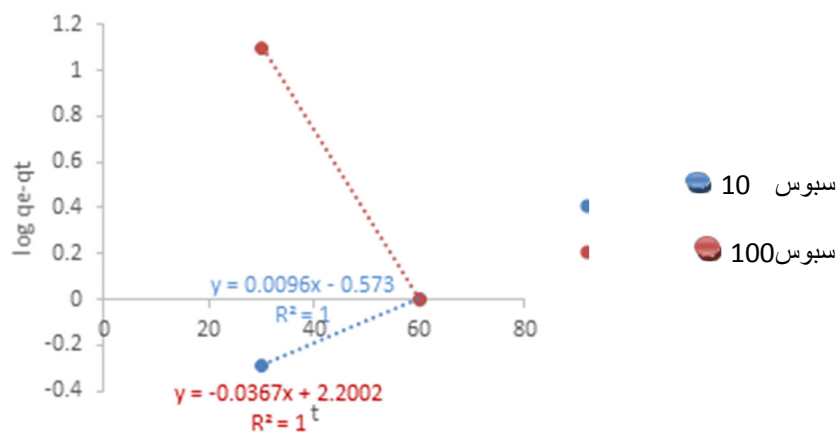


(ج)

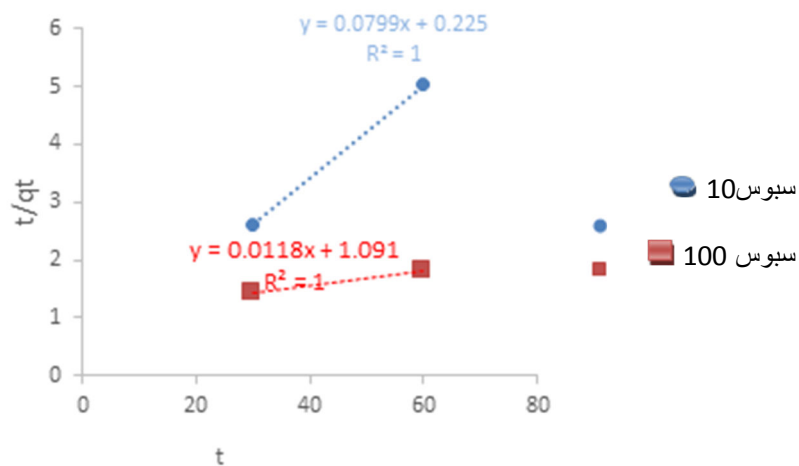
شکل ۴-۱۵- سینتیک جذب کادمیوم توسط بیوچار باگاس ۵۰۰ در غظت های ۱۰ و ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر (الف) سینتیک مرتبه صفر، (ب) سینتیک مرتبه یک، (ج) سینتیک مرتبه دو در جدول (۴-۱۶) و شکل (۴-۱۶) نشان می دهد، ضریب رگرسیون در سه مرتبه سینتیک یک بوده یعنی تطابق بالایی با داده های آزمایش دارد و برازش داده ها به صورت شکل نشان داده شد. زوو و همکاران (۲۰۱۴) به مطالعات سنتیکی و تعادل جذب زیستی کادمیم به وسیله توده ی خشک جلبک دریایی در محیط های آبی پرداختند که مطالعات سنتیکی جذب از مدل شبه مرتبه دوم پیروی کرد.



(الف)



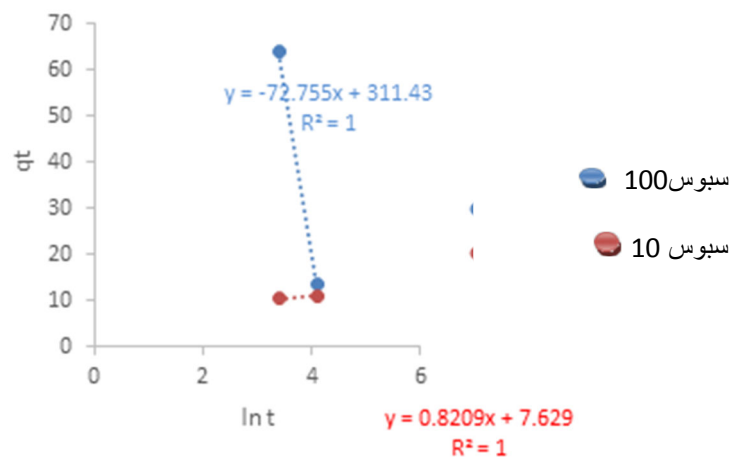
(ب)



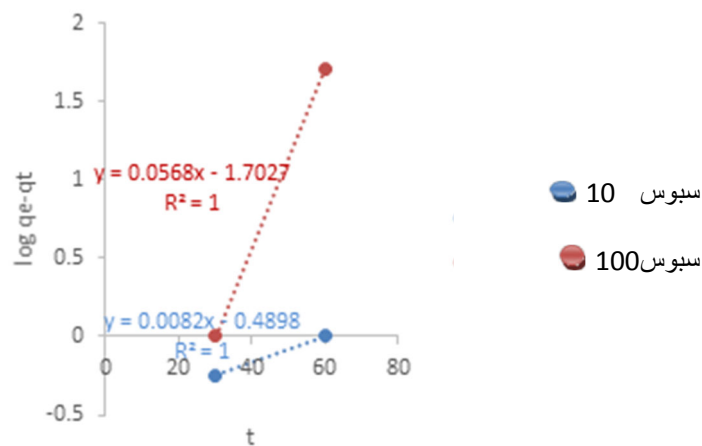
(ج)

شکل ۴-۱۶- سینتیک جذب کادمیم توسط بیوجار سبوس خام در غلظت‌های ۱۰ و ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر (الف) سینتیک مرتبه صفر، (ب) سینتیک مرتبه یک، (ج) سینتیک مرتبه دو

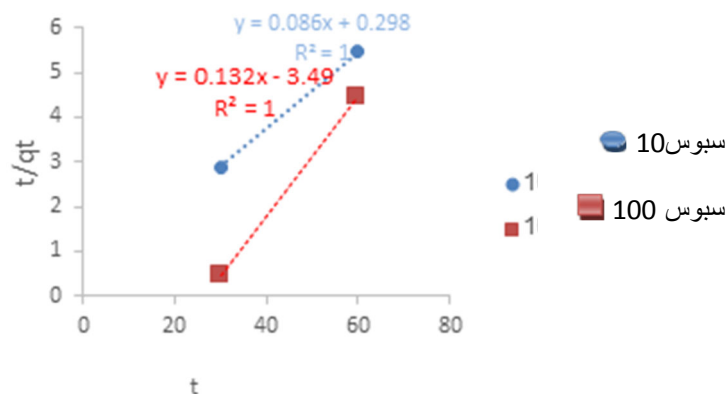
با توجه به جدول (۱۷-۴) و شکل (۱۷-۴) ضریب رگرسیون در سه مرتبه سینتیک یک می‌باشد، این نشان می‌دهد که به علت محدود بودن داده‌ها برازش فقط به صورت شکل نمایش داده شد. زارعی و همکاران (۱۳۹۳) حذف کادمیوم از محلول‌های آبی توسط خاکستر میوه بلوط بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که مدل شبه مرتبه درجه دوم با ضریب رگرسیون بالای ۹۹٪ برازش مطلوبی از داده‌ها را ارائه دادند.



(الف)

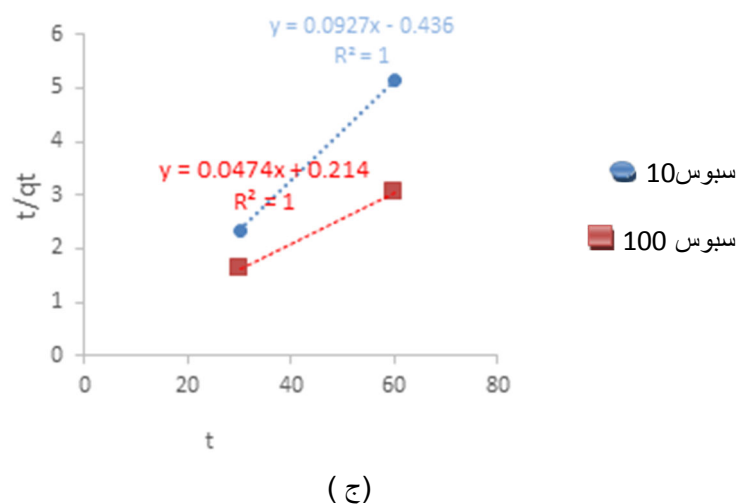
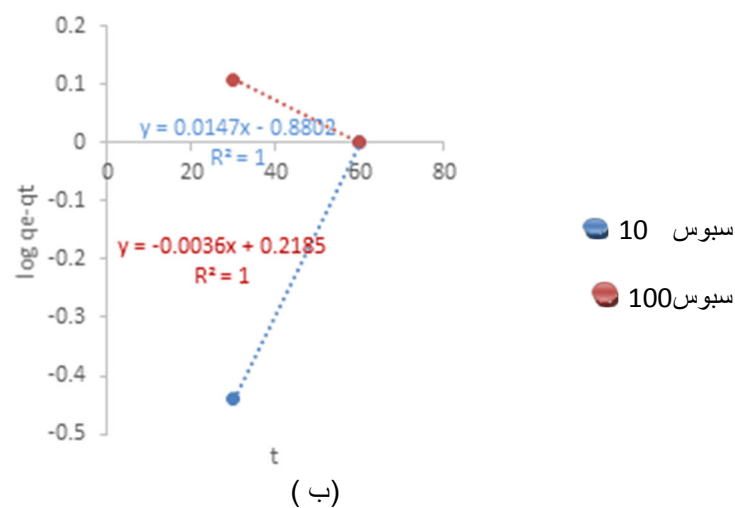
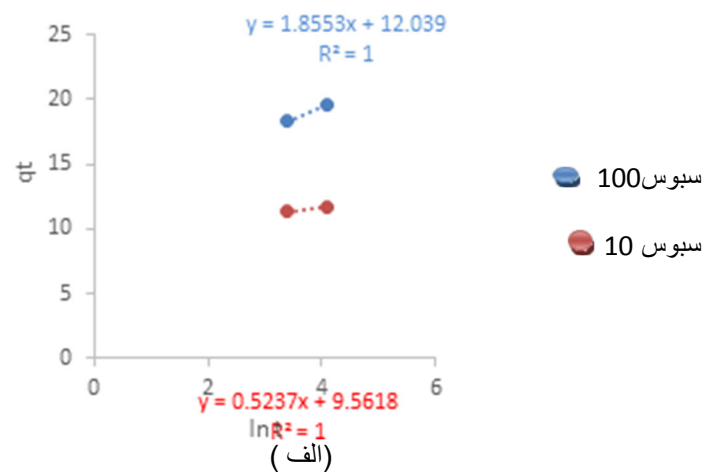


(ب)



(ج)

شکل ۴-۱۷- سینتیک جذب کادمیم توسط بیوچار سبوس ۲۵۰ در غظت‌های ۱۰ و ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر (الف) سینتیک مرتبه صفر، (ب) سینتیک مرتبه یک، (ج) سینتیک مرتبه دو با توجه به جدول (۴-۱۸) و شکل (۴-۱۸) اینکه ضریب رگرسیون در سه مرتبه یک می‌باشد نشان دهنده‌ی این است که تعداد داده‌ها محدود بوده و برازش داده‌ها فقط به صورت شکل نمایش داده شد. نصرتی و همکاران (۱۳۹۳) با بررسی سینتیک جذب کادمیوم از محلول‌های آبی توسط پوست لیمو به این نتیجه رسیدند، که مدل شبه مرتبه دوم بهترین مدل شناخته شد. سپهری و همکاران (۱۳۹۴) در تحقیقی با بررسی ایزوترم و سینتیک جذب کادمیوم از محیط آبی توسط پوسته‌ی شلتوک اصلاح شده به این نتیجه رسیدند که داده‌های آزمایش برازش خوبی با مدل شبه مرتبه درجه اول داشتند.



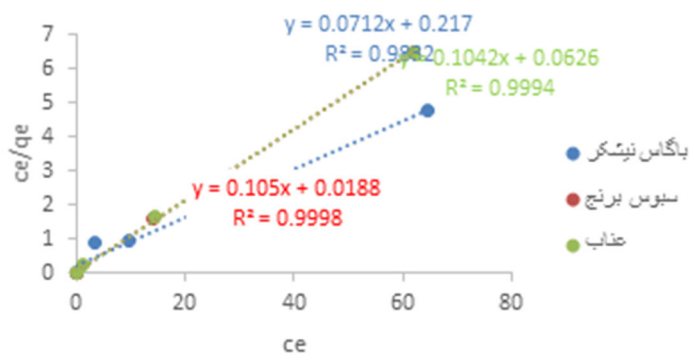
شکل ۴-۱۸- سینتیک جذب کادمیم توسط بیوچار سبوس ۵۰۰ در غظت های ۱۰ و ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر (الف) سینتیک مرتبه صفر، (ب) سینتیک مرتبه یک، (ج) سینتیک مرتبه دو

۴-۲-۲- ایزوترم‌های جذب

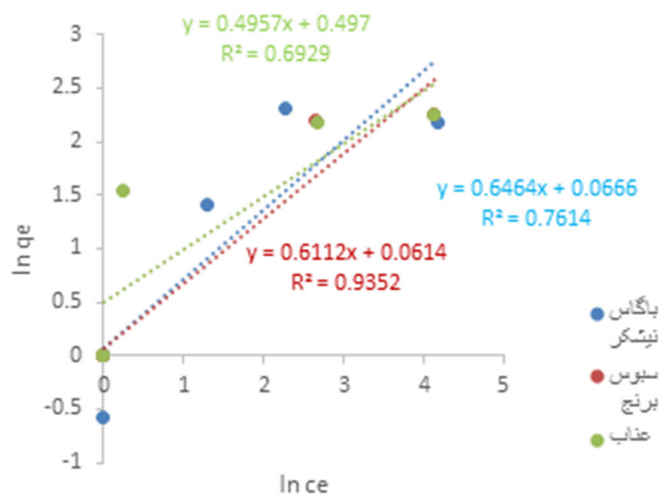
با توجه به جدول (۴-۱۹) و شکل (۴-۱۹) ایزوترم مدل جذب لانگمویر نسبت به فروندلیچ با ضریب رگرسیون بالای ۰/۹ همخوانی بهتری با داده‌های تجربی را نشان می‌دهد که جذب به صورت تک لایه روی سطح صورت گرفت. در سه نوع بیوچار استفاده شده به همین صورت است. در تحقیقی که توسط شهیدی و همکاران (۱۳۹۲) انجام شد، در جذب سطحی کادمیم توسط جاذب طبیعی لوفاهر دو مدل لانگمویر و فروندلیچ برای توصیف داده‌ها و برآورد پارامترها مدل مناسب است، البته مدل لانگمویر با داده‌ها مطابقت بیشتری داشت. در پژوهشی توسط سلطانی (۱۳۹۳) جذب کادمیم از محلول‌های آبی توسط ساقه برنج بررسی شد که نتایج داده‌ها نشان داد، که مدل لانگمویر برازش خوبی از داده‌ها را ارائه داد. ملکی و همکاران (۱۳۹۱) با جذب کادمیم توسط سبوس و گندم اصلاح شده به روش شیمیایی به نتایجی پی برد که نشان می‌دهد دو مدل لانگمویر و فروندلیچ جذب کادمیوم را به خوبی توصیف نمودند.

جدول ۴-۱۹- پارامترهای محاسبه شده‌ی ایزوترم‌های فروندلیچ و لانگمویر توسط بیوچار سبوس برنج، عنب و باگاس نیشکر خام

	سبوس	عنب	باگاس	پارامترها	
لانگمویر	۰/۹۹	۰/۹۹	۰/۹۸	R^2	
	۵/۸۸۲	۱/۶۷۸	۰/۳۲۷	b	
	۹/۵۲۴	۹/۶۱۵	۱۴/۰۸	Q_m	
	۰/۹۳۵	۰/۶۹۲	۰/۷۶۱	R^2	
فروندلیچ	۱/۶۳۷	۲/۰۲	۱/۵۴۸	N	
	۱/۰۶۳	۱/۶۴۴	۱/۰۶۸	KF	



(الف)



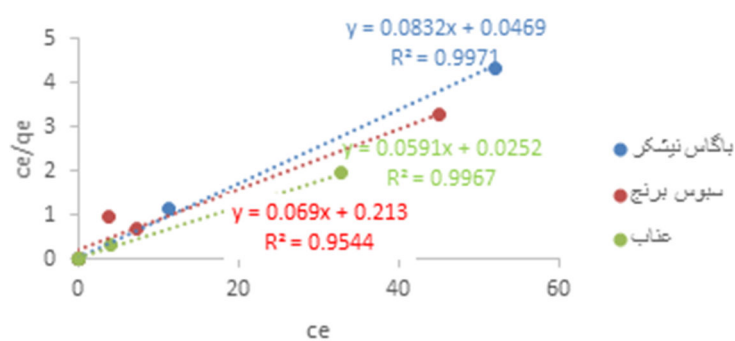
(ب)

شکل ۴-۱۹- ایزوترم‌های جذب سطحی کرومات تو سط بیوچارسیوس برنج، عناب و باگاس نیشکر خام (الف) لانگمویر، (ب) فروندلیچ

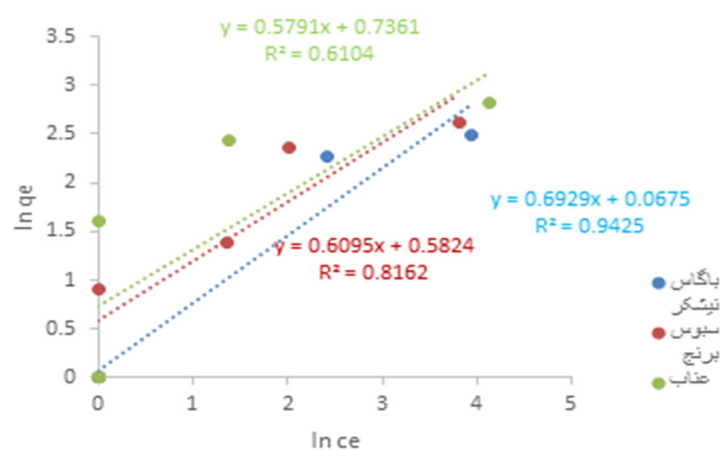
با توجه به جدول (۴-۲۰) و شکل (۴-۲۰) ایزوترم مدل جذب لانگمویر با ضریب رگرسیون بالای ۰/۹ در سه نوع بیوچاربرازش بهتری نسبت به فروندلیچ را ارائه می‌دهند. یعنی جذب به صورت تک لایه روی سطح انجام شد. طی تحقیقی مشابه توسط شاه محمدی و همکاران (۲۰۰۷) عنوان شد که با پوسته‌ی شلتوک اصلاح شده توسط سدیم بیکربنات حذف کادمیوم انجام شد، و مدل فروندلیچ نتایج مطلوب‌تری را ارائه داد. در پژوهشی که توسط معتمدی و همکاران (۱۳۹۳) جذب کادمیم از محلول‌های آبی توسط نانو رس ها انجام شد و نتایج بیانگر این بود که داده‌ها از مدل فروندلیچ تبعیت می‌کردند.

جدول ۴-۲۰- پارامترهای محاسبه شده ی ایزوترمهای فروندلیچ و لانگمویر توسط بیوچارسبوس برنج، عنب و باگاس نیشکر ۲۵۰

سبوس	عنب	باگاس	پارامترها	لانگمویر
۰/۹۵	۰/۹۶	۰/۹۹	R^2	
۰/۳۲۴	۲/۳۵۸	۱۸/۰۵	b	
۱۴/۴۹	۱۶/۹۴	۱۲/۰۴۸	Qm	
۰/۸۱	۰/۶۱۰	۰/۹۴	R^2	
۱/۶۴۲	۱/۷۲۷	۱/۴۴۵	N	فروندلیچ
۱/۷۹۰	۲/۰۸۸	۱/۰۶۹	KF	



(الف)



(ب)

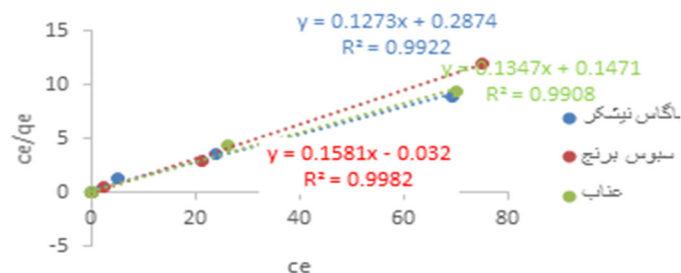
شکل ۴-۲۰- ایزوترمهای جذب سطحی کرومات توسط بیوچارسبوس برنج، عنب و باگاس نیشکر ۲۵۰ (الف) لانگمویر، (ب) فروندلیچ

طبق جدول (۲۱-۴) و شکل (۲۱-۴) ایزوترم مدل جذب لانگمویر با ضریب رگرسیون بالای ۰/۹ هم خوانی بهتری با داده‌های تجربی نشان می‌دهد که نشان می‌دهد جذب به صورت تک لایه صورت گرفت در سه نوع بیوچار با دمای ۵۰۰ درجه استفاده شده به همین صورت است.

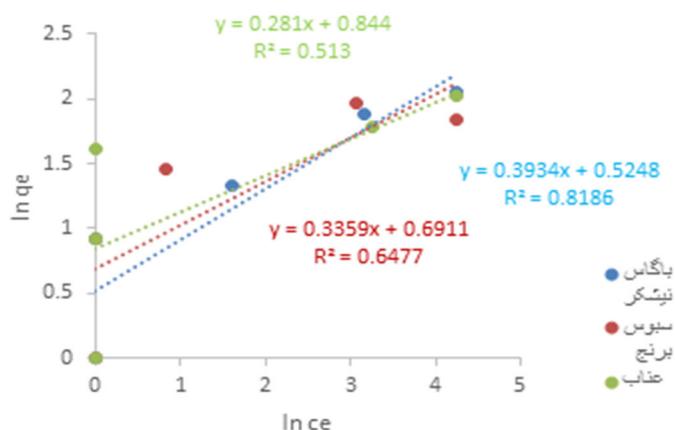
شفیق و همکاران (۲۰۱۰) توانستند به وسیله‌ی پوست موز کادمیم را حذف کنند که هر دو مدل لانگمویر و فروندلیچ برازش مناسبی را ارائه کردند. جذب کادمیم از محلول‌های آبی توسط کربن فعال شده از ضایعات کشاورزی توسط فولادی و همکاران (۱۳۸۴) انجام شد که داده‌های بدست آمده تطابق خوبی با مدل‌های جذب فروندلیچ و لانگمویر از خود نشان دادند که البته مطابقت داده‌ها با فروندلیچ بیشتر بود.

جدول ۲۱-۴- پارامترهای محاسبه شده ی ایزوترم‌های فروندلیچ و لانگمویر توسط بیوچار سبوس برنج، عناب و باگاس نیشکر ۵۰۰

سبوس	عناب	باگاس	پارامترها	
۰/۹۹	۰/۹۹	۰/۹۹	R^2	لانگمویر
۴/۹۲۶	۰/۹۱۲	۰/۴۴۲	b	
۶/۳۲۹	۷/۴۶۳	۷/۷۴۸	Q_m	
۰/۶۴	۰/۵۱	۰/۸۱	R^2	
۲/۹۸۵	۳/۵۵۹	۲/۵۴۵	N	فروندلیچ
۱/۹۹۶	۲/۳۲۶	۱/۶۸۹	KF	



(الف)



(ب)

شکل ۴-۲۱- ایزوترم‌های جذب سطحی کادمیوم توسط بیوچار سبوس برنج، عتاب و باگاس نیشکر ۵۰۰ (الف) لانگمویر، (ب) فروندلیچ

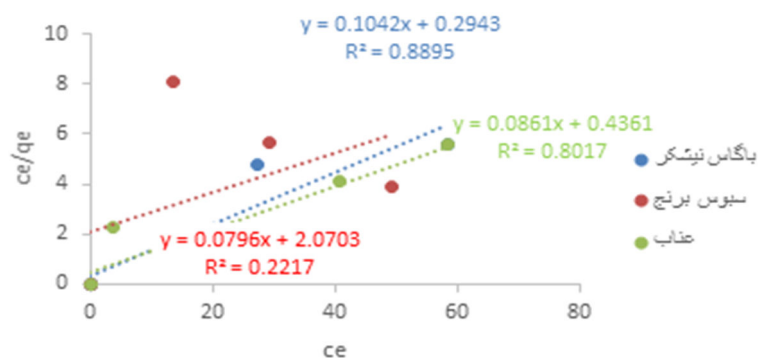
۴-۳- جذب سطحی سرب

۴-۳-۱- ایزوترم‌های جذب

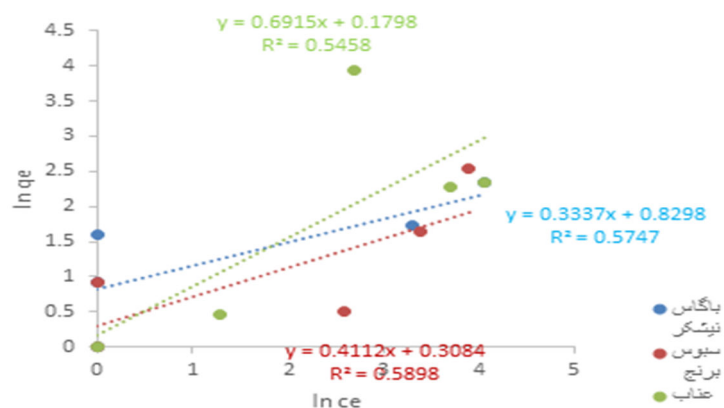
باتوجه به جدول (۴-۲۲) و شکل (۴-۲۲) ایزوترم مدل جذب لانگمویر نسبت به فروندلیچ به جز در مورد سبوس برنج دارای ضریب رگرسیون بالاتری است و نشان می‌دهد که مدل لانگمویر برازش بهتری از داده‌ها را ارائه می‌دهد. تارلی همکاران (۲۰۰۴) از پوستی شلتوک اصلاح شده به عنوان یک جاذب طبیعی فلزات سنگین برای جذب کادمیم و سرب استفاده نمودند. نتایج مطالعات نشان داد، که مدل لانگمویر نسبت به فروندلیچ از مطابقت بیشتری برخوردار است. حذف سرب توسط گرانول مرجان آهکی از محیط آبی توسط شکوهی و همکاران (۱۳۹۲) انجام شد که نتیجه‌ی حاصله بیانگر این بود که مدل فروندلیچ مطابقت بیشتری با داده‌های آزمایشی داشت.

جدول ۴-۲۲- پارامترهای محاسبه شده‌ی ایزوترم‌های فروندلیچ و لانگمویر توسط بیوچار سبوس برنج، عناب و باگاس

سبوس	عناب	باگاس	پارامترها	لانگمویر
۰/۲۲	۰/۸۰	۰/۸۸	R^2	
۰/۰۳۸	۰/۱۹۷	۰/۳۵۴	b	
۱۲/۶۵۸	۱۱/۶۲۷	۹/۶۱۵	Q_m	
۰/۵۸	۰/۵۴	۰/۷۵	R^2	
۲/۴۳	۱/۴۷۷	۳/۰۰۳	N	فروندلیچ
۱/۳۶۱	۱/۱۹۶	۲/۲۹۱	KF	



(الف)



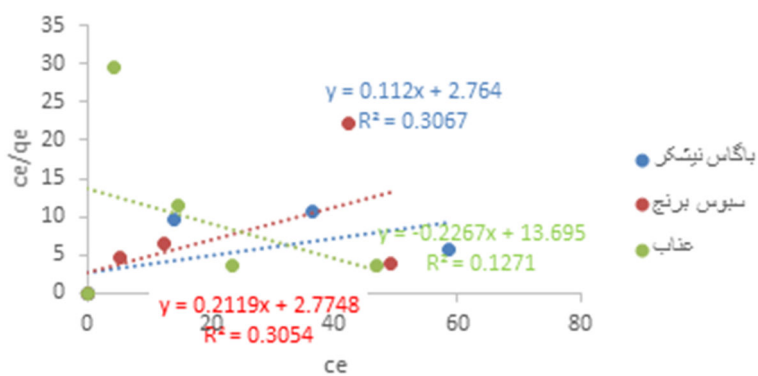
(ب)

شکل ۴-۲۲- ایزوترم‌های جذب سطحی سرب توسط بیوچار سبوس برنج، عناب و باگاس نیشکر خام ۰ (الف) لانگمویر، (ب) فروندلیچ

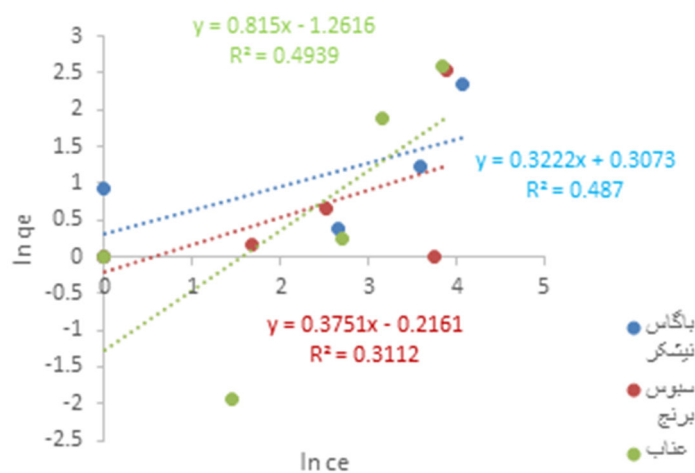
باتوجه به داده‌ها در جدول (۴-۲۳) و شکل (۴-۲۳) ایزوترم مدل جذب فروندلیچ نسبت به لانگمویر برآزش بهتری را ارائه داده است، که نشان دهنده‌ی جذب لایه به روی سطوح ناهمگن بر روی سطح جاذب است اما عدد رگرسیون پایین است و به حدود ۰/۴ می‌رسد. عبدل غنی و همکاران (۲۰۰۷) حذف سرب با استفاده از مواد ارزان قیمت را مورد مطالعه قرار دادند آنها نتیجه گرفتند، که پوست شلتوک از ظرفیت مناسبی برای حذف فلز سرب از محیط آبی برخوردار است. طی پژوهشی که توسط رفتاری و همکاران (۱۳۸۸) انجام شد، جذب سرب توسط جاذب های طبیعی (پوشال گندم و زایدات برگ چای) انجام شد، نتایج نشان داد که این جاذب ها با مدل ایزوترم سطحی لانگمویر مطابقت دارد و ۸۹٪ سرب توسط پوشال گندم و ۸۶٪ توسط زائدات برگ چای جذب شد.

جدول ۴-۲۳- پارامترهای محاسبه شده‌ی ایزوترم‌های فروندلیچ و لانگمویر توسط بیوچارسیوس برنج، عناب و باگاس نیشکر ۲۵۰

سبوس	عناب	باگاس	پارامترها	
۰/۳۰	۰/۱۲	۰/۳	R^2	لانگمویر
۰/۰۷۶	۰/۰۱۷	۱/۲۰۶	B	
۴/۷۳	۴/۴۲	۸/۹۲۹	Q_m	
۰/۳۱	۰/۴۹	۰/۴۸	R^2	
۲/۶۶	۱/۲۲۷	۳/۱۰۶	N	فروندلیچ
۰/۸۰۶	۰/۲۸۳	۱/۳۵۹	KF	



(الف)



(ب)

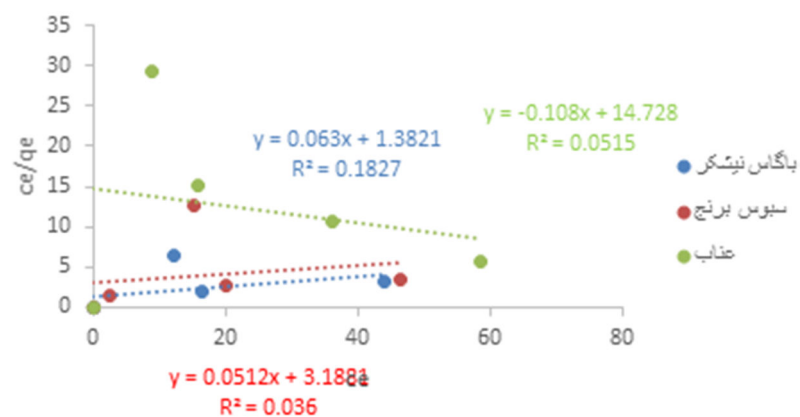
شکل ۴-۲۳- ایزوترمهای جذب سطحی سرب توسط بیوچار سبوس برنج، عناب و باگاس نیشکر ۲۵۰ (الف) لانگمویر، (ب) فروندلیچ

با توجه به جدول (۴-۲۴) و شکل (۴-۲۴) ایزوترم مدل جذب فروندلیچ نسبت به لانگمویر برازش بهتری را ارائه می‌دهد، با عدد رگرسیون ۰/۶ به بالا که در بیوچار باگاس نیشکر نسبت به دو بیوچار دیگر بالاتر است. رستمی در سال ۱۳۸۰، کاربرد موی انسان در حذف سرب از محلول‌های آبی را مورد مطالعه قرار داد، نتایج نشان داد بیشترین میزان جذب مربوط به یون سرب، از ترکیب نیترات سرب به

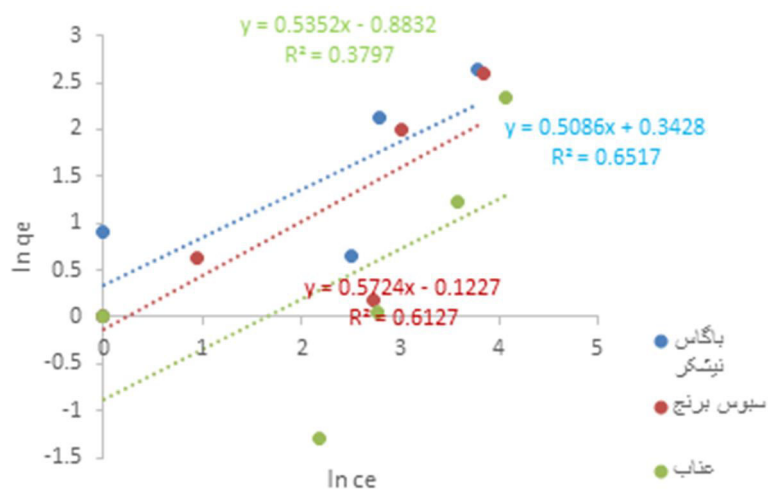
میزان ۳۸ میلی گرم بر گرم بود و راندمان جذب در این حالت برای غلظت ورودی ۱۰۰ میلی گرم در لیتر، برابر ۹۹ درصد بدست آمد. راشد از هسته زردآلو و هلو برای حذف سرب استفاده کرد نتایج نشان داد، که جذب سطحی یون سرب روی هسته هلو قوی تر از زرد آلو است. سرب به میزان ۹۵٪ روی هسته زردآلو و ۹۴٪ روی هسته هلو جذب می شود. جذب از هم دماهای لانگمویر و فروندلیچ تبعیت می کند. طی پژوهشی که توسط سعادت و همکاران (۱۳۹۱) انجام شد تصفیه آب های آلوده با جاذب های طبیعی اصلاح شده (شلتوک برنج و پوست گردو) و نانو مواد پوشش داده شده روی آن - ها انجام شد ایزوترم جذب سرب لانگمویر برازش بهتری از داده ها نسبت به فروندلیچ را ارائه داد.

جدول ۴-۲۴- پارامترهای محاسبه شده ی ایزوترم های فروندلیچ و لانگمویر توسط بیوچار سبوس برنج، عنب و باگاس نیشکر ۵۰۰

سبوس	عنب	باگاس	پارامترها	
۰/۰۳	۰/۰۵	۰/۱۸	R^2	لانگمویر
۰/۰۱۶	۰/۰۰۷	۰/۰۴۶	b	
۱۹/۶۰	۹/۲۵۹	۱۵/۹۸۳	Q_m	
۰/۱۶	۰/۳۷	۰/۶۵	R^2	
۱/۷۴۸	۱/۸۶۹	۱/۹۶۹	N	فروندلیچ
۰/۸۸۵	۰/۴۱۴	۰/۴۰۸	k_f	



(الف)



(ب)

شکل ۴-۲۴- ایزوترم‌های جذب سطحی سرب تو سبط بیوچار سبوس برنج، عناب و باگاس نیشکر ۵۰۰ (الف) لانگمویر، (ب) فروندلیچ

جذب عناصر توسط جاذب های مختلف به صورت زیر است

جذب کروم

سبوس برنج	عناب	باگاس نیشکر	
%۱۴	%۳۱/۵۲	%۳۱/۱	خام
%۱۴/۴	%۴۲	%۱۸	۲۵۰درجه
%۲۰	%۲۰/۸۲	%۱۸/۸۱	۵۰۰درجه

جذب کادمیم

سبوس برنج	عناب	باگاس نیشکر	
%۷۴/۷۴	%۹۱/۸۸	%۸۰/۳۲	خام
%۸۲/۸۵	%۱۰۰	%۷۷	۲۵۰درجه
%۵۷/۴۲	%۸۰/۵۷	%۵۱/۵۰	۵۰۰درجه

جذب سرب

سبوس برنج	عناب	باگاس نیشکر	
%۴۹/۱۵	%۶۹/۱	%۸۳/۵	خام
%۹۰/۶۲	%۵۰/۱۳	%۸۰/۶۲	۲۵۰درجه
%۶۲/۱۰	%۷۱	%۹۳	۵۰۰درجه

فصل پنجم

نتیجه گیری و پیشنهادات

نتیجه گیری

- از سه عنصر مورد مطالعه که شامل کروم، کادمیم و سرب می‌باشند، بیشترین میزان توسط سه نوع بیوپچار مورد مطالعه مربوط به عنصر کادمیم با میزان جذب بین ۵۰-۱۰۰ درصد که در همه‌ی بیوپچارهای مورد مطالعه فرق می‌کند، که بیشترین میزان جذب توسط عناب خام و بیوپچار عناب با دمای ۲۵۰ درجه می‌باشد و بعد از آن متعلق به ترکیب سرب با میزان جذب حدود (بین ۴۷ تا ۹۳) درصد که در بیوپچارهای مختلف فرق می‌کند. که بیشترین جذب سرب توسط بیوپچار باگاس ۵۰۰ و سبوس ۲۵۰ می‌باشد. ترکیب کروم دارای جذب ضعیف‌تری نسبت به دو عنصر بالایی بودند و میزان جذب این فلز بین ۱۰ تا ۳۰ درصد بود که در بیوپچارهای مختلف فرق می‌کند، بیشترین جذب کروم توسط بیوپچار باگاس نیشکر و عناب خام می‌باشد، که با توجه به این اعداد می‌توان نتیجه گرفت که بیوپچارها جاذب مناسبی برای کادمیم هستند، و اثر کمتری بر جذب کروم و سرب داشتند.

- در مورد سینتیک جذب، دو عنصر کروم و کادمیم از سینتیک مرتبه‌ی دوم تبعیت کرد و با آن هم خوانی

بیشتری داشتند.

- در ایزوترم جذب نیز همگی عناصر از مدل لانگمویر پیروی کردند. به جز سرب که به واسطه سه نوع بیوپچار (عناب، سبوس برنج و باگاس نیشکر) در دمای ۵۰۰، آزمون شد.

پیشنهادات

- بررسی اثر بیوچار عنب، سبوس و باگاس نیشکر بر جذب سایر عناصر آلاینده‌های محلول آبی
- مقایسه بین سایر ضایعات کشاورزی و بیوچار تولید شده از آن‌ها در کاهش آلودگی محلول-های آبی آلوده به کروم و کادمیم و سرب
- مقایسه جذب آلاینده‌ها توسط جاذب‌های مصنوعی با جاذب‌های طبیعی

فصل ششم

منابع

اسدسنگابی. ف، سنگی. م، ر، باقری. ب، "مطالعه پارامترهای ترمودینامیکی جذب یون‌های فلزی سرب مس و کادمیوم توسط جاذب‌های گیاهی"، نشریه علمی پژوهشی امیرکبیر - مهندسی عمران و محیط زیست، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، دوره ۴۷، شماره ۳، زمستان ۱۳۹۴

-اسدی. ف، شریعتمداری ح، میرغفاری. ن، استفاده از ضایعات کشاورزی در تصفیه تکمیلی فاضلاب‌ها، سومین کنگره ملی بازیافت و استفاده از منابع آلی تجدید شونده در کشاورزی ۱۳۸۷

آذری. ع، غلامی. م، مختاری. م، کاکاوندی. ب، احمدی، احسان، ستار تبریزی. م. ع، "حذف کروم شش ظرفیتی از محیط آبی با استفاده از کربن فعال مغناطیسی شده با نانو ذرات آهن (صفر $CMFe_0$) (مطالعه سینتیک، ایزوترم و ترمودینامیک، مقاله پژوهشی، مجله بهداشت و توسعه، سال سوم، شماره ۱، ص ۲۷-۱۴، بهار ۱۳۹۳

بوتکین. د. کلر. الف. "کتاب شناخت محیط زیست: زمین سیاره ی زنده "

جزینی. ر، سلیمانی. م، میر غفاری. ن، "جذب فلزات سنگین از محلول‌های آبی با استفاده از بیوچار حاصل از کاه گندم و سبوس برنج" دومین همایش ملی مهندسی و مدیریت کشاورزی محیط زیست و منابع طبیعی پایدار ۲۰ اسفند ۱۳۹۳

حمزئی. الف، لکزیان. الف، آستارایی. ع. ر، فتوت. الف، "تاثیر بیوچار و فاضلاب بر غلظت کادمیوم قابل جذب خاک و رشد گیاه ماش"، سومین همایش ملی مدیریت جامع منابع آب، ۱۳۹۱

دیوبند هفشجانی. ل، مرتضوی. پ، سبزعلی پور. س، برومند نسب. س، "مطالعه سینتیک والگوهای همدمای جذب کروم شش ظرفیتی از محیط‌ها آبی توسط نانو ذرات خاکستر برگ درخت کنار" مجله (علمی - پژوهشی)، علوم و مهندسی آبیاری، جلد ۳۹، شماره ۴، ۹۸-۱۰۹، زمستان ۹۵

ربعی. ه، داوری. م، ر، مقیمی نژاد. س، ارمغان. ف، بیوچار (ماده زیستی نیم سوز) ماده‌ی اصلاح کننده خاک در کشاورزی پایدار، دانشگاه پیام نور اراک، همایش علوم و فنون کشاورزی، ۱۳۹۲

رحیمی. آ. (۱۳۹۵) سینتیک جذب سطحی برخی عناصر آلاینده توسط دو نوع بیوچار سبوس برنج و برگ سنجد "دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی شاهرود

رستگارف، ن "حذف نیکل و کادمیوم از پساب مصنوعی با استفاده از ضایعات سرشاخه باغات گیلان و پوست راش " علوم و مهندسی محیط زیست - سال اول - شماره ۲، بهار ۱۳۹۳

رفتاری. ح. "مقایسه جاذب های طبیعی (پوشال گندم و زایدات برگ چای در حذف سرب از آب های آلوده"، پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه تربیت مدرس. ۱۳۸۸

زارعی، سلمان. دهواری. م، جمشیدی. ب. سعدانی. م. "بررسی کارایی خاکستر میوه بلوط در حذف کادمیم از محلول های آبی: مطالعات ایزوترم و سینتیک جذب "مجله مهندسی بهداشت محیط، سال دوم، شماره ۱، (۱۳۹۳)

ساکی، پ. مافی. ر، تکدستان. الف، خوشخوالف، "جذب کروم از محلول های آبی توسط سربار صنایع فولاد: مدلسازی ایزوترم و سینتیک"، ویژه نامه بهداشت محیط، شماره ۴، جلد ۱۲، ص ۵۱-۶۰، (۱۳۹۲)

سبحان اردکانی. س، پرویزی مساعدج، زندی پاک. ر، "ارزیابی کارایی سبوس برنج در تصفیه پساب های حاوی فلزات سنگین، علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره شانزدهم، شماره ویژه ۹۳

سپهری، س.، اجلالی، ف.، "بررسی سینتیک و ایزوترم جذب کادمیم از محیط آبی توسط پوسته شلتوک اصلاح شده" کنفرانس بین المللی علوم، مهندسی و فناوری محیط زیست "۱۳۹۴.

سعادت، س. "بررسی آزمایشگاهی و مدلسازی ریاضی تصفیه آب های آلوده به فلزات سنگین به کمک جاذب های طبیعی اصلاح شده و نانو مواد پوشش داده شده بر روی آنها، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شیراز ۱۳۹۱.

سمرقندی. م. ر، شیرزادسبینی. م، عزیزیان. س، "حذف کروم شش ظرفیتی از محیط های آبی با استفاده از خاک اره اصلاح شده درخت راجی تعادلی و سینتیک، مقاله پژوهشی، مجله علمی دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی همدان، (۱۳۸۱)، دوره شانزدهم، شماره ۴، شماره مسلسل ۵۴

شکوهی، ر.، احسانی. ح. ر.، طرلانی آذر. م، "بررسی بازده حذف فلزات سرب و کادمیوم توسط گرانول مرجان آهکی از محیط آبی" علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره شانزدهم، شماره یک، (۱۳۹۲).

شهیدی، ع.، جلیل نژاد فالیزی. ن، جلیل نژاد فالیزی. لف، "ارزیابی عملکرد جاذب طبیعی لופا در حذف کادمیم دو ظرفیتی از محیط آبی" مجله آب و فاضلاب شماره ۳ ۵۱-۶۱، ۱۳۹۴

صارمی، آ. "بررسی نقش کادمیوم در سرطانزایی، سومین کنگره عناصر کمیاب دانشگاه علوم پزشکی کاشان، اسفند ۱۳۹۱،

صیاد. غ. ع، کاظمی. ح، "تاثیر مواد آلی اصلاح و بهسازی خاک های شور و قلیا بررسی تاثیر مواد آلی در بهسازی خواص فیزیکی خاک های شور و قلیا با استفاده از مدل رایانه ای انتقال املاح"، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس، ۱۳۷۶

فرخی، م.، شیرزادسبینی. م، تجسسی. م، نعیمی جویی، م، "بررسی سینتیک و تعادل حذف کروم شش ظرفیتی از محیط های آبی با استفاده از جذب بر روی خاک اره درخت توسکا اصلاح شده" مجله علوم پزشکی گیلان، دوره بیست و سوم، شماره ۸۹، ص ۶۵-۵۷

فولادی، الف. کاغذچی، ط. "جذب کادمیم از محلول های آبی توسط کربن فعال ساخته شده از ضایعات کشاورزی". دهمین کنگره ملی مهندسی شیمی ایران. ۱۳۸۴

قدیری، ن. "بهینه سازی چند متغیره، مطالعه ترمودینامیکی و سینتیکی فرایند جذب زیستی یون های فلزی سرب و کادمیم توسط برخی از جاذب های گیاهی (افرا- برگ مو - چمن - برگ نو)"، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه اراک

کوتاه زاده . ن، "مروری بر آلودگی ناشی از فلزات سنگین و معرفی تکنولوژی جذب زیستی (Biosorption) جهت حذف آلاینده ها از پساب" دومین کنفرانس ملی پژوهش‌های کاربردی منابع آب ایران، زنجان، شرکت آب منطقه‌ای زنجان، ۱۳۹۰

گلستان، محمدباقر، ۱۳۸۳، باگاس (تفاله نیشکر) سرمایه ملی که دود میشود، پنجمین همایش ملی دو سالانه انجمن متخصصان محیط زیست ایران، تهران، انجمن متخصصان محیط زیست ایران

لطیفی، م. "حذف کروم (VI) توسط کربنهای فعال ساخته شده از ضایعات کشاورزی" ۱۳۷۶ پایان نامه کارشناسی ارشد معتمدی، ف. معاضد، ه. حقیقی فرد، ن. امیری، م. "بررسی سینتیک و ایزوترم جذب کادمیم از محلول های آبی توسط نانو رس ها" مجله آب و فاضلاب، شماره ۳، ۱۳۹۳، ص ۱۱۸-۱۲۶

ملکی، الف. زندگی، ش. محوی، الف. م. جذب بیولوژیکی یونهای کادمیم و مس از محیط آبی توسط سبوس گندم اصلاح شده به روش شیمیایی "مجله علمی دانشگاه علوم پزشکی کردستان، دوره هفدهم، ۱۳۹۱، ص ۸۲-۹۵.

مهراسبی، م. ر. فرهنگدکيا، ز. حذف فلزات سنگین از محلول های آبی توسط جذب سطحی بر روی پوست موز اصلاح شده، انجمن علمی بهداشت محیط ایران، شماره ۱، ص ۵۷ تا ۶۶

میران زاده، م. و همکاران. "بررسی لظت فلزات سنگین در بکه توزیع آب شهر کاشان در سال ۱۳۸۹"، مجله سلامت و بهداشت اردبیل، دوره دوم، شماره سوم، صص ۵۶-۶۶

ناصریان اصل . م، موسوی، س. ر. ناصریان اصل. بتول، غلامی. م. و ناصری قندعلی، س. "بررسی و مطالعه کاربردی امکان استفاده از کربن فعال در حذف آلاینده های سمی حاصل از پساب های صنعتی و دیگر کاربردهای آن در صنایع پزشکی و نفتی" اولین همایش ملی توسعه تکنولوژی در صنایع نفت، گاز، پتروشیمی،

نصرتی، ن. تراب مستعدی، م. اسدالله زاده، م. "بررسی سینتیک و تعادل جذبی کادمیم از محلول های آبی توسط پوست لیمو" پانزدهمین کنگره ملی مهندسی شیمی ایران.

نوری زاده، س؛ مسعود بهشتی و احمدرضا خسروپور، ۱۳۹۲، مدلسازی سینتیک و همدمای جذب فلز کروم (VI) از محلول آبی توسط نانوذرات گاما آلومینا، سومین کنفرانس برنامه ریزی و مدیریت محیط زیست، تهران، دانشگاه تهران، نیاکوثری. م، جوادیان. ش، "باگاس نیشکر، پتانسیل بالقوه جهت حذف ترکیبات کروم از فاضلاب های صنعتی"، اولین کنفرانس پتروشیمی ایران، ۲۰

Dehghani, M., & Abbasnejad, A. (2011). Cadmium, Arsenic, Lead and nitrate pollution in the groundwater of Anar Plain. *Journal of Environmental Studies*, 36, 28-30.

Mitchell, T.D. 2003. Pattern scaling: An Examination of the accuracy of the technique for describing future climates. *Climatic Change*, 60: 217-242

Adriano.D.C, Wenzel.W.W, Vangronsveld.J, Bolan. N.S," Role of assisted natural remediation in environmental cleanup"*Geoderma* xx (2004) xxx-xx

Ahmad khun .N,Ibrahim.SH,Subramaniam.p,2004 "Elimination OF Heavy metals From Waste Water Using Agricultural Wastes as Adsorbents" *malaysian Journal OF Science*, Vol 23

Anwar J, shafique U, waheed-Uz-zaman, Salman M, Dar A, Anwar S. Removal of Pb(II) Cd (II) from water by adsorption on peels of banana *Bioresource Technology* 2010

Asadi, F., Shariatmadari, H. and Mirghaffari, N.(2008). Modification of rice hull and sawdust sorptive characteristics for remove heavy metals from synthetic solutions and wastewater. *Journal of Hazardous Materials*, 154: 451-458

Bansal, M., Singh, D., & Garg, V. K. (2009). A comparative study for the removal of hexavalent chromium from aqueous solution by agriculture wastes' carbons *Journal of hazardous materials*, 171, 83-92.

Bayrak Y, Yesiloglu Y, Gecgel U. Adsorption behavior of Cr(VI) on activated hazelnut shell ash and activated bentonite. *Microporous and Mesoporous Materials*.2006,10-91:107

Chand, P. Kumar, S.A. Sharma, M. and Pakade, Y.B. .Improved adsorption of cadmium ions from aqueous solution using chemically modified apple pomace Mechanism, kinetics, and thermodynamics *International Biodeterioration & Biodegradation* (2009) (90): 8-16

Chun L, Hongzhang C, Zuohu L. Adsorption removal of Cr (VI) by Fe-modified steam exploded wheat straw. *Process Biochemistry*. 2004;39(5):541-545.

Chun, Y., Sheng, G., Chiou, C. T., & Xing, B. (2004). Compositions and sorptive properties of crop residue-derived chars. *Environmental science & technology*, 38(17), 4649-4655.

- Gholipour, M. and H. Hashemipour. 2012. Evaluation of multi-walled carbon nanotubes performance in adsorption and desorption of hexavalent chromium. Chemical Industry and Chemical Engineering Quarterly, 18(4-1): 509-523
- Gholipour, M. and H. Hashemipour. 2012. Evaluation of multi-walled carbon nanotubes performance in adsorption and desorption of hexavalent chromium. Chemical Industry and Chemical Engineering Quarterly, 18(4-1): 509-523
- Gupta S, Babu BV. Removal of toxic metal Cr (VI) from aqueous solutions using sawdust as adsorbent: Equilibrium, kinetics and regeneration studies. J Chem Eng 2009;150:352–365
- Gupta VK, Jain CK, Sharmam, Saini VK. Removal of Cadmium and nickel from Waste water using bagasse fly ash-a sugar industry waste water Reserch (2003)
- Gupta VK, Shrivastava AK, Jain N. Biosorption of chromium (VI) from aqueous solutions by green algae spirogyra species. Water Res 2001; 35:4079–4090
- Gupta VK, Ali I. Removal of lead and Chromium from Waste Water Using bagasse fly ash-a sugar industry waste Journal of Colloid and Inter face Science (2004)
- Gupta, S. S. and K. G. Bhattacharyya. 2008. Immobilization of Pb (II), Cd (II) and Ni (II) ions on kaolinite and montmorillonite surfaces from aqueous medium. Journal of Environmental Management 87(1): 46-58
- Gupta, V. K., & Sharma, S. (2003). Removal of zinc from aqueous solutions using Industrial & engineering chemistry research, bagasse fly ash– a low cost adsorbent. 42(25), 6619-6624.
- Gupta, V.K., Carrott, P.J.M., Ribeiro Carrott, M.M.L., Suhas, 2009. Low-cost adsorbents: growing approach to wastewater treatment – a review. Crit. Rev. Environ. Sci. Technol. 39, 783–842
- Hosseini M. water and Health . Tehran Technical Publication Hosseini 1999
- Hyder, A. Begum, S. A. and N. O. Egiebor. 2014. Adsorption isotherm and kinetic studies of hexavalent chromium removal from aqueous solution onto bone char. Journal of Environmental Chemical Engineering, 3(2):1329-1336.
- Ilyas, M. Khan, N. and Q. Sultana. 2014. Thermodynamic and kinetic studies of Chromium (VI) Adsorption by Sawdust activated carbon. Journal of the Chemical Society of Pakistan, 36(6): 1003
- Jarupl. Hazards OF heavy metal contamination British Medical Bulletin 2003, 68

Kaustubha Mohanty, Mousam Jha, Meikap B.C., Biswas M.N., Biosorption of Cr(VI) from Aqueous Solution by Eichhornia Crassipes, Chemical Engineering Journal, 117, p.71 (2006)

Kobya M. Removal of Cr(VI) from Aqueous Solutions by Adsorption onto Hazelnut Shell Activated Carbon: Kinetic and Equilibrium Studies, Bioresource Technology 2004, 91:317-321

Lehman, J., S. Josef. 2009. Biochar For Environmental Management: Science and Technology. Earthscan

Lehmann, J. (2007). Bio-energy in the black. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 5, 381-387.

Lehmann, J., Rondon, M., 2006. Biochar soil management on highly weathered soils in the humid tropics. In: Ball, A.S., Fernandes, E., Herren, H., Husson, O., Laing, M., Palm, C., Pretty, J., Sanchez, P., Sanginga, N., Thies, J. (Eds.), *Biological Approaches to Sustainable Soil Systems*. CRC Press, Boca Raton, FL, pp. 517–530.

Li, L., Li, Y., Cao, L. and C. Yang. 2015. Enhanced chromium (VI) adsorption using nanosized chitosan fibers tailored by electrospinning. *Carbohydrate Polymers*, 125: 206-213

M.N. Rashed, "Fruit Stones as Adsorbent For Removal OF Lead Ion From Polluted Water "Chemistry Department Faculty Of Science, 81528, Aswan, Egypt

Malaakootian, M., Nouri, J., Hossaini H., 2009. Removal of heavy metals from paint industry wastewater using Leca as an available adsorbent, *Int. J. Environ. Sci. Tech.*, vol. 6(2), pp. 183- 190

ment. Basel, Switzerland: Birkhauser, 1986. p. 46–55

Mislin H, Ravera O, editors. Cadmium in the environ-

Mollah MYA, Schennach R, Parga JR, Cocke DL. Electrocoagulation (EC) – science and applications. *Journal of Hazardous Materials*. 2001;84(1):29-41.

Novak, J. M., Lima, I., Xing, B., Gaskin, J. W., Steiner, C., Das, K. C. & Schomberg, H. (2009). Characterization of designer biochar produced at different temperatures and their effects on a loamy sand. *Ann. Environ. Sci.*, 3

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

Poon CPC. Removal of cadmium from wastewaters. In:

- Raji, C., & Anirudha, T. S. (1997). Chromium (VI) adsorption by sawdust carbon: kinetics and equilibrium, 4, 228-236.
- Rengaraj, S., & Moon, S. H. (2002). Kinetics of adsorption of Co (II) removal from .water and wastewater by ion exchange resins. Water research, 36, 1783-1793.
- Rodriguez LA, Maschio LJ, da Silva RE, da Silva MLCP. Adsorption of Cr (VI) from aqueous
- Rout, P. R., Bhunia, P., & Dash, R. R. (2014). Modeling isotherms, kinetics and understanding the mechanism of phosphate adsorption onto a solid waste: ground burnt 2, 1331-1342 Journal of Environmental Chemical Engineering, patties
- Selvi K, Pattabhi S, Kadirvelu K. Removal of Cr VI) from aqueous solutions by adsorption onto activated carbon. Bioresour Technol 2001 80: 87-89.
- Shahmohammadi Z, Maazed H, Jafarzadeh NA, Pourreza N. The effect of sodium bicarbonate concentration on increasing the absorptive capacity of Rough skin on removal of cadmium from aqueous. Journal Sciences of Shahid Chamran University. 2007, 17(2):26-136
- Sheng, P. X., Ting, Y. P., Chen, J. P., & Hong, L. (2004). Sorption of lead, copper, cadmium, zinc, and nickel by marine algal biomass: characterization of biosorptive capacity and investigation of mechanisms. Journal of colloid and interface science, 275(1), 131-141.
- Sohi, S., Loez-Capel, E., Krull, E., & Bol, R. (2009). Biochar's roles in soil and climate change: A review of research needs. CSIRO Land and Water Science Report, 5, 1-57.
- solution by hydrous zirconium oxide. Journal of Hazardous Materials. 2010;173(1):630
- Sumathi, K. M. S., Mahimairaja, S., & Naidu, R. (2005). Use of low-cost biological wastes and vermiculite for removal of chromium from tannery effluent. Bioresource technology, 96(3), 309-316. Venugopal, and V.
- Tarley CRT, Ferreira SLC, Arruda MAZ. Use of modified rice husks as a natural solid adsorbent of trace metals: characterization and development of an on-line preconcentration system for cadmium and lead determination by FAAS. Microchemical Journal. 2004; 77: 163-175.
- Thies, J. E., & Rillig, M. C. (2009). Characteristics of biochar: biological properties. Biochar for environmental management: Science and technology, 85-105.

Tirgar, A., Golbabaie, F., Nourijelyani, K., Akbar Kanzadeh, F., Shahtaheri, S. J., Ganjali, M. R., & Hamed, J. (2007). Evaluation of parameters influencing hexavalent chromium mist sampling: a full factorial design. *Iranian Journal of Chemistry and Chemical Engineering (IJCCE)*, 26, 115-121.

Tong, X. J., J. Y. Li-h yuan, and R.-k. Xu. 2011 "Adsorption OF Cu(II) by biochars generated From three Crop Straws", *Chemical Engineering Journal*. Vol. 172, pp

Tonni Agstiono kurniawan, Gilbert y.s. Chan, wai-Hunglo, sandhya, Babel, (2006)- physico- Chemical treatment techniques For wast water laden with heavy metal, *Chem. Eng. J*, 118

Ulmanu, M., Marañón, E., Fernández, Y., Castrillón, L., Anger, I., & Dumitriu, D. (2003). Removal of copper and cadmium ions from diluted aqueous solutions by low cost and waste material adsorbents. *Water, Air, & Soil Pollution*, 142, 357-373.

Venugopal, V., & Mohanty, K. (2011). Biosorptive uptake of Cr (VI) from aqueous solutions by *Parthenium hysterophorus* weed: Equilibrium, kinetics and thermodynamic studies. *Chemical engineering journal*, 174(1), 151-158.

Vinod K. Gupta and Saurbh Sharma, (2003) Removal of Zinc from Aqueous Solution Using Bagasse Fly Ash-a Low Cost Adsorbent, *Ind. Eng. Chem. Res.*, 42, 6619-6624

Xu, X. X., Ca, L., Zhao, H., Wang, H., Yu and B. Gao. 2013 "Removal OF Cu, Zn, and Cd From aquesous solution by the dairy manure. derived biochar", *Environmenal .Science Pollution Reserch*, 20, pp

Xue, y., Gao, Yao, M., Inyang, M., Zhang A. R., Zim mer man, and K. S. Ro. 2012 "Hydroen Peroxidemodification enhances Carbonization OF biochar(hydrochar) produced From /hydro thermal Carbonization OF peanthull to remove aqueous heavy metals Baatch. And column tests", *Chemical Engineering Journal*, Vol .200, pp

Yang, J. Yu, M. and W. Chen 2015. Adsorption of hexavalent chromium from aqueous solution by activated carbon prepared from longan seed: Kinetics, equilibrium and thermodynamics. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 21: 414-422

Zou, H. X., Li, N., Wang, L. H., Yu, P. and Yan, X. F., 2014. Equilibrium and Kinetic Studies of Cd Biosorption by the Brown Algae *Sargassum fusiforme*. *PLOS ONE*, 9(4):1-9

Abstract

Industrial activities during recent decades, has led to the leakage(permeation)of heavy metals such as chromium(Cr),Cadmium(cd),Copper,lead(Pb),Zn into the environment and ecosystem and threatened the life of organisms.These metals can not be easily decomposed through biological process and are hazardous in low concentrations.Furthurmore,burning post harvest agricultural waste has caused the diffusion of greenhouse gases in the atmosphere which are harmful to the ozone layer. The adsorption phenmenon using biochar which is an active carbon,is one of the methods used to remove heavy metals from the environment Wide range of natural materials and synthetics are to absorb heavy metals. the extracted carbon from agricultural waste one of these methods .Due to the difficulties the pollution of burning agricultural waste in our country,this study intends to convert agricultural waste into biochar and its potential as anabsorbant of heavy metals in aquatic environment.the agricultural wastes include rice barn(Br),bagasse(B_b) and jujube(B_j) which were converted into biochar in he oven at 250 and 500 centigrades.Afterwards,properties such as pH were measured for both synthetic biochars and their waste.Then by considering the result of adsorption of Chromium,Cadmium,and lead(Pb), (Consentration 0,10,20,50,100 mgr/lit)eventually various characteristics which have effects on adsorption including (PH (6.2,7.2,8.2) chromium(0,10,25,50,100 mgr/lit (Cadmium(0,10,20,50,100 mgr/lit)in solution and mixing time(30,60,120 minutes)were measured and the adsorption test were implemented on Chromium(Cr),Cadmium(Cd) and Lead (Pb).The results show that the carbon fixation increases by increasing the temperature.studying various factors and properties indicate that three types of biochar show significant cadmium adsorption in different temperatures and in a 60 minute optimal period and after that Pb show acceptable adsorption.Therefore,biochar from agricultural waste has a significant potential in removing heavy metals such as chromium,cadmium,and lead from aquatic environment and ecosystems.

keywords: Biochar, Chromium, Cadmium, Isotherm, Synthetic, Lead(Pb)



Shahrood University of Technology

Faculty of Agriculture

M.sc. Thesis in

**The effect of some natural adsorbents on the refining of heavy metals
from contaminated water**

By: Elham Bouhamid

**Supervisors:
Dr. Hadi ghorbani**

**Advisor:
Dr.Ali Abasspour**

February 2016