

## تأثیر غلظت بر راندمان و زمان تعادل جذب سرب از محیط آبی توسط جاذب پوسته شلتوک

حسن جمالی ارمندی<sup>۱</sup>

شایان شامحمدی<sup>\*۲</sup>

[Shayan11962@gmail.com](mailto:Shayan11962@gmail.com)

تاریخ دریافت: ۸۸/۳/۲۵

تاریخ پذیرش: ۸۸/۱۱/۱۷

### چکیده

این تحقیق با هدف مطالعه تغییرات زمان تعادل و راندمان جذب در غلظت های انجام گردید. برای این کار از جاذب پوسته شلتوک برای جذب سرب استفاده گردید.

آزمایش های جذب سینتیک برای تعیین زمان تعادل در غلظت های مختلف سرب انجام شد. نتایج نشان داد که در غلظت های مختلف با افزایش زمان تماس، مقدار سرب جذب شده در واحد وزن جاذب افزایش می یابد و فرایند جذب در غلظت های ۱، ۱۰، ۲۰، ۵۰، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۵۰۰ میلی گرم بر لیتر به ترتیب در مدت زمان های ۶۰، ۹۰، ۱۲۰، ۱۰۵، ۹۰، ۶۰، ۷۵ و ۶۰ دقیقه به تعادل می رسد.

با کاهش غلظت محلول از ۵۰۰ به ۱ میلی گرم بر لیتر، راندمان جذب افزایش یافت به طوری که حداکثر راندمان جذب در غلظت ۱ میلی گرم بر لیتر (برابر ۰/۹۸) به دست آمد. داده های آزمایش با استفاده از دو مدل سینتیک هو و همکاران (۱۹۹۶) و لاگرگرن (۱۸۹۸) برازش داده شدند، نتایج نشان داد که جذب یون های سرب روی پوسته شلتوک از مدل هو و همکاران پیروی می کند. نتایج حاصل از آزمایش های جذب ایزوترم با مدل های لانگمویر و فروندلیچ مطابقت داده شدند. نتایج نشان داد که مدل فروندلیچ داده ها را بهتر توصیف می نماید.

**واژه های کلیدی:** جذب، سرب، پوسته شلتوک، راندمان، زمان تعادل.

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی دانشگاه زابل.

۲- دانشیار گروه مهندسی آب دانشگاه شهرکرد\* (مسئول مکاتبات).

## مقدمه

توسعه صنایع در طول سال های اخیر باعث افزایش فلزات سنگین در محیط، به خصوص در محیط آبریزان شده است. آلودگی آب های سطحی و زیرزمینی به علت ورود فلزات سنگین به این منابع، نگرانی های زیادی را به وجود آورده است (۱). سرب در صنایع مختلفی از جمله صنایع تولید باطری، رنگ، فعالیت های معدنی، صنایع پالایش و ذوب سرب، رادیاتور سازی و بلورسازی به کار می رود و به همین دلیل مقدار زیادی از آن در پساب اینگونه کارخانه ها دیده می شود (۲).

روش های مختلفی مانند ته نشینی با آهک، اسمز معکوس، تبادل یونی و جذب توسط کربن فعال برای کاهش مقدار سرب از پساب وجود دارد، ولی استفاده از این گونه روش ها در سطح وسیع هزینه های زیادی را ایجاد می کند. به همین دلیل استفاده از مواد ارزان قیمت، به ویژه بقایای کشاورزی در سال های اخیر مورد توجه محققان قرار گرفته است (۳). همچنین تحقیقات زیادی روی حذف سرب از محلول آبی توسط برخی فراورده های جنبی محصولات کشاورزی مانند برگ ذرت (۱)، خاک اره (۴)، خاکستر پوسته شلتوک (۵)، پوسته شلتوک اصلاح شده با اسید تارتاریک (۶)، پوشال غله (۷)، سیوس گندم (۸) و کربن فعال شده از زائدات کشاورزی (۹) انجام شده است.

پوسته شلتوک به دلیل ساختار دانه ای، غیر قابل حل در آب می باشد و استحکام شیمیایی و دوام مکانیکی بالایی دارد (۱۰). بنابراین استفاده از پوسته شلتوک به عنوان یک جاذب، نه تنها کم هزینه و سهل الوصول است بلکه باعث کاهش آلودگی های محیط زیست نیز می شود.

اجمال و همکاران (۲۰۰۳)، با استفاده از پوسته شلتوک خام و پوسته شلتوک اصلاح شده توسط فسفات، جذب  $\text{Ni(II)}$  و  $\text{Zn(II)}$ ،  $\text{Cd(II)}$ ،  $\text{Cr(VI)}$  را مورد مطالعه قرار داده و نشان دادند که نیکل و کادمیم با استفاده از پوسته شلتوک اصلاح شده توسط فسفات بهتر جذب می شود و میزان جذب به زمان تماس، غلظت، دما، مقدار جاذب و pH محلول بستگی دارد (۱۱).

وانگ و همکاران (۲۰۰۳)، از پوسته شلتوک اصلاح شده با اسید تارتاریک برای حذف سرب و مس از پساب استفاده نمودند. نشان داده شد که با کاهش اندازه ذرات جاذب میزان جذب یون های فلزی افزایش می یابد (۴).

شامحمدی حیدری (۱۳۸۶)، از پوسته شلتوک اصلاح شده توسط محلول سدیم بی کربنات برای حذف کادمیم از محلول آبی استفاده نمود. همچنین بررسی راندمان جذب برای تیمارهای مختلف و غلظت های ۰/۱ و ۱۰ میلی گرم بر لیتر کادمیم نشان داد که با کاهش غلظت اولیه محلول، راندمان جذب افزایش می یابد (۱۲).

عبدالغنی و همکاران (۲۰۰۷)، از پوسته شلتوک، چوب ذرت و خاک اره برای حذف سرب از محلول آبی استفاده کردند. زمان تعادل بعد از ۱۲۰ دقیقه حاصل شد. آن ها نشان دادند که با کاهش غلظت اولیه یون فلزی از ۵۰ میلی گرم بر لیتر به ۵ میلی گرم بر لیتر، راندمان جذب سرب توسط جاذب های مختلف افزایش می یابد (۴).

مطالعات زیادی روی حذف فلزات سنگین توسط جاذب پوسته شلتوک گزارش شده است. مطالعات تحقیق، تاکنون روی متغیرهای سیستم شامل زمان تماس، مقدار جاذب، دمای محلول، غلظت اولیه یون فلزی، اندازه ذرات جاذب و ماکزیم ظرفیت جذب جاذب ها تمرکز داشتند. در این تحقیق تغییرات زمان تعادل و راندمان جذب در غلظت های مختلف مورد بررسی قرار می گیرد.

## مواد و روش ها

پوسته شلتوک از کارخانه برنجکوبی محلی تهیه شد و از الک های ۳۰ و ۴۰ عبور داده شد تا قطر مؤثر ذرات به ۵۱۰ میکرون برای آزمایش رسید. چندین دفعه با آب مقطر شستشو داده شدند و در گرمکن با دمای ۹۰ درجه سانتی گراد به مدت ۳ ساعت خشک شدند. در هر آزمایش ۱۰۰ میلی لیتر محلول یون فلزی با یک مقدار معین جاذب اختلاط داده شدند. محلول استوک یون سرب (۱۰۰۰ میلی گرم بر لیتر) مورد استفاده در

مدل های جذب سینتیک شامل مدل لاگرگرن (۱۸۹۸) و مدل هو و همکاران (۱۹۹۶) بر داده های حاصل از آزمایش برآزش داده شد.

معادله ۱ مدل لاگرگرن (۱۸۹۸) را نشان می دهد:

$$\log(q_e - q_t) = \log q_e - \frac{k_1}{2.303} t \quad (1)$$

در این معادله  $q_e$  و  $q_t$  به ترتیب مقادیر یون جذب شده (mg/g) در زمان تعادل و زمان  $t$  می باشند و  $k_1$  ثابت جذب در مدل لاگرگرن می باشد. مقادیر  $k_1$  از رسم  $\text{Log}(q_e - q_t)$  در مقابل  $t$  محاسبه می شود (۱۵).

همچنین مدل هو و همکاران به صورت خطی شده و به صورت معادله (۲) نشان داده شده است:

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

در این معادله  $k_2$  ثابت جذب در مدل هو و همکاران (g/mg min) می باشد. برای به دست آوردن ضرائب مدل هو و همکاران  $\frac{t}{q_t}$  در مقابل  $t$  رسم می شود. با رسم این منحنی خط راستی با شیب  $\frac{1}{q_e}$  و عرض از مبدأ  $\frac{1}{k_2 q_e^2}$  به دست می آید که از این طریق ثابت های مدل محاسبه می شود (۱۵).

## ۲-۲- آزمایش های جذب ایزوترم

تعداد ۹ ارلن را کاملاً شسته و داخل هر یک ۱۰۰ میلی لیتر محلول سرب با غلظت ۱ میلی گرم بر لیتر ریخته شد. سپس ۹ مقدار مختلف (۰/۱، ۰/۲، ۰/۴، ۰/۵، ۰/۶، ۰/۷، ۰/۹، ۱ و ۱/۲ گرم) از جاذب پوسته شلتوک را به ترتیب داخل ارلن ها ریخته و pH هر یک روی ۶ تنظیم گردید. سپس نمونه ها بر روی شیکر گذاشته شدند و پس از سپری شدن زمان معین (زمان تعادل به دست آمده از آزمایش های جذب سینتیک)، نمونه ها از روی شیکر برداشته شده، نمونه ها فیلتر شده و مقدار سرب باقی مانده در محلول اندازه گیری شد.

دو مدل لانگمویر (۱۹۱۶) و فروندلیچ (۱۹۲۶) بر داده های حاصل از آزمایش های جذب ایزوترم برآزش داده شدند.

این مطالعه به وسیله اختلاط نمک نیترات سرب (ساخت کارخانه Merck آلمان) با آب مقطر تهیه گردید. برای تهیه محلول های سرب با غلظت های مختلف از این محلول استوک استفاده گردید. در تمامی آزمایش ها ترکیب محلول و جاذب روی یک شیکر با سرعت ۱۸۰ دور در دقیقه تکان داده شدند (۱۳). در انتهای هر آزمایش پوسته شلتوک بوسیله کاغذ صافی واتمن از محلول جدا شده و غلظت سرب باقی مانده در محلول با استفاده از دستگاه جذب اتمی (مدل AA 220 ساخت شرکت Varian استرالیا) اندازه گیری گردید. لازم به ذکر است که در کلیه آزمایش ها pH محلول با استفاده از اسید نیتریک و سود سوز آور تنظیم گردید و pH محلول در هر مرحله توسط دستگاه pH متر (مدل PTR 79) اندازه گیری شد. کلیه آزمایش ها در دمای اتاق انجام شدند.

## ۲-۱- آزمایش های جذب سینتیک

مدل های سینتیک جذب، علاوه بر تعیین سرعت جذب، قابلیت پیش بینی فرآیند جذب را (بویژه در سیستم ستونی) با زمان دارند (۱۴). برای بررسی اثر زمان تماس بر روی حذف سرب از محیط آبی، ۱ گرم پوسته شلتوک را توزین و داخل ۱۲ ارلن ریخته شد. سپس ۱۰۰ میلی لیتر محلول سرب با غلظت ۱ میلی گرم بر لیتر به هر یک از ارلن ها اضافه گردید و pH آن ها روی ۶ تنظیم گردید (۳، ۷، ۱۲). محلول ها روی شیکر گذاشته شد و برای مدت زمان های ۵، ۱۰، ۳۰، ۴۵، ۶۰، ۷۰، ۷۵، ۹۰، ۱۰۵، ۱۲۰، ۱۸۰ و ۲۴۰ دقیقه بهم زده شد. بعد از سپری شدن زمان های اشاره شده، نمونه ها به ترتیب از روی شیکر برداشته شد. با استفاده از کاغذ صافی، پوسته شلتوک از محلول جدا شد و سپس با استفاده از دستگاه جذب اتمی غلظت باقی مانده سرب در محلول اندازه گیری شد. برای بررسی تأثیر غلظت اولیه سرب بر روی زمان تعادل مراحل فوق نیز در غلظت های ۱۰، ۲۰، ۵۰، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۵۰۰ میلی گرم بر لیتر انجام شد.

$$\log q_e = \frac{1}{n} \log c_e + \log k \quad (5)$$

$n$  و  $k$ : ضرائب مدل فروندلیچ هستند که به ترتیب به ظرفیت جذب و شدت جذب جاذب نسبت داده می شود. بنابراین از رسم منحنی  $\log q_e$  در برابر  $\log C_e$  خط راستی به وجود می آید که دارای شیب  $1/n$  و عرض از مبدأ  $k$  خواهد بود (۱۷).

### ۳- نتایج و بحث

#### ۳-۱- نتایج آزمایش های جذب سینتیک

#### ۳-۱-۱- اثر زمان تماس و غلظت اولیه سرب

شکل ۱ تأثیر زمان تماس و غلظت اولیه بر راندمان جذب سرب توسط پوسته شلتوک را نشان می دهد. همان گونه که مشاهده می شود با افزایش زمان تماس، راندمان جذب سرب از محلول آبی افزایش می یابد. برای غلظت های مختلف در زمان های اولیه، شدت جذب بسیار بالاست ولی با گذشت زمان تغییرات آهسته می شود تا سرانجام به یک مقدار ثابت می رسد، که زمان مربوط به آن را زمان تعادل گویند. زمان تعادل به ترتیب در غلظت های ۱، ۱۰، ۲۰، ۵۰، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۵۰۰ میلی گرم بر لیتر، ۶۰، ۹۰، ۱۰۵، ۱۲۰، ۹۰، ۷۵ و ۶۰ دقیقه به دست می آید. بعد از رسیدن به زمان تعادل، مقدار یون سرب جذب شده با گذشت زمان تغییر چندانی نکرد. همچنین شکل ۱ نشان می دهد که با کاهش غلظت محلول از ۵۰۰ میلی گرم بر لیتر به ۱ میلی گرم بر لیتر، راندمان جذب در زمان های مختلف افزایش می یابد.

ایزوترم های جذب شامل معادلاتی هستند که در حالت تعادل به کار می روند.

ایزوترم جذب لانگمویر بیشتر از همه ایزوترم های جذب مورد استفاده قرار می گیرد. در این مدل فرض می شود که مناطق جذب واقع بر سطح جسم جاذب یکنواخت بوده و همگی دارای قدرت جذب یکسان هستند. ایزوترم لانگمویر را می توان به صورت زیر نوشت:

$$\frac{1}{q_e} = \frac{1}{ab} \cdot \frac{1}{c_e} + \frac{1}{b} \quad (3)$$

که در آن:

$C_e$ : غلظت ماده جذب شونده در حالت تعادل در فاز مایع (mg/L)

$q_e$ : مقدار یون ماده جذب شده در حالت تعادل (mg/g)

$a$ : ثابتی است که به پیوستگی محل های جذب و انرژی جذب بستگی دارد (L/mg)

$b$ : ماکزیمم یون فلزی جذب شده برای تکمیل یک لایه، ثابتی است که به ظرفیت جذب بستگی دارد (mg/g).

$q_e$  با استفاده از معادله زیر به دست می آید:

$$q_e = \frac{C_0 - C_e}{m} \cdot v \quad (4)$$

$C_0$ : غلظت اولیه یون فلزی (mg/L)

$C_e$ : غلظت محلول یون فلزی در زمان تعادل (mg/L)

$m$ : وزن جاذب (g)

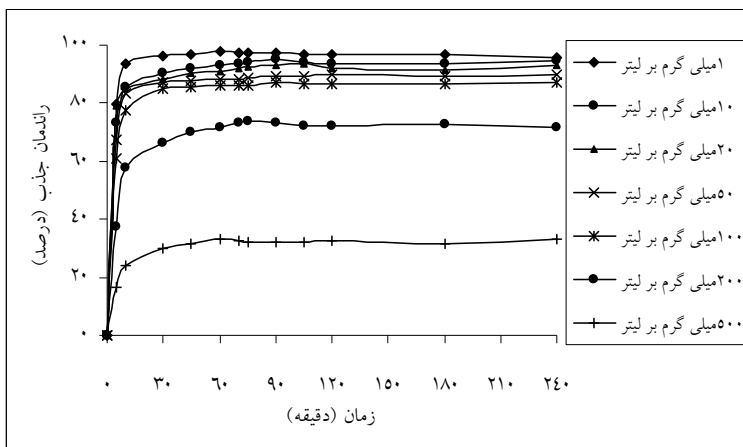
$v$ : حجم محلول (L)

رسم منحنی  $\frac{1}{q_e}$  در مقابل  $\frac{1}{c_e}$ ، خط راستی با شیب  $\frac{1}{ab}$  و

عرض از مبدأ  $\frac{1}{b}$  را نشان می دهد. بنابراین می توان  $a$  و  $b$  را

تعیین نمود (۱۶).

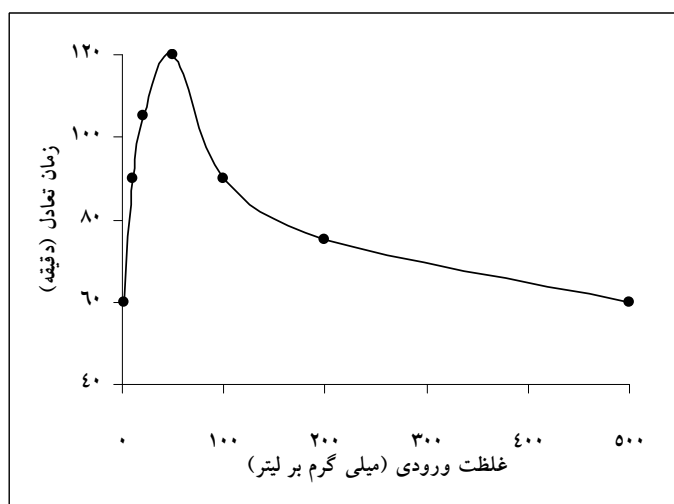
در سال ۱۹۲۶ فروندلیچ جذب مواد را روی زغال چوب مورد بررسی قرار داد و مدل تجربی زیر را برای جذب مواد روی جاذب پیشنهاد داد:



شکل ۱- تأثیر زمان تماس و غلظت اولیه بر راندمان جذب سرب توسط پوسته شلتوک

همچنین شکل ۲ نشان می دهد که با افزایش غلظت محلول از ۵۰ به ۵۰۰ میلی گرم بر لیتر، زمان تعادل فرایند جذب کاهش می یابد. دلیل آن را می توان تجمع زیاد یون های سرب در اطراف جاذب و افزایش شانس برخورد فلز با جاذب دانست. بنابراین در این حالت به نظر می رسد عامل تعیین کننده زمان تعادل، ظرفیت جاذب باشد. این در حالی است که به نظر می رسد در غلظت های کم عامل تعیین کننده زمان تعادل غلظت یون موجود در محلول باشد.

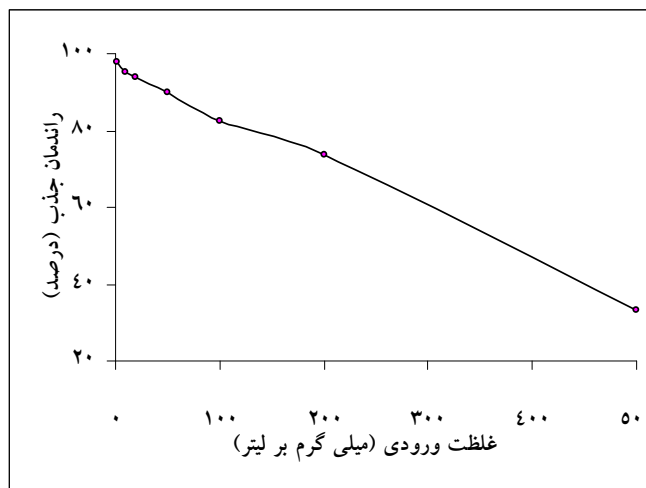
شکل ۲ تغییرات زمان تعادل جذب سرب توسط جاذب پوسته شلتوک را در غلظت های مختلف نشان می دهد. همان گونه که مشاهده می شود، ماکزیمم زمان تعادل برابر ۱۲۰ دقیقه و در غلظت ۵۰ میلی گرم بر لیتر به دست آمد. با کاهش غلظت اولیه محلول، زمان به تعادل رسیدن کاهش می یابد. در غلظت های کم مقدار یون های فلزی موجود در محلول محدود می باشند، بنابراین در مدت زمان کمی جذب جاذب می شوند از این رو با کاهش غلظت یون فلزی در محلول، زمان به تعادل رسیدن فرایند جذب کاهش می یابد.



شکل ۲- اثر غلظت اولیه بر زمان تعادل جذب سرب توسط پوسته شلتوک

راندمان جذب افزایش می یابد. به طوری که ماکزیمم راندمان جذب (۹۸٪) در غلظت ۱ میلی گرم بر لیتر به دست آمده است.

شکل ۳ تغییرات راندمان جذب سرب در غلظت های مختلف را نشان می دهد. همان گونه که مشاهده می شود که با کاهش غلظت سرب از ۵۰۰ میلی گرم بر لیتر به ۱ میلی گرم بر لیتر،

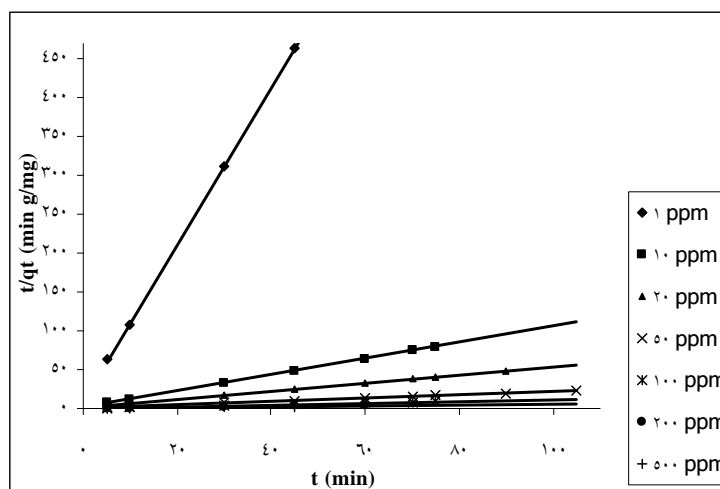


شکل ۳- تغییرات راندمان جذب در زمان تعادل با غلظت اولیه سرب

### ۳-۱-۲- معادلات جذب سینتیک

اختلاف  $(q_e - q_t)$  کاهش می یابد. جدول (۱) نیز ثابت های مدل لاگرگرن را برای غلظت های مختلف نشان می دهد. همان گونه که مشاهده می شود در تمامی غلظت ها مقدار یون برآورد شده توسط مدل  $(q_{e \text{ cal}})$  خیلی کمتر از مقادیر آزمایشی  $(q_e)$  است. همچنین مقدار  $K_1$  نشان می دهد که ضریب ثابت شدت جذب لاگرگرن بسیار کم می باشد.

دو مدل لاگرگرن (۱۸۹۸) و هو و همکاران (۱۹۹۶) بر داده های حاصل از آزمایش های جذب سینتیک برازش داده شدند. برای تعیین ضرائب مدل لاگرگرن در غلظت های مختلف،  $\text{Log}(q_e - q_t)$  در مقابل  $t$  رسم شد که در شکل (۴) نشان داده شده است. همان گونه که مشاهده می شود شیب خط حاصل برای تمامی غلظت ها منفی می باشد، به عبارت دیگر با افزایش زمان، مقدار یون فلزی افزایش یافته و در نتیجه



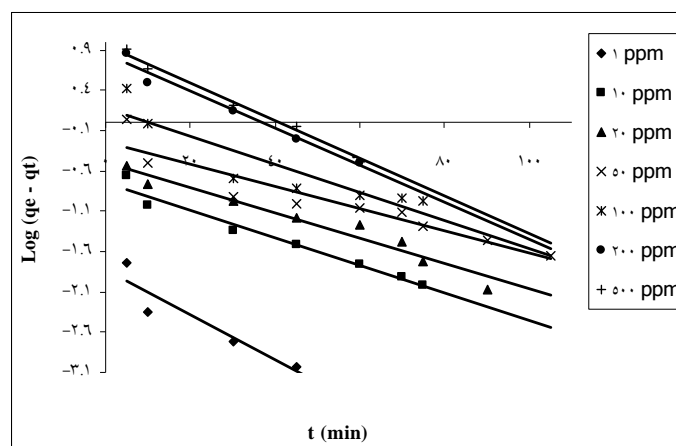
شکل ۴- رسم خطی مدل لاگرگرن در غلظت های مختلف

جدول ۱- ثابت های مدل لاگ رگرن برای جذب سرب روی جاذب پوسته شلتوک

$R^2$	$k_1(1/min)$	$q_e \text{ cal}$ (mg/g)	$q_e \text{ exp}$ (mg/g)	غلظت اولیه سرب (mg/l)
۰/۸۷۴۴	۰/۰۶۴۲	۰/۰۱۴۸	۰/۰۹۸۰	۱
۰/۸۶۶۸	۰/۰۳۹۳	۰/۱۷۷۸	۰/۹۴۹۸	۱۰
۰/۹۵۵۳	۰/۰۳۶۳	۰/۳۲۵۵	۱/۸۷۳۸	۲۰
۰/۸۸۴۲	۰/۰۳۱۷	۰/۵۷۶۳	۴/۴۸۸۰	۵۰
۰/۸۲۷۱	۰/۰۴۰۳	۱/۵۰۸	۸/۷۲۸۰	۱۰۰
۰/۹۷۲	۰/۰۵۲۷	۷/۰۱۴	۱۴/۶۳۲	۲۰۰
۰/۹۷۸۹	۰/۰۵۳۹	۹/۲۳۴۲	۱۶/۶۰۵	۵۰۰

تمامی غلظت ها مقدار یون برآورد شده توسط مدل ( $q_e \text{ cal}$ ) تقریباً برابر مقادیر آزمایشی ( $q_e \text{ exp}$ ) می باشند. از رسم منحنی  $t/q_t$  در مقابل  $t$ ، در غلظت های مختلف ضرائب مدل هو و همکاران تعیین شدند. همچنین در تمامی غلظت ها ضریب همبستگی برای مدل هو و همکاران بزرگتر از ۰/۹۹۹ می باشد. بنابراین می توان چنین نتیجه گیری کرد که در تمامی غلظت ها مدل هو و همکاران در مقایسه با مدل لاگ رگرن داده ها را بهتر توصیف می کند.

در شکل ۵ برای تعیین ضرائب مدل هو و همکاران (۱۹۹۶) منحنی های  $t/q_t$  به صورت تابعی از زمان برای غلظت های مختلف نشان داده شده است. همان گونه که مشاهده می شود با کاهش غلظت اولیه محلول، شیب خط حاصل افزایش یافته و در نتیجه مقدار یون جذب شده کاهش می یابد و این موضوع، افزایش راندمان جذب در غلظت های کم را تأیید می نماید. جدول ۲ نیز ثابت های مدل هو و همکاران را برای غلظت های مختلف نشان می دهد. همان گونه که مشاهده می شود در



شکل ۵- رسم خطی مدل هو و همکاران در غلظت های مختلف

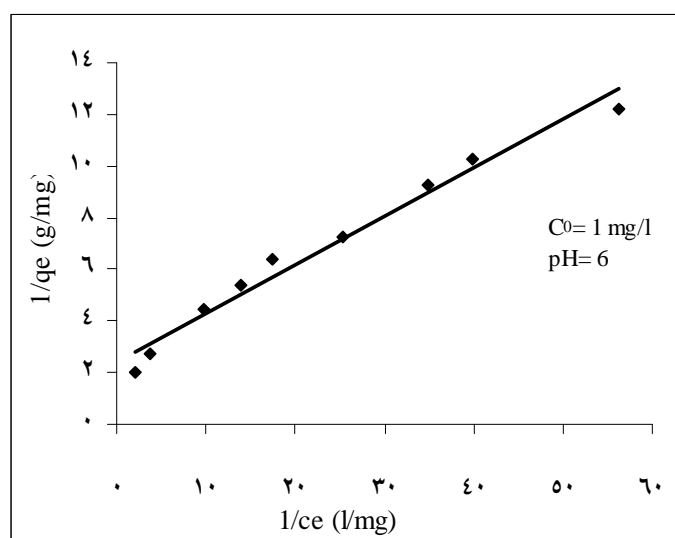
جدول ۲- ثابت های مدل هو و همکاران برای جذب سرب روی جاذب پوسته شلتوک

$R^2$	$k_2$ (g/mg min)	$q_e$ cal (mg/g)	$q_e$ exp (mg/g)	غلظت اولیه سرب (mg/l)
۰/۹۹۹۸	۱۰/۸۵۶	۰/۰۹۹۱	۰/۰۹۸۰	۱
۰/۹۹۹۹	۰/۶۹۴۲	۰/۹۵۶	۰/۹۴۹۸	۱۰
۰/۹۹۹۷	۰/۳۷۱۵	۱/۸۸۲	۱/۸۷۳۸	۲۰
۰/۹۹۹۹	۰/۱۷۵۴	۴/۵۱۰	۴/۴۸۸۰	۵۰
۰/۹۹۹۸	۰/۰۷۱۶	۸/۸۲۶	۸/۷۲۸۰	۱۰۰
۰/۹۹۹۹	۰/۰۱۱۱۳	۱۵/۳۸۴	۱۴/۶۳۲	۲۰۰
۰/۹۹۹۶	۰/۰۱۱۰۳	۱۷/۵۴۳	۱۶/۶۰۰۰	۵۰۰

## ۳-۲- نتایج آزمایش های جذب ایزوترم

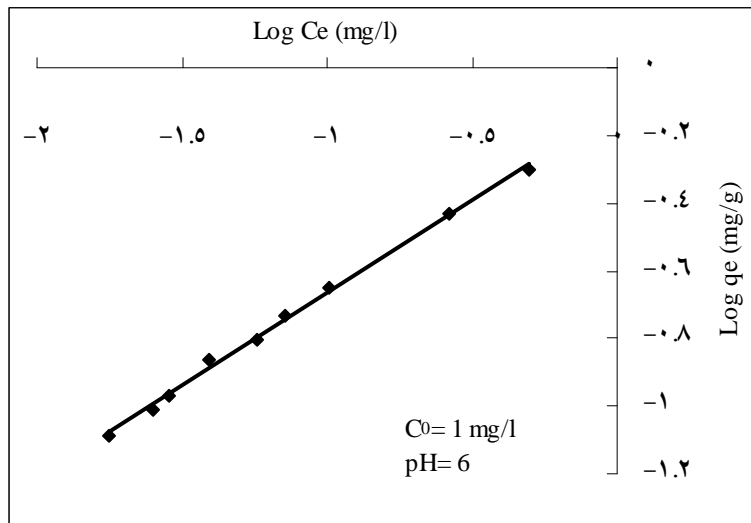
مدل های ایزوترم لانگمویر و فروندلیچ بر داده های حاصل از آزمایش های جذب ایزوترم برآزش داده شدند و ثابت های هر مدل همراه با ضرائب همبستگی آن ها در جدول

۳ نشان داده شده است. شکل های ۶ و ۷ به ترتیب رسم خطی مدل ایزوترم لانگمویر و فروندلیچ را برای جاذب پوسته شلتوک نشان می دهد.



شکل ۶- رسم خطی مدل ایزوترم لانگمویر جذب سرب توسط جاذب پوسته شلتوک





شکل ۷- رسم خطی مدل ایزوترم فروندلیچ جذب سرب توسط جاذب پوسته شلتوک

جدول ۳- نتایج حاصل از برازش مدل لانگمویر برای جاذب پوسته شلتوک

مدل	معادله	b (mg/g)	a (L/mg)	n	k	R <sup>2</sup>
لانگمویر	$1/q_e = 0.187 (1/C_e) + 2.417$	۰/۴۱۳	۱۲/۸۹	-	-	۰/۹۷۶۵
فروندلیچ	$\text{Log}(q_e) = 0.547 \text{Log}(C_e) - 0.118$	-	-	۱/۸۲۸	۰/۷۶	۰/۹۹۶۹

#### نتیجه گیری

با کاهش غلظت اولیه محلول از ۵۰ میلی گرم بر لیتر به ۱ میلی گرم بر لیتر زمان به تعادل رسیدن فرایند کاهش می یابد. همچنین با کاهش غلظت اولیه سرب، راندمان جذب در زمان تعادل افزایش می یابد به طوری که ماکزیمم راندمان جذب در غلظت ۱ میلی گرم بر لیتر به دست می آید. از این رو پوسته شلتوک یک ماده زائد کشاورزی می تواند به عنوان یک جاذب بالقوه برای حذف سرب از محلول آبی (بخصوص در غلظت های کم) مورد استفاده قرار گیرد. برازش مدل های جذب سینتیک بر روی داده های آزمایشی نشان داد که در تمامی غلظت ها مدل هو و همکاران در مقایسه با مدل لاگرگرن داده ها را بهتر توصیف می کند. نتایج مطالعات ایزوترم در غلظت ۱ میلی گرم بر لیتر نشان داد که برای جاذب پوسته شلتوک می توان از مدل فروندلیچ به عنوان مدل ایزوترم جذب استفاده نمود.

با توجه به مدل ایزوترم لانگمویر ماکزیمم ظرفیت جذب سرب توسط جاذب پوسته شلتوک ۰/۴۷۶ میلی گرم بر گرم به دست آمد.

ضریب فروندلیچ (n) باید دارای مقادیری باشد که در محدوده ۱ تا ۱۰ قرار گیرد تا به صورت جذب مطلوب شناخته شود (۱۸، ۱۹). با توجه به n به دست آمده (۱/۸۲۸) از برازش مدل فروندلیچ بر داده های جذب می توان چنین نتیجه گیری نمود که جذب یون های سرب روی جاذب پوسته شلتوک از مطلوبیت خوبی برخوردار است.

بررسی روابط نشان می دهد که ضرائب همبستگی مدل های ایزوترم لانگمویر و فروندلیچ قابل قبول و نزدیک به هم می باشند. ضریب همبستگی مدل ایزوترم فروندلیچ (R<sup>2</sup> = ۰/۹۹۶۷) بیشتر از مدل لانگمویر (R<sup>2</sup> = ۰/۹۷۶۵) است. بنابراین مدل ایزوترم فروندلیچ برای پیش بینی رفتار جذب سرب از محیط آبی توسط جاذب پوسته شلتوک انتخاب و معرفی می گردد.

chaff of hazardous material. B. 125: 266- 271.

8. Farajzade, N. A. and Monji, A. B. 2004. Adsorption characteristics of wheat barn towards heavy meta cation. *Separation and Purification Technology*, 38: 197- 207.

9. Periasamy, K. and Namasivayama, C. 1996. Adsorption of Pb (II) by peanut hull carbon from aqueous solution. *Separation Science and Technology*, 30 (10): 2223- 2237.

10. Olmez, H. 1988. Utilization of agricultural and industrial wastes in production of the cement. *Ondokus Mayis University, Publ. No. 47*.

11. Ajmal, M., Rao, R. A. K., Anwar, S., Ahmad, J. and Ahmad, R. 2003. Adsorption studies on rice husk: removal and recovery of Cd(II) from wastewater. *Biores. Technol.*, 86(2): 147- 149.

۱۲. شامحمدی حیدری، ز. ۱۳۸۶ بررسی تأثیر غلظت

سدیم بی کربنات بر افزایش ظرفیت جاذب پوسته

شلتوک در حذف کادمیوم از محیط آبی.. مجله علوم

دانشگاه شهید چمران اهواز، شماره ۱۷، صفحه: ۱۲۶

13. Kumar, U. and Bandypadhyay, M. 2006. Sorption of cadmium from aqueous solution using pretreated rice husk. *Bioresearch Technology*, 97: 104- 109.

14. Lagergren, S. 1898. About the theory so- called adsorption of soluble substances. *Kungliga Svenska Vetenskapsakademiens Handlingar*, 24(4): 1- 39.

15. Ho, Y. S., Wase, D. A. and Forster, C. F. 1996. Kinetic studies of competitive heavy

## قدردانی

از کارشناسان آزمایشگاه های هیدرولیک و شیمی دانشگاه زابل و همچنین از مدیر محترم و کارشناسان محترم امور آزمایشگاه های منابع آب و خاک و رسوب سازمان آب و برق خوزستان جهت همکاری برای انجام این طرح تشکر و قدر دانی می شود.

## منابع

1. Babarinde, N. A. A., Babalola, J. O. and Sanni, R. A. 2006. Biosorption of lead ions from aqueous solution by maize leaf. *International Journal of Physical Sciences*, Vol. 1 (1), pp: 23- 26.

۲. کریمی، م. ۱۳۸۲. مسمومیت با سرب در کودکان.

مجله علوم پزشکی و خدمات بهداشتی- درمانی

شهید صدوقی یزد. شماره ۲. صفحه: ۸۵- ۹۰.

3. Kumar, U. 2006. Agricultural products and by-products as low cost adsorbent for heavy metal removal from water and wastewater: A review. *Scientific Research and Essay*. Vol. 1(2): 33- 37.

4. Abdel-Ghani, N. T., Hefny, M. and El-Chaghaby, G. A. F. 2007. Removal of lead from aqueous solution using low cost abundantly available adsorbent. *Int. J. Environ. Sci. Tech.* 4(1): 67- 73.

5. Feng, Q., Lin, Q., Gong, F., Sugita, S. and Shoya, M. 2004. Adsorption of lead and mercury by rice husk ash. *J. Coll. Interf. Sci.*, Vol. 278: 1- 8.

6. Wong, K.K., Lee, C. K., Low, K. S. and Haron, M. J. 2003. Removal of Cu and Pb by tartaric acid modified rice husk from aqueous solution. *Chemosphere*, Vol. 50: 23- 28.

7. Han, R., Zhang, J., Zou, W., Shi, J. and Liu, H. 2005. Equilibrium biosorption isotherm for lead ion on

19. Raji, C. and Anirudhan, T. S. 1997. Chromium(VI) adsorption by sawdust carbon: Kinetic and equilibrium: Indian Journal of Chemical Technology, Vol. 4: 228- 236.
20. Rao, M. and Bhole, A. G. 2001. Chromium removal by adsorption using fly ash bagasse. Journal of Indian Water Works Association, XXXIII(1): 97- 100.
16. metal adsorption by sphagnum moss peat. Environment Technology, Vol. 17: 71- 77.
17. Langmuir, I. 1916. The constitution and fundamental properties of solids and liquids. J. Am. Chem. Soc. 38: 2221- 2295.
18. Freundlich, H. M. 1906. Uber die adsorption in lasungen. Z. Phys. Chem. 57: 385- 470.