

## جذب بیولوژیکی $Zn(II)$ و $Pb(II)$ به وسیله بیومس غیر زنده *Phanerochaete chrysosporium*

رضا مرندی<sup>۱</sup>

حمیده امیرافشار<sup>۲</sup> (عهده دار مکاتبات)

تاریخ پذیرش: ۸۶/۶/۲۰

تاریخ دریافت: ۸۶/۴/۲۲

### چکیده

جذب بیولوژیکی فلزات سنگین یک فرآیند بسیار موثر در حذف یون های فلزات سنگین از محلول های آبی است. در این تحقیق ویژگی های جذب سطحی کاتیون های  $Zn(II)$  و  $Pb(II)$  توسط بیومس قارچی غیرزنده *P.chrysosporium* به طور جداگانه مورد بررسی قرار گرفته است. همچنین روش های کشتن بیومس قارچی که شکل غیرزنده آن در جذب فلز موثرتر از نوع زنده می باشد بررسی شده، که نتایج نشان می دهد جوشاندن بیومس در سود یکی از روش های مناسب برای کشتن قارچ مورد نظر است. در این مطالعه از تکنیک جذب سطحی در سیستم ناپیوسته استفاده شده است. اثرات تغییرات  $pH$ ، غلظت اولیه فلز، سرعت اختلاط، زمان تماس و دما در جذب سطحی مورد بررسی قرار گرفته که آزمایش های به عمل آمده نشان می دهد میزان جذب سطحی فلزات توسط بیومس با تغییرات  $pH$  محیط تغییر می کند. حداکثر جذب سطحی هر دو فلز بر روی جاذب بین  $pH$  ۵ تا ۶ است. با افزایش غلظت اولیه  $Zn(II)$  و  $Pb(II)$  جذب سطحی یون های فلزی مربوطه بر روی جاذب افزایش یافته است. زمان مناسب برای انجام فرآیند جذب حداکثر یک ساعت بوده و بعد از گذشت یک ساعت میزان جذب ثابت است و تغییری نمی کند. حداکثر یون های فلزی جذب شده توسط بیومس غیر زنده *P.chrysosporium* برای فلز سرب  $90\text{ mg/g}$  و برای فلز روی  $63\text{ mg/g}$  به دست آمده است. لذا میزان جذب  $Zn(II)$  از  $Pb(II)$  است. همچنین نتایج نشان می دهد که با افزایش دما میزان جذب زیاد شده است. افزایش غلظت بیومس تاثیر چندانی بر روی جذب ندارد. داده های به دست آمده از آزمایش جذب دو فلز  $Zn(II)$  و  $Pb(II)$  توسط بیومس یادشده از دو مدل *Freundlich* و *Langmuir* تبعیت می کند. با استفاده از  $HCl$  می توان تا حدود ۹۸٪ از بیومس استفاده شده را بازگردانی کرده و مورد استفاده مجدد قرار داد. نتایج پیشنهاد می کند که بیومس غیر زنده *P.chrysosporium* به طور قابل ملاحظه ای در حذف ویژگی های فلزات سنگین از محلول های آبی موثر است.

واژه های کلیدی: جذب بیولوژیکی، فلزات سنگین، سرب، روی، بیومس غیر زنده، *Phanerochaete. chrysosporium*.

۱- استادیار دانشکده فنی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال

۲- کارشناس ارشد شیمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال

## مقدمه

غیر زنده جذب بهتری را نسبت به نوع زنده دارد. کشتن میکروب با روش های خاصی انجام می گیرد که هر روش برای جذب فلز خاصی و با توجه به نوع میکروب انتخاب می شود (۶ و ۵). روش هایی مثل جوشاندن در سود، فرمالدئید و اسید همچنین اتوکلاو کردن از روش های موجود در کشتن میکروب می باشد (۷ و ۸) یکی دیگر از امتیازات استفاده از روش های میکروبی در جذب فلزات عملیات دفع بعد از جذب است که توسط هیدروکلریک اسید با بازده ۹۸٪ امکان پذیر است بدون این که به بیومس صدمه ای وارد شود. با استفاده از این روش می توان مجدداً از بیومس استفاده نمود. (۹ و ۱۰ و ۱۱)

## مواد و روش

## آماده کردن جاذب

میکرو اورگانیزم استفاده شده در این تحقیق *Phanerochaete chrysosporium* از رده قارچ ها با دانه های گرد و سفید می باشد. گونه قارچی رشد کرده در لوله های حاوی سابرو دکستروز آگار را با آب مقطر استریل به صورت سوسپانسیون در آورده و ۳ سی سی از سوسپانسیون حاصل را که در طول موج ۶۵۰ نانومتر (دستگاه UV) دارای جذب ۰/۵ می باشد به ارلن ۱۰۰۰ سی سی که حاوی ۲۰۰ سی سی محیط مایع PDA است تلقیح می کنیم. pH محیط کشت روی ۴/۵ تنظیم شده که pH بهینه رشد قارچ مورد نظر است. برای تنظیم pH از نیتریک اسید می توان استفاده نمود. ارلن حاوی نمونه و محیط کشت را به مدت ۷۲ ساعت روی شیکر انکوباتور در دمای ۳۵°C و دور ۲۰۰ rpm قرار می دهیم. بعد از ۷۲ ساعت بیومس با دانه های گرد و سفید رنگ تشکیل می شود. نمونه فوق را از کاغذ صافی (واتمن ۱۲۵µm) عبور می دهیم. بهترین زمان برای رشد قارچ ۷۲ ساعت می باشد زمان بیشتر از ۷۲ ساعت باعث پیر شدن توده شده و میزان جذب کاهش می یابد (۱۲).

فلزات سنگین به وسیله فعالیت های صنعتی و توسعه فن آوری بیشتر از میزان طبیعی در محیط زیست منتشر شده اند. این فلزات به دلیل سمی بودن، اثرات ناهنجاری بر محیط زیست و سلامتی موجودات به ویژه انسان ها دارند. همچنین تجمع این فلزات در زنجیره غذایی و ثبات آن ها در طبیعت از نظر اقتصادی نیز موجودات را تهدید می کند (۱). این فلزات از طریق فعالیت های صنعتی مثل: آبکاری، ذوب و تصفیه فلزات، معادن، نیروگاه ها، صنایع نساجی، باطری سازی، سرامیک و شیشه وارد محیط زیست می شوند. بنابراین توسعه روش هایی که بتواند فلزات سنگین را از محیط زیست حذف کند بسیار مهم است. روش های شیمیایی مثل تعویض یونی، ته نشینی شیمیایی، اسمز معکوس و غیره برای جداسازی این فلزات وجود دارد که این روش ها بسیار گران و پرهزینه است (۲). در سال های اخیر فرآیند جذب بیولوژیکی به طور وسیعی مورد مطالعه قرار گرفته است. استفاده از میکرو اورگانیزم هایی مثل: جلبک ها، قارچ ها، باکتری ها، مخمر و اکتینومیسیت ها به عنوان جاذب فلزات سنگین، توسط محققان مورد استفاده قرار گرفته است. روش های میکروبی در جذب فلزات از پساب های صنعتی نسبت به سایر روش ها بسیار کم هزینه تر و راحت تر است و بازده عملی بالایی دارد (۳). کوچک بودن اندازه ذرات، سرعت در رشد و تکثیر، چگالی کم، قدرت جداسازی بالا و کم هزینه بودن استفاده از آن ها باعث شده تا محققان توجه بیشتری را به جاذب های میکروبی داشته باشند (۴) سازوکار های متعددی برای جذب بیولوژیکی فلزات سنگین توسط میکرواورگانیزم ها وجود دارد. استفاده از میکرواورگانیزم به صورت زنده و غیر زنده هر کدام سازوکار ویژه ای را ایجاد می کند.

میکرواورگانیزم غیر زنده از طریق جذب سطحی قادر به حذف کاتیون های فلزی از محلول آبی می باشد. یکی از سازوکار های جذب برای میکروب زنده از طریق تعویض یونی است. در اکثر موارد میکرواورگانیزم به صورت

## تهیه میکرواورگانیزم غیر زنده

روش های متعددی برای تهیه میکرواورگانیزم غیر زنده توسط تحقیقات به عمل آمده پیشنهاد شده است. در این تحقیق یکی از بهترین روش های غیر فعال کردن قارچ فوق یعنی جوشاندن آن در سود، انتخاب شده است. این روش بالاترین بازده جذب را دارد.

توده قارچی را بعد از صاف کردن در ۵۰۰ سی سی سود ۰/۵ نرمال به مدت ۱۵ دقیقه جوشانده و مخلوط حاصل را بعد از سرد شدن از کاغذ صافی (واتمن ۰/۴۵ μm) عبور داده و توده به دست آمده را با آب مقطر دیونیزه شستشو می دهیم تا pH توده بیومس طبیعی شود. بیومس مرطوب حاصل را در آون °C ۶۰ به مدت ۲۴ ساعت قرار می دهیم تا کاملاً خشک شود. بیومس خشک شده را با آسیاب به صورت پودر در آورده و آن را در دمای °C ۴۰ برای مصارف آزمایش های جذبی ذخیره می کنیم (۱۳).

## آماده کردن محلول فلزی

محلول فلزی پایه برای Pb(II) و Zn(II) به صورت ۱۰۰۰ ppm بدین صورت تهیه می شود که یک مقدار وزن شده از نمک Pb(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> . 6H<sub>2</sub>O و Zn(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> . 6H<sub>2</sub>O در آب مقطر دیونیزه حل می کنیم. برای تعیین غلظت دقیق محلول های نمکی از دستگاه جذب اتمی (GBS مدل Plus ۹۳۲) استفاده شده است.

برای بررسی اثرات pH زمان، دما و دور شیکر، ۱۰۰ سی سی محلول ۱۰۰ ppm از هر فلز در یک ارلن ۲۵۰ سی سی آماده شده و مقدار ۰/۱ گرم بیومس به آن اضافه و روی شیکر قرار می گیرد. بعد از عمل اختلاط و جذب مخلوط از کاغذ صافی عبور داده می شود. برای تعیین مقدار فلز جذب شده از دستگاه جذب اتمی استفاده شده است.

میزان فلز جذب شده در حالت تعادل از معادله زیر

محاسبه می شود.

$$= q \frac{(C_i - C_e)V}{M} \quad (1)$$

q : جرم فلز جذب شده بر وزن سلول (mg/g)

Ce : غلظت فلز باقی مانده در محلول در حالت تعادل بعد از

جذب (ppm)

Ci : غلظت اولیه فلز قبل از جذب (ppm)

V : حجم محلول (L)

M : جرم بیومس (gr)

محاسبه درصد جذب :

$$y = \frac{(C_i - C_e)}{C_i} \times 100 \quad (2)$$

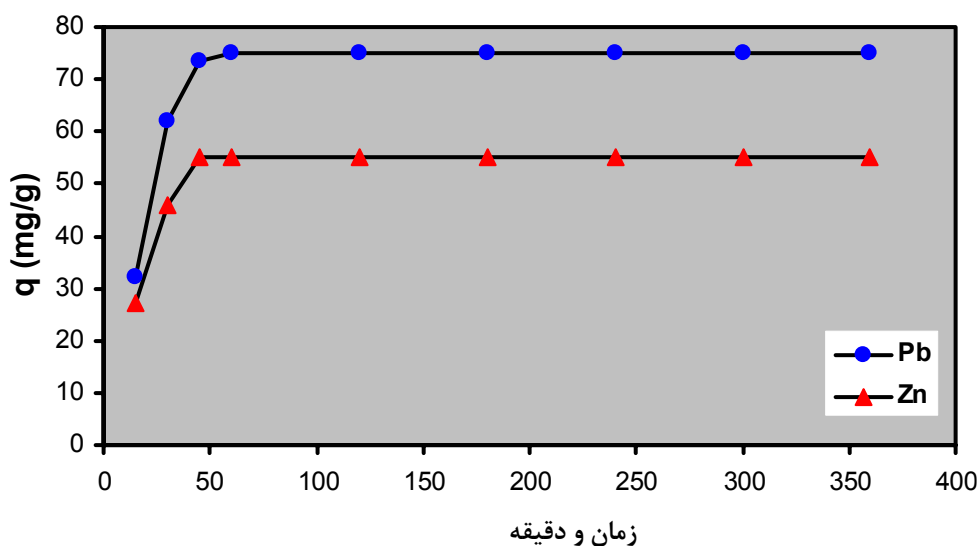
## بحث و نتایج

## اثر زمان تماس در جذب

در ۳۰ دقیقه اول واکنش میزان جذب افزایش چشمگیری با گذشت زمان دارد بعد از گذشت زمان بیش از یک ساعت میزان جذب تغییر قابل ملاحظه ای با گذشت زمان ندارد (نمودار ۱).

پارامترهای مختلفی در تعیین میزان جذب بیولوژیکی دخالت دارند مثل ویژگی های ساختاری بیومس، مقدار جاذب، غلظت اولیه فلز و حضور یون های دیگر در داخل محلول که ممکن است با یون های مورد نظر در اتصال به سطح بیومس رقابت کنند (۱۴).

در این تحقیق نتایج نشان می دهد وضعیت کاملاً مشابهی در جذب هر دو فلز بر حسب زمان وجود دارد. مطالعات نشان می دهد که سرعت جذب بیولوژیکی و زمان جذب به میزان غلظت اولیه فلز بستگی ندارد (۱۵). اختلاف نوع و اندازه یون های فلزی و طبیعت گروه های فعال روی سطح جاذب و برخورد های بین فلز و جاذب می تواند در میزان و سرعت جذب موثر باشد (۱۶). برخی از تحقیقات انجام شده در مورد جذب فلز کروم توسط *Aspergillus niger* نشان می دهد با افزایش زمان، میزان جذب به طور قابل ملاحظه ای زیاد می شود (۱۷).



نمودار ۱ - اثر تغییرات زمان در جذب Zn(II) و Pb(II) توسط *P.chrysosporiu*: ( ۱۰۰ ml محلول ۱۰۰ ppm از هر فلز به تنهایی در تماس با بیومس در  $T = 30^{\circ}C$ ،  $PH = 6$  و  $200\ rpm$  ).

#### اثر تغییرات pH در جذب

جذب فلز باشد. در مقادیر pH پایین تر، بین یون های مثبت H و یون فلزی برای اتصال به سطح جاذب رقابت به وجود می آید. در نتیجه میزان جذب فلز در pH های پایین کم است. افزایش pH باعث افزایش بارهای منفی و یونیزاسیون محل های اتصال در گروه های پایه (کربوکسیلات و فسفات) در دیواره سلولی می شود.

گروه های کربوکسیلات و فسفات گروه های باردار منفی هستند که باعث می شوند دیواره سلولی میکرو اورگانیزم یک مرکز قوی در جذب کاتیون های فلزی باشد. این گروه ها در pH های بالا با کاتیون های فلزی پیوند برقرار می کنند و باعث افزایش بازده جذب می شوند (۱۹ و ۱۸).

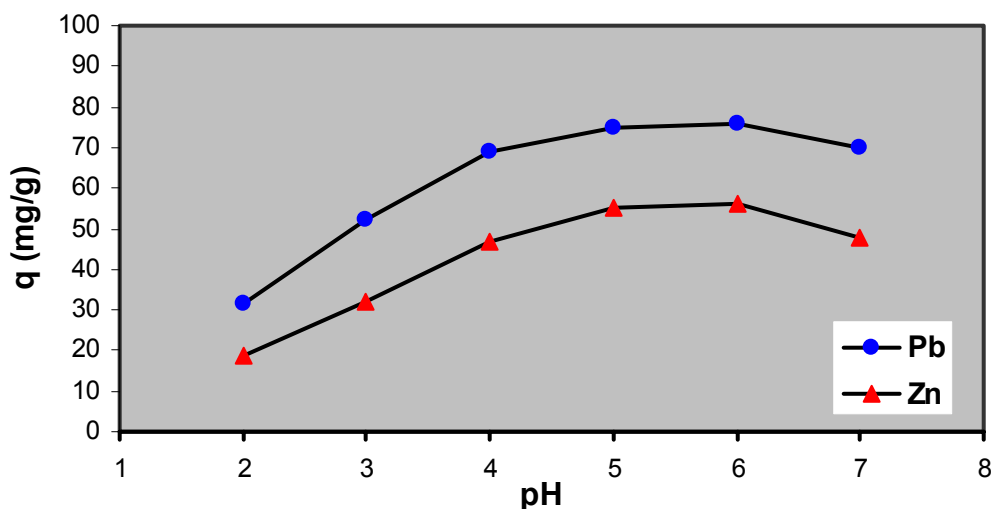
اما برای دو فلز روی و سرب افزایش pH بیش از ۶ باعث رسوب یون های فلزی به صورت هیدروکسید شده بنابراین میزان یون ها در محلول کاهش یافته و میزان جذب کم می شود.

pH فاکتور بسیار مهمی در فرآیند جذب بیولوژیکی است. تغییرات pH بر فعالیت شیمیایی یون های فلزی موجود در محلول و همچنین فعالیت گروه های پایه در سطح بیومس و رقابت یون های فلزی با یکدیگر بسیار موثر است.

در این آزمایش حد فاصل تغییرات pH برای هر دو فلز از ۲ تا ۷ است. تغییرات با استفاده از نیتریک اسید و سدیم هیدروکسید انجام گرفته است.

آزمایش نشان می دهد حداکثر جذب فلز Zn(II) و Pb(II) از محلول توسط بیومس در حد فاصل pH ۵ تا ۶ می باشد که برای فلز روی حداکثر جذب در این حد فاصل برابر  $73\ mg/g$  و برای فلز سرب  $85\ mg/g$  به دست آمده است (نمودار ۲).

افزایش جذب با افزایش pH می تواند به دلیل در دسترس بودن گروه های باردار منفی در سطح جاذب در فرآیند

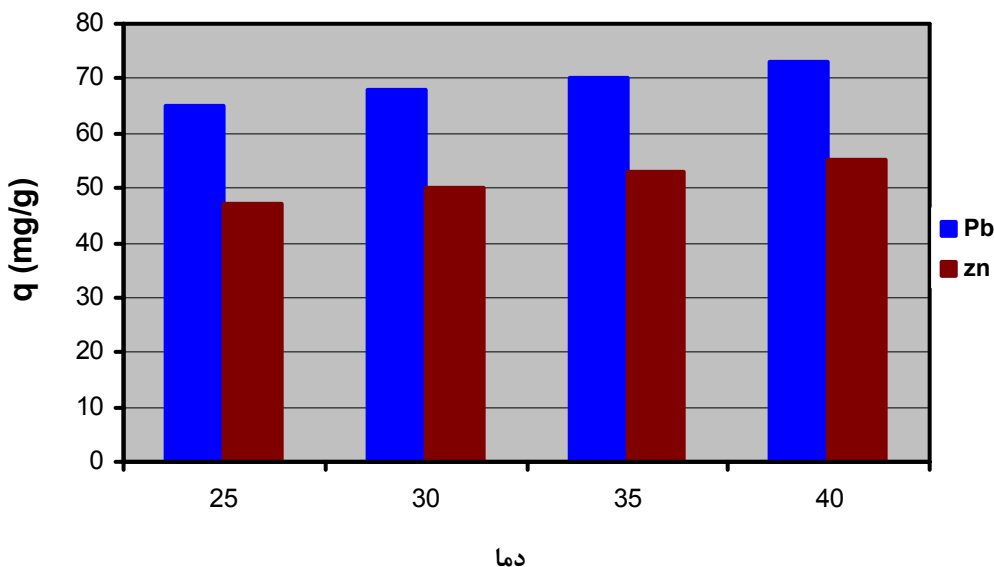


نمودار ۲- اثر تغییرات pH در جذب سطحی Pb(II) و Zn(II) توسط *P.chrysosporium*: (۱۰۰ ml محلول ۱۰۰ ppm از هر فلز به تنهایی در تماس با ۱۰۰ mg بیومس در  $T = 30^{\circ}C$  و  $t = 60$  min و  $200$  rpm).

#### اثرات تغییرات دما در جذب

زیاد می شود (۲۰). اما در مورد جذب اورانیوم تحقیق انجام شده نشان می دهد که جذب کاملاً مستقل از دما بوده و تغییرات دما اثری در میزان فلز جذب شده توسط بیومس نداشته است (۲۱)

مقادیر به دست آمده از آزمایش جذب در دامنه دمایی  $20^{\circ}C$  تا  $40^{\circ}C$  نشان می دهد با افزایش دما جذب به مقدار بسیار کمی زیاد می شود (نمودار ۳). با افزایش دما تعداد برخوردهای بین ذرات و سطح جاذب زیاد شده و میزان جذب

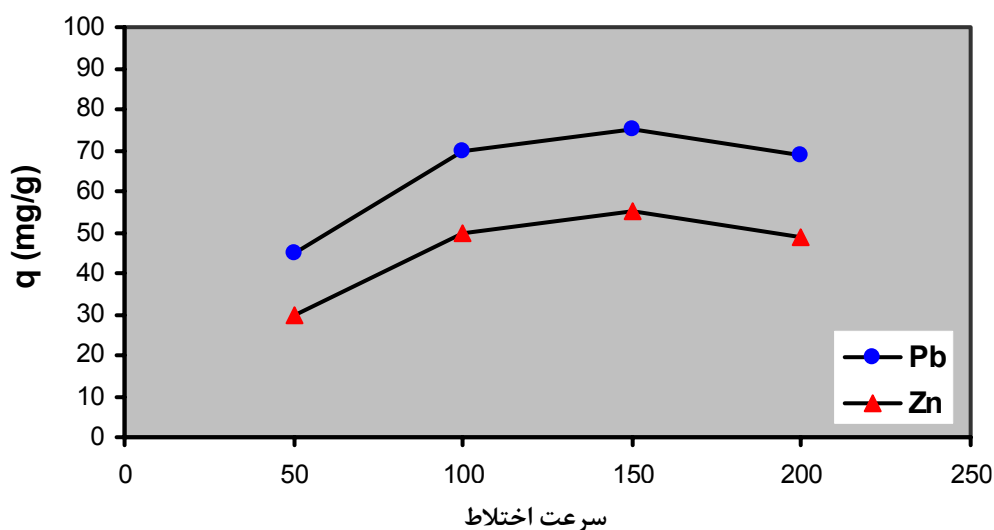


نمودار ۳- اثر تغییرات دما در جذب سطحی Pb(II) و Zn(II) توسط *P.chrysosporium* (۱۰۰ ml محلول ۱۰۰ ppm از هر فلز به تنهایی در تماس با ۱۰۰ mg بیومس در  $pH = 6$ ،  $t = 60$  min و  $200$  rpm)

## اثر تغییرات سرعت اختلاط در جذب

است ( نمودار ۴). با افزایش دور شیکر بیش از ۱۵۰ rpm ضخامت فیلم یا لایه ای از محلول که با بیومس در تماس است کم می شود و سطح تماس کاهش می یابد. همچنین در طی سرعت های بالا سوسپانسیون خوب هموژنیزه نمی شود بنابراین تماس بین جامد و مایع خوب انجام نمی گیرد (۲۲).

در این قسمت دور شیکر برای هر محلول فلزی از ۵۰ rpm تا ۲۰۰ rpm متغیر بوده و اثرات این تغییر بر جذب بررسی شده است. نتایج به دست آمده نشان می دهد حداکثر فلز جذب شده توسط بیومس در ۱۵۰ rpm بوده و با بیشتر شدن دور شیکر بیش از ۱۵۰ rpm میزان جذب کاهش یافته



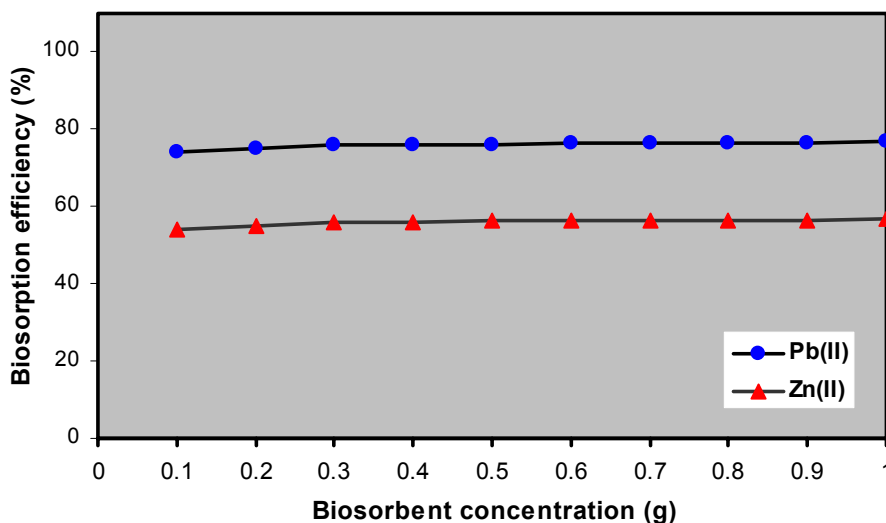
نمودار ۴- اثر تغییرات دور شیکر در جذب سطحی Zn(II) و Pb(II) توسط *P. chrysosporium* (۱۰۰ ml محلول ppm

۱۱۰۰ از هر فلز به تنهایی در تماس با ۱۰۰ mg بیومس در  $T = 30^{\circ}C$ ،  $pH = 6$  و  $t = 60$  min)

## اثر تغییرات غلظت بیومس در جذب

تحقیقات به عمل آمده توسط محققان حاکی از آن است که افزایش غلظت بیومس خشک شده در محلول باعث می شود ذرات بیومس پودر شده به یکدیگر بچسبند و مانع دسترسی فلز به سطوح فعال بیومس شوند بنابراین ازدیاد غلظت بیومس تاثیر چندانی در جذب نخواهد داشت (۱۲).

تغییرات غلظت بیومس تغییرات محسوسی را در جذب حاصل نمی کند مقادیر به دست آمده از جذب هر سه فلز توسط بیومس قارچی فوق نشان می دهد که با افزایش غلظت بیومس افزایش بسیار ناچیزی در میزان فلز جذب شده توسط بیومس غیرزنده حاصل شده و در مقادیر بالای  $0.3$  g/L میزان جذب همان طور که در نمودار ۵ هم مشخص است ثابت شده و افزایشی ندارد.

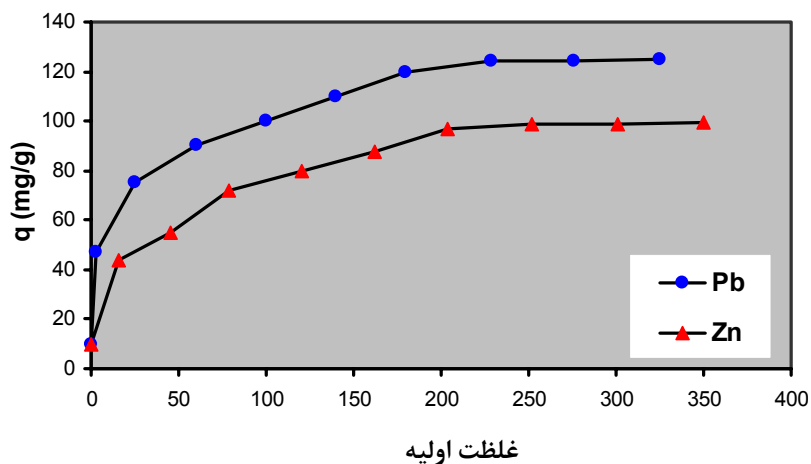


نمودار ۵ - اثر تغییرات غلظت بیومس در جذب سطحی  $Zn(II)$  و  $Pb(II)$  توسط *p.chrysosporium* (۱۰۰ ml محلول ۱۰۰ ppm از هر فلز به تنهایی در تماس غلظت های مختلف بیومس  $T = 30^{\circ}C$  ،  $pH = 6$  ،  $t = 60 \text{ min}$  ،  $200 \text{ rpm}$ )

#### اثر تغییرات غلظت اولیه فلز در جذب

یون های فلزی در محلول زیاد می شود و رقابت برای دسترسی به محل های اتصال در سطح تماس افزایش یافته و تمام محل ها در معرض برخورد با یون ها قرار گرفته و فعال شده اند با پر شدن محل ها در غلظت های بالاتر سطح بیومس اشباع می شود و میزان جذب دیگر افزایش قابل ملاحظه ای ندارد (۲۳).

اثرات تغییر غلظت اولیه فلز  $Zn(II)$  و  $Pb(II)$  بر ظرفیت جذب بیولوژیکی در نمودار ۶ نشان داده شده است. تغییرات غلظت از ۱۰ ppm تا ۴۰۰ ppm می باشد. همان طور که نمودار نشان می دهد با افزایش غلظت اولیه فلز میزان جذب افزایش یافته است تا جایی که تقریباً تغییرات بسیار کم و محلول اشباع شده است. با افزایش غلظت اولیه فلز تعداد



نمودار ۶ - اثر تغییرات غلظت اولیه فلز در جذب سطحی  $Zn(II)$  و  $Pb(II)$  به وسیله *P.chrysosporium* (۱۰۰ ml محلول فلزی (۱۰-۴۵۰ mg/l) در تماس با ۱۰۰ mg بیومس در  $T=30^{\circ}C$  ،  $pH=6$  ،  $t=60 \text{ min}$  و  $200 \text{ rpm}$ ).

ایزوترم های جذب سطحی

$$= q \frac{q_{\max} b C_e}{1 + b C_e} \quad (3)$$

$$\frac{C_e}{q} = \frac{1}{b q_{\max}} + \frac{C_e}{q_{\max}} \quad (4)$$

مدل های Freundlich و Langmuir

با داده های به دست آمده از آزمایش ها همخوانی دارد و محاسبات ریاضی نشان می دهد جذب از هر دو مدل تبعیت می کند .

Ce: میزان یون های باقی مانده در محلول در حال تعادل (ppm)

q: جرم فلز جذب شده بر وزن بیومس خشک (m)

b: ثابت Langmuir

q<sub>max</sub>: ثابت Langmuir

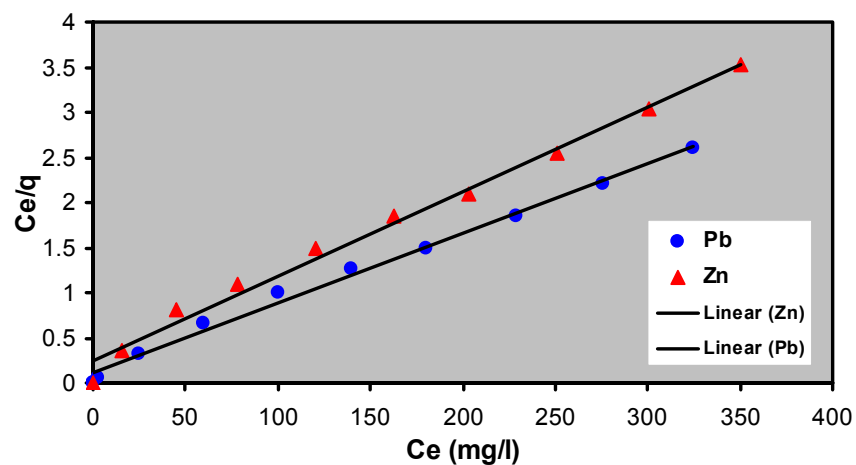
مدل Langmuir

نمودار ۷ ایزوترم جذب سطحی Langmuir را برای هر دو فلز نشان می دهد .

معادلات Langmuir بدین صورت می باشد :

جدول ۱- ثابت های Langmuir و ضرایب خطی

Langmuir			
R <sup>2</sup>	b	q <sub>max</sub>	یون های فلزی
۰/۹۰۲۵	۲/۷۳۷	۲۲/۵۹۹	Pb(II) یون سرب
۰/۹۲۳۵	۲/۱۳۰	۹/۴۶	Zn(II) یون روی



نمودار ۷- ایزوترم های جذب سطحی Langmuir برای دو فلز Zn(II) و Pb(II) جذب شده به وسیله

*P. chrysosporium*



## مدل Freundlich

نمودار ۸ ایزوترم جذب سطحی Freundlich را برای هر دو فلز نشان می دهد .

معادله Freundlich به شکل زیر است :

$$\text{Ln}q = \text{Ln}K_f + \frac{1}{n}\text{Ln}C_e \quad (۴)$$

q : جرم فلز جذب شده بر وزن سلول ( mg/g )

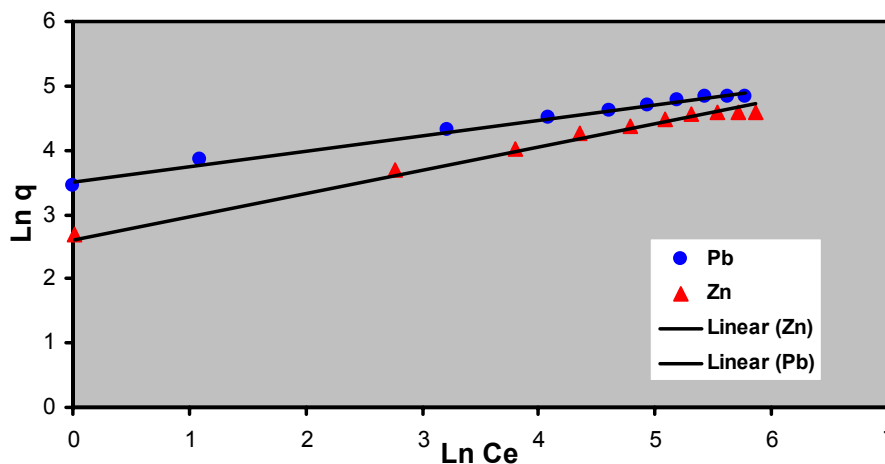
Ce : غلظت فلز در محلول در حالت تعادل (ppm)

Kf و n : ثابت های Freundlich

$$q = K_f C_e^{\frac{1}{n}} \quad (۵)$$

جدول ۲- ثابت های Freundlich و ضرایب خطی

Freundlich			
R <sup>2</sup>	n	Kf	یون های فلزی
۰/۹۰۲۵	۲/۷۳۷	۲۲/۵۹۹	Pb(II) یون سرب
۰/۹۲۳۵	۲/۱۳۰	۹/۴۶	Zn(II) یون روی



نمودار ۸ - ایزوترم های جذب سطحی Freundlich برای دو فلز Pb(II) و Zn(II) جذب شده به وسیله *P. chrysosporium*

مقطر دیونیزه شده شستشو می دهیم و در آن خشک می کنیم. بیومس حاصل را می توان مجددا در جذب سطحی فلزات مورد استفاده قرار داد. بازده عمل دفع تا ۹۸٪ می باشد(۲۴).

## نتیجه

جذب بیولوژیکی یک فن آوری موثر برای حذف بهینه فلزات سنگین از محلول های آبی می باشد. در این فرایند سرعت جذب و دفع بسیار بالاست. ساده بودن عملکرد سبب شده که این روش یکی از بهترین روش های حذف مواد سمی

عملیات دفع توسط هیدروکلریک اسید و استفاده

مجدد از بیومس

یکی از مزیت های استفاده از میکرواورگانیزم در جداسازی کاتیون فلزات سنگین از محلول های آبی به کارگیری مجدد بیومس استفاده شده در جذب سطحی می باشد .

۱۰۰ میلی گرم بیومس قارچی را که در تماس با ۱۰۰ سی سی محلول ۱۰۰ ppm از هر فلز بوده با ۵۰ mM هیدروکلریک اسید ترکیب کرده و در دمای ۲۲ ° C بر روی شیکر با دور ۱۵۰ rpm قرار می دهیم. سپس بیومس را با آب

بهبهینه جذب بیولوژیکی توسط بیومس غیر زنده قارچ مورد نظر اندازه گیری شده است. حداکثر زمان داده شده برای جذب ۶ ساعت می باشد که در یک ساعت اولیه بیشترین جذب حدود ۹۸٪ مشاهده می شود.

سرعت بالا در جذب یکی از مزیت های جذب سطحی توسط میکروپ است. اثرات pH و غلظت اولیه فلز به شدت بر میزان جذب موثر است.

حداکثر فلز سرب جذب شده توسط بیومس غیر زنده *p.chryso sporium* در شرایط بهینه برابر ۸۵ و برای فلز روی ۷۰٪ می باشد.

#### منابع

1. A saeed. M. Iqbal, Bioremoval of cadmium from aqueous solution by black gram husk (cicerarientinum) water Res, 37(2003) 3472-348
2. Holan Z.R.and Volesky B.(1995) Accumulation of cadmium,lead,and nickel by fungal and wood.,B., biosorbents.Appl.Biochem.Biotechnol.53,133-146.
3. Xeu,H..B.,Stumm,W.,and Sigg,L.(1988). The binding of heavy metal to algal surface.Water Research, 22,917-922.
4. M. Iqbal, R.G.J. Edyvean 2003. Biosorption of lead, copper and zinc ions loofa sponge immobilized biomass of *Phanerochaete chryso sporium*. Minerals Engineering17 (2004)217-223
5. A.Kapoor and T.Viraraghavan 1997. Biosorption of heavy metals on *Aspergillus Niger*:Effect of pretreatment. Bioresource Technology 63 (1998) 109 – 113
6. I Haluk Ceribasi and Ulku Yetis 2001. Biosorption of Ni and Pb by

از طبیعت باشد. در این روش می توان مخلوط چند فلز را با هم توسط میکرواورگانسیم موجود در پساب جدا نمود.

*p.chryso sporium* قارچی است با دانه های گرد و سفید که قدرت جذب فلزات سنگین را از پساب های آبی داراست. نوع غیر زنده این نوع قارچ در جذب دو فلز روی و سرب بسیار موثرتر از نوع زنده آن می باشد. راه های زیادی برای کشتن میکرواورگانسیم وجود دارد که بسته به نوع فلز و نوع میکروپ متفاوت است. یکی از بهترین راه های کشتن قارچ *p.chryso sporium* جوشاندن آن در سود است، که باعث افزایش جذب سطحی بیومس قارچی می شود. شرایط ساز و کار جذب از طریق جذب سطحی است. و در pH های بالاتر جذب بهتر انجام می شود. اما بهترین pH جذب در دامنه ۵ تا ۶ است زیرا در pH های بالاتر از ۶ هر دو فلز به صورت رسوب هیدروکسید از محلول خارج می شوند. در pH های پایین بین کاتیون های فلزی و یون هیدرونیوم در اتصال به دیواره سلولی قارچ رقابت به وجود می آید و میزان جذب کاهش می یابد. سرعت اختلاط و تغییرات دما نیز بر میزان جذب موثر است. با افزایش دما میزان جذب زیاد می شود زیرا تعداد برخوردها افزایش می یابد. بهترین دور شیکر و سرعت اختلاط ۱۵۰rpm می باشد. تغییرات غلظت بیومس تاثیر چندانی بر جذب دو فلز روی و سرب توسط بیومس غیر زنده قارچی فوق نداشته است.

داده های به دست آمده از جذب، از دو مدل Freundlich و Langmuir تبعیت می کند. عمل دفع بیومس با استفاده از HCl انجام می شود که یکی از مزیت های این روش است، زیرا حدود ۹۸٪ بیومس استفاده شده طبق این روش بازیافت شده و مورد استفاده مجدد قرار می گیرد. هزینه کم و سرعت بالا و راحتی در استفاده و استفاده مجدد از بیومس از مزایای استفاده از میکرواورگانسیم در جذب کاتیون های فلزات سنگین وسمی از پساب های آبی است.

- Environmental pollution, 112,463-470.
14. Ridvan say, Adil Denizli, M .Yakup Arica 2000. Biosorption of cadmium, lead and copper with the filamentous fungus *Phanerochaete chrysosporium*. Bioresource Technology 76 (2001) 67-70
  15. Ulku Yetis, Ayla DOLEK, Filiz B.Dilek and Gulay ozcengiz 1998. The removal of Pb by *Phanerochaete chrysosporium*. Wat.res.Vol.34, No.16, pp.4090-4100, 2000
  16. Qingbiao Li, Songtao Wu, Gang Liu, Xinkai Liao, Xu Deng, 2004. Simultaneous Biosorption of cadmium and lead ions by pretreated biomass of *Phanerochaete chrysosporium*. Separation and purification Technology 34 (2004) 135 -142
  17. Donghee park, Yeoung-sang Yun,Jong Moon Park.mechanism of hexavalent chromium removal by dead fungal biomass of *Aspergillus niger*.water research 39(2005)533-540
  18. Esposito, A., Pagnanelli, F., Lodi, Solisio, C., & Veglio, F.(2001). Biosorption of heavy metals by *Sphaerotilus natants*: An equilibrium study at different pH and biomass concentration. Hydrometallurgy, 60,129-141.
  19. Saglam, A.,Yacinkaya, Y., Denizli, A., Arica, M.Y.,Genc, O., & Bektas, S. (2002). Biosorption of mercury by carboxycellulose and immobilized *Phanerochaete chrysosporium*. Microchemical Journal, 71, 73-81.
  20. Y.Sag.U.Acikel,Z.aksu,T.Kutsal,A comparative study for the *Phanerochaete chrysosporium* from a binary metal system – Kinetics. Water SA Vol. 27 No.1 2001. 15 – 20
  7. Huang, C-CHuang,C-P, Morehart, A.L.,1990. Theremoval of Cu. From dilute aqueous solutions by *Saccharomyces cerevisiae* Trans II. Water Res.24, 433-439.
  8. Park,J.K.,Jin, Y.B., Chang, H.N., 1999.Reusable biosorbents in capsules from *Zooglea ramigera* cels for cadmium removal. Biotechnol. Bioeng. 63, 116-121.
  9. Kapoor,A.,& Viraraghavan, T.(1995). Fungal Biosorption – An alternative treatment option for heavy metal bearing wastewaters: A review. Bioresource Technology, 53, 195-206.
  10. Kapoor, A.,Viraraghavan, T., & Cullimore, D.R. (1999). Removal of heavy metals using the fungus *Aspergillus niger*. Bioresource Technology, 70, 95-104.
  11. Valdman, E.,Erijman,L.,Pessoa,F.L.P.,& Leite, S.G.F.(2001). Continuous Biosorption of Cu and Zn by immobilized biomass *Sargassum sp*. Process biochemistry, 36,869-87.
  12. Fatma Ekmekyapar,Y. Kemal Bayhan, Avni Cakici 2005. Biosorption of copper by nonliving lichen biomass of *Cladonia rangiformis hoffm*. Hazardous Materials B137 (2006)293–298
  13. Zulfadhyl, Z.,Mashitah,M.D.,&Bhatia,S.(2001). Heavy metals removal in fixed bed column by the macro fungus *Pycnoporus sanguineus*.

- and influence of pH . Appl. Microbiol. Biotechnol. 37,399-403.
23. Yan, G., & Viraraghavan, T. (2001). Heavy metal removal in a biosorption column by immobilized *M.rouxii* biomass. Bioresource Technology, 78,243-249.
24. Tobin, J.M., Whate, C., &Gadd, G M. (1994). Metal accumulation by fungi: Application in environmental biotechnology. Journal of industrial Microbiology, 13, 126-130.
- simultaneous biosorption of Cr(VI) and Fe(III) on *C-vulgaris* and *R-arrhizus*: application of the competitive adsorption models, process biochem .33 (3) (1998) 273-281
21. Churchill S.A., Walters J. V. and Churchill P.F.(1995) Sorption of heavy metals by prepared bacterial cell surfaces. J.Environ. Eng.121 (10). 706-711.
22. Fourest E. and Roux J.C.(1992) Heavy metal Biosorption by fungal mycelial by-products :mechanisms