Archive of SID

فصلنامه علوم زیستی دانشگاه آزاد اسلامی واحد زنجان
شماره پیاپی ۱۱، جلد ۴، شماره ۴، پاییز ۸۹، صفحه ۵۱ تا صفحه ۶۰

حذف فلزات سنگین با استفاده از میکروارگانیسم‌ها

نجمه یارکه سلخوری[۱]، **ناصر قائمی**[۲]، اشراف السادات نوحی[۳]

۱- کارشناس ارشد گروه میکروبیولوژی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه آزاد واحد علوم و تحقیقات تهران.
۲- استادیارگروه میکروبیولوژی، دانشکده بیوتکنولوژی، دانشگاه تهران. N_ Ghaemi@yahoo.com
۳- استادیارگروه میکروبیولوژی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه آزاد واحد علوم و تحقیقات تهران.

تاریخ دریافت:۸۹/٤/۲۵ تاریخ پذیرش:۸۹/۹/۳

چکیده

امروزه آلودگی فلزات سنگین به یکی از مهم‌ترین مشکلات محیط زیست تبدیل شده است. از بین یون‌های فلزات سنگین، فلز سرب برای اکوسیستم و سلامت انسان خطرناک بوده و مشخص شده است که به راحتی در میکروارگانیسم‌ها تجمع می‌یابد. سرب از طریق آب و غذا و هوا وارد بدن انسان شده و در استخوان‌ها به جای کلسیم تجمع یافته و روی سیستم عصبی و در ساخت هموگلوبین اثر می‌گذارد. یکی از روش‌های زدودن سرب از محیط، جذب زیستی است. مخمر ساکارومایسس سرویزیه یکی از میکروارگانیسم‌های مناسب برای این کار است. به وسیله روش‌های شناسایی موجود برای مخمر از نمونه‌های پساب صنعتی ٤ نوع سویه ساکارومایسس سرویزیه جدا شد. از روش پومپل و همکاران و اسپکتروفتومتری جذب اتمی به ترتیب برای بررسی میزان جذب به صورت کیفی و کمی استفاده گردید و به واسطه این روش‌ها بهترین سویه جذب کننده فلز انتخاب شد. فاکتورهای موثر در جذب زیستی مانند غلظت اولیه فلز، pH و غیره بررسی گردید. بیشترین میزان جذب به وسیله مخمر در زمان تماس ۲ ساعت، غلظت فلز سرب ۵۰۰ppm و در pH ٤/۵، ۶۵/۱ $mg\ g^{-1}dw$ مشاهده شد. میزان جذب توسط سلول‌های تثبیت شده در مقایسه با سلول‌های آزاد افزایش یافت.

کلید واژه: سرب، مخمر، تثبیت.

مقدمه

فلزات سنگین در عرصه جذب زیستی در سه دسته: فلزات سمی (مانند Hg,Pb,Zn,Cr,Cd,As,Co,Sn و غیره)، فلزات قیمتی (مانند Pd,Pt,Ag,Au و غیره)، رادیو نوکلئویدس (مانند U,Ra,Am و غیره)، که معمولا وزن مخصوص‌شان بالاتر از۵ گرم بر سانتی متر مکعب است، طبقه بندی می‌شوند (۵،۲۴). سرب فلزی نرم و سنگین به رنگ آبی مایل به خاکستری است. فلز سرب توسط انواع صنایع مانند سرامیک سازی، شیشه‌سازی، صنایع نساجی، باتری سازی، ساخت گلوله‌های سربی برای ریختن حروف چاپ و غیره وارد محیط می‌شود (۳). سرب از طریق هوا، آب و غذا وارد بدن انسان می‌شود. به نظرمی‌رسد که آثار و علایم سمومیت با سرب مربوط به توانایی آن برای چسبیدن به گروه سولفیدریل پروتئین‌ها باشد. آنزیم‌های متعدد لازم برای تولید هم (Heme) به وسیله این ماده مهار می‌شوند. هم چنین سرب پیریمیدین ۵ ـ نوکلئوتیداز (موثر در شکستن RNA) را غیر فعال کرده، و در نتیجه باعث تجمع RNA ریبوزومی می‌گردد. سرب از تولید ۱ و ۲۵- دی هیدروکسی ویتامین D جلوگیری می‌کند. اولین اعضایی که تحت تاثیر سرب قرار می‌گیرند، مغز، دستگاه عصبی محیطی، مغز استخوان، کلیه، و کبد هستند(۱). به علت افزایش مصرف و ثابت ذاتی بالا، آلودگی فلزات سنگین امروزه به یکی از مهم‌ترین معضلات محیط زیست تبدیل شده است. روش‌های متعارف برای زدودن یون‌های فلزی از محلول‌های مایع به

www.SID.ir

Archive of SID

تفصیل مطالعه شده است، به عنوان مثل ته نشینی شیمیایی (chemical precipitation)، تعویض یونی (ion exchange)،تصفیه الکتروشیمیایی (electrochemical treatment)، تکنولوژی‌های غشائی (membrane technologies)، جذب روی کربن فعال (adsorption on activated carbon) و غیره.

اما روش ته نشینی شیمیایی و عملیات الکتروشیمیایی بی‌نتیجه هستند، به خصوص هنگامی که غلظت یون فلزی در محلول مایع کمتر از ۱ تا ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر باشد، هم چنین آن‌ها مقدار زیادی لجن را که با اشکالات فراوانی همراه است را تولید می‌کنند. تبادل یونی، تکنولوژی‌های غشائی و فرآیند جذب کربن فعال به شدت گران می‌باشند، مخصوصا هنگام جمع شدن مقدار زیادی آب و فاضلاب حاوی فلز سنگین در غلظت کم، از این رو آن‌ها نمی‌توانند در مقیاس بزرگ استفاده شوند. فرآیند دیگر جذب زیستی می‌باشد، که مواد طبیعی مختلف با منشا بیولوژیکی را مورد استفاده قرار می‌دهد، مانند باکتری، قارچ، مخمّر، جلبک و غیره. این جذب کننده‌های طبیعی می‌توانند غلظت یون‌های فلزی سنگین موجود در محلول را از میزان ppb تا ppt کاهش دهند. آن‌ها به طور موثر می‌توانند یون‌های فلز منحل شده را از محلول‌های رقیق پیچیده با راندمان بالا به سرعت جدا کنند. بنابراین جذب زیستی یک انتخاب مناسب برای تصفیه فاضلاب کمپلکس با حجم بالا و غلظت کم است (۵،۲۴).

جذب فلزات سنگین توسط سلول‌های میکروبی نتیجه مکانیسم‌های جذب زیستی و تجمع زیستی است. اصطلاح جذب زیستی، قابلیت بیوماس زنده، غیر فعال و مرده در متصل شدن به فلزات سنگین یا آلاینده‌های موجود در محلول‌های رقیق تعریف کردند.عمدتا مسئول این خاصیت دیواره سلولی است. اصطلاح تجمع زیستی، به به وجود آوردن جذب به طور متابولیکی توسط سلول‌های زنده فعال مربوط است. گزارش شده تجمع زیستی فلزات سنگین در سلول‌های مخمر از طریق دو مرحله است. اولین مرحله سریع و غیر وابسته به متابولیسم است و مستلزم اتصال به سطح دیواره سلولی است. در غالب موارد قابلیت اتصال فلز ساکارومایسس سرویزیه و قارچ به بار الکتریکی نسبت داده می‌شود که از تفکیک به طور ضعیف گروه‌های اسیدیک کربوکسیل و دیگر گروه‌های عملکردی مانند گروه‌های آمینو سازنده دیواره سلولی به وجود آوردند. دومین مرحله جذب آهسته‌تر و وابسته به متابولیسم، اندوختن مقادیر زیادتری از کاتیون‌های فلزی، نسبت به جذب زیستی توسط بیومس غیر زنده است. به هر حال فلزات سنگین برای میکرو ارگانیسم‌ها سمی هستند به علت میل ترکیبی زیاد شان به ایجاد کمپلکس با اجزاء تشکیل دهنده غشاء باعث آسیب به یک پارچگی و کاهش عملکردش می‌شود (۲۲). مخمرها به دلیل بقاء و رشد در مکان‌های آلوده به فلزات سنگین و ظرفیت بالای اتصال فلز به دیواره سلول و میزان بالای جذب درون سلولی، نسبت به سایر میکروارگانیسم‌ها برای حذف فلزات سنگین از ارجحیت برخودار هستند(۹).هدف از این تحقیق بررسی حذف فلزات سنگین توسط میکروارگانیسم می‌باشد.

مواد و روش‌ها

میکروارگانیسم و شرایط رشد

از پساب کارگاه سفید کاری مس، آب ورودی به تصفیه خانه فاضلاب، آب جوی کنار پمپ بنزین در شهر قم و پساب حاوی سرب ازکارخانه‌ای واقع در شهر صنعتی البرز قزوین نمونه گیری انجام شد. از هر نمونه رقت ۱ تا 10^{-9} تهیه و سپس از هر رقت ۱۰۰ میکرو لیتر برداشته و در پلیت‌های حاوی محیط اختصاصی سابورود دکستروز آگار کشت داده و در انکوباتور با دمای ۲۸ درجه سانتی گراد به مدت ۲۴ ساعت گرما گذاری گردید، سپس کلنی‌های پلیت‌ها مورد بررسی قرار گرفت. از کلنی‌ها، کلنی‌های محدب، دارای سطح صاف، کناره کامل، کدر، مات یا براق، با قوام کره‌ای و به رنگ کرم لام تهیه و در زیر میکروسکوپ سلول‌های بیضی شکلی با جوانه‌های چند قطبی مشاهده گردید. برای شناسایی مخمر ساکارومایسس

www.SID.ir

Archive of SID

سرویزیه علاوه بر بررسی ویژگی‌های ماکروسکوپی و میکروسکوپی از تست تخمیر کربوهیدرات هم استفاده شد (۸،۹،۲۰).

قابلیت تخمیر کربوهیدرات

برای تست تخمیر از محیطی که حاوی پپتون، عصاره مخمر، برومو تیمول بلو (محلول ۱/۶٪)، محلول کربوهیدرات استفاده گردید. قندهای گلوکز، D-گالاکتوز، مالتوز، ساکاروز، ترهالوز، لاکتوز، سلوبیوز، اینولین، نشاسته، گزیلوز به کار برده شد.

بررسی میزان جذب

ابتدا از کشت تازه سویه‌های مخمر کشت پانچی روی محیط سابورود دکستروز آگار تهیه و پلیت‌ها به مدت۲۴ساعت ۲۸ درجه سانتی گراد درگرماگذاری شدند. بعد از زمان مذکور روی پلیت‌ها محلول استریل آگار۲٪ حاوی ۱۵ میکرو مولار سرب اضافه و به مدت۲۴ ساعت در۲۸ درجه سانتی گراد گرماگذاری گردید. بعد از زمان فوق الذکر پلیت‌ها را به صورت افقی و بدون درب درون دسیکاتور حاوی ظرفی که مقداری HCl ۱۰٪ و ۳ گرم سولفید سدیم بوده قرار داده شد. به علت واکنش HCl با سولفید سدیم دسیکاتور از گاز H_2S اشباع گردید. گاز H_2S حاصل با سرب واکنش داده و رسوب سیاه رنگ PbS تولید گردید. بعد از یک ساعت مجاور سازی در اطراف کلنی‌های سویه که توانایی جذب سرب داشتند هاله شفاف و آن‌های که توانایی جذب فلز را نداشتند رسوب سیاه رنگ PbS ظاهر شد. با این روش بهترین سویه‌ها جذب کننده فلز سرب جدا گردید(۱۸،۱۹).

در روش کمی ۰/۵ گرم از رسوب ۵ سویهء مخمر که معادل با ۰/۱ گرم وزن خشک بود، به طور جداگانه به ارلن‌هایی که حاوی ۵۰ میلی لیتر محلول نیترات سرب (II) با رقت ppm۱۰۰ و pH در حدود۴/۵ اضافه و به مدت ۲ ساعت در شیکر انکوباتور با حرکت دورانی معادل با ۱۲۰ rpm و دمای۲۸ درجه سانتی گراد گرماگذاری شد. پس از گذشت زمان مذکور، نمونه‌های در ۴۰۰۰ rpm به مدت ۱۰ دقیقه در ۴ درجه سانتی گراد سانتریفیوژ و غلظت فلز در فاز رویی حاصل از سانتریفیوژ هر یک از سویه‌ها به منظور بررسی میزان جذب سرب، توسط دستگاه اسپکتروفتومتر جذب اتمی مورد سنجش قرار گرفت (۷).

محاسبه میزان جذب فلز سرب

جهت محاسبه میزان جذب فلز سرب توسط بیومس سویه‌های مخمر ساکارومایسس سرویزیه در طی تمامی آزمایش‌ها، بر طبق معادله $q = V(Ci-Cf) / S$ عمل شد. که q میزان جذب فلز توسط بیومس(mg/g)، Ci غلظت اولیه یون سرب در محلول (mg/l)، C_f غلظت نهایی یون سرب در محلول(mg/l)، V حجم محلول فلزی که با بیومس مجاور سازی شده(l)، S مقدار بیومس اضافه شده بر مبنای وزن خشک (گرم)است(۶).

بررسی فاکتورهای محیطی بر جذب فلز سرب

اثر pH بر جذب فلز سرب

برای این منظور ابتدا محلول فلزی سرب در محدوده۵/۵ pH-۲/۵ تهیه و به علت رسوب یون‌های سرب در مقادیر بالاتر pH آزمایش‌ها در مقادیر بالاتر pH انجام نشد.این آزمایش برای تمام pHها در شرایط کاملاً یکسان از نظر درجه حرارت(۲۸ درجه سانتی‌گراد =T)، دور شیکر ـ انکوباتور (۱۲۰ rpm) انجام شد. بعد از پایان زمان مجاورت در هر آزمایش، با همان شرایط هر نمونه سانتریفیوژ و میزان فلز باقی مانده در محلول توسط اسپکتروفتومتر جذب اتمی تعیین گردید (۱۴).

اثر غلظت‌های مختلف محلول سرب

غلظت‌های مختلف سرب ۵۰، ۱۰۰، ۲۵۰،۵۰۰ ppm را در ۵۰ میلی لیتر محلول فلزی ریخته و آن را به حجم ۲۵۰ میلی لیتر رسانده ودر دمای۲۸ درجه سانتی گراد، دور شیکر ـ انکوباتور (۱۲۰ rpm) و ۴/۵pHتهیه شد.

تثبیت ساکارومایسس سرویزیه توسط حامل‌های مختلف

تثبیت سلول مخمر درون آگار

برای تثبیت سلول درون ژل آگار، ابتدا محلولی از

www.SID.ir

Archive of SID

آگار (آگار در آب دیونایز) با غلظت ۳٪ ساخته، سپس محلول استریل گردید. بعد از سرد شدن محلول آگار به آن سوسپانسیون مخمر ۵٪ اضافه و سپس مخلوط را درون پلیت استریل ریخته و پلیت در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد. بعد از بستن ژل آن را توسط تیغ استریل به ابعاد ۵ میلی متر برش داده شد (۲۱).

سپس تکه‌های حاوی سویه مخمر را در درون ارلن استریل که حاوی ۵۰ میلی لیتر محلول ۵۰۰ ppm سرب است ریخته و آن را درون شیکر ـ انکوباتور با دور ۱۲۰ rpm و دمای ۲۸ درجه سانتی گراد به مدت ۲ ساعت قرار داده شد. بعد از پایان زمان مجاورت در هر آزمایش، تکه‌ها توسط کاغذ صافی جمع‌آوری شده و سپس محلول باقی مانده در نمونه پس از تهیه رقت مناسب به منظور سنجش میزان جذب سرب توسط دستگاه اسپکتروفتومتری جذب اتمی مورد بررسی قرار گرفت.

تثبیت سلول مخمر درون آلژینات کلسیم

در این آزمایش، محلول سدیم آلژینات ۳٪ w/v تهیه شد. سپس محلول آلژینات سدیم با سوسپانسیون مخمر ۵٪ مخلوط و هم زده تا یکنواخت گردد. مخلوط آلژینات ـ سلول با استفاده از سرنگ ۲۰ میلی لیتر به آرامی ۲۰ میلی لیتر به داخل محلول ۰/۲ مولار کلرید کلسیم چکانده شد. گویه‌های تشکیل شده برای ۲ ساعت در محلول باقی مانده تا پایدار شوند. و بعد از زمان مذکور گویه‌ها توسط آب دیونایز استریل دوبار شستشو داده تا کلسیم آزاد شسته شود. میانگین اندازه بیدها ۳ میلی متر بود(۲۱). گویه‌های حاوی سلول‌های مخمر را درون ارلن استریل که حاوی ۵۰ میلی لیتر محلول ۵۰۰ ppm سرب ریخته و آن را درون شیکر ـ انکوباتور با دور ۱۲۰ rpm و دمای ۲۸ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲ ساعت قرار داده شد. بعد از پایان زمان مجاورت در هر آزمایش، گویه‌ها توسط کاغذ صافی جمع‌آوری شده و به منظور سنجش میزان جذب سرب از دستگاه اسپکتروفتومتری جذب اتمی استفاده شد.

نتایج

همه سویه‌های جدا شده ساکارومایسس دارای کلنی‌های به قطر متوسط ۳ میلی متر، محدب، دارای سطح صاف، کناره کامل، کدر، مات یا براق، با قوام کره‌ای و به رنگ کرم بودند. با کهنه شدن کشت، رنگ کلنی از کرم روشن به کرم مایل به قهوه‌ای تغییر کرد (شکل ۱) و در زیر میکروسکوپ نوری سلول‌های کروی یا بیضوی تک یا دارای جوانه مشاهده شد (شکل ۲).

همگی سویه‌ها جدا شده تحت شرایط نیمه بی‌هوازی قادر بودند فقط گلوکز را تخمیر و گاز دی اکسید کربن تولید کنند(جدول ۱).

در اطراف کلنی سویه‌هایی که توانایی جذب سرب داشتند هاله شفاف و آن‌های که توانایی جذب فلز را نداشتند رسوب سیاه رنگ PbS مشاهده شد(شکل ۳) و از بین سویه‌های جدا سازی شده، سویه شماره ۱ بیشترین میزان جذب را نشان داد (جدول ۲).

با بررسی نتایج به دست آمده از اسپکتروفتومتری جذب اتمی مشخص گردید که با افزایش pH از ۲/۵ به ۴/۵ میزان جذب افزایش یافت، به طوری که بیشترین میزان جذب فلز سرب در pH ۴/۵ مشاهده شد. در مقادیر pH>۴/۵ میزان جذب کاهش یافت (نمودار ۱).

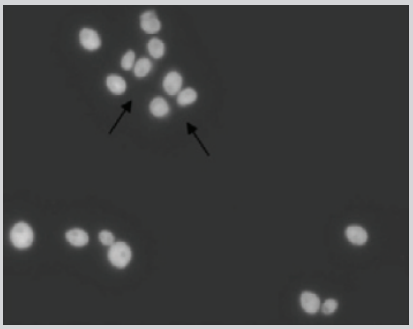
با بررسی نتایج به دست آمده مشخص گردید که میزان جذب سرب توسط سویه (۱) با افزایش زمان تماس از ۰/۵ تا ۲ ساعت میزان جذب به سرعت افزایش یافت، در حالی که با طولانی شدن زمان تماس از ۲۴-۲ ساعت به تدریج بر میزان جذب افزوده گردید(نمودار ۳).

در این تحقیق میزان جذب سرب به وسیله ساکارومایسس سرویزیه آزادکمتر از تثبیت شده با آگار و تثبیت شده با آگار کمتر از آلژینات کلسیم گزارش گردید (جدول ۳).

www.SID.ir

Archive of SID

شکل ۱- کلنی‌های ساکارومایسس سرویزیه در محیط کشت SDA



شکل ۲- مخمر جوانه زده

جدول ۱- قابلیت تخمیر کربوهیدارت‌ها توسط سویه‌های جدا شده

قابلیت تخمیر	گلوکز	D- گالاکتوز	لاکتوز	ساکاروز	نشاسته	سلوبیوز	مالتوز	ترهالوز	اینولین	گزیلوز
سویه شماره۱ (سویه جداشده از کارخانه در قزوین)	+	–	–	–	–	–	–	–	–	–
سویه شماره۲ (سویه جداشده از تصفیه خانه)	+	–	–	–	–	–	–	–	–	–
سویه شماره۳ (سویه جداشده از سفید کاری مس)	+	–	–	–	–	–	–	–	–	–
سویه شماره ٤ (سویه جداشده از پمپ بنزین)	+	–	–	–	–	–	–	–	–	–

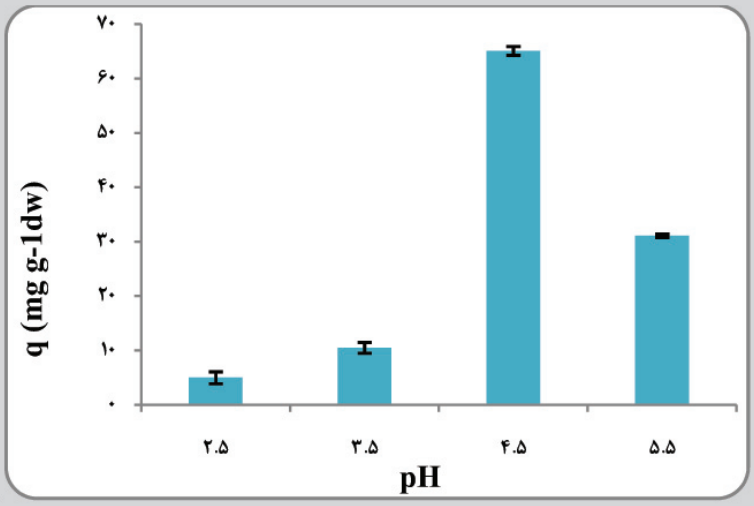
www.SID.ir

Archive of SID

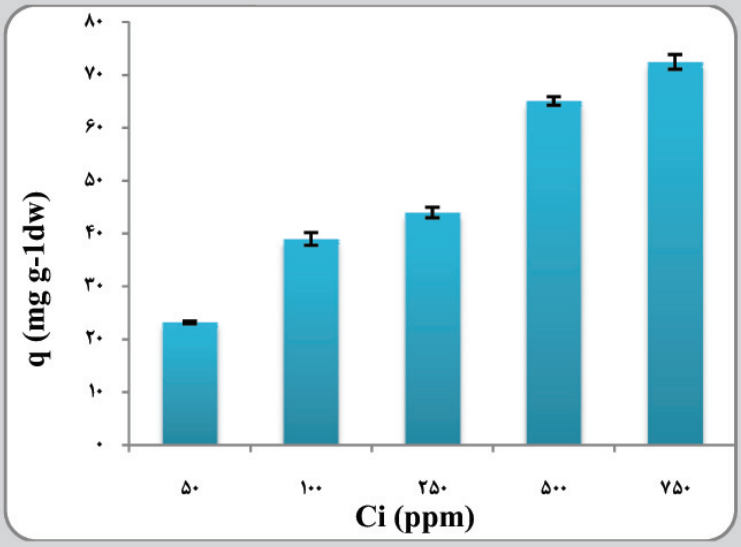
شکل ۳ - سویه‌هائی که توانایی و عدم توانایی جذب فلز سرب را دارند

جدول ۲- میزان جذب سرب توسط سویه‌های جدا شده از پساب برای غلظت ۱۰۰ ppm سرب

نمونه	سویه شماره ۱	سویه شماره ۲	سویه شماره ۳	سویه شماره ٤
میزان جذب ($mg\ g^{-1}dw$)	٤٨	٨,٧٥	٦,٥	٥,٩



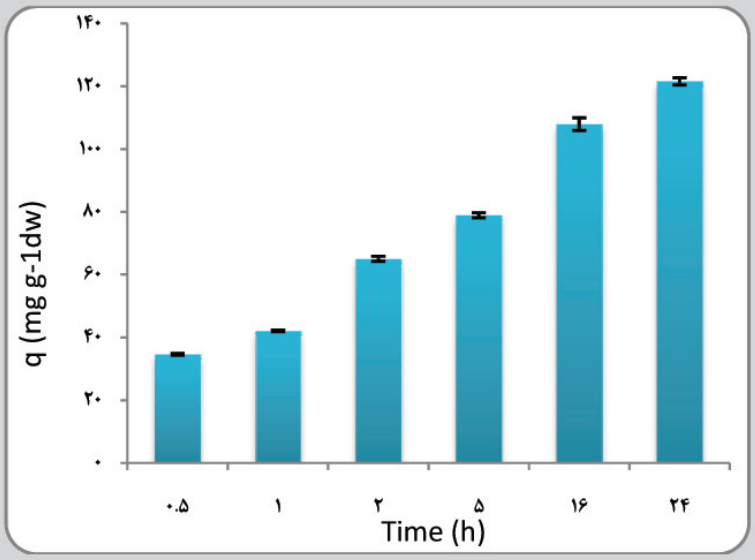
نمودار ۱- اثر pHهای مختلف بر روی جذب یون سرب به وسیله سویه (۱)
(دما؛ ۲۸C°، زیست توده؛ ۰/۱gdw، غلظت محلول سرب؛ ۵۰۰ ppm، دوره شیکر؛ ۱۲۰ rpm)



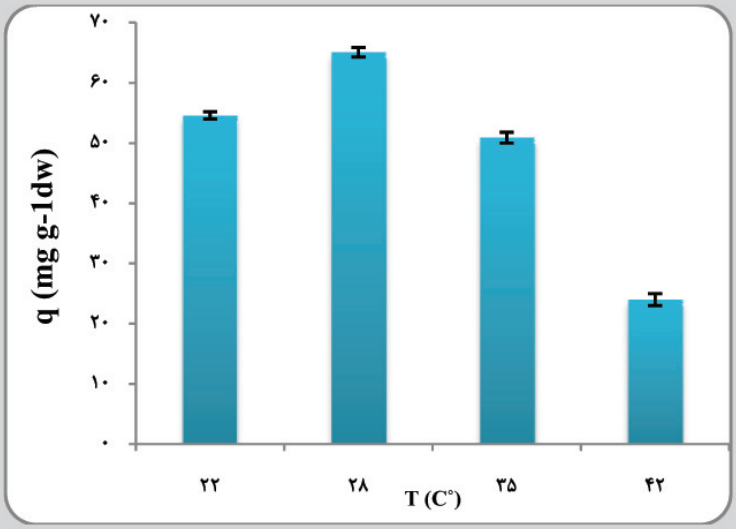
نمودار۲- اثر غلظت‌های مختلف محلول سرب بر روی جذب یون‌های سرب به وسیله سویه (۱)
(دما؛ ۲۸C°، pH ٤/٥، زیست توده؛ ۰/۱gdw)

www.SID.ir

Archive of SID



نمودار۳- اثر زمان‌های تماس مختلف بر روی جذب یون سرب بوسیله سویه (۱)



نمودار٤- اثر دماهای مختلف بر روی جذب یون سرب به وسیله سویه (۱)

جدول ۳ - میزان جذب و درصد جذب فلز سرب در سلول‌های تثبیت شده در آلژینات، آگار و آزاد در زمان تماس۲ ساعت

نوع مخمر	تثبیت شده	آزاد	آلژینات
میزان جذب فلز ($mg\ g^{-1}dw$)	۱۶۴	۶۵/۱	–
	–	۶۵/۱	۱۴۵/۲۵

www.SID.ir

Archive of SID

بحث و نتیجه گیری

پومپل و همکاران (۱۹۹۸) برای ایزوله باکتری‌های جذب کننده نقره از روش کیفی استفاده و اطراف کلنی باکتری‌های که توانایی جذب فلز نقره را داشتند هاله شفاف باریک ناشی از جذب فلز نقره مشاهده کردند (۱۸). در این تحقیق در اطراف کلنی سویه‌های جدا شدهٔ که توانایی جذب سرب را داشتند هاله شفاف مشاهده گردید.مشخص گردیده که با افزایش pH از ۲/۵ به ۴/۵ میزان جذب افزایش یافت، به طوری که بیشترین میزان جذب فلز سرب در pH ۴/۵ مشاهده شد. در مقادیر pH>۴/۵ میزان جذب کاهش یافت. در pHهای پایین میل ترکیبی یون‌های هیدرونیوم $[H_3O^+]$ پروتون به لیگاندهای دیواره سلولی نسبت به یون‌های فلزی زیادتر می‌باشد، در حالی که در pH بالاتر مانند ۵، میل ترکیبی کاتیون‌های دی‌والانت مثبت فلزی نسبت به پروتون بیشتر است (۱۵). در مقادیر بالاتر از pH ۵/۵ به علت افزایش غلظت یون‌های OH در محلول، سرب به صورت $Pb(OH)_2$ رسوب می‌کند. با توجه به آن چه گفته شد با افزایش pH سیستم جذب توانایی جذب کاتیون‌های فلزی افزایش می‌یابد، البته این افزایش به صورت یک رابطه خطی نمی‌باشد. از طرف دیگر، مقادیر بالای pH می‌تواند باعث ته‌نشینی کمپلکس‌های فلزی شود بنابراین باید در طول آزمایش از افزایش pH جلوگیری شود(۲۶). K.Parvathi و همکاران طی بررسی بر روی جذب زیستی سرب از پساب کارخانجات باتری سازی به وسیله مخمر ساکارومایسس سرویزیه مشاهده کردند که با افزایش میزان pH محلول فلز میزان جذب یون‌های سرب نیز بیشتر شد، بهترین جذب فلز درpH ۵ به دست آمد، ولی درمقادیر pH>۵ میزان جذب کاهش یافت (۱۷). با افزایش غلظت اولیه یون فلزی اثر نیرو گرادیان غلظت یون فلزی نیز افزایش می‌یابد. اگر غلظت یون‌های فلزی در محلول زیادتر شود، سایت‌های فعال مخمر به وسیله یون‌های فلزی بیشتری احاطه می‌گردد، در نتیجه فرایند جذب بیشتر انجام می‌شود. با توجه به آن چه گفته شد میزان جذب فلز با افزایش غلظت‌های اولیه یون‌های فلزی افزایش می‌یابد. با افزایش غلظت محلول فلز سرب از ۵۰۰ppm به۷۵۰ ppm میزان جذب فلز به مقدار کمی افزایش یافته که احتمالا مخمر در حضور عنصر سمی سرب قسمتی از توانایی جذب خود را از دست می‌دهد و یا این که به طور کامل این توانایی از بین می‌رود و بدین ترتیب جذب سرب از طریق مکانیسم تجمع زیستی حذف خواهد شد. Cabuk و همکاران (۲۰۰۷) نشان دادند که با افزایش غلظت یون‌های سرب از ppm ۲۵۰-۷۵ میزان جذب فلز سرب به وسیله ساکارومایسس سرویزیه تثبیت شده افزایش یافته، اما با افزایش غلظت یون‌های سرب از ۲۵۰-۳۵۰ppm میزان جذب فلز به مقدار جزیی افزایش داشت (۵).

Suh و همکاران فرایند تجمع یون‌های سرب در ساکارومایسس سرویزیه به وسیله میکروسکوپ الکترونی TEM بررسی و مشاهده کردند که تجمع سرب در ابتدا خیلی سریع بوده به طوری که اتصال سرب به سطح دیواره و غشاء سلول بعد از چند دقیقه شروع شد. بعد از ۵۰ دقیقه تجمع سرب روی دیواره و غشاء سلول مشاهده گردید (نفوذ سرب از طریق غشاء سیتوپلاسمی به آهستگی انجام می‌شود). سرب بعد از ۲ ساعت به طور کامل به درون سیتوپلاسم نفوذ کرده، به طوری که بعد از۲ ساعت به مقدار زیادی سرب در سیتوپلاسم تجمع یافته بود. همه سلول‌های ساکارومایسس سرویزیه بعد از ۵ روز با سرب پوشیده شده بودند، به طوری که تشخیص ارگانل‌های داخل سلول غیر ممکن بود (۲۳). فاکتور دما (در محدود دمای مشخص) روی جذب زیستی یون‌های فلزی تاثیر دارد. واکنش‌های جذب به طور طبیعی گرمازا هستند بنابراین با کاهش دما توانایی جذب زیستی افزایش می‌یابد(۱۱). هنگامی که دما خیلی بالا است، به علت واپیچش بعضی از سایت‌های اتصال فلز موجود در سطح سلول، جذب فلز کاهش می‌یابد(۱۰). معمولا به علت هزینه بالا بهره‌برداری

www.SID.ir

Archive of SID

فرایند جذب زیستی در دمای بالا انجام نشده است(۲۸). Ozer و Ozer (۲۰۰۳) گزارش کردند که ماکزیمم تعادل جذب زیستی برای یون‌های Pb(II), Ni(II) و Cr(VI) توسط ساکارومایسس سرویزیه غیر فعال شده در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد حاصل گردید. کاهش در توانایی جذب در دما بالا ۲۵تا۴۰ درجه سانتی‌گراد نشان داد که فرایند جذب زیستی برای یون‌های فلزی ذکر شده توسط ساکارومایسس سرویزیه گرمازا است (۱۶).تثبیت درون آگار باعث افزایش میزان جذب فلز سرب توسط ساکارومایسس سرویزیه گردید. بدیهی است که اگر قابلیت جذب فلز تنها فاکتوری باشد که باید بررسی شود آگار بهترین حامل برای تثبیت ساکارومایسس سرویزیه بود. ولی برای استفاده در مقیاس صنعتی فاکتورهای دیگری مانند مقاومت مکانیکی و غیره هم مهم هستند پس در نتیجه آگار حامل مناسبی در مقیاس صنعتی نمی‌باشد. میزان جذب فلز توسط ساکارومایسس سرویزیه تثبیت شده درون آلژینات کلسیم نسبت به آگار کمتر بود ولی به علت مقاومت مکانیکی بالاتر آلژینات کلسیم این حامل برای استفاده در مقیاس صنعتی بهتر می‌باشد. Liu و همکاران بیان کردندکه میزان جذب Am^{241} به وسیله ساکارومایسس سرویزیه تثبیت شده با حامل‌های مختلف در زمان تماس ۲ ساعت به ترتیب زیر بود: آگار> آلژینات کلسیم > پلی آکریل آمید (۱۲).

منابع

۱- پژومند، عبدالکریم.، شریعتی تربقانی.، انوشه. ۱۳۷۷. تشخیص و درمان مسمومیت‌ها. انتشارات چهره، تهران. صفحات ۲۵۳-۲۵۴.

۲- صعودی، محمدرضا. ۱۳۷۷.مبانی و آزمون‌های فرایندهای تخمیری. انتشارات دانشگاه الزهرا.تهران. صفحات ۹۰-۶۰

3. Bahadir, T., Bakan, G. , Altas, L. (2007). The investigation of lead removal by Biosorption: An application at storage battery industry wastewaters. Enzyme and Microbial Technology, 41; 98-120.

4. Barnett, J.A.,Payne, R.W., Yarrow, D. (2000). Yeasts: Characteristics and Identification, Third Edition. Cambridge University Press, 1123pp.

5. Bishop, P.L.(2002). Pollution prevention: fundamentals and practice. Beijing: Tsinghua University Press.

6. Cabuk, A., Akar, T.T. S., Gedikli, S. (2007) . Biosorption of Pb (II) by industrial strain of *Saccharomyces cerevisiae* immobilized on the biomatrix of cone biomass of Pinus nigera: Equilibrium and mechanism analysis. Chemical Engineering Journal, 131; 293-300.

7. Deng, L., Su.Y., Su, H. , Wang. X. , Zhu,X. (2006). Biosorption of copper (II) and lead (II) from aqueous solutions by non-living green algae *Cladophora* f ascicularis: Equilibrium, kinetics and environmental effects. Adsorption, 12;267–277.

8. Esposito, A., Pagnanelli, F., Veglio, F. (2002). pH-related equilibria models for biosorption in singlemetal systems. ChemEng Sci, 57;307–13.

9. Goksungur, Y., Uren, S., Guvence, U. (2005). Biosorption of cadmium and lead ions by ethanol treated waste baker's yeast biomass. Bioresource Technology, 96; 103-109.

10. Goyal, N., Jain, S.C., Banerjee, U.C.(2003). Comparative studies on the microbial adsorption of heavy metals. Adv En-

www.SID.ir

Archive of SID

viron Res,7;311–319.

11. Kapoor, A.,Viraraghavan,T.(1997). Fungi as biosorption. In:Wase DAJ, ForsterCF, editors. Biosorbents for Metal Ions. London, UK: Taylor & Francis, 67–85.

12. Liu, N., Liao, J., Luo, S., Yang ,Y., Jin, J., Zhang, (2003). Biosorption of 241Am by immobilized *Saccharomyces cerevisiae*. Journal of Radio analytical and Nuclear Chemistry, 258(1);59-63.

13. Lu ,Y.M., Wilkins, E. (1996). Heavy metal removal by caustic-treated yeast immobilized in alginate. J Hazard Mater, 49;165–179.

14. Mihova, St., Godjevargova, T. (2000). Biosorption of heavy metals from aqueous solutions. Journal of Interational Reseacher Publication,1311-8978.

15. Norton,S., Amore, T. (1994). Physiological effects of yeast cell immobilization. Application for brewing, 16; 365-376.

16. Ozer A, Ozer, D. (2003). Comparative study of the Biosorption of Pb(II), Ni(II) and Cr(VI) ions into *S.cerevisiae*: determination of Biosorption heats. J Hazard Mater B, 100; 219-29.

17. Parvathi, K. , Nagendran, R., Nareshkumar, R. (2007). Lead biosorption onto waste beer yeast by-product, a means to decontaminate effluent generated from battery manufacturing industry. Electronic Journal of Biotechnology , 10 (1).

18. Pomple, T., Pernfub, B., Pigher, B., Schinner, F.(1998). A rapid screening method for the isolation for the isolation of metal accumulating microorganisms. Journal of industrial microbiology, 14; 213-217.

19. Ramsay, L.M., Gadd, G.M. (1997). Mutants of *Saccharomyces cerevisiae* defective in vacuolar function confirm a role for the vacuole in toxic metal ion detoxification. FEMS Microbiol Lett, 152(2);293–298.

20. Ronald, M. A. (2004).Hand book of Microbiological Media. 3th edition. CRC, Press. P 1178.

21. Sathyanarayana, N.G., Ganesh, K.B., Devarai, S. (2009). Enhanced degradation of caffeine by immobilized cells of *Pseudomonas sp*. in agar-agar matrix using statistical approach. Biochemical Engineering Journal, 44;136-141.

22. Skountzou, P., Soupioni, M. (2003). Lead (II) uptake during baker s yeast production by aerobic fermentation of molasses. Process Biochemistry, 38; 1479-1482.

23. Suh, J.H., Kim, D.S., Yun, J.W., Song, S.K. (1998). Process of Pb2+ accumulation in *Saccharomyces cerevisiae*. Biotechnol Lett, 20(2);153–156.

24. Veglio, F., Beolchini, F.(1997). Removal of metals by Biosorption: a review. Hydrometallurgy, 44;301-316.

25. Volesky, B. (1990 a). Biosorption and biosorbents. In: Volesky B, editor. Biosorption of heavy metals. Florida: CRC press; 3-5.

26. Volesky, B. (1990 b). Biosorption by fungal biomass. In: Volesky B, editor. Biosorption of heavy metals. Florida: CRC press; 140-171.

27. Wang, J.L.(2002 a).Immobilization techniques for biocatalysts and water pollution control. Beijing: Science Press [in Chinese].

28. Wang, J.L. (2002b). Immobilization techniques for biocatalysts and water pollution control. Beijing: Science Press. [in Chinese].

www.SID.ir