مجله دنیای میکروب ها
سال دوم، شماره یک، ۱۳۸۸
صفحات ۳۰ ـ ۲۳

Original Article

مقایسه جذب بیولوژیک فلز سنگین روی به وسیله چهار نوع بیوماس میکروبی (لجن فعال) به منظور تصفیه بیولوژیک فاضلاب‌های صنعتی

دکتر آزیتا خسروان*[۱]، جاوید امینی [۲]، سمیرا سرسالاری [۳]، الهام روحانیان [۴]

[۱]عضو هیئت علمی مرکز بین المللی علوم و تکنولوژی پیشرفته و علوم محیطی، [۲]کارشناس ارشد بخش میکروب شناسی پژوهشکده تعلیم و تربیت کرمان،
[۳]کارشناس شیمی شرکت پوریا طعم، [۴]کارشناس شیمی شرکت برنا معین

چکیده

سابقه و هدف: فعالیت های صنعتی و کشاورزی باعث رها شدن عناصر سنگین سمی در محیط می شوند که می تواند یک خطر بزرگ برای اکوسیستم و سلامتی بشر باشد. امروزه به استفاده از بیوماس میکروبی برای حذف فلزات سنگین از محلول های آبی توجه زیادی شده است. هدف از این پژوهش، بررسی توانائی جذب فلز سنگین روی توسط چهار توده زیستی متفاوت (لجن فعال سیستم های تصفیه فاضلاب صنایع شیر، نوشابه گازدارغیر الکلی، روغن نباتی و کشتارگاه صنعتی طیور) وتعیین شرایط بهینه pH به منظور حذف این فلز از پسابهای صنعتی می‌باشد.

مواد و روش ها: مقادیر متفاوتی لجن فعال صنایع یادشده به ۲۵۰ میلی لیتر محلول با غلظت مشخص روی اضافه شد و در زمان‌های مختلف، غلظت روی در آن با روش جذب اتمی اندازه گیری شد. این آزمایش با محلول هایی دارای pH های ۴، ۵ و ۶/۵ همگی با تقریب ۰/۲± تکرار شد.

یافته ها: ۳۰ میلی لیتر لجن فعال کارخانه های نوشابه گازدار غیرالکلی، روغن نباتی، شیر و کشتارگاه صنعتی طیور در مدت ۱۵۰ دقیقه به ترتیب ۸۲٪، ۳۳/۴٪، ۴۸/۹٪ و ۵۱/۵٪ غلظت اولیه روی را در محلول کاهش دادند. مقایسه توانایی جذب روی توسط لجن فعال هر نمونه صنعتی در دامنه های مختلف pH نشان داد که لجن فعال صنایع نامبرده در pH ۶/۵ بیشترین توانائی جذب روی را دارد.

نتیجه گیری: با توجه به ارزان بودن سوبسترای لجن فعال و در دسترس بودن آن، از این ماده می‌توان به منظور حذف فلز روی از پساب‌ها و تصفیه آنها استفاده نمود. همچنین با تنظیم pH اولیه محلول می توان راندمان حذف روی را از محلول در تصفیه پساب ها افزایش داد.

واژگان کلیدی: جذب بیولوژیک، لجن فعال، بیوماس میکروبی، روی

دریافت مقاله: پاییز ۸۷ پذیرش برای چاپ: زمستان ۸۷

مقدمه

فلزات سنگین همواره اثرات مخرب و جبران ناپذیری را بر محیط زیست انسان ها، گیاهان و جانوران وارد می سازند. فاضلاب حاصل از صنایع به عنوان یکی از منابع این فلزات نقش بسزایی در آلوده سازی محیط ایفا می نمایند. اغلب فلزات سنگین به‌صورت ترکیبات محلول در فاضلاب صنایع مختلف مانند معادن فلزی، کامپیوتر و الکترونیک، کارخانجات تولید کود شیمیایی، رنگ سازی، نساجی، نیروگاه های حرارتی و ... وجود دارند. همچنین فلزات سنگین اثرات سو بر نحوه کارکرد بدن و دیگر سیستم های بیولوژیک دارند به ویژه هنگامی که مقدار آنها از حد تحمل بدن بالاتر رود (۱). بنابراین به منظور جلوگیری از آسیب‌های ناشی از فلزات سنگین، ضروری است که از ورود این فلزات به محیط زیست و همچنین شبکه های آبرسانی جلوگیری به‌عمل آید. معمولا خروج فلزات سنگین از پساب های صنعتی توسط فرآیندهای فیزیکوشیمیایی مانند: ترسیب، لخته سازی، فرآیندهای احیا، تعویض یونی و فرآیندهای غشایی (از قبیل

*)آدرس برای مکاتبه: کرمان، انتهای جاده هفت باغ، صندوق پستی ۱۱۷-۷۶۳۱۵، کد پستی ۷۶۳۱۱۳۳۱۳۱
مرکز بین المللی علوم و تکنولوژی پیشرفته و علوم محیطی
پست الکترونیک khosravanfm@yahoo.com

اولترافیلتراسیون، الکترودیالیز و اسمز معکوس) و جذب شیمیایی انجام می‌شود (۹-۲)، اما متاسفانه همگی کارایی پایین و هزینه بالایی دارند. به دلیل فرآیندهای پیچیده و کارایی پایین استفاده از روش های یاد شده برای حذف فلزات محدود می باشد. تحقیقات برای جاذب های ارزان و در دسترس منجر به تحقیق درباره مواد با منشاء بیولوژیک و کشاورزی شده است (۱۴-۱۰). میکروارگانیسم‌هایی مانند باکتری‌ها، قارچ‌ها، مخمرها و جلبک‌ها می‌توانند فلزات سنگین را از محلول های آبی خارج کنند که به این مساله جذب سطحی می گویند (۱۸-۱۵). امروزه توجه محققین روی توده های میکروبی که از قبل تهیه شده و نیاز به مواد مغذی ندارند به عنوان جاذب های زیستی معطوف شده است که می‌توان به توده‌های زیستی صنایع تولید آنتی بیوتیک‌ها، صنایع تخمیری و لجن فعال اشاره کرد (۲۱-۱۹). لجن فعال یک توده میکروبی متشکل از میکروب های مختلف است که در سیستم‌های تصفیه هوازی پساب ها به وجود آمده و برای حذف فلزات سنگین می تواند به کار رود. لجن فعال تقریبا از ۹۵ درصد باکتری و ۵ درصد ارگانیسم های عالی شامل تک یاخته‌ها، روتیفرها و بی مهره گان عالی تشکیل شده است (۲۲). جذب مواد فلزی در سطوح باکتری‌ها بستگی مستقیم به pH دارد. بسیاری از فلزات مانند سرب، مس، آهن، منگنز، آلومینیوم و غیره در محیط‌های خنثی و یا قلیایی تولید هیدروکسید نامحلول کرده و رسوب می کنند و بدین ترتیب از دسترس باکتری دور شده و قابلیت اتصال با جدار باکتری را از دست می دهند. در دامنه pH اسیدی اتصال یون فلز به آنیون های موجود در جدار بستگی به نوع آنیون و کاتیون دارد. به عبارت دیگر بستگی به میل ترکیبی آنها با یکدیگر دارد. pH نقش اصلی را در این اتصال دارد و در صورتیکه پایین تر از حد خاصی باشد، عمل اتصال صورت نخواهد گرفت. زیرا اسید های قوی مانع واکنش اسیدهای ضعیف می‌شوند و عملا اسید ضعیف در حضور اسید قوی قادر به یونیزه شدن نیست و نمی‌توانند در واکنش‌های شیمیایی شرکت نمایند. از طرفی در دامنه pH خیلی اسیدی H_3O^+ روی دیواره سلول‌های باکتری ها می نشیند و مانع از جذب کاتیون فلزی می شود. بنابراین اتصال کاتیون به جدار باکتری در دامنه محدودی از اسیدیته امکان‌پذیر خواهد بود و در خارج از این محدوده یا کاتیون به صورت هیدروکسید (محیط های قلیایی) رسوب می‌کند و یا اسیدهای ضعیف جدار باکتری، یونیزه (محیط های اسیدی قوی) نمی‌شود. حذف فلزات توسط اجرام بیولوژیک به pH، حلالیت و غلظت فلزات، غلظت مواد آلی، مقدار بیوماس و زمان ماند اجرام بیولوژیک بستگی دارد. از آنجائیکه لجن فعال فاضلاب کارخانه‌های مختلف دارای مقادیر و انواع متفاوتی ارگانیسم می‌باشند که هر کدام جذب کننده فلز سنگین خاصی است، از اینرو در این تحقیق توانائی جذب فلز سنگین روی و اثر pH در توانائی جذب این فلز توسط چهار توده زیستی متفاوت جمع آوری شده از صنایع نوشابه گازدار غیر الکلی، شیر، روغن نباتی و کشتارگاه صنعتی طیور به منظور حذف این فلز از پساب‌های صنعتی مورد بررسی قرار گرفت. pH های انتخابی و غلظت روی در محلول درحدی در نظر گرفته می شود که از تشکیل رسوب هیدروکسید روی جلوگیری به عمل آید. این آزمایش با لجن فعال کارخانه های مختلف به منظور بررسی ظرفیت جذب فلز روی توسط لجن‌های مختلف انجام و نتایج آن مقایسه شد. در ضمن اثر غلظت لجن فعال در جذب روی نیز مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش ها

الف) نمونه برداری از لجن فعال: به منظور بررسی توانایی لجن فعال سیستم های تصفیه فاضلاب صنایع مختلف در جذب فلز سنگین روی، از لجن فعال سیستم های تصفیه فاضلاب صنایع نوشابه گازدارغیر الکلی، روغن نباتی، شیر و کشتارگاه صنعتی طیور نمونه برداری شد. لجن های فعال در آزمایشگاه با هوادهی توسط پمپ آکواریوم برای انجام آزمایش نگهداری شد.

ب) تهیه محلول ذخیره از روی: محلول ppm ۱۰۰۰ روی با استفاده از نمک سولفات روی (شرکت مرک آلمان) تهیه شد.

ج) اندازه گیری *pH* نمونه های فاضلاب و کنترل رسوب‌گذاری: به منظور مشخص شدن pH نمونه های فاضلاب صنایع مختلف، pH محلول صاف شده هر فاضلاب توسط دستگاه pH متر اندازه گیری شد. به منظور کنترل و جلوگیری از کاهش غلظت فلز سنگین روی در محلول در اثر رسوب‌گذاری، به محلول های با غلظت مشخص از روی (تهیه شده از سولفات روی)، ۳۰ میلی لیتر لجن فعال صنایع مذکور اضافه و به مدت ۱۵۰ دقیقه در فواصل زمانی مشخص pH محلول ها اندازه گیری شد. حداقل و حداکثر pH مشاهده شده از هر محلول در این فاصله زمانی ثبت و با حداقل pH لازم برای رسوب‌گذاری مقایسه شد.

د) اندازه گیری غلظت روی در نمونه های فاضلاب: به منظور مشخص شدن حضور و یا عدم حضور فلز سنگین روی در نمونه‌های فاضلاب، در حجم مشخصی از محلول رویی هر

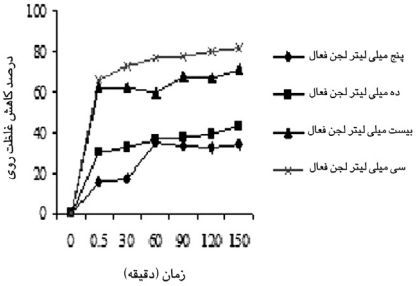
فاضلاب غلظت روی توسط دستگاه جذب اتمی(220 Varian SpectrAA) اندازه گیری شد. محاسبه غلظت روی در نمونه ها، براساس جذب محلول ها، مراحل تغلیظ و منحنی کالیبراسیون تهیه شده به روش افزایش استاندارد انجام شد.

ه) اندازه گیری میزان جذب روی توسط لجن فعال صنایع مختلف : برای بررسی چگونگی جذب روی توسط ارگانیسم‌های موجود در لجن فعال فاضلاب صنایع مورد نظر، ۲۵۰ میلی لیتر محلول با غلظت مشخص از روی با استفاده از محلول ذخیره تهیه و داخل یک ارلن ۵۰۰ میلی لیتر ریخته شد. غلظت اولیه این محلول، با استفاده از دستگاه جذب اتمی اندازه گیری شد. سپس به این ارلن ۵ میلی لیتر لجن فعال کارخانه مورد نظر اضافه شد. محلول حاصل را بهم زده و مجددا بلافاصله پس از افزایش لجن فعال (حدود ۳۰ ثانیه پس از افزایش لجن) از محلول نمونه برداری و غلظت روی در آن با روش جذب اتمی اندازه گیری شد. بقیه محلول را با شیکر به هم زده و در فواصل زمانی۳۰ دقیقه (یعنی ۳۰، ۶۰، ۹۰، ۱۲۰ و ۱۵۰ دقیقه) از محلول نمونه برداری کرده و غلظت روی در آنها با استفاده از دستگاه جذب اتمی اندازه گیری شد. بدین ترتیب تغییرات غلظت روی با گذشت زمان پس از افزایش ۵ میلی لیتر لجن فعال و در نتیجه چگونگی جذب فلز روی توسط ارگانیسم های موجود در لجن فعال هر کارخانه محاسبه گردید. در ضمن برای مشخص شدن میزان لجن فعال مناسب برای حداکثر جذب در کمترین زمان، این آزمایش با افزایش ۱۰، ۲۰ و ۳۰ میلی لیتر لجن فعال هر کارخانه تکرار شد.

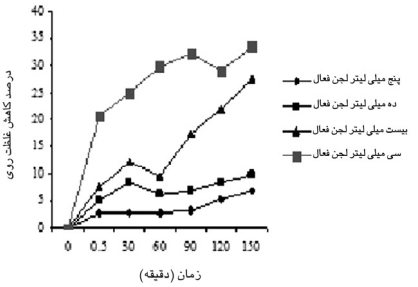
و) ارزیابی تاثیر *pH* در میزان جذب روی توسط لجن فعال صنایع مختلف: برای این منظور ۲۵۰ میلی لیتر محلول با غلظت مشخص از روی با استفاده از محلول ذخیره تهیه و داخل ارلن ۵۰۰ میلی لیتری ریخته شد و pH آن توسط محلول رقیق اسید نیتریک و در صورت لزوم سود، در حد مورد نظر تنظیم گردید. انتخاب pH به گونه‌ای بود که با غلظت روی موجود در ظرف رسوب ایجاد نکند. برای تعیین غلظت اولیه، با استفاده از دستگاه جذب اتمی غلظت روی در نمونه ای از این محلول پس از آماده سازی، اندازه گیری شد. سپس به این ارلن ۵ میلی لیتر لجن فعال کارخانه مورد نظر اضافه شد. پس از مخلوط کردن دوباره بلافاصله پس از افزایش لجن فعال (حدود ۳۰ ثانیه پس از افزایش لجن) از محلول نمونه برداری و غلظت روی در آن به روش جذب اتمی اندازه گیری شد. سپس بقیه محلول با شیکر مخلوط و در فواصل زمانی ۳۰ دقیقه (یعنی ۳۰، ۶۰، ۹۰، ۱۲۰ و ۱۵۰ دقیقه) از آن نمونه برداری و غلظت روی با استفاده از دستگاه جذب اتمی اندازه گیری شد. بدین ترتیب تغییرات غلظت روی با گذشت زمان پس از افزایش ۵ میلی لیتر لجن فعال و در نتیجه چگونگی جذب فلز روی توسط ارگانیسم های موجود در لجن فعال هر کارخانه در pH تنظیم شده بدست آمد. در ضمن برای مشخص شدن میزان لجن فعال مناسب برای حداکثر جذب در کمترین زمان، این آزمایش با افزایش ۱۰، ۲۰ و ۳۰ میلی لیتر لجن فعال هر کارخانه تکرار شد. برای کنترل pH محلول ها به منظور اطمینان از عدم تشکیل رسوب pH محلول ها پس از افزایش لجن فعال و پس از ۱۵۰ دقیقه، مجددا اندازه گیری شد و با حداقل pH برای تشکیل رسوب مقایسه گردید.

نتایج

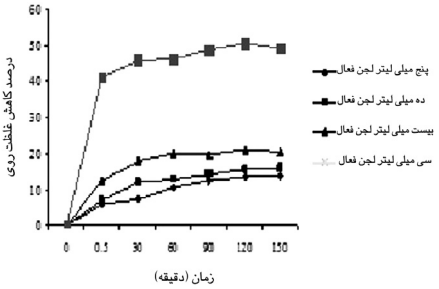
نتایج اندازه گیری pH نمونه های تهیه شده از سیستم‌های تصفیه فاضلاب صنایع شیر، نوشابه گازدار غیرالکلی، روغن نباتی و کشتارگاه صنعتی طیور نشان داد که فاضلاب تمام صنایع نمونه برداری شده تقریبا خنثی و یا کمی قلیائی می باشد. حداقل و حداکثر pH محلول ها با افزایش۳۰ میلی لیتر لجن فعال سیستم‌های تصفیه فاضلاب صنایع مختلف به محلول با غلظت مشخص از روی در فاصله زمان ۰ تا ۱۵۰ دقیقه نشان داد که در هیچکدام از نمونه ها، کاهش غلظت روی به دلیل رسوب‌گذاری اتفاق نمی افتد بلکه دلیل آن جذب توسط لجن فعال است. لازم به ذکر است چون روی با افزایش ۳۰ میلی لیتر لجن فعال صنایع مختلف رسوبی نداد، با حجم های کمتر (۵، ۱۰ و۲۰ میلی لیتر) هم توانایی ایجاد رسوب نداشت. نتایج حاصل از اندازه گیری غلظت روی در نمونه‌های فاضلاب صنایع مختلف نشان داد که فلز سنگین روی در نمونه های فاضلاب مراکز صنعتی مورد نظر یا وجود ندارد و یا به میزان بسیار جزئی و خیلی کم وجود دارد که قابل چشم پوشی است. نمودارهای ۱ تا ۴ درصد کاهش غلظت روی را نسبت به غلظت اولیه آن در زمان های مختلف بعد از افزایش مقادیر متفاوت لجن فعال صنایع مختلف نشان می دهد. نتایج این بررسی نشان داد که در همه صنایع و در همه غلظت های لجن فعال، با گذشت زمان درصد کاهش غلظت روی زیاد می شود اما بیشترین جذب در همان دقایق اول پس از افزایش لجن صورت می گیرد. بررسی اثر غلظت لجن فعال در جذب روی نشان داد که، افزایش مقدار لجن فعال همه صنایع، در همه زمان‌های نمونه برداری تقریبا باعث افزایش جذب روی توسط لجن و کاهش غلظت آن در محلول می‌شود. اما میزان جذب و یا کاهش بستگی



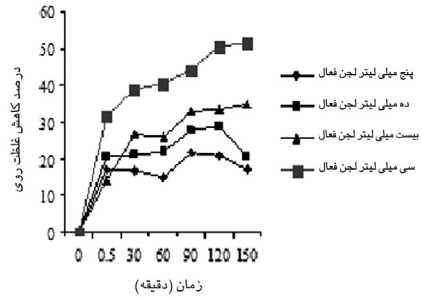
نمودار۱- درصد کاهش غلظت روی با زمان توسط مقادیر مختلف لجن فعال کارخانه نوشابه گازدار غیرالکلی



نمودار ۲ - درصد کاهش غلظت روی با زمان توسط مقادیر مختلف لجن فعال کارخانه روغن نباتی

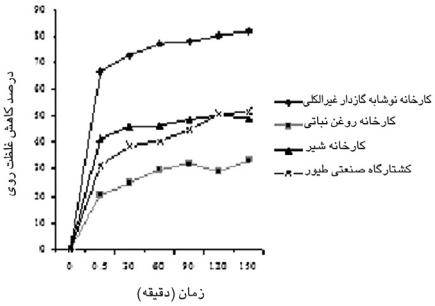


نمودار ۳ - درصد کاهش غلظت روی با زمان توسط مقادیر مختلف لجن فعال کارخانه شیر



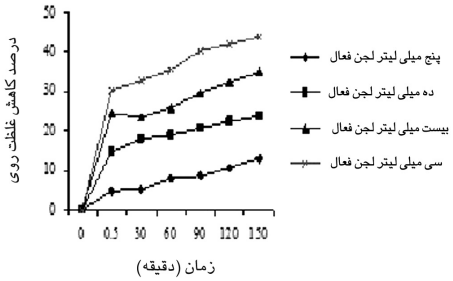
نمودار ۴ - درصد کاهش غلظت روی با زمان توسط مقادیر مختلف لجن فعال کشتارگاه صنعتی طیور

به نوع لجن فعال دارد. میزان کاهش غلظت روی در محلول با افزایش غلظت لجن فعال کارخانه نوشابه گازدار غیرالکلی در تمامی زمان‌های نمونه برداری بیشتر از کارخانه شیر و کشتارگاه صنعتی طیور و میزان کاهش در این دو مرکز بیشتر از کارخانه روغن نباتی بود. طبق نتایج بدست آمده، حداقل غلظت لجن فعال برای ماکزیمم جذب روی از محلول برای تمام صنایع مذکور ۳۰ میلی لیترمی‌باشد که پس از ۱۵۰ دقیقه این مقدار لجن کارخانه نوشابه گازدار غیرالکلی تقریبا ۸۲ درصد، کارخانه روغن نباتی تقریبا ۳۳/۴ درصد، کارخانه شیر تقریبا ۴۸/۹ درصد و کشتارگاه صنعتی طیور تقریبا ۵۱/۵ درصد غلظت روی را در محلول کاهش دادند. در نمودار ۵ مقایسه درصد کاهش غلظت روی را نسبت به غلظت اولیه آن در زمان های مختلف بعد از افزایش ۳۰ میلی لیتر لجن فعال صنایع مختلف نشان داده شده است.



نمودار ۵ - درصد کاهش غلظت روی با زمان توسط لجن فعال صنایع مختلف

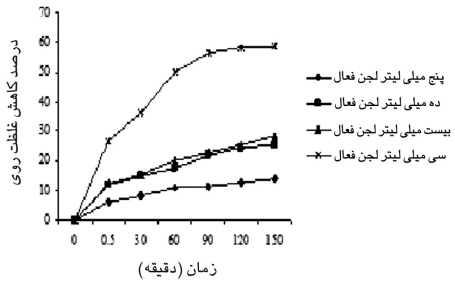
نمودارها نشان می دهد که لجن فعال کارخانه نوشابه گازدار غیرالکلی بیشترین توانایی و کارخانه روغن نباتی کمترین توانایی را در جذب روی از محلول داشته است. توانایی جذب روی از محلول توسط لجن فعال کارخانه شیر و کشتارگاه صنعتی طیور تقریبا یکسان می‌باشد. نمودارهای ۶ تا ۹ درصدکاهش غلظت روی را نسبت به غلظت اولیه آن در زمان های مختلف پس از افزایش مقادیر متفاوت لجن فعال صنایع مختلف در pH ۴/۰۲ نشان داد. نتایج این بررسی نشان می دهد که در این pH لجن فعال کارخانه شیر بیشترین توانایی را در جذب روی از محلول در مقایسه با سایر لجن ها دارد. در ضمن در همه صنایع و در همه غلظت های لجن فعال، با گذشت زمان درصد کاهش غلظت روی زیاد می‌شود. اما بیشترین جذب در همان دقایق اول پس از افزایش لجن صورت می گیرد. بررسی اثر غلظت لجن فعال در جذب روی در این pH نشان داد که، افزایش مقدار لجن فعال همه صنایع، در همه زمان‌های نمونه برداری تقریبا باعث افزایش جذب روی توسط لجن و کاهش غلظت آن در محلول می‌شود، اما میزان جذب و یا کاهش بستگی به نوع لجن فعال دارد. در این pH میزان کاهش غلظت روی در محلول با افزایش غلظت لجن فعال کارخانه شیر در هر زمان نمونه برداری بیشتر از کارخانه های دیگر است. طبق



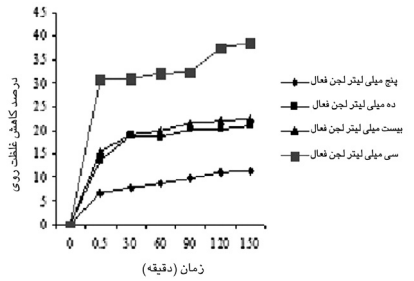
نمودار ۶- درصد کاهش غلظت روی با زمان توسط مقادیر مختلف لجن فعال کارخانه نوشابه گازدار غیرالکلی در pH ۰/۲± ۴.

نتایج بدست آمده، حداقل غلظت لجن فعال برای ماکزیمم جذب روی از محلول برای تمام صنایع مذکور ۳۰ میلی لیتر می باشد که پس از ۱۵۰ دقیقه این مقدار لجن کارخانه نوشابه گازدار غیرالکلی تقریبا ۴۳/۶ درصد، کارخانه روغن نباتی تقریبا ۳۸/۵ درصد، کارخانه شیر ۵۸/۵ درصد و کشتارگاه صنعتی طیور ۲۱/۶ درصد غلظت روی را در محلول کاهش داد. نمودارهای ۱۰ تا ۱۳ درصد کاهش غلظت روی را نسبت به غلظت اولیه آن در زمان های مختلف بعد از افزایش مقادیر متفاوت لجن فعال صنایع مختلف در pH ۰/۰۲± ۵ نشان داده شده است.

نتایج این بررسی نشان می دهد که در این pH لجن فعال کارخانه شیر بیشترین توانایی را در جذب روی از محلول در مقایسه با سایر لجن ها دارد. در ضمن در همه صنایع و در همه غلظت های لجن فعال، با گذشت زمان درصد کاهش غلظت روی زیاد می شود، اما بیشترین جذب در همان دقایق اول پس از افزایش لجن صورت گرفت. بررسی اثر غلظت لجن فعال در جذب روی در این pH نشان داد که، افزایش مقدار لجن فعال همه صنایع، در همه زمان های نمونه برداری تقریبا موجب افزایش جذب روی توسط لجن و کاهش غلظت آن در محلول می‌شود اما میزان جذب و یا کاهش بستگی به نوع لجن فعال دارد. در این pH میزان کاهش غلظت روی در محلول با افزایش غلظت لجن فعال کارخانه شیر



نمودار ۸- درصد کاهش غلظت روی با زمان توسط مقادیر مختلف لجن فعال کارخانه شیر در pH ۰/۲± ۴.

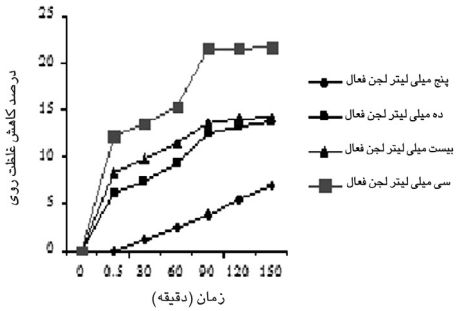


نمودار ۷ - درصد کاهش غلظت روی با زمان توسط مقادیر مختلف لجن فعال کارخانه کارخانه روغن نباتی در pH ۰/۲± ۴.

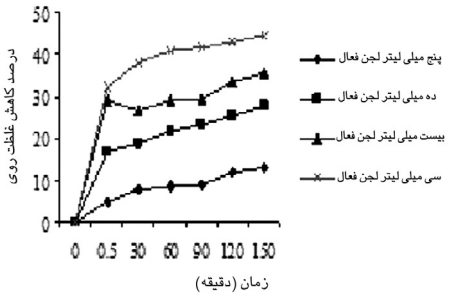
در زمان‌های نمونه برداری بیشتر از کارخانه‌های دیگر بود. طبق نتایج بدست آمده، حداقل غلظت لجن فعال برای ماکزیمم جذب روی از محلول برای تمام صنایع مذکور ۳۰ میلی لیتر می باشد که پس از ۱۵۰ دقیقه این مقدار لجن کارخانه نوشابه گازدار غیرالکلی تقریبا ۴۴/۷ درصد، کارخانه روغن نباتی تقریبا ۴۷/۹ درصد، کارخانه شیر ۶۳/۷ درصد و کشتارگاه صنعتی طیور ۲۵/۷ درصد غلظت روی را در محلول کاهش می دهد.

نمودارهای ۱۴ تا ۱۷ درصد کاهش غلظت روی را نسبت به غلظت اولیه آن در زمان های مختلف بعد از افزایش مقادیر متفاوت لجن فعال صنایع مختلف pH ۰/۰۲± ۵ نشان داده شده است.

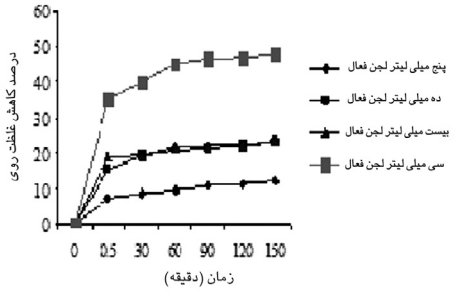
نتایج این بررسی نشان داد که در این pH لجن فعال کارخانه نوشابه گازدار غیر الکلی بیشترین توانایی را در جذب روی از محلول در مقایسه با سایر لجن ها دارد. در ضمن در همه صنایع و در همه غلظت های لجن فعال، با گذشت زمان درصد کاهش غلظت روی زیاد بود، اما بیشترین جذب در همان دقایق اول پس از افزایش لجن صورت گرفت. بررسی اثر غلظت لجن فعال در جذب روی در این pH نشان داد که، افزایش مقدار لجن فعال همه صنایع، در تمامی زمان‌های نمونه برداری تقریبا باعث افزایش جذب روی توسط لجن و کاهش غلظت آن در محلول شده است و میزان جذب و یا کاهش بستگی به نوع لجن فعال دارد. در این



نمودار ۹ - درصد کاهش غلظت روی با زمان توسط مقادیر مختلف لجن فعال کشتارگاه صنعتی طیور در pH ۰/۲± ۴.



نمودار ۱۰- درصد کاهش غلظت روی با زمان توسط مقادیر مختلف لجن فعال کارخانه نوشابه گازدار غیرالکلی در pH ۰/۲± ۵.

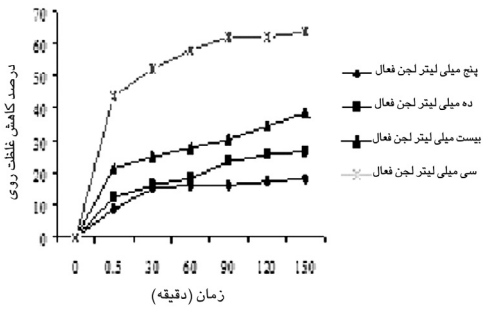


نمودار ۱۱ - درصد کاهش غلظت روی با زمان توسط مقادیر مختلف لجن فعال کارخانه کارخانه روغن نباتی در pH ۰/۲± ۵.

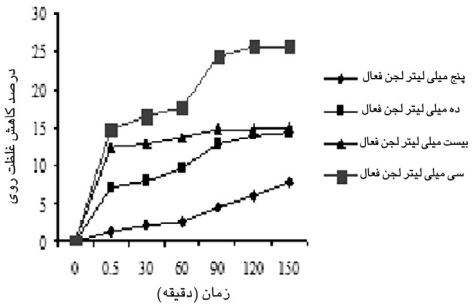
pH میزان کاهش غلظت روی در محلول با افزایش غلظت لجن فعال کارخانه نوشابه گازدار غیر الکلی در زمان‌های نمونه برداری بیشتر از کارخانه های دیگر بود. طبق نتایج بدست آمده، حداقل غلظت لجن فعال برای ماکزیمم جذب روی از محلول برای تمام صنایع مذکور ۳۰ میلی لیتر بود که پس از ۱۵۰ دقیقه این مقدار لجن کارخانه نوشابه گازدار غیرالکلی تقریبا ۸۱/۹ درصد، کارخانه روغن نباتی تقریبا ۵۳/۳ درصد، کارخانه شیر ۶۵/۹ درصد و کشتارگاه صنعتی طیور ۵۱/۵ درصد غلظت روی را در محلول کاهش دادند. با توجه به غلظت روی، Ksp هیدروکسید روی (۳×۱۰^{-۱۶}) و در دامنه pH مورد نظر، در هیچکدام از pH های انتخابی، کاهش غلظت روی به دلیل رسوب‌گذاری مشاهده نشد. برای اطمینان، پس از آخرین نمونه برداری (بعد از ۱۵۰ دقیقه) pH محلول ها اندازه گیری شد. نتایج نشان داد که در هیچ موردی pH محلول ها شرایط رسوب گذاری را نداشتند. بنابراین با اطمینان می توان گفت کاهش غلظت به دلیل جذب توسط لجن فعال و نه به دلیل رسوب‌گذاری انجام شده است.

بحث

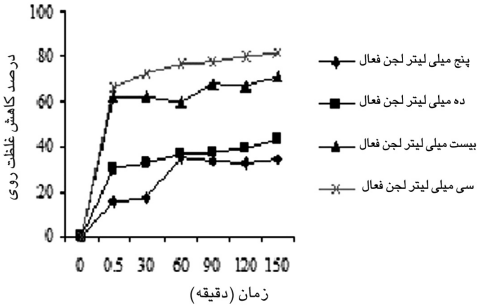
بررسی نتایج و مقایسه لجن فعال صنایع مختلف در جذب روی نشان داد که تمامی لجن های فعال مورد استفاده در این تحقیق قادر به جذب روی از محلول می باشند. اما سرعت و میزان جذب بستگی به نوع لجن دارد. لجن فعال کارخانه نوشابه گازدار غیرالکلی، بهترین جاذب روی از محلول بود که یکی از دلایل آن می تواند حضور کربوهیدرات ها در فاضلاب این کارخانه و فراهم آمدن محیط مناسب رشد باکتری ها باشد. سطح بسیاری از باکتری‌ها را مواد پلی مری (کپسول) پوشانده است. به دلیل وجود ترکیبات پیچیده این سطح، حالت ژله ای دارد و نقش محافظت کننده باکتری را دارد. در ضمن این لایه نقش عمده‌ای در انتقال مواد شیمیایی و محافظت فیزیکی سلول ها از مواد مضر و سمی دارد و توانایی جذب فلزات را داراست. در پساب صنایع نوشابه گازدار غیرالکلی به علت وجود قندهای گلوکز، فروکتوز و ساکارز، شرایط برای ایجاد کپسول در میکروارگانیسم ها مهیاتر است. لذا جذب سطحی علاوه بر پیکره میکروارگانیسم ها توسط کپسول نیز انجام می شود که همین امر باعث جذب بیشتر فلزات از محلول می‌شود. بنابراین از لجن فعال صنایع نوشابه گازدار غیرالکلی برای تصفیه فاضلاب های صنعتی آلوده به فلز سنگین روی با حداقل هزینه می توان استفاده کرد. بررسی اثر pH درجذب فلز سنگین روی توسط لجن فعال در صنایع مورد بررسی نشان داد که با تنظیم pH اولیه فاضلاب های صنعتی می توان راندمان حذف این فلز را از محلول در تصفیه فاضلاب های صنعتی بالا برد. نتایج این



نمودار ۱۲ - درصد کاهش غلظت روی با زمان توسط مقادیر مختلف لجن فعال کارخانه شیر در pH ۰/۲± ۵.



نمودار ۱۳ - درصد کاهش غلظت روی با زمان توسط مقادیر مختلف لجن فعال کشتارگاه صنعتی طیور در pH ۰/۲±۵.

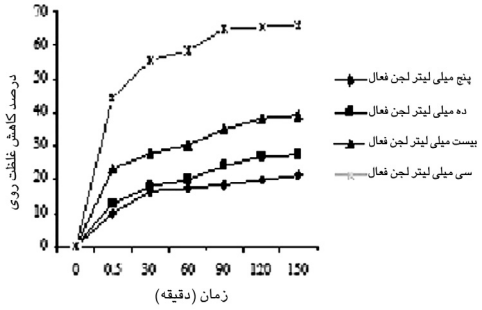


نمودار ۱۴ - درصد کاهش غلظت روی با زمان توسط مقادیر مختلف لجن فعال کارخانه نوشابه گازدار غیرالکلی در pH ۶/۵±۰/۲.

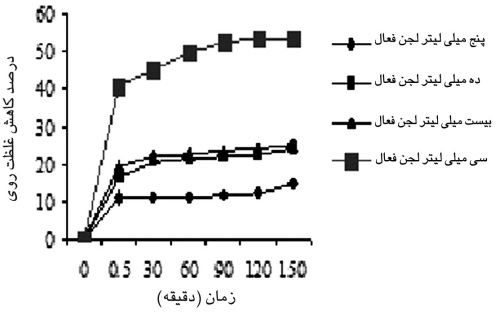
تحقیق نشان داد، تمامی صنایع مورد بررسی pH، ۶/۵ مناسب‌ترین شرایط برای جذب روی محسوب می‌شود. در این pH برای لجن فعال کارخانه نوشابه گازدار غیرالکلی در این pH، بیشترین راندمان جذب فلز سنگین روی را نشان داد. در تمامی پساب‌های مورد بررسی با کاهش pH محلول اولیه میزان جذب روی توسط لجن فعال کاهش داشت که می‌تواند دلیل آن قرار گرفتن یون‌های H_3O^+ روی دیواره سلولهای باکتری‌ها باشد که مانع جذب کاتیون روی می‌شود. بنابراین با تنظیم pH اولیه محلول های فاضلاب در محدوده یاد شده می توان راندمان جذب فلز مورد نظر را از محلول در تصفیه پساب ها افزیش داد.

نتیجه گیری

با توجه به ارزان بودن سوبسترای لجن فعال و در دسترس بودن آن، از این ماده به راحتی و با حداقل هزینه می توان برای حذف فلزات سنگین از پساب ها و تصفیه آنها استفاده کرد .کاربرد لجن فعال در جذب سطحی به منظور حذف فلزات سنگین هزینه بالایی برای تولید ندارد. زیرا به عنوان یک محصول فرعی در سیستم های تصفیه فاضلاب تحت شرایط هوادهی ایجاد می شود. جذب سطحی توسط لجن فعال یک فرآیند سریع است که حداکثر حذف توسط توده میکروبی در مدت کم صورت می گیرد. باتوجه



نمودار ۱۶ - درصد کاهش غلظت روی با زمان توسط مقادیر مختلف لجن فعال کارخانه شیر در pH ۶/۵±۰/۲.

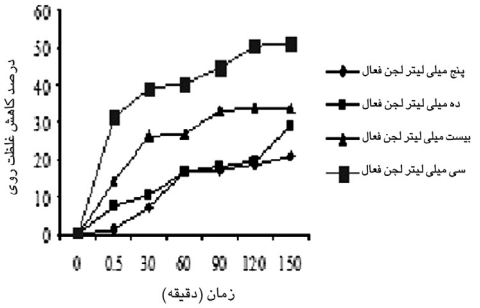


نمودار ۱۵ - درصد کاهش غلظت روی با زمان توسط مقادیر مختلف لجن فعال کارخانه روغن نباتی در pH ۶/۵±۰/۲.

به نتایج این تحقیق، از لجن فعال تمامی صنایع مورد بررسی می‌توان برای جذب روی از محلول و تصفیه فاضلاب ها استفاده کرد و حتی با تنظیم pH اولیه محلول، راندمان جذب را بالا برد. اما لجن کارخانه نوشابه گازدار غیرالکلی می باشد که مناسب‌ترین لجن محسوب می‌شود و می‌توان با تنظیم pH اولیه فاضلاب آلوده به عنصر سنگین روی در ۶/۵ تصفیه بهتری را انجام داد.

تشکر و قدردانی

نویسندگان این مقاله مراتب سپاس خود را از مرکز بین المللی علوم و تکنولوژی پیشرفته و علوم محیطی به خاطر امکانات آزمایشگاهی و حمایت های اجرائی پروژه و سازمان مدیریت و برنامه ریزی استان کرمان به دلیل حمایت های مالی پروژه اعلام می‌دارند.



نمودار ۱۷ - درصد کاهش غلظت روی با زمان توسط مقادیر مختلف لجن فعال کشتارگاه صنعتی طیور در pH ۶/۵±۰/۲.

References

1. Kortenkamp A., Casadevall M., Faux S.P., Jenner A., Shyer A., Shayer R.O.J., Woodbridge N. and Brien O.P., Archives Biochem. Biophys., 1996;329:99-208.
2. Atkinson B. W., Bux F. and Kasan H.C., Considerations for application of biosorption technology to remediate metal-contaminated industrial effluents Water SA, 1998;24(2):129-134.
3. L. de Oliveria Franco, R. de Cussia C. Maia, A.L.F. Porto, A. Sacconi Messias, K. Fukushima and G.M. de Campos-Takaki, Heavy metal biosorption by chitin and chitosan isolated from cunninghamella elegans (IFM 46109) Brazilian J. Microbiol., 2004;35(3):243-247.
4. Adesola Babarinde N. A., Oxebamiji Babalola J. and Adebowale sanni R.. "Biosorption of lead ions From aqueous solution by maize leaf". Internutional Journal of Physical Sciences. 2006;1(1):23 -26.
5. Hoell W.H., Separation of mixtures of heavy metals by paramentric pumping woth variation of pH, 6th World ongress on Chemical Engineering, Melbourne Australia, September, 2001;455-460.
6. Hussein H., Ibrahim S.F., Kandeel K. and Moawad H., Visualization and functional analysis of a maxi-K channel (mslo) fused to green flurosent protein (GDP), Electronic J. Biotechnol.1992;2(3):140-151.
7. De Carvalho RD, Guedes KJ, Pinheiro MVB and Krambrock K. Biosorption of Copper by dried plant leaves studied by Electron Paramagnetic Resonance and Infrared Spectroscopy. Hydrometallurgy. 2001;59:407-412.
8. Kaewchai S and Prasert San P. Biosorption of Heavy Metal by thermotolerant polymer producing Bacterial cells and the Bioflocculant. Songklankarin J.Sci-Technol. 2002;24(3):421-430.
9. Horsfall M., Abia A.A.and Spiff A.I., Removal of Cu (II) and Zn (II) ions from wastwater by cassava (*Manihotwsculenta crenz*) waste biomass Afr. J.Biotechnol., 2003;2(10):360-364.
10. Li J.Y., Shukla S.S., Dorris K.L., Shukla A., Margrave J.L., Adsorption of chromium from aqueous solutions by maple sawdust. Journal of Hazardous Materials , 2003;100 (1-3), 53-56.
11. Lodi A., Solisio C., Converti A. and M. Del-Borghi, Cadmium, Zinc, Copper, Silver and chromium (III) removal from industrial wastwaters by *sphaerotilus naitans*, Bioprocess Eng., 1998;19:197-203.
12. Hatzikioseyian A, Tsezos M and Marituna F., Application of simplified rapid equilibrium models in simulating experimental break through curves from fixed bed-Biosorption reactors. Hydrometallurgy. 2001;59(2-3):395-406.
13. El-Enany AE and Issa AA. Cyanobacteria as a biosorbent of heavy metals in Sewage water. Environ. Toxical. Pharmacol., 2000;8:95-101.
14. Modak JM, Natarajan KA and saha B. Biosorption of copper and zinc using waste *Aspergillus niger* biomas. Mineral and metAllur Aical processing. 1996;300:52-57.
15. Liu HL, Chen BY, Lan YW and Cheng YC. Biosorption of Zn(II) and Cu(II) by the indigenous *Thiobacillus thiooxidans*. Chemical Engineering Journal. 2004;97:195-201.
16. Tsai W.T., Lai C.W., Hsien K.J., Adsorption kinetics of herbicide paraquat from aqueous solution onto activated bleaching earth. Chemosphere, 2004;55:829-837.
17. Vasudevan P., Padmavathy V., Dhingra S.C., Biosorption of monovalent and divalent ions on baker_s yeast. Bioresource Technology, 2002;82:285-294.
18. Richard M., The bench sheet monograph on Activated sludge Microbiology. ISBN: 0943244277, Published by the Water Pollution control Federation, 1991:30-33.