

کار آبی لجن بیولوژیکی در حذف کروم شش ظرفیتی از محلول های آبی

اکرم نجفی چالشتری^۱، احمدرضا یزدانبخش^۲، عباس خدابخشی^{۳*}، کبری شاکری^۱

^۱ گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی شهرکرد، شهرکرد، ایران؛ ^۲ گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی، تهران، ایران.

تاریخ دریافت: ۹۱/۸/۲۸ تاریخ پذیرش: ۹۳/۸/۲۴

چکیده:

زمینه و هدف: در میان روش های مختلف حذف کروم، تصفیه بیولوژیکی از جایگاه ویژه ای برخوردار است. این مطالعه با هدف تعیین کارایی لجن بیولوژیکی در حذف کروم ۶ ظرفیتی از محلول های آبی انجام شده است.

روش بررسی: در این مطالعه تجربی لجن مورد نیاز از تصفیه خانه فاضلاب شهری بعد از حوضچه هوادهی جمع آوری و وارد راکتور شد و کروم و مواد مغذی به آن اضافه گردید. اثر اکسیژن محلول، غلظت اولیه کروم، غلظت لجن، pH، دما، غلظت گلوکز و زمان تماس بر میزان حذف کروم بررسی شد. در هر مرحله نمونه های خارج شده از راکتور فیلتر شده و میزان کروم ۶ ظرفیتی با استفاده از دستورالعمل شرکت HACH و دستگاه اسپکتروفتومتر اندازه گیری شد.

یافته ها: یافته های این تحقیق نشان داد در اکسیژن محلول (DO) معادل ۲ mg/L، غلظت اولیه کروم ۸۰ mg/L، غلظت لجن (MLSS) ۵۰۰۰ میلی گرم بر لیتر، pH معادل ۳، دمای ۳۰ درجه سانتی گراد، غلظت گلوکز ورودی ۲۵۰ mg/L و زمان تماس ۲۴ ساعت حدود ۹۷/۵٪ کروم ۶ ظرفیتی حذف گردید. با کاهش اکسیژن محلول، pH و غلظت گلوکز ورودی و افزایش غلظت اولیه لجن، دما و زمان تماس راندمان حذف کروم افزایش یافت. نتیجه گیری: نتایج این پژوهش نشان داد استفاده از لجن فعال دفعی تصفیه خانه های فاضلاب می تواند با در نظر گرفتن جوانب زیست محیطی جهت حذف کروم مورد استفاده قرار گیرد.

واژه های کلیدی: حذف بیولوژیکی، کروم، لجن فعال، محلول آبی.

مقدمه:

در حضور نمک های منگنز به کروم ۶ ظرفیتی تبدیل می شود که برای انسان بسیار سمی است و دفع آن به محیط زیست خطرناک می باشد. همچنین حضور آن در آب آشامیدنی موجب بروز بیماری هایی نظیر سرطان ریه و مجاری تنفسی، استخوان و در غلظت های کمتر باعث سردرد، سرگیجه، حالت تهوع، سرفه های خشک و سخت می شود (۳). سازمان حفاظت محیط زیست ایالت متحده حداکثر مقدار مجاز کروم در فاضلاب های خانگی را ۰/۰۵ mg/L بیان کرده است. با توجه به سمیت بالای کروم ۶ ظرفیتی حذف آن قبل از تخلیه به محیط ضروری می باشد.

کروم یکی از مهمترین فلزات سنگین بوده که به علت استفاده وسیع در صنعت، در بیشتر کشورها به یک معضل جدی تبدیل شده است. اصولاً کروم به طور طبیعی در آب وجود نداشته و از آلودگی های صنعتی حاصل از پساب کارگاه های آبکاری فلزات، دباغی چرم، رنگ سازی، ساخت کاغذ، کود سازی، کارخانجات نساجی و محافظ چوب به شکل کرومات و بیکرومات وارد جریان آب می شود (۱).

در سیستم های آبی کروم به دو شکل سه و شش ظرفیتی وجود دارد (۲). کروم ۳ ظرفیتی برای انسان سودمند بوده و از نظر تغذیه ای ضروری است اما

* نویسنده مسئول: شهرکرد- دانشگاه علوم پزشکی- دانشکده بهداشت- تلفن: ۰۲۸-۳۳۳۳۴۲۵۱، E-mail: khodabakhshi16@gmail.com

تکیک های عملی برای حذف مداوم کروم فراهم خواهد کرد.

روش بررسی:

این پژوهش به صورت تجربی در آزمایشگاه و در سیستم بسته انجام گرفت. لجن فعال از تصفیه خانه شهید محلاتی (واقع در تهران) از منطقه بعد از حوضچه هوادهی جمع آوری و سریعاً به آزمایشگاه منتقل و در دمای محیط نگهداری شد. جهت بقا و تداوم فعالیت لجن تغذیه آن توسط ترکیبی از مواد مغذی انجام پذیرفت. ترکیب محلول مغذی در شرایط هوازی شامل این موارد زیر بود (۱۲).

NH_4SO_4 (۱۰۰ mg/L), Glucose (۲۸۱/۳ mg/L),
 NaCl (۲۹/۲ mg/L), KH_2PO_4 (۳۳/۳ mg/L),
 FeSO_4 (۱۰ mg/L), MgSO_4 (۱۶/۲ mg/L),
 CuSO_4 (۴ mg/L), CaCl_2 (۴ mg/L),
 ZnSO_4 (۲/۵ mg/L), MnSO_4 (۲/۵ mg/L),
 CoCl_2 (۱ mg/L) و H_2MoO_4 (۲ mg/L).

میزان غلظت لجن (MLSS) با استفاده از روش D ۲۵۴۰ کتاب استاندارد متد (۱۳) و pH (با استفاده از pH متر WTW) به ترتیب برابر ۲۵۰۰ mg/L و ۷ برآورد گردید. در مراحل از پژوهش که نیاز به MLSS بالاتر بود لجن به مدت چند ساعت راکد گذاشته شد. سپس مایع رویی جداسازی و قسمت ته نشین شده هوادهی و با اضافه کردن مواد مغذی تقویت گردید تا در روز آزمایش MLSS به مقدار مورد نظر (۴۰۰۰ میلی گرم در لیتر) برسد.

برای تهیه محلول کروم از ترکیب دی کرومات پتاسیم با درجه خلوص ۹۹٪ ساخت شرکت مرک استفاده شد. مقدار ۲/۸۳ گرم نمک دی کرومات پتاسیم با فرمول شیمیایی $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ را با آب مقطر به حجم یک لیتر رسانده این محلول حاوی ۱۰۰۰ mg/L یون کروم ۶ ظرفیتی است. این محلول در یخچال در دمای ۴ درجه سانتی گراد نگهداری و از آن غلظت های مورد نظر ۵، ۱۰، ۲۰، ۵۰ و ۸۰ میلی گرم در لیتر ساخته شد.

روش های مختلفی برای حذف کروم وجود دارد. از این روش ها می توان به روش های شیمیایی (انعقاد و لخته سازی)، رسوب دهی شیمیایی (رسوب با آلوم، رسوب با ترکیبات آهن، سختی گیری با آهک و حذف با ترکیبی از آهن و منگنز)، فرایندهای جذب سطحی (آلومینای فعال، کربن فعال و تبادل یون) فرایندهای غشایی (روش اسمز معکوس و الکترودیالیز) استخراج با حلال، تبخیر و انجماد نام برد. استفاده از این روش ها به دلیل هزینه های بالا، عدم کارایی لازم و تولید لجن زیاد، ناکارآمد می باشند (۴)؛ بنابراین توسعه روش های جدید که چنین محدودیت هایی را نداشته باشد لازم و ضروری است. حذف بیولوژیکی فاضلاب های حاوی کروم اخیراً به عنوان یک روش برای تصفیه محیط های آلوده به کروم مورد توجه زیادی قرار گرفته است (۵).

مطالعات زیادی به حذف بیولوژیکی کروم توسط یک نوع میکروارگانیسم خاص پرداخته اند (۶، ۷). در اینگونه موارد شرایط بهره برداری ویژه ای جهت جلوگیری از آلودگی توسط سایر میکروب ها مورد نیاز می باشد. Kabacinski و همکاران مشاهده کردند زمانی که فرایند لجن فعال برای تصفیه فاضلاب ها مورد استفاده قرار می گیرد کروم نیز حذف می شود (۸). Iddou و همکاران زائادات لجن فعال یک کارخانه لبنیات را برای حذف کروم ۳ ظرفیتی به کار بردند (۹). Wu و همکاران حذف کروم توسط بیومس خشک لجن فعال را بررسی کردند (۱۰). با توجه به مزایای فرایند لجن فعال از جمله بهره برداری ساده و راحت، استفاده از لجن ناشی از این نوع تصفیه که حاوی مخلوطی از میکروارگانیسم هاست و فاضلاب قبل از تصفیه نیاز به استرلیزه کردن ندارد می تواند مزیت هایی را برای تصفیه فاضلاب های حاوی کروم داشته باشد و علاوه بر حذف کروم باعث رفع مشکل لجن نیز گردد (۱۱). هدف از این پژوهش تعیین کارایی لجن بیولوژیکی در حذف کروم شش ظرفیتی از محلول های آبی می باشد که اساسی را برای توسعه

بالاترین راندمان حذف کروم در غلظت ۸۰ mg/L به میزان ۴۸/۳۳±۰/۳ درصد به دست آمد.

در غلظت اولیه کروم ۸۰ mg/L و زمان تماس ۲۴ ساعت، DO=۲ mg/L و pH=۷ غلظت های ۲۰۰۰، ۳۰۰۰، ۴۰۰۰، ۵۰۰۰ و ۶۰۰۰ mg/L لجن، اثر غلظت اولیه لجن بر راندمان حذف کروم بررسی شد. راندمان حذف در غلظت لجن ۴، ۵ و ۶ گرم در لیتر به ترتیب برابر با ۵۱±۰/۵۸، ۵۲/۵±۰/۵ و ۵۳±۰/۳۲ درصد دیده شد، که راندمان حذف در غلظت های یاد شده افزایش اندکی نشان می دهد. بنابراین با توجه به اینکه افزایش غلظت لجن افزایش هزینه ها را به دنبال دارد جهت ادامه کار غلظت ۵ g/L انتخاب شد.

در غلظت بهینه کروم ۸۰ mg/L، MLSS=۵۰۰۰ mg/L، DO=۲ و زمان تماس ۲۴ ساعت اثر pH بر راندمان حذف کروم ۶ ظرفیتی مطالعه شد. کمترین راندمان حذف در pH=۱۰ به میزان ۱۰±۰/۵ درصد و بالاترین راندمان در pH=۳ با میزان ۸۵±۰/۴ درصد مشاهده شد. برای بررسی اثر دما بر راندمان حذف کروم ۶ ظرفیتی، سه دمای ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درجه سانتی گراد در غلظت کروم ۸۰ mg/L، MLSS=۵۰۰۰ mg/L، DO=۲ mg/L و pH=۳ و زمان تماس ۲۴ ساعت مورد استفاده قرار گرفت و دمای ۳۰ درجه بالاترین راندمان حذف را با میزان ۸۸/۳±۰/۲۵ داشت.

برای بررسی اثر غلظت گلوکز ورودی بر راندمان حذف کروم ۶ ظرفیتی ۳ غلظت ۲۰۰، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ میلی گرم در لیتر گلوکز در غلظت کروم ۸۰ mg/L، MLSS=۵۰۰۰ mg/L، DO=۲، زمان تماس ۲۴ ساعت و pH=۳ مورد بررسی قرار گرفت و غلظت گلوکز ۲۵۰ mg/L بیشترین راندمان حذف را با میزان ۹۵/۱±۰/۷ درصد نشان داد. با در نظر گرفتن بیشترین راندمان حذف که در مراحل قبلی به دست آمد، اثر زمان ماند بر راندمان حذف کروم در ۶ زمان مختلف مورد بررسی قرار گرفت و نهایتاً مشخص شد هر چه زمان ماند بیشتر باشد راندمان حذف بالاتر است. بیشترین راندمان حذف در زمان ماند ۲۴ ساعت به میزان ۹۷/۵±۰/۲۱ درصد مشاهده شد (جدول شماره ۱).

جهت انجام آزمایشات راکتورهای بسته به ارتفاع ۲۵ cm، قطر داخلی ۱۰ cm، حجم کل ۲ L و حجم مفید ۱/۵ L از جنس پلاستیکی گلاس مورد استفاده قرار گرفتند. هوادهی علاوه بر تامین اکسیژن مورد نیاز، اختلاط درون راکتورها را هم انجام می داد. لجن وارد راکتورهای آزمایش شده و مواد مغذی و محلول کروم به آن اضافه گردید. در ابتدا با در نظر گرفتن غلظت متفاوت اکسیژن محلول (۲، ۵، ۸ میلی گرم در لیتر) و ثابت نگه داشتن سایر شرایط راندمان حذف کروم ۶ ظرفیتی مورد بررسی قرار گرفت. سپس غلظت های اولیه کروم، غلظت های اولیه لجن و pH، دما و زمان ماند های مختلف بررسی و مقادیری که بیشترین راندمان حذف کروم ۶ ظرفیتی را دارا بود انتخاب شد. در تمام آزمایشات pH راکتورها با استفاده از سود یا اسید سولفوریک کنترل شد. جهت تامین شرایط هوازی هوا از طریق یک دیفیوزر به مایع مخلوط وارد شده و میزان آن توسط اکسیژن محلول (DO) متر (مدل ۵۵ YSI) کنترل گردید. نمونه های خارج شده از راکتور سریعاً توسط فیلتر غشایی میلی پور ۰/۴۵ میکرون فیلتر شده و ۲۵ میلی لیتر از آن وارد سل شده و با استفاده از روش شماره ۸۰۲۳ دستورالعمل شرکت HACH میزان کروم ۶ ظرفیتی در آنها با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل DR۲۰۰۰) اندازه گیری شد.

یافته ها:

بسته در غلظت اکسیژن محلول (۸ mg/L، ۵، ۲)، غلظت اولیه کروم ۲۰ mg/L، MLSS=۲۵۰۰ mg/L، pH=۷ و زمان تماس ۲۴ ساعت اثر DO بر راندمان حذف کروم ۶ ظرفیتی مورد بررسی قرار گرفت. بر اساس نتایج بالاترین راندمان حذف به میزان ۴۵/۵±۰/۷۸ درصد در DO=۲ مشاهده شد. در مرحله بعد جهت بررسی اثر غلظت اولیه کروم بر راندمان حذف کروم، ۶ غلظت اولیه کروم (۵، ۱۰، ۲۰، ۵۰، ۸۰ و ۱۰۰ mg/L) در DO=۲ mg/L، MLSS=۲۵۰۰ mg/L، pH=۷ و زمان تماس ۲۴ ساعت بهره برداری شد.

جدول شماره ۱: ارزیابی راندمان حذف کروم شش ظرفیتی با استفاده از لجن بیولوژیکی در شرایط مختلف

متغیر	سطوح متغیر	راندمان حذف کروم (%)	سرعت ویژه حذف
اکسیژن محلول (میلی گرم در لیتر)	۲	۴۳/۵۰±۰/۷۸	۲/۳۲
	۵	۳۲/۲۵±۰/۵۵	۱/۷۲
	۸	۱۷/۹۷±۰/۶۴	۰/۹۵
	۵	۲۵/۰۰±۰/۱۲	۱/۳۰
غلظت اولیه کروم (میلی گرم در لیتر)	۱۰	۱۲/۵۰±۰/۴۳	۰/۶۶
	۲۰	۱۲/۵۰±۰/۱۷	۰/۶۶
	۵۰	۲۱/۹۰±۰/۲۴	۱/۱۷
	۸۰	۴۸/۳۳±۰/۳	۲/۵۰
غلظت اولیه لجن (گرم در لیتر)	۱۰۰	۳۱/۲۰±۰/۱۹	۱/۶۶
	۲	۲۷/۵۰±۰/۶۷	۱/۸۰
	۳	۳۷/۵۰±۰/۲۰	۱/۷۰
	۴	۵۱/۰۰±۰/۵۸	۱/۷۰
pH	۵	۵۲/۵۰±۰/۵۰	۱/۴۰
	۶	۵۳/۰۰±۰/۳۲	۱/۱۸
	۱۰	۱۰/۰۰±۰/۵۰	۰/۲۷
	۷	۲۰/۰۰±۰/۶۳	۰/۵۳
دما (درجه سانتی گراد)	۵	۶۰/۰۰±۰/۱۲	۱/۶۰
	۳	۸۵/۰۰±۰/۴۰	۲/۲۶
	۱۰	۸۱/۸۰±۰/۲۷	۲/۱۸
	۲۰	۸۷/۵۰±۰/۳۳	۲/۳۳
غلظت گلوکز (میلی گرم در لیتر)	۳۰	۸۸/۳۰±۰/۲۵	۲/۳۵
	۲۵۰	۹۵/۱۰±۰/۷۰	۲/۵۳
	۵۰۰	۶۴/۶±۰/۴۵	۱/۷۲
	۱۰۰۰	۵۳/۰۰±۰/۵۰	۱/۴۱
زمان ماند (ساعت)	۱	۶۰/۰۰±۰/۳۳	۱/۶۰
	۵	۸۰/۰۰±۰/۴۰	۲/۱۳
	۱۰	۸۴/۶۰±۰/۷۳	۲/۲۶
	۱۵	۸۹/۳۰±۰/۵۷	۲/۳۸
	۲۰	۹۳/۲۰±۰/۳۸	۲/۴۸
	۲۴	۹۷/۵۰±۰/۲۱	۲/۶۰

بحث:

غلظت های بالاتر اکسیژن، میزان جذب ویژه کاهش یافته و در نتیجه راندمان حذف کروم ۶ ظرفیتی نیز کاهش می یابد که دلیل دیگری برای کاهش راندمان حذف کروم ۶ ظرفیتی با افزایش اکسیژن محلول می باشد. نتایج تاثیر اکسیژن محلول بر راندمان حذف کروم با پژوهش صورت گرفته توسط Wang و Xiao (۱۱) و Komori و همکاران (۱۷) مطابقت دارد. در مطالعاتی هم که بر روی کشت خالص اشرشیا کلی و استفاده از آن برای حذف کروم انجام پذیرفته است مشاهده شده علیرغم اینکه رشد سلول ها در شرایط هوازی نسبت به شرایط بی هوازی سریع تر است اما راندمان حذف کروم کاهش می یابد. بنابراین می توان

غلظت اکسیژن محلول یکی از فاکتورهای مهم و موثر بر حذف کروم می باشد. همانگونه که مشاهده می شود با افزایش میزان اکسیژن محلول در سیستم، راندمان حذف کروم ۶ ظرفیتی کاهش می یابد. علت این امر درباره آنزیم های میکروبی است که کروم ۶ ظرفیتی را به کروم ۳ ظرفیتی احیا می کنند (۱۴، ۱۵). افزایش اکسیژن در سیستم مانع فعالیت آنزیم های میکروبی احیا کننده کروم ۶ ظرفیتی به کروم ۳ ظرفیتی است که همین امر باعث کاهش راندمان حذف کروم ۶ ظرفیتی خواهد شد (۱۶). دو مرحله واکنش برای حذف کروم شامل جذب ویژه کروم روی سطح باکتری و وارد شدن آن در لخته های لجن عنوان شده است. در

گفت حذف موثر کروم ۶ ظرفیتی در شرایط هوایی اتفاق نمی افتد.

با افزایش غلظت اولیه کروم از ۵ به ۲۰ mg/L راندمان حذف کروم کاهش یافته است که احتمالاً به علت سمیت کروم برای میکروارگانیسم ها، عدم سازگاری جرم میکروبی با کروم، اکسیداسیون بالای کروم و توقف فعالیت بیولوژیکی آنزیم های احیاکننده کروم می باشد. Chen و همکاران (۱۸) نیز نشان دادند که راندمان حذف کروم با افزایش کروم در غلظت های بالاتر از ۵ mg/L کاهش می یابد. با افزایش تدریجی غلظت تا ۸۰ mg/L راندمان حذف کروم افزایش یافته که احتمالاً به دلیل سازگاری جرم میکروبی موجود با کروم می باشد. از این غلظت به بعد مجدداً راندمان حذف کاهش یافت. این نتایج بیانگر آن است که در مراحل انتهایی کروم تاثیر سمی و بازدارنده خود را بر جرم سلولی اعمال کرده و جرم سلولی فعال تا حدودی قابلیت تطابق با غلظت بالای کروم را از دست می دهد و در نتیجه کارکرد آنزیمی و متابولیکی آن مختل شده، که کاهش عملکرد فرایند را در حذف کروم به دنبال خواهد داشت.

همانطور که مشاهده می شود راندمان حذف کروم ۶ ظرفیتی با افزایش غلظت اولیه لجن افزایش می یابد که احتمالاً به دلیل وجود محل های جذب بیشتر برای جذب کروم در سیئوپلاسم و دیواره سلولی یا محل های جذب بیشتر در پلیمر های خارج سلولی است. در کشت اشرشیا کلی نیز مشاهده شد با افزایش غلظت لجن راندمان حذف کروم افزایش می یابد (۱۹). در نتیجه حفاظت از جرم بیولوژیکی برای حذف موثر کروم ضروری می باشد اما افزایش مقادیر بسیار زیاد در غلظت لجن برای بهبود حذف کروم ممکن است غیر اقتصادی باشد.

با کاهش pH راندمان حذف کروم افزایش می یابد. دلیل این امر را می توان به افزایش غلظت یون OH در محلول که باعث رقابت بین این یون ها با یون های CrO_7^{2-} در جذب بر روی لجن می گردد دانست. خدابخشی و همکاران نیز مشاهده کردند با

کاهش pH راندمان حذف کروم افزایش می یابد (۲۰). این مطلب در سایر پژوهش های انجام گرفته نیز گزارش شده است (۲۱). نتایج این بررسی نشان می دهد که افزایش دما باعث افزایش راندمان حذف کروم می شود. همانگونه که قبلاً نیز ذکر گردید حذف کروم در نتیجه احیاء کروم ۶ ظرفیتی به کروم ۳ ظرفیتی انجام می شود. افزایش دما تبدیل کروم ۶ ظرفیتی به کروم ۳ ظرفیتی را تسریع بخشیده و در نتیجه راندمان حذف کروم افزایش می یابد. Xiao و Wang (۱۱) با کشت خالص باسیلوس مشاهده کردند که حذف کروم با افزایش دما در دماهای زیر ۳۰ درجه سانتی گراد به سرعت افزایش می یابد. نتایج بیانگر کاهش راندمان حذف کروم ۶ ظرفیتی با افزایش غلظت گلوکز ورودی می باشد. یکی از دلایل این کاهش راندمان را می توان عدم سازگاری میکروارگانیسم های موجود در لجن در استفاده از گلوکز جهت حذف کروم دانست. بنابراین می توان گفت برای رسیدن به راندمان های حذف بالاتر حفظ محتوای گلوکز در فاضلاب های حاوی کروم در حد پایین ضروری می باشد. Chen و همکاران نیز در مطالعه ای نشان دادند که مقادیر بالای گلوکز حذف هوایی کروم را به شدت متوقف می کند (۱۸). ولی با توجه به نیاز میکروارگانیسم های موجود در لجن به کربن، بررسی های بیشتری برای ایجاد تعادلی بین حذف مناسب کروم و حفظ میکروارگانیسم های مطلوب می باشد. در این مطالعه اثر متقابل پارامترها بر هم مورد بررسی قرار نگرفته و در هر مرحله با ثابت گرفتن سایر متغیرها تنها اثر یک پارامتر بر راندمان حذف بررسی شده است که از محدودیت های این مطالعه می باشد.

نتیجه گیری:

در این مطالعه، در اکسیژن محلول ۲ mg/L، غلظت اولیه کروم ۸۰ mg/L، غلظت لجن ۵۰۰۰ میلی گرم بر لیتر، pH معادل ۳، دمای ۳۰ درجه سانتی گراد، غلظت گلوکز ورودی ۲۵۰ mg/L و زمان تماس ۲۴ ساعت حدود ۹۷/۵٪ کروم ۶ ظرفیتی حذف گردید. با افزایش غلظت اکسیژن محلول، غلظت اولیه کروم و pH، راندمان حذف کاهش و

تشکر و قدردانی:

نویسندگان بر خود لازم می دانند تا از همکاری مسئولین و کارشناسان محترم آزمایشگاه آب و فاضلاب دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی که ما را در انجام این تحقیق یاری نمودند تشکر و قدردانی نمایند.

با افزایش غلظت اولیه لجن و دما و زمان تماس راندمان حذف کروم ۶ ظرفیتی افزایش یافت. نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد استفاده از لجن فعال دفعی تصفیه خانه های فاضلاب می تواند با در نظر گرفتن جوانب زیست محیطی جهت حذف کروم مورد استفاده قرار گیرد.

منابع:

1. Duffus JH. Environmental Toxicology. 1st ed. New York: Halsted Press/John Wiley & Sons; 1980. PP: 54-9.
2. Sarin V, Pant KK. Removal of chromium from industrial waste by using eucalyptus bark. Bioresour Technol. 2006; 97(1): 15-20.
3. USEPA. National Primary Drinking Water Regulations, Ground Water and Drinking water, Consumer factsheet on: Chromium [Internet]. 1995. Available from: <http://water.epa.gov/drink/contaminants/index.cfm>.
4. Benjamin MM, Sletten RS, Bailey RP, Bennett T. Sorption and filtration of metals using iron-oxide-coated sand. Water Res. 1996; 30(11): 2609-20.
5. Deleo PC, Ehrlich HL. Reduction of hexavalent chromium by *Pseudomonas fluorescens* LB300 in batch and continuous cultures. Appl Microbiol Biotechnol. 1994; 40(5): 756-59.
6. Ohtake H, Fujii E, Toda K. Bacterial reduction of hexavalent chromium: kinetic aspects of chromate reduction by *Enterobacter cloacae* HO1. J Biocatal Biotransform. 1990; 4(2-3): 227-35.
7. Chirwa EMN, Wang YT. Hexavalent chromium reduction by *bacillus sp.* in a packed-bed bioreactor. Environ Sci Technol. 1997; 31(5): 1446-51.
8. Kabacinski M, Hultman B, Plaza E, Trela J. Strategies for improvement of sludge quality and process performance of sequencing batch reactor plant treating municipal and tannery wastewater. J Water Sci Technol. 1998; 38(4-5): 69-77.
9. Iddou A, Ouali MS. Waste-activated sludge (WAS) as Cr(III) sorbent biosolid from wastewater effluent. Colloids Surf B Biointerfaces. 2008; 66(2): 240-5.
10. Wu J, Zhang H, He PJ, Yao Q, Shao LM. Cr(VI) removal from aqueous solution by dried activated sludge biomass. J Hazard Mater. 2010; 176(1-3): 697-703.
11. Wang YT, Xiao C. Factors affecting hexavalent chromium reduction in pure cultures of bacteria. Water Res. 1995; 29(11): 2467-74.
12. Chen Y, Gu G. Short-term batch studies on biological removal of chromium from synthetic wastewater using activated sludge biomass. Bioresour Technol. 2005; 96(15): 1722-9.
13. APHA, AWWA, WEF. Standard methods for the examination of water and wastewater. 20th ed. Washington DC: American Public Health Association; 1998.
14. Imai A, Gloyna EF. Effect of pH and oxidation state of chromium on the behavior of chromium in the activated sludge process. Water Res. 1990; 24(9): 1143-5.
15. Llovera S, Bonet R, Simon-Pujol MD, Congregado F. Effect of culture medium ions on chromate reduction by resting cells of *Agrobacterium radiobacter*. Appl Microbiol Biotechnol. 1993; 39(3): 424-26.
16. Schmieman EA, Yonge DR, Rege MA, Petersen JN, Turick CE, Johnstone DL, et al. Comparative kinetics of bacterial reduction of chromium. J Environ Eng. 1998; 124(5): 449-55.
17. Komori K, Toda K, Ohtake H. Effects of oxygen stress on chromate reduction in *Enterobacter cloacae* strain HO1. J Ferment Bioeng. 1990; 69(1): 67-9.
18. Chen JM, Hao OJ. Environ factors and modeling in microbial chromium (VI) reduction. Water Environ Res. 1996; 68(7): 1156-64.

19. Shen H, Wang YT. Biological reduction of chromium by *E. coli*. J Environ Eng. 1994; 120(3): 560-72.
20. Khodabakhshi A, Amin MM, Sedehi M. Removal of Cr (VI) from simulated electroplating wastewater by magnetite nanoparticles. J Shahrekord Univ Med Sci. 2011; 13(4): 94-101.
21. Wang P, Lo IM. Synthesis of mesoporous magnetic gamma-Fe₂O₃ and its application to Cr(VI) removal from contaminated water. Water Res. 2009; 43(15): 3727-34.

The efficiency of biological sludge on hexavalent chromium removal from aqueous solution

Najafi Chaleshtori A¹, Yazdanbakhsh AR^{2*}, Khodabakhshi A¹, Shakeri K¹

¹Health Engineering Dept., Shahrekord University of Medical Sciences, Shahrekord, I.R. Iran;

²Health Engineering Dept., Shahid Beheshti University of Medical Sciences, Tehran, I.R. Iran.

Received: 18/Nov/2012 Accepted: 15/Nov/2014

Background and aims: Out of different techniques for chromium (Cr) removal, biological treatment has a special status. This study was conducted to determine the efficacy of biological sludge on hexavalent Cr (VI) removal from aqueous solutions.

Methods: In this experimental study, the required sludge was collected from municipal sewage refinery after aeration basin and introduced into the reactor and Cr and nutrients were added to it. The effect of dissolved oxygen (DO), Cr initial concentration, pH, temperature, glucose concentration, and contact time on chromium removal rate was evaluated. At each step, the samples withdrawn from the reactor were filtered and Cr (VI) level was measured using HACH Company instructions and spectrophotometry.

Results: The findings of this study showed that at 2 mg/L DO, 80 mg/L Cr initial concentration, 5000 mg/L sludge concentration, pH= 3, 30°C temperature, 250 mg/L introduced glucose concentration, and 24 h contact time, about 97.5 % of Cr (VI) was removed. As DO, pH, and the introduced glucose concentration decreased and the initial sludge concentration increased, temperature and contact time of Cr removal efficiency increased.

Conclusion: The results of this study showed that use of the activated sludge of sewage refinery could be used for Cr removal with regards to environmental aspects.

Keywords: Biological removal, Chromium, Activated sludge, Aqueous solution.

Cite this article as: Najafi-Chaleshtori A, Yazdanbakhsh AR, Khodabakhshi A, Shakeri K. The efficacy of biological sludge on hexavalent chromium removal from aqueous solution. J Shahrekord Univ Med Sci. 2015; 16(6): 40-47.

***Corresponding author:**

Health Engineering Dept., Faculty of Health, Shahrekord University of Medical Sciences, Shahrekord, I.R. Iran, Tel: 0038-33334251, E-mail: khodabakhshi16@gmail.com