

بررسی جذب زیستی کروم شش ظرفیتی از محلول های آبی توسط جلبک های برکه تثبیت فاضلاب

محمد نوری سپهر، صهبا حاجی باقر تهرانی*، سکینه ملایی توانی، امیر حسین قنبری

گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی البرز، تهران، ایران

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۴/۱۰/۳۰ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۳/۵

چکیده

زمینه و هدف: آلودگی زیستگاه های آبی به فلزات سنگین با توجه به سمیت و تجمع آن ها، منجر به آسیب های جدی به ارگانیسم ها و راهیابی آن ها به زنجیره مواد غذایی می شود. کروم یکی از این فلزات سنگین می باشد که به صورت اکسیدهای سه و شش ظرفیتی در صنایع کاربرد دارد. کروم شش ظرفیتی دارای مخاطرات بهداشتی مانند سرطان زایی است به همین دلایل حذف و کاهش آن از محیط ضروری می باشد. هدف از این مطالعه بیوجذب کروم شش ظرفیتی توسط جلبک های برکه تثبیت فاضلاب از محیط های آبی می باشد.

مواد و روش ها: مطالعه حاضر یک مطالعه بنیادی-کاربردی می باشد؛ در این راکتور ناپیوسته، متغیرهای pH (۳، ۵، ۷، ۹، ۱۱)، زمان تماس (۳۰-۶۰-۱۲۰-۱۸۰-۲۴۰-۳۰۰ دقیقه)، غلظت کروم شش ظرفیتی (در محدوده ۰/۵، ۱ و ۵ میلی گرم در لیتر) و غلظت جلبک (۳-۵-۱۰-۲۵-۵۰ گرم) مورد بررسی قرار گرفت. از مایع مخلوط برکه ی تثبیت تصفیه خانه فاضلاب شهری برای تلقیح استفاده شد. برای بررسی اثرات متغیرهای pH، زمان تماس؛ مقادیر مشخص غلظت کروم شش ظرفیتی در یک ارلن ۲۵۰ سی سی آماده شده و مقادیر مختلف جلبک خشک (۳-۵-۱۰-۲۵ گرم) به آن اضافه گردید. سپس روی شیکر قرار گرفت. پس از عمل اختلاط، از کاغذ صافی عبور داده شد. آنگاه در دمای آزمایشگاه به مدت ۱۰-۵ min با دور ۲۷۰۰ rpm سانتریفیوژ گردید. سپس در طول موج های ۵۴۰ nm جذب آن خوانده شد. سپس داده های مورد نظر پس از جمع آوری وارد نرم افزار Excel و spss گردید. در نهایت برای مدل سازی ایزوترم بیوجذب کروم شش ظرفیتی از معادلات ایزوترم لانگموئر، فروندلیخ استفاده شد.

یافته ها: مطالعه حاضر نشان میدهد که PH، زمان تماس، غلظت کروم شش ظرفیتی و غلظت جلبک بهینه در جذب غلظت کروم توسط جلبک به ترتیب به میزان ۵، ۱۲۰ min، ۰/۵ و ۱g می باشد. میانگین حداکثر راندمان جذب کروم توسط جلبک های برکه تثبیت فاضلاب ۹۷/۲٪ برآورد شد. بررسی ضرایب همبستگی منحنی های این مدل های جذب نشان می دهد که جذب کروم شش ظرفیتی بر روی جلبک های برکه تثبیت فاضلاب از ایزوترم لانگموئر تبعیت می کند ($R > 0/95$).

نتیجه گیری: نتایج مطالعه نشان داد که جلبک های برکه تثبیت فاضلاب به عنوان یک جاذب بیولوژیکی، توانایی بسیار بالایی در جذب کروم شش ظرفیتی از محلول های آبی را دارند. علاوه بر این در کنار مزایایی از قبیل پائین بودن هزینه بهره برداری، عدم نیاز به نیروی متخصص، پائین بودن لجن دفعی شیمیایی و قابلیت بازیابی مجدد فلزات بیش از پیش مورد توجه واقع شده اند.

کلمات کلیدی: بیوجذب، فلزات سنگین، کروم، جلبک، برکه تثبیت فاضلاب

* کارشناسی ارشد مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی البرز، تهران، ایران
ایمیل: tehrani.sahba@mail.com - شماره تماس: ۰۹۳۹۱۹۵۵۴۳۹

مقدمه

امروزه با توجه به افزایش امراض ناشی از آب و همچنین افزایش اکسپوتانسیلی میزان مواد سمی در آب آشامیدنی، مطالعات وسیعی در جهت افزایش کیفیت آب آشامیدنی انجام شده است. آگاهی از اینکه مواد شیمیایی بکار گرفته شده در تصفیه آب (مثل کلرین و آلوم) تحت شرایطی ممکن است بیشتر زیان آور باشند تا اینکه مفید واقع شوند. این امر منجر به سالم نگه داشتن آب درائتای ساختن دستگاه های تصفیه آب و فاضلاب اهمیت بیشتری می یابد و قوانین سخت گیرانه تری در این موارد به تصویب برسد.^۱ فلزات سنگین رتبه ی نخست آلاینده ها در آب را به خود اختصاص داده اند و این در حالی است که بسیاری از فلزات حتی در غلظت های کم سمی به شمار می آیند. در دهه ی گذشته ورود آلاینده ها با منشأ انسانی مانند فلزات سنگین به داخل محیط های دریایی به مقدار زیادی افزایش یافته که به عنوان یک خطر جدی برای حیات محیط های آبی به شمار می آید.^۲ فلزات سنگین از جمله آلاینده های زیست محیطی بوده که مواجهه انسان با بعضی از آن ها از طریق آب و مواد غذایی می تواند مسمومیت های مزمن و خطرناکی را ایجاد کند.^۳ آلودگی فلزات سنگین با توجه به سمیت و تجمع آن ها در زیستگاه های آبی از اهمیت زیادی برخوردار است. تجمع فلزات سنگین می تواند باعث آسیب های جدی به ارگانیسم ها شود و همچنین می تواند به سطح زنجیره ای مواد غذایی منتقل شود که در نتیجه آن منجر به یک فرآیند سمی شود.^۳ کروم یکی از مهم ترین فلزات سنگین است و به صورت اکسیدهای سه و شش ظرفیتی در صنایعی مانند آبکاری، شیشه، سرامیک، دباغی و چرم کاربرد دارد. کروم شش ظرفیتی دارای مخاطرات بهداشتی اثبات شده ای مانند سرطان زایی است که به همین دلایل حذف و کاهش آن از محیط ضروری می باشد.^۲ غلظت کروم در آب در فصول مختلف متفاوت است (۶۴۵/۲۶-۴۸۹/۲۷ میکروگرم بر لیتر)

است. کروم فراوان ترین فلز در آب قبل از باران های موسمی است.^۳ کروم شش ظرفیتی نسبت به کروم سه ظرفیتی حتی در غلظت های کم، بسیار محلول در آب و سمی تر است. با توجه به سمیت بالای کروم شش ظرفیتی، باید آن را از فاضلاب قبل از ورود به محیط های آبی حذف کرد.^۴ روش های تصفیه ای از جمله فیتواسترکشن، اسمز معکوس، الکترودیالیز، تبادل یونی، فیلتراسیون غشایی و جذب برای حذف فلزات از پساب های صنعتی برای حذف کروم توسعه یافته است.^۴ با این حال بسیاری از این روش ها معایبی دارند که از جمله آن می توان به پیچیده بودن فرآیند، هزینه ی بالا و مصرف بالای انرژی اشاره کرد. اما جذب همراه با یک ترکیب مناسبی از واجذب (دفع) یک روش مؤثر برای حذف می باشد. تابه حال مواد مختلفی مانند زئولیت اصلاح شده، کانی های رسی آهن صفر ظرفیتی، پسماند لاستیک، کربن فعال، بیومتریال و پسماندهای صنعتی به عنوان جاذب در حذف کروم استفاده شده است.^۴ مزایایی از قبیل پائین بودن هزینه راهبری، پائین بودن لجن بیولوژیکی و شیمیای دفعی، راندمان حذف بالای فلزات از پساب و همچنین عدم نیاز به مواد مغذی سبب شده است که جاذب های بیولوژیکی به عنوان یک روش جدید جهت حذف فلزات سنگین از پساب های صنعتی مورد استفاده قرار می گیرد.^۵ علاوه بر این در میان جلبک های اتوتروف به علت توانایی ایجاد توده ضخیم مورد توجه قرار گرفته اند. در دهه اخیر جاذب های کم هزینه ای بررسی و پیدا شده است اما جلبک قهوه ای بسیار مفید بوده و به عنوان یک جاذب بسیار خوب مطرح شده است.^۵ هدف از این مطالعه تعیین کارایی جذب زیستی کروم شش ظرفیتی توسط جلبک های برکه تثبیت فاضلاب از محیط های آبی می باشد.

مواد و روش ها

مطالعه حاضر یک مطالعه بنیادی-کاربردی بوده و به منظور کارایی و تعیین شرایط بهینه جلبک های برکه ی تثبیت فاضلاب به عنوان بیو جاذب در حذف فلزات سنگین (کروم شش ظرفیتی) از محلول های آبی طراحی و اجرا گردید. راکتور مورد مطالعه در این پژوهش به صورت ناپیوسته می باشد، متغیرهای pH (۳، ۵، ۷، ۹، ۱۱)، زمان تماس (۳۰-۶۰-۱۲۰-۱۸۰-۲۴۰-۳۰۰ دقیقه)، غلظت کروم شش ظرفیتی (در محدوده ۰.۵، ۱ و ۵ میلیگرم در لیتر) و غلظت جلبک (۳-۱-۰/۵-۰/۲۵ گرم) مورد بررسی قرار گرفت. سپس داده های مورد نظر پس از جمع آوری وارد نرم افزار Excel و spss گردید.

از جلبک های برکه تثبیت فاضلاب به عنوان بیو جاذب برای حذف کروم شش ظرفیتی از محلول های آبی استفاده می شود. نمونه های آب به صورت سنتتیک در آزمایشگاه تهیه شد. آزمایشات مورد نظر در این مطالعه به منظور بررسی پارامترهای مختلف و دستیابی به اهداف مورد نظر در چندین فاز مختلف انجام می گیرند. ابتدا از مایع مخلوط برکه ی تثبیت تصفیه خانه فاضلاب شهر برای تلقیح استفاده شد. بعد از کسب شرایط پایدار و کسب جمعیت جلبکی مورد نیاز مشخصات توده ی جلبکی تعیین می گردد. در مرحله ی بعد عملکرد سیستم با توجه به متغیر های مورد مطالعه مورد ارزیابی قرار می گیرد. آزمایشات سینتیک بیوجذب در سه غلظت اولیه صورت می گیرد و نتایج آن با استفاده از معادلات معادلات شبه درجه اول و شبه درجه دوم تعیین می شود. بعد از تعیین زمان تعادل در آزمایشات سینتیک، اثر PH بر روی ظرفیت تعادلی بیوجذب کروم شش ظرفیتی مورد مطالعه قرار می گیرد. در مرحله ی بعد ایزوترم بیوجذب کروم شش ظرفیتی به وسیله ی جلبک ها مطالعه گشته و برای مدلسازی ایزوترم بیوجذب کروم شش ظرفیتی از معادلات ایزوترم لانگموئر و فروندلیخ استفاده می شود.

– تهیه و آماده سازی نمونه های جلبکی:

پس از جمع آوری جلبک ها از برکه تثبیت فاضلاب چندین بار با آب مقطر شستشو داده می شوند. در نهایت جلبک های مورد نظر در فور در دمای ۷۰ درجه سانتی گراد خشک می گردد. سپس خرد میگردند و به صورت پودر در می آیند.

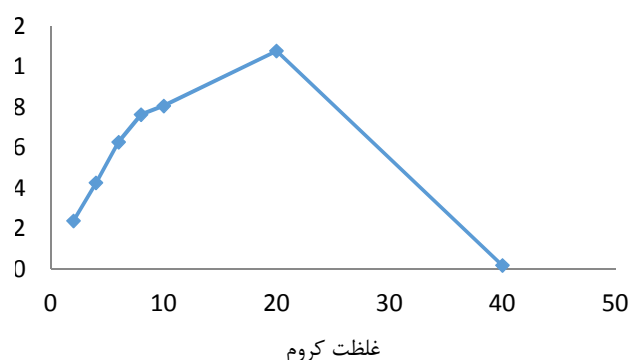
– سنجش میزان جذب کروم شش ظرفیتی توسط جلبک های برکه ی تثبیت تصفیه خانه فاضلاب:

برای بررسی اثرات متغیرهای pH، زمان تماس غلظت کروم شش ظرفیتی در یک ارلن ۲۵۰ سی سی آماده شده و مقادیر مختلف جلبک خشک (۳-۱-۰/۵-۰/۲۵ گرم) به آن اضافه می-گردد. سپس روی شیکر قرار می گیرد. پس از عمل اختلاط، از کاغذ صافی عبور داده می شود (از فیلتر ۰/۵ میکرومتر تحت فشار ۱۵ atm عبور داده می شود). آنگاه فیلتر را داخل لوله ی ۱۵ ml گذاشته می شود سپس به آن ۱۵ ml استون ۹۰٪ افزوده می-شود. لوله ها را به مدت ۲۴ ساعت در محل تاریک (ترجیحاً یخچال) قرار می شود. محتوی لوله ها در دمای آزمایشگاه به مدت ۵-۱۰ min با دور ۲۷۰۰ rpm سانتریفیوژ می گردد. مایع رویی استخراج می گردد. این عمل برای نمونه و شاهد تکرار می شود. سپس به بررسی راندمان حذف کروم شش ظرفیتی با استفاده از روش طیف سنجی توسط دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۴۰ nm میزان جذب آن قرائت می شود.

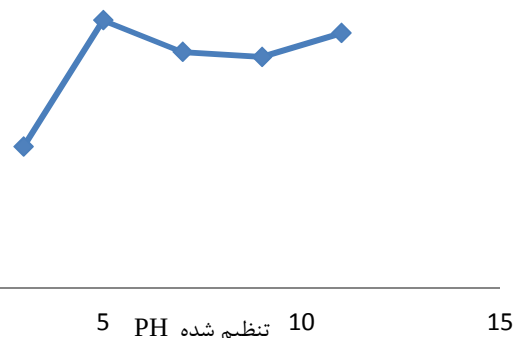
برای بررسی ایزوترم جذب کروم شش ظرفیتی از مدل های ایزوترمی لانگموئر و فروندلیخ استفاده شد. همچنین برای بررسی سنتتیک فرآیند جذب، از معادلات شبه درجه اول و شبه درجه دوم استفاده گردید.

یافته ها

در پژوهش حاضر، کارایی جلبک های برکه تثبیت فاضلاب به عنوان بیو جاذب در حذف کروم شش ظرفیتی از محلول های



آبی با غلظت های متفاوت کروم شش ظرفیت، زمان های تماس
مقدارهای مشخص جلبک مورد بررسی قرار گرفت.



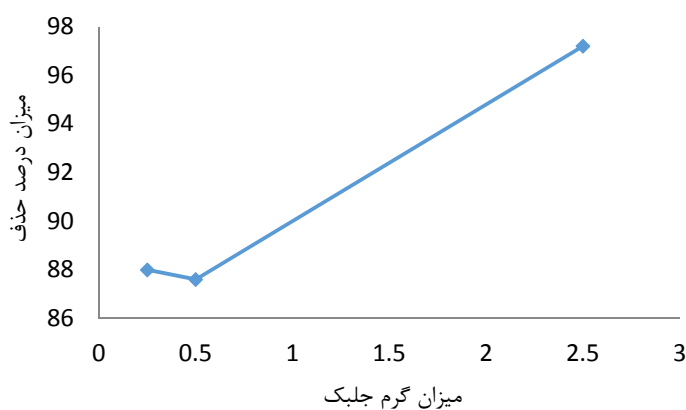
نمودار ۲: میزان جذب با توجه به غلظت بهینه کروم

بررسی همزمان میزان گرم جلبک و غلظت کروم شش ظرفیتی
در این نمودار بیشترین میزان جذب غلظت کروم شش ظرفیتی
در غلظت های پایین آن می باشد. و با افزایش غلظت کروم
شش ظرفیتی میزان جذب آن به وسیله جلبک های برکه تثبیت
فاضلاب کاهش می یابد.

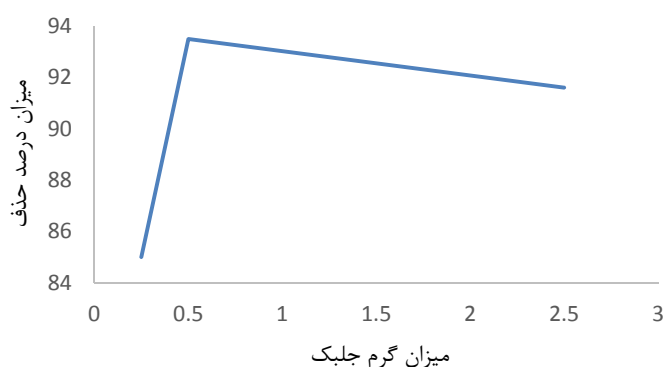
نمودار ۱: بررسی عملکرد جلبک های برکه تثبیت فاضلاب در

حذف کروم شش ظرفیتی در pH های مختلف

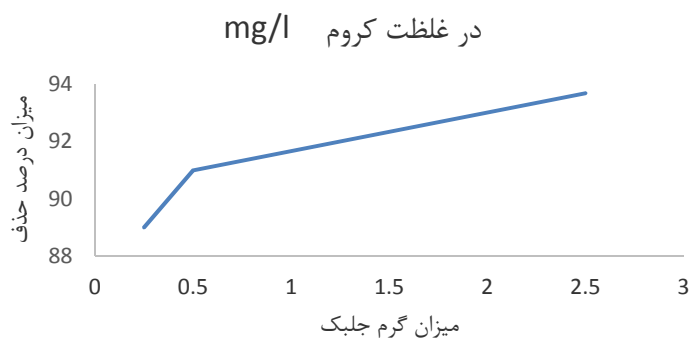
همان طور که مشاهده می شود؛ بیشترین میزان جذب کروم
شش ظرفیتی توسط جلبک های برکه تثبیت فاضلاب تا pH ۵
افزایش می یابد. pH ۵ را می توان به عنوان pH بهینه در نظر
گرفت. با افزایش pH میزان جذب کروم دوباره افزایش یافت
به طوری که در pH ۱۱ به اوج خورد رسیده است.



(a) در غلظت کروم ۰.۵ mg/L



(b) در غلظت کروم ۱ mg/L



(c) در غلظت کروم ۵ mg/L

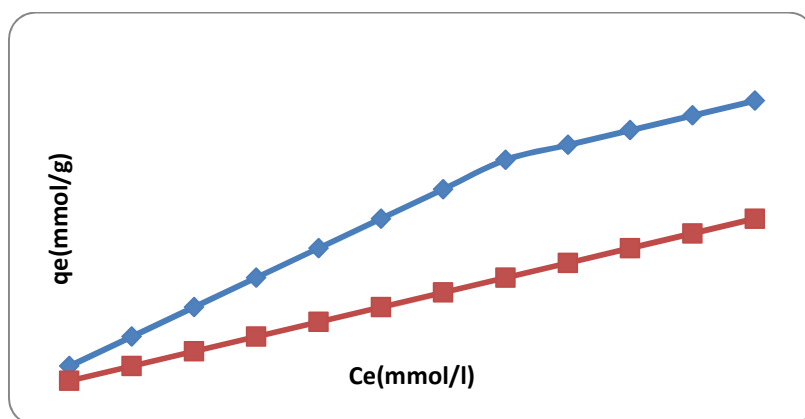
نمودار ۳: بررسی همزمان میزان گرم جلبک و غلظت کروم ۰.۵، ۱ و ۵ mg/L (a,b,c) بر روی حذف کروم شش ظرفیتی

با مشاهده این نمودار می‌توان دریافت که افزایش میزان گرم جلبک از ۰/۲۵ گرم به ۳ گرم میزان حذف به بیش از ۹۴٪ رسید. و با بررسی کروم شش ظرفیتی در محدوده ۰.۵، ۱ و ۵ میلی گرم در لیتر و اثر آن بر عملکرد جلبک‌های برکه تثبیت فاضلاب می‌توان دریافت که با افزایش میزان کروم خطر نابودی جلبک‌ها و در نتیجه کاهش جذب اتفاق بیفتد.



نمودار ۴: درصد حذف کروم با توجه به حالت بهینه جلبک های برکه تثبیت فاضلاب

همان طور که ملاحظه می شود، افزایش میزان گرم جلبک از غلظت از ۰/۲۵ گرم تا ۱ گرم میزان حذف به ۹۸/۲٪ رسید. و با افزایش این میزان از ۱ گرم به ۳ گرم جلبک دیگر تاثیر قابل توجهی در حذف کروم ندارد و می توان میزان ۱ گرم جلبک را به عنوان حالت بهینه در نظر گرفت.



نمودار ۵: ایزوترم تثبیت کروم در آب مقطر جلبک های برکه تثبیت فاضلاب

در این مطالعه با بررسی ضریب همبستگی منحنی های این دو مدل می توان دریافت که جذب کروم شش ظرفیتی بر روی جلبک های برکه تثبیت فاضلاب از ایزوترم لانگمویر تبعیت می کند ($R > 0.95$).

بحث

یکی از پارامترهای مهم در فرایند جذب بیولوژیکی pH می باشد. در این پژوهش پس از بررسی pH های مختلف جهت قابلیت جلبک های برکه تثبیت فاضلاب به عنوان بیو جاذب در حذف کروم شش ظرفیتی مشاهده شد که $pH = 5$ به عنوان

pH بهینه توانایی بسیاری در جذب کروم شش ظرفیتی دارد. اما با افزایش pH میزان جذب کروم دوباره افزایش یافت به طوری که در pH ۱۱ به اوج خورد رسیده است. شاید علت این امر به علت رسوب کروم طی فرایند جذب باشد. در مطالعه جعفری و همکاران، حداکثر حذف کادمیوم از محلول توسط جلبک فوکوس در pH محدوده 5.0 ± 0.3 می باشد^{۲۰}. که با مطالعه حاضر مطابقت دارد. در مطالعه Vinod و همکاران، حداکثر ظرفیت جذب نیکل از محلول آبی توسط جلبک kondagogu در $PH = 5.0 \pm 0.1$ محاسبه شد^{۱۹}. در مطالعه ملکوتیان و همکاران، که بر روی جلبک اولوتریکس زوناتا از فاضلاب صنعتی به عنوان بیوجذب فلزات سنگین دریافتند که pH بهینه برای جذب فلزهای سنگین روی و کادمیوم ۵ می باشد^{۲۴}. در مطالعه کشتکار و همکاران، که بر روی جلبک قهوه‌ای پیش تصفیه شده برای حذف فلزهای سنگین از پساب تأسیسات فرآوری شیمیایی اورانیم اصفهان دریافتند که pH = ۵ به عنوان شرایط بهینه جذب فلزهای سنگین از پساب اعلام کردند. به دلیل غالب بودن یونهای H^+ و H_2O^+ جانشین یونهای تک ظرفیتی یا دو ظرفیتی موجود در سطح جاذب شده و در نتیجه این امر pH های پایین میزان جذب برای تمام فلزهای سنگین کم می‌باشد اما با افزایش pH غلظت یونهای H^+ و H_2O^+ کمتر شده و یونهای فلزی، یونهای غالب محیط می شوند رقابت موجود کاهش یافته و با تغییر بار سطحی جاذب در نتیجه جذب افزایش می‌یابد^{۲۳}.

یافته‌های حاصل از این مطالعه نشان داد که با افزایش غلظت کروم در محدوده ۰.۵، ۱ و ۵ میلی‌گرم در لیتر، عملکرد جلبک های برکه تثبیت فاضلاب کاهش یافت. کروم به دلیل ماهیت سمی خود و به عنوان یک فلز غیرضروری می تواند منجر به مرگ جلبک‌ها گردد. در مطالعه ای که توسط کیانی و همکارانش بر روی تأثیر فلزات سنگین (کادمیوم، مس، سرب و نیکل) بر کلروفیل a و زیست توده جلبک سبز *Scenedesmus quadricauda* صورت گرفت، نشان داد

که فلزات سنگین با مکانیسم‌های مسمومیت از طریق مسدود کردن مسیرهای متابولیکی آنزیم‌ها، پلی نوکلئوتیدها، سیستم های انتقال مواد مغذی و یون‌ها، جابجایی و جایگزینی با یون-های ضروری از طریق مکانهای سلولی، دنا تراسیون و غیر فعال شدن آنزیم‌ها، اختلال فیزیولوژیکی در سلول و غشای سلولی می شوند. اما در این میان بیش ترین تأثیر فلزات از طریق ایجاد رادیکال های آزاد می‌باشد که منجر به اکسید کردن مولکول زیستی شده و در نتیجه این امر در نفوذپذیری سلول اختلال ایجاد می کنند^{۲۱}.

به طبع با افزایش میزان غلظت یا گرم جلبک‌ها، عملکرد جلبک های برکه تثبیت فاضلاب نیز به مراتب بیش تر خواهد بود. در این پژوهش افزایش میزان گرم جلبک از غلظت از ۲۵/۰ گرم تا ۱ گرم میزان حذف به ۹۸/۲٪ رسید. و با افزایش این میزان از ۱ گرم به ۳ گرم جلبک دیگر تأثیر قابل توجهی در حذف کروم ندارد و می‌توان میزان ۱ گرم جلبک را به عنوان حالت بهینه در نظر گرفت. با افزایش غلظت جلبک‌ها به ۳ گرم میزان حذف ۹۹/۶٪ برآورد شد. در مطالعه جعفری و همکاران، بیشترین جذب در مقادیر بیومس ۱ و ۲/۵ گرم برای فلز کادمیوم به ترتیب ۷۹/۱ و ۸۹/۲ درصد مشاهده گردید^{۲۲}. در مطالعه Amany و همکاران، حداکثر راندمان حذف کروم با استفاده از جلبک سبز *Ulva lactuca* ۹۲ درصد بود^۹.

بر اساس مطالعه انجام گرفته، سرعت جذب با افزایش زمان از ۳۰ تا ۳۰۰ دقیقه افزایش می یابد. با افزایش زمان از ۳۰ تا ۱۲۰ دقیقه جذب آلاینده توسط جلبک‌ها افزایش یافت. اما این افزایش با گذشت زمان از ۱۲۰ دقیقه به صورت تقریباً یکنواخت بوده و تأثیر قابل توجهی نداشته است. می‌توان زمان ۱۲۰ دقیقه را به عنوان زمان بهینه در جذب کروم شش ظرفیتی بر روی جلبک‌های برکه تثبیت فاضلاب در نظر گرفت. در مطالعه کشتکار و همکاران، که بر روی جلبک قهوه‌ای پیش تصفیه شده برای حذف فلزهای سنگین از پساب تأسیسات فرآوری شیمیایی اورانیم اصفهان دریافتند که زمان تعادل ۱۲۰

kondagogu توسط مدل لانگمیر $129/8 \text{ mg/g}$ محاسبه شد.^{۱۹} در مطالعه جعفری و همکاران، حداکثر میزان حذف کادمیوم از محلول توسط جلبک فوکوس در محلول آب مقطر بر اساس مدل لانگمیر برابر $0/85$ میلی مول بر گرم است.^{۲۰}

نتیجه گیری

نتایج این مطالعه نشان داد که استفاده از جلبک های برکه تثبیت فاضلاب به عنوان یک جاذب بیولوژیکی، توانایی بسیار بالایی در جذب کروم شش ظرفیتی از محلول های آبی را دارند. علاوه بر این در کنار مزایایی از قبیل پائین بودن هزینه بهره برداری، عدم نیاز به نیروی متخصص، پائین بودن لجن دفعی شیمیایی، کارایی بالا در حذف فلزات از محیط های آبی و عدم نیاز به مواد مغذی و قابلیت بازیابی مجدد فلزات بیش از پیش مورد توجه واقع شده اند.

تقدیر و تشکر

نویسندگان این مقاله بر خود لازم می دانند از معاونت پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی البرز، به جهت حمایت های مالی این طرح تحقیقاتی، صمیمانه سپاسگزاری نمایند.

دقیقه را به عنوان شرایط بهینه اعلام کردند.^{۲۳} در مطالعه ملکوتیان و همکاران، که بر روی جلبک اولوتریکس زوناتا از فاضلاب صنعتی به عنوان بیوجذب فلزات سنگین دریافتند که با افزایش زمان تماس میان جاذب با محلول های حاوی فلزات سنگین میزان جذب افزایش می یابد. این امر در نتیجه افزایش تماس میان جسم جاذب و فلزات می باشد.^{۲۴} در واقع جاذب با گذشت زمان این فرصت را پیدا می کند تا سطح بیشتری از خود را به کار گیرد. و در جهت حذف کروم عمل نماید.^{۲۵} یکی از مهم ترین مشخصه هایی که برای جذب آلاینده ها بر روی جاذب های مختلف استفاده می شود، تعیین ایزوترم می باشد. در این مطالعه با بررسی ضریب همبستگی منحنی های این دو مدل می توان دریافت که جذب کروم شش ظرفیتی بر روی جلبک های برکه تثبیت فاضلاب از ایزوترم لانگمیر تبعیت می کند ($R^2 > 0/95$). در مطالعه Amany و همکاران، مدل های لانگمور، فروندلیخ برای جاذب مورد نظر مناسب بودند.^۹ در مطالعه Mahvi و همکاران، در یافتند که مدل جذب فروندلیخ با نتایج $R^2 > 0/85$ بهتر از لانگمیر می باشند.^{۱۰} در مطالعه Ahmed و همکاران، نشان داده شد که حداکثر ظرفیت جذب برای جلبک قرمز خشک شده ۱۲ میلی گرم بر گرم به وسیله ی مدل لانگمور محاسبه می شود.^{۱۷} در مطالعه Vinod و همکاران، حداکثر ظرفیت جذب کروم از محلول آبی توسط جلبک

منابع

1. Amirbeygy H. Principles of Treatment and Hygiene of Water. Tehran: andisheh rafie;1382. p. 9. . [In Persian].
2. Farzi R, Esmaeili A. Study Methods of removing chromium from water with using nanotechnology. National Conference on Nano technology from theory to application 1393. [In Persian].
3. Ahmad MK, Islam S, Rahman S, Haque MR, Islam MM. Heavy Metals in Water, Sediment and Some Fishes of Buriganga River, Bangladesh. Int J Environ Res 2010;4(2):321-332.
4. Oliveira H. Chromium as an Environmental Pollutant: Insights on Induced Plant Toxicity. Int J Telemed App 2012;1-8.
5. Jin X, Jiang M, Du J, Chen Z. Removal of Cr(VI) from aqueous solution by surfactant-modified kaolinite. J Ind Eng Chem 2014;20:3025–3032.
6. Nahid P, Moslehi moslehabadi P. Study and analysis of heavy metals in drinking water in different regions of Tehran in ppb level and methods of their removal. J Food Sci Tech Mys. 1387;5(1):29-35. . [In Persian].
7. Fouladifard A, Kamani H, Khaefi M. Removal of heavy

- metals with biological absorption of Aqueous solutions. National Iranian Chemical Engineering Congress. 1383:3417-25. . [In Persian].
- 8 . Khattar JIS, Sarma TA, Singh DP. Removal of chromium ions by agar immobilized cells of the cyanobacterium *Anacystis nidulans* in a continuous flow bioreactor. *Enzyme Microb Technol*. 1999;25:564–568.
 - 9 . EL-Sikaily A, El Nemr A, Khaled A, Abdelwehab O. Removal of toxic chromium from wastewater using green alga *Ulva lactuca* and its activated carbon. *J Hazard Mater* 2007;148(1-2):216–228.
 - 10 . Mahvi A, Nabizadeh R, Gholami F, Khairi A. Adsorption of chromium from wastewater by *Platanus orientalis* leaves. *Iran. J Environ Health Sci Eng* 2007;4(3):191-196.
 - 11 . Mansria A. Chromium removal using modified poly(4-vinylpyridinium) bentonite salts. *Desalination*. 2009;245:95–107.
 - 12 . Idris S, Iyaka YA, Dauda BEN, Ndamitso MM, Umar MT. Kinetic Study of Utilizing Groundnut Shell as an Adsorbent in Removing Chromium and Nickel from Dye Effluent. *J Am Chem Sci* 2012;2(1):12-24.
 13. Castro MP, de Moraes FR, Fujimoto RY. Acute Toxicity by Water Containing Hexavalent or Trivalent Chromium in Native Brazilian Fish, *Piaractus mesopotamicus*: Anatomopathological Alterations and Mortality. *Bull Environ Contam Toxicol* 2014;92:213-219.
 - 14 . Vilar V, Valle J, Bhatnagar A, Santos J, Guelli U. de Souza S, Augusto U. de Souza A, et al. Insights into trivalent chromium biosorption onto protonated brown algae *Pelvetia canaliculata*: Distribution of chromium ionic species on the binding sites. *J Chem Eng* 2012;200-202:140-148.
 - 15 . Balaji S, Kalaivani T, Rajasekaran C, Shalini M, Vinodhini S, Sunitha Priyadharshini S, Vidya AG. Removal of heavy metals from tannery effluents of Ambur industrial area, Tamilnadu by *Arthrospira (Spirulina) platensis*. *Environ Monit Assess* 2015;187:325.
 - 16 . Anastopoulos I, Kyzas G. Progress in batch biosorption of heavy metals onto algae. *J Mol Liq* 2015;209:77-86.
 - 17 . Elnemr A, El-Sikaily A, Khaled A, Abdelwahab O. Removal of toxic chromium from aqueous solution, wastewater and saline water by marine red alga *Pterocladia capillacea* and its activated carbon. *Arab J Chem* 2015;8(1):105-117.
 - 18 . Wang J, Chen C. Biosorbents for heavy metals removal and their future. *Biotechnol Adv* 2009;27:195–226.
 - 19 . Vinoda VTP, Sashidhar RB, Sreedhar B. Biosorption of nickel and total chromium from aqueous solution by gum kondagogu (*Cochlospermum gossypium*): A carbohydrate biopolymer. *J Hazard Mater* 2010;178:851–860.
 20. Jafari N. Comparison Uptake of Cadmium (II) from Aqueous Solution, onto Algae *Brown Fucus Serratus* and *Cystoseira Indica*. *J Water and Wastewater* 2014;6:30-35. [In Persian].
 21. Kiani S, Mahboobi N. Effect of Heavy Metals (Cadmium, Copper, Lead and Nickel) on Chlorophyll a and Biomass of Green Algae *Scenedesmus quadricauda*. *J Fish Sci Technol* 2014;3(3):67-78. [In Persian].
 22. Jafari N, Ahmadi asbchin S. Adsorption of cadmium and lead ions from aqueous solution by brown algae *Cystoseira indica*. *J Plant Biol*. 2014;27(1):23-31. [In Persian].
 23. Keshtkar AR, Kafshgari F. Application of Ca-Pretreated Brown Alga for Heavy Metals Removal from Esfahan Uranium Conversion Facility (UCF) Wastewater. *J Nuclear Sci Tech* 2014;67: 22-30 [In Persian].
 24. Malakootian M, Moussavi GH, Toolabi A. A Study of kinetics And Biosorption Isotherms of Heavy Metals By Algae *Ulothrix Zonata* from Industrial Wastewater. *J Ilam U Med Sci* 2011;19(4):26-37 [In Persian].
 25. Eghbal Poor S, Sahebbali M. Experimental Study of iron oxide nanoparticles for the removal of chromium from water absorbent algal biomass. *J Nanomater* 2014;5(15):211-221. [In Persian].

The survey of biological absorption of hexavalent chromium from aqueous solutions by Wastewater stabilization pond algae

Mohammad Nouri Sepehr, Sahba Hajibagher Tehrani*, Sakineh Molaei Tavani, Amir Hossein Ghanbari

Department of Environmental Health, Faculty of Health, Alborz University of Medical Sciences, Tehran, Iran

* E-mail: tehrani.sahba@gmail.com

Received: 20 Jan 2016 ; Accepted: 25 May 2016

ABSTRACT

Background: Contamination of aquatic habitats due to toxicity and accumulation of heavy metals leading to serious damage to organisms and their advance to the food chain. Chrome is one of these heavy metals for the three and six-valence oxides used in industry. Health risks such as carcinogenic hexavalent chromium have been For this reason, removal and reduction of environment is essential. Target of this study hexavalent chromium biosorption by waste stabilization pond algae is of the aquatic environment.

Methods: This study was a fundamental applied; In this batch reactor, variables Was investigated pH(3,5,7,9,11), Contact time(30,60,120,180,240,300min), The concentration of hexavalent chromium(0.5,1,5mg) And the concentration of algae(0.25, 0.5, 1, 3g). Liquid mixed municipal wastewater treatment stabilization pond was used for insemination. For the investigate the effects of variables pH, contact time, the concentration of hexavalent chromium values in a 250 ml Erlenmeyer flask prepared and various amounts of dried algae (0.25-0.5-1- 3 g) were added to it. Then became the shakers. After mixing, the filter paper was passed. The lab temperature was centrifuged for min10-5 rpm 2700 rpm. Then it was read at a wavelength absorbed by 540 nm. . Then collected was data to Excel and SPSS software. Finally was used for hexavalent chromium adsorption isotherm model equation of Langmuir and Freundlich.

Results: This study shows that PH, contact time, the concentration of hexavalent chromium and chromium concentrations of algae optimal absorption by algae concentrations, respectively, in 5 mg / l, min 120, 0.5 mg / l and is 1gr. Average maximum absorption of chromium Wastewater stabilization ponds by algae 97/2%, respectively. Correlation coefficients absorption curves of these models showed that Cr (VI) adsorption isotherm on wastewater stabilization pond algae follows ($= R$).

Conclusion: The results showed that wastewater stabilization pond algae as a biological absorption, very high ability to absorb their hexavalent chromium from aqueous solutions. In addition with advantages such as low cost, no need for skilled workers, low excess Chemical waste sludge, metal restore capabilities have been further considered.

Key words: Biosorption, Heavy Metals, Chromium, Algae, Wastewater Stabilization Ponds