

نقش جاذب‌های زیستی در کاهش آلودگی فلزات سنگین در راستای توسعه پایدار منابع آبی

لمبت تقوی، استادیار گروه آلودگی‌های محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران.
نگین ناصح*، دانشجوی دکتری آلودگی‌های محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران.
بهنام باریک بین، استادیار، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی، بیرجند، ایران.
علیرضا حریفی، استادیار، دانشکده شیمی، دانشگاه خوارزمی، کرج، ایران

E-mail*: Na3_Neg@yahoo.com

دریافت: ۱۳۹۳/۰۹/۱۹ - پذیرش: ۱۳۹۳/۱۲/۰۱

چکیده

وجود فلزات سنگین در محلول‌های آبی، خصوصاً آب آبیاری در کشاورزی با غلظت‌های بالاتر از حد مجاز موجب زیان به محیط زیست و به خطر افتادن سلامت انسان می‌گردد. بنابراین حذف این فلزات از منابع آبی، کامی مثبت در جهت رسیدن به توسعه پایدار محسوب می‌شود. کروم یکی از فلزات سنگین خطرناک است که غلظت‌های بالای آن عاملی تنش‌زا برای گیاهان به شمار می‌رود و می‌تواند به عنوان یک عامل محدود کننده رشد، خصوصیات فیزیولوژیک و بیوشیمیایی آنها را تحت تأثیر قرار گیرد. بنابراین باید با یک روش مؤثر و به‌صرفه قبل از مصرف برای هر نوع کاربردی به خصوص آبیاری زمین‌های کشاورزی از آب‌های آلوده حذف گردد. هدف از این مطالعه، بررسی حذف کروم شش ظرفیتی از محلول‌های آبی با استفاده از پوسته سبز بادام می‌باشد. در این مطالعه، تمامی مراحل آزمایش اعم از زمان تماس، غلظت، pH دوز جاذب و دما، در یک سیستم ناپیوسته اجرا شد. در پایان برای سنجش کروم شش ظرفیتی از اسپکتروفتومتر UV/Vis Spectrometer $T80+$ در طول موج 540 نانومتر استفاده گردید. در این تحقیق مشخص شد که حذف کروم از محلول آبی وابستگی زیادی به pH دارد ($pH=2$). بعلاوه، با افزایش دوز جاذب، زمان تماس و دما، درصد حذف، افزایش داشت و به دلیل محل‌های محدود در جاذب، با افزایش غلظت اولیه کروم، راندمان حذف، از $99/99\%$ به $61/87\%$ کاهش یافت. نتایج نشان داد که می‌توان از پوست سبز بادام به‌عنوان یک جاذب مؤثر برای حذف کروم شش ظرفیتی از محلول‌های آبی استفاده نمود.

واژه‌های کلیدی: آب، فلزات سنگین، کروم شش ظرفیتی، جاذب زیستی، توسعه پایدار.

۱- مقدمه

بشر یاد می‌شود، با توجه به نیاز اساسی زندگی بشر به آب، مدیریت منابع آب برای دستیابی به پایداری استفاده از اصول توسعه پایدار لازم و ضروری است (افتخاریان، ۱۳۷۱). در سال‌های اخیر، به علت افزایش آلودگی زمین بر اثر فلزات سنگین، بسیاری از گیاهان از بین رفتند و

در طول دو دهه گذشته، توسعه پایدار به عنوان یک جنبش اجتماعی، مجموعه‌ای از باورهای مربوط به انسان در زمینه نحوه فعالیت‌های بشری است که به‌طور گسترده‌ای مورد قبول و استفاده در سراسر جهان است. از آنجایی که در مفهوم توسعه پایدار از هدف بلند مدت

یافت می‌شود، اما منبع عمده آن خاک است که به صورت باند شده به ذرات خاک تجمع می‌یابد (Shanker, 2005). معادن کرومیت یک منبع مهم در طبیعت محسوب می‌شوند که با وجود ارزشمند بودن می‌تواند برای پوشش گیاهی، منبع آلودگی محسوب شود. کروم در طبیعت به اشکال متفاوت اکسید شده وجود دارد، اما پایدارترین شکل کروم، Cr(III) و Cr(VI) هستند که از لحاظ خواص شیمیایی و اثرات ایجاد کننده کاملاً متفاوت عمل می‌کنند (Barnhart, 1997).

کروم شش ظرفیتی بسیار سمی‌تر از کروم سه ظرفیتی است که به عنوان یک عامل سرطان‌زای قوی برای انسان و حیوان تلقی می‌شود (Cohen et al., 1993 & Bonet et al., 1991). غلظت پایین کروم می‌تواند رشد گیاهان را افزایش دهد، در حالی که غلظت‌های بالاتر کروم برای انسان، حیوان و گیاهان به شدت سمی است و سبب افزایش خطرات ابتلا به سرطان، ناهنجاری‌های ژنتیکی و غیره می‌گردد (Sharma and Mehrotra, 1993 & Zhang et al., 2007). میزان کروم برای گیاهان زراعی از ۰/۵ تا ۵ میلی‌گرم بر لیتر در محلول غذایی و ۵ تا ۱۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم در خاک است (Choudhury and Seo, 2005). تجمع کروم در گیاه می‌تواند به مهار جوانه‌زنی دانه، کاهش محتوای رنگیزه، افزایش آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان و القای تنش اکسیداتیو در گیاه منجر شود. همچنین، می‌توان سبب تغییر کلروپلاست و فرا ساختار غشا، پراکسیداسیون لیپیدهای غشا و کاهش فعالیت آسکوربیک پراکسیداز از گیاه شود (McGrath, 1985 & Panda and Patra, 1997).

برخی از گونه‌های گیاهی در برابر میزان مشخصی از فلزات سنگین در خاک مقاوم بوده، توانایی جذب و تثبیت آنها را در بافت‌های درونی خود دارند.

از طرفی در برخی از گیاهان آثار مسمومیت چندان بارز نیست، ولی میزان محتوی فلزی موجود در گیاه، سلامت انسان یا دام‌هایی که از آن تغذیه می‌کنند را به خطر می‌اندازد (Zayed et al., 1998 & Chatterjee

این سبب شد تا محققان به فکر اصلاح خاک، استفاده از گیاهان مقاوم و تولید گیاهان مقاوم باشند. سمیت ممکن است از باند شدن فلزات سنگین به گروه‌های سولفیدریل در پروتئین‌های گیاهی باشد و منجر به تغییرات ساختاری و یا باعث تشکیل رادیکال‌های آزاد و گونه‌های فعال اکسیژن شود (Van Assche and et al., 1999) و (Dietz Clijsters, 1990). فلزات سنگین به گروهی از فلزات با چگالی بیش از ۵ گرم بر سانتی متر مکعب اطلاق می‌شود (Prasad and Strzaka, 2002). این فلزات از جمله مواد غیر آلی سمی می‌باشند که در نتیجه کاربرد کودها، آفت‌کش‌ها و وجود لجن‌ها، ضایعات شهری و بقایایی از معادن فلزدار و صنعت تصفیه ایجاد می‌شوند. اگر چه برخی از یون‌های فلزات سنگین که در غلظت‌های بهینه در واکنش‌های اکسیداتیو، انتقال الکترون و تولید آنزیم‌هایی که در متابولیسم‌های گوناگون سلولی نقش دارد، لازم می‌باشند، غلظت‌های بالای آنها سمی هستند (Clemens et al., 2002 & Panda, 2008). در گیاهانی که در معرض فلزات سنگین قرار گرفتند، تغییراتی در تعادل متابولیسم رادیکال‌های آزاد در جهت تجمع پروکسید هیدروژن ایجاد می‌شود (Mittler, 2002). غلظت زیاد فلزات سنگین در خاک اثرات مضر روی اکوسیستم و سلامتی انسان دارد که می‌تواند وارد زنجیره غذایی از طریق تولیدات کشاورزی یا آب آشامیدنی آلوده شود.

کروم شش ظرفیتی هفتمین عنصر فراوان روی کره زمین و یکی از مهمترین آلاینده‌ها و تنش‌های محیطی است که طی فرایندهای وسیع صنعتی به خاک رها می‌شود (Panda and Choudhury, 2005). صنایع چرم سازی و دباغی، صنایع استیل سازی، آبکاری فلزات، کاشی سازی، حفاری چاه‌ها و غیره، با رهاسازی پساب‌های صنعتی به آب‌های جاری، بیشترین سهم را در آلودگی با کروم به عهده دارند (Sundaramoorthy et al., 2010). به طور طبیعی کروم در همه فازهای محیطی شامل خاک، آب و هوا

(Rengaraj and Chatterjee, 2000) بنابراین، مطالعه اثر فلزات سنگین بر گیاهان به منظور سلامت انسان و همچنین روش‌های کاهش یا حذف میزان این فلز سنگین خطرناک از محلول‌های آبی بسیار لازم و ضروری می‌باشد. برای حذف و یا کاهش غلظت فلزات سنگین از محیط‌های آبی روش‌ها و تکنیک‌های متنوعی در هر سه زمینه فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی و یا تلفیقی از آنها وجود دارد. روش‌هایی مانند رسوب‌دهی شیمیایی، روش الکتروشیمی و فرایند تبادل یونی از جمله روش‌های شیمیایی متداول در حذف فلزات سنگین از محیط‌های آبی هستند. به عنوان مثال: در گزارشی با استفاده از روش تبادل یونی، غلظت کروم در پساب صنعتی راندمانی برابر ۱۰۰٪ داشت (Rengaraj and Kyeonge, 2001). روش‌های فیزیکی نیز همانند جذب سطحی، میکروفیلتراسیون، اولترافیلتراسیون، تقطیر و اسمز معکوس روش‌هایی هستند که بر مبنای فرایندهای فیزیکی غلظت فلزات سنگین را در محیط آبی کاهش می‌دهند همچنین روش‌های تبدیل زیستی، رسوب‌دهی زیستی و جذب زیستی نیز از جمله روش‌های زیستی حذف فلزات سنگین هستند.

هر چند اطلاعات مربوط به هزینه در منابع مختلف به ندرت اعلام می‌شود، اما جهت همسویی با توسعه پایدار منابع طبیعی تلاش برای یافتن روش‌های ارزان‌تر و جاذب‌های کم‌هزینه‌تر جهت حذف آلودگی‌های محیطی در سال‌های اخیر شتاب بیشتری به خود گرفته است. این تحقیقات بیشتر بر روی جاذب‌های کم‌هزینه انجام شده است. زمانی یک جاذب را می‌توان کم‌هزینه نامید که علاوه بر داشتن قدرت جذب قابل ملاحظه، در طبیعت به میزان زیاد موجود باشد و یا آنکه به‌عنوان محصولات جانبی یا ضایعات تولیدی از صنایع دیگر به کار گرفته شده باشد (Saedi, 1996).

تاکنون تحقیقات بسیاری در خصوص حذف کروم شش ظرفیتی با استفاده از جاذب‌های ارزان قیمت، در ایران و سایر کشورهای دنیا انجام شده است. به عنوان مثال در

تحقیقی کاربرد فرآیند جذب زیستی توسط پودر هسته انار در حذف کروم شش ظرفیتی از محیط آبی بررسی شد. نتایج نشان داد که افزایش جرم جاذب و زمان تماس منجر به افزایش راندمان حذف و افزایش pH و غلظت اولیه کروم منجر به کاهش راندمان حذف می‌گردد. مطابق با نتایج، بهترین راندمان حذف در pH اسیدی رخ داده و جذب در زمان ۱۲۰ دقیقه به تعادل رسیده بود. نتایج به‌دست آمده نشان داد که پودر هسته انار جاذب طبیعی مناسبی برای حذف کروم شش ظرفیتی می‌باشد. (قانعیان و همکاران، ۱۳۹۲). نتایج تحقیق با عنوان، بررسی حذف کروم شش ظرفیتی با استفاده از پودر دانه اسپند از محیط آبی، نشان می‌دهد که بیشترین حذف کروم شش ظرفیتی در pH=۱/۵ اتفاق افتاد و دوز بهینه جاذب ۱۰ gr/l به دست آمد. به‌دلیل محل‌های فعال محدود در جاذب با افزایش غلظت کروم اولیه، راندمان حذف کاهش یافت و با افزایش زمان تماس و سرعت اختلاط راندمان افزایش یافت (باریک‌بین و همکاران، ۱۳۹۲). گروهی از محققان با استفاده از خاک‌اره اصلاح‌شده درخت راجی اقدام به حذف کروم شش ظرفیتی از محیط‌های آبی نمودند. در این مطالعه تغییرات pH، زمام تماس، دوز جاذب و غلظت اولیه کروم شش ظرفیتی در سیستم ناپیوسته مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصل از آزمایشات مشخص ساخت که کارایی حذف کروم شش ظرفیتی با افزایش pH و غلظت اولیه کروم کاهش یافت. در مجموع نتایج نشان داد که می‌توان از خاک‌اره اصلاح‌شده درخت راجی به‌عنوان یک روش مؤثر و ارزان‌قیمت در جهت حذف کروم شش ظرفیتی از محلول‌های آبی استفاده کرد (سمرقندی و همکاران، ۱۳۸۸).

همچنین تحقیقی دیگر با عنوان حذف کروم شش ظرفیتی با استفاده از روزنامه انجام شد. در این مطالعه، بالاترین حذف فلز در غلظت ۵۰ mg/l اتفاق افتاد و ظرفیت حذف بالای یون کروم در ۶۰ درجه سانتی‌گراد و در ۵ ساعت رخ داد. در این مطالعه، روزنامه به‌عنوان جاذب بسیار خوبی برای حذف کروم شش ظرفیتی معرفی

استفاده می‌کنند، بنابراین به مرور زمان کروم وارد پوشش گیاهی و محصولات زراعی این منطقه می‌شود. از طرفی بادام یکی از گیاهان بومی استان خراسان جنوبی است که در مناطق مختلف آن یافت و به عنوان محصول تجاری و اقتصادی منطقه محسوب می‌شود. کشاورزان این منطقه پس از برداشت میوه از درخت، پوسته سبز آن را جدا می‌نمایند و به صورت ضایعات، بلااستفاده در محیط رها می‌سازند، که این امر، علاوه بر آلودگی، بر هم زنده زیبای محیط زیست نیز می‌باشد. لذا هدف کاربردی این مطالعه بررسی امکان استفاده از پوست سبز بادام موجود در منطقه بعنوان جاذب زیستی برای جذب کروم می‌باشد. در خصوص استفاده از پوست سبز بادام بعنوان جاذب زیستی، ناصح و همکاران (۱۳۹۲) [۱] با استفاده پوست سبز بادام منطقه قائن و خاکستر حاصله، اقدام به حذف کروم شش ظرفیتی نمودند. در این تحقیق مشخص شد که با کاهش pH (pH=۲) حذف کروم شش ظرفیتی از فاضلاب مصنوعی نیز افزایش چشم‌گیری دارد. ضمن آنکه، با افزایش زمان تماس و دما، درصد حذف، افزایش داشت و به دلیل محل‌های محدود در جاذب، با افزایش غلظت اولیه کروم، راندمان حذف، کاهش یافت. همچنین با افزایش دوز جاذب درصد حذف در جاذب زیستی افزایش و در کربن حاصل از آن ابتدا افزایش و سپس کاهش یافت. در مطالعه ای دیگر نیز تلاش شد تا با استفاده از پوست سبز واریته بادام منطقه ماهی‌رود از توابع استان خراسان جنوبی که داری جنسی بسیار نرم و نازک بود با دانه بندی ۱۰، حذف کروم شش ظرفیتی مطالعه گردد، نتایج این تحقیق نیز نشان داد که پوست سبز بادام با وجود نازک و شکننده بودن میتواند حذف این فلز سنگین را در قیاس با سایر جاذب های زیستی مورد استفاده در تحقیق های سایرین با راندمان قابل قبولی حذف نماید (ناصر و همکاران، ۱۳۹۲) [۲]. پوست سبز بادام بکار رفته در تحقیق حاضر دارای فاکتورهای قابل تاثیر متفاوت (از قبیل جنس، ضخامت و دانه بندی) با پوست سبز بادام بکار رفته در تحقیقات ناصر و همکاران

شد (Ismael et al., 2012). محقق دیگری، تحقیق با عنوان مطالعات تعادلی و حرکتی حذف یون کروم (VI) ظرفیتی توسط پوست بادام زمینی به شکل یک رویکرد سبز را به انجام رساند. در این مطالعه، تأثیرات pH محلول، غلظت اولیه یون فلزی، سرعت اختلاط و مدت زمان تماس بررسی شد. حذف یون‌های فلزی به خاصیت فیزیکی- شیمیایی جاذب و غلظت جاذب وابسته بود. بالاترین حذف در pH=۲ صورت گرفت (Garima and Dhiraj, 2011). پودر میوه‌های کاج سوزنی نیز جاذب دیگری بود که برای حذف کروم شش ظرفیتی از محلول‌های آبی استفاده شد. نتایج این تحقیق نشان داد فرایند جذب به مقدار زیادی تحت تأثیر pH نهایی محلول است (Hajmohammadi et al., 2011). در سال ۲۰۱۲، ززولی و همکاران مطالعه‌ای در زمینه کاربرد مواد زائد کشاورزی پوست مرکبات در حذف کادمیوم و کروم از محلول‌های آبی انجام دادند. نتایج نشان داد که حداکثر میزان حذف کادمیوم و کروم توسط پوست میانبر پرتقال و نارنج اصلاح شده بیش از ۶۴/۹۹٪ است. pH بهینه برای حذف کادمیوم و کروم توسط جاذب پوست پرتقال اصلاح شده به ترتیب ۹ و ۵/۸ و برای جذب کادمیوم و کروم توسط میانبر نارنج ۹ می‌باشد (Zezoli et al., 2012). همچنین با استفاده از جذب بر روی رزین آنیونی بازی قوی اقدام به حذف کروم شش ظرفیتی از محیط‌های آبی شده است در این مطالعه حذف کروم شش ظرفیتی با استفاده از جذب بر روی رزین آنیونی بازی قوی با تغییرات pH، زمان تماس، غلظت اولیه جاذب و غلظت اولیه کروم شش ظرفیتی در سیستم ناپیوسته مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که کارایی حذف کروم شش ظرفیتی با افزایش pH و غلظت اولیه کروم کاهش یافت (Shirzad sibani, 2010). معدن کرومیت در چند کیلومتری شهرستان بیرجند، مرکز استان خراسان جنوبی واقع است که به طور طبیعی فلز سنگین کروم را وارد آب‌های این منطقه می‌کند. کشاورزان برای آبیاری زمین‌های کشاورزی از این آب‌ها

متفاوت را با استفاده از آن انجام می‌دهیم، به این شرح است:

ابتدا طبق فرمول زیر (پایین صفحه) میزان دی‌کرومات پتاسیم (gr) لازم را به دست می‌آوریم. با استفاده از ترازوی دیجیتال KERN ساخت کشور آلمان این میزان گرم از دی‌کرومات پتاسیم را توزین و در بالن ۱۰۰۰ cc ریخته و با استفاده از آب دیونایزر به حجم رسانده شد. پس از هم‌زدن، محلول نارنجی‌رنگ 1000 mg/l کروم شش ظرفیتی به دست می‌آید که به عنوان محلول استوک در آزمایشگاه شناخته می‌شود و از این پس، تمام محلول‌سازی‌ها با استفاده از این محلول انجام می‌شود.

در کلیه آزمایش‌ها، حجم محلول مورد استفاده، ۲۵ میلی‌لیتر در نظر گرفته شد. در هر مرحله ظروف با اسید و سپس آب بدون یون شسته‌شو داده شدند. در تمامی آزمایش‌ها، ترکیب محلول و جاذب روی شیکر رفت و برگشتی با سرعت ۳۰۰ دور در دقیقه تکان داده شدند. کلیه محلول‌ها از کاغذ صافی واتمن ۴۱ گذرانده شد. بجز آزمایشات تعیین اثر تغییرات دما، در بقیه آزمایشات دمای اتاق در محدوده ۲۲-۲۴ درجه سانتی‌گراد کنترل شد. در تمامی مراحل آزمایش pH محلول با استفاده از اسید کلریدریک (HCL) و هیدروکسید سدیم (NaOH) یک نرمال، تنظیم گردید.

سپس دوز مورد نظر جاذب برای هر مرحله از آزمایش توسط ترازوی دیجیتال، وزن شد و به نمونه داخل ارلن اضافه گردید و بی‌درنگ بر روی شیکر گذاشته شد و سرعت اختلاط برای تمامی مراحل 300 rpm تنظیم شد. پس از زمان تماس تعیین شده برای آن مرحله از آزمایش، نمونه از روی شیکر برداشته شد و از کاغذصافی 125 mm (FilterPapersWattman42) عبور داده شد. نمونه صاف شده جهت سنجش مقدار کروم شش ظرفیتی باقی‌مانده مورد استفاده قرار گرفت.

(۱۳۹۲ [۱] [۲]) می‌باشد. بنابراین هدف این تحقیق، بررسی استفاده از جاذب زیستی ارزان قیمت و در دسترس پوسته سبز بادام شهر بیرجند با دانه‌بندی ۵ که دارای جنسی با ضخامت متوسط (با دانه بندی متفاوت و جنسی بینابین دو واریته مندرج در منابع)، برای رفع معضل وجود کروم شش ظرفیتی در برخی از محلول‌های آبی این استان که به طور طبیعی در آنها وجود دارد، بنا نهاده و همچنین تاثیر تعدادی از عوامل اثرگذار بر فرایند جذب یعنی pH، دوز جاذب، غلظت اولیه فلز در محلول، زمان تماس و دما و جنس جاذب بررسی می‌شود.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- معرفی منطقه

پژوهش حاضر از نوع تجربی- مداخله ای است. اثر عوامل مداخله‌گر در جذب کروم شش ظرفیتی، توسط پوسته سبز بادام به روش یک فاکتور در یک زمان بررسی شد. نمونه‌های پوسته سبز بادام مورد استفاده به عنوان جاذب، از یکی از مناطق استان خراسان جنوبی به صورت تصادفی انتخاب گردیدند. پوسته‌های سبز با آب مقطر چندین بار شسته‌شو داده شدند و در دمای محیط به مدت چند روز خشک گردیدند. سپس نمونه‌ها، کوبانده شدند و با عبور از غربال مش بندی شماره ۱۰، به صورت ذراتی به اندازه ۲ میلی‌متر دانه بندی گشتند.

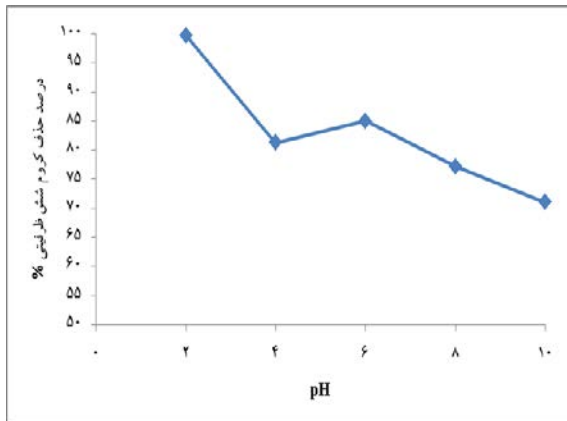
طبق راهنمای کتاب استاندارد متد جهت انجام آزمایشات آب و فاضلاب (APHA, 2005) برای تهیه غلظت‌های مختلف کروم شش ظرفیتی از محلول استوک (Stock) 1000 mg/l تهیه شده از دی‌کرومات پتاسیم استفاده گردید. برای این کار، از نمک دی‌کرومات پتاسیم $(\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7)$ استفاده شد. طرز ساخت محلول استوک $(\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7)$ استفاده شد. طرز ساخت محلول استوک (ذخیره) که محلول‌سازی‌های بعدی با غلظت‌های

$$\frac{1 \text{ gr cr}^{6+}}{1 \text{ lit}} \times \text{lit} \times \frac{1 \text{ mol cr}^{6+}}{52 \text{ gr cr}^{6+}} \times \frac{1 \text{ mol k}_2\text{cr}_2\text{o}_7}{2 \text{ mol cr}^{6+}} \times \frac{294/19 \text{ gr k}_2\text{cr}_2\text{o}_7}{1 \text{ mol k}_2\text{cr}_2\text{o}_7} = 2/827 \text{ gr (k}_2\text{cr}_2\text{o}_7)$$

۳- نتایج

۳-۱- تعیین pH بهینه جذب

نمودار (۱) تاثیر pH را بر راندمان حذف کروم توسط پوسته سبز بادام با دانه بندی ۱۰، نشان می‌دهد. حداقل راندمان جذب برای جاذب در pH برابر ۱۰، ۷۰/۱۹٪ به دست آمد. با کاهش pH، راندمان جذب کروم به تدریج و با شیب تقریباً یک‌نواخت افزایش یافت، به طوری که در pH معادل با ۲، راندمان جذب برای این جاذب با این دانه بندی، به ۹۹/۹۰٪ یعنی بالاترین مقدار خود رسید. بنابراین، کلیه آزمایش های بعدی جذب کروم توسط پوسته سبز بادام در pH معادل ۲ انجام گردید.



نمودار ۱. اثر pH محلول در راندمان حذف کروم شش ظرفیتی (دوز جاذب: ۸ gr/l، غلظت اولیه کروم: ۲۰ mg/l، زمان تماس: ۶۰ min، دما: ۲۵°C، سرعت اختلاط: ۳۰۰ rpm)

۳-۲- تعیین دوز تعادل جذب

نمودار (۲) تغییرات مقدار جذب کروم توسط پوسته سبز بادام را با دانه بندی ۱۰ نشان می‌دهد. همان‌گونه که مشاهده می‌شود با افزایش میزان دوز جاذب، مقدار حذف کروم از محلول حاوی این فلز سنگین افزایش می‌یابد، به طوری که با افزایش میزان دوز جاذب، از ۲ gr/l تا ۲۴ gr/l میزان درصد حذف کروم، از ۸۷/۹۱٪ به ۱۰۰٪ افزایش یافت.

مهمترین متغیرهای مورد بررسی در این آزمایش، pH اولیه محلول با دامنه (۱۰-۸-۶-۴-۲)، دوز جاذب (gr/l) (۲۴-۱۶-۸-۴-۲)، زمان تماس (۶۰-۴۵-۳۰-۱۵-۵-۳)، غلظت اولیه کروم (mg/l) (۱۰۰-۸۰-۶۰-۴۰-۲۰-۱۰) و دمای (۵۰-۴۰-۲۰-۱۰-۵)C بود. برای اطمینان از صحت نتایج، هر مرحله از آزمایش دو بار تکرار و میانگین گزارش گردید. ضمناً میزان درصد حذف کروم ۶ ظرفیتی (R%) و ظرفیت تعادلی جاذب (qe) با توجه به تغییرات دوز جاذب و غلظت کروم به صورت زیر محاسبه و مورد بررسی قرار گرفت.

$$\% R = \frac{(C_o - C_f)}{C_o} \times 100 \quad \text{رابطه (۱)}$$

Co و Cf به ترتیب عبارتند از غلظت اولیه و غلظت نهایی بر حسب mg/l

$$q_e = \frac{V}{M} \times (C_{in} - C_{out}) \quad \text{رابطه (۲)}$$

qe: ظرفیت تعادلی جاذب بر حسب mg/g

V: حجم محلول بر حسب lit

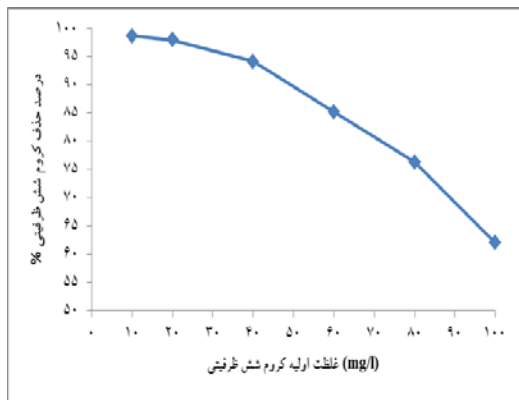
M: جرم جاذب بر حسب gr

Cini و COUT به ترتیب غلظت اولیه و غلظت نهایی بر حسب mg/l

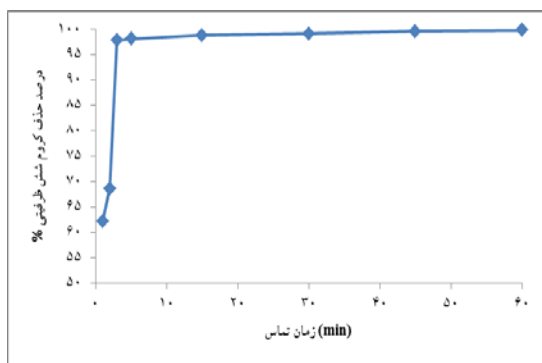
۲-۱- روش آنالیز

در این آزمایش برای سنجش کروم شش ظرفیتی، از روش رنگ‌سنجی (با معرف محلول ۰.۲۵٪ دیفنیل کاربازاید) با استفاده از اسپکتروفتومتر UV/Vis Spectrometer T80+ در طول موج ۵۴۰ nm بر اساس روش‌های ارائه شده در کتاب استاندارد آزمایش‌های آب و فاضلاب استفاده گردید. تمام موارد استفاده شده در این آزمایش محصول شرکت مرک آلمان بود و تجزیه و تحلیل داده‌ها توسط نرم افزار Excel انجام شد.

برای یک جرم ثابت، با افزایش زمان تماس، راندمان جذب کروم نیز افزایش می‌یابد. به طوری که با افزایش زمان از ۱ تا ۶۰ دقیقه، سرعت جذب بسیار زیاد است. زمان تعادل، مقدار حداکثر جذب برای پوست سبز بادام با دانه‌بندی ۱۰، ۹۹/۹۸٪ است.



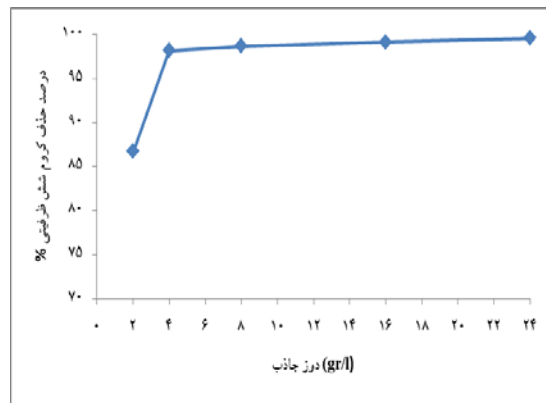
نمودار ۴. اثر غلظت اولیه کروم در راندمان حذف کروم شش ظرفیتی (pH=۲، دوز جاذب: ۴ gr/l، زمان تماس: ۶۰ min، دما: ۲۵°C، سرعت اختلاط: ۳۰۰ rpm)



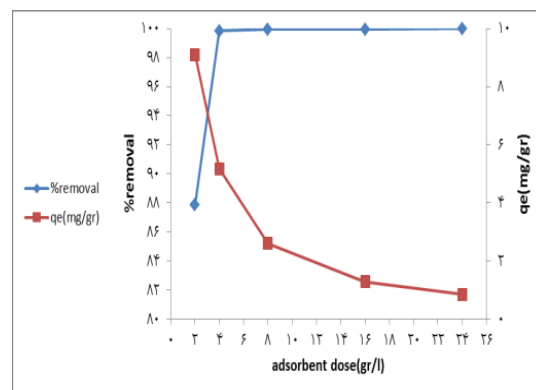
نمودار ۵. اثر زمان تماس در راندمان حذف کروم شش ظرفیتی (pH=۲، دوز جاذب: ۴ gr/l، غلظت اولیه کروم: ۲۰ mg/l، دما: ۲۵°C، سرعت اختلاط: ۳۰۰ rpm)

۳-۵- تعیین اثر دما

با توجه به نتایج به دست آمده، همان‌گونه که در نمودار (۶) مشاهده می‌شود، با زیاد شدن دما، مقدار جذب افزایش می‌یابد. چرا که با افزایش دما انرژی جنبشی یون‌های CrO_4^{2-} بیشتر شده و در نتیجه، مقدار برخورد این یون‌ها با جاذب زیاد می‌شود. فرآیند جذب، یک فرآیند گرماگیر است.



نمودار ۲. اثر دوز جاذب در راندمان حذف کروم شش ظرفیتی (pH=۲، غلظت اولیه کروم: ۲۰ mg/l، زمان تماس: ۶۰ min، دما: ۲۵°C، سرعت اختلاط: ۳۰۰ rpm)



نمودار ۳. مقایسه اثر تغییرات دوز جاذب و ظرفیت جذب تعادلی بر حذف کروم شش ظرفیتی (pH=۲، غلظت اولیه کروم: ۲۰ mg/l، زمان تماس: ۶۰ min، دما: ۲۵°C، سرعت اختلاط: ۳۰۰ rpm)

۳-۳- تعیین غلظت تعادل جذب

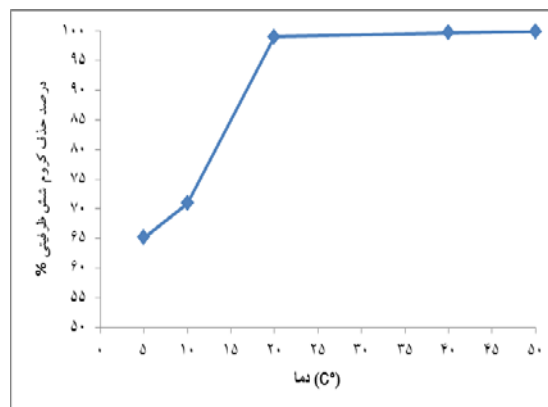
نمودار (۴) تغییرات جذب کروم را با غلظت، توسط جاذب ذکر شده نشان می‌دهد. همان‌گونه که مشاهده می‌شود، برای یک جرم ثابت، افزایش غلظت کروم از ۱۰ mg/l تا ۱۰۰ mg/l، راندمان جذب این فلز کاهش می‌یابد، به طوری که میزان درصد حذف کروم برای جاذب با دانه‌بندی ۱۰ در غلظت‌های ذکر شده، عبارتند از: (۹۹/۹۹٪ و ۶۱/۸۷٪).

۳-۴- تعیین زمان تماس تعادل جذب

نمودار (۵) تغییرات مقدار جذب کروم با زمان را توسط جاذب مذکور نشان می‌دهد. همان‌گونه که مشاهده می‌شود،

جاذب افزایش می‌یابد. به طوری که نتایج حاصله با نتایجی که اسلوی و همکاران بر روی جذب کروم شش ظرفیتی از محلول‌های آبی بر روی کربن فعال بدست آورده بودند مطابقت دارد (Selvi et al., 2001). همچنین طی مطالعه‌هایی که گارگ و همکاران بر روی جذب کروم از محلول‌های آبی بر روی خاک اراه اصلاح شده انجام دادند به این نتیجه رسیدند که با افزایش مقدار ماده جاذب و کارایی حذف افزایش می‌یابد (Garg et al., 2004).

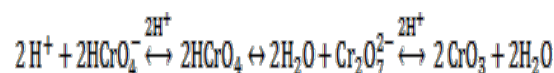
در نمودار (۳) مشاهده می‌شود که با افزایش غلظت اولیه کروم شش ظرفیتی، میزان درصد حذف این فلز سنگین در محلول کاهش می‌یابد. دلیل این امر این است که جاذب‌ها دارای یک تعداد محل‌های فعال محدودی هستند که در غلظت‌های بالا اشباع می‌شوند. با کاهش غلظت اولیه محلول مقدار یون‌های فلزی موجود در محلول کاهش می‌یابد. بنابراین درصد بالایی از یون‌ها جذب جاذب می‌شوند. در غلظت‌های پایین به دلیل اینکه عامل محدودکننده جذب، غلظت محلول می‌باشد، ظرفیت جذب جاذب نقش کمی در کارایی حذف کروم دارد و بالعکس واحد جرم جاذب در جذب کروم در غلظت‌های بالاتر نقش مهم‌تری دارند. این ممکن است به دلیل افزایش تعداد یون‌های کروم شش ظرفیتی برای اتصال سایت‌های موجود در سطح جاذب باشد. باریک بین و Shamohammadiheidari, 2010) همکاران نیز در تحقیق خود با عنوان بررسی حذف کروم شش ظرفیتی با استفاده از پودر دانه اسپند از محیط آبی به نتیجه‌ای مشابه در ایم زمینه دست یافتند (باریک بین و همکاران، ۱۳۹۲). جذب در دقایق اول سریع بوده و یک شیب تند در نمودار (۵) دیده می‌شود که مربوط به جذب فیزیکی می‌باشد، سپس شیب کمی ملایم‌تر می‌شود که آن هم به دلیل مقاومت در برابر نفوذ می‌باشد، به طوری که پس از مدتی که سایت‌های خالی توسط یون‌های فلز اشغال گردید، نیروهای دافعه‌ای میان بالک سیال و مولکول‌های جذب‌شونده ایجاد می‌شود و مقدار رشد جذب کاهش



نمودار ۶. اثر دما در راندمان حذف کروم شش ظرفیتی (pH=۲، دوز جاذب: ۴ gr/l، غلظت اولیه کروم: ۲۰ mg/l، زمان تماس: ۶۰ min، سرعت اختلاط: ۳۰۰ rpm)

۴- بحث

همان‌گونه که در نمودار (۱) مشاهده می‌شود، حذف کروم شش ظرفیتی با کاهش pH افزایش می‌یابد. به طور کلی مکانیسم جذب از کروم شش ظرفیتی در pH‌های مختلف در معادله زیر نشان داده شده است (Karthikeyan et al., 2005).



در pH پایین (pH=۲) شکل غالب کروم شش ظرفیتی $HCrO_4^-$ بوده و سطح جاذب دارای بار مثبت می‌باشد. در pH بالاتر از ۲ ظرفیت جذب به علت تغییر شکل $HCrO_4^-$ به CrO_4^{2-} و $Cr_2O_7^{2-}$ کاهش می‌یابد. در pH بالا به علت وجود رقابت بین OH^- و CrO_4^{2-} بر روی سطح جاذب، OH^- بیشتر جذب شده در نتیجه کارایی حذف کاهش می‌یابد. در مطالعه‌ای که گوپتا و بابو در حذف کروم شش ظرفیتی از محلول‌های آبی با استفاده از خاک اراه به عنوان جاذب استفاده کردند به این نتیجه رسیدند که با افزایش pH از ۱ به ۱۱ کارایی pH کاهش می‌یابد (Gupta and Babu, 2009).

همچنین، حذف کروم شش ظرفیتی با افزایش مقدار ماده جاذب افزایش می‌یابد (نمودار ۲) و دلیل آن این است که مساحت سطحی و محل‌های جذب قابل دسترس برای

صنایع و کشاورزی تأکید می‌کند. در مزارع کشاورزی، آلودگی فلزات سنگین بخاطر تیمار خاک با پساب‌های آلوده و یا وجود معادن طبیعی حاوی این فلزات در نزدیکی منبع آب آبیاری زمین‌های کشاورزی، یک مساله فزاینده می‌باشد. دوام بلند مدت بیولوژیکی و باقی ماندن این فلزات در خاک، سبب انباشته شدنشان در زنجیره غذایی و در نتیجه تأثیرات منفی بالقوه برای سلامتی انسان و محیط زیست می‌گردد.

در این مطالعه امکان‌سنجی استفاده از جاذب زیستی پوسته سبز بادام یکی از مناطق استان خراسان جنوبی با دانه‌بندی ۱۰ به‌عنوان یک جاذب کم‌هزینه و ارزان جهت حذف کروم شش‌ظرفیتی از محلول‌های آبی بررسی شد تا بر اساس آن اقدام به حذف این فلز سنگین در منابع آبی برای آبیاری کشاورزی شود که به صورت طبیعی و یا مصنوعی آلوده شده‌اند و به دنبال خود گیاهان زراعی زمین‌های کشاورزی را آلوده به کروم شش‌ظرفیتی می‌کنند که این خود نوعی تنش برای رشد و نمو گیاهان زراعی است.

بر اساس نتایج به دست آمده، فرایند جذب حدوداً پس از ۶۰ دقیقه به حالت تعادل رسید. میزان جذب کروم شش‌ظرفیتی شدیداً وابسته به pH محلول بوده و نتیجه حاصل، حاکی از آن است که بالاترین درصد حذف کروم در pH برابر ۲ بوده است. این پدیده را می‌توان این‌گونه توجیه کرد که در pH پایین میزان یون‌های H⁺ اطراف جاذب افزایش می‌یابد و در نتیجه نزدیک شدن یون‌های با بار منفی Cr₂O₇⁻² به سمت جاذب افزایش و میزان جذب بیشتر می‌شود. با افزایش غلظت کروم شش‌ظرفیتی در محلول، میزان جذب کاهش یافت. این پدیده ناشی از کاهش مکان‌های موجود برای جذب بر روی سطح جاذب است که منجر به کاهش درصد حذف کروم می‌شود. در ضمن مشخص گردید که با افزایش دوز جاذب میزان درصد حذف افزایش می‌یابد که این امر ناشی از در دسترس بودن سطح بیشتری از جاذب و افزایش برخوردهای مؤثر بین یون‌های کروم و جاذب

می‌یابد (Davaranpanah et al., 2008 & Montazeri et al., 2010, Pashazanousi, 2010) در نهایت جذب به حالت اشباع می‌رسد که از این زمان به بعد، با افزایش زمان میزان جذب افزایش نمی‌یابد که این زمان، زمان تعادل بوده و میزان جذب پس از آن ثابت می‌باشد یا اندکی کاهش می‌یابد، که این کاهش جذب ممکن است به علت واجذب باشد (Alley, 2000).

T. Altun در سال ۲۰۱۲ و همکاران نیز استفاده از پوست گردوی اصلاح شده با اسیدسیتریک را برای حذف کروم شش‌ظرفیتی پیشنهاد نمودند و زمان تماس (۲۴۰-۱۰ دقیقه) را بررسی نمودند (Alton, 2012).

Murat Dundar در سال ۲۰۱۱ و همکاران حذف زیستی کروم شش‌ظرفیتی را به کمک برگ ریخت طبیعی جنگل‌های درخت سپیدار انجام دادند و زمان ۱۵۰ دقیقه به‌عنوان زمان بهینه برای تعادل مشخص شد (Murat, 2001).

با افزایش دما میزان درصد حذف نیز افزایش چشمگیری می‌یابد (نمودار ۶). در طی مطالعات بسیاری که در این خصوص انجام گرفته است، مشخص شد که فرایند جذب سطحی، یک فرایند گرماگیر است. بنابراین می‌توان دلیل افزایش درصد حذف در این قسمت را افزایش سرعت واکنش جذب به علت گرماگیر بودن این فرایند دانست. Gholamreza Moussavi در سال ۲۰۱۰ و همکاران مطالعه‌ای با عنوان جذب زیستی کروم شش‌ظرفیتی از فاضلاب صنعتی با استفاده از ضایعات پوست پسته انجام دادند. نتایج نشان داد که با افزایش دما از ۴۰-۵۰ درجه سانتی‌گراد میزان جذب کروم افزایش پیدا کرده است (Mossavi and barikbin, 2010).

۵- نتیجه‌گیری

پایداری زیست محیطی بر کاهش استفاده از منابع طبیعی، کاهش تولید پسماندها و تأکید بر استفاده مجدد و بازیافت پسماندها از جمله زائدات کشاورزی، استفاده از مواد قابل بازگشت به طبیعت و کاهش تولید آلودگی‌ها در

- سمرقندی م.ر.، عزیزیان، س.، شیرزادسیبانی، مهدی.، (۱۳۸۸) "حذف کروم شش ظرفیتی از محیط‌های آبی با استفاده از خاک اره اصلاح شده درخت راجی: مطالعه تعادلی و سینتیکی"، مجله علمی دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی همدان، دوره ۱۶، شماره ۴ (مسلل ۵۴)، ص ۶۷-۶۱.

- قانعیان، م.ت.، جمشیدی، ب.، امرالهی، م.، دهوری، م.، تقوی، م. (۱۳۹۲) "کاربرد فرآیند جذب زیستی توسط پودر هسته انار در حذف کروم شش ظرفیتی از محیط آبی"، مجله کومش، دوره ۱۵، شماره ۲، ص ۲۰۶-۲۱۱.

- ناصح، ن.، تقوی، ل.، باریک‌بین، ب.، حریفی ع.ر.، (۱۳۹۲) "بررسی کارایی حذف کروم شش ظرفیتی از محلول‌های آبی، با استفاده از جاذب طبیعی پوسته سبز بادام و خاکستر حاصل از آن"، مجله علمی دانشگاه علوم پزشکی بیرجند، دوره ۲۰، شماره ۳، ص ۲۲۰-۲۳۲.

- ناصح، ن.، باریک‌بین، ب.، تقوی، ل.، حریفی ع.ر.، (۱۳۹۲) "پوسته سبز بادام، جاذب زیستی مناسب برای حذف فلزات سنگین از فاضلاب مصنوعی"، شانزدهمین همایش ملی بهداشت محیط، دانشگاه علوم پزشکی تبریز.

-Alley, ER., (2000) "Water quality control handbook", Mc Graw Hill Pub.

-Alton, T., (2012) "Removal of Cr (II) from aqueous solutions by modified walnut shells", Food chemistry, Vol. 132, pp. 693-700.

-APHA, AWWA, WEF, (2005) "Standard Methods for the Examination of water and wastewater", 20th ed. American Public Health Association, Washington Dc.

-Barnhart, N., (1997) "Chromium and its soils in the proximity of the old tannery waste lagoon", International Agro physics, Vol. 15, pp. 121-124.

-Bonet, A., Poschenrieder, C. and Barcelo, J., (1991) "Chromium III ion interaction in Fedeficient and Fe-sufficient bean plants. I. Growth and Nutrient content", Journal of Plant Nutrition, Vol. 14, pp. 403-414.

است. با افزایش دما از ۵ تا ۵۰ درجه سانتی‌گراد میزان جذب افزایش چشمگیری یافت که این خود دلیل بر گرماگیر بودن عمل جذب است. با مقایسه پوسته سبز بادام با سایر جاذب‌های زیستی برای حذف کروم شش ظرفیتی که در قسمت مقدمه به نتایج آنها اشاره شده است، این جاذب دارای راندمان بهتری در حذف فلز سنگین می‌باشد.

نتایج این تحقیق به علت سطح دانه‌بندی متفاوت با دو تحقیق انجام شده توسط نویسندگان مقاله حاضر دارای راندمان کمتری است زیرا با کوچک شدن دانه بندی نسبت سطح به حجم افزایش می‌یابد و در نتیجه راندمان حذف در دانه‌بندی ۱۰ جاذب زیستی پوست سبز بادام بالاتر است. لازم به ذکر است که با وجود این تفاوت بازهم راندمان جاذب زیستی وارسته مورد مطالعه در این تحقیق از خاکستر جاذب پوست سبز بادام با دانه‌بندی کوچکتر و جنسی ضخیم‌تر (ناصرح و همکاران، ۱۳۹۲ [۱]) بیشتر است. لذا به علت دسترسی آسان به پوست سبز بادام وارسته مورد تحقیق، استفاده از آن در منطقه پیشنهاد می‌شود. از این رو ضمن استفاده بهینه و پایدار از منابع طبیعی، باعث ایجاد یک منبع تامین آب مطمئن مورد نیاز کشاورزی و کنترل و برنامه‌ریزی بهتر جهت استفاده از حداکثر ظرفیت آب سالم، بهبود وضعیت کشاورزی و افزایش محصولات مرغوب و توسعه منطقه خواهد شد.

۵- منابع

- افتخاریان، م.ع.، (۱۳۷۱) "بازیابی فلزات سنگین از فاضلاب‌های صنعتی"، کارشناسی ارشد رشته مهندسی شیمی، دانشگاه تربیت مدرس؛ ص ۶۱-۴۸.

- باریک بین، ب.، موسوی، م.، شهریاری، ط.، خدادادی، م.، تقی زاده، ع. الف.، خسروی، ر.، (۱۳۹۲) "بررسی حذف کروم شش ظرفیتی با استفاده از پودر دانه اسپند از محیط آبی"، مجله دانشگاه علوم پزشکی خراسان شمالی، دوره: ۵، شماره: ۳، ص ۵۵۷-۵۶۳.

- Journal of Applied science and Technology, Vol. 2(6), p. 49.
- Karthikeyan, T., Rajgopal, S., Miranda, LR, (2005) "Chromium (VI) adsorption from aqueous solution by Hevea Brasiliensis sawdust activated carbon", J Hazardous Materials, Vol. 124, pp. 192-199.
- McGrath, S. P., (1985) "The uptake and translocation of tri- and Hexavalent chromium and effects of the growth of oat in flowing nutrient solution and in soil", New Physiologist, Vol. 92, pp. 381-390.
- Mittler, R., (2002) "Oxidative stress antioxidants and stress tolerance", Trends Plant Sci, Vol. 7, pp. 405-410.
- Montazeri, N., Baher, A., Brami, Z., Ghourchi Beygi, M., (2010) "The Role of Kiwi In Elimination Of Pollution And Factors Affecting it", Journal of Sciences and Techniques in Natural Resources, Vol. 16, pp. 117-128.
- Mossavi, Gh, Barikbin, B., (2010) "Bio sorption of Cr (VI) from industrial waste water onto pistachio hull waste biomass", Chemical Engineering Journal, Vol. 162, pp. 893-900.
- Murat, Dandar, (2001) "Bio sorption of Cr (VI) onto the litter natural tumbling poplar forest", Environmental Progress and Sustainable Energy, Vol. 30 (4), pp. 599-608.
- Panda, S. K., (2008) "Impact of copper on reactive oxygen species, lipid peroxidation and antioxidants in Lemna minor", Bio Plant, Vol. 52 (3), pp. 561-564.
- Panda, S. K., and Choudhury, S., (2005) "Chromium stress in plants", Brazilian Journal of Plant Physiology, Vol. 17, pp. 95-192.
- Panda, S. K., and Patra, H. K., (1997) "Physiology of chromium toxicity in plants", a review. Plant Physiology Biochemistry 24(1), 10-17.
- Pashazanousi, M.B., Raeisi, M., Kord, B., (2010) "The ability of metal ions removal from waste water using tree leaves Case study: three softwoods; pinus sylvestris, cupressus sempervirens and cupressus laxuses)", Journal of Wood & Forest Science and Technology, Vol. 17(1), pp. 91-100.
- Prasad, M. N. V., and Strzaka, K., (2002) "Physiology and biochemistry of metal toxicity and tolerance in plants", Plant Sciences, Vol. 161, pp. 881-889.
- Rengaraj, S., Kyeonge Hoyeon., (2001) "Removal of Chromium from water and wastewater by Ion
- Chatterjee, J., and Chatterjee, C., (2000) "Photo toxicity of cobalt, chromium and copper in cauliflower" Environmental Pollution, Vol. 109, pp. 69-74.
- Choudhury, U. and Seo, N., (2005) "Oxidative stress in Arabidopsis thaliana exposed to cadmium is due to hydrogen peroxide accumulation", Plant Science, Vol. 168, pp. 113-120.
- Clemens, S., Bloss, T., Vess, C., Neumann, D., Nies, D. H and ZurNieden, U., (2002) "A transporter in the endoplasmic reticulum of Schizosaccharomycespombe cells mediates zinc storage and differentially affects transition metal tolerance", Plant Physiology, Vol.123, pp. 825-883.
- Cohen, M. D., Kargacin, B., Klein, C. B. and Costa, M., (1993) "Mechanism of chromium carcinogenicity and toxicity", Critical Reviews in Toxicology, Vol. 23, pp. 255-281.
- Davaranpanah, L., Nikazar, M., Vahabzadeh F., (2008) "Biological Removal Cr6+ From Effluent By Using Fanrokaetkroyzporium Fungus", 2nd Conference and Exhibition of Environmental Engineering, Pp. 1-7.
- Dietz, K.-J., Baier, M., Kramer, U., (1999) "Free radicals and reactive oxygen species as mediators of heavy metals toxicity in Plants. In: Prasad MNV, HagemeyerrJ, eds", Heavy metal stress in plants: from molecules to ecosystems. Berlin: Springer-Verlag.73-97.
- Garg, VK, Guptam R., Kumar, R., Gupta, RK, (2004) "Adsorption of chromium from aqueous solution on treated sawdust", Bioresource Technology, Vol. 92, pp. 79-81.
- Garima. Mahajan, Dhiraj. Sud, (2011) "Kinetics and Equilibrium studies of Cr (VI) metal ion remediation by Arachis Hypoges Shells: A Green APPROACH", Bioresearch Technology, Vol. 6(3), pp. 3324-3338.
- Gupta, S., Babu, BV, (2009) "Removal of toxic metal Cr (VI) from aqueous solutions using sawdust as adsorbent: Equilibrium, kinetics and regeneration studies", J ChemEng, Vol. 150, pp. 352-365.
- Hajmohammadi, M., Salary, N., Biparva, P., (2011) "Removal of Cr (VI) from aqueous solution using pine needles poeder as biosorbent", Applied Sciences in Environmental Sanitation, Vol. 6, pp. 1-13.
- Ismael, Acosta., Rodriguez, Erika., Ledezma, Tristan, Juan, F., Cardenes. Gonzalez., Maria. De, (2012) "Hexavalent chromium Removal from aqueous solution by Newspaper", International

Chromium by Using of Adsorption onto Strong Base Anion Resin: Study of Equilibrium and Kinetic”, Water & Wastewater Consulting Engineers Research Development, Vol. 5, pp.10-18.

-Sundaramoorthy, P., Alagappan, C., Kaliyaperumal, S. G., Pachikkaran, U. and Logalashmanan, B., (2010) “Chromium stress in paddy: (i) Nutrient status of paddy under chromium stress; (ii) Phytoremediation of chromium by aquatic and terrestrial weeds”, *Competes Rends Biologist*, Vol. 333, pp. 597-607.

-Van Assche, F., Clijsters, H. (1990) “Effect of metals on enzyme activity in plants”, *Plant, Cell and Environment*. Vol. 13, pp. 195-206.

-Zayed, A., Lytle, C. M., Jin-Hong, Q., Terry, N. and Qian, J. H., (1998) “Chromium accumulation, translocation and chemical speciation in vegetable crops”, *Planta*, Vol. 206, pp. 293-299.

-Zezoli, Mohamad Ali., Ebrahimi, Pouneh., Bagheri Ardebilian, Maryam., (2012) “Applicaion of Agricultural fruit skin Waste Remainers in Removal of Cr and Cd From aqueous solution”, 6th National Congress on Waste Management.

-Zhang, X. H., Liu, J., Huang, H. T., Chen, J., Zhu, Y. N. and Wnag, D. Q., (2007) “Chromium accumulation by the hyper accumulator plant *Leersia hexandra Swartz*”, *Chemosphere*, Vol. 67, pp. 1138-1143.

exchange resins”, *Hazardous material*, Vol 87, pp. 273-287.

-Saeidi, M., (1996) “Analysis of Diverse Removal Ways of Heavy Metals from Industry Wastewaters”, M.S Dissertation. Faculty of Civil Engineering, Iran University of Science and Technology, Tehran, Iran.

-Selvi, K., Pattabhi, S., Kadirvelu, K., (2001) “Removal of Cr VI from aqueous solutions by adsorption onto activated carbon”, *Bio resource Technology*, Vol. 80, pp. 87-89.

-Shamohammadiheidari, Z., (2010) “Lead Removal from Aqueous Solutions Using Low-cost Adsorbents”, *Journal of Water & Wastewater*, Vol. 75, pp. 45-50.

-Shanker, K. A., Cervantes, C., Loza-Taversa, H. and Avudainayagam, S., (2005) “Chromium toxicity in plants”, *Environment International*, Vol. 31, pp. 739-753.

-Sharma, D. C., and Mehrotra, S. C., (1993), “Chromium toxicity effects on wheat (*Triticum aestivum L. cv HD 2204*)”, *Indian Journal of Environmental Health*, Vol. 35, 330-332.

-Shirzad sibani, M., Samadi, M.H., Azizian, S., Maleki, A., Zarabi, M., (2010) “Removal of Chromium by Using of Adsorption onto Strong