

اصلاح رزین آمبرلیت (XAD-2) با لیگاند ایمینو دی استیک اسید به منظور پیش تغلیظ و تعیین مقدار یون کادمیم در نمونه‌ی آب‌های دریایی

الناز بدری‌نژاد^{۱*}، همایون احمدپناهی^۲، محبوبه منوچهری^۳

۱- کارشناسی ارشد شیمی دریا، دانشکده علوم و فنون دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، استان تهران، پست الکترونیکی: ebadrinezhad@yahoo.com

۲- عضو هیأت علمی دانشکده شیمی، دانشگاه آزاد، اسلامی، واحد تهران مرکز، استان تهران، تهران، پست الکترونیکی: panahi20002000@yahoo.com

۳- عضو هیأت علمی دانشکده شیمی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران مرکز، استان تهران، تهران، پست الکترونیکی: mmanooch@yahoo.com

تاریخ پذیرش: ۹۰/۸/۱۸

* نویسنده مسوول

تاریخ دریافت: ۱۹/۱۲/۲۲

© نشریه علمی - پژوهشی اقیانوس‌شناسی ۱۳۹۰، تمامی حقوق این اثر متعلق به نشریه اقیانوس‌شناسی است.

چکیده

آلودگی آب‌ها توسط فلزات سنگین سبب ایجاد مشکلات بوم‌شناختی در جهان می‌شود. بنابراین، امروزه تعیین مقدار فلزات سنگین همچون کادمیم در نمونه‌های زیست محیطی ضروری است. اندازه‌گیری یون‌های فلزی در غلظت پایین نیاز به پیش تغلیظ دارد. به معنای دیگر این کار به منظور تعیین حد آشکارسازی در روش‌های تجزیه‌ای صورت می‌گیرد. روش‌های پیش تغلیظ با استفاده از جاذب‌های جامد و با عکس‌العمل سریع که معمولاً به حذف مزاحم‌های ماتریکس عناصر کمک می‌کنند، صورت می‌گیرد. آمبرلیت XAD-2 (پلیمر پلی استیرن دی وینیل بنزن) با داشتن ویژگی‌های فیزیکی-شیمیایی مناسب همچون تخلخل، سطح جذب بالا، پایداری و خلوص، یک رزین بسیار مورد استفاده در فرایند پیش تغلیظ است. در این مطالعه، یون کادمیم توسط آمبرلیت XAD-2 اصلاح شده با لیگاند ایمینو دی استیک اسید جذب گردید، همچنین تأثیر pH بر روی نمونه‌ها بررسی شد و pH بهینه برای جذب این یون توسط جاذب جدید ۷/۵ به دست آمد. درصد بازیابی به دست آمده در این محدوده pH بالای ۹۰٪ است. همچنین عوامل زمان بهینه و تعیین ظرفیت و حد تشخیص نیز مورد بررسی قرار گرفت. فرایند پیشنهادی برای تعیین میزان یون کادمیم موجود در نمونه آب‌های طبیعی (دریایی) با روش اسپکتروسکوپی جذب اتمیک شعله‌ای انجام شده است. درصد بازیابی به دست آمده و انحراف استاندارد محاسبه شده حاکی از این است که این روش پیشنهادی از درستی، عامل غنی‌سازی، عامل پیش تغلیظ و سادگی برخوردار است.

کلمات کلیدی: آمبرلیت XAD-2، نمونه آب‌های طبیعی (دریایی)، اسپکتروسکوپی جذب اتمیک شعله‌ای

۱. مقدمه

تولید انواع فاضلاب‌های شهری صنعتی، و کشاورزی، نیز روبه تزاید نهاده و با دفع غیر بهداشتی و غیراصولی، بخش عمده‌ای از این فاضلاب‌ها، محیط زیست و منابع تامین آب را دچار آلودگی

همراه با افزایش روزافزون مصارف عمومی و اختصاصی آب،

۰/۰۰۱ مولار و دی سدیم هیدروژن فسفات (NaH₂PO₄) ۰/۰۰۱ مولار به منظور کنترل pH محلول‌ها تهیه شده و مورد استفاده قرار گرفتند، کلیه مواد نام برده شده از شرکت مرک آلمان تهیه شده‌اند.

۳. مواد و روش‌ها

۳-۱. روش سنتز رزین XAD-2 - سالیسیلیک اسید

۵ گرم آمبرلیت XAD-2 با اسید سولفوریک و اسید نیتریک غلیظ مخلوط گردید و به مدت یک ساعت در محیط ۶۰ درجه سانتی‌گراد در حمام به آن اجازه هم‌خوردن داده شد. سپس مواد فیلتر گردید و چندین بار با آب مقطر شسته شد تا عاری از اسید شود. رسوب به‌جا مانده با کلرید قلع، اسید کلریدریک غلیظ و اتانول مخلوط و در دمای ۹۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۲ ساعت در شرایط رفلاکس، فرصت انجام واکنش داده شد (Bansode et al., 2003)

سپس رسوب باقی مانده فیلتر گردید و با محلول هیدروکسید سدیم ۲ مولار و آب مقطر شسته شد تا هیدروکسید سدیم اضافی خارج شود. سپس، رسوب به‌جا مانده با اسید کلریدریک ۲ مولار و آب مقطر شسته شد تا عاری از اسید شود، آنگاه رسوب حاصل در مخلوط آب و یخ خالی شد (Bermejo et al., 2002). در این میان محلول‌هایی با نسبت‌های مساوی از اسید کلریدریک یک مولارونیتريت سدیم یک مولار تهیه شد و به تدریج به محلول اولیه تا اتمام واکنش (که توسط کاغذ ید - نشاسته مشخص شد) اضافه گردید. در این مرحله نیز همچون مراحل قبل با کنترل دما، مواد فیلتر شده و با آب و یخ کاملاً شستشو داده شد (Cekic et al., 2004). در مرحله بعد، ۲۵ گرم سالیسیلیک اسید در ۱۵۰ سی سی استون و ۳۰۰ سی سی اسید استیک گلاسیال مخلوط شد و در حمام آب و یخ قرار گرفت و به رسوب مرحله قبل اضافه گردید. این مخلوط به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۳۰- درجه سانتی‌گراد کاملاً هم زده شد. پس از پایان ۲۴ ساعت مخلوط فیلتر و با آب شستشو شد و در دمای محیط خشک گردید (Benefield et al., 1982).

۳-۲. سنتز آمبرلیت XAD-2 اتیل سالیسیلات

XAD-2 سالیسیلیک اسید حاصل از مراحل قبل با اتانول و اسید سولفوریک غلیظ مخلوط شد و به مدت ۱۰ ساعت در

شدید می‌نماید (Namasivayan, 1995). از جمله آلاینده‌هایی که در اثر رشد صنعت و فناوری در جوامع امروزی موجب آلودگی منابع آب به‌خصوص دریاها و اقیانوس‌ها و بروز مشکلات زیست محیطی زیادی شده است. فلزات سنگین هستند به‌طوری‌که حضور این مواد در غلظت‌هایی بالاتر از حدود مجاز تعیین شده توسط مراکز و سازمان‌های ملی و بین‌المللی ذی‌ربط در آب‌ها منجر به آلودگی شده و عوارض سوء بهداشتی و زیست محیطی به همراه دارد.

در این پژوهش، اثر احتمالی کاربرد رزین آمبرلیت XAD-2 در حذف فلزات سنگین (نظیر کادمیوم) از آب‌های آلوده دریایی بر مبنای جذب سطحی فلزات برای اولین بار در سطح کشوری مورد بررسی قرار گرفته است. این فرایند امروزه به‌صورت گسترده‌ای در تصفیه پیشرفته‌ی فاضلاب در کشورهای صنعتی، مورد استفاده قرار می‌گیرد (Ansari, 2005).

خواص ویژه و متعدد رزین آمبرلیت XAD-2 از جمله تخلخل، سطح جذب بالا، پایداری، و خلوص چگالی رطوبی خالص و ساختار پلی آروماتیکی به آن ارزش تجاری خاصی بخشیده و راه کاربردهای صنعتی این رزین در حذف فلزات سنگین، حذف PCBها و دی اکسین فنول‌ها، مثل پنتاکلرو فنول و دی نیترو فنول را باز نموده است. (Namasivayan, 1995).

۲. مواد و روش‌ها

دستگاه‌های مورد استفاده در این تحقیق دستگاه FT-IR مدل Thermo nicolex nexus-870، جهت تشخیص پیوندهای شیمیایی، دستگاه طیف سنجی جذب اتمی شعله‌ای (FAAS) مدل Varian-GT100، دستگاه pH متر مدل HORIBA، و دستگاه هم‌زن مدل IKAMAG، میکروسکوپ الکترونی SEM مدل CAMSCAN-MV2300 جهت تشخیص پیوند لیگاند ورزین استفاده شد.

آمبرلیت XAD-2 (مساحت سطح ۷۴۵ متر مربع بر گرم)، نیترات کادمیم، سولفات روی، اسید کلریدریک، اسید نیتریک، سود، کلرید قلع، نیتريت سدیم، استون، اسید استیک گلاسیال، اتانول، تیونیل کلراید، سالیسیلیک اسید، اسید کلریدریک ۱۰٪، کاغذ ید - نشاسته، بافرهای محدوده‌ی pH = ۳/۵-۶/۵ از محلول‌های استات سدیم (C₂H₃NaO₂) ۰/۰۰۱ مولار و استیک اسید ۰/۰۰۱ مولار (CH₃COOH) و بافرهای محدوده pH = ۸/۵-۶/۵ از سدیم دی هیدروژن فسفات (Na₂HPO₄)

دستگاه جذب اتمیک شعله‌ای اندازه‌گیری شد (Mondal et al., 2003).

۳-۶. روش تعیین ظرفیت رزین سنتز شده در دمای مشخص

در بررسی اثر دما بر روی جذب یون مورد نظر در وهله‌ی اول از استوک اولیه (۵۰۰ppm)، محلول‌های ۵۰ میلی‌لیتری با غلظت‌های ۱۰، ۲۰، ۴۰، ۶۰، ۸۰، ۱۰۰ تهیه گردید (Saxena et al., 2010; Sema demerji et al., 2004).

محلول‌ها در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد در مجاورت ۰/۰۵ گرم رزین سنتز شده به مدت ۳ ساعت هم‌زده شد. پس از پایان این زمان، محلول‌ها توسط کاغذ صافی صاف شد و محلول‌های زیر صافی به‌منظور میزان یون کادمیم توسط دستگاه جذب اتمیک اندازه‌گیری شد (Murza et al., 1981; Manjeet, et al., 2000).

۳-۷. روش بررسی اثر یون‌های مزاحم بر روی میزان جذب یون کادمیم توسط رزین سنتز شده

محلولی با غلظت ۲۰ppm از استوک اولیه یون‌های فلزی کادمیم دو ظرفیتی تهیه گردید. سپس ۵ میلی‌لیتر با فرهای بهینه $\text{pH} = 7/5$ به غلظت ۰/۰۱ مولار اضافه شد، محلول‌های حاصل در حضور ۰/۰۵ گرم رزین سنتز شده قرار گرفت و سپس به مدت ۳ ساعت هم‌زده شد. محلول زیرصافی به دستگاه جذب اتمیک شعله‌ای داده شد و این محلول‌ها میزان جذب یون‌های کادمیم را بدون مزاحم نشان دادند (Kumar et al., 2001; Mondal et al., 2001)، سپس همین عمل تکرار شد. فقط این باریون‌های مزاحم با همان غلظت ۲۰ ppm به محلول‌های تهیه شده اضافه شد. یون‌های مزاحم مورد بررسی این تحقیق عبارتند از: آهن، نیکل، مس، منیزیم، لیتیم، باریم، کلسیم، پتاسیم، سرب و منگنز.

۳-۸. بررسی کارایی آمبرلیت XAD-2 اصلاح شده با لیگاندهای ایمینودی استیک اسید بر روی نمونه‌های واقعی از آب دریا

در این تحقیق میزان جذب یون‌های کادمیم موجود در نمونه‌ی آب دریای خزر در ورودی رودخانه‌ی انزلی مورد بررسی قرار گرفت. نمونه‌ی آب دریا از منطقه‌ی ساحلی دریای خزر (شهر انزلی) تهیه و به‌منظور تعیین و میزان حضور یون کادمیم

شرایط رفلاکس فرصت انجام واکنش داده شد (Benefield et al., 1982; Compano et al., 1995).

۳-۳. مرحله سنتز آمبرلیت XAD-2 سالیسیل ایمینودی استیک اسید (آمبرلیت SAL/IDA-XAD-2)

محصول (اتیل سالیسیلات-XAD) فیلتر شد و رزین تیونیل کلراید با اتیل سالیسیلات-XAD-2 مخلوط گردید و به مدت ۴۸ ساعت فرصت انجام رفلاکس به‌منظور انجام واکنش داده شد (Ferreira et al., 2000).

مقدار ۰/۰۱ مول ایمینو دی استیک اسید در محلول یک مولار سود حل شد و سپس محلول حاصل تا ۵ درجه سانتی‌گراد در یک حمام یخ و آب سرد شد. با کنترل دما و همراه با هم زدن آمبرلیت اضافه شد و حدود یک ساعت در یخ هم خورد سپس محصول به‌دست آمده فیلتر شد (Ferreira et al., 1999). در آخر، محصول به‌دست آمده که در فرم نمک را با اسیدی کردن از حالت نمکی خارج شد و سپس در دمای محیط خشک گردید.

۳-۴. روش پیش‌تخلیظ یون‌های کادمیم به‌منظور تعیین pH بهینه

بافرهای مورد نظر (۳/۵-۸/۵ pH) با نیترات کادمیم ۵۰ppm به حجم ۱۰۰ میلی‌لیتر رسانده شد. در این مرحله محلول‌ها در حضور ۰/۰۱ گرم رزین سنتز شده به مدت ۴ ساعت هم زده شدند. سپس محلول‌های مورد نظر صاف شدند و رزین روی کاغذ صافی با اسیدنیتریک ۰/۵ مولار شستشو داده شد و ۴ ساعت توسط شیکر مخلوط گردید. در پایان میزان یون کادمیم محلول زیر صافی با دستگاه جذب اتمیک شعله‌ای تعیین و اندازه‌گیری شد (Ferreira et al., 2000; Ansari et al., 2006).

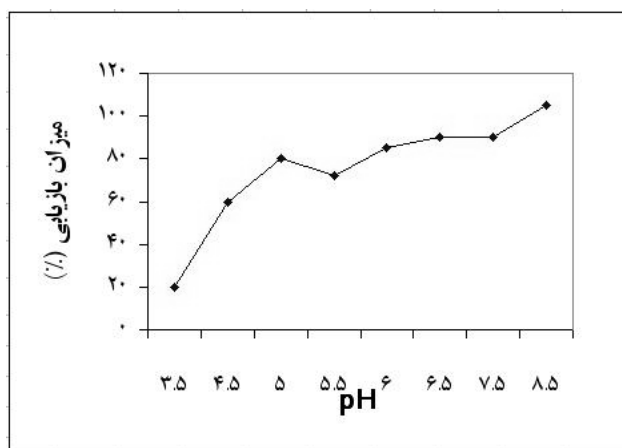
۳-۵. روش بررسی زمان جذب یون کادمیم توسط رزین سنتز شده

محلول ۶۰ppm از استوک اولیه یون فلزی کادمیم دو ظرفیتی تهیه گردید، سپس با بافر بهینه $\text{pH} = 7/5$ به حجم ۵۰ میلی‌لیتر رسانده شد. آنگاه نمونه‌ها در زمان‌های ۲، ۵، ۱۰، ۱۵، ۳۰، ۶۰، ۱۲۰ دقیقه در مجاورت ۰/۰۵ گرم رزین سنتز شده هم‌خورد. سپس محلول‌ها صاف گردید و محلول‌های زیر صافی به‌منظور تعیین میزان یون کادمیم جذب شده توسط رزین سنتز شده با

فلز برهم کنش دهد. بنابراین بخشی از کاتیون بدون برهم کنش بارزین خارج می شود. در pH های بسیار بازی، کاتیون رسوب جزئی هیدروکسید تولید کرده و رزین نیز هیدرولیز شده و عملکرد مناسبی در بازیابی کاتیون نخواهد داشت (Chen, 2002). در pH بهینه به دست آمده ۷/۵ برای یون کادمیم، یون فلزی با رزین کیلیت کننده ی کمپلکس تشکیل داد و بازیابی مناسبی حاصل می کند. مقادیر میزان جذب یون کادمیم در دامنه $pH = 3.5 - 8.5$ در جدول ۱ آورده شده و نمودارهای میزان بازیابی یون ها در دامنه pH های مورد نظر در نمودار ۱ نشان داده شده است. درصد بازیابی برای کادمیم ۱۰۴٪ به دست آمد (Christian, 1994).

جدول ۱- اثر pH بر میزان جذب کادمیم توسط رزین

pH	۳/۵	۴/۵	۵	۵/۵	۶	۶/۵	۷/۵	۸/۵
میزان جذب کادمیم (میلی گرم بر لیتر)	۱/۷۵	۱/۱۱	۱/۸۰	۰/۳۳	۴/۲۰	۴/۳	۵/۰۲	۵/۰۳



شکل ۱- میزان بازیابی یون کادمیم در دامنه pH مورد نظر

۲-۴. بررسی زمان بهینه برای جذب یون های کادمیم توسط رزین سنتز شده

همان طور که در قسمت های قبل بیان شد، در pH بهینه ۷/۵ برای یون کادمیم، به بررسی بهترین زمان ممکن برای جذب یون مذکور در زمان های مختلف پرداخته شد که حاصل این بررسی در جدول ۲ ارائه گردیده است. این جدول بیانگر میزان جذب یون ها توسط رزین سنتز شده در بهترین زمان ممکن است. همچنین درصد اشباع رزین در زمان های مورد نظر در نمودار ۲

(دو ظرفیتی) سنجیده شد. نتایج حاصل نشان داد که در نمونه ی واقعی آب دریای فوق یون های کادمیم وجود ندارند.

برای بررسی میزان جذب آمبرلیت XAD-2 اصلاح شده با لیگاند IDA (ایمینو دی استیک اسید) در نمونه های واقعی، ۱۰ میلی لیتر بافر بهینه $pH = 7.5$ مربوط به یون کادمیم دو ظرفیتی و ۱ میلی لیتر از محلول های ۵۰ ppm (استوک ثانویه) کادمیم اضافه شد و با آب دریای موجود به حجم ۱۰۰ میلی لیتر رسانده شد و این محلول ها در مجاورت ۰/۰۵ گرم رزین سنتز شده قرار گرفت (Echererria, 1998). این محلول به مدت ۴ ساعت در حضور رزین سنتز شده هم خورد، سپس رزین که حامل یون کادمیم است صاف شد، با اسید نیتریک ۰/۵ مولار مخلوط و عمل و جذب به مدت ۳ ساعت انجام شد. این عمل به منظور تعیین انحراف معیار نمونه (SD) و انحراف معیار نسبی (RSD) ۳ بار انجام شد (Das et al., 1999).

۳-۹. روش تعیین حد تشخیص

حد تشخیص کمترین غلظت قابل آشکارسازی در یک سطح اطمینان معین است. این حد به صورت رابطه سه برابر انحراف استاندارد شاهد تقسیم بر عامل پیش تغلیظ است.

۵۰ میلی لیتر محلول ۰/۰۱ مولار از بافر بهینه ۷/۵ تهیه شد. این محلول به مدت ۴ ساعت در مجاورت ۰/۰۵ گرم رزین سنتز شده هم خورد. بعد از پایان این مدت محلول با کاغذ صافی فیلتر گردید و توسط اسید نیتریک ۰/۵ مولار شسته شد و به مدت ۳ ساعت هم خورد (Ansari et al., 2004). میزان یون کادمیم موجود در محلول های زیر صافی با روش جذب اتمیک شعله ای اندازه گیری شد. به منظور تعیین حد تشخیص، این عمل ۳ بار تکرار گردید (Kantipuly, 1990). میزان حد تشخیص برابر با ۰/۰۰۳۵ ppm به دست آمد.

۴. نتایج

۴-۱. بررسی pH بهینه بر بازیابی یون فلزی کادمیم توسط جاذب سنتز شده

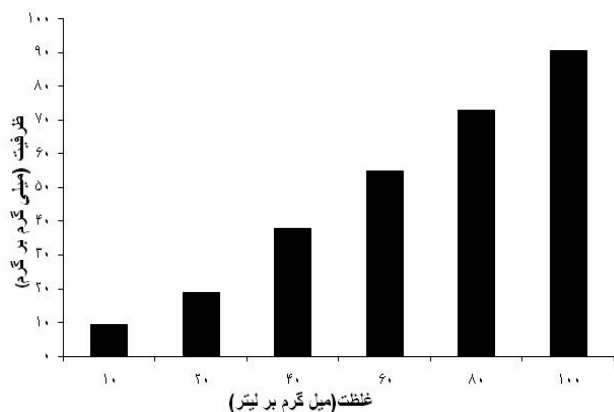
در بررسی اثر pH بر بازیابی یون های فلزی مشاهده شد که در pH های بسیار اسیدی، رزین پروتونه شده و نمی تواند با

۴-۴. بررسی کارایی رزین سنتز شده بر روی نمونه‌های واقعی آب دریا

با بررسی کارایی رزین سنتز شده بر روی نمونه‌های واقعی آب دریا مقادیر جذب یون کادمیم موجود در نمونه‌ها اندازه‌گیری شد. نتایج حاصله پس از ۳ بار تکرار به شرح جدول ۳ است.

جدول ۳- نتایج انحراف استاندارد و انحراف معیار جذب یون کادمیم در نمونه‌ی آب دریا در سه مرحله

SD	%RSD	میانگین غلظت‌ها	غلظت (ppm)
۰/۲۱۳	۵	۴/۳۰	۴/۴۵
			۴/۲۵
			۴/۲۲



شکل ۳- نمودار ظرفیتی یون کادمیم در مجاورت رزین سنتز شده

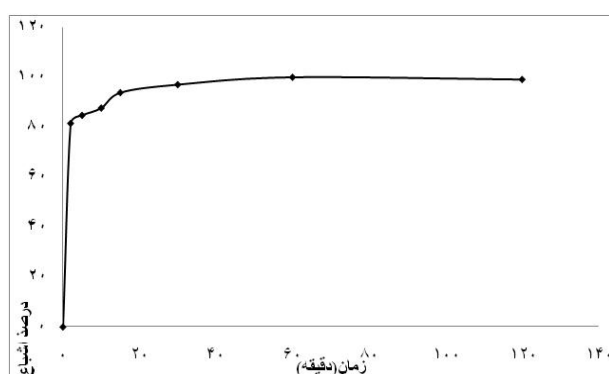
۵. بحث و نتیجه‌گیری

رزین‌های آمبرلیت رزین‌های تجاری، بر پایه‌ی پلیمری هستند که می‌توانند با لیگاندهای متفاوت کوپل کنند راندمان جذب آن‌ها بنا به این که با کدام لیگاند کوپل انجام می‌دهند متغیر است. در این تحقیق، رزین آمبرلیت با لیگاند ایمینو دی استیک اسید کوپل شد، که باعث ارتقای ظرفیت جذبی آن به بیش از سه برابر شد. در حالی که پیرا و همکاران در سال ۲۰۰۷ از لیگاند ۲-۲-پیریدیل آزو ۲- نفتول برای کوپل شدن و ارتقای جاذب استفاده کردند و میزان جذب ارتقای ناچیزی را نشان دادند. دوران و همکاران در سال ۲۰۰۸ نیز با تشکیل کمپلکس با آمونیم پیرولیدین دی تیوکاربامات (APDC)، (که کاربرد گسترده‌ای در ستون کوچک پر شده با رزین آمبرلیت XAD دارد) ظرفیت

نشان داده شده است. درصد اشباع رزین در ۲ دقیقه توسط رزین سنتز شده برای کادمیم ۸۱٪ به دست آمد.

جدول ۲- میزان جذب کادمیم در زمان‌های مختلف

غلظت کادمیم (برحسب میلی گرم بر لیتر)	غلظت اولیه کادمیم (ppm)	زمان (برحسب دقیقه)
۲۲/۱	۶۰	۲
۳۷/۱	۶۰	۵
۲۹/۳	۶۰	۱۰
۱۸	۶۰	۱۵
۱۶	۶۰	۳۰
۱۵	۶۰	۶۰
۱۶	۶۰	۱۲۰



شکل ۲- نمودار درصد اشباع رزین در مجاورت یون کادمیم در زمان‌های مختلف

۳-۴. تعیین ظرفیت رزین سنتز شده در دمای مشخص

در این مرحله، غلظت‌های ۱۰ و ۲۰ و ۴۰ و ۶۰ و ۸۰ و ۱۰۰ ppm تهیه شد و با کنترل دما در ۲۰ درجه سانتی‌گراد ظرفیت رزین با تبعیت از رابطه ۱ تعیین گردید.

$$Q = (C_0 - C_1)V/W$$

به طوری که:

Q = مقدار یون موجود در رزین که همان ظرفیت رزین است

C_0 = غلظت اولیه برحسب میلی گرم بر لیتر

C_1 = غلظت بعد از جذب برحسب میلی گرم بر لیتر

W = جرم نمونه به ازای هر گرم رزین

V = حجم محلول بر حسب لیتر

با استفاده از این رابطه، ظرفیت رزین سنتز شده در مجاورت با یون کادمیم برابر با ۹۰/۶۹ میلی‌گرم بر گرم به دست آمد.

تشخیص که همان کمترین غلظت قابل آشکارسازی در یک سطح اطمینان معین است، در روش‌های مختلف کوپل شدگی رزین XAD-2 با لیگاندهای متفاوت همچون مطالعه (Dongmei et al., 2006) برابر ۶۰۷ نانو گرم بر لیتر در نتیجه کوپل شدن با دی تیزون (کوپل شدن آمبرلیت با اسید آسپارتیک)، ۰/۰۰۲۷ بوده است که در مقایسه این روش‌ها با روش صورت گرفته، حد تشخیص نزدیک به این اعداد به دست آمده و ۰/۰۰۳۵ می‌باشد.

۶. سپاسگزاری

نویسندگان وظیفه‌ی خود می‌دانند که از تمامی اساتید و کارشناسان که در پیشبرد این تحقیق به اینجانب یاری رسانده‌اند نهایت تشکر و قدردانی را به عمل آورند. همچنین از مجتمع آزمایشگاهی زکریای رازی که تمام امکانات مورد نیاز انجام مطالعه را در اختیار نویسندگان قرار دادند، سپاسگزاری می‌شود.

منابع

- Ansari, R.; Omidvari, R., 2004. Removal of chromium hexavalent from aqueous solution activated carbon, international journal of chemistry, Vol.14, No.3, 139-142 pp.
- Ansari, R.; Omidvari, R., 2005. Adsorption of Hg⁺² ion from aqueous solution using activated carbon, polish journal of Environmental Studies, Vol.14, No.2, 191-194 pp.
- Ansari, R.; sadegh, M., 2006. Application of activated carbon for Removal of Arsenic ions from aqueous solutions, E-Journal of chemistry. vol 150. 323-327 pp.
- Bansode, R.; Losso, N.J.; Marshal, W.E.; Rao, R.M.; Portier, R.M., 2003. Adsorption of metal ions by pecan shell-based granular activated carbons, Biosource Technology, vol 89, 115-119 pp.
- Benefield, L.D., 1982. Process chemistry for water and wastewater treatment, prentice-hall, INC., Englewood Cliffs, water research journal, Volume 35, 153-160 pp.
- Bermejo, P.; Anllo, R.M., 1999. Spectrophotometric

جذبی رزین را تا چندین برابر بهبود داده‌اند. همچنین برمجو و همکاران در سال ۲۰۰۸ با به کارگیری تری بوتیل به عنوان اصلاح کننده به همراه آمبرلیت XAD-2 استفاده کرده‌اند و نتایج خوبی به دست آورده‌اند. درصد بازیابی این جاذب سنتز شده بالای ۹۰ درصد بوده است و این مطالعه نیز درصد بالایی در همین حد را نشان داد.

تاثیر pH بر روی عامل پیش تغلیظ در مواردی مورد مطالعه قرار گرفته است و در تحقیق به دست آمده توسط (Ferreria, et al., 1999) دامنه pHهای مورد بررسی تقریباً اسیدی است. در این تحقیق نیز پس از بررسی، pHهای تقریباً اسیدی بهترین گزینه برای داشتن عامل پیش تغلیظ مناسب به دست آمد. در مطالعه‌ای توسط (Hayati et al., 2003) میزان جذب یون‌های کروم، نیکل، کبالت، آهن، روی در دامنه pH=۵-۷ مورد بررسی قرار گرفت و درصد بازیابی حدود ۹۲ تا ۹۴ درصد گزارش شد. در این مطالعه نیز pH بهینه برای یون‌های کادمیم ۷/۵ و درصد بازیابی بالای ۹۰٪ به دست آمد. در پژوهش انجام شده، دما در ۲۲ درجه سانتی‌گراد ثابت نگه داشته شد. زیرا تغییر دما در میزان فعالیت رزین تاثیر می‌گذارد نتایج دیگری که توسط (Ferreria et al., 1999) به دست آمده است، همین دامنه‌ی دمایی به عنوان دمای مناسب گزارش شده است.

در این مطالعه تقریباً ۹۰-۹۶ درصد جذب در ۲ دقیقه اول صورت گرفته است که رقم مناسبی برای جذب فلزات سنگین محسوب می‌شود. زمان جذب یون‌های فلزات سنگین توسط جاذب‌های متفاوت متغیر است. طبق نتایج حاصله از تحقیق (Bermejo et al., 1999)، جاذب‌های پلیمری XAD اصلاح شده با لیگاندهای متفاوت در همان ۲-۵ دقیقه اول بیشترین جذب را نشان می‌دهند و پس از گذشت زمان این مقدار جذبی که توسط جاذب صورت می‌گیرد به مقدار ثابتی می‌رسد.

با مطالعه پیشینه‌ی تحقیقات انجام شده توسط (Duran et al., 2008)، انحراف استاندارد نسبی با استفاده از جاذب آمبرلیت XAD کوپل شده با آمونیوم پیرولیدین کمتر از ۶٪ گزارش شده است که تقریباً با روش پیشنهادی در این مطالعه انحراف استاندارد نزدیک به هم دارد. به علاوه با مقایسه با روش ارائه شده در (Dongmei et al., 2006) که آمبرلیت XAD-2 کوپل شده با دی تیزون مورد بررسی قرار گرفته و انحراف استاندارد معادل ۱/۹۶ به دست آمده، نسبت به روش کوپل با لیگاندهای ایمینودی استیک اسید میزان انحراف کمتری را نشان می‌دهد. حد

- Ferreira, S.L.; Lemos, V.A.; Moreira, B.S., 2000. An on-line system for preconcentration and determination of lead in wine samples by FAAS. *talanta Journal*. Vol. 58. 475-480 pp.
- Ferreira, S.L.; Lemos, V.A.; Moreira, B.S., 2000. Copper determination in natural water samples by using FAAS after preconcentration onto amberlite XAD-2 loaded with calmagite. *Analyst Journal*. No.50. 1253-1259 pp.
- Gofman, A., 1996. The Removal of lead and the heavy metal from zeolites, zeocarb and other natural material as sorption media. *talanta*. 410-42 pp.
- Kantipuly, Katragadda, S.; Chow, A.; Gesser, H.D., 1990. Chelating polymers and related supports for separation and preconcentration of trace metals, *Talanta journal*, Vol. 37, 491-517 pp.
- Kumar, M.; Ajai K. Singh., 1989. Pyrocatechol Violet-loaded Amberlite XAD-2-Applications as preconcentrator in the atomic absorption spectrophotometric determination of zinc and cadmium in water. *Microchemical Journal*. Vol. 40. 197-200 pp.
- Kumar, P.; Kumar, A.; Singh., 2001. Synthesis, characterization and applications of pyrocatechol modified amberlite XAD-2 resin for preconcentration and determination of metal ions in water samples by flame atomic absorption spectrometry (FAAS). *Talanta Journal*, Vol. 53, 823-833 pp.
- Manjeet, k.; Rathore, A.S., 2000. Amberlite XAD-2 functionalized with o-aminophenol synthesis and applications as extractant for copper(II), cobalt(II), cadmium(II), nickel(II), zinc(II) and lead(II) *Talanta journal*. Vol. 51. 1187-1196 pp.
- Mondal, B.C.; Das, D.; Das, A.K., 2001. Application of a new resin functionalised with 6-mercaptopurine for mercury and silver determination in environmental samples by atomic absorption spectrometry. *Anal chimia*. NO. 450. 223-230 pp.
- Mondal, B.C.; Das, D.; Das, A.K., 2003. Determination of determination of uranium in natural waters. *Anal. Chimica Acta journal*. vol 239. 321-323 pp.
- Cekic, S.D.; Filik, H.; Aparak, R., 2004. Use of an o-aminobenzoic acid-functionalized XAD-4 copolymer resin for the separation and preconcentration of heavy metal (II) ions. *Anal chem, Acta Journal*.vol 505. 15-24 pp.
- Chen, J.H.; Chen, W.R., 2002. The preparation of di (2-ethyl hexyl) phosphoric acid modified Amberlite 200 and its application in the separation of metal ions from sulfuric acid solution, *Elsevier Journal*, 202 p.
- Chen, W.Y.; Anderson, P.R.; Holsen, T.M., 1991. Recovery and Recycle of metals from wastewater with a magnetite based adsorption process. *Research Journal*. Vol.63. 441-182 pp.
- Christian, G.D.; 1994. *Analytical Chemistry*, 5th Ed, John Wiley and Sons, Inc.
- Compano, R.; Granados. M.; Leal. C.; Prat, M.D., 1995. Determination of triphenyltin in sea water samples by liquid chromatography with fluorimetric detection. *Analytica Chimica Acta*. Vol 302. 185-191 pp.
- Das, D.; Das, A.K.; Sinha, C., 1999. A new resin containing benzimidazolylazo group and its use in the separation of heavy metals. *Talanta journa I*. Vol 48. 1013-1022 pp.
- Echererria, J.C.; Morera, M.T.; Mazkarian, C.; Garrido, J.J., 1998. Competitive sorption of heavy metal by soils. Isotherms and fractional factorial experiments. *Environmental Pollution*. Vol. 101. 275-284 pp.
- Ferreira. S.L.; Brito, C.F.; Dantas, A.F., 1999. Nickel determination in saline matrices by ICP-AES after sorption on Amberlite XAD-2 loaded with PAN. *Talanta Journal*. No.48. 1173 pp.
- Ferreira. S.L.; Ferreria, J.R., 2006. Separation and preconcentration procedures for the determination of lead using spectrometric techniques. *talanta journal*. Vol. 69. 16-24 pp.

- 1737-1744 pp.
- Saxena, R.; Singh, A.k., 2010. Determining the interaction between groundwater and saline water through groundwater major ions chemistry. *Journal of Hydrology*. Vol. 388. 100-111 pp.
- sema demirji, Filika, H., 2004. Use of an o-aminobenzoic acid-functionalized XAD-4 copolymer resin for the separation and preconcentration of heavy metal(II) ions. *Analytical chimica*. No. 505. 15-24 pp.
- mercury species with a resin functionalized with a 1, 2-bis (o-aminophenylthio) ethane moiety, *analytica chimica acta* . Vol. 477. 73-80 pp.
- Murza, S.G. Kara., 1981, Dynamics of dissemination in the case of affinity chromatography, *Journal of Chromatography A*. Vol. 220. 85-94 pp.
- Namasiavayan, M.; Ranagantan, k., 1995. Removal of Cd from wastewater by adsorption on waste Fe and Cr Hydroxide. *Water Research journal*. Vol. 29. No.7.