



مطالعه پیش تغلیظ مقادیر ناچیز (Pb (II) در پساب های صنعتی بوسیله نانو گرافن اصلاح شده با لیگاند ۱- (۲-پیریدیل آزو) -۲- نفتل (PAN) و اندازه گیری آن با طیف سنجی اتمی شعله‌ای

علی مقیمی*

دانشگاه آزاد اسلامی واحد ورامین-پیشوا، دانشکده‌ی علوم پایه، گروه شیمی

تاریخ ثبت اولیه: ۱۳۹۳/۶/۳، تاریخ دریافت نسخه اصلاح شده: ۱۳۹۳/۷/۲۸، تاریخ پذیرش قطعی: ۱۳۹۳/۸/۴

چکیده

در روش ارائه شده، نانوگرافن اکسید به روش استادن مایر از گرافیت سنتز شد و سپس بعد از کاهش دادن گرافن اکسید (GO) توسط کاهنده هیدروکینون، گرافن تهیه شد. به این صورت که ۰/۱g گرافن اکسید را در ۱۰۰ mL آب دیونیزه حل کرده و به مدت ۲ ساعت در تحت شرایط التراسونیک با توان ۱۴۰ وات قرار داده تا توسط امواج پراکنده شود و سپس ۰/۱ g هیدروکینون اضافه می کنیم، این محلول را در دمای ۱۰۰ درجه سانتی گراد به مدت ۲۴ ساعت رفلاکس کرده و بعد از سانتریفیوژ گرافن حاصل را در دمای ۶۰ درجه سانتی گراد در آون خلا خشک می کنیم. در این پژوهش برای پیش تغلیظ و اندازه گیری مقادیر ناچیز یون های سرب (II) در نمونه های آبی از نانو گرافن و همچنین از لیگاند ۱- (۲-پیریدیل آزو) -۲- نفتل (PAN) در جهت بهبود عمل استخراج استفاده شد. اندازه گیری غلظت یون Pb^{2+} در محلول های آبی به روش طیف سنجی جذب اتمی شعله ای انجام گرفت. پارامترهای مؤثر بر استخراج که عبارتند از: اثر pH، مقدار و نوع حلال شوینده، زمان استخراج و اثر سایر یونها و... بهینه شدند. فاکتور تغلیظ ۳۶، مقدار حد تشخیص روش (LOD) $2/8 \mu g.L^{-1}$ و انحراف استاندارد نسبی (RSD) ۰/۵۱٪ بدست آمد.

واژه های کلیدی: نانو گرافن، ۱- (۲-پیریدیل آزو) -۲- نفتل (PAN)، اسپکترومتری جذب اتمی شعله ای، یون (Pb (II)

۱. مقدمه

گرافن یکی از شکل های کربنی است که به عنوان یکی از آلوتروپ های کربن شناخته می شود. یک لایه از گرافیت را گرافن می نامند که دارای یک ساختار دو بعدی با ضخامت یک اتم است. آلوتروپ ها ساختارهای متفاوتی از یک عنصر مشابه هستند. ایده ی گرافن به صورت

*عهده دار مکاتبات: علی مقیمی

نشانی: دانشگاه آزاد اسلامی واحد ورامین-پیشوا، دانشکده‌ی علوم پایه، گروه شیمی

پست الکترونیک: E-Mail: alimoghimi@iauvaramin.ac.ir

تلفن: ۰۲۱۳۶۲۵۰۱۱

نظری، برای اولین بار توسط فیلیپ والاس در سال ۱۹۴۷ بیان شد. محرک او برای بیان این ایده، تحقیق و فعالیتش روی گرافیت (گرافن سه بعدی) بود و سپس از آن زمان تلاش های زیادی برای ساخت آن صورت گرفت اما قضیه ای به نام قضیه مرین و آگنر در مکانیک آماری بیان می کند که چنین نظمی در ابعاد کمتر از سه و برای دماهای متناهی وجود ندارد، که ساخت یک ماده ی دو بعدی را غیر ممکن و چنین ماده ای را غیر پایدار می دانست [۱]. اما به هر حال در سال ۲۰۰۴ آمده گایم از دانشگاه منچستر موفق به ساخت این ماده شده و نشان دادند که قضیه ی مرین - و آگنر می تواند کاملاً درست باشد. جایزه ی نوبل فیزیک ۲۰۱۰ نیز به خاطر ساخت این ماده ی دو بعدی به این دو دانشمند تعلق گرفت [۲].

سرب فلزی است سمی که به پیوندهای عصبی آسیب رسانده (بخصوص در بچه ها) و باعث بیماری های خونی و مغزی می شود. تماس طولانی با این فلز یا نمک های آن (مخصوصاً نمک محلول یا اکسید سرب غلیظ) می تواند باعث بیماری های کلیوی و دردهای شکمی شود. به اعتقاد بعضی از افراد، سرب به کار رفته در سیستم های لوله کشی عامل دیوانگی بسیاری از امپراطوران بود. نگرانی در مورد نقش سرب در عقب ماندگی ذهنی کودکان موجب کاهش استفاده از آن در سطح جهان گردید. فروش رنگهای حاوی سرب در کشورهای صنعتی متوقف شده گرچه احتمالاً بسیاری از خانه های قدیمی هنوز دارای مواد سربی در رنگهایشان هستند. پیشنهاد می شود رنگهای قدیمی را با سمباده از بین نبرند چون این کار باعث می شود غبار قابل استنشاقی بوجود آید. نمک های سرب که در لعاب ظرف های سفالی به کار می رود گاهی اوقات ایجاد مسمومیت کرده اند چون هنگامی که در آنها مایعات اسیدی نوشیده می شود مانند آلبیموها، یون های سرب از لعاب ظرف جدا می شوند. به علت زیان های اشاره شده در بالا در استفاده از وسایلی که ساخته شده فرمهای مختلف سرب احتیاط فراوان لازم است و اندازه گیری و تحقیق برای تعیین مقدار سرب موجود در نمونه های مختلف طبیعی الزامی و ضروری است [۳-۳۲].

در سال ۲۰۱۳ فاتیما لیما و همکارانش با استفاده از ستون پر شده با جاذب اکسید هیبریدی منگنز-سیلیکا پیش تغلیظ و اندازه گیری سرب را انجام دادند. در این روش از نیتریک اسید ۱/۰ مولار به عنوان شوینده برای شویش ۲۰ میلی لیتر نمونه باز داری شده استفاده شده است. دامنه خطی منحنی کالیبراسیون در محدوده ی ۱/۰-۵۰/۰ میکرو گرم بر لیتر و حد تشخیص روش ۰/۱۲ میکرو گرم بر لیتر و فاکتور پیش تغلیظ روش ۳۹/۴ گزارش شده است. این روش برای اندازه گیری مقادیر کم سرب در نمونه های آبی و بیولوژیکی مورد استفاده قرار گرفته است [۴]. در سال ۲۰۱۴ افخمی و همکارانش در دانشگاه فردوسی مشهد از روش میکرو استخراج با قطره آلی شناور منجمد در تلفیق با اسپکترومتری جذب اتمی با کوره گرافیت برای اندازه گیری مقادیر ناچیز سرب (II) استفاده کردند. معرف کمپلکس دهنده یک لیگاند سنتزی جدید به فرمول اتیل (۵)-[۳-(۲-کلرو-۷-متیل[۱،۳]تiazولو[۵،۴-d] پیرمیدین-۲-ایل[آمینو]-۲-سیانو-۳-متیل سولفونیل) پروپ-۲-انوات با نام اختصاری TPAS است. متغیرهای تجربی موثر بر فرآیند میکرو استخراج pH، سرعت همزدن، غلظت TPAS به عنوان ماده کمپلکس دهنده، حجم فاز آلی و آبی و زمان استخراج بهینه گردیدند. محاسبات مربوط به ارقام شایستگی نشان می دهد که می توان سرب (II) را با حد تشخیص ۱۱ µg/L و انحراف استاندارد نسبی ۶/۵ درصد و فاکتور تغلیظ ۱۰۰ اندازه گیری کرد. این روش برای اندازه گیری سرب در نمونه های حقیقی با موفقیت به کار برده شد [۵]. در این پژوهش برای پیش تغلیظ و اندازه گیری مقادیر ناچیز یون های سرب (II) در نمونه های آبی از نانو گرافن و همچنین از لیگاند ۱-(۲-پیریدیل آزو)-۲-نفتل (PAN) در جهت بهبود عمل استخراج استفاده شد. اندازه گیری غلظت یون Pb^{2+} در محلول های آبی به روش طیف سنجی جذب اتمی شعله ای انجام گرفت.

۲. بخش تجربی

۱-۲. دستگاه ها و وسایل مورد نیاز

هیتر استیر و همزن مغناطیسی مارک AREX، ترازوی دیجیتالی با دقت ۳ رقم اعشار مدل CY۳۶۰ از شرکت CITIZEN ساخت کشور Poland دستگاه سانتریفیوژ مارک Hettich و مدل A ۳۲ TOFIX دستگاه pH متر مارک HANNA و مدل HI ۸۳۱۴۱ دستگاه التراسونیک (Ultrasonic Cleaner) کمپانی ELMA آلمان، دستگاه آون خلاء مدل Memert، ساخت کشور آلمان، شیکر مدل azma Fan، دستگاه میکروسکوپ الکترونی روبشی SEM، مدل EM ۳۲۰۰ و ساخت شرکت KYKY، اسپکتروفتومتر FT-IR مدل Broker Tensor دستگاه طیف سنجی جذب اتمی شعله ای مدل AA ۶۷۰ و مارک Shinadza با سوخت هوا - استیلن مورد استفاده قرار گرفت. دستگاه طیف سنجی پراش پرتو اشعه ایکس (XRD) مدل PW ۱۸۰۰ و ساخت کارخانه PHILIPS.

۲-۲. مواد مورد نیاز

گرافیت (تهیه شده از شرکت Merck) پتاسیم کلرات (تهیه شده از شرکت Merck)، ۱- (۲-پیریدیل آزو)- (۲- نفتل (PAN)) (تهیه شده از شرکت Merck) مواد شیمیایی: تمامی اسید های مورد استفاده (اسید نیتریک، اسید سولفوریک، اسید استیک) از شرکت مرک بودند و دارای درجه خلوص تجزیه ای AG بودند. آمونیاک، سرب نترات، سود دارای خلوص تجزیه ای بوده و تهیه شده از شرکت مرک بوده اند. ۱- (۲-پیریدیل آزو)- (۲- نفتل (PAN)) به عنوان لیگند استفاده شده تهیه شده از شرکت مرک بوده اند.

۳-۲. سنتز گرافن

در این مرحله با استفاده از روش استایرن مایر برای سنتز گرافن باید گرافن اکسید را که سنتز کردیم با کاهش دهنده ها کاهش دهیم، به این صورت که ۰/۱ g گرافن اکسید را در ۱۰۰ mL آب دیونیزه حل کرده و به مدت ۲ ساعت در شرایط التراسونیک با توان ۱۴۰ وات قرار داده تا توسط امواج پراکنده شود و سپس ۰/۱ g هیدروکینون اضافه می کنیم و این محلول را در دمای ۱۰۰ درجه سانتی گراد به مدت ۲۴ ساعت رفلاکس می کنیم و بعد از رفلاکس محلول را سانتریفیوژ می کنیم و آب رویش را خالی می کنیم و چندین بار با آب دیونیزه تا pH خنثی شستشو می دهیم و مجدداً سانتریفیوژ می کنیم و گرافن حاصل در دمای ۶۰ درجه سانتی گراد در آون خلا خشک می شود [۵].

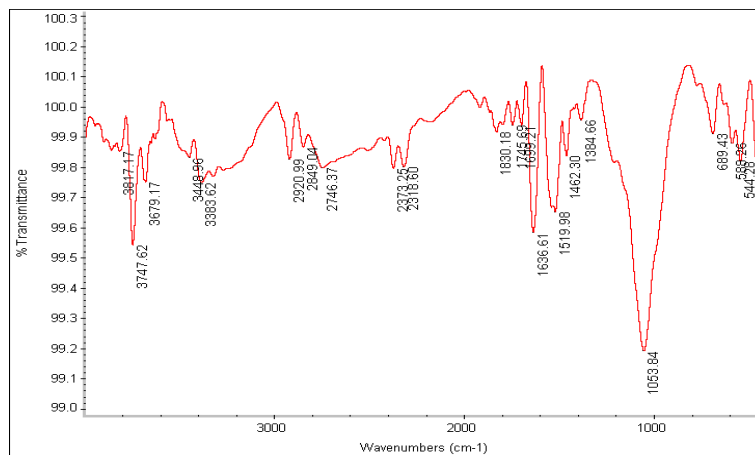
۴-۲. روش استخراج و بازیابی کاتیون سرب

برای یافتن شرایط بهینه دستیابی به بیشترین راندمان استخراج و بازیابی اثر عوامل مختلف از جمله اثر pH محلول، محلول شستشوی مناسب، حجم محلول شستشو، زمان استخراج و..... بررسی شدند. روش کار بدین صورت بود که یک پارامتر متغیر و سایر پارامترها ثابت در نظر گرفته شد. روش استخراج و بازیابی یون سرب به وسیله نانو گرافن بدین شرح می باشد: ۵۰ mL از محلول ۱/۰ ppm که در pH ۴/۰ نسبت به Pb^{2+} تنظیم شده را تهیه کرده و مقدار ۰/۱ g نانو گرافن و ۱/۹۴ mg لیگاند به آن اضافه گردید. مخلوط حاصل را به مدت ۲۰ دقیقه و با سرعت ۱۵۰ و دمای ۲۵ درجه سانتیگراد درون شیکر می گذاریم و سپس مخلوط را سانتریفیوژ کرده و غلظت Pb^{2+} در آن را به وسیله اسپکترومتری جذب اتمی شعله تعیین نمودیم.

۳. نتایج و بحث

۳-۱. بررسی طیف های مادون قرمز گرافن

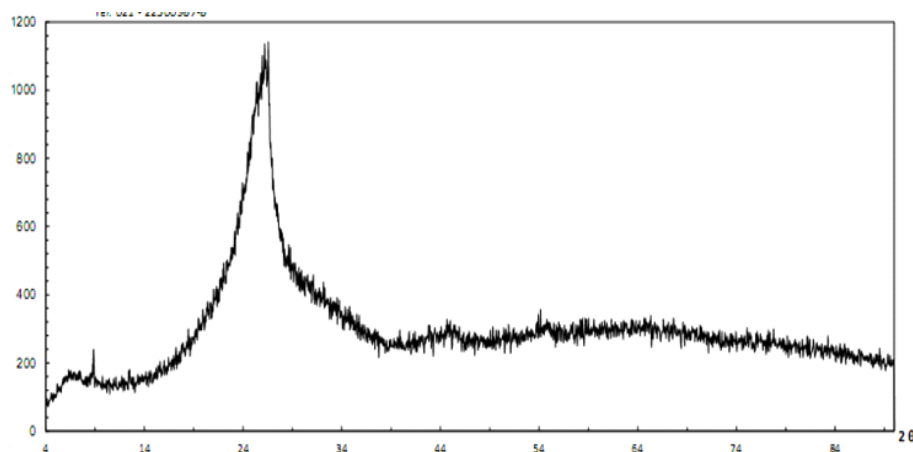
تفاوت طیف مربوط به گرافن و گرافن اکساید در این است که پیک OH در ناحیه 3747 cm^{-1} در طیف گرافن اکساید شارپ تر از گرافن است، به این دلیل که در گرافن عمل هیدروژناسیون انجام میشود.



شکل ۱. طیف مادون قرمز تبدیل فوریه گرافن.

۳-۲. طیف XRD مربوط به گرافن

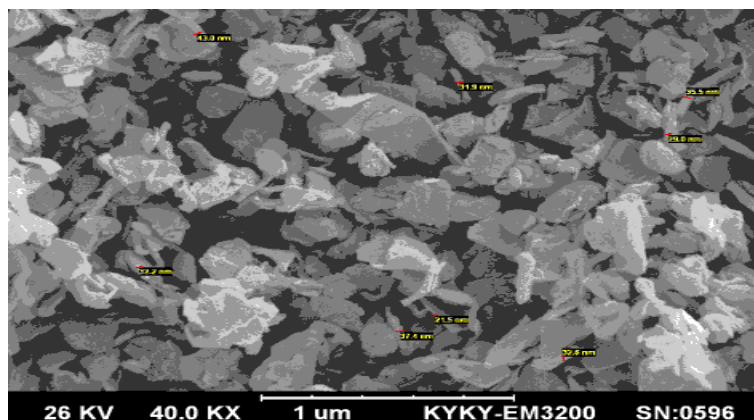
طیف سنجی پراش پرتو اشعه ایکس (XRD) با بمباران ساختار بلوری برای آنالیز هر نمونه، ابتدا به صورت پودر بسیار ریز در آمده و در معرض بمباران پرتوهای اشعه ایکس با طول موج $100-10$ و در محدوده 2θ قرار داده می شود. مطالعه ساختار بلوری، تغییرات ساختار بلوری و همچنین در تشخیص فازهای کریستالی و موقعیت آن ها و اندازه گیری ضخامت، فیلم های نازک و چند لایه استفاده می شود. اگرچه دستگاه پراش پرتو ایکس کاربردهای فراوانی دارد، مهم ترین کاربرد آن در تخمین اندازه بلورک ها در ساختارهای بلوری است در این پژوهش طیف XRD گرافن اکسید مورد بررسی قرار می گیرد. در نمودار 2θ الگوی پراش اشعه X گرافن یک پیک شاخص در محدوده $12/54^\circ$ دیده می شود که نشانگر وجود گرافن می باشد.



شکل ۲. الگوی پراش اشعه X گرافن با یک پیک شاخص در محدوده $12/54^\circ$.

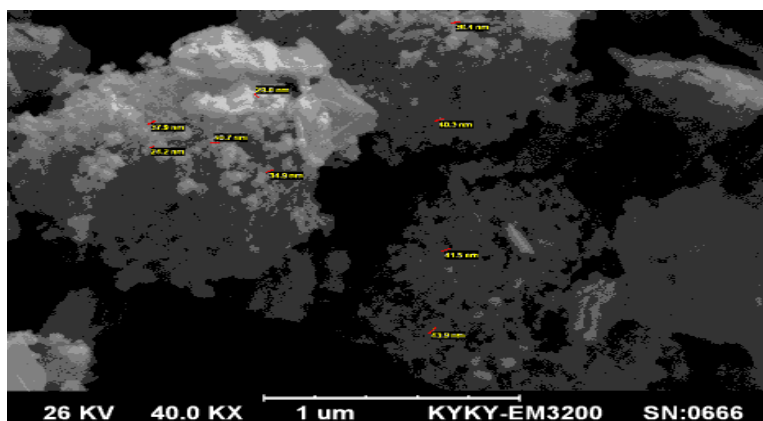
۳-۳. طیف های SEM مربوط به گرافن

در میکروسکوپ الکترون روبشی SEM الکترون به سطح نمونه تابیده می شود و منعکس می شود و این الکترون ها توسط دتکتور دستگاه جمع آوری می شود و تبدیل به فوتون نوری می گردد تا تصویر مرئی ایجاد شود. این میکروسکوپ از ساختار سطحی نمونه تصویر تهیه می نماید. در این پژوهش از سطح گرافن سنتز شده تصاویری در ابعاد مختلف تهیه شده است.



شکل ۲. تصویر (e)، SEM گرافن را نشان می دهد.

همانطور که در شکل ۳ دیده می شود گروه عاملی آمین بر روی سطح گرافن به صورت نقاط روشن تر مشخص است و این امر نشان دهنده و تائید کننده ی جذب لیگاند بر روی گرافن می باشد.



شکل ۳. SEM مربوط به یون سرب (II) و لیگاند جذب شده بر روی گرافن.

۴-۳. بررسی اثر pH بر استخراج و بازیابی یون Pb^{2+}

نتایج این بررسی در نمودار ۴ نمایش داده شد، همانطور که نتایج جدول نشان می دهد در $pH=4$ درصد جذب و بازیابی یون سرب به حد اکثر رسیده و در pH های پایین تر و بالاتر میزان جذب کاهش می یابد، که مشخص می کند استخراج در مقادیر $pH > 4$ می تواند توسط نانو گرافن کاهش یابد و در $pH < 4$ بازدارد یون ها به طور کامل نمی تواند انجام گیرد که این پدیده ناشی از پروتونه شدن ام های نیتروژن لیگاند در محیط اسیدی می باشد که باعث کاهش تمایل کمپلکس شدن با یون می شود و در این شرایط تمایلی برای بازدارد یون های سرب (II) روی جاذب وجود ندارد. هنگامیکه در مقادیر بازی pH یون سرب (II) با یون هیدروکسیل واکنش داده و تولید رسوب $Pb(OH)_2$ می نماید [۵].

۳-۵. گستره خطی و نمودار کالیبراسیون روش

برای تعیین گستره خطی در تجزیه لازم است یک نمودار کالیبراسیون رسم شود این نمودار در تمامی غلظت ها خطی نیست و عوامل متعددی سبب می شوند که نمودار کالیبراسیون در محدوده خطی باشد و از قانون بیر پیروی کند. با توجه به نمودار منحنی کالیبراسیون روش به صورت زیر است و معادله خط برابر $Y_0 = 788X - 0.05$ و $R^2 = 0.999$ می باشد.

۳-۶. بررسی نتایج بدست آمده بر روی نمونه های حقیقی

پس از اینکه شرایط بهینه روش بدست آمد، به منظور بررسی قابل اجرا بودن روش روی نمونه های حقیقی، مقدار سرب در چند نمونه مختلف از نمونه های آبی و بیولوژیکی در حجم حد (۵۰۰ mL) مورد اندازه گیری قرار گرفت، در مرحله اول خود نمونه بدون افزایش مقدار مشخصی از یون سرب (II) روش کار جذب و شستشو صورت گرفت و به دستگاه تزریق شد که مشخص شد دستگاه جذب قابل توجهی را نشان نمی دهد. در بار دوم با افزایش یون سرب (II) مطابق روش ارائه شده تغلیظ و جداسازی انجام شد. در واقع برای تعیین مقدار مشخصی از سرب موجود در نمونه های آب از روش افزایش استاندارد استفاده شد. نتایج این آنالیز در (جدول ۱) نشان داده شده است. همچنان که دیده می شود در نمونه های آبی، در آب آشامیدنی شهری نسبت به نمونه های آبی مورد آزمایش مقدار بیشتری سرب وجود دارد ولی در نمونه آب رودخانه کرج مقدار کمتری سرب موجود است، می توان به کارایی و قدرت پیش تغلیظ و اندازه گیری سرب پی برد. در نمونه ی پساب صنعتی میزان قابل توجهی سرب یافت شد که با دستگاه جذب اتمی شعله ای بررسی شده است و این دستگاه می تواند برای اندازه گیری سرب در نمونه های آبی به کار رود.

جدول ۱. نتایج اندازه گیری سرب در نمونه های حقیقی.

نمونه	سرب (II) اضافه شده بر حسب μg	سرب (II) پیدا شده بر حسب μg در جذب اتمی شعله ای
آب رودخانه کرج	0.00	N.D
	50	51 (1.9)
آب شهری	0.00	N.D
	50	53 (1.8)
پساب صنعتی	0.00	1512 (1.8)
	50	1562(1.2)

(الف) قابل تشخیص نیست.

(ب) مقادیر داخل پرانتز انحراف استاندارد نسبی بر روی سه بار تکرار اندازه گیری می باشد.

۴. نتیجه گیری

طراحی و توسعه یک روش برای پیش تغلیظ، جداسازی و اندازه گیری یون سرب با توجه به اهمیت آن در صنایع مختلف و کم بودن غلظت این یون در اکثر نمونه ها یک نیاز اساسی می باشد. لذا، هدف این تحقیق ابداع یک روش کارا، گزینش پذیر، ارزان و ساده برای ارزیابی مقدار سرب در نمونه های مختلف بود با توجه به توسعه ای که در طول سالهای اخیر در استخراج با فاز جامد به خاطر مزایایی همچون عدم نیاز به مقادیر زیاد از حلال ها انجام گرفته است، تهیه ی یک نانو جاذب با سطح متراکم و حل شونده با بالا در اکثر حلال های آبی و آلی یک چالش محسوب می شود. در این رساله جهت استخراج یون سرب از گرافن استفاده شد و کارایی این روش در تعیین و وجود این فلز در نمونه های طبیعی معین گردید.

در این کار پژوهشی به این نتیجه رسیدیم که یون های سرب جذب شده بر روی سطح جاذب با مقدار بهینه ۱۴mL از اسید نیتریک ۱/۰ M در pH ۴/۰ بازیابی می شوند. حجم حد برای این روش ۵۰۰mL است و این حجم امکان پیش تغلیظ بالایی را برای گونه سرب (II) فراهم می آورد. همچنین نتایج خوبی برای تکرار پذیری به دست آمد، نتایج پژوهش ما نشان داد که مقدار RSD٪ برای ۳ نمونه آزمایشی ۰/۵۱ درصد به دست آمده که این مقدار عدد خوبی برای این پژوهش می باشد و در نتیجه راندمان استخراج مناسب است. پژوهش اخیر نشان داد که اندازه گیری یون سرب (II) بدون دخالت گونه مزاحم دیگری صورت می گیرد که این یک حسن بسیار بزرگ برای روش ابداع شده است. در نتیجه این روش براحتی می تواند در اندازه گیری مقدار سرب در نمونه های آبی بکار رود.

۶. مراجع

- [1] Y. Deng, C. Wang, X. Shen, W. Yang, *Chem. Eur. J.*, 11 (2005) 6006.
- [2] M. Modo, M. Hoehn, J.W.M. Bulte, *Mol. Imaging*, 4 (2005) 143.
- [3] J.W.M. Bulte, *Methods Mol. Med.*, 4 (2006) 419.
- [4] F. Linyao, L. Yanbin, L. Shiyao, L. Xianjiang, X. Zhongming, D. Zhiyuan, *Food Chemistry*, 141 (2013) 1383.
- [5] A. Afkhami, R. Moosavi, *J. Hazard. Mater.* 174 (2010) 398.
- [6] A. Moghimi, *African Journal of Pure and Applied*, 7 (2013) 242.
- [7] A. Moghimi, *Russian Journal of Physical Chemistry A*, 87 (2013) 1203.
- [8] A. Moghimi, M. Abdouss, *J. Bio-Inorg. Hybd. Nanomat*, 2 (2013) 319.
- [9] A. Moghimi, M. Abdouss, *Int. J. Bio-Inorg. Hybd. Nanomat*, 2 (2013) 319-327.
- [10] A. Moghimi, S. Esfanjani, H. Mazloomifar, *Asian Journal of Chemistry*, 24 (2012) 312.
- [11] M.J. Poursharifi, A. Moghimi, *Asian Journal of Chemistry*, 24 (2012) 112.
- [12] A. Moghimi, *Journal of Chemical Health Risks*, 2 (2012) 67-72.
- [13] A. Moghimi, *Journal of Chemical Health Risks*, 1 (2012) 25-30.
- [14] A. Moghimi, *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 6-3 (2012) 331.
- [15] A. Moghimi, *Journal of Chemistry*, 1 (2012) 12.
- [16] A. Moghimi, M. Abdouss, H. Mosalaie, *J. Bio-Inorg. Hybd. Nanomat*, 1 (2012) 47.

- [17] M.J. Poursharifi, A. Moghimi, *Oriental Journal of Chemistry*, 28 (2012) 379.
- [18] A. Moghimi, M.J. Poursharifi, *Oriental Journal of Chemistry*, 28 (2012) 203.
- [19] A. Moghimi, *Journal of Chemical Health Risks*, 2 (2012) 322.
- [20] A. Moghimi, R. Ghiasi, S. Behrouzinia, *International Journal of Fundamental Physical Sciences*, 1 (2011) 112.
- [21] A. Moghimi, M.J. Poursharifi, *Asian Journal of Chemistry*, 23 (2011) 3870.
- [22] N. Tajodini, A. Moghimi, *Asian Journal of Chemistry*, 23 (2011) 4186.
- [23] S. Behrouzinia, M. Zand, A. Namdar, H. Rahimi, A. Moghimi, *International Journal of Fundamental Physical Sciences*, 1 (2011) 67.
- [24] R. Ghiasi, A. Moghimi, *Journal of Structural Chemistry*, 52 (2011) 683.
- [25] A. Moghimi, M.J. Poursharifi, *Australian Journal of Basic & Applied Sciences*, 5 (2011) 120.
- [26] A. Moghimi, *World Applied Sciences Journal*, 12 (2011) 2252.
- [27] P. Makipour, A. Moghimi, R. GHIASI, *Oriental Journal of Chemistry*, 26 (2010) 797.
- [28] S. Ghammamy, S. Khorsandtabar, A. Moghimi, H. Sahebalzamani, (2009) 41.
- [29] A. Moghimi, A. Gazal, *Oriental Journal of Chemistry*, 24 (2008) 397.
- [30] H. Aref-Azar, A. Moghimi, *Oriental Journal of Chemistry*, 23-2 (2007) 437-442.
- [31] S. Ghammamy, K. Mehrani, Z. Javanshir, A. Moghimi, F. Shabaani, 15 (2007) 61.
- [32] A. Moghimi, *International Journal of Chemical and Biochemical Sciences*, 5 (2014) 99.