

اندازه‌گیری مقدارهای جزئی جیوه (II) با استفاده از روش طیف نورسنجی در حضور سورفکتانت SDS

داریوش الماسی فر^{۱*}، ثریا افضلی^۲ و فرزانه مراحل^۳

۱- دانشکده شیمی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد ماهشهر

۲- باشگاه پژوهشگران جوان، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد ماهشهر

۳- دانشگاه آزاد اسلامی، واحد امیدیه

دریافت: شهریور ۱۳۸۹، بازنگری: مهر ۱۳۸۹، پذیرش: دی ۱۳۸۹

چکیده: در این پژوهش از یک روش طیف نورسنجی ساده، حساس و انتخابی برای تعیین مقدارهای ناچیز جیوه (II) استفاده شده است. در این روش، جیوه (II) به عنوان کاتالیست واکنش اکسایش ایندیگوکارمین به وسیله‌ی واکنش هگزاسیانو فرات (III) در مجاورت سورفکتانت سدیم دودسیل سولفات (SDS) است و سرعت واکنش از طریق کاهش جذب ماده‌ی رنگی ایندیگوکارمین (IC) در طول موج ۶۱۲ نانومتر با طیف نورسنجی دنبال شده است. متغیرهایی مانند pH، غلظت واکنش‌گرها و سورفکتانت، قدرت یونی، دما و زمان و چگونگی تأثیر این پارامترها بر سرعت واکنش مورد مطالعه قرار گرفته و شرایط بهینه به دست آمده است. با این روش قادر خواهیم بود جیوه (II) را در گستره‌ی غلظتی ۰٫۵ تا ۱۰ میکروگرم در میلی‌لیتر با حد تشخیص حداکثر ۰٫۱۱۶ میکروگرم در میلی‌لیتر اندازه‌گیری کنیم. انحراف استاندارد نسبی جهت ۱۰ بار اندازه‌گیری مکرر در گستره‌ی غلظتی ۳ تا ۷ میکروگرم بر میلی‌لیتر در گستره‌ی ۰٫۸۵ تا ۲ درصد است. اثر مزاحمت ۲۰ گونه‌ی کاتیونی و آنیونی بر روی واکنش، مورد بررسی قرار گرفت که اکثر آن‌ها مزاحمت جزئی داشتند. از روش پیشنهادی برای اندازه‌گیری جیوه (II) در نمونه‌های حقیقی استفاده شده که نتیجه‌های رضایت بخشی با توجه به روش‌های مرجع به دست آمد.

واژه‌های کلیدی: سینتیک، ایندیگو کارمین، هگزاسیانو فرات (III)، جیوه (II)، اکسایش، اثر کاتالیتیکی.

مقدمه

می‌رود. در سال‌های اخیر نیز روش‌های بسیار دقیق و سریعی برای تعیین مقدار این عنصر و نمک‌های مضر آن در خاک‌ها و مواد معدنی به کار رفته است [۸]. تاکنون شیوه‌های متفاوتی جهت اندازه‌گیری جیوه (II) در نمونه‌های زیست شناختی گزارش شده است. روش‌های طیف سنجی نوری بر اساس واکنش کاتالیتیکی با مشتقات استامید [۹]، نمک‌های کاربامات [۱۰]، کمپلکس‌های

جیوه و نمک‌های آن عامل ایجاد مسمومیت در غلظت‌های کم در مایع‌های زیست‌شناختی هستند [۱]. اندازه‌گیری این عنصر در آب‌های طبیعی و فاضلاب‌ها [۲-۴] و یا سایر نمونه‌های حقیقی [۵] انجام شده و آنالیز آن در مقیاس نانوگرم در بافت‌های انسانی مانند محلول‌های تمیز کننده‌ی لنز چشم [۶] و مو [۷] به کار

جیوه (II) می‌تواند با نیترات [۱۹] و یدات [۲۰] در مقادیر کمی واکنش دهد. در مطالعه‌های اخیر [۲۱]، مشخص شده که یون‌های جیوه (II) به عنوان یک عامل تسریع کننده روی اکسایش ماده‌ی پریزونیم با املاح هگزاسیانوفرات عمل می‌نماید. به طور کل حضور جیوه (II) در pH مشخص، در حضور سورفاکتانت SDS می‌تواند به عنوان عامل کاتالیستور IC عمل کرده و با افزایش غلظت آن، سرعت اکسایش IC را افزایش می‌دهد. بنابراین اندازه‌گیری جیوه (II) به طریق سینتیکی امکان‌پذیر است. با توجه به بررسی‌های انجام شده، روش زمان ثابت حساسیت بیشتری داشته و به همین دلیل انتخاب شد. با توجه به بررسی‌های به عمل آمده در روش فوق کلیه‌ی عامل‌های مؤثر بر سرعت واکنش به جز یک عامل، ثابت نگاه داشته و با تغییر این عامل‌ها به بررسی اثر آن برای بهترین وضعیت می‌پردازند. به عبارت دیگر عملکرد هر متغیر مستقل از دیگر عامل‌ها و بدون تأثیر متقابل در نظر گرفته می‌شود. در این پژوهش، سعی بر این است که از سامانه فوق جهت اندازه‌گیری جیوه استفاده شود. امتیاز روش فوق این است که تنها به یک طیف سنج نوری به عنوان وسیله‌ی اصلی نیاز بوده و دارای حد تشخیص کم است. واکنش فوق به روش طیف سنجی نوری در طول موج حداکثر ایندیگوکارمین (۶۱۲ نانومتر) با اندازه‌گیری تغییرات جذب در شرایط ثابت برای مثال ۲ دقیقه از شروع واکنش دنبال شده است.

بخش تجربی

وسایل

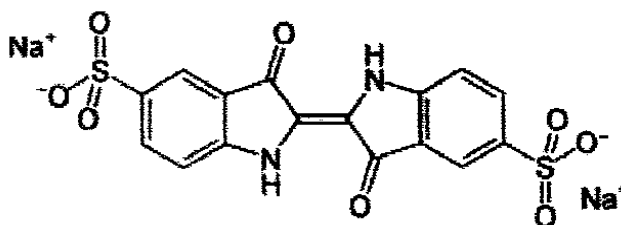
از طیف سنج نوری دو پرتویی Uv-visible ساخت کارخانه‌ی Shimadzu مدل M350 استفاده شده است. تعیین اسیدیته‌ی محلول با یک دستگاه pH متر Jenvey مدل ۶۳۱۰ صورت

فسفیت [۱۱]، سامانه‌های شامل ترکیب‌های تاجی شکل [۱۲] و مشتقات روی [۱۳] به عنوان روش‌های بسیار حساس شناخته شده اند، اما در روش‌های فوق فراوردهات حاصله دارای پایداری مناسب نبوده و یا تهیه‌ی آن‌ها مشکل است. روش شامل سامانه تیواوره - فروسیانید نیز پیچیده بوده، زیرا نیاز به حلال‌های آلی دارد.

روش‌های دیگری مانند استفاده از اثر بازدارندگی جیوه در واکنش‌ها [۱۴-۱۶] و یا خاصیت فتو اکسایش این عنصر [۱۷] نیز جهت اندازه‌گیری این گونه به عنوان آلاینده‌ی زیست محیطی مورد استفاده قرار گرفته است. این روش‌ها معمولاً از نظر زمانی طولانی و حد تشخیص بالایی دارند که برای مثال ۵ میکروگرم در میلی‌لیتر است. برخی از این روش‌ها دارای مزاحمت‌های زیادی از طرف گونه‌های متفاوت بوده [۱۸] و یا از وسایل گران قیمت در آن‌ها استفاده شده است.

ترکیب آلی ایندیگو کارمین با نام آیوپاک (۳،۳-دی‌اکسو-۲،۴-بیس-ایندولین-۵،۵-دی‌سولفونیک اسید دی‌سدیم) و با فرمول بسته‌ی $C_{16}H_8N_2Na_2O_8S_2$ است. این ماده به تنهایی در محیط‌های آبی غیر محلول بوده، اما حلالیت نمک‌های پتاسیم مشتقات سولفونیک اسید آن با درجه سولفوناسیون این ترکیب افزایش می‌یابد. نتیجه‌ی این موضوع آن است که سولفونات‌های منو، دی، تری و تترا‌ی آن به حد کافی محلول هستند که به عنوان شناساگر به کار می‌روند. این مواد سامانه‌های اکسایشی به‌طور کامل پرکاربردی دارند.

ایندیگو کارمین وزن ملکولی برابر ۴۶۶٫۳۵ گرم بر مول و چگالی ۷۰۰-۹۰۰ کزردگرم بر متر مکعب داشته و طول موج بیشینه‌ی آن در ۶۱۲ نانومتر مشاهده شده است. فرمول ساختاری این معرف در شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱ ساختار مولکولی ایندیگوکارمین.

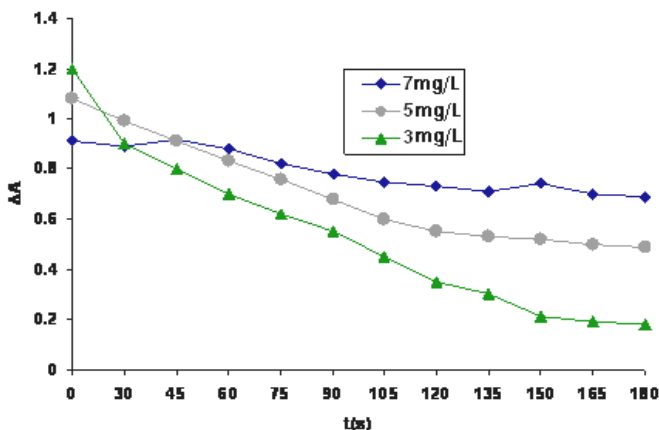
H_3PO_4 ۰٫۱ مولار افزوده نموده که به pH مورد نظر برسد.

روش

واکنش فوق از طریق طیف سنج نوری با اندازه‌گیری تغییرات جذب محلول واکنش در طول موج ۶۱۲ نانومتر در زمان ثابت ۲ دقیقه از شروع واکنش دنبال شده است. مقدار مناسبی از محلول حاوی ۰٫۱ تا ۸ میلی‌گرم یون جیوه (II) به یک بالن ژوژه ۱۰۰ میلی‌لیتری انتقال داده سپس ۲ میلی‌لیتر بافر pH=۶، ۱ میلی‌لیتر محلول شامل ۱ میکرو گرم سدیم نیتريت و ۱ میلی‌لیتر محلول ایندیگو کارمین با غلظت $10^{-4} \times 66 \text{ M}$ به آن افزوده شد. محلول فوق را تا حجم تقریبی ۶۰ میلی‌لیتر رقیق نموده و سپس به آن ۱ میلی‌لیتر محلول ۰٫۲ مولار هگزاسیانوفرات افزوده کرده و در نهایت محلول با آب تا خط نشان به حجم رسید. پس از به هم زدن محلول، قسمتی از محلول را به یک سلول شیشه‌ای ۱ سانتیمتری در فاصله‌ی ۳۰ ثانیه از شروع واکنش انتقال داده و جذب محلول نسبت به آب در طول موج ۶۱۲ نانومتر پس از ۲ دقیقه از شروع واکنش اندازه‌گیری شد. کاهش جذب نمونه و شاهد به ترتیب به صورت A_b, A_s نشانه گذاری شدند. در نهایت منحنی درجه بندی از رسم $A_s - A_b$ (ΔA) در زمان ثابت بر حسب پارامترهای متغیر مورد نظر آزمایش رسم شد.

اثر متغیرها

افزایش جذب سامانه‌ی ایندیگو کارمین - هگزاسیانوفرات (III)



شکل ۲ اثر زمان بر سرعت واکنش در حضور مقادیرهای متفاوت جیوه (II)

گرفته است. با توجه به حساسیت روش به درجه‌ی حرارت از یک حمام آب، ساخت کارخانه‌ی بهداد استفاده شده و برای برداشتن حجم‌های متفاوت در حد میکرو از میکرو پیپت ۱۰۰۰ میکرولیتر متغیر، ساخت کارخانه‌ی Eppendorf کشور آلمان استفاده شده است.

معرفها

تمام محلول‌های مورد استفاده با آب ۲ بار تقطیر، تهیه شده‌اند. همه‌ی معرف‌ها و مواد شیمیایی به کار رفته از فراورده‌های شرکت Merck بوده که از درجه‌ی تجزیه‌ای برخوردار می‌باشند. تمامی توزین‌ها با ترازوی مدل Sartorius TE214 با دقت چهار رقم اعشار انجام گرفته و جامدات توزین شده به مدت حداقل ۲ ساعت در دمای ۱۱۰ درجه سلسیوس قرار گرفتند تا خشک شوند.

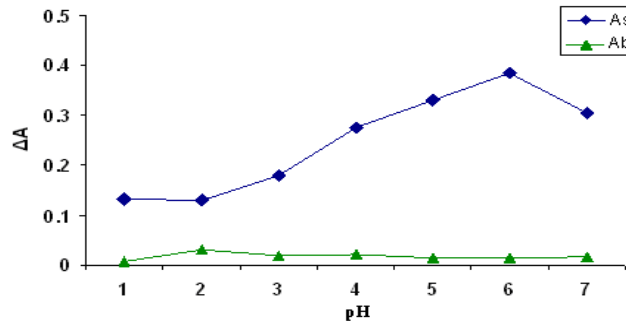
محلول ایندیگو کارمین ۰٫۰۰۱ مولار، از انحلال ۰٫۰۴۶۶ گرم ماده‌ی خشک در آب در یک بالن ژوژه ۱۰۰ میلی‌لیتری تهیه شده است. محلول کمپلکس آنیونی هگزا سیانو فرات (III) با غلظت ۰٫۰۳ مولار از انحلال ۰٫۹۸۷۹ گرم نمونه‌ی به‌طور کامل خشک در حلال آب ۲ بار تقطیر و رقیق کردن تا حجم ۱۰۰ میلی‌لیتر به دست آمده است. به طریق مشابه برای ساخت محلول 1000 mg.p^{-1} از یون جیوه (II)، وزنی معادل ۰٫۰۳۵۶ گرم نمک جامد و خشک $HgCl_2$ را در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر حل نموده و در نهایت برای تهیه‌ی بافر pH=۶ به این طریق عمل شده که به ۵۰ میلی‌لیتر از NaOH با غلظت ۰٫۱ مولار آن قدر محلول

بهینه انتخاب شد (در همه‌ی آزمایشها A_s جذب محلول اصلی و A_b جذب محلول شاهد - جذب محلولی اصلی بدون جیوه - است). اثر حجم بافر بر سرعت واکنش در حضور و غیاب جیوه (II) و در گستره‌ی حجمی 0.2 تا 2 میلی‌لیتر مورد بررسی قرار گرفته است (شکل ۴). نتیجه‌های به دست آمده نشان می‌دهند که این تغییرات چندان بر افزایش جذب سیستم مؤثر نبوده و بیشینه‌ای در حجم بافر برابر یک میلی‌لیتر مشاهده می‌شود و بنابراین این حجم در آزمایش‌های پسی مورد استفاده قرار گرفت. اثر غلظت IC در سرعت واکنش در محلول اصلی و شاهد در گستره‌ی غلظتی 1.6×10^{-5} الی 1.7×10^{-4} مولار ایندیگو کارمین و در شریط غلظت بهینه سایر واکنشگرها مورد مطالعه قرار گرفت. شکل ۵ نشان می‌دهد که غلظت بهینه‌ی IC برابر 1.6×10^{-5} مولار است، از این غلظت جهت ادامه‌ی مطالعه‌های استفاده شده است. به شکل مشابه اثر تغییرات غلظت یون $[Fe(CN)_6]^{3-}$ در

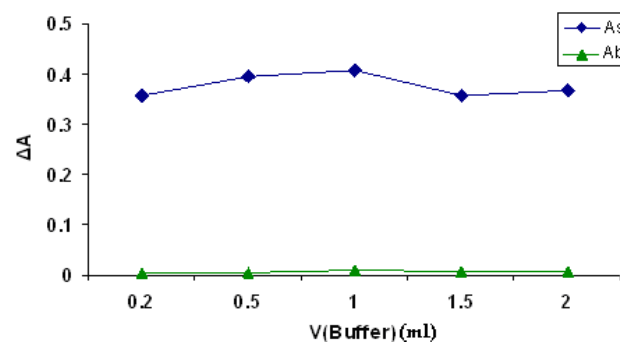
در حضور مقادیرهای ۳، ۵ و ۷ میکروگرم بر میلی‌لیتر از یون‌های جیوه (II) در زمان‌های متفاوت بررسی شده است. در این فرایند تغییرات جذب به ازای افزایش زمان به عنوان سرعت واکنش در نظر گرفته می‌شود.

با توجه به داده‌های به دست آمده و شکل ۲ اندازه‌گیری جذب در حضور مقادیرهای متفاوتی از جیوه (II) بررسی شده است. شدت جذب برای هر ۲ غلظت ۵ و ۷ میلی‌گرم بر لیتر پس از ۲ دقیقه ثابت شد و برای غلظت ۳ میلی‌گرم بر لیتر با خطای ناچیز (۱۲٪) جذب ثابتی مشاهده شد، بنابراین اندازه‌گیری جذب پس از ۲ دقیقه انجام شد.

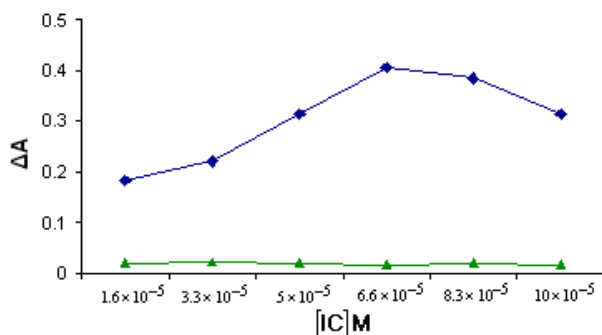
اثر تغییر اسیدیته در سرعت واکنش شاهد و نمونه در گستره‌ی pH‌های ۱ تا ۷ و در حضور مقادیرهای مشابه واکنشگرها در مراحل قبل مورد مطالعه قرار گرفت. شکل ۳ نشان می‌دهد که با افزایش مقادیرهای pH، حساسیت نیز افزایش یافته ولی پس از $pH=6$ سرعت جذب کاهش می‌یابد و در نتیجه $pH=6$ به عنوان



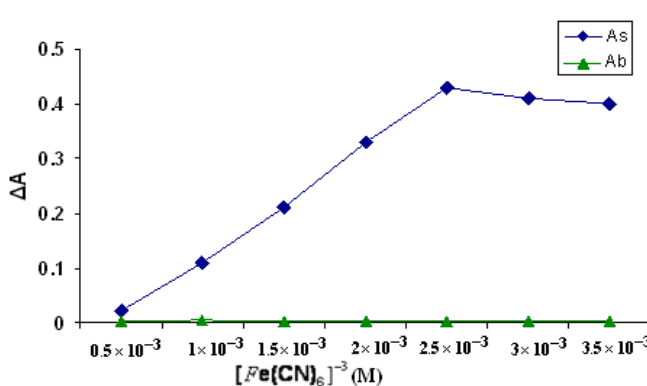
شکل ۳ اثر pH بر روی سرعت واکنش در حضور جیوه (II)



شکل ۴ اثر حجم بافر بر روی سرعت واکنش در حضور جیوه (II)



شکل ۵ اثر غلظت IC بر روی سرعت واکنش در حضور جیوه (II)



شکل ۶ اثر غلظت هگزا سیانو فرات (III) بر روی سرعت واکنش در حضور جیوه (II)

مقدار ثابت سرعت به قدرت یونی وابسته خواهد شد. مهمترین دلیل این امر آن است که واکنش جفت یون‌ها با بار نامشابه با افزایش قدرت یونی، به کندی صورت می‌گیرد. برای بررسی اثر قدرت یونی یک سری محلول شامل ۵۰۰ میکرولیتر بافر، ۲۰۰ میکرولیتر هگزا سیانوفرات با غلظت ۰٫۰۳ مولار، ۲۰۰ میکرولیتر از IC با غلظت بهینه و ۱۰۰ میکرولیتر از نمک NaCl ۱ مولار و جیوه با غلظت یک میکروگرم بر میلی‌لیتر آماده شد.

برای محلول شاهد نیز به همین ترتیب در غیاب جیوه عمل شده و تغییرات جذب نسبت به قدرت یونی رسم شد (شکل ۷). مشاهده می‌شود که افزایش قدرت یونی تأثیری بر سرعت واکنش ندارد.

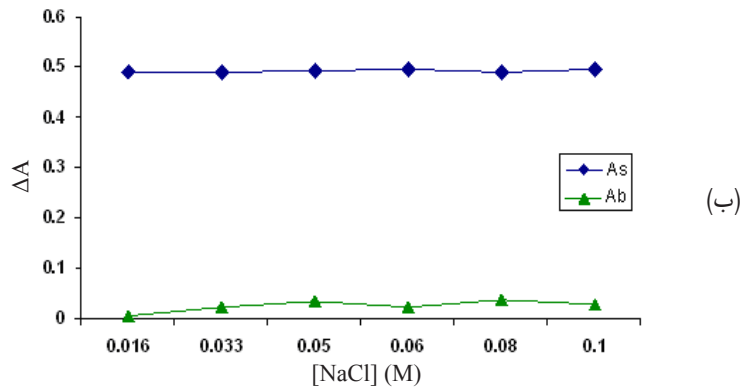
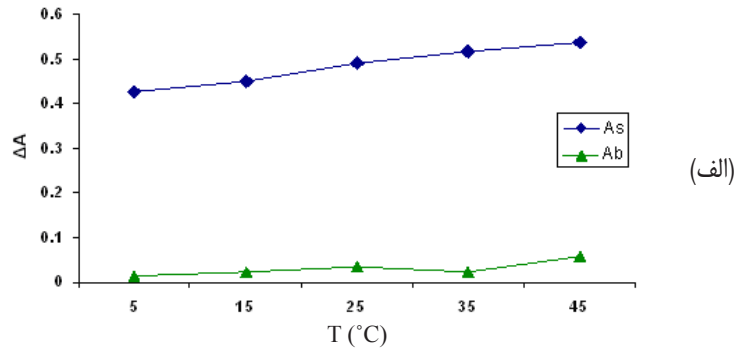
منحنی درجه بندی

در شرایط بهینه و در گستره‌ی ۰٫۵ تا ۱۰ میکروگرم بر میلی‌لیتر جیوه در گستره‌ی زمانی دو دقیقه از شروع واکنش معادله‌ی

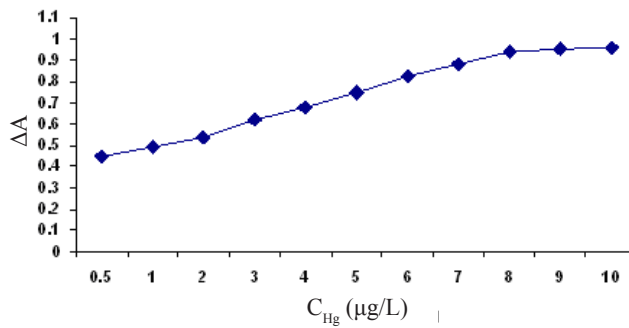
سرعت واکنش در محلول نمونه و شاهد و در گستره‌ی غلظتی 5×10^{-4} الی 3.5×10^{-3} مولار هگزا سیانو فرات و در شرایط غلظت بهینه سایر واکنشگرها مورد مطالعه قرار گرفت. شکل ۶ نشان می‌دهد که بالاترین حساسیت روش در غلظت برابر 2.5×10^{-3} است، بنابراین از این غلظت استفاده شده است.

اثر دما در سرعت واکنش در گستره‌ی ۵ تا ۴۵ درجه‌ی سانتی‌گراد در حضور غلظت بهینه از معرف‌ها و سایر واکنشگرها مورد بررسی قرار گرفت (شکل ۷). نتیجه‌ها نشان دهنده‌ی آن است که با افزایش دمای محیط سرعت واکنش بتدریج و با شیب ناچیز زیاد می‌شود، با توجه به آنکه دمای ۲۵ درجه سانتیگراد دارای شرایط استاندارد بوده و در این دما محلول شاهد تغییرات کم جذب را نشان می‌دهد، بنابراین در این درجه‌ی حرارت آزمایش‌ها دنبال شده است.

هنگامی که یک واکنش بین گونه‌های یونی در محیطی با گذردهی دی‌الکترونیک بالا مانند آب روی دهد، در برخی سامانه‌ها



شکل ۷ (الف) اثر دما بر روی سرعت واکنش و (ب) اثر قدرت یونی بر واکنش



شکل ۸ منحنی درجه بندی و بررسی رفتار خطی جذب بر حسب غلظت جیوه

جدول ۱ اثر مزاحمت کاتیون و آنیون

ردیف	گونه‌ی مزاحم	غلظت گونه‌ی مزاحم (µg/ml)	میزان جذب	درصد خطای نسبی
۰	-	-	۰.۸۲۵	۰٪
۱	Cu ²⁺	۱۰۰۰	۰.۸۴۶	+۰.۲۵٪
۲	Fe ³⁺	۸۰۰	۰.۸۳۵	+۰.۱۲٪
۳	Co ²⁺	۸۰۰	۰.۸۳۷	+۰.۱۴٪
۴	Ni ²⁺	۸۰۰	۰.۸۴۸	+۰.۲۸٪
۵	Mg ²⁺	۵۰۰	۰.۸۰۰	-۰.۲۸۹٪
۶	Mn ²⁺	۱۰۰۰	۰.۸۲۶	-۰.۲۶٪
۷	Ba ²⁺	۲۰۰	۰.۸۰۰	-۰.۲۹۵٪
۸	Cd ²⁺	۱۰۰۰	۰.۸۱۶	-۰.۱۱٪
۹	Pb ²⁺	۱۰۰۰	۰.۸۱۹	-۰.۰۷٪
۱۰	Ca ²⁺	۸۰۰	۰.۸۴۱	+۰.۱۹٪
۱۱	HPO ₄ ²⁻	۱۰۰۰	۰.۷۹۵	-۰.۲۵٪
۱۲	CO ₃ [□]	۱۰۰۰	۰.۸۰۷	-۰.۲۲٪
۱۳	NO ₃ ⁻	۸۰۰	۰.۸۱۲	-۰.۱۶٪
۱۴	NO ₂ ⁻	۱۰۰۰	۰.۸۱۱	-۰.۱۷٪
۱۵	I ⁻	۶۰۰	۰.۸۱۰	-۰.۱۷۵٪
۱۶	Br ⁻	۶۰۰	۰.۸۲۳	-۰.۰۲٪
۱۷	F ⁻	۱۰۰۰	۰.۸۳۴	+۰.۱۱٪
۱۸	Cl ⁻	۱۰۰۰	۰.۸۱۴	-۰.۱۳٪
۱۹	C ₂ O ₄ ²⁻	۴۰۰	۰.۸۰۲	-۰.۲۸٪
۲۰	SO ₃ ²⁻	۳۰۰	۰.۸۱۰	-۰.۱۸٪

جدول ۲ داده‌های مربوط به اندازه‌گیری جیوه در پساب

درصد بازیافت شده	مقدار به دست آمده Hg(mg/l)	مقدار جیوه‌ی افزوده شده (استاندارد) Hg(mg/l)
۰	۱۰۰	۰
۳	۲۸۸	۹۶
۵	۴۷۵	۹۵
۷	۶۵۲	۹۳
۹	۸۱۷	۹۱

و کربنات درصد خطا بیش از ۲ درصد است، بنابراین ویژگی روش بدین طریق تأیید می‌شود.

اندازه‌گیری جیوه (II) در آب فاضلاب و سرم

ابتدا برای آماده سازی و آزمایش استاندارد، ۱۰ میلی‌لیتر از نمونه جیوه استاندارد مطابق جدول ۲ را با ۰.۵ میلی‌لیتر HCl غلیظ به مدت ۲۰ دقیقه بین ۵۰-۶۰ درجه سانتی‌گراد حرارت داده و محلول را صاف می‌کنیم. سپس آن را به وسیله‌ی آب مقطر به حجم ۵۰ میلی‌لیتر رسانده و به آن ۵۰۰ میکرولیتر بافر pH=۶، ۲۰۰ میکرولیتر هگزا سیانو فرات (III) با غلظت ۰.۳ مولار، ۲۰۰ میکرولیتر از IC و سورفکتانت SDS افزوده و در انتها پس از مدت ۲ دقیقه جذب آن اندازه‌گیری شده است.

آزمایش فوق با استفاده از مقدارهای جیوه در پساب نیز تکرار شد و داده‌های آن در جدول ۳ آمده است. با توجه به اطلاعات جدول ۲ می‌توان نتیجه گرفت که در این روش ابتدا نمونه‌ی پساب در غیاب جیوه استاندارد و سپس در حضور مقدارهای متفاوت جیوه مورد آزمایش قرار گرفته است. با توجه به مقایر موجود در جدول ۲ می‌توان نتیجه گرفت که روش فوق در گستره‌ی قابل ملاحظه‌ای، عنصر جیوه را جذب می‌کند. بنابراین، دارای حداکثر کاربرد در جذب آلاینده‌ی جیوه و اکثر نمونه‌های حقیقی است. شایان ذکر است که روش فوق با حداکثر کاربری در سایر سامانه‌های بیولوژیکی مانند ادرار [۲۲] و نیز تعیین مقدار جیوه‌ی خروجی کارخانجات مانند واحد کلرآلکالی [۲۳] کاربرد دارد.

جدول ۳ داده‌های مربوط به اندازه‌گیری جیوه در پساب

مقدار جیوه‌ی افزوده شده (استاندارد) Hg(mg/l)	مقدار به دست آمده Hg(mg/l)	درصد بازیافت شده
۰	۱۰۰	۰
۱	۱۸۹	۸۹
۲	۲۸۵	۸۵
۴	۴۷۶	۷۶
۶	۶۶۹	۶۹

$A = 0.07C + 0.3967$ با ضریب همبستگی 0.9128 (۱۰) حاصل شده، که در آن C غلظت جیوه و A پارامتر $A_s - A_b$ است (شکل ۸). برای تعیین تکرارپذیری داده‌های فوق، مقدار جذب محلول‌های متفاوت - سه سری مطالعه‌های انجام شده با مقدارهای متفاوت جیوه (۳ الی ۷ میلی‌گرم بر لیتر) - در بازه زمانی ۲ دقیقه اندازه‌گیری شد و مشخص شد که فرایند مورد مطالعه دارای تکرارپذیری بالایی است به قسمی که انحراف استاندارد نسبی جهت ۱۰ بار اندازه‌گیری پی در پی جیوه در غلظت‌های ۳، ۵ و ۷ میکروگرم در میلی‌لیتر به ترتیب برابر با 1.30 ، 0.85 و 2.03 درصد است.

حد تشخیص عبارت است از حداقل غلظتی از جسم که با روش خاص تجزیه‌ای قابل اندازه‌گیری بوده و بزرگی آن از رابطه‌ی $LOD = \frac{3S_b}{m}$ به دست می‌آید. در این رابطه m ضریب زاویه معادله‌ی منحنی درجه بندی و S_b انحراف استاندارد جذب شاهد است. برای محاسبه‌ی S_b جذب محلول شاهد ۱۰ بار اندازه‌گیری نموده و بر اساس آن S_b برابر 2.75×10^{-3} به دست آمده است. با جایگزینی پارامتر فوق و مقدار شیب منحنی کالیبراسیون حد تشخیص $0.116 \mu\text{g.P}^{-1}$ حاصل می‌شود.

بررسی مزاحمت‌ها

برای بررسی اثر یون‌های مزاحم ابتدا مقدار جذب محلول رنگی ایندیگو کارمین با غلظت 5×10^{-6} مولار در pH=۶ و در حضور واکنشگر هگزا سیانو فرات 2×10^{-10} مولار و ماده جاذب سطح SDS اندازه‌گیری شده و سپس جذب محلول فوق در حضور کاتیون و آنیون‌های محلول دوباره تعیین و خطای حاصل از مزاحمت محاسبه شد.

بیش از ۲۰ گونه با قابلیت مزاحمت، به روش فوق در حضور جیوه با غلظت یک میکروگرم بر میلی‌لیتر جهت تعیین اثر مزاحمت آن‌ها مورد بررسی قرار گرفت (جدول ۱). نتیجه‌ها نشان می‌دهد که یون‌های فلزات قلیایی هیچ‌گونه مزاحمتی ایجاد نمی‌کند. بسیاری از یون‌ها مانند کاتیون‌های دو ظرفیتی عناصر واسطه‌ی تناوب چهارم و نیز آنیون‌های گروه هفتم و بنیان‌های NO_3^- ، SO_3^{2-} ، HPO_4^{2-} ، NO_2^- نیز اثرات مزاحمت جزئی (حداکثر $\pm 2\%$) داشته و در موارد نادری مانند یون‌های نیکل و آنیون‌های اگزالات

بالای فن فتومتری به دست آمده است. چنانچه پیشتر ذکر شد، این فرایند می‌تواند در تعیین مقدار جیوه‌ی نمونه‌های واقعی، به ویژه در آب‌های طبیعی کاربرد داشته باشد.

نتیجه گیری

روش ارائه شده یک روش قابل اطمینان برای تعیین مقادیرهای و در نهایت جذب جیوه است. سادگی و دقت این روش با سرعت

مراجع

- [1] E. M. Ostrea, J. V. Morales, Neuro Toxicology, Vol. 23, Issue 3, 329-339(2002).
- [2] P. J. H. Reijnders, Netherlands Journal of Sea Research, Vol 20, Issue 12, 615-621(1989).
- [3] W. A. Hubbard, R. J. Bellmer, Marine Pollution Bulletin, Vol 70, Issue 1, 30-65(1980).
- [4] I. Merwin, P. T. Pruyene, Chemosphere, Vol. 29, Issue 6, 1361-1367(1994).
- [5] A. Borja, O. Solaun, J. Franco, Elsevier Oceanography Series, Vol 14, 319-333(2002).
- [6] A. Ensaffi, M. Naghizadeh, J. Sci. , Islamic Republic of Iran, 5(4), 176-80(1994).
- [7] K. P. Shrestha, A. Oswald, Science of The Total Environment, Vol 67, Issue 2-3, 215-225(1987).
- [8] L. D. Lacerda, M. de Souza, Environmental Pollution, Vol 129, Issue 2, 247-255(2004).
- [9] H. B. Sonmez N. Bicak, Reactive and Functional Polymer, Vol 51, Issue 1, 55-60(2002).
- [10] I. V. Seryakova, G. A. Vorobiova, Analytica Chemica Acta, Vol 77, 183-190(1975).
- [11] T. V. Hyealy, C. J. Barton, J. of Inorg. And Nucl. Chem. Vol 36, Issue 11, 2575-2577(1974).
- [12] T. F. Baumann, J. G. Reynolds, , Reactive and Functional Polymer, Vol 44, Issue 2, 111-20(2000).
- [13] C. Y. Tai, G. You, S. Chen, J. of Supercritical Fluids, Vol 18, Issue 3, 201-212(2000).
- [14] Jianjun. MO, Linmei. SHI, Rare Metal, Vol 27, Issue 3, 233-237(2008).
- [15] T. R. Crompton, Environment International, Vol 14, Issue 5, 417-463(1988).
- [16] D. P. Parkinson, I. Bruheim, J. of Chromatography, Vol 1025, Issue 1, 77-84(2004).
- [17] E. Padmini, M. Usha Rani, Science of The Total Environment, Vol 407, Issue 15, 4533-4541(2009).
- [18] H. Ashkenani, Sh. Dadfarnia, J. of Hazardous Material, Vol 161, Issue 1, 276-280(2009).
- [19] E. Stumpp, C. Ehrhardt, K. Klink, Carbon, Vol 22, Issue 2, 218-232(1984).
- [20] D. Phanon, A. Mosset, Solid State Science, Vol 9, Issue 6, 496-505(2007).
- [21] G. Sarendra, Analytical Chemistry, 60(6), 581-588(2005).
- [22] A. Patricio, C. Femandez, A. M. Mota, Talanta, Vol 69, Issue 3, 769-775(2006).
- [23] K. K. Panda, M. Lenka, B. B. Panda, Environmental Pollution, Vol 76, Issue 1, 33-42(1992).

Spectrophotometric-kinetic determination traces of Hg(II) Ion in surfactant SDS presence

D. Almsifar^{1,*}, S. Afzali¹ and F. Marahel²

1. Islamic Azad University, Mahshahr Branch

2. Islamic Azad University, Omidie Branch

Received: September 2010, Revised: October 2010, Accepted: January 2011

Abstract: This paper describes a simple sensitive, selective and reproducible kinetics spectrophotometric method for determination of trace amounts of mercury(II) in this Indigo Carmine is used. The method presented is based on the reaction rate and monitored by spectrophotometer. Hg(II) has catalytic effect on the oxidation reaction of Indigo Carmine and the reaction is followed spectrophotometrically by measuring rate of Indigo Carmine in absorbance at 612 nm in room temperature. The effect of different variables such as pH and Indigo Carmine and hexacyanoferrate and SDS concentration and ion strength and temperature on the rate of reaction were studied and obtained linear calibration graph over the Mercury(II) concentration range 0.5-8 mg/ml and regression coefficients of 0.9966 is obtained. The relative standard deviation (RSD) of 5 replicate determination 3-7 ng/ml of Hg(II) is 1.3 and 2% respectively. The interference of 40 cationic and anionic species have been evaluated and we found that most species have no effect on the kinetics selectivity. Therefore this method is used for determination of Hg(II) in synthetic samples with satisfactory results.

Keywords: Kinetic, Indigo Carmine(IC), Hexacyanoferrate, Mercury, Oxidation, Catalytic effect.