

بازیابی نانو ذرات طلا از صفحات الکترونیکی به کمک روش شیمیایی با بهره‌گیری از کاهنده سولفات آهن

علیرضا فتوت^۱، علیرضا فیض‌بخش^{۱*}، امیر باقری گرمارودی^۲

۱- گروه شیمی، دانشکده علوم پایه، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

۲- گروه شیمی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه بین‌المللی امام خمینی، قزوین، ایران.

چکیده

یکی از منابع رایج دارای ماده طلا به صورت فروان، صفحه‌های الکترونیکی هستند که به وفور در صنایع قابل دستیابی هستند. طلا، یک ذره با خاصیت الکترونیکی و رسانایی الکتریکی است که با تغییر عاملیت سطح آن و اندازه ذرات می‌تواند در کاربردهای متفاوتی همچون پزشکی، مهندسی و زیستی استفاده شود. به عبارتی می‌توان گفت، تغییر خواص طلا موجود در صفحات الکترونیکی با تغییر اندازه ذرات رخ می‌دهد، به شکلی که با انتقال اندازه ذرات از میکرومتر به نانومتر، نسبت سطح به حجم افزایش خواهد یافت و بر همین اساس، ویژگی‌های ساختاری ذرات طلا موجود در صفحات الکترونیکی تغییر کرده و بهبود خواهد یافت. به منظور استخراج نانو ذرات طلا از صفحات الکترونیکی، صفحات تهیه و طلا موجود در آن‌ها، به کمک روش شیمیایی در حضور اسید هیدروکلریک و کاهنده سولفات آهن استخراج شد. آزمون‌های انجام شده همچون طیف سنجی فروسرخ^۱، طیف سنجی پرتو ایکس^۱، میکروسکوپ الکترونی روبشی^۱ تاییدی بر استخراج مناسب و بهینه نانوذره طلا، در مقیاس نانومتر از صفحات الکترونیکی ضایعاتی با بازده استخراج بیش از ۸۰ درصد و حداقل اندازه ذرات ۶۰ نانومتر را داشته است. همچنین، طراحی آزمایش، دما، نوع اسید، محیط واکنش و pH را به عنوان عوامل مهم تاثیر گذار در بازیابی نانوذره طلا عنوان کرده است.

واژه‌های کلیدی: نقاط کوانتومی، عوامل موثر، سنتز، محیط‌های آبی

ایمیل نویسنده مسئول: ali.fb1973@yahoo.com

۱- مقدمه

از مقدار موجود در معادن طلا خواهد بود که به همین منظور بازیابی طلا از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است [۳]. از جمله مزایای منابع ثانویه، سودآوری، اشتغال‌زایی و کمک به محیط زیست است؛ به طوری که استفاده از ضایعات موجب کاهش واکنش-های مخرب ناشی از حضور این مواد در محیط زیست خواهد شد [۴]. گزارش نظارت بر زباله‌های الکترونیکی سازمان ملل متحد در سال ۲۰۱۶ نشان می‌دهد که جهان ۴۴ میلیارد و ۷۰۰ وسیله الکترونیکی غیر قابل استفاده دارد. این مقدار، برابر با مجموع تعداد تلفن‌های همراه، رایانه‌ها و تلویزیون‌های از کار افتاده است که در هر کدام آن‌ها، مواد معدنی با ارزش وجود دارد. با این حال تنها بیست درصد آن‌ها بازیافت و مابقی به حال خود رها شده‌اند. همچنین، استفاده از فلزات در بخش پزشکی به تشخیص بیماری‌هایی همچون سرطان با استفاده از مفهوم کاهش سمیت، انتخاب پذیری و زیست‌پذیری بالا منجر خواهد شد [۵]. در کنار مزایای فراوانی که برای بازیابی طلا ذکر شد، چالش‌هایی نیز مطرح هستند که می‌توان به مقدار

در کنار کاربرد گسترده طلا در جواهرات و صنعت، طلا نقش مهمی و افزاینده‌ای را برای کاربردهای صنعتی ایفا می‌کند، چرا که وجود طلا در صنایع و قطعات مختلف از جمله قطعات الکترونیکی سهم بزرگی را به خود اختصاص داده است [۱]. امروزه، بیش از ۳۰۰ تن از فلز طلا در ترکیبات صنعتی مختلف الکترونیکی استفاده می‌شوند که مثالی از این قطعات، سیم‌ها، صفحات الکترونیکی تلفن‌های همراه و رایانه‌های شخصی هستند. اگرچه، افزایش بی‌رویه قیمت قطعات حاوی طلا و به وجود آمدن تجهیزاتی که دارای هوشمندی بیشتری هستند همچون قطعات ذکر شده موجب شده است که بازیافت و بازیابی این مواد توجه زیادی را به خود جلب کنند [۲]. در انتهای چرخه استفاده از وسایل الکترونیکی، توان بلقوهای برای بازیافت و تامین مجدد این مواد وجود دارد. با افزایش غلظت طلا در یک سامانه الکترونیکی (۳۰۰ تا ۳۵۰ گرم بر تن)، مقدار طلای موجود در قطعات الکترونیکی بسیار بیشتر

به پایین، پایین به بالا و الگو برداری از نانو ساختارها اشاره کرد [۱۴، ۱۳]. در روش بالا به پایین، نانو ذرات به کمک اصلاح و شکل‌دهی یک ماده توده‌ای ساخته می‌شوند [۱۵]. به عبارتی در این روش، یک ماده بزرگ مقیاس (در ابعاد ماکرومتری یا میکرومتری) انتخاب شده و با کاهش ابعاد و شکل‌دهی آن، به یک محصول با ابعاد نانو دست می‌یابیم. در روش پایین به بالا، محصول نهایی از مواد ساده‌تر ساخته می‌شود و با کنار هم قرار دادن اتم‌ها و مولکول‌ها (که ابعاد کوچکتر از مقیاس نانو دارند که محصول نانومتری بوجود می‌آید [۱۶]. همانگونه که ذکر شد، روش‌های مختلفی به منظور ساخت نانو ذرات طلا وجود دارند که در این پژوهش از روش نوینی استفاده شده است. به بیان دیگر، با استفاده از ضایعات الکترونیکی طلا (صفحات - الکترونیکی) و با استفاده از تیزاب سلطانی به عنوان حلال، سولفات آهن به عنوان احیاء کننده طلا، نانو ذرات طلا از صفحات الکترونیکی بازیابی شدند.

بنابراین می‌توان اهداف این پژوهش را به شکل زیر جمع‌بندی نمود.

- استخراج طلا از صفحات الکترونیکی
- بازیافت طلا به صورت نانو ذره طلا از محل ضایعات
- عدم استفاده از پایدار کننده‌های پلیمری برای نانو ذره طلا
- تولید نانوذره طلا مقرون به صرفه

۲- بخش تجربی

۲.۱. مواد

هیدروکلریک اسید ۳۷ درصد (کیما تهران اسید)، صفحات الکترونیکی (تهیه شده از شرکت فریمکو)، تیزاب سلطانی (حاوی اسید نیتریک و هیدروکلریک اسید، کیما اسید تهران)، اوره (خلوص ۹۹ درصد، مرک^۱)، سولفات آهن (خلوص ۹۹ درصد، مرک) و آب دیونیزه تمامی مواد ذکر شده بدون خالص سازی ثانویه و به محض رسیدن مورد استفاده قرار گرفتند.

۳.۱. روش استخراج نانو ذره طلا

محصول کم، فرایند ساخت پیچیده و استفاده از مواد مشکل‌ساز و نامناسب برای محیط زیست اشاره کرد [۶]. به منظور بازیافت این ذرات از صفحه‌های الکترونیکی ضایعات و منابع ثانویه، روش‌های متفاوتی همچون روش‌های شیمیایی، فیزیکی و زیستی وجود دارند. از میان روش‌های شیمیایی، استفاده از روش هیدروفلزی بسیار معمول است. در این روش، فلز در محیطی حاوی اسیدهای قوی همچون سولفوریک اسید، هیدروکلریک اسید؛ نیتریک اسید حل می‌شود. بعد از انحلال، فلز مورد نظر به کمک روش‌های بازآوری الکتریکی، رسوب، جذب و تبادل یون از سامانه جدا شده و به شکل جداگانه بدست خواهد آمد [۷]. بازیابی طلا و نقره به کمک این روش، بسیار معمول بوده و در درصد بالایی تولید شده‌اند. روش دیگر، پیرومتالوژی است. در این روش، از پلاسما یا کوره دما بالا به منظور جدایش فلزات استفاده می‌شود. به عبارتی با سوزاندن صفحات الکترونیکی در کوره دما بالا، حمامی از مذاب بوجود خواهد آمد و با حذف بخش‌های پلاستیکی و اکسید فلزی، فلزات مناسب جدا خواهند شد. این روش، بسیار اقتصادی بوده و مقدار انرژی کمی را مصرف می‌کند. روش سوم، بیومتالوژی است که روشی ساده و دوست دار محیط زیست است اما فرایند بازیابی و استخراج طلا در آن بسیار آرام و با سرعت کمی انجام خواهد شد [۸]. در این فرایند، برهم کنش فیزیکی- شیمیایی بین یون‌ها و میکروارگانیسم‌ها درون محلول رخ می‌دهد [۹]. این روش‌ها دارای معایب و محدودیت‌هایی نیز هستند که در جدول ۱ آورده شده است.

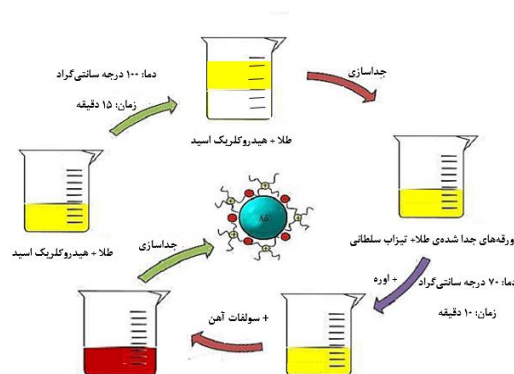
جدول ۱: مزایا و معایب روش‌های مختلف بازیابی

فلزات از صفحه‌های الکترونیکی [۶]

پیرو متالوژی	هیدرومتالوژی	بیومتالوژی	
مزایا	توانایی استفاده برای هر نوع وسیله الکترونیکی -عدم نیاز به پیش اصلاح -روش چند مرحله‌ای و آسان	-آلاینده‌گی کم هوا -نیاز به حجم بالای محلول -حضور سیانید در سامانه و سمی بودن	- روش ساده، آسان -روش آسان و زمان بر
معایب	-	مضر بودن برای بدن انسان	آزاد شدن مواد سمی همچون اسید سولفوریک

نقی سعادت‌جو و همکارانش [۱۰] در سال ۲۰۱۳، با مطالعه اثرات کاهنده‌های مختلف، طلا را از صفحه‌های الکترونیکی رایانه بازیابی کردند. کانچی و همکاران در سال ۲۰۱۸ [۱۱]، از روش سنتز سبز و با استفاده از کاهنده در روش شیمیایی ذرات طلا را بازیابی نمودند. در این پژوهش، با استفاده از ترکیب آهن که بعنوان کاهنده اصلی طلا بعد از فلز روی شناخته شده به منظور بازیابی ذرات استفاده شده است. این ماده دارای اختلاف ولتاژ بالایی با طلا بوده و موجب حصول نتیجه مناسب در فرایند بازیابی خواهد شد [۱۲]. از طرفی هدف دیگر این پژوهش استخراج ذرات طلا در مقیاس نانومتری است. روش‌های متفاوتی جهت ساخت مواد در مقیاس نانومتری وجود دارند. به‌طور کلی از میان روش‌های ساخت، می‌توان به سه روش بالا

¹ Merck

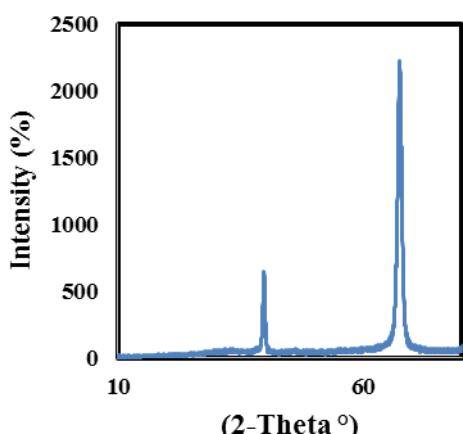


شکل ۳- نمایی از روش ساخت نانوذرات طلا

۴. تحلیل داده‌ها

۴.۱.۱. پراش پرتو ایکس

به منظور بررسی ساختار بلوری نانو ذرات سنتز شده، آزمون پراش پرتو ایکس گرفته شد. همانگونه که در شکل ۴ مشاهده می‌شود دو پیک در دو تتا نزدیک به ۴۰ و ۷۰ درجه و با شدت ۶۰۰ و ۲۲۰۰، نشان‌دهنده ساختار بلوری (۱۱۱) و (۲۲۰) نانو ذرات طلای سنتز شده هستند [۱۷، ۱۸].



شکل ۴- نتایج پراش پرتو ایکس نانو ذره استخراج شده

همچنین، برای اطمینان حاصل کردن از حضور طلا در سامانه بعد از استخراج از صفحه‌های الکترونیکی، آزمون بررسی عناصر انجام شد. نتایج، تایید کننده و مبین حضور طلا و مس در سامانه بعد از ساخت نانوذرات هستند که نشان از سنتز و استخراج مناسب آن دارند [۴] (شکل ۵). وجود مس در نتایج نیز، به دلیل حضور آن در ساختار صفحات الکترونیکی است [۱۹].

روش استخراج نانو ذرات طلا در این پژوهش استفاده از ترکیبات کاهنده بوده است. بدین صورت که ابتدا تعداد ۵ عدد صفحه الکترونیکی (در مجموع حاوی حدود ۱ گرم طلا) در محلول ۲۰۰ میلی‌لیتر هیدروکلریک اسید یک مولار در دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد و به مدت ۱۵ دقیقه جوشانده شد. بعد از سرد شدن محلول، محلول از یک صافی رد شد و ورقه‌های طلا جدا شدند. ورقه‌های طلای جدا شده از مرحله اول، با تیزاب سلطانی مخلوط شده و تا مرحله انحلال کامل طلا در تیزاب، تحت هم‌زن (زمان ده دقیقه) و دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت. بعد از گذشت زمان ۱۰ دقیقه، محلول تا دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد سرد شد و سپس به منظور خنثی‌سازی $[NO_3]^-$ تشکیل شده، ۲۰۰ میلی‌لیتر اوره یک مولار به محلول مذکور افزوده و همچنان هم‌زدن به مدت ۱۰ دقیقه تحت دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد ادامه پیدا کرد تا واکنش میان اوره و طلا به طور کامل انجام شود. در مرحله بعد، ۱۵۰ میلی‌لیتر سولفات آهن ۰/۱ مولار به سامانه اضافه شد و محلول حاصل به مدت ۱۵ دقیقه هم‌زده شد. در نهایت، محلول صاف و شستشو داده شد و جامد حاصل حاوی نانوذرات طلا به مدت ۲۴ ساعت در شرایط محیطی خشک شد. شکل ۱ و ۲ نمایی از صفحه‌های الکترونیکی استفاده شده و طلا جامد استخراج شده را نشان می‌دهد. همچنین، واکنش‌های ۱-۱ تا ۳-۱، (انحلال طلا در هیدروکلریک اسید) به منظور ساخت نانوذرات طلا انجام خواهند شد. نمایی از روش ساخت نانوذرات نیز در شکل ۳ آورده شده است.

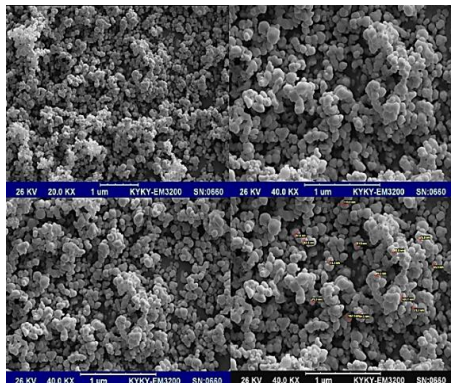


شکل ۱- نمایی از صفحه‌های الکترونیکی استفاده شده به منظور استخراج طلا و ساخت نانو ذرات طلا



شکل ۲- طلای استخراج شده از صفحه‌های الکترونیکی

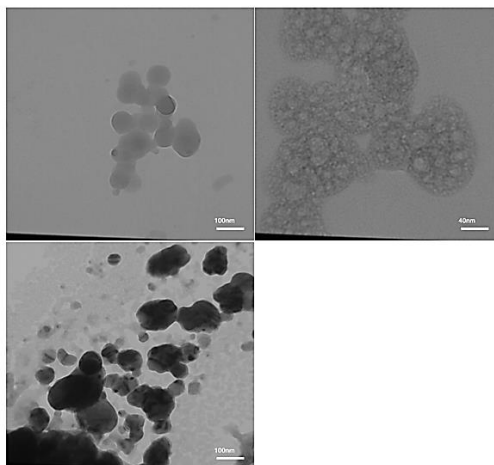
می‌توان گفت روش سنتز دارای بازیابی و کیفیت مناسبی بوده و ذرات نیمه کروی همگن سنتز شده‌اند.



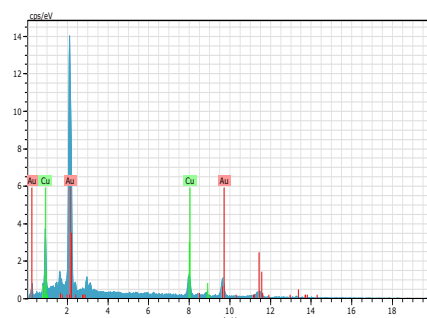
شکل ۶- تصاویر FESEM نانوذرات طلا مستخرج از صفحه‌های الکترونیکی

۴.۲.۴. میکروسکوپ الکترونی عبوری

به منظور تصویربرداری از نانوذرات، یک قطره از محلول نانو ذره طلا بروی مشی از جنس مس که حاوی پوشش کربن بوده ریخته شد. پس از این مرحله، قطره در دمای محیط خشک شد. همانگونه که در توده نانوذرات طلای سنتز شده مشاهده می‌شود (شکل ۸)، ریخت‌شناسی ذرات، شبه کره‌هایی بهم پیوسته در مقیاس نانومتری است [۲۳]. همچنین، متوسط توزیع اندازه ذرات در تصاویر گرفته شده در گستره ۳۰ تا ۷۰ نانومتر است.



شکل ۷- تصاویر میکروسکوپ الکترونی عبوری نانو ذرات طلا سنتز شده مستخرج از صفحه‌های الکترونیکی

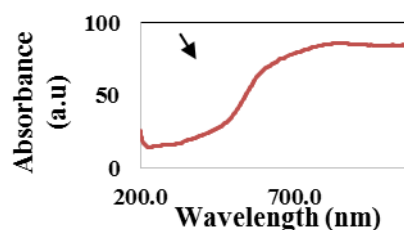


شکل ۴- بررسی حضور طلا در ساختار جامد سنتز

شده

۴.۲.۲. طیف سنجی مرئی فرابنفش

نانوذره‌های ساخته شده به روش کاهشی و با استفاده از عامل کاهنده، پیک در حدود ۴۰۰-۷۰۰ نانومتر در طیف سنجی مرئی فرابنفش از خود نشان می‌دهند [۲۱، ۲۰]. همانگونه که در شکل ۶ مشاهده می‌شود پیک موجود در ۶۷۰ نانومتر این ادعا را تایید می‌کند. بنابراین، می‌توان گفت کاهنده ترکیبات آهنی به خوبی توانسته است موجب استخراج نانوذرات طلا از صفحه‌های الکترونیکی شود.



شکل ۵- نتایج آزمون طیف سنجی مرئی فرابنفش

نانوذرات طلا

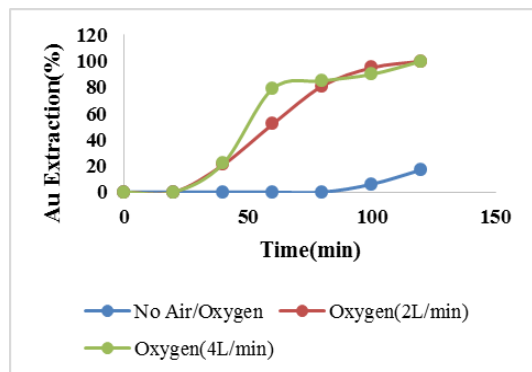
۴.۲.۳. میکروسکوپ الکترونی روبشی

برای تهیه تصاویری با کیفیت مطلوب، ابتدا نمونه‌هایی نازک و تا حد امکان صاف تهیه شدند و با استفاده از چسب کربنی روی پایه مخصوص نگه‌دارنده نمونه چسبانده شدند و درون محفظه لایه نشانی با طلا قرار داده شدند. پس از این مرحله، نمونه‌ها درون محفظه دستگاه قرار داده شدند و در خلاء در معرض تابش با پرتو الکترون قرار گرفتند و تصاویری با بزرگ‌نمایی‌های مشخص تهیه شدند [۴]. همانگونه که در شکل ۷ مشاهده می‌شود، ذرات نیمه کروی نانو ذره طلا به خوبی سنتز شده‌اند، نانوذرات نیمه کروی، دارای سطح همگن، صاف و توزیع اندازه ذرات یکنواخت بوده و در برخی از نواحی، کلوخه‌ای شدن که نشان از ادغام چند ذره دارد مشاهده می‌شود [۲۰، ۲۲]. همچنین، با اندازه‌گیری اندازه ذرات در شکل ۷، حضور ذرات در مقیاس نانومتری به خوبی قابل مشاهده است (متوسط اندازه در گستره ۶۰ تا ۱۲۰ نانومتر). بنابراین

۵. تحلیل آماری داده‌های طراحی آزمایش

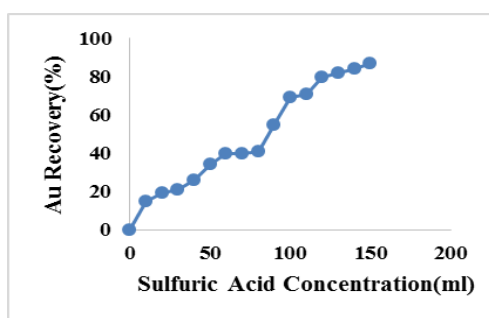
۵.۱. بررسی عوامل واکنش‌دهنده بر

استخراج نانو ذرات طلا (طراحی آزمایش)



شکل ۱۰- بررسی محیط واکنش استخراج طلا

هنگامی که عمل استخراج طلا در محیطی خنثی بدون حضور اکسیژن یا هوا رخ دهد، مقدار بازیابی بسیار کم و در طی زمان متمایل به صفر است (نمودار آبی رنگ). به طوری که در غیاب اکسیژن، تا زمان ۸۰ دقیقه، مقدار بازیابی، ۱۵ درصد و در زمان ۱۲۰ دقیقه مقدار بازیابی ۲۰ درصد بوده است. از طرفی مقدار اکسیژن دو لیتر مقدار مناسبی برای بازیابی طلا است. به طوری که در حضور اکسیژن، روند صعودی برای بازیابی را تا ۱۰۰ درصد مشاهده می‌کنیم. از طرفی، با افزایش بیشتر مقدار اکسیژن (۴ لیتر)، مقدار بازیابی طلا، یک نمودار نوسانی را تجربه می‌کند. به نظر می‌رسد، مقدار بهینه اکسیژن، ۲ لیتر بر دقیقه است.



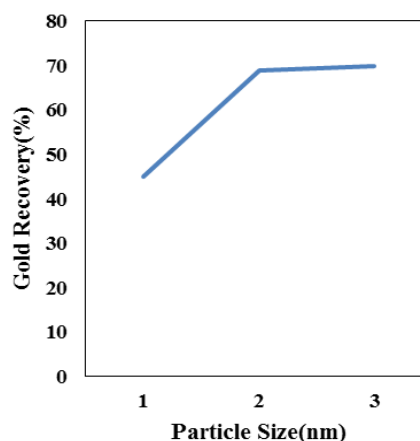
شکل ۱۱- بررسی محیط واکنش اسیدی سولفوریک اسید به منظور استخراج طلا

اسید سولفوریک نقش اصلی و بسیار مهمی را برای استخراج طلا بر عهده دارد. به طوری که عامل اصلی استخراج شناخته می‌شود. با افزایش غلظت، از گستره صفر تا ۱۴۰ میلی‌لیتر، مشاهده می‌شود در غلظت صفر، مقدار بازیابی طلا، صفر درصد است که نشان از نقش تعیین کننده اسید سولفوریک دارد. با افزایش غلظت تا ۸۰ روند صعودی بازیابی نرمال بوده در حالی که بعد از این مقدار، روند صعودی با شیب بیشتری

با استناد به طراحی جدول متغیر برای بررسی عوامل مختلف روی مقدار بازیابی نانو ذرات طلا، متغیرهای مقدار اوره، زمان واکنش اوره، مقدار اسید سولفوریک، زمان واکنش با اسید سولفوریک، محیط استخراج طلا (اکسیژن و بدون اکسیژن)، مقدار و زمان واکنش با آب دیونیزه به عنوان متغیرهای مورد بررسی در مقدار بازیابی طلا انتخاب شدند.

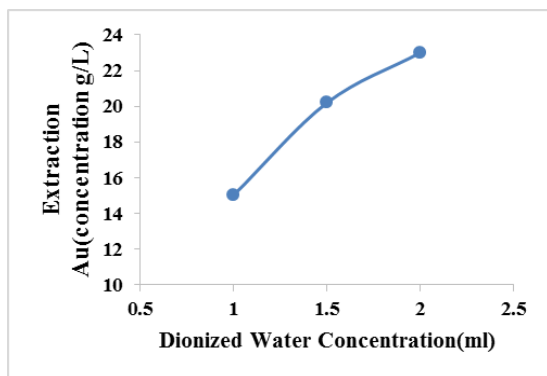
جدول ۲: متغیرهای واکنش بازیابی طلا به منظور بررسی آماری

نام متغیر	گستره انتخاب شده برای بررسی تغییرات	واحد
مقدار اوره	۲۰۰-۵	میلی لیتر
زمان واکنش اوره	۶۰-۵	دقیقه
مقدار اسید سولفوریک	۱۵۰-۵	میلی لیتر
زمان واکنش با اسید سولفوریک	۶۰-۵	دقیقه
محیط استخراج طلا (اکسیژن و بدون اکسیژن)	۴-۲-۱	متر مکعب
مقدار آب دیونیزه	۲۰-۵	میلی لیتر
زمان واکنش با آب دیونیزه	۲-۵	دقیقه
زمان	۱۲۰-۵	دقیقه واکنش



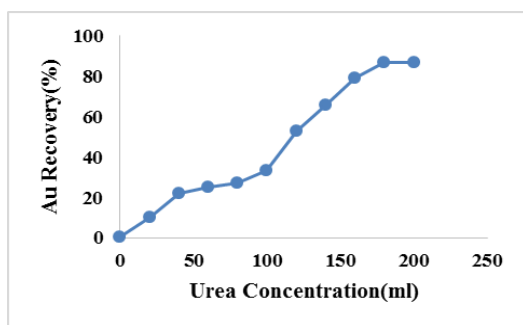
شکل ۹- بررسی اندازه ذرات نانو ذرات طلا استخراج شده به روش شیمیایی

همانگونه که در شکل بالا مشاهده می‌شود، با افزایش مقدار بازیابی طلا به بیش از ۴۰ درصد، اندازه ذرات طلا نیز افزایش می‌یابد. به شکلی که با افزایش مقدار بازیابی به ۷۰ درصد، اندازه ذرات به دو نانومتر و با میل کردن مقدار بازیابی به ۸۰



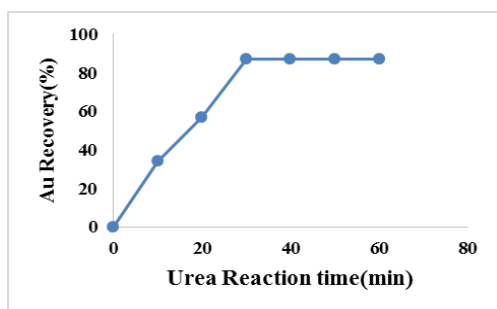
شکل ۱۴- بررسی محیط واکنش با حضور آب دیونیزه به منظور استخراج طلا

همانگونه که پیشتر ذکر شد، آب دیونیزه اثر بسیار زیادی بر مقدار بازیابی نانو ذرات طلا به علت وجود گروه‌ها اکسیژنی دارد. بنابراین همانند نمودار پیشین، با افزایش غلظت آب دیونیزه، مقدار بازیابی با ۲۴ درصد رشد خواهد داشت.



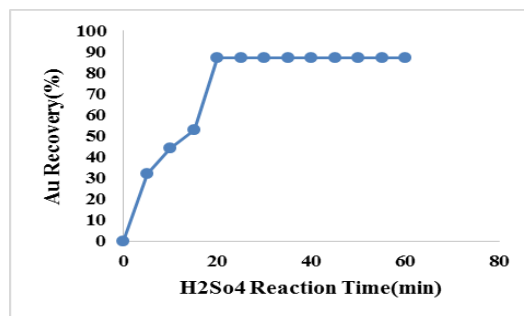
شکل ۱۵- بررسی غلظت اوره در واکنش به منظور استخراج طلا

اوره نیز اثر مثبت اما پله‌ای بر مقدار بازیابی طلا دارد. به شکلی که تا غلظت ۵۰ درصد، افزایش درصد بازیابی چشمگیر بوده است. در غلظت ۵۰ تا ۱۰۰ روند تقریباً نیمه ثابت شده است که نشان از رسیدن به غلظت بحرانی دارد. بعد از عبور از غلظت بحرانی، روند بسیار صعودی بوده است و در نهایت، در نزدیکی غلظت ۱۵۰ میلی‌لیتر، به حالت ثابت در آمده و تا ۲۰۰ میلی‌لیتر هم ادامه یافته است.



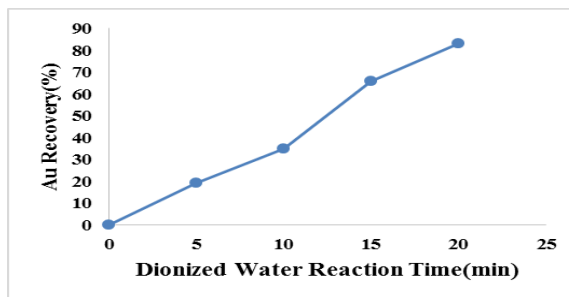
شکل ۱۶- بررسی زمان واکنش با اوره به منظور استخراج طلا

افزایش یافته است. نکته حائز اهمیت این است که نقطه بحرانی و اصلی غلظت، ۱۵۰ میلی‌لیتر است که بعد از آن بازیابی طلا به صورت ثابت باقی مانده است و افزایش قابل توجهی نداشته است.



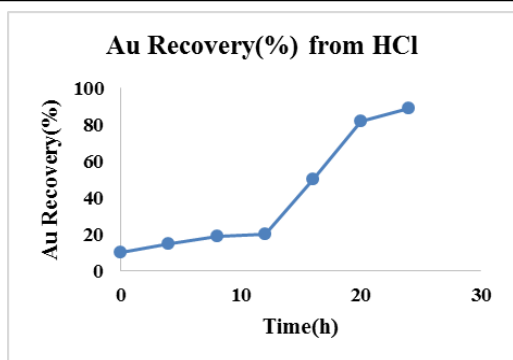
شکل ۱۷- بررسی زمان واکنش اسیدی سولفوریک اسید به منظور استخراج طلا

زمان واکنش اسید سولفوریک نیز اثر بسیار مهمی را بر بازیابی نانو ذرات طلا دارد. به طوری که با افزایش زمان تا بیست دقیقه، روند افزایشی برای بازیابی نانوذرات طلا مشاهده می‌شود. این در حالی است که بعد از این مقدار، مقدار بازیابی ثابت بوده است و بر روی عدد ۸۷ ثابت مانده است. این امر نشان می‌دهد که زمان واکنش ۲۰ دقیقه زمان بهینه بوده است و پس از این زمان، حضور سولفوریک اسید در سامانه به حالت اشباع می‌رسد و اثری بر مقدار بازیابی ندارد.



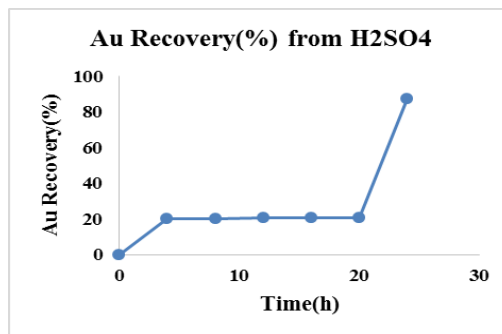
شکل ۱۸- بررسی زمان واکنش با حضور آب دیونیزه به منظور استخراج طلا

آب دیونیزه به علت دارا بودن گروه‌های اکسیژنی اثر بسیار شگرفی را بر مقدار بازیابی طلا دارد [۲۴]. به طوری که با افزایش زمان واکنش با آب دیونیزه از ۰ دقیقه تا ۲۰ دقیقه، افزایش مقدار بازیابی به علت افزایش زمان تماس با گروه‌های اکسیژنی مشهود است. این روند در خصوص اسید سولفوریک نیز به علت دارا بودن گروه‌های اکسیژنی قوی مشاهده شده بود. بنابراین می‌توان گفت حضور گروه‌های اکسیژنی قوی، اثر بسیار شگرفی را بر مقدار بازیابی خواهند گذاشت.



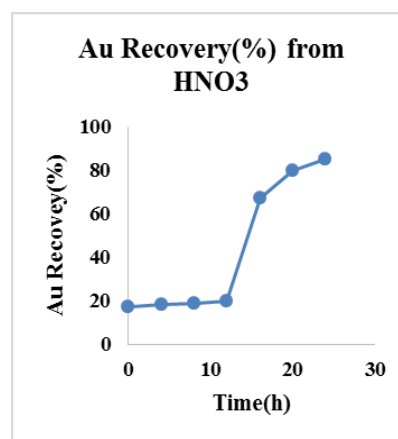
شکل ۱۹- بررسی حضور هیدروکلریک اسید به منظور استخراج طلا

برای اسید کلریک نیز روند افزایشی مشابه حالت پیشین است با این تفاوت که شیب نمودار در این حالت بالاتر است. افزایش نیز تا نزدیکی ۹۰ درصد ادامه داشته است.



شکل ۱۷- بررسی حضور اسید سولفوریک به منظور استخراج طلا

در مرحله بعدی، اثر اسیدهای متفاوت بر مقدار بازیابی طلا بررسی شد، اسیدها به ترتیب اسید سولفوریک، اسید نیتریک و اسید کلریک بوده‌اند. همانگونه که مشاهده می شود در زمان-های طولانی همچون ۲۵ ساعت حضور اسید سولفوریک اثر شگرفی بر مقدار بازیابی میگذارد. به طوری که تا زمان ۲۰ ساعت مقدار بازیابی در مقدار ثابت ۲۰ درصد قرار داشته است. این در حالی است که پس از ۲۰ ساعت به شدت افزایش یافته است و به ۸۷ درصد رسیده است.



شکل ۱۸- بررسی حضور اسید نیتریک به منظور استخراج طلا

روند مشابه با شیب کمتر افزایشی برای اسید نیتریک مشاهده شده است. به صورتی که برای اسید نیتریک در زمان کمتر مقدار بازیابی از حالت ثابت بودن در آمده و به شدت تا نزدیکی ۹۰ درصد افزایش یافته است.

۴. نتیجه گیری

در این پژوهش، استخراج نانو ذرات طلا از صفحه‌های الکترونیکی به کمک عامل کاهنده ساخته شده از ترکیبات آهن انجام شد. نتایج آزمون تفرق پرتو ایکس، نشان دهنده ساختار بلوری با حضور پیک‌های (۱ ۱ ۱) و (۲ ۲ ۰) برای نانو ذرات بود. همچنین، به کمک طیف سنجی فرابنفش، پیک ذره طلا در گستره ۷۰۰-۴۰۰ نانومتر رویت شد. در نهایت به منظور اطمینان حاصل کردن از ریخت‌شناسی، ریزساختار و اندازه ذرات طلای سنتر شده آزمون میکروسکوپ الکترونی روبشی و عبوری گرفته شد. نتایج بدست آمده نشان از ساخت نانو ذرات همگن و یکنواخت طلا دارد. بررسی آماری داده‌ها، نشان دهنده حضور موثر محیط اسیدی به منظور استخراج نانو ذرات طلا بوده است. همچنین، هنگامی که عمل استخراج طلا در محیطی خنثی بدون حضور اکسیژن یا هوا رخ دهد، مقدار بازیابی بسیار کم و در طی زمان متمایل به صفر است. بنابراین، می‌توان گفت حضور اکسیژن و اکسید شدن عامل اصلی به منظور استخراج طلا است. به عنوان جمع‌بندی، بهینه مقدار بازیابی طلا، در محیط اسیدی و بیشتر از ۸۰ درصد دارد.

۵. منابع

- [1] Sum, E.Y., Jom., 43(4),53-61,(1991)
- [2] Kita, Y., H. Nishikawa, and T. Takemoto, Electronics Goes Green,10,25-35, (2004).
- [3] Radulescu, R., et al., Chemical Bulletin of Politehnica University of Timisoara, 53, 135-139, (2008).
- [4] Menon, S., S. Rajeshkumar, and V. Kumar, Resource-Efficient Technologies, 3(4), 516-527, (2017).
- [5] Canda, L., T. Hepu, and E. Ardelean. Materials Science and Engineering, (2016).

- [6] Zhang, Y., P, Separation and Purification Technology, 116,391-397, (2013).
- [7] Sotiriou, K., RSC Advances, 10(42), 25228-25238, (2020).
- [8] Abdelbasir, S.M., Environmental Science and Pollution Research, 25(17),16533-16547, (2018).
- [9] Baba, H., Conservation & recycling, 10(4), 247-252, (1987).
- [10] Saadatjoo, N., Chemistry, 10, 17-27, (2013).
- [11] Kanchi, S., et al., E, Arabian journal of chemistry,2(11), 247-255, (2018).
- [12] Li, F., et al., Journal of cleaner production, 213, 673-679, (2019).
- [13] Joye, I.J. and D.J. McClements, Trends in Food Science & Technology, 34(2), 109-123, (2013)
- [14] Ortega, S., et al., Chemical Society Reviews, 46(12),3510-3528, (2017)
- [15] Sau, T.K. and A.L. Rogach , Wiley Online Library. , (2012).
- [16] Kitching, M., M. Ramani, and E. Marsili, Microbial biotechnology, 8(6),904-917, (2015).
- [17] Oliveira, J.P., et al.,Arabian Journal of Chemistry, 37, 58-62, (2017)
- [18] Rajeshkumar, S., et al., Der Pharma Chemica, 5(2), 224-229, (2013).
- [19] Rajeshkumar, S., Journal of Genetic Engineering and Biotechnology, 14(1), 195-202, (2016).
- [20] Soltani Nejad, M., G.H. Shahidi Bonjar, and N. Khaleghi, Nanomedicine Journal, 2(2), 153-159, (2015).
- [21] Biradar, D. and K. Lingappa, World J Sci Technol, 2, 20-22, (2012).
- [22] Ankamwar, B., Journal of Chemistry, 2,1334-1339,(1993).
- [23] Montes, M., et al., Journal of Nanoparticle Research, 13(8),3113-3121, (2011).
- [24] Davidson, D, Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy, 77(12),254-261, (1977).

Recovery of gold nanoparticles from the waste of electronic plates by chemical method using reducing iron sulfate and aqua regia

A.Fotovat¹, A.Feyzbakhsh^{1,*}, A.Bagheri garmarodi²

1. Islamic Azad university Central Tehran Branch

2. Imam Khomeini International University

Abstract:

One of the most common sources of gold in abundance are electronic pages, which are widely available in the industry. Gold is a particle with electronic properties and electrical conductivity that can be used in various applications such as medicine, engineering and biology by changing its surface activity and particle size. In other words, the properties of gold in electronic plates can be changed by changing the particle size, so that by transferring the particle size from micrometers to nanometers, the surface-to-volume ratio will increase and, accordingly, the characteristics The structure of gold particles in electronic plates will change and improve. In order to extract gold nanoparticles from electronic plates, the preparation plates and the gold in them were extracted by chemical method in the presence of hydrochloric acid and reducing iron sulfate. Tests such as infrared spectroscopy, X-ray spectroscopy, scanning electron microscopy have confirmed the proper and optimal extraction of gold nanoparticles, at the nanometer scale of waste electronics plates with extraction efficiencies of more than 80% and a minimum particle size of 60 nm. Is. Also, the design of the experiment states temperature, acid type, reaction medium and pH as important factors influencing the recovery of gold nanoparticles.

Keywords: Quantum points, effective factors, synthesis, aqueous media