Archive of SID

سنتز، تعیین ساختار و فعالیت ضد باکتری نانو ذرات نقره حاصل از پسماندهای آزمایشگاهی

شکوه السادات خالو [1*]، زهره سعادتی [2]

خلاصه:

سابقه و هدف: مقادیر زیادی پسماند کلرید نقره مربوط به آزمایشات موهر در آزمایشگاه‌های آموزشی و صنعتی تولید می‌شود. با در نظر گرفتن مشکلات زیست محیطی ناشی از رهاسازی و تجمع آن‌ها، این پروژه با هدف طراحی روشی ساده، بهینه، با بازده بالا برای بازیابی نقره به فرم نانو ذرات نقره با خاصیت ضد باکتریایی ارائه شد.

مواد و روش‌ها: این مطالعه تجربی در مقیاس آزمایشگاهی بر پسماند جمع‌آوری شده از آزمایشگاه‌های آموزشی در طول یک ترم تحصیلی انجام گرفت. در سنتز نانو ذرات نقره، از محلول فرمالین به‌عنوان احیا کننده و پلی وینیل پیرولیدون به‌عنوان پایدارکننده استفاده شد. اندازه نانو ذرات، توزیع اندازه ذرات و پایداری آنها به‌ترتیب با استفاده از میکروسکوپ الکترونی گذار، پراکندگی نور پویا و طیف-سنجی جذبی مرئی-فرابنفش بررسی شده و خاصیت ضد باکتریایی نانو ذرات نقره حاصل، با اندازه‌گیری حداقل غلظت ممانعت (MIC) به‌روش غلظت سریالی مطالعه گردید.

نتایج: یافته‌های این مطالعه نشان دادند که بهترین بازده بازیابی نقره با لحاظ نمودن سنتز ذراتی با اندازه کوچک و توزیع اندازه ذرات کم در حضور ۰/۷ مولار آمونیاک و نسبت مولی فرمالین به کلرید نقره برابر ۲ حاصل می‌شود. میزان MIC برای باکتری‌های استاندارد E-coli و*S. aureusATCC 29213* برابر با ppm ۵۰ و برای پاتوژن جهش یافته *Acinetobacterbaumanii* برابر ppm ۲۵ به‌دست آمد.

نتیجه‌گیری: در مجموع می‌توان گفت روش ارائه شده، روشی بسیار ساده و موثر در بازیابی نقره به فرم نانو ذرات نقره از پسماندهای آزمایشگاهی است. نانو ذرات حاصل دارای خاصیت ضد باکتریایی مناسب می‌باشد که این امر موجب ارزش افزوده فرآیند بازیافت می-شود.

واژگان کلیدی: نانو ذرات، نقره کلرید، فعالیت ضد باکتری، نقره

دو ماه‌نامه علمی– پژوهشی فیض، دوره هفدهم، شماره ۳، مرداد و شهریور ۱۳۹۲، صفحات ۲۶۶-۲۶۱

مقدمه

نقره از فلزات گرانبهایی است که دارای منابع طبیعی محدودی بوده و تنها بخش کمی از نقره به‌صورت فلز طبیعی یافت می‌شود. در طبیعت نقره، بیشتر به فرم آرژنیت می‌باشد که با استفاده از نمک سولفات مس احیا و استخراج می‌گردد. نقره و ترکیبات آن دارای کاربردهای فراوانی در صنایع گوناگون از جمله صنعت فیلم و عکاسی، الکترونیک و الکتریسیته، اشیاء نقره‌ای و زیورآلات می‌باشند [۱]. لذا، به‌طور مرتب از فرآیندهای مختلف وارد طبیعت می‌شود.

بنابراین، بازیافت این ماده از منابع مختلف علاوه بر اینکه ارزش اقتصادی فراوانی دارد، از جنبه حفاظت از محیط زیست نیز دارای اهمیت می‌باشد. چنانچه نقره حاصل از بازیافت در فرم نانو ذرات نقره با خاصیت ضد باکتریایی باشد، به‌گونه‌ای‌که بتوان از آن در گندزدایی آب استفاده نمود، مسلما فرآیند بازیافت دارای ارزش افزوده فراوانی خواهد بود. منابع سالم آب آشامیدنی محدود و مشکلات متعدد روش‌های معمول گندزدایی آب از جمله ایجاد محصولات جانبی مضر، ضرورت ابداع روش‌های جدید گندزدایی آب را ایجاب می‌نماید [۲]. هرچند استفاده از نقره به‌عنوان ماده ضدباکتری در تهیه ظروف نگهداری غذا از دیرباز مورد توجه بوده لیکن،یکی از عوامل محدود کننده در استفاده از نقره در گندزدایی آب عامل اقتصادی است. لذا، در صورتی‌که بتوان نانو ذرات نقره با خاصیت گندزدایی را با روشی ساده و مقرون به صرفه، از دورریزهای آزمایشگاهی تهیه نمود، گام موثری در جهت استفاده از محصول به‌دست آمده در گندزدایی آب از یک طرف و حفظ محیط زیست از طرف دیگر محسوب می‌شود [۲]. عمده‌ترین منابع بازیابی نقره عبارتند از: محلول‌های ظهور عکس و فیلم، برگه‌های

[1] استادیار، گروه علوم پایه، دانشکده سلامت، ایمنی و محیط زیست، دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی

[2] استادیار، گروه شیمی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد امیدیه

***نشانی نویسنده مسئول:**

تهران، حکیمیه تهران پارس، بلوار نور، دانشکده سلامت ایمنی و محیط زیست، گروه علوم پایه

تلفن: ۶۵-۷۷۳۰۹۹۶۲ ۰۲۱ **دورنویس:** ۷۷۳۰۲۹۶۹ ۰۲۱

پست الکترونیک: sh_khaloo@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۹۰/۱۰/۲۹ **تاریخ پذیرش نهایی:** ۹۱/۱۲/۲

www.SID.ir

Archive of SID

پرینت، تکه‌های فیلم، پسماندهای آزمایشگاهی و آب‌های مورد استفاده در شستشو در صنایع آبکاری [۷-۲]. در راستای تحولات اخیر زندگی انسان، نانوتکنولوژی توسعه یافته و تقریبا در همه رشته‌های علمی، نشانه‌هایی از آن یافت می‌شود. محققان نانو تکنولوژی با فناوری جدیدی در رابطه با نانو ذرات آشنا شده‌اند که نقش بسیار زیادی در تمامی زمینه‌های زندگی انسان ایفا می‌کند. در این میان نانو ذرات نقره به‌علت ویژگی‌های منحصر به فرد خود با توجه به خصوصیات ضد باکتریایی، ضدقارچی، بوزدایی و ضد ویروسی که دارد جایگاه خاصی را به خود اختصاص داده است و این مسئله بر ارزش افزوده نقره بازیافت شده تاثیر قابل چشم‌گیری دارد. روش‌های گوناگونی از جمله روش احیاء شیمیایی، سونوشیمی، روش‌های بیولوژیکی، روش‌های مبتنی بر شیمی سبز و روش‌های تالنز برای سنتز نانونقره مورد استفاده قرار گرفته است [۱۰-۸]. در این میان بیشترین کاربرد را روش احیا شیمیایی دارد که بر اساس نوع ماده احیاکننده و هم‌چنین نوع ماده پایدارکننده‌ای که مورد استفاده قرار گرفته، دارای تنوع بسیار زیادی می‌باشد [۸]. در این پروژه نیز روش احیا شیمیایی به‌منظور بازیافت نقره مورد توجه قرار گرفت و علاوه بر معیارهای پایداری نانو ذرات حاصل، اندازه ذرات و توزیع اندازه ذرات، سادگی و مقرون به صرفه بودن روش پیشنهادی نیز مورد توجه قرار گرفت تا تحقق هدف اصلی که همانا بازیافت نقره از پسماندهای آزمایشگاهی است حاصل شود. لذا، در ادامه به بررسی و بهینه سازی پارامترهای فیزیکی و شیمیایی موثر بر فرآیند بازیافت نقره با تاکید بر دست‌یابی به نقره به فرم نانونقره با خاصیت ضد باکتریایی پرداخته می‌شود.

مواد و روش‌ها

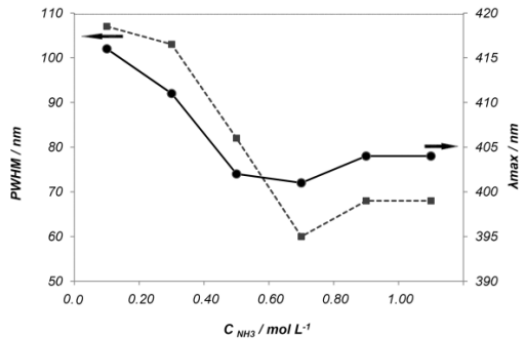
این تحقیق یک مطالعه تجربی در مقیاس آزمایشگاهی است که بر روی دورریزهای جمع‌آوری شده از آزمایشگاه‌های آموزشی انجام گرفته است. مواد مورد استفاده در این تحقیق از جمله پلی وینیل پیرولیدون (PVP) با جرم ملکولی متوسط ۲۹۰۰۰، محلول فرمالین ۳۷ درصد و آمونیاک ۲۵ درصد همگی از شرکت مرک آلمان تهیه گردیدند. پسماندهای نقره کلرید حاصل از آزمایش موهر در طول یک ترم تحصیلی از آزمایشگاه آب و فاضلاب و آزمایشگاه تجزیه جمع‌آوری گردیدند. حجم محلول جمع‌آوری شده در حدود ۱۵ لیتر بود که به آن ۱۰۰ میلی لیتر اسید کلریدریک ۰/۱ مولار اضافه شده و به‌مدت ۲٤ ساعت در همان حال رها گردید. رسوبات حاصل با استفاده از کاغذ صافی، صاف شده و با آب دوبار تقطیر شستشو داده شد. رسوب حاصل به‌منظور خشک شدن و برطرف نمودن رطوبت آن، در دمای °C ۱۱۰ به‌مدت ۲ ساعت حرارت داده شد. سپس، محلول ۵ میلی‌مولار نقره کلرید در حضور ۰/۷ مولار از آمونیاک تهیه گردید. به‌منظور سنتز نانو ذرات نقره ۳ میلی‌لیتر از محلول نقره کلرید حاوی۰/۷ مولار آمونیاک به‌صورت قطره قطره به ۳ میلی‌لیتر محلول ۲/۰ مولار فرمالین در دمای اتاق افزوده شده و محلول بهم زده شد. در ابتدا رنگ محلول زرد بوده و سپس با افزایش تمامی محلول نقره کلرید به قهوه‌ای تغییر می‌یابد. کل واکنش در مدت زمان یک دقیقه انجام شد. ویژگی‌های نانوذرات حاصل با استفاده از تکنیک‌های مختلف مورد بررسی قرار گرفت. طیف UV-Vis نانو ذرات با استفاده از دستگاه اسپکترفوتومتر (Aventes 2048, Netherlands) به‌دست آمد. به‌منظور بررسی مورفولوژی و اندازه ذرات، از طیف میکروسکوپ الکترونی گذار (TEM) نانو ذرات، به‌دست آمده با میکروسکوپ الکترونی (Zeiss EM902 Microscope, Oberkochen, Germany) استفاده شد. گستره توزیع اندازه ذرات با استفاده از طیف پراکندگی نور پویا (Dynamic Light Scattering) حاصل از زتاسایزر مدل ZS3600 (Malvern Worcestershire, UK instruments,) مورد بررسی قرار گرفت. رنگ مشخصه نانو ذرات نقره ناشی از پدیده جذب پلاسمون می‌باشد که دارای پیک مشخصی در طول موج حدود ٤۰۰ نانومتر می‌باشد. محل و شکل این طیف وابسته به اندازه، مورفولوژی و محیط نانو ذرات است و می‌توان با دنبال کردن این پارامترها اندازه تقریبی نانو ذرات و توزیع اندازه ذرات را پیش بینی نمود [۱۱]. مطالعات ضد باکتریایی نانو ذرات حاصل در مواجهه با سه نوع باکتری گرم منفی (E-coli)، گرم مثبت (S.aureus ATCC 29213) و یک پاتوژن جهش یافته (A.baumanii) از نوع بالینی مورد بررسی قرار گرفت. از روش رقیق‌سازی به‌منظور اندازه‌گیری حداقل غلظت بازداری MIC نانو ذرات استفاده شد. همه اندازه‌گیری‌ها بر اساس پروتوکل CLSI دوبار تکرار گردید [۱۲]. کمترین غلظت از عامل گندزدا که موجب توقف کامل رشد ارگانیسم‌های موجود در چاهک‌های میکروپلیت می‌شود (MIC) اندازه‌گیری شد. به این منظور از میکروپلیت‌های ۹٦ تایی و غلظت‌های ۰، ۵، ۱۰، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم بر لیتر از نانو نقره (حاصل از رقیق‌سازی محلول مادر با غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر) و CFU/ml ۱۰٦-۱۰۵ باکتری استفاده گردید. میکروپلیت‌ها به‌مدت ۱٦ ساعت در دمای °C۳۵±۲ در شرایط هوای محیط در انکوباتور قرار گرفت.

www.SID.ir

Archive of SID

نتایج

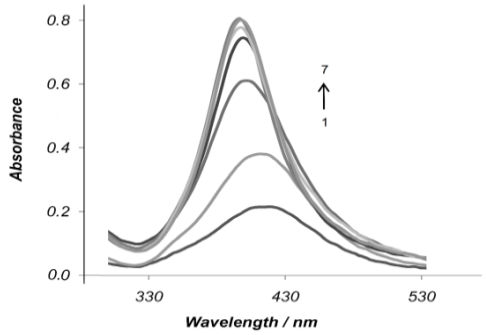
از آنجا که نمک کلرید نقره نامحلول می‌باشد در اولین گام جهت سنتزنانو ذرات نقره لازم است این پسماند جامد حل شود. به این منظور از محلول آمونیاک استفاده گردید. لیکن از آنجا که غلظت آمونیاک از طریق افزایش pH محلول و تاثیرگذاری بر واکنش فرمالین می‌تواند بر بازده سنتز نانو ذرات نقره نیز موثر باشد، بهتر است غلظت آن بهینه‌سازی شود. به‌منظور بهینه‌سازی غلظت آمونیاک طیف UV-Vis نانو ذرات سنتز شده در غلظت‌های مختلف از آمونیاک در محدوده ۰/۱ تا ۱ مولار و نسبت مولی فرمالین به نقره کلرید برابر ۲ مطالعه شد (شکل نشان داده نشده است). طیف جذبی نمونه‌ها، پیک مشخصی در طول موج ٤۰۰ نانومتر با پهنای پیک بین ۷۰ تا ۹۵ نانومتر نشان می‌دهد. تاثیر غلظت آمونیاک بر پهنای پیک در نصف ارتفاع (PWHM) و هم‌چنین طول موج ماکزیمم (λ_{max}) در شکل شماره ۱ نشان داده شده است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود با افزایش غلظت آمونیاک تا ۰/۷ مولار پهنای پیک و طول موج ماکزیمم به سمت مقادیر کمتر جابه‌جا می‌شود، ولی در مقادیر بالاتر از آمونیاک، در هر دو پارامتر افزایش مشاهده می‌شود. لذا، مقدار ۰/۷ مولار از آمونیاک به‌عنوان مقدار بهینه به‌منظور دست‌یابی به ذراتی با اندازه کوچک‌تر و توزیع اندازه کمتر انتخاب شد. آزمایشات اولیه نشان داد نسبت غلظت فرمالین به نقره در اندازه و پایداری ذرات نقش زیادی دارد. طیف پلاسمون نانو ذرات نقره در محدوده نسبت مولی ۰/۱ تا ۳ مورد بررسی قرار گرفت. شکل شماره ۲ طیف جذبی محلول‌های حاصل از این بررسی را نشان می‌دهد. پهنای پیک در نصف ارتفاع و طول موج ماکزیمم مربوط به طیف‌های مذکور در شکل شماره ۳ نشان داده شده است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود با افزایش نسبت مولی فرمالین به نقره کلرید تا ۱/۵ پهنای پیک و تا نسبت مولی ۲، طول موج ماکزیمم کاهش می‌یابد و در نسبت‌های مولی بالاتر، هر دو پارامتر افزایش نشان می‌دهد. لذا، نسبت مولی ۲ به‌عنوان مقدار بهینه برای ادامه بررسی‌ها مورد استفاده قرار گرفت. به‌منظور بررسی پایداری نانو ذرات سنتز شده در نسبت‌های مولی مختلف از فرمالین به نقره کلرید، طیف پلاسمون محلول نانو ذرات نقره در زمان‌های مختلف به‌مدت یک ماه مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصل از این بررسی نیز نشان داد که در نسبت مولی ۲، پایدارترین نانو ذرات با کمترین جابه‌جایی در طول موج ماکزیمم و پهنای نصف ارتفاع پیک به‌دست می‌آید. در محلول‌های حاوی نانو ذرات حضور عوامل پایدار کننده به‌منظور جلوگیری از بهم چسبیدن و انعقاد ذرات کوچک و تولید ذرات بزرگ، دارای اهمیت خاصی است. در این بررسی از پلی‌وینیل پیرولیدون به‌عنوان پایدار کننده در مرحله سنتز استفاده شد. به این منظور از غلظت ۰/۱ درصد وزنی پلی‌وینیل پیرولیدون در محلول نقره کلرید استفاده گردید. بررسی طیف پلاسمون در شرایط مورد آزمایش نشان می‌دهد حضور این ماده تاثیر چندانی بر بازده بازیافت ندارد. لیکن، حضور PVP جابه‌جایی کوچکی در طول موج ماکزیمم و پهنای طیف پلاسمون به سمت مقادیر کمتر یعنی اندازه ذرات کوچک‌تر ایجاد می‌کند (شکل نشان داده نشده است). برای اطمینان از صحت نتایج حاصل از طیف پلاسمون، تصاویر میکروسکوپ الکترونی از نمونه‌های نانو ذرات حاصل در حضور و غیاب پلی‌وینیل پیرولیدون به‌دست آمد (شکل‌های شماره ۳ و ٤). نتایج حاصل از تصاویر میکروسکوپی بعد از گذشت یک ماه از سنتز، در شکل‌های ۳ الف و ٤ الف نشان داده شده است. هم‌چنین، توزیع اندازه ذرات در شکل‌های۳ ب و ٤ب نشان داده شده است. همان‌گونه که انتظار می‌رود اندازه متوسط ذرات و توزیع اندازه ذرات در حضور پایدار کننده PVP کمتر است و این در حالی است که در غیاب PVP اندازه ذرات بین ۵۰nm–۱٦ گسترده شده، و در حضور PVP این مقدار به ۱۸ nm–۵ کاهش می‌یابد. به‌منظور بررسی خاصیت گندزداییانو ذرات سه نوع باکتری شامل باکتری‌های استاندارد گرم منفی (E-coli)، گرم مثبت (S.aureus ATCC 29213) و یک پاتوژن جهش یافته (A.baumanii) از نوع بالینی مورد بررسی قرار گرفته و در تماس با غلظت‌های مختلف از نانو ذرات قرار داده شد. مقادیر MIC به‌دست آمده برای هر دو باکتری استاندارد گرم مثبت و گرم منفی برابر ۵۰ppm به‌دست آمد، لیکن مقدار MIC برای پاتوژن جهش یافته A.baumanii از این مقدار کمتر بود و مقدار ۲۵ ppm از هر دو نمونه نانونقره حاوی پایدارکننده و بدون پایدار کننده به‌دست آمد.



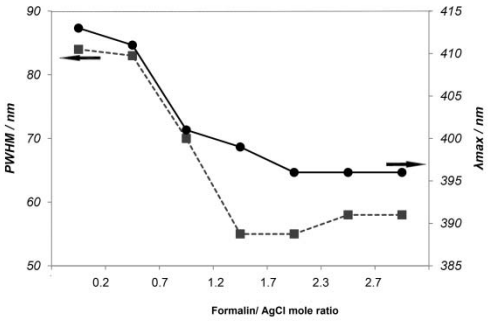
شکل شماره ۱- تاثیر غلظت آمونیاک بر پهنای پیک در نصف ارتفاع (PWHM) و طول موج ماکزیمم جذب (λ_{max}) در طیف پلاسمون نانو ذرات نقره.

www.SID.ir

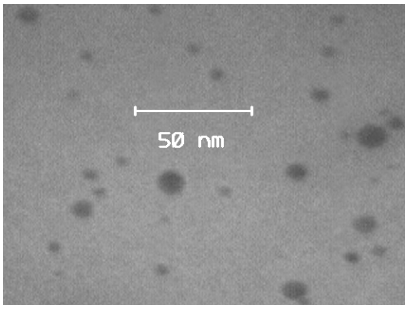
Archive of SID



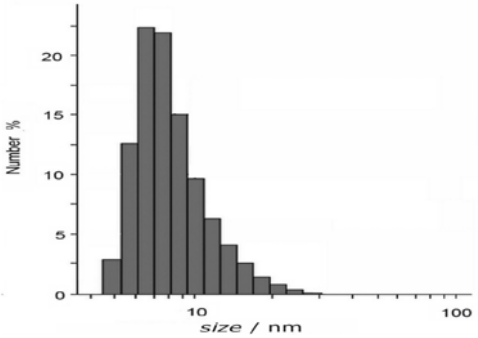
شکل شماره ۲ الف- تاثیر نسبت مولی فرمالین به نقره کلرید بر طیف پلاسمون نانونقره در حضور ۰/۷ مولار از آمونیاک
۱) ۰/۱، ۲) ۰/۵، ۳) ۱/۰، ٤) ۱/۵، ۵) ۲/۰، ٦) ۲/۵، ۷) ۳/۰.



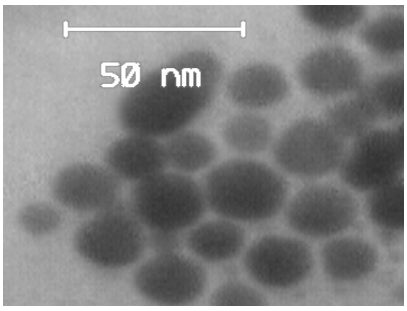
شکل شماره ۲ب- تاثیر نسبت مولی فرمالین به نقره کلرید بر پهنای پیک در نصف ارتفاع و طول موج ماکزیمم جذب در غلظت ۰/۷ مولار از آمونیاک



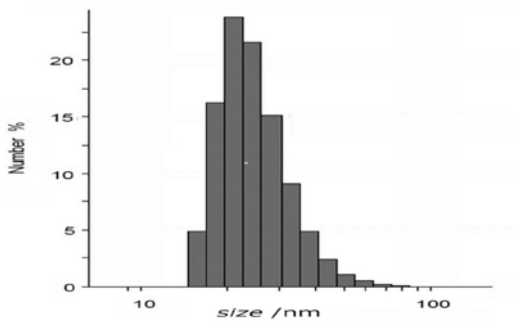
شکل شماره ۳ الف- تصویر میکروسکوپ الکترونی گذار از نانو ذرات نقره سنتزی. شرایط سنتز: آمونیاک ۰/۷ مولار، فرمالین/ نقره کلرید ۲ در حضور پلی‌وینیل پیرولیدون بعد از یک ماه از سنتز



شکل شماره ۳ ب- طیف توزیع اندازه ذرات نانو نقره سنتزی از بخش الف.



شکل شماره ٤ الف) تصویر میکروسکوپ الکترونی گذار نانو ذرات نقره سنتزی. شرایط: آمونیاک ۰/۷ مولار، فرمالین/ نقره کلرید ۲ در غیاب پلی‌وینیل پیرولیدون بعد از یک ماه از سنتز



شکل شماره ٤ ب- طیف توزیع اندازه ذرات نانو نقره سنتزی از بخش الف.

بحث

یافته‌های این مطالعه نشان داد که روش احیاء شیمیایی با استفاده از فرمالین به‌عنوان عامل احیاکننده و پلی‌وینیل پیرولیدون به‌عنوان پایدارکننده روشی ساده و مقرون به صرفه در راستای بازیافت نقره از پسماندهای آزمایشگاهی به فرم نانو ذرات می‌باشد. بهینه‌سازی پارامترها نشان داد به‌منظور دست‌یابی به ذراتی با اندازه کوچک، توزیع اندازه ذرات کم و پایداری بالا در فاز محلول لازم است غلظت آمونیاک مورد نیاز برای حل نمودن نقره‌کلرید ۰/۷ مولار و نسبت مولی فرمالین به نقره کلرید برابر ۲ تنظیم شود. هرچند در غیاب پایدارکننده PVP محلول نانو نقره پایدار بوده و ته‌نشینی ذرات حتی بعد از دو ماه مشاهده نمی‌شود، لیکن حضور ۰/۱ درصد وزنی از پایدارکننده موجب سنتز نانو ذراتی با ابعاد کوچک‌تر و توزیع اندازه ذرات کمتر می‌شود. لازم به ذکر است چنانچه نقره کلرید در غلظت‌های بیشتر از ۲۰mM در محلول اولیه وجود داشته باشد، حضور پلی‌وینیل پیرولیدون به‌عنوان پایدارکننده ضروری است و در غیاب پایدارکننده نانو ذرات به یکدیگر چسبیده و به‌صورت ذرات خاکستری بسیار ریزی ته‌نشین می‌شوند. هم‌خوانی نتایج حاصل از طیف پلاسمون جذبی نمونه‌ها و تصاویر میکروسکوپ الکترونی گذار نشان داد که می‌توان به‌منظور صرفه‌جویی در هزینه‌های مربوط به تحقیقات حوزه نانو فناوری در مورد نانو ذرات رنگی

www.SID.ir

Archive of SID

چون نانو ذرات مس، طلا و نقره بررسی‌های اولیه را بر اساس اندازه‌گیری‌های طیف پلاسمون نمونه‌ها و به کمک یک دستگاه اسپکتروفوتومتر UV-Vis انجام داد. از مهم‌ترین ویژگی‌های نقره خواص ضد میکروبی و ضد باکتریایی این ماده است که از دیرباز مورد توجه بوده و در طب قدیم نیز از آن در درمان زخم‌ها و نگهداری مواد غذایی بهره می‌جستند [۱۶-۱۳]. بررسی‌های انجام شده در این تحقیق نشان داد نانو ذرات سنتز شده با روش پیشنهادی در حضور و غیاب PVP دارای خاصیت گند زدایی مناسب است و حضور پایدارکننده در این آزمایش تاثیری بر خواص گند زدایی نانو ذرات نقره نداشته است. تنها گزارش سنتز نانو ذرات نقره از ترکیب کلرید نقره توسط Yonezawa و همکارانش در سال ۲۰۰۳ ارائه گردیده است. آنها موفق به سنتز نانو ذرات نقره با اندازه ذرات ۵.۹ نانومتر از هالیدهای نامحلول نقره در حضور عامل پایدار کننده تیوکولین برومید شدند و بدین دلیل خصوصیات ضد باکتریایی نانو ذرات حاصل را بررسی ننموده‌اند و هم‌چنین کلرید نقره و برومید نقره را از شرکت شیمیایی مرک تهیه نمودند [۱۷]. بازیافت نقره به فرم نانو نقره از پسماندهای آزمایشگاهی تا به حال گزارش نشده است. لذا، علاوه بر اینکه کار انجام شده از این جنبه دارای نوآوری است، می‌توان این آزمایش ساده را به‌عنوان یک سرفصل آزمایشی جدید در آزمایشگاه‌های آموزشی پیشنهاد داد تا علاوه بر آشنا نمودن دانشجویان با تکنولوژی‌های جدید از جمله نانو فناوری، موجب برانگیختن حساسیت در دانشجویان در جهت حفاظت از محیط - زیست و توجه به‌روش‌های ساده بازیافت پسماندهای ایجاد شده در فرآیندهای گوناگون، با هدف ایجاد ارزش افزوده در محصول شود.

نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج این تحقیق می‌توان گفت قابلیت بازیابی نقره از نقره کلرید آزمایشگاهی به فرم نانو نقره با خاصیت ضد باکتریایی به سادگی امکان‌پذیر است. لیکن استفاده از این محلول در گند زدایی آب آشامیدنی با توجه به احتمال باقیماندن بخشی از فرمالین در محلول نیاز به تحقیقات بیشتر دارد.

تشکر و قدردانی

نویسندگان این مقاله از معاونت پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی تشکر و قدردانی می‌نمایند.

References:

[1] Kirk-Othmer. Encyclopedia of Chemical Technology. 4th ed. Wiley-Interscience; 1998. p 165-93.

[2] Miranzadeh M, Rabbani D, Naseri S, Nabizadeh R, Mousavi G, Ghadami F. Removal of coliform bacteria from contaminated water using nanosilver. ***Feyz*** 2011;16(1): 31-5. [in Persian]

[3] Aktas S. Silver recovery from spent silver oxide button cells. ***Hydrometallurgy*** 2010;104(1):106-11.

[4] Tang B, Yu G, Fang J, Shi T. Recovery of high-puritysilver directly from dilute effluents by an emulsion liquid membrane-crystallization process. ***J Hazard Mater*** 2010; 177(1-3): 377-83.

[5] Koseoglu H, Kitis M. The recovery of silver from mining wastewaters using hybrid cyanidation and high-pressure membrane process. ***Miner Eng*** 2009; 22(5): 440-4.

[6] Zhouxiang H, Jianying W, Ma Z, Jifan H. A method to recover silver from waste X-ray films with spent fixing bath. ***Hydrometallurgy*** 2008; 92(3-4): 148-51.

[7] Pillai KC, Chung SJ, Moon IS. Studies on electrochemical recovery of silver from simulated waste water from Ag(II)/Ag(I) based mediated electrochemical oxidation process. ***Chemosphere*** 2008; 73(9): 1505-11.

[8] Vaidyanathan R, Gopalram S, Kalishwaralal K, Deepak V, Pandian S, Gurunathan S. Enhanced silver nanoparticle synthesis by optimization of nitrate reductase activity. ***ColloidsSurf B Biointerfaces*** 2010; 75(1): 335-41.

[9] Michna A, Adamczyk Z, Siwek B, Oćwieja M. Silver nanoparticle monolayers on poly (ethylene imine) covered mica produced by colloidal self-assembly. ***J Colloid Interface Sci*** 2010; 345(2): 187-93.

[10] Yoksan R, Chirachanchai S. Silver nanoparticle-loaded chitosan–starch based films: Fabrication and evaluation of tensile, barrier and antimicrobial properties ***Mater Sci Eng*** 2010; 30(6): 891-97.

[11] Moores A, Goettmann F. The plasmon band in noble metal nanoparticles: an introduction to theory and applications. ***New J Chem*** 2006; 30: 1121-32.

[12] Clinical and Laboratory Standards Institute, Methods for dilution antimicrobial susceptibility tests for bacteria that grow aerobically. Approved standard M7-A7. 2009; 26(2).

[13]Sotiriou GA, Pratsinis SE. Antibacterial activity of nanosilver ions and particles. ***Environ Sci Technol*** 2010; 44(14): 5649-54.

[14] Kvitek L, Panacek A, Prucek R, Soukupova J, Vanickova M, Kolar M, Zboril R. Antibacterial activity and toxicity of silver – nanosilver versus ionic silver. ***J Phys Conf Ser*** 2011; 304: 012029.

[15] Sotiriou GA, PratsinisSE. Antibacterial Activity of Nanosilver Ions and Particles. ***Environ Sci Technol*** 2010; 44(14): 5649–54.

[16] Wasif AI, Laga SK. Use of nano silver as an antimicrobial agent for cotton. ***AUTEX Res J*** 2009; 9(1): 5-13

[17] Yonezawa T, Genda H, Koumoto K. Cationic Silver Nanoparticles Dispersed in Water Prepared from Insoluble Salts. ***Chem Lett*** 2003; 32(2): 194-5.

www.SID.ir