پژوهنده (مجله پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی)
سال هفدهم، شماره ۳، پی در پی ۸۷، صفحات ۱۴۲ تا ۱۴۷
مرداد و شهریور ۱۳۹۱

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۱/۳/۲۱
تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۰/۷/۱۷

تولید زیستی نانوذرات نقره توسط باکتری باسیلوس جداسازی شده از معدن مس سونگون

ام‌البنین شیوای کرکج[1]، دکتر مجتبی صلوتی[2]، دکتر رحیم سروری[3]، فاطمه خدیوی درخشان[4]*

۱. کارشناس ارشد، گروه میکروبیولوژی، دانشکده علوم، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد زنجان
۲. دانشیار، دکتری تخصصی فیزیک پزشکی، مرکز تحقیقات بیولوژیک، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد زنجان
۳. دانشیار، دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی زنجان
۴. کارشناس ارشد میکروبیولوژی، باشگاه پژوهشگران جوان واحد مراغه، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد مراغه

چکیده

سابقه و هدف: نانوذرات نقره کاربرد وسیعی در علوم پزشکی، دارویی و بهداشتی دارند. معمولاً در روشهای فیزیکی و شیمیایی ساخت نانوذرات، مشکلاتی از جمله آلودگی محیط زیست، هزینه‌بر بودن و پیچیده بودن فرآیند سنتز وجود دارد. تولید زیستی نانوذرات نسبت به این روشها، ساده، کم‌هزینه و عاری از خطرات زیست محیطی می‌باشد. هدف از پژوهش حاضر تولید زیستی نانوذرات نقره با استفاده از باکتری باسیلوس می‌باشد.

مواد و روشها: باکتری‌های جنس باسیلوس با استفاده از مشاهدات مورفولوژیکی و آزمایشات اولیه تشخیصی بیوشیمیایی از خاکهای منطقه آینالی و معادن مس سونگون و مزرعه شهر اهر جداسازی شدند. سپس در محلول نیترات نقره ۱ و ۳/۵ میلی مولار با pH برابر با ۷ به مدت ۷۲-۴۸ معلق شدند. پس از تغییر رنگ محلول واکنش، بیومس باکتری با استفاده از اسپکتروفوتومتری UV-vis و تصویربرداری با میکروسکوپ الکترونی TEM مورد بررسی قرار گرفت. آزمایشات مولکولی، جهت تأیید جنس باکتری مورد نظر، انجام گردید.

یافته‌ها: از ۴۰ باکتری باسیلوس جداسازی شده از نمونه‌های خاک، تنها یک گونه جدا شده از معدن مس سونگون قادر به تولید نانوذرات نقره بود. نتایج به دست آمده از طریق تغییر رنگ محلول واکنش، اسپکتروفتومتری UV-vis و تصاویر میکروسکوپ الکترونی TEM نشان داد که باکتری باسیلوس مورد مطالعه، قادر به احیاء یون نقره به نانوذرات نقره به دو صورت داخل سلولی و خارج سلولی است. نانوذرات نقره تولیدی کروی شکل بوده، بیشتر بر روی دیواره خارجی سلول باکتری تجمع کرده و اندازه آنها در گستره ۵۰-۲۰ نانومتر بود.

نتیجه‌گیری: نتایج نشان داد باکتری باسیلوس جداسازی شده از معدن مس سونگون اهر قادر به تولید نانوذرات نقره می‌باشد.

واژگان کلیدی: نانوذرات، نانوذرات نقره، تولید زیستی، باسیلوس

لطفاً به این مقاله به صورت زیر استناد نمایید:
Shivai O, Salouti M, Sorouri R, Khadivi Derakhshan F. Biosynthesis of silver nanoparticles by Bacillus bacteria isolated from Sungun Copper. Pejouhandeh 2012;17(3):142-7.

مقدمه

تولید نانوذرات نقره یک دستاورد شگرف علمی از علم نانوتکنولوژی است که در عرصه‌های مختلف علوم پزشکی و صنایع مختلف مثل کشاورزی، دامپروری، آرایشی و بهداشتی کاربرد دارد (۱). از نانوذرات نقره می‌توان به عنوان دارو در درمان بیماریهای پوستی مانند جوش، انواع جراحات، سوختگیها، بیماریهای باکتریایی، بیماریهای قارچی، بیماریهای گوارشی، بیماریهای عفونی و بیماریهای جنسی استفاده کرد. در مواد دندانی، نانوذرات نقره با قطر ذرات اولیه کوچکتر از ۴۰ نانومتر به عنوان یک ضد باکتری در طول فرآیند پلیمریزاسیون استفاده می‌شوند (۲ و ۳). نانوذرات نقره به دو روش فیزیکی و

*نویسنده مسؤول مکاتبات: دکتر مجتبی صلوتی؛ زنجان، اعتمادیه، خیابان معلم، خیابان شهید منصوری، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد زنجان، معاونت آموزشی دانشگاه، کدپستی: ۴۵۱۵۶-۵۸۱۴۵؛ پست الکترونیک: saloutim@yahoo.com

شیمیایی تولید می‌شوند. روشهای فیزیکی و شیمیایی علاوه بر تحمیل هزینه‌های بالا، آلودگیهای زیست‌محیطی بسیاری را به همراه دارند. امروزه تولید زیستی نانوذرات نقره، به دلیل خصوصیات منحصر به فرد نانوذرات تولید شده، تمایل به گسترش روشهای سازگار با محیط زیست و صرف هزینه‌های کمتر، بسیار مورد توجه قرار گرفته است (۷-۴). در این روش از گیاهان و میکروارگانیسم‌هایی مانند باکتری‌ها، قارچها، مخمرها و اکتینومیست‌ها جهت تولید نانوذرات استفاده می‌شود. هنگامی که میکروارگانیسم‌ها در معرض نمک یون‌های فلزی قرار می‌گیرند، این مواد را از طریق مکانیزم کاتالیستی احیا و به صورت داخل سلولی و یا خارج سلولی تولید می‌کنند (۸). دستکاری ژنتیکی در باکتری‌ها به دلیل نداشتن هسته مشخص، به سهولت امکان‌پذیر بوده و تولید سویه صنعتی در آنها نسبت به سایر میکروارگانیسم‌ها آسانتر می‌باشد (۹). باسیلوس‌ها گروهی از باکتری‌های گرم مثبت، هوازی و آسان رشد هستند که دارای متابولیت‌های ثانویه فراوان می‌باشند (۱۰). تاکنون در مطالعات زیادی از باکتری جنس باسیلوس در تولید نانوذرات نقره و طلا استفاده شده است که نشان از کاربردی بودن این باکتری‌ها در تولید نانوذرات فلزی دارد. کالیموتهو و همکارانش برای اولین بار در سال ۲۰۰۸ گزارش نمودند که باکتری باسیلوس لیچنی فورمیس قادر به احیا یون نقره و تولید نانوذرات نقره است (۱۱). هدف از تحقیق حاضر شناسایی باکتری‌های باسیلوس جدا شده از خاک منطقه آینالی و خاک معادن مس سونگون و مزرعه اهر که توانایی تولید نانوذرات نقره را دارند، می‌باشد تا بدین ترتیب روشی برای تولید زیستی نانوذرات نقره در کشورمان ارائه شود. خاک منطقه آینالی به دلیل pH مناسب با رشد باسیلوس‌ها، و خاک معادن مس به دلیل وجود مقاومت در باکتری‌های موجود در این معادن در مقابل غلظت بالای فلزات سنگین، جهت نمونه‌برداری انتخاب شدند (۱۲).

مواد و روشها

نمونه‌برداری از خاک و جداسازی باکتری‌های باسیلوس

نمونه‌برداری از خاک منطقه آینالی واقع در کلیبر و خاک معادن مس سونگون و مزرعه شهر اهر صورت پذیرفت. از نمونه‌های خاک بلافاصله رقتهای 10^{-1} و 10^{-2} به صورت سری تهیه گردید. بدین منظور، ۱۰ گرم از خاک کدگذاری شده در ارلن‌مایر ۲۵۰ میلی‌لیتری ریخته و ۹۰ میلی‌لیتر آب مقطر به ارلن‌مایر مورد نظر اضافه شد. درب ارلن‌مایر با فویل آلومینیومی و پنبه کاملاً پوشانده شد و در شیکر به مدت ۳۰ دقیقه با سرعت ۲۰۰ دور در دقیقه و دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد تکان داده شد. از رقت اولیه ۱۰ میلی‌لیتر در ارلن‌مایر ۲۵۰ ریخته و مجددا ۹۰ میلی‌لیتر آب مقطر به آن اضافه گردید. بعد از پوشاندن درب ارلن مایر با فویل آلومینیومی، رقت دوم به مدت ۳۰ دقیقه با سرعت ۲۰۰ دور در دقیقه و دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد تکان داده شد. سپس با استفاده از محیط کشت نوترینت آگار و بعد از ۲۴ ساعت انکوباسیون در دمای $30^{o}C$، باکتری‌های باسیلوس بر اساس مشاهدات مورفولوژیکی کلونی و تست‌های اولیه تشخیصی بیوشیمیایی (گرم و اسپور) جداسازی شدند (۱۳).

بررسی توانایی تولید نانوذرات نقره توسط باسیلوس‌های جداسازی شده

ابتدا باکتری‌های باسیلوس جدا شده، در محیط کشت نوترینت آگار حاوی نیترات نقره ۳/۵ میلی‌مولار و pH ۷ در شرایط استریل کشت خطی داده شدند. بعد از ۲۴ ساعت گرمخانه‌گذاری پلیت‌ها، فقط در برخی از آنها کلونی تشکیل شده بود (به دلیل خاصیت ضد میکروبی نقره). سپس کلونی‌های رشد کرده در پلیت‌ها جهت بدست آوردن توده سلولی، به ارلن مایر حاوی ۵۰۰ میلی‌لیتر محیط نوترینت براث منتقل شدند و به مدت ۲۴ ساعت با سرعت ۲۰۰ دور در دقیقه در دمای $30^{o}C$ در انکوباسیون شیکردار انکوبه شدند. بعد از گذشت ۲۴ ساعت از رشد و تکثیر سلول‌ها، باکتری‌ها به وسیلهٔ سانتریفیوژ (سیگما مدل 30K30) با سرعت ۶۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۵ دقیقه، از محیط کشت جدا شدند. سپس در شرایط استریل سلول‌ها با سرم فیزیولوژی ۳ بار شستشو داده شدند. ۵ گرم وزن خیس توده‌های سلولی برداشته شد و در ۵۰ میلی‌لیتر از محلول نیترات نقره ۱ و ۳/۵ میلی‌مولار با pH ۷ درون ارلن‌مایر ۲۵۰ میلی‌لیتری در شرایط استریل و تاریکی به مدت ۷۲-۴۸ ساعت در داخل انکوباتور شیکر دار در دمای $30^{o}C$ درجه سانتی‌گراد، با سرعت ۲۰۰ دور در دقیقه انکوبه شدند (۱۱). در صورت مشاهده تغییر رنگ در هر یک از باکتری‌های باسیلوس جداسازی شده، بیومس باکتری‌های قادر به تولید نانوذرات نقره با استفاده از سانتریفیوژ با سرعت ۶۰۰۰ دور در دقیقه در مدت ۶ دقیقه جداسازی شد. رسوب حاصل به دو قسمت تقسیم شد و جهت آزمایشهای اسپکتروفوتومتری UV-vis و تصویربرداری با میکروسکوپ الکترونی TEM مورد استفاده قرار گرفت.

اسپکتروفتومتری UV–vis

نانوذرات نقره، امواج الکترومغناطیس را در ناحیه مرئی طیف (۴۷۰-۴۰۰) نانومتر جذب می‌کنند (۱۱ و ۱۴). به دلیل تولید

خارج سلولی نانوذرات نقره، از محلول جداشده ۵۰ میکرولیتر در داخل کووت ریخته و ۲۵ میکرولیتر آب مقطر به آن اضافه گردید و طیف‌سنجی UV–vis در طول موج ۷۰۰-۳۰۰ نانومتر صورت پذیرفت. از محلول بیومس به همراه نیترات نقره به عنوان محلول بلانک (در زمان صفر قبل از شیک انکوباسیون) استفاده گردید.

تصویربرداری میکروسکوب الکترونی TEM

دو گرم وزن خیس باکتری بعد از سه بار شستشو با سرم فیزیولوژی با گلوتار آلدئید ۲/۵ درصد به مدت ۱/۵ ساعت در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد انکوبه شد. بعد از شستشو با بافر فسفات به همراه تتراکسید اسمیوم ۱ درصد به مدت ۱ ساعت در دمای اتاق قرار گرفت. سپس نمونه جامد تهیه و در حدود یک تا دو میلی‌متر برش داده شد. مرحلهی آب‌گیری با درجات مختلف الکل انجام گرفت و سلول‌ها در مخلوط رزین و اکسید پروپیلن نگهداری و متعاقباً برای ۲ ساعت به محلول رزین خالص منتقل گردید. این ترکیب به مدت ۲ روز در آون با حرارت ۶۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت. سپس برشهای نازک ۷۰ نانومتری به وسیله دستگاه اولترا میکروتوم (مدل OMU_3) صورت پذیرفت و با روش قطره‌ای بر روی گرید مسی میکروسکوپ TEM سوار شد (۱۱ و ۱۴). سپس توسط میکروسکوب الکترونی TEM تصویربرداری انجام شد.

تأیید جنس باکتری تولید کننده نانوذرات نقره به روش مولکولی

علاوه بر مشاهدات مورفولوژیکی و انجام آزمایشات بیوشیمیایی (گرم، اسپور و تست کاتالاز) از تعیین توالی 16S rRNA نیز جهت تأیید جنس باکتری مورد نظر استفاده شد. با استفاده از روش جوشاندن (boiling)، استخراج DNA ژنومیک از باکتری مورد مطالعه انجام گرفت. با استفاده از پرایمرهای F:5'-GAGTTTGATCCTGGCTCAG-3 و R:5'-AGAAAGGAGGTGATCC-3، محلول PCR (شامل ۵ میکرولیتر DNA، پرایمر forward و reverse هر کدام ۱ میکرولیتر، بافر PCR ۲/۵ میکرولیتر، ۰/۵ میکرولیتر $MgCl_2$، ۰/۲ میکرولیتر Taq، ۰/۲۵ میکرولیتر dNTP و آب دیونیزه ۱۵ میکرولیتر) در دستگاه ترمال سایکلر تحت ۳ دوره حرارتی مطابق با اطلاعات جدول ۱، قرار داده شد. سپس محصول PCR در ژل الکتروفورز با مارکر 1 kb DNA شرکت فرمنتاز بارگذاری شد (۱۵). از DNA باسیلوس *Bacillus subtilis subsp. subtilis ATTC6051* به عنوان کنترل مثبت در الکتروفورز استفاده شد.

یافته‌ها

جداسازی باکتری‌های باسیلوس تولیدکننده نانوذرات نقره

از ۴۰ رده باکتری باسیلوس که بر اساس مورفولوژی و تست‌های بیوشیمیایی از خاک منطقه آینالی و معادن مس سونگون و مزرعه شهر اهر جدا سازی شده بودند، فقط ۲۵ گونه باکتری قادر به رشد در محیط نوترینت آگار حاوی نیترات نقره بودند و از این تعداد، تنها یک گونه باکتری جدا شده از معدن مس سونگون اهر، قادر به احیا یون‌های نقره به نانوذرات نقره در هر ۲ غلظت ۱ و ۳/۵ میلی مولار از نیترات نقره بود. مشاهده تغییر رنگ محلول واکنش اولین مرحله در تأیید سنتز نانوذرات نقره می‌باشد. شکل ۱ الف نشاندهنده سلول‌های باکتری باسیلوس بعد از برداشت از محیط کشت مایع نوترینت براث و قبل از غوطه‌ور شدن در محلول نیترات نقره است. بعد از گذشت ۷۲- ۴۸ ساعت رنگ محلول به رنگ صورتی تغییر کرد (شکل ۱ ب). تغییر رنگ نمایانگر تولید نانوذرات نقره، توسط باسیلوس جداسازی شده از معدن مس سونگون اهر بود.

اسپکتروفتومتری UV-vis

در نمودار ۱، یک پیک مشخص در طول موج ۴۰۰ نانومتر از محلول رویی باکتری باسیلوس مشاهده می‌شود که نشاندهنده وجود نانوذرات نقره در محلول واکنش است. بر اساس منابع معتبر نانوذرات نقره در بازه ۴۵۰-۴۰۰ نانومتر پیک نشان می‌دهند (۸ و ۱۱). محلول کنترل هیچ پیکی را در بازه ۷۰۰-۳۰۰ نانومتر نشان نداد.

جدول ۱. اطلاعات مربوط به PCR انجام شده جهت تأیید جنس

ردیف	دما (درجه سانتی‌گراد)	زمان (دقیقه)	تعداد چرخه
سیکل اول	۹۵	۳	۱
	۹۴	۱	
سیکل دوم	۵۸	۱	۳۰
	۷۲	۲	
سیکل سوم	۷۲	۱۰	۱

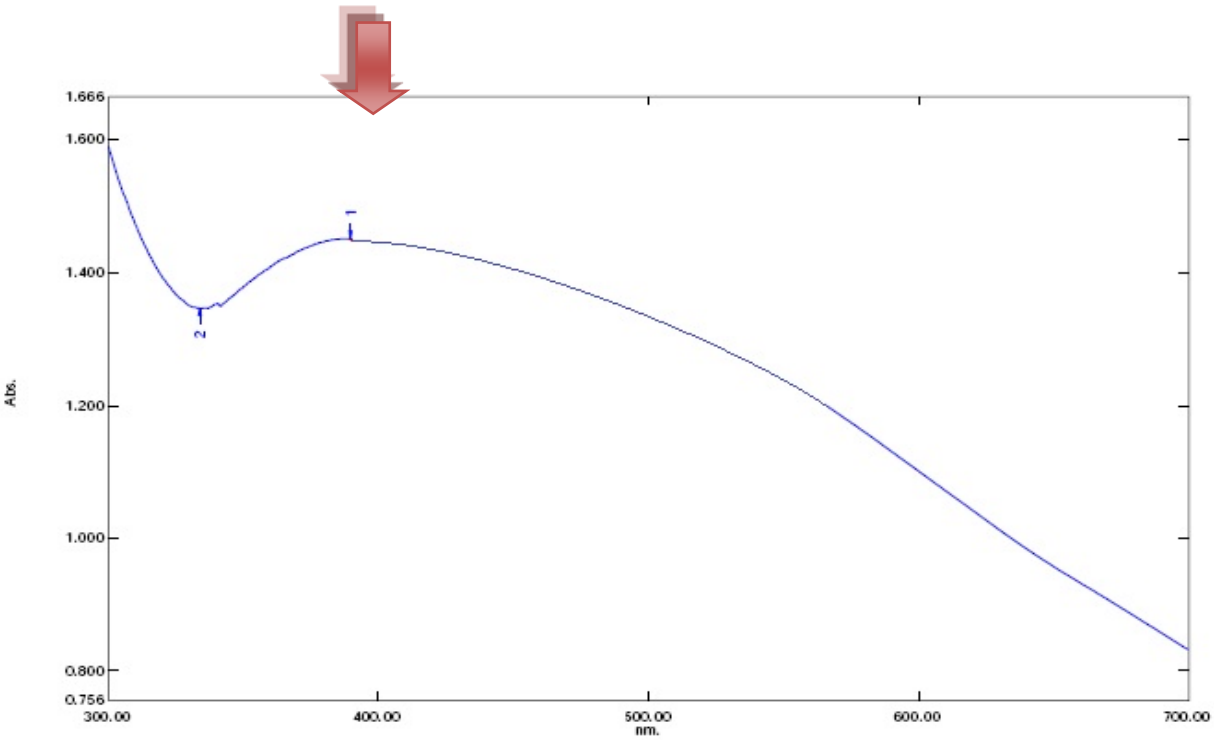
شکل ۱) تولید نانوذرات نقره توسط باسیلوس جداسازی شده از خاک معدن مس سونگون شهر اهر. (الف) سلول‌های باسیلوس قبل از غوطه‌ور شدن در محلول نیترات نقره و (ب) بعد از غوطه‌ور شدن در محلول نیترات نقره

میکروسکوپ الکترونی TEM

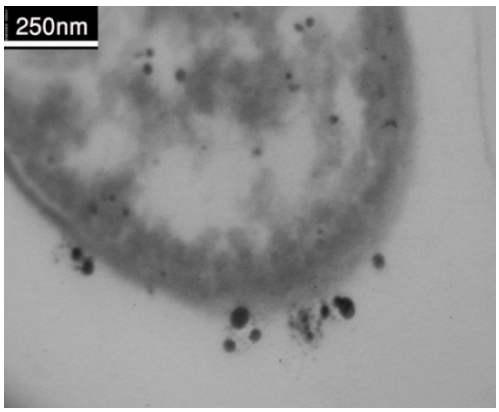
تصاویر میکروسکوپ الکترونی TEM تولید نانوذرات نقره را به صورت داخل سلولی و خارج سلولی اثبات کرد. در شکل ۲ می‌توان به طور واضح وجود نانوذرات را در داخل و خارج سلول مشاهده کرد. اندازه نانوذرات نقره تولید شده توسط این باکتری در گستره ۵۰-۲۰ نانومتر و شکل آنها کروی است.

تأیید جنس باکتری تولیدکننده نانوذرات نقره با روش مولکولی

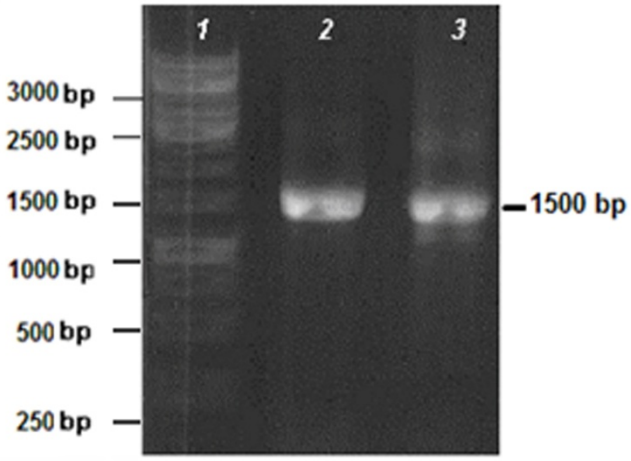
پس از قطعی شدن توانایی تولید نانوذرات نقره در باکتری مورد نظر، تأیید جنس باکتری مورد مطالعه با استفاده از روش مولکولی صورت پذیرفت. پس از استخراج DNA و انجام PCR، برای اطمینان از انجام PCR و بررسی محصول آن از الکتروفورز ژل آگاروز استفاده شد. محصول PCR به طور اختصاصی تکثیر شد و در ژل آگاروز تنها یک باند ۱۵۰۰bp مشاهده شد (شکل ۳). مکان باند مشاهده شده مربوط به DNA باکتری تولید کننده نانوذرات نقره با باند مربوط به DNA باسیلوس کنترل مثبت (Bacillus subtilis subsp. subtilis ATTC6051) و سایز مارکر با طول ۱۵۰۰ bp یکسان بود که نشان دهنده تشابه باکتری تولید کننده نانوذرات نقره با جنس باسیلوس است.



نمودار ۱. طیف اسپکتروفتومتری مربوط به محلول رویی باکتری باسیلوس جداسازی شده از معدن مس سونگون اهر



شکل ۲: تصویر میکروسکوپ الکترونی TEM از باسیلوس جداسازی شده از معدن مس سونگون اهر. تولید نانوذرات نقره در داخل و خارج سلول باسیلوس قابل مشاهده است.



شکل ۳- نتیجه PCR مربوط به 16S rRNA، نمونه باسیلوس مولد نانوذرات نقره. ستون اول: سایز مارکرها (1 kb DNA شرکت فرمنتاز)، ستون دوم: باسیلوس کنترل مثبت (Bacillus subtilis subsp. subtilis ATTC6051) و ستون سوم باکتری تولید کننده نانوذرات نقره

بحث

تولید زیستی نانوذرات از جمله نانوذرات نقره یکی از بهترین روشهای تولید نانوذرات به شمار می‌آید که به دلیل عدم آلودگی محیط زیست، رو به گسترش است (۴). در این تحقیق سعی شد تا با بهره‌گیری از باسیلوس‌های جدا شده از خاک معادن مس اهر و منطقه آینالی، باکتری‌های بومی برای تولید زیستی نانوذرات نقره معرفی گردد. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که از بین ۴۰ رده باکتری باسیلوس جداسازی شده، تنها یک رده از باکتری باسیلوس به دست آمده از معدن مس سونگون می‌تواند در مدت ۳-۲ روز یون‌های نقره را به عنصر نقره تبدیل کند و نانوذرات نقره را به صورت داخل سلولی و خارج سلولی تولید کند. زمانی که باکتری در محلول آب و نقره معلق گردید رنگ محلول نقره که در ابتدا به رنگ سفید بود با گذشت ۴۸ ساعت به رنگ صورتی تغییر پیدا کرد، آشکار شدن رنگ صورتی در توده زیستی بعد از واکنش با یون‌های نقره، یک شاخص واضح از تبدیل شدن یون‌های فلزی به فلز نقره و تشکیل نانوذرات نقره می‌باشد. باکتری‌هایی که قادر به احیا یون نقره هستند رنگ محلول نقره را به صورتی، ارغوانی، قهوه‌ای، زرد و خاکستری تغییر می‌دهند. دلیل ایجاد رنگهای متفاوت، ناشی از شرکت عوامل بیولوژیکی مختلف از باکتری‌ها جهت احیای یون‌های نقره به نانوذرات می‌باشد که منجر به تولید نانوذرات با ابعاد و اشکال متفاوت شده و نهایتاً رنگهای مختلفی از نانوذرات ظاهر می‌گردد (۳). نتایج حاصل از این تحقیق نشان می‌دهد که باسیلوس جداسازی شده در این تحقیق توانایی رشد در غلظتهای ۱ و ۳/۵ میلی مولار از نیترات نقره را دارد در حالیکه باسیلوس گزارش شده توسط کالیموتهو و همکارانش توانایی تولید نانوذرات را تنها در غلظت ۱ میلی مولار نقره نشان داده است. توانایی مقاومت در مقابل غلظت ۳/۵ میلی مولار نیترات نقره با توجه به خاصیت ضد باکتریایی شدید نانوذرات نقره نشان دهنده وجود ظرفیت بالای این باکتری در تحمل غلظتهای بالا بوده که در نتیجه می‌توان با تغییر در دیگر شاخصها میزان تحمل باکتری و در نتیجه میزان تولید را بالا برد.

نتایج حاصل از طیف سنجی UV-vis از محلول رویی و رسوب باکتری باسیلوس ایزوله شده از معدن مس سونگون اهر بعد از معلق شدن در محلول نیترات نقره ۳/۵ میلی مولار، در طول موج ۴۰۰ نانومتر جذب نشان داد. جذب مورد نظر مطابق با پیک‌های دیده شده در سایر باکتری‌ها و قارچهای تولید کننده نانوذرات نقره در تحقیقات مشابه در سایر کشورها است (۱۱). طیف جذبی باکتری باسیلوس جداسازی شده در این تحقیق با طیف به دست آمده از باسیلوس لچنی فورمیس جدا شده از فاضلاب توسط کالیموتهو در کشور هند قابل مقایسه است (۱۱). آماده‌سازی سریع توده سلولی در احیا یون نقره از دیگر پارامترهای بسیار مهم در تولید زیستی نانو ذرات نقره است. باکتری باسیلوس جداسازی شده در این تحقیق علاوه بر سهولت رشد، قادر است در مدت ۷۲ ساعت یون نقره را احیا کند. از طرف دیگر تولید نانوذرات به صورت خارج سلولی از دیگر پارامترهای بسیار مهم در تولید زیستی نانوذرات است، چون در این صورت استحصال نانو ذرات بسیار آسان بوده و هزینه کمتری را جهت تخلیص نانوذرات تحمیل می‌کند. عکسهای میکروسکوپ الکترونی TEM، نشان داد که بیشترین تولید نانوذرات نقره به صورت خارج سلولی بوده و گستره اندازه نانوذرات به دست آمده از ۵۰-۲۰ نانومتر است. عکسهای TEM این باکتری، گویای کروی بودن نانوذرات تولید شده و اندازه نزدیک به هم آنها است.

جداسازی باکتری باسیلوس مورد بررسی از خاک معدن مس، نشان می‌دهد که این باکتری مقاوم به فلزات سنگین بوده و می‌توان از آن در تولید زیستی دیگر نانوذرات فلزی بهره جست. امید است بتوان با بهینه‌سازی شرایط محیط کشت، pH، غلظت نیترات نقره و سایر شاخصهای مربوطه، در آینده از باکتری باسیلوس جدا سازی شده در این تحقیق در تولید صنعتی نانوذرات نقره بهره‌برداری نمود.

نتیجه‌گیری

باکتری باسیلوس جداسازی شده از خاک معدن مس اهر، توانایی احیا یون‌های نقره به نانوذرات نقره را داراست.

REFERENCES

1. Souza GIH, Macato PD, Duran N, Esposito E. Utilization of Fusarium oxysporum in the biosynthesis of silver nanoparticles and its antibacterial activities. In: Proceedings if the IX National Meeting of Environmental Micribiology; 2004:25.

2. Mahapatra SS, Karak N. Silver nanoparticles in hyperbranched polyamine: Synthesis, characterization and antibacterial activity. Mater Chem Phys 2008;112(3):1114-9.

3. Sondi I, Salopek- Sondi B. Silver nanoparticles as antimicrobial agent: a case study on E.coli as a model for Gram-negative bacteria. J Colloid Interface Sci 2004;275(1):177-82.

4. Sharma VK, Yangard RA, Lin Y. Silver nanoparticles: Green synthesis and their antimicrobial activities. Adv Colloid Interface Sci 2009;145(1-2):83-96.

5. Haefeli C, Franklin C, Hardy K. Plasmid-determined silver resistance in Pseudomonas stutzeri isolated from a silver mine. J Bacteriol 1984;158(1):389-92.

6. Mandal D, Bolander ME, Mukhopadhyay D, Sarkar G, Mukherjee P. The use of microorganisms for the formation of metal nanoparticles and their application. Appl Microbiol Biotechnol 2006;69(5):485-92.

7. Mohanpuria P, Rana NK, Yadav SK. Biosynthesis of nanoparticles: technological concepts and future applications. J Nanopart Res 2008;10:507-17.

8. Ahmad A , Mukherjee P, Senapati S, Mandal D, Islam Khan M, Kumar R, et al. Extracellular biosynthesis of silver nanoparticles using the fungus Fusarium oxysporum. Colloids Surf B Biointerfaces 2003;28(4):313-8.

9. Nanda A, Saravanan M. Biosynthesis of silver nanoparticles from Staphylococcus aureus and its antimicrobial activity against MRSA and MRSE. Nanomedicine 2009;5(4):452-6.

10. Debabov VG. The industrial use of bacilli. In: Dubnau DA editor. The molecular biology of the bacilli. New York: Academic Press;1985.p.331-70.

11. Kalimuthu K, Suresh Babu R, Venkataraman D, Bilal M, Gurunathan S. Biosynthesis of silver nanocrystals by Bacillus licheniformis. Colloids Surf B Biointerfaces 2008;65(1):150-3.

12. Silver S. Bacterial silver resistance: molecular biology and uses and misuses of silver compounds. FEMS Microbiol Rev 2003;27(2-3):341-53.

13. Dhanasekaran D, Rajakumar G, Sivamani P, Selvamani S, Panneerselvam A, Thajuddin N. Screening of salt pans Actinomycetes for antibacterial agents. Internet J Microbiol 2005;1(2).

14. Yoon JH, Lee ST, Park YH. Inter- and intraspecific phylogenetic analysis of the genus Nocardiaoides and related taxa based on 16 S rRNA sequences. Int J Syst Bacteriol 1998;48(1):187-94.

15. Ingle A, Rai M, Gade A, Bawaskar M. Fusarium solani: a novel biological agent for the extracellular synthesis of silver nanoparticles. J Nanopart Res 2009;11:2079-85.