

## بیوسنتز نانو ذرات نقره توسط یک سویه بومی آکتینومیست جدا شده از خاک‌های دریاچه نمک قم

شیدنا نادر نیا<sup>۱</sup>، سید سهیل آقائی<sup>۱\*</sup>، محمدعلی قاسم‌زاده<sup>۲</sup>

۱. گروه میکروپ شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد قم، قم، ایران

۲. گروه شیمی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد قم، قم، ایران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۹/۲۷؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۲/۱۰)

### چکیده

**سابقه و هدف:** توانایی میکروارگانیسم‌ها برای تولید نانوذرات در اندازه، شکل و مورفولوژی‌های مختلف، باعث شده این روش در سال‌های اخیر توجه زیادی را به خود جلب کند. هدف از پژوهش حاضر تولید نانو ذرات نقره توسط سویه بومی آکتینومیست تحمل کننده نمک جدا شده از خاک‌های دریاچه قم می‌باشد.

**مواد و روش‌ها:** در تحقیق حاضر تولید و خصوصیات نانو ذرات نقره توسط جدایه ی آکتینومیست نمک دوست مورد بررسی قرار گرفت. برای تولید نانو ذرات نقره، جدایه ی آکتینومیست نمک دوست به محلول ۳-۱۰ مولار نیترات با pH برابر ۷/۲ به محیط مایع M9 اضافه شد. بیومس باکتری با استفاده از طیف نگاری جذبی فرابنفش و مرئی (UV-VIS)، طیف سنجی مادون قرمز (FT-IR)، پراش پرتو ایکس (XRD)، پراکندگی نوری دینامیک (DLS) و میکروسکوپ الکترونی عبوری (TEM) مورد بررسی قرار گرفت.

**یافته‌ها:** نتایج به دست آمده از بررسی‌های انجام شده به روش طیف نگاری جذبی فرابنفش و مرئی (UV-VIS)، طیف سنجی مادون قرمز (FT-IR) و پراش پرتو ایکس (XRD) نشان داد که جدایه‌های آکتینومیست پس از تلقیح شدن در محلول ۳-۱۰ مولار نیترات نقره، قادر به احیاء یون نقره به نانوذرات نقره هستند روش پراکندگی نوری دینامیک (DLS) و میکروسکوپ الکترونی عبوری (TEM) نشان داد که میانگین اندازه نانوذرات نقره به دست آمده در جدایه آکتینومیست ۱۰-۲۸ نانومتر می‌باشد. تولید نانوذرات نقره به صورت خارج سلولی بود. **نتیجه‌گیری:** نتایج نشان داد جدایه‌های آکتینومیست بومی جدا شده از خاک‌های دریاچه نمک قم قادر به تولید نانوذرات نقره می‌باشد.

### کلیدواژگان

آکتینومیست‌های نمک دوست، تولید زیستی، نانوذرات نقره.

\* نویسنده مسئول، رایانامه: soheilaghvae@yahoo.com



## مقدمه

واژه فناوری نانو اولین بار توسط نوریو تانیگوچی استاد علم دانشگاه توکیو مطرح شد و این واژه را برای توصیف ساخت مواد دقیقی که محدوده ابعادی آن‌ها در حد نانومتر می‌باشد به کار برد. پیشوند نانو در فناوری نانو از یک کلمه یونان نانوس به معنی کوتوله مشتق شده است. نانو تکنولوژی عامل توسعه‌های تکنولوژی در معیار نانومتر عموماً ۰/۱ تا ۱۰۰ نانومتر است (پتو و همکاران، ۲۰۰۳. واتسون و همکاران، ۲۰۰۱. کومار و همکاران، ۲۰۰۳. چاندراس و همکاران، ۲۰۰۳). سنتز بیولوژیکی نانو ذرات از موجودات پروکاریوتی ساده تا محدوده یوکاریوت‌های چندسلولی نظیر قارچ‌ها و گیاهان برای سنتز نانو ذرات فلزی بیان می‌کند (مندل و همکاران، ۲۰۰۶) (کیوی و همکاران، ۲۰۰۳). مکانسیم دقیق برای سنتز نانوذرات توسط عوامل بیولوژیکی هنوز تصور نشده بود. دلیل این است که عوامل بیولوژیکی مختلف واکنش‌های متفاوتی با یون فلزات نشان می‌دهند که منجر به تشکیل نانوذرات خواهد شد. بسیاری از میکروارگانیسم‌ها مواد معدنی داخل سلولی یا خارج سلولی تولید می‌کنند اما مکانسیم برای سنتز داخل یا خارج نانوذرات توسط عوامل بیولوژیکی مختلف متفاوت است. روش داخل سلولی شامل: حمل و نقل یون خاص در سلول میکروبی می‌باشد. در سنتز درون سلولی دیواره سلولی میکروارگانیسم‌ها نقش مهمی را ایفا می‌کنند مکانسیم شامل تعامل الکتروستاتیک از بار مثبت یونهای فلزی با بار منفی دیواره سلولی است. آنزیمی که در دیواره سلولی هستند به یون نانو ذرات کاهش می‌دهد و این نانو ذرات از طریق دیواره سلولی منتشر شده است (نیر و همکاران، ۲۰۰۲). اکتینومیست‌ها پروکاریوت‌هایی هستند که قدرت تولید متابولیت‌های مختلفی را دارا هستند آن‌ها متابولیت‌های اولیه و ثانویه زیادی تولید

می‌کنند (والی و همکاران، ۲۰۱۲. پترو و همکاران، ۲۰۰۶). اکتینوباکتری‌های جداسازی شده از اکوسیستم‌های متفاوت به عنوان تولیدکننده بالقوه نانوذرات نقره شناخته شده‌اند. بیوسنتز نانو ذرات تنها برای گونه‌های ترمونوسپورا (سستری و همکاران، ۲۰۰۳)، رودوکوکوس (احمد و همکاران، ۲۰۰۳) و استرپتومایسس گزارش شده است. تولید نانوذرات طلا با استفاده از اکتینوباکتری‌ها از جنبه اقتصادی و دارویی مهم و قابل اعتماد و دوستدار محیط زیست می‌باشد. در اکتینومیست‌ها احیای یونهای فلزی در سطح میسلیم همراه با غشای سیتوپلاسمی منجر به تشکیل نانوذرات می‌شود (احمد و همکاران، ۲۰۰۳). اندازه نانوذرات داخل سلولی بین ۱ تا ۴۰ نانومتر تغییر کرده و اندازه نانوذرات که خارج سلول باکتری رسوب کرده بین ۱ تا ۲۰۰ نانومتر گزارش شده‌اند (ماکرجی و همکاران، ۲۰۰۱). سنتز میکروبی نانو ذرات یک رویکرد "شیمی سبز" در بهم پیوستن نانو تکنولوژی و بیو تکنولوژی میکروبی است (ناراین و همکاران، ۲۰۱۰). نانوذرات توسط طیف نگاری جذبی فرابنفش و مرئی (UV-VIS)، طیف سنجی مادون قرمز (FT-IR)، پراش پرتو ایکس (XRD)، تبدیل پراکندگی نوری دینامیک (DLS) و میکروسکوپ الکترونی عبوری (TEM) قابل تشخیص و تایید است. دریاچه نمک قم یک محیط طبیعی و مناسب برای جداسازی میکروارگانیسم‌های نمک دوست به منظور کسب اطلاعات بیشتر درباره تنوع میکروبی منطقه است.

## مواد و روش‌ها

### تهیه بیومس جدایه‌ی اکتینومیست برای شناسایی نانوذرات نقره

برای تلقیح شدن اکتینومیست‌های جداسازی شده در محلول ۱ میلی مولار نیترات نقره، ابتدا باید بیومس مورد نظر به دست آید. از کشت ذخیره جدایه ی



### آنالیز طیف نگاری جذبی فرابنفش و مرئی (UV-VIS) نمونه

بعد از شناسایی نمونه ی مثبت جدایه اکتینومیست حاصل از نیترات نقره از روی تغییر رنگ سفید به قهوه ای، اولین مرحله برای اثبات تولید نانوذرات توسط جدایه‌های اکتینومیست آنالیز طیف سنجی فرابنفش و مرئی می‌باشد. ۵۰ میکرولیتر محلول نمونه مثبت جدایه اکتینومیست، و ۲۹۵۰ میکرولیتر آب مقطر داخل کووت اضافه و برای اندازه گیری طیف، داخل دستگاه طیف نگاری جذبی فرابنفش و مرئی (UV-VIS) مدل CARY 100 Conc قرار داده شد و نتایج یادداشت شد (پریکو همکاران، ۲۰۰۸).

### آنالیز طیف سنج تبدیل فوریه (FT-IR) نمونه

بعد از واکنش سلول‌های جدایه اکتینومیست با محلول ۱ میلی مولار نیترات نقره ۰/۱ گرم وزن خیس سلول ته نشین شده جدایه اکتینومیست به دست آمده از محلول ۱ میلی مولار نیترات نقره در آن با گرمای ۵۰ درجه سانتی گراد به مدت ۲۴ ساعت قرار گرفت تا نمونه‌ها کاملا خشک شوند. نمونه‌های خشک شده در دستگاه تبدیل فوریه مدل WQF\_510 قرار داده و نتایج ثبت گردید (ری و همکاران، ۲۰۱۰).

### آنالیز پراش پرتو ایکس (XRD) نمونه

به منظور آنالیز پراش پرتو ایکس ۰/۱ گرم وزن سلول ته نشین شده جدایه اکتینومیست در آن با گرمای ۵۰ درجه سانتی گراد به مدت ۲۴ ساعت قرار گرفت تا نمونه‌ها کاملا خشک شوند. نمونه‌های خشک شده به آزمایشگاه پراش پرتو ایکس بخش نانوفناوری دانشگاه صنعتی شریف منتقل و مورد ارزیابی و سنجش قرار گرفت. سپس نتایج با نرم افزار تفسیر X' Pert High Score تجزیه و تحلیل شد (گاپینت و همکاران، ۲۰۱۲).

اکتینومیست که قبلا توسط آقای دکتر آقایی و خانم فخاریان از خاک‌های دریاچه نمک قم شناسایی شده روی محیط کشت استارچ کازیین آگارکشت داده. بعد از گرماگذاری ۴-۵ روز در دمای ۳۰ درجه سانتی گراد کلنی‌های رشد یافته را برداشت نموده و در ۵۰ میلی لیتر محیط کشت مایع (Isp<sub>1</sub>) با pH برابر ۷/۲ اضافه شد. جدایه تلقیح شده در محیط کشت مایع Isp<sub>1</sub> به مدت ۴ روز در دمای ۳۰ درجه سانتی گراد و در ۱۸۰ دور در دقیقه گرماگذاری شد. بعد از گذشت این زمان، ۹۰ میلی لیتر محیط M<sub>9</sub> داخل ارلن‌های ۵۰۰ میلی لیتر اضافه شده سپس ۱۰ میلی لیتر از جدایه‌های تلقیح شده به آن اضافه و به مدت ۴ روز در دمای ۳۰ درجه سانتی گراد و در ۱۸۰ دور در دقیقه گرماگذاری شد (به ازای یک نمونه جدایه اکتینومیست دو ارلن تهیه شده). بعد از گذشت این زمان محتوی یکی از ارلن‌ها را به داخل فالکون اضافه و در ۱۲۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۲۰ دقیقه در دمای ۵ درجه سانتی گراد سانتریفیوژ شده و مایع رویی جدایه اکتینومیست از سلول ته نشین شده جدایه اکتینومیست جدا گردید (اسمیت و همکاران، ۲۰۰۶) (کرن و همکاران، ۲۰۰۶).

### ارزیابی اولیه تولید نانوذرات نقره توسط جدایه اکتینومیست

مایع رویی جدایه اکتینومیست به ارلن مایر ۲۵۰ میلی لیتر اضافه و ۰/۰۰۵ گرم نیترات نقره به آن اضافه شد و به ارلن دیگری که خود جدایه اکتینومیست می‌باشد همین مقدار نیترات نقره افزوده شد و ارلن مایرها در دمای ۳۰ درجه سانتی گراد، در ۱۸۰ دور در دقیقه به مدت ۷۲ ساعت گرماگذاری شدند. بر اساس نوع تغییر رنگ نیترات نقره به همراه جدایه اکتینومیست، از سفید به قهوه ای نتایج یادداشت شد (گارد و همکاران، ۲۰۰۲) (شانکر و همکاران، ۲۰۰۴).

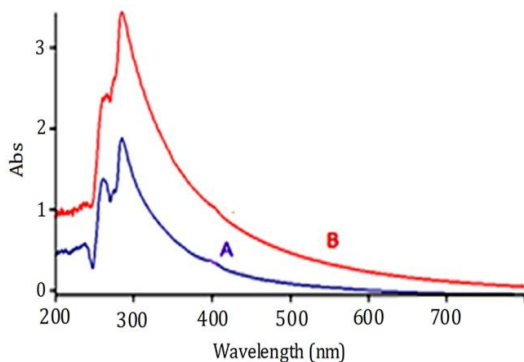




شکل ۱- تولید نانوذرات نقره (الف) قبل و (ب) بعد از تلقیح شدن سلول‌های جدایه اکتینومیست در محلول  $AgNO_3$

### آنالیزهای تاییدی جدایه ای اکتینومیست تولیدکننده نانوذرات نقره

اسپکتروفتومتر: پس از مشاهده تغییر رنگ حاصله از احیای یون‌های فلزی به نانوذرات، نمونه‌ها توسط اسپکتروفتومتر بررسی شدند. نتایج اسپکتروفتومتر نشان داد که نانوذرات نقره به صورت خارج سلولی دارای بیشینه جذب در حدود ۴۰۳ نانومتر بودند (شکل ۲).



شکل ۲- (A) طیف‌های UV-Vis ضبط شده از محلول سوپرناتانت و (B) طیف بدون سوپرناتانت جدایه اکتینومیست غوطه ور شده در محلول  $AgNO_3$

آنالیز طیف سنج تبدیل فوریه: پیک ( $cm^{-1}$ )  $3392/17$  و ( $1656/55 cm^{-1}$ ) نشان دهنده پیک جذبی نانوذرات نقره است (شکل ۳) آنالیز طیف FT-IR نانو ذرات نقره را نشان می‌دهد.

### آنالیز پراکندگی نوری دینامیک (DLS) نمونه

در این مرحله ۰/۵ گرم وزن سلول ته نشین شده جدایه اکتینومیست حاصل از محلول ۱ میلی مولار نیترات نقره را به میکروتیوپ استریل اضافه و سپس ۱/۵ میلی لیتر آب دوبار تقطیر به آن اضافه شد و اولتراسونیک انجام شد و نمونه ی آماده شده را به آزمایشگاه آنالیز پراکندگی نوری دینامیک بخش نانوفناوری دانشگاه صنعتی شریف منتقل و مورد ارزیابی و سنجش قرار گرفت (کومار و همکاران، ۲۰۰۳).

### آنالیز میکروسکوپ الکترونی عبوری (TEM) نمونه

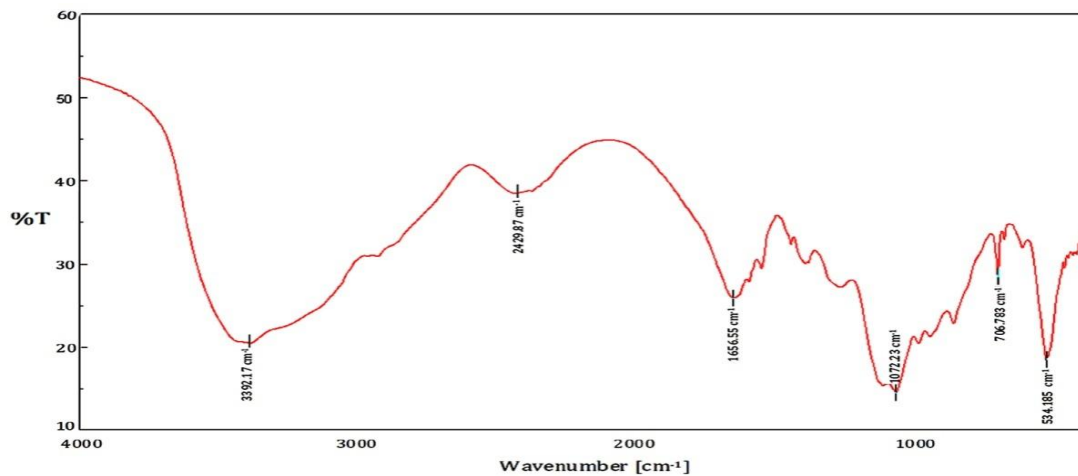
آماده سازی نمونه جدایه‌های اکتینومیست به منظور اندازه گیری میکروسکوپ الکترونی عبوری بعد از واکنش جدایه اکتینومیست با محلول ۱ میلی مولار نیترات نقره ۰/۵ گرم وزن سلول ته نشین شده جدایه اکتینومیست را ۳ مرتبه با آب مقطر شستشو داده شد و سپس به نمونه ۱/۵ میلی لیتر آب دوبار تقطیر اضافه شد و اولتراسونیک انجام شد و نمونه ی آماده شده توسط میکروسکوپ الکترونی عبوری (TEM) علوم پزشکی دانشگاه شهیدبهشتی مورد ارزیابی و سنجش قرار گرفت (همت و همکاران، ۲۰۱۰).

### نتایج

#### تولید نانوذرات نقره توسط جدایه‌های اکتینومیست

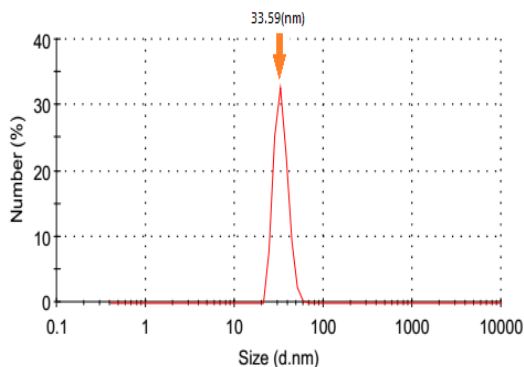
جدایه اکتینومیست تلقیح شده در محلول  $AgNO_3$  دارای رنگ قهوه ای بوده و خود محلول  $AgNO_3$  نیز بی رنگ بوده. جدایه اکتینومیست بعد از گرماگذاری ۷۲ ساعته در دستگاه انکوباتور شیکر دار تغییر رنگ به قهوه ای مشاهده گردید. شکل (۱) نشان دهنده تولید نانوذرات نقره قبل و بعد از تلقیح شدن سلول‌های جدایه اکتینومیست در محلول  $AgNO_3$  است.





شکل ۳- الگوی طیف FT-IR نانو ذرات نقره تولید شده توسط جدایه اکتینومیست

شکل (۵) میانگین اندازه نانوذرات نقره تولید شده توسط جدایه‌های اکتینومیست ۵۹/۳۳ نشان داده است.

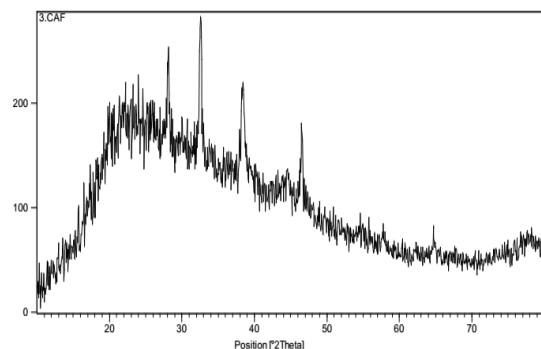


	Diam. (nm)	% Number
Peak 1:	33.59	100.0

شکل ۵- آنالیز پراکندگی دینامیکی نور (DLS) نانو ذرات نقره تولید شده توسط جدایه اکتینومیست

**مطالعات TEM:** به منظور مقایسه اندازه، مورفولوژی و یکنواختی توزیع نانوذرات تولید شده تصویر TEM تهیه شد. مشخص است که ذرات به طور عمده به شکل کره‌ای بوده در محدوده اندازه ۱۰۰-۲۸ نانومتر بوده در برخی از نواحی به صورت انباشته یا پراکنده کنار هم قرار دارند شکل (۶).

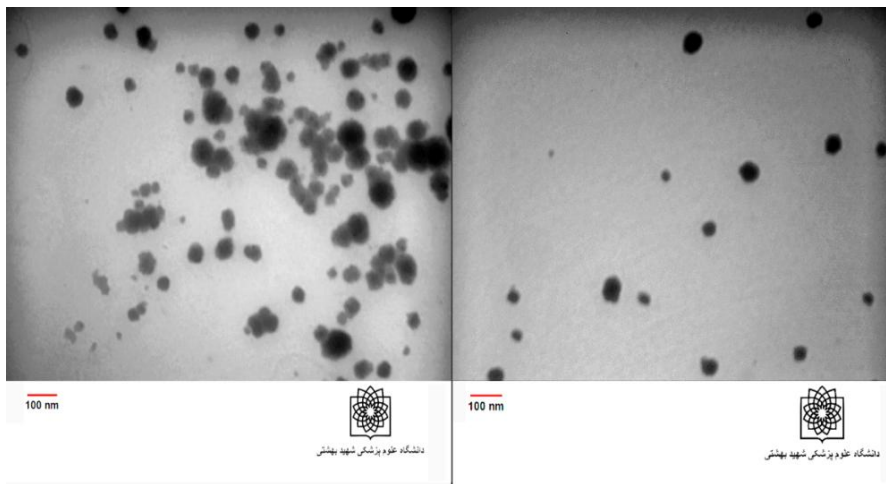
**آنالیز پراش اشعه ایکس:** به وسیله این آزمون می‌توان حضور حالت عنصر از یک فلز را از سایر ظرفیت‌های آن تشخیص داد. بر اساس نرم افزار تفسیر X' Pert Highscore حضور حداکثر پیک‌ها در موج‌های (۳۸)، (۴۴)، (۶۴)، (۷۷) و (۸۱) نشان دهنده فلز نقره که پیک‌های موجود در منحنی به دست آمده از جدایه‌های اکتینومیست، کاملاً با این موج‌ها منطبق بود. شکل (۴) نشان دهنده طیف XRD حاصل از نانوذرات تولیدی نقره توسط جدایه‌ها است.



شکل ۴- طیف تفرق اشعه ایکس (XRD) نانو ذرات نقره تولید شده توسط جدایه اکتینومیست

**آنالیز روش پراکندگی دینامیکی نور:** آنالیز DLS نشان دهنده توزیع اندازه نانوذرات نقره است در





نانوذرات نقره

شکل ۶- تصویر میکروسکوپ الکترونی عبوری نانوذرات نقره خاج سلولی سنتز شده توسط جدایه بومی اکتینومیست

## بحث

کاربرد گسترده نانو ذرات نقره در علوم پایه، پزشکی و صنعت نیاز روز افزون به تولید نانوذرات نقره، توجه دانشمندان را به تولید ارزان، سریع و سازگار با محیط زیست این نانوذرات، معطوف نموده است. روش‌های شیمیایی و فیزیکی تولید نانوذرات نقره گران، سخت و همراه با آلودگی‌های زیست محیطی است. اما تولید زیستی علاوه بر سازگاری با طبیعت، ساده و ارزان می‌باشد. تولید نانوذرات نقره از طریق سیستم‌های زیستی مخصوصا باکتریایی یکی از بهترین روش‌های تولید سازگار با طبیعت، بشمار می‌رود. باکتری‌ها علاوه بر آسانی رشد و سهولت انجام فرآیندهای صنعتی، به دلیل نبود هسته، مستعد دستکاری‌های ژنتیکی برای افزایش راندمان کاری نیز هستند. در این میان باکتری‌هایی که قادر به انجام فرآیند تولید، به صورت سریع و خارج سلولی هستند، بیشتر مورد نظر محققان می‌باشند (موهانپوریا و همکاران، ۲۰۰۸) (مندل و همکاران، ۲۰۰۶). در تحقیق حاضر سعی بر تولید نانوذرات نقره توسط جدایه‌های بومی جدا شده از خاک کشورمان بوده است. اکتینومیست‌های خاک ایران بسیار کم مورد بررسی قرار گرفته اند. بعد از بررسی جدایه‌های

اکتینومیست، جدایه‌ها در محلول نیترات نقره قرار داده شده و جدایه‌های تولیدکننده نانوذرات نقره شناسایی شدند. جدایه‌هایی که قادر به احیاء یون نقره هستند رنگ محلول نقره را به قهوه ای تغییر می‌دهند. جدایه‌های اکتینومیست در این تحقیق نیز قادر به تغییر رنگ بودند. علاوه بر تغییر رنگ، یکی از روش‌های تشخیصی اولیه تولید نانوذرات نقره توسط جدایه‌ها، اسپکتروفتومتری (UV-VIS) است. براساس طیف‌های اسپکتروفتومتری حاصله از جدایه‌ها، در ۴۰۳ نانومتر پیک جذبی نشان می‌دهند که نشان دهنده احیاء یون نقره به نانوذرات نقره بعد از تلقیح شدن جدایه در محلول نیترات نقره می‌باشد. آنالیز-FT IR و XRD در جدایه‌هاکتینومیستاز طیف مشخصی که مخصوص فلز نقره است تبعیت می‌کنند. بهترین روش برای بررسی و مقایسه مکان و اندازه نانوذرات تولیدی توسط جدایه‌ها آنالیز DLS و عکس میکروسکوپ الکترونی است. جدایه اکتینومیست قادر به تولید نانوذرات نقره می‌باشد. این جدایه نانوذرات نقره را به صورت خارج سلولی و در محدوده اندازه ۱۰۰-۲۸ نانومتر سنتز می‌کند. یکنواختی اندازه این نانوذرات بسیار قابل توجه است، اما احیاء یون نقره در جدایه اکتینومیست پروسه طولانی مدت است. از موارد مد





رودوکوکوس را نشان دادند و توزیع نانو ذرات نقره در ۳۰ تا ۵۰ نانومتر و ثبات بسیار خوب پتانسیل زتا در محلول‌های کلوئیدی را نشان داد (اوتاری و همکارانش، ۲۰۱۵) همچنین محمدیان و همکارانش نیز در سال ۲۰۰۷ در دانشگاه تهران نانوذرات نقره را در قارچ فوزاریوم اکسیسپوروم تولید نموده و موفق به بومی سازی تولید نانوذرات نقره بوسیله قارچ شدند (محمدیان و همکاران، ۲۰۰۷). اما در مطالعه حاضر استخراج نانو ذرات نقره به صورت خارج سلولی توسط جدایه‌های اکتینومیست بومی تحمل کننده نمک در محدوده اندازه ۱۰۰-۲۸ نانومتر به مدت زمان ۷۲ ساعت به صورت موفقیت آمیز انجام شد.

### نتیجه‌گیری

جدایه‌های اکتینومیست بومی دریاچه نمک قم یک منبع طبیعی و مناسب برای تولید زیستی نانوذرات نقره به صورت خارج سلولی بوده و اهمیت خاصی در زمینه داروسازی، پزشکی و محیط زیست خواهد داشت.

نظر برای تولید صنعتی نانوذرات نقره توسط میکرواورگانیسم‌ها، سرعت باکتری در احیاء یون نقره است، جدایه اکتینومیست مورد مطالعه در تحقیق حاضر احیاء یون‌های نقره را پس از ۷۲ ساعت انجام داد.

روش زیستی تولید نانوذرات نقره بر خلاف روش‌های شیمیایی و فیزیکی با طبیعت سازگاری داشته و ایجاد آلودگی محیط زیستی نمی‌کند. همچنین رسوب میکروبی نانوذرات نقره دارای پتانسیل جذب در طبیعت می‌باشد و علاوه بر آسانی و سهولت دسترسی، ارزان و قابل کنترل هستند. همه موارد اشاره شده اهمیت تحقیق و یافتن روش بهتر و کاربردی تر تولید زیستی نانوذرات نقره را بیان می‌کند (غلامی-شعبانی و همکاران، ۲۰۱۵). شنمیوگاسندرم<sup>۱</sup> و همکارانش در سال ۲۰۱۳ نشان دادند که اکتینوباکتریوم<sup>۲</sup> (MA7) یک منبع بالقوه برای تولید نانوذرات نقره با خواص ضدباکتری بسیار خوب، ضد رسوبات زیستی، آنتی اکسیدان و اثرات سیتوتوکسیکی است. تا به امروز هیچ گزارشی از ضد رسوبات زیستی، آنتی اکسیدان و اثرات سیتوتوکسیکی نانو ذرات نقره از اکتینوباکتریوم وجود نداشته است. بهره برداری بیشتر از این سویه به کشف بسیاری از محصولات زیست فعال مفید و نانو مواد مختلف بعلاوه نانو ذرات نقره در آینده منجر می‌شود (شنمیوگاسندرم و همکاران، ۲۰۱۳).

البته استفاده از میکرواورگانیسم‌ها مانند قارچ‌ها، باکتری‌ها، مخمرها و اکتینومیست‌ها در تولید نانوذرات و کاربردهای آن‌ها به طور نسبی توسط محققان شرح داده شده است

برای بررسی سنتز نانو ذرات نقره تحقیقاتی توسط اوتاری و همکارانش در سال ۲۰۱۵ انجام شد که سنتز داخل سلولی نانو ذرات نقره توسط گونه‌های مختلف

1. Shanmugasundaram  
2. Actinobacterially



## منابع و مأخذ

1. Peto, G., Geszti, O., Molnár, G., Daróczy, C. S., Karacs, A., Gucci, L., . . . & Frey, K. Valence band and catalytic activity of Au nanoparticles in Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/SiO<sub>2</sub>/Si (100) environment. *Materials Science and Engineering*, 2003, C, 23(6), (733-736).
2. Watson, J. H. P., Croudace, I. W., Warwick, P. E., James, P. A. B., Charnock, J. M., & Ellwood, D. C. Adsorption of radioactive metals by strongly magnetic iron sulfide nanoparticles produced by sulfate-reducing bacteria. *Separation Science and Technology*, 2001, 36(12), (2571-2607).
3. Kumar, A., Mandal, S., Selvakannan, P. R., Pasricha, R., Mandale, A. B., & Sastry, M. Investigation into the interaction between surface-bound alkylamines and gold nanoparticles. *Langmuir*, 2003, 19(15), (6277-6282).
4. Chandrasekharan, N., & Kamat, P. V. Improving the photoelectrochemical performance of nanostructured TiO<sub>2</sub> films by adsorption of gold nanoparticles. *The Journal of Physical Chemistry B*, 2000, 104(46), (10851-10857).
5. Mandal, D., Bolander, M. E., Mukhopadhyay, D., Sarkar, G., & Mukherjee, P. The use of microorganisms for the formation of metal nanoparticles and their application. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 2006 69(5), (485-492).
6. Cui, D., & Gao, H. Advance and prospect of bionanomaterials. *Biotechnology progress*, 2003 19(3), (683-683).
7. Nair, B., & Pradeep, T. Coalescence of nanoclusters and formation of submicron crystallites assisted by Lactobacillus strains. *Crystal Growth & Design*, 2002. 2(4), (293-298).
8. Valli, S., Suvathi, S. S., Aysha, O. S., Nirmala, P., Vinoth, K. P., & Reena, A. Antimicrobial potential of Actinomycetes species isolated from marine environment. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 2012. 2(6), (469-473).
9. Petrova, D. H., Shishkov, S. A., & Vlahov, S. S. Novel thermostable serine collagenase from Thermoactinomyces sp. 21E: purification and some properties. *Journal of basic microbiology*, 2006. 46(4), (275-285).
10. Sastry, M., Ahmad, A., Khan, M. I., & Kumar, R. Biosynthesis of metal nanoparticles using fungi and actinomycete. *Current science*, 2003. 85(2), (162-170).
11. Ahmad, A., Senapati, S., Khan, M. I., Kumar, R., & Sastry, M. Extracellular biosynthesis of monodisperse gold nanoparticles by a novel extremophilic actinomycete, Thermomonospora sp. *Langmuir*, 2003. 19(8), (3550-3553).
12. Mukherjee, P., Ahmad, A., & Mandal, D. S, Senapati, SR Sainkar, MI Khan, R. Ramani, R. Parischa, PV Ajaykumar, M. Alam, M. Sastry, and R. Kumar. *Ang. Chem. Int. Ed*, 2001. 40, (3585).
13. Narayanan, K. B., & Sakthivel, N. Biological synthesis of metal nanoparticles by microbes. *Advances in colloid and interface science*, 2010. 156(1), (1-13).
14. Smith, A. M., Duan, H., Rhyner, M. N., Ruan, G., & Nie, S. A. Synthesis of Gold Nanoparticles Bearing the Bioconjugation. *Phys Chem Chem Phys*, 2006. 8, (3895).
15. Kearns, G. J., Foster, E. W., & Hutchison, J. E. Substrates for direct imaging of chemically functionalized SiO<sub>2</sub> surfaces by transmission electron microscopy. *Analytical chemistry*, 2006. 78(1), (298-303).





16. Gardea-Torresdey, J. L., Gomez, E., Peralta-Videa, J. R., Parsons, J. G., Troiani, H., & Jose-Yacaman, M. Alfalfa sprouts: a natural source for the synthesis of silver nanoparticles. *Langmuir*, 2003. 19(4), (1357-1361).
17. Shankar, S. S., Rai, A., Ahmad, A., & Sastry, M. Rapid synthesis of Au, Ag, and bimetallic Au core–Ag shell nanoparticles using Neem (*Azadirachta indica*) leaf broth. *Journal of colloid and interface science*, 2004. 275(2), (496-502).
18. Parikh, R. Y., Singh, S., Prasad, B. L. V., Patole, M. S., Sastry, M., & Shouche, Y. S. Extracellular synthesis of crystalline silver nanoparticles and molecular evidence of silver resistance from *Morganella* sp: towards understanding biochemical synthesis mechanism. *ChemBioChem*, 2008. 9(9), (1415-1422).
19. Ray, M. "Development and characterization of chitosan-based polymeric hydrogel membranes. " *Designed Monomers and Polymers*, 2010. 13. 3: (193-206).
20. Gopinath, V., MubarakAli, D., Priyadarshini, S., Priyadharsshini, N. M., Thajuddin, N., & Velusamy, P. Biosynthesis of silver nanoparticles from *Tribulus terrestris* and its antimicrobial activity: a novel biological approach. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 2012. 96, (69-74).
21. Hemath Naveen, K. S., Kumar, G., Karthik, L., & Bhaskara Rao, K. V. Extracellular biosynthesis of silver nanoparticles using the filamentous fungus *Penicillium* sp. *Arch. Appl. Sci. Res*, 2010. 2(6), (161-167).
22. Mohanpuria, P., Rana, N. K., & Yadav, S. K. Biosynthesis of nanoparticles: technological concepts and future applications. *Journal of Nanoparticle Research*, 2008. 10(3), (507-517).
23. Gholami-Shabani, M., Shams-Ghahfarokhi, M., Gholami-Shabani, Z., Akbarzadeh, A., Riazi, G., Ajdari, S., . . & Razzaghi-Abyaneh, M. Enzymatic synthesis of gold nanoparticles using sulfite reductase purified from *Escherichia coli*: a green eco-friendly approach. *Process Biochemistry*, 2015. 50(7), 1076-1085.
24. Shanmugasundaram, T., Radhakrishnan, M., Gopikrishnan, V., Pazhanimurugan, R., & Balagurunathan, R. A study of the bactericidal, anti-biofouling, cytotoxic and antioxidant properties of actinobacterially synthesised silver nanoparticles. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 2013 111, 680-687.
25. Otari, S. V., Patil, R. M., Ghosh, S. J., Thorat, N. D., & Pawar, S. H. Intracellular synthesis of silver nanoparticle by actinobacteria and its antimicrobial activity. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 2015. 136, (1175-1180).
26. Mohammadian, A., Shojaosadati, S. A., & Habibi Rezaee, M. *Fusarium oxysporum* mediates photogeneration of silver nanoparticles. *Scientia Iranica*, 2007. 14(4), (323-326).

