مجله میکرب شناسی پزشکی ایران
سال۶ شماره ۸، بهار و تابستان ۱۳۹۱، صفحات ۱۴-۷

تولید بیونانوذرات پالادیم توسط باکتری فلز دوست

بهارک حسین خانی[۱*]، گیتی امتیازی[۲]

۱. دانشجوی دکتری میکروبشناسی، بخش میکروبشناسی، گروه زیست شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه اصفهان
۲. دکتری تخصصی میکروبشناسی، استاد، بخش میکروب شناسی، گروه زیست شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه اصفهان
نویسنده رابط: بهارک حسین خانی، بخش میکروبشناسی، گروه زیست شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه اصفهان ۰۹۱۳۲۴۳۰۸۳۰
bahar_hosseinkhani@yahoo.com

چکیده:

زمینه و اهدا ف : نانوذرات پالادیم به علت خصوصیات ویژه فیزیکی و شیمیایی کاربردهای فراوانی در ساخت ابزارهای نوری، الکترونیک ، دندانپزشکی و بویژه کاتالیست‌ها دارند .اخیراً روش‌های زیستی به عنوان روش‌های دوست‌دار طبیعت مورد توجه بسیاری قرار گرفته‌اند ازاین‌رو در این تحقیق تولید بیونانوذرات پایدار پالادیم توسط یک سیستم زیستی باکتری فلزدوست*Cupriavidus necator* مورد مطالعه قرار گرفت.

روش بررسی : نانومتری بودن و ویژگی‌های این ذرات و مکانیسم تولید با روش‌های میکروسکوب الکترونیعبوری[۱] و طیف سنج پراش انرژی[۲] موردبررسی قرار گرفت.

یافته ها: *Cupriavidus necator* به صورت زنده و غیر زنده قادر به احیاء فلز پالادیم و تشکیل بیونانوذرات در سطح دیواره سلولی می‌باشد. عدم تولید نانوذرات در اسفروپلاست و همچنین نتایج شبیه‌سازی سطح سلول توسط میکروپارتیکلهای آمین و کربوکسیل دار دلیلی بر این است که تولید بیو نانو ذرات توسط مکانیسمی مستقل از فعالیت متابولیکی و آنزیمی در ارتباط با گروهای آمین و کربوکسیل موجود در دیواره سلولی این باکتری صورت می پذیرفت.

نتیجه گیری: تولید نانوذرات از جمله پالادیم ، به روش میکروبی که روشی ساده، ارزان و بدون ایجاد آلودگی های زیست محیطی امکان پذیر است.

کلید واژه ها: نانوذرات، پالادیم، *Cupriavidus necator*

[1] Transmission Electron Microscopy (TEM)
[2] Energy Dispersive spectra (EDS)

Archive of SID
www.SID.ir

مقدمه:

به ذرات جامد کلوئیدی که اندازه ای در محدوده ٔ ۱۰۰-۱ نانومتر دارند نانوذره اطلاق می شود (۱۷،۱۶،۱). خواص ذرات بستگی به اندازه ٔ ذرات دارد .در اندازهای نانومتری ذرات خواص الکترونیکی، مغناطیسی، نوری و کاتالیستی منحصر به فرد به خود می گیرند و همچنین نسبت سطح به حجم افزایش می‌یابد(۱۳،۹).

از مهترین نانوذارت می توان به نانوذرات فلزی اشاره نمود که کاربردهای وسیعی در علوم مختلف دارند. نانوذرات پالادیم دارای قدرت جذب سطحی بالای ترکیبات آلی و غیرآلی هستند و از این نانوذرات در حذف آلودگی‌های زیستی استفاده می شود علاوه بر این نانوذرات پالادیم به عنوان کاتالیست‌های موثر برای حذف آلودگی‌هائی مثل تری‌کلرواتن و حذف آلودگی‌های تتراکلریدکربن موجود در آب‌های زیر زمینی آلوده شناخته شده اند (۲۰،۱۹،۱۱،۱۰،۵). علت اهمیت نانوذرات گروه پالادیم پایداری قابل ملاحظه در درجه حرارت‌های بالا و پایداری در برابر اکسیداسیون است از این رو اخیراً محققین توجه زیادی را به نانوذرات پالادیم به علت اثر و کاربرد برجسته این نانوذرات به عنوان کاتالیست مبذول داشته اند(۵،۷).

تولید نانو ذرات گروه پلاتین از جمله پالادیم به روش های احیاء شیمیایی ، رسوب دهی الکتروشیمیای، روش های چگالش بخار و روش های فوتو شمیایی صورت گرفته است. این روش‌ها دارای معایبی از جمله: میزان بالای آلودگی، هزینه‌های گزاف، غیریکنواختی در اندازه ذرات، ناپایداری نانوذرات، عدم کنترل رشد نانوکریستال‌ها وتجمع نانوذرات حین ساخت می‌باشد (۸).در این روش ها برای افزایش پایداری نانوذرات و جلوگیری از تجمع نانوذرات احتیاج به عوامل پایدار کننده مانند پلیمر ها، پلی اکترولیت ها و یا استفاده از لیگاندهای پایدار کننده می باشد (۱۲).

در روشهای بیولوژیکی، تولید نانوذرات با استفاده از موجودات زنده تک سلولی و پر سلولی صورت می‌گیرد اخیرا" مشخص شده است میکروارگانیسم ها علاوه بر این که توسط مکانیسم های به فلزات مقاومت می‌کنند قادرند ذرات فلزی را به مقیاس نانو تبدیل کنند(۱۷،۱۶،۱۳).

گزارشاتی مبنی برتولید درون سلولی و خارج سلولی نانوذرات پالادیم با اندازه های متفاوت ۱۰-۰/۶ نانومتر توسط باکتری ها *DesulfoVibrio desulfuricans, DesulfoVibrio fructosivorans, DesulfoVibrio Vulgaris, Shewanella oneidensis, Bacillus sphaericus* وجود دارد(۲۰،۱۸،۱۹،۱۲).

باتوجه به اهمیت کاتالیست‌ها در حذف آلودگی‌های زیست محیطی ، اخیراً تلاش‌های بسیار زیادی در تهیه و بهبود آنها صورت گرفته است . مطالعات نشان داده است نانوذرات پالادیم رسوب پیدا کرده در سطح باکتری قادر به کاتالیز کردن واکنش های شیمیایی متعددی مانند دهالوژناسیون ترکیبات آروماتیک(۱۸) و احیاء فلزات سمی و سنگین کروم می باشند(۱۰).درمقیاس نانومتری به علت افزایش سطح به حجم ذرات فلزی ، سطح میانکنش کاتالیست فلزی با سوبسترا افزایش پیدا می کند و بدین ترتیب نانوکاتالیست ها توانایی بیشتری در تسریع واکنش ها دارا می‌باشند. (۱۸)

Yong و همکاران (۲۰۰۲) اثبات نمودند بیو نانوذرات تولیدی توسط باکتری *Desulfovibrio desulfuricans* کاتالیست های فعال‌تری نسبت به نانوذرات پالادیم تهیه شده به روش احیاء شیمیای می باشند(۱۹).

. روش‌های زیستی کاملاً دوست دار طبیعت بدون ایجاد آلودگی های زیست محیطی ،ارزان،آسان و در تولید نانوذرات می باشد و اغلب نانوذرات تولیدی به روش های زیستی از پایداری خوبی برخوردار می باشد و احتیاج به استفاده از عوامل پایدار کننده نمی باشند(۱٤). با توجه به کاربردهای فراوان نانوذرات پالادیم در علوم دندانپز پزشکی، ، ساخت ابزارهای نوری، الکترونیک و بویژه کاتالیست ها در این تحقیق برای اولین بار در ایران هدف تولید بیونانوذرات پالادیم توسط باکتری فلزدوست *Cupriavidus necator* ، اثبات نانومتری بودن و بررسی شرایط مؤثر در تولید این نانوذرات می باشد.

Archive of SID

www.SID.ir

مواد و روش ها

سنتز بیو نانوذرات پالادیم توسط بیوماس زنده و کشته شده سلولی

باکتری *Cupriavidus necator* H16 (DSM428) از کلکسیون کشت میکروبی و سلولی آلمان[1] (DSMZ) تهیه شد. باکتری مورد نظر به محیط نوترینت براث تلقیح در دمای ۳۰ درجه سانتی گراد و دور ۱۲۰rpm به مدت ۲٤ ساعت گرماخانه گذاری شد. سلول های باکتری مورد نظر را به مدت ۱۰ دقیقه در دور rpm ۵۰۰۰ سانتریفیوژ نموده و مایع رویی را دور ریخته و بیوماس سلولی حاصل را ۳ مرتبه با بافر MOPS_NaOH, pH=7 شستشو داده شد.

علاوه بر بیوماس زنده ،بیوماس سلولی کشته شده (توسط اتوکلاو در دمای ۱۲۱ درجه سانتی گراد به مدت ۱۵ دقیقه) تهیه شد . سپس بیوماس سلولی زنده و کشته شده را در محلول ۰/۰۱.مولار اسید نیتریک pH= ۲ مخلوط وکدورت سوسپانسیون مورد نظر در (OD ٦۰۰ = ۱/۳) تنظیم و به لوله های بی هوازی هانگیت استریل منتقل گردید . سوسپانسیون، مورد نظر به مدت ۱۰ دقیقه توسط گاز نیتروژن بی هوازی شد. به سوسپانسیون بی هوازی مورد نظر محلول تتراکلرو دی سدیم پالادات (Na_2PdCl_4) با غلظت نهایی ۲ میلی مولار و فرمات به عنوان الکترون دهنده با غلظت نهایی ۲۵ میلی مولار افزوده شد.

.نمونه های شاهد شامل : ۱- سوسپانسیون باکتریای و فرمات(کنترل بدون پالادیم) ۲- سوسپانسیون باکتریای و سدیم تترا پالادات(کنترل بدون فرمات) ۳- فرمات و سدیم تترا پالادات(کنترل بدون بیوماس سلولی) تهیه شد. تمامی نمونه ها مورد نظر در دمای ۳۰ درجه سانتی گراد و دور ۱۲۰rpm به مدت ۲٤ ساعت گرماخانه گذاری شدند.

بررسی تولید بیونانوذرات پالادیم توسط اسفروپلاست

تولید بیونانوذرات توسط اسفروپلاست مورد بررسی قرار گرفت. بدین منظور اسفروپلاست باکتری مورد نظر را طبق روش Denger و همکاران (۲۰۰۸) تهیه نموده و سپس به سوسپانسیون بی هوازی اسفروپلاست محلول تتراکلرو دی سدیم پالادات (Na_2PdCl_4) با غلظت نهایی ۲ میلی مولار و فرمات به عنوان الکترون دهنده با غلظت نهایی ۲۵ میلی مولار افز.ده شد.

تولید نانو ذرات پالادیم توسط سطوح غیر زنده پلی استیرنی آمین دار و کربوکسیل درا

میکروپارتیکل های با گروه آمین دا ر[2] وکربوکسیل دار[3] را از شرکت GmbH Micrparticle آلمان تهیه شد. غلظت ٪ ۰/۰۷٤ از میکروپارتیکل کربوکسیل دار و غلظت٪ ۰/۰۹۸ از میکروپارتیکل آمین دار در اسید نیتریک ۰/۰۱مولار در لوله ای بی‌هوازی هانگیت تهیه نموده و سوسپاسیون حاصل توسط گاز نیتروژن بیهوازی شدند. به سوسپانسیون بی‌هوازی مورد نظر محلول سدیم تترا پالادات (Na_2PdCl_4) با غلظت نهایی ۲ میلی مولار و فرمات با غلظت نهایی ۲۵ میلی مولار افزوده شد.

بررسی مورفولوژی و ترکیب شیمیایی بیونانوذرات

میزان ۱میلی لیتر از نمونه های ۲٤ ساعته را پس از سانتریفیوژ در دور pm ۱۰۰۰۰ و شستشو با آب در محلول ٤٪ گلوتارآلدهید به مدت ۱۰ دقیقه تثبیت شد.برای حذف گلوتارآلدهید ، نمونه های مورد نظر را ۳ مرتبه با آب مقطر دیونیزه شستشو داده شد . میزان ۱۰ ماکرولیتر از نمونه تثبت شده را بر روی صفحات مشبک از جنس نیکل در دمای اتاق خشک نموده و مورفولوژی نانوذرات با استفاده از میکروسکوب الکترونی عبوری (CM Philipd 20) مورد بررسی قرار گرفت

همزمان با تهیه عکس میکروسکوب الکترونی از نمونه های تثبیت شده، با استفاده از دستگاه طیف سنج پراش انرژی[4] نصب شده بر روی میکروسکوب الکترونی ترکیب شیمیایی نانوذرات را مورد بررسی قرار گرفت.

یافته ها

محلول کهربایی رنگ تتراکلرو دی سدیم پالادات در حضور باکتری *C. necator* و فرمات طی ۱ ساعت کاهش پیدا کرد و منجربه ایجادرسوبات به رنگ قهوه ای تیره و یا سیاه در محلول مورد نظر شد.درحالیکه هیچ گونه تغییر رنگی در نمونه‌های شاهد مشاهده نگردید.

شکل ۱ ، تصویر میکروسکوب الکترونی از نمونه های تثبیت شده است که نانومتری بودن بیو نانو ذرات تشکیل

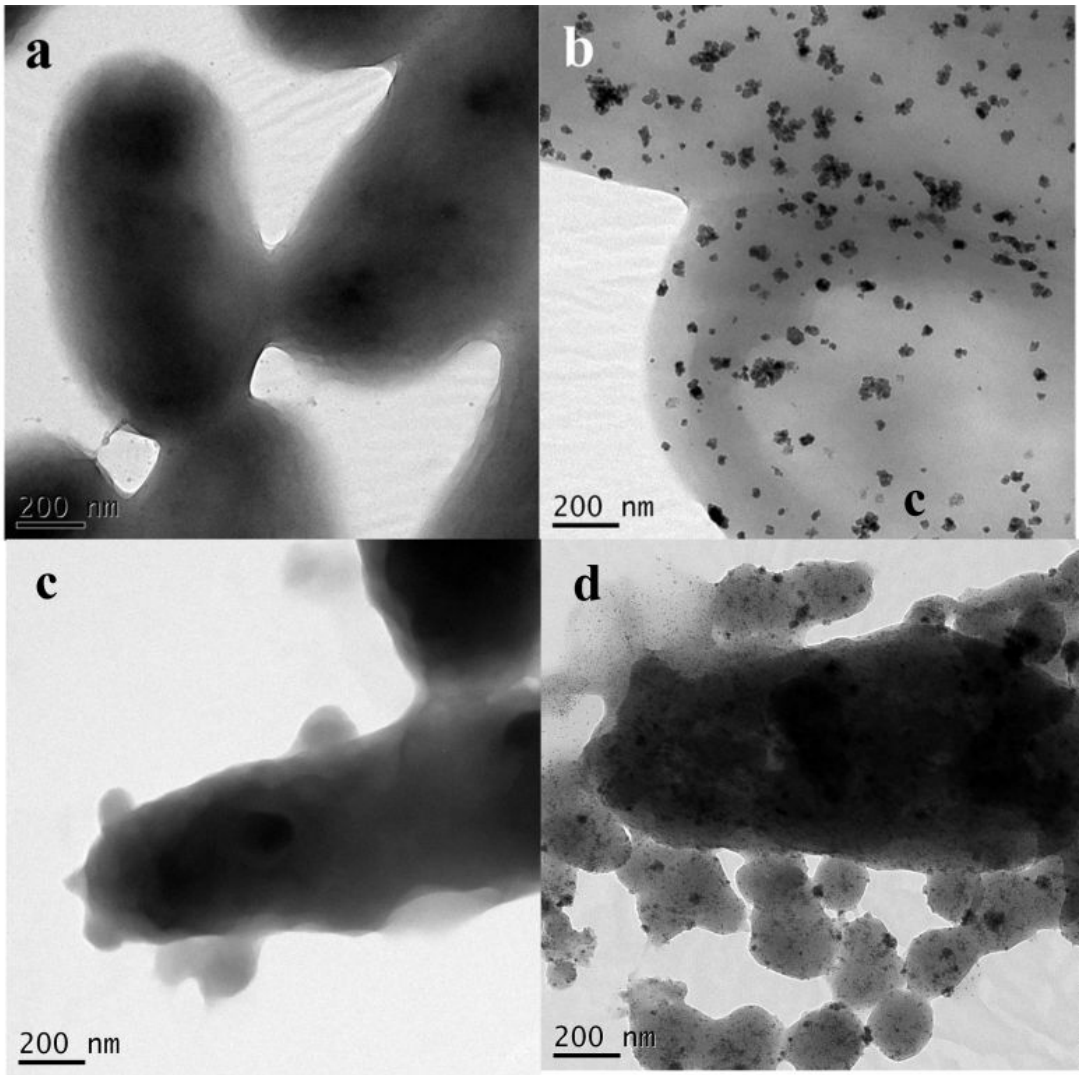
1-German Collection of Microorganisms and Cell Cultures

[2]Amino polystyren beads (APS)
[3]Carboxyl polystyren beads (CPS)
4y disppersive spectrEnerg(EDS)

Archive of SID

www.SID.ir

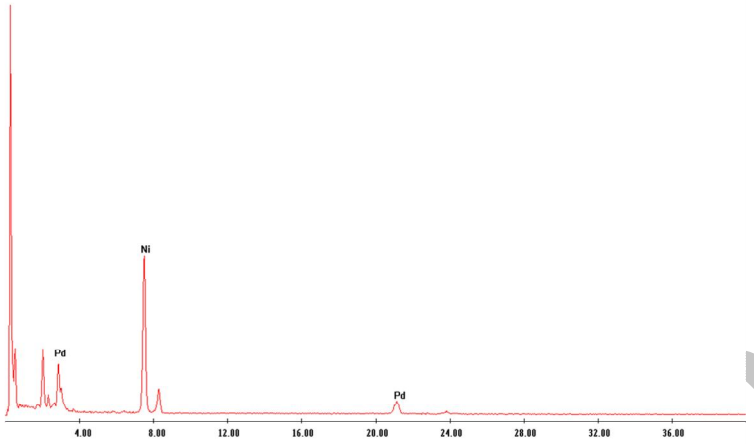
شده توسط باکتری زنده در حضور فرمات را اثبات می کند و همچنین مرفولوژی نانوذرات با این روش قابل بررسی می‌باشد.در نمونه‌های کنترل بدون فرمات (شکل a- ۱) و بدون بیوماس سلولی نانو ذره ای مشاهده نشد و در نتیجه، حضور بیوماس باکتری و فرمات برای تشکیل نانو ذرات ضروری می باشد.



شکل ۱: تصویر میکروسکوب الکترونی نانوذرات پالادیم تشکیل شده در سطح باکتری زنده وکشته شده *C necator* (b) تشکیل بیو نانوذرات در حضور ۲۵ میلی مولارفرمات و۲ میلی مولار تتراکلرو دی سدیم پالادات توسط باکتری زنده.شاهد مورد نظر شامل: (a) عدم حضور فرمات. (d) تشکیل بیو نانوذرات در حضور ۲۵ میلی مولارفرمات و۲ میلی مولار تتراکلرو دی سدیم پالادات توسط باکتری کشته شده.شاهد مورد نظر شامل: (c) عدم حضور فرمات.

برای اثبات وجود فلز پالادیم در نقاط نانومتری ایجاد شده در سطح باکتری از تکنیک طیف سنج پراش انرژی استفاده شد . با این روش وجود پالادیم(۰) را در بیو نانو ذرات اثبات کرد (شکل ۲).

www.SID.ir

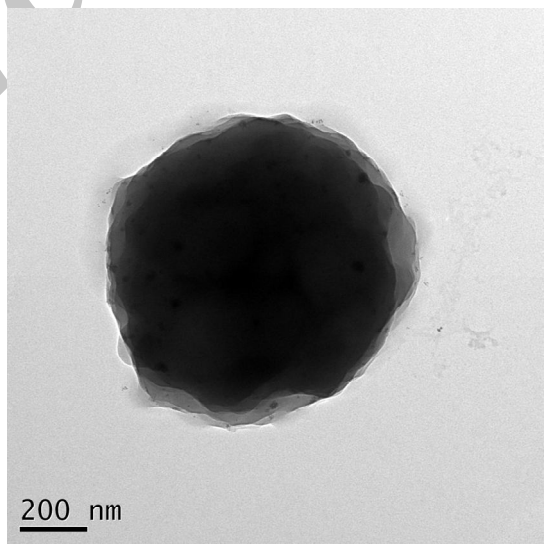


شکل۲: طیف سنج پراش انرژی(EDS) از نانوذرات پالادیم تشکیل شده در سطح باکتری *C necator* در حضور بیوماس ، ۲ میلی مولار تتراکلرو دی سدیم پالادات و ۲۵ میلی مولار

بررسی مکانیسم تولید بیو نانوذرات پالادیم توسط باکتری *C necator*

سلولهای غیر زنده همچنین توانای تولید بیونانوذرات را داشتند(شکلd –۱) و این نشان دهنده نقش غیر فعال باکتری در تولید بیو نانوذرات می باشد.در این حالت وجود فرمات ضروری و در عدم حضورفرمات هیچگونه نانوذره ای در سطح سلول مشاهده نشد(شکل c – ۱).

در این تحقیق، بعد از تهیه اسفروپلاست، احیاء و تولید بیو نانو ذرات مورد بررسی قرار گرفت. اسفروپلاست سلولی است که دیواره سلولی تقریباً به صورت کامل از دست رفته است. همان طور که در شکل ۳ مشاهده می‌شود تشکیل نانوذرات توسط اسفروپلاست صورت نگرفت. بدین ترتیب می توان نتیجه گرفت که دیواره سلولی نقش اصلی در جذب سطحی و هسته گذاری فلز پالادیم می باشد که با از دست رفتن دیواره ، نانوذرات پالادیم شکل نگرفتند.

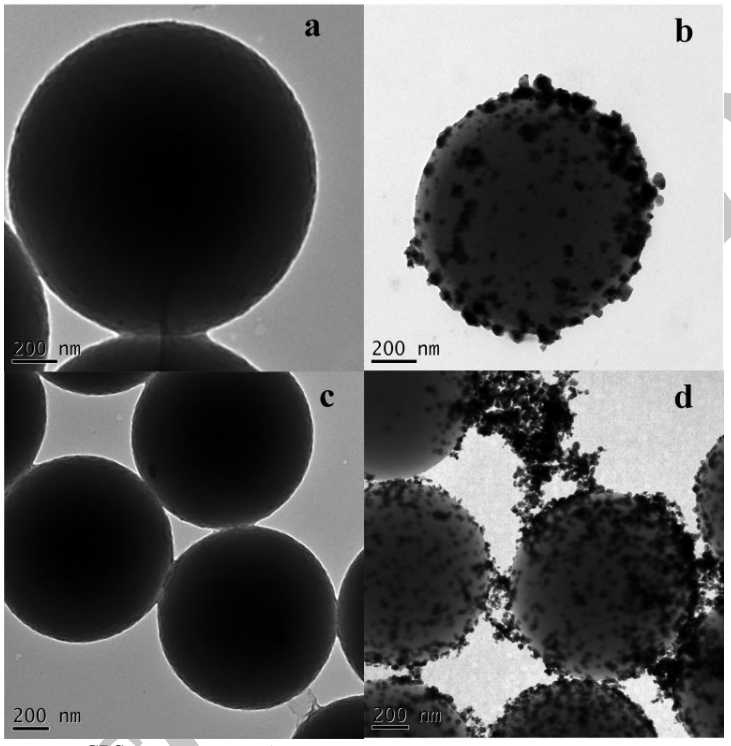


شکل ۳ :تصویر میکروسکوب الکترونی اسفروپلاست باکتری *C necator* در حضور ۲۵ میلی مولارفرمات و۲ میلی مولار تتراکلرو دی سدیم پالادات

Archive of SID

www.SID.ir

برای شبیه سازی سطح باکتری و تعین عاملهـای مـؤثر در تشکیل نانوذرات از میکروپارتیکل های با گـروه آمـین‌دار وکربوکسیل دار استفاده شد. همان طور در شکل ٤ مشاهده می‌شود تولید نانوذرات پالادیم توسط این میکروپارتیکل ها در حضور فرمات صورت پذیرفت. میکروپارتیکل های بـا گروه آمین توانای بیشتری در سنتز نانوذرات دارد و میتوان نتیجه گرفت که گروه آمین موجود در دیواره سلولی نقش بسیار مهمی در سنتز و احیاء نانوذرات پالادیم دارد.



شکل ٤: تصویر میکروسکوب الکترونی تولید نانوذرات پالادیم توسط میکروپارتیکل های با گروه کربوکسیل درا (CPS) در عدم حضور فرمات(a) و حضور فرمات(b) , تولید نانوذرات پالادیم توسط میکروپارتیکل های با گروه آمین درا (APS) در حضور فر مات (d) و عدم حضور فرمات (c)

بحث:

یافته های این مطالعه نشـان داد کـه بـاکتری فلـز دوسـت *C necator* توانـایی سـنتز بیونـانوذرات پـالادیم را دارا می‌باشد . طبق گزارشات Jia و همکاران ۲۰۰۹ ، تشـکیل رسوبات قهوه‌ای تیره و سیاه نشان دهنده احیاء پالادیم (II) و تشکیل پالادیم (۰) می باشـد مـا همچنـین بـه صـورت چشمی این تغییر رنگ را مشـاهده کـردیم(۱۱). مطالعـات میکروسکوپ الکترونی نشان داد که نقاط رسوب یافته بـر روی سطح سلول نانومتری می باشد که بـا تکنیـک طیـف سنج پراش انرژی اثبـات شـد کـه ایـن نـانوذرات حـاوی پـالادیم مـی باشـد.Coker و همکـاران (۲۰۰۹) از روش سنج پراش انرژی برای اثبات وجود پـالادیم در نـانوذرات تولیـد شـده توسـط بـاکتری *Geobacter sulfurreducens*استفاده نمودند (۲).

Dokoutchaev و همکـاران (۱۹۹۹) از میکرواسـفرهای گـروه هـای آمـین‌دار وکربوکسـیل دار شـده بـرای تولیـد نانوذرات طلا، پلاتین و پالادیم استفاده نمودند و آنها ذکـر نمودند بر هم کنش‌های الکتروستاتیکی بین گـروه عـاملی سطح میکروسفرها و این فلزات منجر به سـنتز نـانوذرات

www.SID.ir

شده است.در این تحقیق برای شبیه سازی سطح سلول از این میکروپارتیکل‌ها استفاده شد و مشاهده شد که تولید نانوذرات پالادیم توسط میکروپاتیکل‌ها بویژه نوع آمین‌دار امکان پذیر است(۳).

Fowle و Fein (۲۰۰۱) گزارش نمودند که گروه‌های عاملی موجود در دیواره سلولی مکان‌های مناسبی برای هسته گذاری و جذب سطحی فلزات می باشند و این عملکرد مستقل از فعالیت متابولیکی سلول بوده و در نتیجه سلول های مرده و حتی قطعاتی از دیواره سلول قادر به جذب فلزات خواهند بود و بعد از عمل هسته گذاری فلز ،عمل احیاء فلز توسط مکانیسم های متفاوت از جمله حضور یک عامل الکترون دهنده صورت می گیرد (٦). در این تحقیق عدم تشکیل بیونانو ذرات در حضور اسفروپلاست باکتری و نتایج حاصل از شبیه سازی توسط میکر.پارتیکل ها اثبات نمود که تشکیل بیونانوذرات مستقل از فعالیت آنزیمی و متابولیکی سلول می باشد و در نتیجه میانکش الکتروستاتیکی میان گروه های عاملی آمین و کربوکسیل‌دار موجود در سطح دیواره سلول می باشد(٤). Lengke و همکاران (۲۰۰۷) از سلول‌های کشته شده سیانوباکتری *Plectonema boryanum* برای سنتز نانوذرات استفاده نمودند. آنها همچنین اشاره به عملکرد غیر آنزیمی این سیانوباکتری در رسوب این نانوذرات در سطح سلول نموده‌اند و ذکر نمودند که رسوب نانوذرات در ارتباط با مواد ارگانیک مشتق شده از سطح سلول می باشد(۱۲). در حالیکه طی مطالعات دیگری به مکانیسم کاملاً متفاوتی مبنی بر عملکرد و نقش فعال باکتری و آنزیم دهیدروژناز در سنتز نانوذرات توسط باکتری های *Desulfovibrio desulfuricans* و *Shewanella oneidensis* در حضور مواد الکترون دهنده‌ای همچون پیروات، لاکتات، فرمات و هیدروژن اشاره نمودند(۱۸،۱۵). یکی از مهمترین اهداف نانوتکنولوژی توسعه روش‌های در سنتز نانوذات با پایدار بالا و بهبود مواد پایدار کننده که مانع از تجمع نانوذرات می باشد.Bunge و همکاران (۲۰۱۰) ذکر نموده اند که در سنتز نانوذرات میکروبی سطح باکتری به عنوان پایدار کننده عمل می کند. در این مطالعه موفق به سنتز بیو نانوذرات در سطح باکتری با پایداری بالا شدیم(١٤).

نتیجه گیری:

از آنجائی که نانوذرات دارای ساختارهای سطحی و میان کنش‌های متفاوت و فعال تری نسبت به ذرات با اندازه های بزرگتر دارند و همچنین توانایی و گرایش بیشتری برای اتصال و چسپندگی و تجمع دارند از این رو دست یابی به روش های در کنترل ساخت و پایداری نانوذرات حائز اهمیت می باشد. در این تحقیق تولید بیونانوذرات پالادیم به روشی کاملاً زیستی دوست دار طبیعت، ارزان، آسان و سریع تهیه شدند و همچنین سطح سلول باکتری به عنوان یک پایدار کننده عمل نموده و در نتیجه احتیاج به استفاده از پایدار کننده‌ای نمی باشد که این نکته از لحاظ علم نانوتکنولوژی بسیار حائز اهمیت می باشد. نانومتری بودن و ویژگی های این ذرات با روش های میکروسکوب الکترونی وطیف سنج پراش انرژی موردبررسی قرار گرفت.

فهرست مراجع:

۱) کرمانشاهی ر، حسین خانی ب. ۱۳۸۷. نانوبیوتکنولوژی با دیدگاه میکروبیولوژی. چاپ دوم. نشر دانشگاه اصفهان. شابک ۹-۵۷-۸٦٥٨-٩٦٤. ۲۰-٦۳.

2) Coker VS, Bennett JA, Telling ND, Henkel T, Charnock JM, Laan G, and Lloyd JR. Microbial Engineering of Nanoheterostructures: Biological Synthesis of a Magnetically Recoverable Palladium Nanocatalyst. *Americ Chem Soc*2010*;* 4 (5) : 2577–2584.

3) Dokoutchaev A, James JT, Koene ShC, Pathak S, Prakash GK and Thompson. ME. Colloidal Metal Deposition onto Functionalized Polystyrene Microspheres. *Chem Mater*1999;11: 2389-2399.

Archive of SID

www.SID.ir

4) Denger K, Weinitschke, S, Smits THM, Schlehec kD and Cook AM.. Bacterial sulfite dehydrogenases in organotrophic metabolism: separation and identification in *Cupriavidus necator H16* and in *Delftia acidovorans SPH-1*. *Microb* 2008; 154:256–263.

5) Deplanche K, Woods RD, Mikheenko IP, Sockett RE and Macaskie LE. Manufacture of Stable Palladium and Gold Nanoparticles on Native and Genetically Engineered Flagella Scaffolds. *Biotech and Bioeng* 2008; l(101): 873-880.

6) - Fowle, DA and Fein JB. Quantifying the Effects of *Bacillus subtilis* Cell Walls on the Precipitation of Copper Hydroxide from Aqueous Solution *Geomicro J* 2001; l(18):77–91.

7) Gerick M and Pinches A. Biological synthesis of metal nanoparticle. *Hydro*2006;83:132-140.

8) Govender Y, Riddin T., Gericke M and Whiteley CG. Bioreduction of platinum salts into nanoparticles: a mechanistic perspective. *Biotechnol Lett* 2009;31:95–100.

9) Habibi H, Nasr-Esfahani M, Emtiazi G; Hosseinkhani B. Nanostructure Thin Films of Titanium Dioxide Coated on Glass and Its Anti UV Effect for Living Organisms. *Curt Nanosci* 2010; 6: 324-329.

10) Humphries AC, Nott KP, Hall LD and Macaskie LE. Continuous removal of Cr(VI) from aqueous solution catalysed by palladised biomass of *Desulfovibrio vulgaris*. *Biotechnol Lett* 2004;26: 1529–1532.

11) Jia L, Zhang Q, Li Q and Song H. The biosynthesis of palladium nanoparticles by antioxidants in *Gardenia jasminoides Ellis*: long life time nanocatalysts for *p*-nitrotoluene hydrogenation. *Nanotech* 2009; 20: 385601-385610.

12) Lengke MF , Fleet ME and Southam G. Synthesis of palladium nanoparticles by reaction of filamentous cyanobacterial biomass with a palladium (II) chloride complex. *Langmuir*2007;23: 8982-8987.

13) Mandal D, Bolander ME, Mukhopadhyay D, Sarkar G and MukherjeeP.. The use of microorganisms for the formation of metal nanoparticles and their application. *Appl Microb and Biotechnol*2006; **69**:485–492.

14) Bunge M, Søbjerg L S., Rotar A, Gauthier, D Lindhardt AT, Hause G, Finster K, Kingshott P SkrydstrupT, Meyer RL. Formation of Palladium(0) Nanoparticles at Microbial Surfaces. .*Biotechnol and Bioeng*2010; **107** (2):1-11

15) Mikheenko IP, Rousset M, Dementin S and Macaskie LE. Bioaccumulation of Palladium by *Desulfovibrio fructosivorans* Wild-Type and Hydrogenase-Deficient Strains. *Appl and Envirol Microbio* 2008; **74**: 6144–61461

16) Mohanpuria P, Nisha K and Kumar Y. Biosynthesis of nanoparticles: technological concepts and future applications. *J of Nano Research*2006; 10:507–517.

17) Sastry M, Ahmad A, IslamKhan M and KumarR. Biosynthesis of metal nanoparticles using fungi and actinomycete. *Curr Sci*. 2003;**85**: 162-170.

18) Windt WD , Boon N , Bulcke JV, Rubberecht L, Prata F, Mast J , Hennebel T , Verstraete W. Biological control of the size and reactivity of catalytic Pd(0) produced by *Shewanella oneidensis* .*Antonie van Leeuwenhoek* 2006; **90**:377–389

19) Yong P, Farr JPG, Harris IR and Macaskie LE 2. Palladium recovery by immobilized cells of *Desulfovibrio desulfuricans* using hydrogen as the electron donor in a novel electrobioreactor. *Biotechnol Lett*.2002; **24**: 205–212.

20) Yong P, Beedle, MP, Mikheenko IP and Macaskie L E. From bio-mineralisation to fuel cells: biomanufacture of Pt and Pd nanocrystals for fuel cell electrode catalyst. *Biotechnol Lett* 2007; 29:539–544.

Archive of SID

www.SID.ir