

آیین نامه چاپ پایان نامه (رساله) های دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس

نظر به اینکه چاپ و انتشار پایان نامه (رساله) های تحصیلی دانشجویان دانشگاه تربیت مدرس، مبین بخشی از فعالیتهای علمی - پژوهشی دانشگاه است بنابراین به منظور آگاهی و رعایت حقوق دانشگاه، دانش آموختگان این دانشگاه نسبت به رعایت موارد ذیل متعهد می شوند:

ماده ۱: در صورت اقدام به چاپ پایان نامه (رساله) ی خود، مراتب را قبلاً به طور کتبی به «دفتر نشر آثار علمی» دانشگاه اطلاع دهد.

ماده ۲: در صفحه سوم کتاب (پس از برگ شناسنامه) عبارت ذیل را چاپ کند:

«کتاب حاضر، حاصل پایان نامه کارشناسی ارشد نگارنده در رشته مهندسی شیمی - بیوتکنولوژی است که در سال ۱۳۸۸ در دانشکده فنی و مهندسی دانشگاه تربیت مدرس به راهنمایی جناب آقای دکتر سید عباس شجاع الساداتی و مشاوره جناب آقای دکتر خسرو خواجه از آن دفاع شده است.»

ماده ۳: به منظور جبران بخشی از هزینه های انتشارات دانشگاه، تعداد یک درصد شمارگان کتاب (در هر نوبت چاپ) را به «دفتر نشر آثار علمی» دانشگاه اهدا کند. دانشگاه می تواند مازاد نیاز خود را به نفع مرکز نشر در معرض فروش قرار دهد.

ماده ۴: در صورت عدم رعایت ماده ۳، ۵۰٪ بهای شمارگان چاپ شده رابه عنوان خسارت به دانشگاه تربیت مدرس، تأدیه کند.

ماده ۵: دانشجو تعهد و قبول می کند در صورت خودداری از پرداخت بهای خسارت، دانشگاه می تواند خسارت مذکور را از طریق مراجع قضایی مطالبه و وصول کند؛ به علاوه به دانشگاه حق می دهد به منظور استیفای حقوق خود، از طریق دادگاه، معادل وجه مذکور در ماده ۴ را از محل توقیف کتابهای عرضه شده نگارنده برای فروش، تامین نماید.

ماده ۶: اینجانب حدیث متشفی دانشجوی رشته مهندسی شیمی - بیوتکنولوژی مقطع کارشناسی ارشد

تعهد فوق و ضمانت اجرایی آن را قبول کرده، به آن ملتزم می شوم.

نام و نام خانوادگی: حدیث متشفی

تاریخ و امضا:

به نام خداوندی که جهان را آفرید و اسرار جهان را

و انسان را

تا در آن اندیشه کند.



دانشگاه تربیت مدرس

دانشکده فنی مهندسی

پایان نامه دوره کارشناسی ارشد مهندسی شیمی - بیوتکنولوژی

بررسی مسیرهای بیوشیمیایی قارچ فوزاریوم اکسیسپروم به منظور افزایش بازدهی تولید نانوذرات نقره

حدیث متشفی

استاد راهنما

دکتر سید عباس شجاع‌الساداتی

استاد مشاور

دکتر خسرو خواجه

زمستان ۱۳۸۸

با عشق و سپاس

تقدیم به محبوبت بی بدیل خداوند به زندگی ام

پدر و مادرم

مشکر و قدردانی

از راهبانی و حیات استاد گرامتقدیرم جناب آقای دکتر سید عباس شجاع الساداتی و همچنین از جناب آقای دکتر خسرو خواجه و استادان گروه یوتکنولوژی کمال مشکر و قدردانی را دارم.

و

همدلی و همفکری دوستان خوبم امیر مقصودی، هدیه روحیان، تینا توسلی و مهدی امیری پریان را بهواره بیاد خواهیم داشت.

چکیده

برخی سامانه‌های زیستی مانند باکتری‌ها، مخمرها و قارچ‌ها توانایی تولید انواع نانوذرات را دارند. استفاده از ریزسازواره‌هایی مانند قارچ *فوزاریوم اکسیسپروم* که نانوذرات را در خارج از سلول، به صورت پایدار، با توزیع اندازه‌ی ذرات مناسب، عاری از آلودگی شیمیایی و ایمن از لحاظ زیست محیطی تولید می‌کنند، مورد توجه قرار گرفته‌است. در پژوهش‌هایی که تاکنون بر روی تولید نانوذرات نقره از قارچ *فوزاریوم اکسیسپروم* صورت گرفته، از نیترات نقره برای پیش‌ماده استفاده شده‌است.

روشن شدن مسیر بیوشیمیایی سامانه‌های زیستی برای احیاء فلزات، به‌منظور توسعه فرآیند تولید زیستی نانوذرات ضروری به نظر می‌رسد. در این پژوهش آزمایش‌هایی برای بررسی مسیرهای بیوشیمیایی تولید نانوذرات توسط قارچ *فوزاریوم اکسیسپروم* انجام شده‌است. در منابع متعددی به نقش آنزیم نیترات رداکتاز در احیاء یون‌های نقره اشاره شده است، بنابراین نقش این آنزیم در تولید نانوذرات مورد بررسی قرار گرفته‌است. با توجه به اینکه قارچ *فوزاریوم اکسیسپروم* با بکارگیری سازوکار تنفس نیترات یک قارچ هوازی اختیاری محسوب می‌شود، با ایجاد شرایط نیترات‌زدایی در تولید نانوذرات، بازدهی تولید نانوذرات افزایش می‌یابد. با تولید نانوذرات از ترکیبات دیگر نقره مانند سولفات نقره و دی‌آمین نقره و همچنین تولید نانوذرات در حضور بازدارنده‌ی آنزیم نیترات‌رداکتاز و تولید نانوذرات با صافیده^۱ سلولی، نتیجه‌گیری شد که مسیر آنزیم نیترات رداکتاز تنها سازوکار قارچ *فوزاریوم اکسیسپروم* برای تولید نانوذرات نمی‌باشد. در ادامه برای بررسی پروتئین‌های مؤثر در تولید نانوذرات، کلوئید نانوذرات حاصل با روش SDS-PAGE الکتروفورز شد. با توجه به نتایج آزمایش‌های الکتروفورز و تشکیل نانوذرات از صافیده سلولی به‌دست آمده از اولترافیلتراسیون، مشخص شد که مهم‌ترین پروتئین‌ها در احیاء یون‌های نقره و پایداری نانوذرات در محدوده وزن مولکولی ۲۰-۱۰ کیلودالتون قرار دارند.

کلمات کلیدی: *فوزاریوم اکسیسپروم*، نانوذرات نقره، نیترات‌زدایی، سازوکار تولید نانوذرات

¹. Filtrate

فهرست مطالب

فصل ۱

- ۱- مقدمه ۱
- ۱-۱- تاریخچه نانوفناوری ۳
- ۲-۱- نانوذرات ۵

فصل ۲

- ۲- مروری بر منابع مطالعاتی ۷
- ۲-۱- مروری بر روش های مختلف تولید نانوذرات ۷
 - ۱-۱-۱- تولید نانوذرات توسط فرآیند سل-ژل ۸
 - ۲-۱-۲- تولید نانوذرات به روش رسوب دهی شیمیایی ۸
 - ۳-۱-۲- ساخت نانوذرات به روش هیدروترمال ۹
 - ۴-۱-۲- ساخت نانوذرات به روش پیرولیز ۹
 - ۵-۱-۲- ساخت نانوذرات به روش چگالش شیمیایی بخار ۹
 - ۶-۱-۲- فرایند های حالت جامد ۱۰
 - ۷-۱-۲- روش های پیشرفته ۱۰
- ۲-۲- تولید زیستی نانوذرات فلزی ۱۱
 - ۲-۲-۱- تولید نانوذرات فلزی توسط باکتری ها ۱۲
 - ۲-۲-۲- تولید نانوذرات فلزی توسط مخمرها ۱۴
 - ۳-۲-۲- تولید نانوذرات فلزی توسط قارچ ها ۱۵
 - ۴-۲-۲- تولید نانوذرات فلزی توسط گیاهان ۱۶
- ۳-۲- برهم کنش ریزسازواره ها و فلزات ۱۹
- ۴-۲- نانوذرات نقره ۲۱
 - ۱-۴-۲- نقره ۲۱

- ۲۲-۲-۴-۲ کاربرد نانوذرات نقره در مصارف ضد میکروبی..... ۲۲
- ۲۲-۲-۴-۲-۱- برخی سازوکارهای پیشنهادی برای عملکرد ضد میکروبی نقره..... ۲۲
- ۲۳-۴-۲-۳ فعالیت کاتالستی نانوذرات نقره..... ۲۳
- ۲۳-۴-۲-۴ اسپکتروسکوپی SERS و SERRS..... ۲۳
- ۲۴-۴-۲-۵ کاربرد نانوذرات نقره در آنالیز شیمیایی و نانوحسگرها..... ۲۴
- ۲۴-۴-۲-۶ کاربرد نانوذرات نقره در الکترونیک و تکنولوژی اطلاعات..... ۲۴
- ۲۴-۵-۲ روش‌های تولید نانوذرات نقره..... ۲۴
- ۲۵-۶-۲ کاربردهای نانوذرات تهیه شده به روش زیستی..... ۲۵
- ۲۷-۷-۲ روش‌های آنالیز نانوذرات..... ۲۷
- ۲۷-۲-۴-۲ طیف سنجی Uv-vis..... ۲۷
- ۲۸-۴-۲-۳ پراش اشعه ایکس XRD..... ۲۸
- ۲۸-۴-۲-۲ میکروسکوپ الکترونی روبشی SEM..... ۲۸
- ۲۸-۴-۲-۵ آنالیز TEM..... ۲۸
- ۲۹-۴-۲-۶ طیف سنجی انتقال فوری مادون قرمز FTIR..... ۲۹
- ۳۰-۸-۲ سازوکار نیترات زدایی..... ۳۰
- ۳۱-۴-۲-۷ بررسی نقش نیترات رداکتاز در تولید نانوذرات نقره از نیترات نقره..... ۳۱

فصل ۳

- ۳۴-۳- مواد و روش‌ها..... ۳۴
- ۳۴-۱-۳-۱- مواد و تجهیزات..... ۳۴
- ۳۴-۱-۱-۱- مواد شیمیایی..... ۳۴
- ۳۶-۱-۲-۱- ریزسازواره..... ۳۶
- ۳۶-۱-۳-۱- دستگاه‌ها..... ۳۶
- ۳۷-۲-۳- روش‌ها..... ۳۷
- ۳۷-۱-۲-۱- آماده‌سازی محیط کشت..... ۳۷
- ۳۷-۱-۲-۱- محیط کشت جامد..... ۳۷
- ۳۷-۱-۲-۲- محیط کشت مایع..... ۳۷
- ۳۷-۲-۲-۲- کشت قارچ..... ۳۷
- ۳۸-۲-۲-۳- تهیه محلول نیترات نقره..... ۳۸

- ۳۸-۳-۴- تولید نانوذرات نقره با استفاده از قارچ فوزاریوم اکسیسپروم..... ۳۸
- ۳۸-۳-۵- آماده سازی نمونه ها برای آنالیز..... ۳۸
- ۳۸-۳-۵-۱- طیف سنجی جذبی UV-Visible..... ۳۸
- ۳۹-۳-۶- مقایسه تولید نانوذرات در شرایط مختلف..... ۳۹
- ۴۰-۳-۳- آزمایش نیترات زدایی..... ۴۰
- ۴۱-۳-۱- روش تهیه معرف های آزمایش نیترات زدایی..... ۴۱
- ۴۱-۳-۴- روش سنجش فعالیت نیترات رداکتاز..... ۴۱
- ۴۲-۳-۱-۴- کشت هوازی..... ۴۲
- ۴۲-۳-۲-۴- روش تهیه بافر پتاسیم فسفات..... ۴۲
- ۴۲-۳-۳-۴- کشت نیمه هوازی..... ۴۲
- ۴۴-۳-۵- مقایسه تولید نانوذرات نقره در غلظت های متفاوت نیترات..... ۴۴
- ۴۴-۳-۶- مقایسه تولید نانوذرات نقره توسط نیترات نقره و سولفات نقره..... ۴۴
- ۴۴-۳-۷- بررسی توانایی رشد قارچ در حضور نیترات نقره..... ۴۴
- ۴۴-۳-۸- تولید نانوذرات نقره توسط دی آمین نقره $Ag(NH_3)_2^+$ ۴۴
- ۴۵-۳-۹- تولید نانوذرات توسط صافیده سلولی..... ۴۵
- ۴۵-۳-۱۰- تولید نانوذرات در محیط حاوی بازدارنده آنزیم نیترات رداکتاز..... ۴۵
- ۴۶-۳-۱۱- آزمایش الکتروفورز..... ۴۶
- ۴۶-۳-۱۱-۱- الکتروفورز با ژل پلی آکریل آمید..... ۴۶
- ۴۶-۳-۱۱-۲- SDS-PAGE پروتئین ها..... ۴۶
- ۴۷-۳-۱۱-۳- روش های آشکارسازی پروتئین ها بر روی ژل..... ۴۷
- ۴۸-۳-۱۱-۴- روش آماده سازی نمونه ها..... ۴۸
- ۴۹-۳-۱۲- طراحی آزمایش با سطح پاسخ..... ۴۹

فصل ۴

- ۴- نتایج و بحث..... ۵۲
- ۴-۱- تولید نانوذرات نقره با استفاده از قارچ فوزاریوم اکسیسپروم..... ۵۲
- ۴-۲- مقایسه تولید نانوذرات نقره در شرایط هوازی و نیمه هوازی..... ۵۴

- ۳-۴- سنجش فعالیت نیترات رداکتاز..... ۵۶
- ۴-۴- آزمایش توانایی نیترات زدایی ۵۶
- ۵-۴- تولید نانوذرات نقره در غلظت‌های متفاوت نیترات ۵۷
- ۶-۴- مقایسه تولید نانوذرات نقره توسط نیترات نقره و سولفات نقره ۵۸
- ۷-۴- بررسی امکان رشد قارچ در حضور نیترات نقره یک میلی‌مولار ۵۹
- ۸-۴- تولید نانوذرات نقره توسط دی آمین نقره $Ag(NH_3)_2^+$ ۵۹
- ۹-۴- تولید نانوذرات توسط صافیده سلولی..... ۶۰
- ۱۰-۴- تولید نانوذرات نقره در حضور بازدارنده‌ی نیترات رداکتاز..... ۶۲
- ۱۱-۴- نتایج آزمایش الکتروفورز..... ۶۳
- ۱۲-۴- نتایج طراحی آزمایش ۶۴
- ۱-۱۲-۴- تجزیه و تحلیل آماری..... ۶۴
- ۲-۱۲-۴- تجزیه و تحلیل فرآیند..... ۷۰
- ۳-۱۲-۴- بهینه‌سازی عامل‌های فرآیند..... ۷۴

فصل ۵

- ۵- نتیجه‌گیری و پیشنهادها..... ۷۵
- ۱-۵- نتیجه‌گیری ۷۵
- ۲-۵- پیشنهادها ۷۶
- مراجعه..... ۷۷

فهرست شکل‌ها

- شکل ۱-۱- اریچارد فیمن..... ۴
- شکل ۱-۲- نانوذرات تجمع یافته در فضای پری پلاسمایی باکتری..... ۱۳
- شکل ۲-۲: نانوذرات مغناطیسی در باکتری مگنتوتاکتیک..... ۱۴
- شکل ۲-۳- آنالیز TEM نانوذرات نقره تولید شده از فوزاریوم سمیتکتوم..... ۲۹
- شکل ۲-۴ آنالیز FTIR نانوذرات نقره تولید شده از قارچ فوزاریوم اکسیسپروم..... ۳۰
- شکل ۱-۳- سطح پاسخ سه بعدی نشان دهنده بازده (η) به عنوان تابعی از دما (x_1) و فشار (x_2) ۴۹
- شکل ۲-۳- رسم کانتوری سطح پاسخ..... ۵۰
- شکل ۳-۳- طرح های مرکب مرکزی برای $k=2$ و $k=3$ ۵۱
- شکل ۱-۴- تغییر رنگ محلول بر اثر تشکیل نانوذرات..... ۵۲
- شکل ۲-۴- طیف جذب کلونید نانوذرات تولید شده و شاهد بدون نیترا نقره..... ۵۳
- شکل ۳-۴- تصویر حاصل از SEM کلونید نانوذرات نقره..... ۵۳
- شکل ۴-۴- طیف جذب کلونید نانوذرات نقره تولید شده در شرایط هوایی و نیمه هوایی ۵۴
- شکل ۵-۴- طیف جذب کلونید نانوذرات نقره تولید شده در غلظت های متفاوت نیترا..... ۵۷
- شکل ۶-۴- طیف جذب کلونید نانوذرات نقره تولید شده از محلول نیترا و سولفات نقره..... ۵۸
- شکل ۷-۴- کشت جامد تهیه شده از تعلیق توده زیستی در آب، نیترا نقره و دی آمین نقره..... ۵۹
- شکل ۸-۴- مقایسه طیف جذب کلونید نانوذرات نقره تولید شده از نیترا نقره و دی آمین نقره... ۶۰
- شکل ۹-۴- طیف جذب کلونید نانوذرات نقره تولید شده از صافیده های سلولی..... ۶۰
- شکل ۱۰-۴- تصویر SEM کلونید نانوذرات نقره حاصل از صافیده سلولی (کات آف ۲۰ KDa) ۶۱
- شکل ۱۱-۴- طیف جذب کلونید نانوذرات در حضور بازدارنده آنزیم نیترا رداکتاز و مقایسه با

- طیف جذب کلوئید نانوذرات بدون حضور بازدارنده آنزیم..... ۶۲
- شکل ۴-۱۲ نتایج آنالیز الکتروفورز SDS-PAGE ۶۳
- شکل ۴-۱۳ مقایسه مقادیر حقیقی و پیش‌بینی شده برای غلظت نانوذرات نقره..... ۶۷
- شکل ۴-۱۴ سطح پاسخ اثر متقابل عامل‌های A و B بر غلظت نانوذرات نقره..... ۷۰
- شکل ۴-۱۵ کانتور و نمودار سطح پاسخ اثر متقابل عامل‌های A و C بر غلظت نانوذرات نقره..... ۷۱
- شکل ۴-۱۶ کانتور و نمودار سطح پاسخ اثر متقابل عامل‌های B و D بر غلظت نانوذرات نقره..... ۷۲
- شکل ۴-۱۷ کانتور و نمودار سطح پاسخ اثر متقابل عامل‌های A و D بر غلظت نانوذرات نقره..... ۷۳

فهرست جدول‌ها

- جدول ۲-۱ برخی ریزسازواره‌ها و نانوذرات تولیدشده توسط آن‌ها..... ۱۸
- جدول ۳-۱ ترکیبات ژل الکتروفورز..... ۴۸
- جدول ۴-۱ مقایسه روش‌های هوازی و نیمه‌هوازی برای تولید نانوذرات نقره..... ۵۵
- جدول ۴-۲ محدوده تغییرات عامل‌ها (با واحد میلی‌مولار) در طراحی سطح پاسخ..... ۷۵
- جدول ۴-۳ آزمایش‌های طراحی شده..... ۶۶
- جدول ۴-۴ تحلیل واریانس داده‌ها برای پاسخ غلظت نانوذرات..... ۶۷
- جدول ۴-۵ مقادیر ضرایب رگرسیون..... ۶۸
- جدول ۴-۶ اثر عامل‌ها بر غلظت نانوذرات..... ۶۹
- جدول ۴-۷ شرایط بهینه نرم‌افزار..... ۷۴
- جدول ۴-۸ مقادیر پیش‌بینی شده و آزمایشگاهی برای پاسخ‌ها در شرایط بهینه..... ۷۴

فصل ۱

۱- مقدمه

نانوفناوری حوزه‌ای از علوم کاربردی است که متمرکز بر طراحی، تولید، شناسایی و کاربرد مواد، قطعات و تجهیزات در ابعاد نانو می‌باشد. پیشرفت نانوفناوری منجر به بهبود لوازم و تجهیزات و کاربردهای آن‌ها در زندگی بشر می‌شود. یک نانومتر یک هزارم میکرون است و برابر با قطر ۱۰ اتم هیدروژن و یا ۵ اتم سیلیسیم می‌باشد (شکوه فر و مومنی، ۱۳۸۴). مؤسسه ملی پیش‌گامی نانوفناوری آمریکا^۱ تعریفی را برای فناوری نانو ارائه می‌دهد که در برگیرنده هر سه تعریف ذیل باشد:

۱. توسعه فناوری و تحقیقات در سطوح اتمی، مولکولی و یا ماکرومولکولی در مقیاس اندازه ۱ تا ۱۰۰ نانومتر.

۲. خلق و استفاده از ساختارها و ابزار و سامانه‌هایی که به خاطر اندازه کوچک یا حد میانه آن‌ها، خواص و عملکرد نوینی دارند.

۳. توانایی کنترل یا دستکاری در سطوح اتمی.

نانوفناوری یک رشته جدید نیست، بلکه رویکردی جدید در تمام رشته‌هاست. برای نانوفناوری کاربردهایی را در حوزه‌های مختلف از غذا، دارو و مواد تا تشخیص پزشکی، بیوتکنولوژی، الکترونیک، رایانه، ارتباطات، حمل و نقل، انرژی، محیط زیست، هوافضا و امنیت ملی برشمرده‌اند. کاربردهای وسیع این رشته به همراه پیامدهای اجتماعی، سیاسی و حقوقی آن، این فناوری را به‌عنوان یک زمینه فرا رشته‌ای و فرابخشی مطرح نموده‌است.

^۱ National Nanotechnology Initiative

علم نانو مطالعه پدیده‌هایی است که توسط مواد اتمی و مولکولی و ابعاد در محدوده چند نانومتر تا کمتر از ۱۰۰ نانومتر ظاهر می‌شود. در شیمی این محدوده‌ی ابعادی برای کلوئیدها، مایسل‌ها، مولکول‌های پلیمری و ساختارهای یکسان تعریف می‌شود. در فیزیک یا مهندسی برق، علم نانو بیشتر به رفتار کوانتومی و رفتار الکترون‌ها در ساختارهای با اندازه نانو مرتبط می‌شود. در زیست‌شناسی و بیوشیمی نیز ترکیبات سلولی و ساختارهای مولکولی جالب مانند RNA و DNA و اجزای درون سلولی به عنوان نانو ساختارها مطرح می‌باشند (Cao, 2004).

علم و فناوری نانو رشته‌ای است که بر موارد زیر متمرکز می‌شود (Burda et al., 2005):

۱. پیشرفت روش‌های ساخت و تجهیزات آنالیز سطح برای ساخت مواد و ساختارها.
 ۲. فهم تغییر در خواص فیزیکی و شیمیایی در راستای ریز کردن مواد.
 ۳. استفاده از این خواص در پیشبرد مواد جدید و کاربردی در تجهیزات.
- سلول‌های زنده بهترین نمونه از ماشین‌هایی هستند که در سطح نانو کار می‌کنند. ریبوزوم‌ها، هیستون‌ها و کروماتین، ساختار داخلی میتوکندری (مرکز فرآیند فتوسنتز)، نانو ساختارهایی هستند که با بازده بسیار بالا کار می‌کنند (شکوه فر و مومنی، ۱۳۸۴).
- مهم‌ترین زمینه‌های کاربرد نانوفناوری عبارتند از:
۱. پزشکی، تشخیص، انتقال دارو، مهندسی بافت
 ۲. شیمی و محیط زیست؛ کاتالیست‌ها، فیلتراسیون
 ۳. انرژی؛ افزایش کارایی محصولات مولد انرژی، بازیافت باتری، استفاده از سامانه‌های انرژی حامی محیط زیست.
 ۴. اطلاعات و ارتباطات؛ قطعات نیمه‌هادی جدید، قطعات الکترونیکی جدید، وسایل نمایش‌دهنده با انرژی کم، رایانه‌های کوانتومی.
 ۵. کالاهای مصرفی؛ تولید، ایمنی و بسته‌بندی غذاها، سامانه‌های خودتمیزکن، الیاف و منسوجات، تجهیزات نوری، تجهیزات ورزشی، لوازم آرایشی.

۱-۱- تاریخچه نانوفناوری

در طول تاریخ بشر از زمان یونان باستان، مردم و به‌خصوص دانشمندان آن دوره بر این باور بودند که مواد را می‌توان آنقدر به اجزاء کوچک تقسیم کرد تا به ذراتی رسید که خردناشدنی هستند و این ذرات بنیان مواد را تشکیل می‌دهند. شاید بتوان دموکریتوس^۱ فیلسوف یونانی را پدر فناوری و علوم نانو دانست، چرا که در حدود ۴۰۰ سال قبل از میلاد مسیح، او اولین کسی بود که واژه اتم را که به معنی تقسیم‌نشدنی در زبان یونانی است، برای توصیف ذرات سازنده مواد بکاربرد. نقطه شروع و توسعه اولیه فناوری نانو به طور دقیق مشخص نیست. شاید بتوان گفت که اولین نانوفناوریست‌ها شیشه‌گران قرون وسطایی بوده‌اند. البته این شیشه‌گران نمی‌دانستند که چرا با اضافه کردن طلا به شیشه رنگ آن تغییر می‌کند. در آن زمان برای ساخت شیشه‌های کلیساهای قرون وسطایی از ذرات نانومتری طلا استفاده می‌شده‌است و با این کار شیشه‌های رنگی بسیار جذابی به‌دست آمده‌است. این قبیل شیشه‌ها هم‌اکنون در بین شیشه‌های بسیار قدیمی یافت می‌شوند. رنگ به‌وجودآمده در این شیشه‌ها برپایه این حقیقت استوار است که مواد با ابعاد نانو دارای همان خواص مواد با ابعاد میکرو نمی‌باشند.

در واقع، یافتن مثال‌هایی برای استفاده از نانوذرات فلزی چندان سخت نیست. رنگدانه‌های تزئینی جام مشهور لیکورگوس^۲ در روم باستان (قرن چهارم بعد از میلاد) نمونه‌ای از آن‌هاست. این جام هنوز در موزه بریتانیا قرار دارد و بسته به جهت نور تابیده به آن، رنگ‌های متفاوتی دارد. نور انعکاس یافته از آن سبز است ولی اگر نوری از درون آن بتابد، به رنگ قرمز دیده می‌شود. آنالیز این شیشه حکایت از وجود مقادیر بسیار اندکی از بلورهای فلزی ۷۰ نانومتر دارد و حضور این نانوبلورها باعث رنگ ویژه جام لیکورگوس گشته‌است.

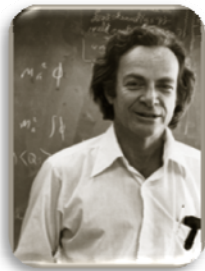
در سال ۱۹۵۹ ریچارد فیمن^۳ دانشمند کوانتوم نظری مطرح نمود که اگر دانشمندان ترانزیستورها

^۱ Democritus

^۲ Lycurgus

^۳ Richard Feynman

را ساخته اند، با علم اتمی می‌توانیم همین ترانزیستورها را با مقیاس بسیار کوچک بسازیم. او قصد داشت تا با قراردادن اتم‌ها در کنار یکدیگر کوچکترین مصنوعات بشری را بسازد.



شکل ۱-۱- ریچارد فیمن

در همین سال او مقاله‌ای درباره قابلیت‌های فناوری نانو در آینده به چاپ رسانید. او که بعدها جایزه نوبل فیزیک را از آن خود ساخت، در مهمانی شام انجمن فیزیک آمریکا سخنرانی با عنوان " فضای زیادی در سطوح پائین وجود دارد"^۱ ایراد نمود و ایده فناوری نانو را برای عموم آشکار ساخت.

سخنرانی او شامل این مطلب بود که می‌توان تمام دایره‌المعارف بریتانیکا را بر روی یک سنجاق نگارش کرد. او همچنین از دوتایی کردن اتم‌ها برای کاهش ابعاد رایانه‌ها سخن گفت. در آن زمان ابعاد رایانه‌ها بسیار بزرگتر از ابعاد کنونی بودند اما او احتمال می‌داد که ابعاد آن‌ها را بتوان حتی از ابعاد رایانه‌های کنونی نیز کوچک‌تر کرد. او همچنین در آن سخنرانی توسعه بیشتر فناوری نانو را پیش‌بینی نمود.

واژه فناوری نانو اولین بار توسط نوریوتاینگوچی استاد دانشگاه علوم توکیو در سال ۱۹۷۴ بر زبان‌ها جاری شد. او این واژه را برای توصیف ساخت مواد (وسایل) دقیقی که تلورانس ابعادی آن‌ها در حد نانومتر می‌باشد، به کار برد. در سال ۱۹۸۶ این واژه توسط کی اریک درکسلر در کتابی با عنوان موتور آفرینش آغاز دوران فناوری نانو بازآفرینی و تعریف مجدد شد (Feynman, 1991). شکوه فر و مومنی، (۱۳۸۴).

^۱ There is plenty of room at the bottom

۱-۲- نانوذرات

تبدیل میکرو ذرات به نانوذرات، به تغییراتی در خواص ماده منجر می‌شود. افزایش نسبت سطح به حجم و انتقال ذرات به محدوده‌ای که اثرات کوانتومی غالب است، دو عامل مهم در تغییر خواص می‌باشند.

افزایش در نسبت سطح به حجم که به صورت تدریجی با کوچک شدن ذرات شدت می‌یابد منجر به افزایش تسلط رفتار اتم‌های درونی است. این عامل بر خواص ذره به تنهایی و بر هم‌کنش آن با دیگر مواد تاثیر می‌گذارد. سطح زیاد یک عامل مهم در کارایی کاتالیستی و ساختارها (مانند الکترودها) می‌باشد که سبب بهبود فناوری‌هایی مانند سلول‌های سوختی و باتری‌ها می‌گردد. هم‌چنین سطح زیاد نانوذرات در برهم‌کنش‌های مابین اجزاء در نانوکامپوزیت‌ها، منجر به خواص ویژه‌ای نظیر استحکام و یا مقاومت شیمیایی و حرارتی می‌شود. انتقال از مکانیک کلاسیک به مکانیک کوانتومی تدریجی نمی‌باشد، به محض اینکه ذرات به قدر کافی کوچک شوند، شروع به نشان دادن رفتار مکانیک کوانتومی می‌کنند. (Cao, 2004).

یکی از اهداف مهم نانوفناوری، تولید نانومواد با قابلیت کنترل اندازه، توزیع ترکیب شیمیایی و شکل آن‌هاست. با ایجاد ساختارهای نانومتری، کنترل برخی از خصوصیات مواد نظیر رفتار مغناطیسی، هدایت الکتریکی، استحکام و نقطه ذوب، بدون تغییر ترکیب شیمیایی آن‌ها، امکان‌پذیر می‌شود. این موضوع امکان استفاده نانوفناوری در زمینه‌های مختلفی همچون صنایع الکترونیک، پزشکی، داروسازی، بهداشت، مواد، صنایع شیمیایی و نفت و گاز را فراهم آورده‌است.

روش‌های شیمیایی و فیزیکی مختلفی برای تولید نانوذرات فلزی بکار گرفته شده‌است. با توجه به اهمیت روز افزون توسعه شیوه‌های تولید ایمن برای محیط زیست (شیمی سبز) و کاهش مشکلات زیست محیطی ناشی از مصرف مواد سمی مختلف در تولید نانوذرات، توجه به سه عامل حلال،

احیاکننده و پوشش و پایدارکننده مناسب و غیر سمی برای تولید نانوذرات، ضروری به نظر می‌رسد (Blum et al., 2004).

در سال‌های اخیر بهره‌گیری از موجودات زنده برای تولید نانوذرات با شکل و اندازه کنترل شده مورد توجه قرار گرفته است. برخی از باکتری‌ها، مخمرها، قارچ‌ها و عصاره برگ گیاهان در مجاورت یون‌های فلزی قادر به تولید نانوذرات به صورت درون سلولی و یا برون سلولی هستند. احیا زیستی یون‌ها در محلول توسط عامل کاهنده که سامانه‌ی زیستی تولید می‌کند، منجر به تشکیل نانوذرات می‌شود. از نتایج مطالعات اولیه بر روی قارچ‌ها در تولید زیستی نانوذرات و مقایسه با نتایج عملکرد اولیه بر روی باکتری‌ها در این زمینه مشخص شده است که قارچ‌ها مقادیر بیشتری از نانوذرات را تولید می‌کنند. یکی از دلایل این پدیده می‌تواند در تولید پروتئین‌های بیشتر توسط قارچ‌ها نهفته باشد. در نتیجه قارچ‌ها قابلیت تولید انبوه نانوذرات را دارند (Bhainsa and D'Souza, 2006).

با توجه به پژوهش‌هایی که در زمینه توانایی قارچ *فوزاریوم اکسیسپروم*^۱ در تولید زیستی نانوذرات نقره در گروه زیست‌فناوری دانشگاه تربیت مدرس انجام شده بود، این پژوهش در ادامه و برای درک بهتر تولید نانوذرات توسط این قارچ انجام شده است (محمدیان، ۱۳۸۵؛ خسروی، ۱۳۸۶).

^۱ *Fusarium oxysporum*

فصل ۲

۲- مروری بر منابع مطالعاتی

۲-۱- مروری بر روش‌های مختلف تولید نانوذرات

نانوذرات، بلوک‌های ساختمانی اساسی در نانو فناوری هستند. آن‌ها نقطه شروع در تولید مواد و وسایل نانو ساختار می‌باشند. تولید نانوذرات یک عامل مهم در پیشرفت تحقیقات در زمینه علوم و مهندسی نانو است.

نانوذرات مواد مختلف به چندین روش تولید می‌شوند. در تولید و آرایش نانوذرات یا نانومواد، پیش‌ماده‌هایی در فاز مایع، جامد یا گاز استفاده می‌شوند. این مواد با تکیه بر واکنش‌پذیری شیمیایی یا فشردگی فیزیکی‌شان نانوساختارها را به صورت بلوک‌هایی در کنار هم قرار می‌دهند. به طور کلی روش‌های ساخت نانو مواد در دو گروه اصلی قرار می‌گیرند، روش‌های پایین به بالا و بالا به پایین. روش بالا به پایین با یک تکه ماده توده‌ای و حجیم شروع شده و با ساییدن آن به سمت شکل مطلوب پیش می‌رود.

هر دو روش فوق نقش مهمی در نانوفناوری دارند. مشکل اصلی روش بالا به پایین در تولید ساختارهایی فوق العاده کوچک با خلوص کافی همانند آن چه که در روش پایین به بالا تولید می‌شود، است. روش پایین به بالا شانس بهتری در حصول نانو ساختارهایی با نقایص کم‌تر و ترکیب شیمیایی همگن‌تر فراهم می‌کند. این امر ناشی از این است که در روش پایین به بالا انرژی آزاد گیبس کاهش یافته و در نتیجه نانو ساختارها و مواد از نظر ترمودینامیکی در تعادل قرار دارند. برعکس در روش بالا به

پایین، به ماده تنش درونی وارد می‌شود، در نتیجه نقایص سطحی افزایش می‌یابد (Schemid, 2004, Cao, 2004).

۲-۱-۱- تولید نانوذرات توسط فرآیند سل-ژل

در این روش محلول یون فلزی به ظرف واکنش که حاوی حلال داغ مانند فسفات آلکیل، فسفیت آلکیل، پیریدین، آلکیل آمید، فوران و غیره است به سرعت افزوده می‌شود. افزایش سریع عوامل به ظرف واکنش غلظت پیش‌ران‌ها را به بالاتر از غلظت آستانه هسته زایی افزایش می‌دهد و نیز محلول به دلیل دمایی بالا فوق اشباع می‌گردد. در نتیجه یک هسته زایی ناگهانی رخ داده و در پی آن غلظت در محلول به کمتر از غلظت بحرانی هسته‌زایی افت می‌کند. اگر زمان رشد نانوخوشه‌ها در حین مدت هسته‌زایی در مقایسه با فرآیندهای رشد کم‌تر باشد، نانوخوشه‌ها می‌توانند یکسان‌تر و هم‌اندازه‌تر باشند (Schemid, 2004).

۲-۱-۲- تولید نانوذرات به روش رسوب دهی شیمیایی

سینتیک هسته‌زایی و رشد ذره در محلول‌های هموزن توسط رهایش کنترل شده آنیون‌ها و کاتیون‌ها تنظیم می‌شود. کنترل دقیق سرعت رسوب‌دهی، به تشکیل نانوذرات با اندازه یکسان منجر می‌شود. بنابراین، کنترل عوامل تعیین کننده فرآیند رسوب‌دهی و غلظت واکنش‌دهنده‌ها و یون‌ها امری لازم است. مولکول‌های آلی برای کنترل رهایش عوامل واکنش‌دهنده و یون‌ها در حین رسوب‌دهی استفاده می‌شود. غلظت واکنش‌دهنده و دما نیز بر اندازه ذرات تاثیر می‌گذارد. با مهندسی این عوامل می‌توان نانوذراتی با توزیع اندازه ذره باریک تولید کرد. روش رسوب‌دهی در تهیه نانوذرات بسیار ساده و سهل الوصول است و با این روش می‌توان نانو ساختارهای پیچیده‌ای نظیر سامانه‌های کوانتومی و سایر ساختارهای پوسته/هسته تولید کرد (Cao, 2004).