بسم الله الرحمن الرحیم

دانشکده شیمی

پایان نامه کارشناسی ارشد شیمی معدنی

سنتز نانو نقره و بررسی اثر احیا کننده های مختلف برای تولید آن و کاربرد های آن در میکروبیولوژی

مرتضی پورتیموری

اساتید راهنما:

دکتر اسماعیل سلیمانی

دکتر محمد جواد چایچی

استاد مشاور:

دکتر مجتبی محسنی

اردیبهشت ۱۳۹۰

محلول کلوییدی نانو نقره به روش کاهش شیمیایی از واکنش نیترات نقـره بـا سـدیم بوروهیدریـد در مجاورت تری سدیم سیترات و پلی وینیل پیرولیدون تهیه شده است. با استفاده از طیف UV و تصویر TEM از نمونه تهیه شده، اندازه نانو نقره تعیین شد.

خاصیت میکروب کشی نانو ذرات نقره به دو روش MIC و MBC در مقابل باکتری هـای گـرم منفـی (*اشریشـیاکلی و سـودوموناس آئروژینـوزا*) و بـاکتری هـای گـرم مثبـت (*باسـیلوس سـوبتیلیس و استافیلوکوکوس اورئوس*) بررسی شد که در روش MBC، نانو نقره با غلظت ۵۰PPM به طـور کامـل باکتری *اشریشیاکلی* و با غلظت ۲۵PPM نیز به طـور کامـل بـاکتری هـای *سـودوموناس آئروژینـوزا، باسیلوس سوبتیلیس* و *استافیلوکوکوس اورئوس* را از بین برده است. همچنین در روش MIC با غلظت ۱۵PPM نانو نقره، باعث توقف رشد هر ۴ باکتری فوق گردیده است.

کلمات کلیدی: نانو نقره، طیف UV، تصویر TEM، روش MIC و MBC، باکتری های گرم منفی، باکتری های گرم مثبت

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول : مقدمه و تئوری

۱- فناوری نانو.....۲

۱-۱- فناوری نانو چیست؟.....۲

۱-۲- تاریخچه نانو ۴

۱-۲-۱- دوره رومی ۴

۱-۲-۲- عکاسی.....۴

۱-۲-۳- کشف کلوییید های طلا.....۵

۱-۲-۴- تئوری مای.....۵

۱-۲-۵- اولین میکروسکوپ الکترونی.....۶

۱-۲-۶- کشف DNA ۶

۱-۲-۷- ریچارد فینمن ۷

۱-۲-۸- افزایش سطحی طیف سنجی رامان(SERS) ۹

۱-۲-۹- میکروسکوپ تونل زنی پویشی(STM) ۹

۱-۳- کاربرد فناوری نانو ۱۰

۱-۳-۱- نانو روکش ها ۱۰

۱-۳-۲- نانو مواد ۱۰

۱-۳-۳- مهندسی مولکولی..... ۱۱
۱-۴- روشهای تهیه مواد در فناوری نانو ۱۲
۱-۴-۱- روش بالا به پایین ۱۲
۱-۴-۲- روش پایین به بالا ۱۲
۱-۵- روش های تولید انبوه نانو مواد ۱۳
۱-۵-۱- روش مکانیکی ۱۳
۱-۵-۲- سل- ژل ۱۴
۱-۵-۳- واکنش حالت جامد – مایع ۱۴
۱-۵-۴- چگالش فاز گازی ۱۵
۱-۶- کاربرد های نانو ذرات ۱۵
۱-۷- روش های اندازه گیری نانو ذرات ۱۶
۱-۷-۱- میکروسکوپ الکترونی ۱۶
۱-۷-۱-۱- میکروسکوپ الکترونی عبوری TEM..... ۱۶
۱-۸- خواص فیزیکی و شیمیایی نقره ۱۸
۱-۹- تجزیه و شناسایی نقره ۱۸
۱-۱۰- ترکیبات نقره ۱۹
۱-۱۰-۱- نیترات نقره ۱۹
۱-۱۰-۲- دی آمین نقره (I) هیدروکسید..... ۱۹
۱-۱۰-۳- سیانید نقره ۱۹
۱-۱۱- تاریخچه مصرف نقره ۲۰

۱-۱۲- روش های تولید نانو نقره ۲۱
۱-۱۲-۱- روش فاز بخار ۲۱
۱-۱۲-۲- الکترو شیمیایی ۲۱
۱-۱۲-۳- فوتولیز ۲۲
۱-۱۲-۱۴- کاهش شیمیایی ۲۲
۱-۱۳- عوامل تاثیر گذار در اندازه ذرات نانو نقره ۲۳
۱-۱۴- کاربرد های نانو نقره ۲۳
۱-۱۴-۱- استفاده نانو ذرات نقره در مصارف ضد میکروبی ۲۵
۱-۱۴-۲- کاربرد نانو ذرات نقره در نساجی ۲۷
۱-۱۴-۳- کاربرد پلیمر های نانو نقره ۲۸
۱-۱۵- مکانیسمهای پیشنهادی برای عملکرد و اثر نانو ذرات نقره ۲۸
۱-۱۵-۱- مکانیسم یونی ۲۸
۱-۱۵-۲- مکانیسم کاتالیزوری ۲۹
۱-۱۶- معرفی باکتری ها ۲۹
۱-۱۶-۱- *اشریشیا کلی* ۲۹
۱-۱۶-۲- *سودوموناس آئروژینوزا* ۳۱
۱-۱۶-۳- *باسیلوس سوبتیلیس* ۳۲
۱-۱۶-۴- *استافیلوکوکوس اورئوس* ۳۳
۱-۱۷- مروری بر کارهای انجام شده در خصوص سنتز نانو ذرات نقره..... ۳۴

فصل دوم: بخش تجربی

۲-۱- مواد و ترکیبات مورد استفاده ۴۴

۲-۲- تجهیزات ۴۵

۲-۳- روش سنتز نانو نقره ۴۶

۲-۴- آزمایشات بخش میکروبیولوژی ۴۹

۲-۴-۱- مواد، وسایل و روش کار ۴۹

۲-۴-۱-۱- آماده سازی محلول نمک سدیم کلراید ۰/۹..... ۴۹

۲-۴-۱-۲- آماده سازی محیط کشت نوترین آگار ۴۹

۲-۴-۱-۳- تهیه محیط کشت LB ۵۰

۲-۴-۱-۴- باکتری ها و نحوه آماده سازی کشت باکتری در LB ۵۰

۲-۴-۱-۵- سنجش حداقل غلظت توقف رشد باکتری ها در حضور نانو نقره ۵۱

۲-۴-۱-۶- تاثیر نانو نقره و شمارش باکتری ها به روش Miles & Misra ۵۱

۲-۴-۱-۷- شمارش کلنی ها و سنجش باکتری های زنده ۵۳

فصل سوم: نتایج بحث و نتیجه گیری

۳-۱- بحث و نتیجه گیری ۵۵

۳-۲- بررسی اثر احیا کننده های مختلف برای سنتز نانو نقره ۶۸

۳-۳- پیشنهادات برای کارهای آینده ۶۹

منابع ۷۱

فهرست اشکال

عنوان

صفحه شکل ۱-۱: مقایسه تار مو با سیم یک نانومتری ۳

شکل ۱-۲: DNA و فاصله بین دو رشته آن ۳

شکل ۱-۳: ریچارد فینمن ۸

شکل ۱-۴: نوریو تانیگوچی ۸

شکل ۱-۵: تصویر میکروسکوپی باکتری اشریشیا کلی ۲۹

شکل ۱-۶: تصویر میکروسکوپی سودوموناس آئروژینوزا ۳۱

شکل ۱-۷: تصویر میکروسکوپی باکتری باسیلوس سوبتیلیس ۳۲

شکل ۱-۸: تصویر میکروسکوپی باکتری استافیلوکوکوس اورئوس ۳۳

شکل ۱-۹: طیف جذبی نانو ذرات نقره ۳۴

شکل ۱-۱۰: تصویر TEM ۳۵

شکل ۱-۱۱: رنگ های مختلف نانو ذرات نقره.....۳۵

شکل ۱-۱۲: تصویر TEM ۳۶

شکل ۱-۱۳: کلوئید نقره در مراحل مختلف تجمع ۳۷

شکل ۱-۱۴: طیف UV ۳۸

شکل ۱-۱۵: تصویر TEM ۳۸

شکل ۱-۱۶: رنگ ظاهری نانو ذرات نقره ۴۰

شکل ۱-۱۷: طیف UV ۴۱
شکل ۱-۱۸: نمودار اندازه ذرات و نسبت تعداد آن ۴۱
شکل ۱-۱۴: تصویر TEM ۴۲
شکل ۲-۱: طیف UV نانو نقره تهیه شده ۴۷
شکل ۲-۲: تصاویر TEM نانو ذرات نقره سنتز شده ۴۸
شکل۲-۳: تصویرباکتری های رشد یافته و رشد نیافته ۵۱
شکل ۲-۴: تصویر باکتری های رشد کرده روی محیط کشت و شمارش آن ۵۳
شکل ۳-۱: فرمول گسترده پلی وینیل پیرولیدون و تری سدیم سیترات..... ۵۵
شکل ۳-۲: حضور یون های مازاد بوروهیدرید در اطراف نانو ذرات نقره..... ۵۶
شکل ۳-۳: نمودار کاهش تعداد باکتری *اشریشیا کلی*(*Ec*) در حضور غلظت های مختلف نانو نقره با زمان..... ۵۹
شکل ۳-۴: نمودار کاهش تعداد باکتری *سودوموناس آئروژینوزا* (*Pa*) در حضور غلظت های مختلف نانو نقره با زمان ۶۱
شکل ۳-۵: نمودار کاهش تعداد باکتری *باسیلوس سوبتیلیس* (*Bs*) در حضور غلظت های مختلف نانو نقره با زمان ۶۳
شکل ۳-۶: نمودار کاهش تعداد باکتری *استافیلوکوکوس اورئوس* (*Sa*) در حضور غلظت های مختلف نانو نقره با زمان ۶۵

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

جدول ۱-۱: اندازه نانو ذرات و چگونگی طیف نانو ذرات نقره ۳۸

جدول ۱-۲: اثرپایداری ذرات Ag وقتی که [$NaBH_4$] مختلف است.....۳۹

جدول ۲-۱: مواد و ترکیبات مورد استفاده در این کار تحقیقاتی ۴۴

جدول ۳-۱: شمارش باکتری *اشریشیا کلی*(*Ec*) در غلظت های مختلف نانو نقره.....۵۸

جدول ۳-۲: درصد کاهش باکتری *اشریشیا کلی*(*Ec*) در غلظت های مختلف نانو نقره۵۸

جدول ۳-۳: شمارش تعداد باکتری *سودوموناس آئروژینوزا* (*Pa*) در حضور غلظت های مختلف نانو نقره.....۶۰

جدول ۳-۴: درصد کاهش باکتری *سودوموناس آئروژینوزا* (*Pa*) در حضور غلظت های مختلف نانو نقره.....۶۰

جدول ۳-۵: شمارش تعداد باکتری *باسیلوس سوبتیلیس* (*Bs*) در حضور غلظت های مختلف نانو نقره.....۶۲

جدول ۳-۶: درصد کاهش باکتری *باسیلوس سوبتیلیس* (*Bs*) در حضور غلظت های مختلف نانو نقره.....۶۲

جدول ۳-۷: شمارش تعداد باکتری *استافیلوکوکوس اورئوس* (Sa) در حضور غلظت های مختلف نانو نقره.....۶۴

جدول ۳-۸: درصد کاهش باکتری *استافیلوکوکوس اورئوس* (*Sa*) در حضور غلظت های مختلف نانو نقره.....۶۴

جدول ۳-۹: تاثیر حداقل غلظت نانو نقره در روش های MBC و MIC ۶۷

علائم و اختصارات

افزایش سطحی طیف سنجی رامان..... SERS

نانومتر ..... nm

میکروسکوپ الکترونیکی پیمایشی یا پویشی ..... SEM

میکروسکوپ الکترونی عبوری ..... TEM

تغییرات اسیدیته ..... pH

عامل ویروس ایدز ..... HIV

انتروتوکسیژنیک اشرشیاکلی..... ETEC

انتروپاتوژنیک ..... EPEC

انترو اینویسیو ..... EIEC

میلی مول ..... mmol

گرم ..... g

میلی لیتر ..... mL

فرا بنفش ..... UV

طول موج ماکزیمم ..... λ_{max}

درجه سلسیوس ..... °C

Luria-Bertani Medium ..... LB

سنجش حداقل غلظت توقف رشد باکتری ها ..... MIC

مجموعه انواع میکروب ایران ..... PTCC

مجموعه انواع میکروب آمریکا ..... ATCC

میکرو لیتر ..... µL

تعداد واحد های کلنی بر میلی لیتر ..... cfu/mL

حداقل غلظت مرگ باکتری ..... MBC

دقیقه ..... Min

فصل اول

مقدمه و تئوری

۱- فناوری نانو

۱-۱- فناوری نانو چیست ؟

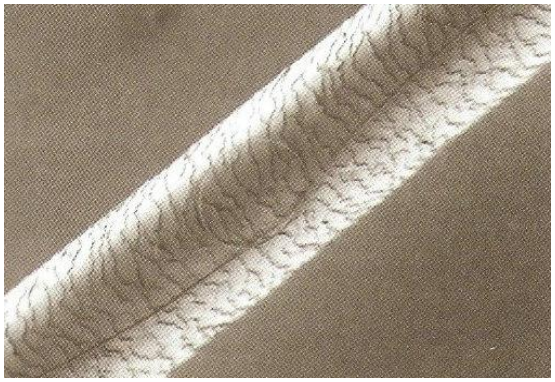
با توجه به کاربرد وسیع این پدیده یا فناوری جدید، ارائه تعریفی دقیق و جامع از فناوری نانو که بتواند تمام ابعاد کاربردی و تخصصی آن را در بر گیرد بسیار دشوار است. زیرا فناوری نانو یک دانش چند موضوعی و میان رشته ای است و با رشته هایی چون فیزیک کاربردی (نیمه هادی ها)، مهندسی مواد، ، شیمی (ابر مولکول ها) و حتی پزشکی، مهندسی مکانیک و برق نیز سر و کار دارد، لذا ارائه تعریفی جامع از آن آسان نیست.

با این وجود به دو تعریف جامع در این مورد می توان اشاره کرد: علم، قدرت و هنر ساختن مواد در اندازه ی نانو، همچنین علم و هنر استفاده از مواد نانو همراه با خواص و عملکرد نوینی جدید را فناوری نانو می گویند.

فناوری نانو ادامه دانش کنونی در ابعاد نانو و یا طرح ریزی دانش امروزی بر پایه ها و ساختارهای جدید با اندازه کنترل شده در مقیاس ۱ تا ۱۰۰ نانومتر است. یک نانومتر معادل یک میلیاردم متر ($۱۰^{-۹}$) است.

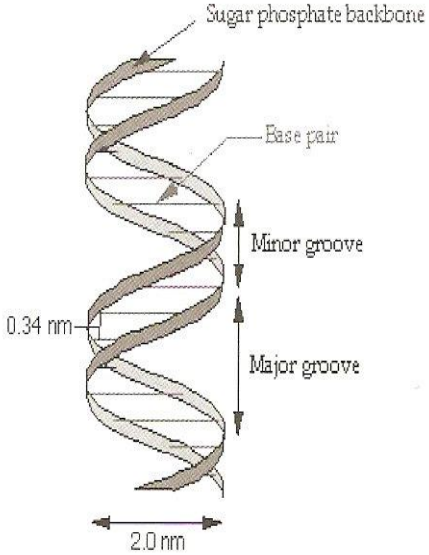
در تعریفی دیگر فناوری نانو یعنی ساخت مواد در اندازه های کوانتومی که خواص منحصر به فرد فیزیکی، شیمیایی، مغناطیسی، الکتریکی و مکانیکی از خود نشان می دهند.

هر نانومتر معادل ۳ الی ۵ اتم می باشد که تقریباً چهل هزار بار کوچکتر از قطر تار موی انسان است (شکل ۱-۱).



شکل ۱-۱: مقایسه تار مو با سیم یک نانومتری

برای درک هر چه بهتر این ابعاد می توان مثالی از طول پیوند ساده C-C به میان آورد که در حدود ۰/۱۲ تا ۰/۱۵ نانومتر می باشد، همچنین قطر مارپیچی DNA در حدود ۲ نانومتر است (شکل ۱-۲) و کوچکترین سلول باکتری با نام "مایکوپلاسما" طولی در حدود ۲۰۰ نانومتر دارد.



شکل ۱-۲: DNA و فاصله بین دو رشته آن

برای درک مفهوم اندازه یک نانومتر می توان حجم تیله به کره زمین در نظر گرفت [۱،۲].

در واقع با استفاده از مواد نانو می توان به محصولات جدیدی دست یافت که قبلا" امکان دستیابی بـه آنها وجود نداشته است.

تحولات عظیمی در زندگی بشر در سایه نانو مواد و نانو ماشین ها با توجه به همگرایی که فناوری نانو با علوم زیستی و رایانه ای رخ می دهد.

۱-۲- تاریخچه نانو

۱-۲-۱- دوره رومی (۳۰سال قبل از میلاد تا ۶۴۰ سال بعد از میلاد)

کشفیات باستان شناسی روشنگر استفاده از ذرات نانو در تمدن آن زمان است. یک محصول معروف از آن دوره، جام لیکورگوس[۱] مربوط به قرن چهارم میلادی است که در موزه بریتانیا در لندن نگهـداری می شود. جام مذبور دارای بدنه برنزی با لبه های برجسته بوده به طوری که تابش نور از بیرون به آن به رنگ سبز و تابش نور از درون به رنگ قرمز مشاهده می شود. مطالعات میکروسکوپی نشان داده که شیشه داخل این جام دارای ذرات نانو از جـنس طـلا و نقـره اسـت. ایـن ذرات نـانو خواصـی را بـروز می دهند که از ذرات درشت آن قابل انتظار نیست[۳].

۱-۲-۲- عکاسی

ظهور فیلم عکاسی یک مثال ساده از کاربرد فناوری نانو است که بر اساس تولید ذرات نانو نقره حساس به نور پایه گذاری شده است. فیلم عکاسی از یک لایه نازک ژلاتین حاوی نمکهای نقره و استات سلولزساخته شده است. نور، نمک های نقره را در حد نانو تجزیه می کند. اولین عکس موفقیت

۱- Lycurgus

آمیز در ۱۸۲۶ توسط جوزف نیپس[1] با بکار گیری نوعی قیر، تحت واکنش های فوتو شیمیایی طی ۸ ساعت تولید شد. بعد ها لوییس داگر[2] آزمایشات وی را جهت گسترش صفحات عکاسی ادامه داد و توانست بصورت شگفت آوری زمان تجمع نور را از ۸ ساعت به یک ساعت کاهش دهد. او همچنین توانست یک عکس را بوسیله غوطه ور کردن آن در نمک نقره پایدار کند[۴].

۱-۲-۳- کشف کلوئید های طلا

اولین کلوئید های فلزی را میشل فارادی[3] در۱۸۵۶ کشف کرد. کلوئید ها ذراتی هستند که در یک محلول معلق بوده و اندازه آنها مابین ذرات کاملا" حل شده در محلول های حقیقی و رسوب می باشند. کلوئید های طلایی فارادی خواص الکترونیکی و شیمیایی مخصوصی داشتند و در عصر حاضر بعنوان یکی از بهترین نانو ذرات فلزی شناخته شده اند[۵].

۱-۲-۴- تئوری مــای[4]

فیزیکدان آلمانی گوستاو مای (۱۹۰۸) نقش مؤثری در توسعه نانو فناوری با طرح تئوری پراکندگی نور توسط ذرات داشت. او نشان داد که امواج کوتاه در پراکندگی نور مؤثر تر از امواج بلند هستند. آسمان آبی دیده می شود زیرا مولکولهای هوا (که بسیار ریز هستند) در فاصله کوتاه، نور را بیشتر در طول موج آبی می شکنند تا زرد یا قرمز؛ چرا که نور آبی امواج کوتاه تری دارد. هنگام غروب خورشید به دلیل انتشار نور با انرژی کمتر، پراکندگی بیشتر می شود. لذا نور پراکنده انرژی کمتری داشته و

1- Joseph Niepce
2- Louis Daguerre
3- Michael Faraday
4- Gustav Mie

طول موج بزرگتر دارد و به رنگ قرمز یا زرد دیده می شود، در حالی که در طی روز انرژی خورشید بیشتر بوده و ذرات موجود در هوا انرژی بیشتری را پراکنده می کند که در نتیجه طول موج آن کوتاه تر شده و و به سوی رنگ آبی متمایل می شوند.

تئوری مای به دانشمندان کمک کرد تا به این نتیجه برسند که اندازه ذرات مشخص کننده رنگی است که مشاهده می شود. مای ذرات را بوسیله تشخیص پراکندگی نور بدست آورد[۶،۷].

۱-۲-۵- اولین میکروسکوپ الکترونی

در سال ۱۹۳۱ دانشمندان آلمانی ماکس نات[1] و ارنست روسکا[2] مدل جدیدی از میکروسکوپ را اختراع کردند که در نهایت دری به روی دنیای ریز باز کرد. در این میکروسکوپ الکترونها در یک محیط با فشار کم شتاب داده می شوند تا طول موج آنها بی نهایت کوچک یعنی حدود یک هزارم طول موج نور سفید گردد. پرتو های این الکترونهای سریع الحرکت برروی نمونه متمرکز شده و بخشی از الکترونها جذب شده و بخشی دیگر پراکنده می شوند. یک صفحه عکاسی حساس به الکترون این فعالیت ها را ضبط کرده و تصویری را ایجاد می کند. در ۱۹۳۳ میکروسکوپ های الکترونی قادر بودند بر توانایی میکروسکوپ نوری پیشی بگیرند. این اولین پله مهم در پیشرفت تکنیک ها و ابزارهایی بود که منجر به پژوهش بنیادی بر روی نانو ذرات شد[۸،۹].

۱-۲-۶- کشف DNA

1- Max Knot
2- Ernst Ruska

یکی از تحولات علم در قرن بیستم کشف DNA بوده است. در حدود سال ۱۹۵۰ دانشمندان می دانستند که DNA (دئوکسی ریبو نوکلئیک اسید) حامل اطلاعات ژنتیکی است، اما آنها نمی دانستند که آن چیست و شبیه چیست و یا چگونه کار می کند. تا اینکه در ۱۹۵۳ جیمز واتسون[1] و فرانسیس کریک[2] توانستند ساختار زنجیره ای دوگانه DNA را اثبات کنند[۱۰]. آنها نشان دادند که هنگام تقسیم سلول، دو رشته DNA از هم جدا شده و هر نیمه مکمل خود را می سازد. این به این معنا است که DNA می تواند بدون ایجاد تغییری در ساختمان خود همانند سازی کند. چند دهه بعد توانایی DNA در همانند سازی به دانشمندان اجازه داد تا برخی موضوعات در مورد ذرات نانو را به خوبی توصیف کنند.

۱-۲-۷- ریچارد فینمن[3]

ریچارد فینمن فیزیکدان آمریکایی (شکل ۱-۳) در سال۱۹۵۹ مقاله‌ای دربارهٔ قابلیت‌های فناوری نانو در آینده منتشر ساخت[۱۱،۱۲]. باوجود موفقیت‌هایی که توسط دانشمندان تا آن زمان کسب‌شده بود، باز هم ریچارد فینمن را پایه گذار علم نانو می‌شناسند. فینمن برنده جایزه نوبل فیزیک به سال ۱۹۶۵ معتقد بود که در اندازه بسیار کوچک فضای بسیار بزرگی وجود دارد و در آینده نزدیک انسان می تواند موتورهایی به اندازه یک سر سوزن بسازد. او سال ۲۰۰۰ را سال ورود به دنیای ریز نامید و به حاضرین در جلسه قول داد به اولین کسی که بتواند دائرةالمعارف بریتانیکا را بر روی نوک یک سوزن بنویسد یک هزار دلار جایزه خواهد داد. این جایزه را تام نیومن[4] در ۱۹۸۵ دریافت کرد[۱۳].

1- Games Watson
2- Francis Cric
3- Richard Feynman
4- Tom Newman

شکل ۱-۳: ریچارد فینمن

اما کلمه نانو فناوری اولین بار توسط نوریو تانیگوچی[1] (شکل ۱-۴) از دانشگاه علوم توکیو در سال ۱۹۷۴ بکار برده شد. او این کلمه را در ارتباط با تکنولوژی محصولات برای دستیابی به دقت بالا و بهترین اندازه ها در حد یک نانومتر بکار برد[۱۴].

شکل ۱-۴: نوریو تانیگوچی

1- Norio Taniguchi

۱-۲-۸- افزایش سطحی طیف سنجی رامان (SERS)[1]

فیزیکدان معروف رامان[2] برنده جایزه نوبل فیزیک به سال۱۹۳۰کشف کرد که شکست نور در مواد مختلف می تواند برای بدست آوردن اطلاعاتی درمورد خواص مواد و ساختمان مولکولی و ترکیبات شیمیایی آنها مورد استفاده قرار گیرد[۱۵].

بعنوان یک تکنیک بسیار مهم، طیف سنجی رامان توانایی عملکرد در ذرات نانو را نداشت. این تکنیک در ۱۹۶۰ با کشف لیزر از اهمیت زیادی برخوردار شد. ون داین نشان داد که برخورد مولکول ها به سطحی با پستی و بلندی در حد ۵۰ تا ۱۰۰ نانومتر موجب می شود که پدیده رامان یک میلیون برابر بزرگتر شود. امروزه افزایش سطحی طیف سنجی رامان در واکنش های شیمیایی مولکولها در الکترو شیمی، تجزیه، سنتز مواد و بیوشیمی مورد استفاده قرار می گیرد[۱۶].

۱-۲-۹- میکروسکوپ تونل زنی پویشی(STM)[3]

در سال ۱۹۸۱ میکروسکوپ STM توسط گرد بینیگ[4] و هنریچ روهرر[5] از آزمایشگاه پژوهشی IBM در زوریخ اختراع شد[۱۷] . این اختراع به دانشمندان اجازه داد نه تنها مولکولهای کوچک، اتمها و ذرات نانو را بررسی کنند بلکه آنها را نیز کنترل کنند. دراین راستا STM نقشه ای از سطح نمونه تهیه می کند. اطلاعات شامل یک فایل از جزئیات و عکس از سطح نمونه است که توسط کامپیوتر طراحی

1- Surface Enhanced Raman Spectroscopy
2- Sir Kandrasekhara Venkata Raman
3- Scanning Tunneling Microscope
4- Gerd Binning
5- Henrich Rohrer

می گردد. STM به پژوهشگران کمک می کند تا اندازه، شکل، نقص و ناهنجاری مولکول ها را تشخیص دهند و به چگونگی واکنشهای شیمیایی با نمونه مورد نظر پی ببرند. STM بسرعت جزو تجهیزات استاندارد آزمایشگاههای سراسر دنیا شد[۱۸].

۱-۳- کاربرد فناوری نانو :

۱-۳-۱- نانو روکش ها[1]

لایه های نازکی از نانو ذرات را می توان مستقیماً روی مواد مورد استفاده قرار داد تا تاثیرات ویژه ای را ایجاد کنند. برای تشکیل این لایه ها، از یک محلول غوطه ورساز یا شستشو دهنده، یک دستگاه تبخیر کننده آب یا غلتک استفاده می گردد.

از مهمترین کاربرد نانو روکش ها، حفاظت برای افزایش مقاومت در مقابل خوردگی، افزایش سختی سطوح و حفاظت در مقابل عوامل مخرب محیطی می باشند. علاوه بر آن، نانو روکش ها می توانند باعث جلوگیری از ساییدگی و خش بر روی روکش ها گردیده و همچنین در صنایع غذایی نیز کاربرد دارند[۲۱-۱۹].

۱-۳-۲- نانو مواد[2]

همه نانو مواد از ریز دانه هایی تشکیل شده اند که به نوبه خود از اتم های زیادی ساخته شده اند. نانو مواد تقریباً بالاترین سطح مقطع افزایش یافته را نسبت به مواد فعلی از خود نشان می دهند و به

[1]- Nano covers
[2]- Nano materials

همین دلیل کاربردهای فراوانی دارند. در هر صورت، نانو مواد به لحاظ شیمیایی، بسیار فعال می باشند زیرا تعداد مولکول ها یا اتم های موجود در سطح، در مقایسه با تعداد اتم ها یا مولکول های موجود در توده نمونه بسیار زیاد است[۲۲،۲۳].

۱-۳-۳- مهندسی مولکولی[1]

امروزه مهندسین مولکولی، در زمینه طرح و تولید مولکول ها و ماشین هایی که امکان خودسازی و تولید مثل دارند، کار می کنند. این مولکول ها در طی واکنش زنجیره ای می توانند از خود کپی گرفته و تعداد زیادی ماشین مولکولی بسازند. امروزه از این مکانیسم در ساخت رایانه ها و دستگاه های الکترونیکی که در سطح مولکولی کار می کنند استفاده شده که جزو پیشرفت های مهندسی مولکولی محسوب می شود و باعث افزایش دقت ماشین ها و ابزارها در حد اتمی خواهد شد[۲۴]. پیشرفت های مهمی از این دست در زمینه علوم پزشکی رخ خواهد داد، چرا که اکثر بیماری ها به علت آسیب در سطح سلولی و مولکولی ایجاد می شوند و روش های درمانی فعلی نسبت به این مقیاس بسیار ناچیز محسوب می شوند. این دستگاه ها با دقت اتمی و با سیستم نشانه گیری می توانند سلول های بیمار را پیدا کرده و به درمان آنها بپردازند و یا داروها را دقیقاً به محل اثر خود برده و با مقدار دقیق و تعیین شده آزاد نمایند.

برخی از پروتئین های سلولی در حد ۵ نانومتر هستند و در این ابعاد می توان بر روی آنها کنترل داشت و به عنوان ردیاب و نشانگرهای سلولی از آنها استفاده کرد. نانو ذرات در مهندسی مولکولی به ویژه در زمینه علوم زیستی کاربردهای زیادی دارند.

---

[1]- Molecular engineering

امروزه در مورد درمان سرطان از روش های فتودینامیک استفاده می شود که از نانو ذرات خاص حساس به نور که بیشتر توسط سلول های سرطانی جذب می گردند، استفاده می شود که در مشخص کردن اجزای سلولی کاربرد دارند. در این روش از نشانگرهایی استفاده می گردد که قابلیت جذب لیزر در طول موج خاص را دارند و در طول موج دیگری معمولا نور قرمز نشر می کنند. در اثر این فرایند رادیکال های آزاد اکسیژن تولید شده به سلول های سرطانی حمله نموده و آنها را از بین می برد [۲۵].

۱-۴- روشهای تهیه مواد در فناوری نانو

مهمترین روش های تهیه نانو مواد عبارتند از[۲۶]:

الف) روش بالا به پایین[۱] ب) روش پایین به بالا[۲]

۱-۴-۱- روش بالا به پایین:

در این روش با استفاده از یک سری ابزارها، مواد از جسم حجیم جدا شده و جسم کوچک می شود تا به ابعاد نانو برسد.

۱-۴-۲- روش پایین به بالا

[1]-Top-down approach
[2]- Bottom-up approach

این روش درست در جهت مخالف با روش بالا به پایین می باشد. در این روش مواد نانو با استفاده از به هم پیوستن بلوک های سازنده مانند اتم ها و مولکول ها و قرار دادن آنها در کنار یکدیگر و با استفاده از خودآرایی، تولید می شوند. خودآرایی عبارت است از طراحی مولکول ها و ابرمولکول هایی که اساس تشکیل آنها مکمل بودن شکل ساختاری است. باید توجه داشت که اتم ها و مولکول ها همیشه در جایی که مورد نظر ماست قرار نخواهند گرفت و عاملی که محل قرارگیری آنها را تعیین می کند انرژی آنها است، به این صورت که مولکول ها در جایی قرار خواهند گرفت که کمترین انرژی آزاد را داشته باشند و به سمت انرژی آزاد منفی تمایل دارند. انرژی آزاد در یک سیستم بوسیله استحکام پیوند و آنتروپی تعیین می شود.

۱-۵- روشهای تولید انبوه نانو مواد:

۱-۵-۱- روش مکانیکی

این روش از روشهای بالا به پایین بوده و براساس متلاشی شدن ساختار دانه های درشت استوار است. تکنیک آلیاژسازی مکانیکی، روشی است که در آن با استفاده از یک آسیاب ساچمه ای انرژی بالا، مخلوط پودرهای مختلف در سطح اتمی با یکدیگر آسیاب و ترکیب می شوند. استفاده از این تکنیک علاوه بر ایجاد پودرهای عنصری خالص و سرامیکها نظیر اکسیدها، نیتریدها و غیره، برای ایجاد آلیاژها و کامپوزیتها هم استفاده می شود.[۲۷].

آلودگی و ناخالصی ناشی از ماده ساینده، ایجاد ساختار خشن در پودرهای تولیدی، عدم یکنواختی در اندازه دانه و ترکیب شیمیایی غیر یکنواخت از معایب این روش می باشد.

۱-۵-۲- سل- ژل[1]

سل-ژل عبارتست از یک فرایند خود به هم پیوستگی یا خود انباشتگی که در طی آن نانو مواد تشکیل می شوند. محلول کلوئیدی معلق در یک مایع را سل و سوسپانسیونی با حفظ شکل خود را ژل می نامند. در نتیجه سل-ژل ها ذرات پراکنده ای از کلوئید ها در مایعات می باشند که شکل را نگه میدارند. فرایند سل-ژل همانطوری که از نامش پیداست مستلزم تکمیل تدریجی شبکه ها از طریق تشکیل یک مجموعه ای از ذرات کلوئیدی (سل) و ژله ای شدن سل برای تشکیل شبکه ای در یک فاز مایع پیوسته (ژل) می باشد. پیش ماده های لازم برای سنتز این کلوئید ها عموما" یون هایی از یک فلز است و گاهی اوقات سایر عناصر از طریق گونه های فعالی که لیگاند ها نامیده می شوند احاطه شده اند. الکوکسید ها و الکوکسیلان ها به دلیل این که سریعا با آب واکنش می دهند بیشتر متداول می باشند [۲۹،۲۸].

تشکیل سل-ژل در چهار مرحله هیدرولیز، تراکم و پلیمری شدن منومر ها برای تشکیل ذرات، رشد ذرات و به هم چسبیدن ذرات و توده ای شدن آن ها از طریق تشکیل شبکه هایی که در سرتاسر محیط مایع گسترش یافته اند به وقوع می پیوندد.

۱-۵-۳- واکنش حالت جامد- مایع

---

[1]-Sol-Gel

این روش از ایجاد دانه های رسوب از فاز محلول بر گرفته شده است و فرآیند آن بر پایه وجود هسته مورد نظر استوار است، مثلا" پودر دی اکسید تیتانیم با اندازه های بین ۷۰ تا ۳۰۰ نانومتر با استفاده از این روش، از تیتانیم تترا ایزو پروپوکساید تولید می شود[۳۰].

۱-۵-۴- چگالش فاز گازی

این روش بر مبنای پیرولیز ماده اصلی تولید نانو ذرات استوار است. در این فرایند یک گاز حامل بی اثر و خالص وارد محفظه حاوی مایع می شود. مایع در این محفظه توسط یک مشعل تجزیه شده و به وسیله گاز حامل به مبرد فرستاده می شود. بخارات در مبرد سرد شده و به صورت دانه یا خوشه در حد نانو می آید[۳۱].

اندازه دانه های تولید شده در این روش به نوع گاز بی اثر بکار برده شده، فشار گاز بی اثر، زمان باقی ماندن ذرات در محدوده رشد و نسبت نرخ تبخیر به فشار بخار ماده تبخیر شده بستگی دارد.

کنترل بهینه بر روی اندازه دانه ها و خلوص محصولات تولیدی در سیستم های تولید خلاء بالا از مزایای آن و بالا بودن قیمت تجهیزات وعدم امکان تولید در ابعاد صنعتی از معایب این روش می باشد.

۱-۶- کاربرد های نانو ذرات

یکی از خواص نانو ذرات نسبت سطح به حجم بالای این مواد است. با استفاده از این خاصیت می توان کاتالیزور های قدرتمندی در ابعاد نانو تهیه کرد. این نانو کاتالیزورها راندمان واکنش های شیمیایی را به شدت افزایش داده و همچنین به میزان چشم گیری از تولید مواد زاید در واکنش ها جلو گیری خواهند نمود. به کار گیری نانو ذرات در تولید مواد دیگر می تواند استحکام آنها را افزایش دهد و یا

وزن آن ها را کم کند. مقاومت شیمیایی و حرارتی آن ها را بالا ببرد و واکنش آن ها را در برابر نور و تشعشعات دیگر تغییر دهد. با استفاده از نانو ذرات نسبت استحکام به وزن مواد کامپوزیتی به شدت افزایش خواهد یافت. در ساخت شیشه ضد آفتاب از نانو ذرات اکسید روی استفاده می شود که استفاده از این ماده علاوه بر افزایش کارایی این نوع شیشه ها عمر آن ها را نیز چندین برابر نموده است[۳۲]. نانو لوله ها در موارد الکتریکی، مکانیکی و اپتیکی بسیار مورد توجه بوده اند مثلا" کاربرد نانو لوله های طلا در الکترونیک و بیوشیمی و تولید آنها بر پایه محلول و فاز بخار و همچنین روش رشد نانو لوله ها که توسط مارتین[1] مطرح شد[۳۳]. نانو لایه ها در پوشش های حفاظتی با افزایش مقاومت در خوردگی و افزایش سختی در سطوح و فوتولیز و کاهش شیمیایی کاربرد دارند[۳۴].

۱-۷- روش های اندازه گیری نانو ذرات

۱-۷-۱- میکروسکوپ الکترونی:

میکروسکوپ الکترونی، دستگاهی است که در آن پرتوی از الکترون های پر انرژی برای اندازه گیری ذرات و بررسی سطح اشیای خیلی کوچک به کار می رود. این دستگاه قادر است اطلاعاتی را درباره‌ی ریخت شناسی[۲]، نقشه برداری و بلورشناسی[3] در اختیار ما قرار دهد.

۱-۷-۱-۱- میکروسکوپ الکترونی عبوری (TEM)[۴]

1- Martin
2- Morphology
3- Crystallography
4- Transmission ElectronMicroscope

اگرچه TEM زودتر از SEM[1] بسط و توسعه داده شد، ولی در حال حاضر SEM نسبت به TEM به دلیل کاربردهای فراوانی که در نانو فناوری پیدا کرده است ترجیح داده می شود. در میکروسکوپ الکترونی TEM، برای بسیاری از اتم ها، بزرگ نمایی را تا ۴۰۰۰۰۰ برابر به آسانی می توان به دست آورد و از اتم ها با بزرگ نمایی های بالاتر از ۱۵ میلیون برابر می توان عکسبرداری نمود. یک دستگاه TEM بسیار شبیه به پروژکتور اسلاید، کار می کند. یک پرتو نور توسط پروژکتور از میان اسلاید به بیرون می تابد و همان طور که نور از میان آن عبور می کند، بر روی ساختارها و اشیای روی اسلاید تغییراتی را پدید می آورد. این تاثیرات فقط در نتیجه عبور بعضی از قسمت های پرتوهای نورانی از میان بعضی قسمت های اسلاید، به وجود می آید. این پرتو عبور نموده، سپس به یک صفحه نمایش، برخورد می کند و تصویری بزرگ شده از اسلاید را بر روی آن پدید می آورد. TEM ها هم به همین روش کار می کنند به استثنای اینکه پرتوی از الکترون ها (همانند نور) از میان نمونه عبور می کند، یعنی به جای نور، الکترونها به نمونه برخورد می کنند. هر قسمت از پرتو الکترونی که از نمونه عبور می کند بر روی یک صفحه فسفری نمایش، تصویری را تشکیل می دهد که کاربر می تواند آن را ببیند.

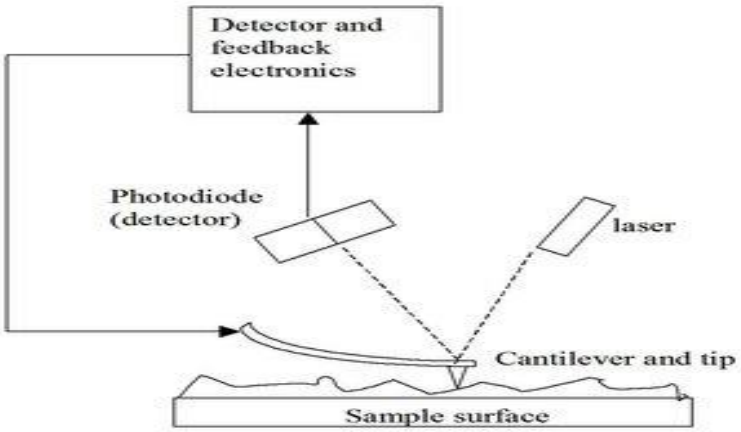
موادی را با TEM می توان آنالیز کرد که قبلاً به طرز ویژه ای آماده شده و به ضخامت رسیده باشند که الکترون ها را بتوان از میان آنها عبور داد. بسیار شبیه به نور که در میکروسکوپ نوری رایج، از میان مواد عبور می نماید. تهیه این نمونه اغلب مرحله کلیدی است تا عکس TEM به خوبی تهیه شود. به یک دلیل SEM عمومیت بیشتری نسبت به TEM دارد و آن هم عبارتست از این که دستورالعمل سریعی برای TEM وجود ندارد[۳۶،۳۵].

---

[5]- Scanning Electeron Microscope

۱-۸- خواص فیزیکی و شیمیایی نقره

نقره، یکی از عناصر شیمیایی، با نام لاتین آرژنیوم و نام معدنی آرژنیت با نشانه Ag، دارای عدد اتمی۴۷، وزن اتمی۱۰۷/۸۶۸۲، در گروه ۱۱ و دوره ۵ جدول تناوبی قرار گرفته است. نقره فلزی سفید مایل از جمله فلزات نجیب، بهترین رسانایی را شوندگی دارای مرتبه به ترتیب حدود ۹۶۱



این عنصر با گوگرد و هیدروژن سولفید واکنش می دهد. نقره نمی‌تواند با اسیدهای غیر اکسیدکننده مانند اسیدهای کلریدریک و سولفوریک یا بازهای قوی مانند هیدروکسید سدیم واکنش نماید، ولی اسیدهای اکسنده مانند اسید نیتریک یا اسید سولفوریک غلیظ آن را در خود حل کرده و یون یک بار مثبت نقره را تشکیل می‌دهند. این یون که در کلیه ترکیبات ساده و محلول نقره وجود دارد، تقریبا بصورت ساده ای با استفاده از عوامل احیا کننده آلی مانند آنچه در آئینه های نقره ای ملاحظه می‌شود، به فلز آزاد احیا می‌گردد. برای آبکاری نقره لازم است یونهای کمپلکس نقره احیا شود[۳۸].

۱-۹- تجزیه و شناسایی نقره

محلولهای حاوی یون نقره را می‌توان به آسانی به وسیله تشکیل رسوب کلرید نقره بوسیله افزایش اسید کلریدریک شناسایی کرد. این رسوب را می‌توان از رسوبهای سرب و جیوه یک ظرفیتی، بوسیله قدرت حل شدن آن درهنگام افزودن محلول آمونیاک اضافی و ایجاد رسوب مجدد با افزودن اسید نیتریک متمایز نمود. به علاوه تجزیه وزنی بوسیله کلرید نقره یا برمید نقره که به آسانی قابل رسوب دادن، خشک کردن و توزین می‌باشند، میسر می‌باشد. همچنین می‌توان یون نقره را بوسیله عمل الکترولیز به نقره فلزی احیا و بدین روش توزین نمود. از محلول تیوسیانات پتاسیم استاندارد شده نیز می‌توان برای تجزیه حجمی نقره استفاده کرد[۳۹].

۱-۱۰- ترکیبات نقره

نقره در ترکیباتش بصورت یک یون یک بار مثبت است. ولی اکسید، فلوئورید و سولفید دو ظرفیتی نقره نیز ملاحظه شده است[۳۷]. تعدادی از ترکیبات مهم نقره عبارتند از:

۱-۱۰-۱- نیترات نقره ($AgNO_3$) :

ترکیبی بی‌رنگ، بسیار محلول، اساسا سمی و به سادگی به نقره فلزی احیا می‌شود و از آن در تهیه ترکیبات نقره، آئینه های نقره و جوهرها استفاده می‌شود[۴۰،۳۷] .

۱-۱۰-۲- دی آمین نقره (I) هیدروکسید ($Ag(NH_3)_2OH$) :

ترکیب کوئوردیناسیونی محلول در آب که به وسیله افزودن محلول آمونیاک به محلولهای نمک نقره، تشکیل می‌شود. این ترکیب در اثر ماندن نقره فولمینات منفجره را می‌دهد[۳۷].

۱-۱۰-۳- سیانید نقره (AgCN) :

این ترکیب بوسیله سیانید سدیم و یا پتاسیم اضافی در آبکاری $Ag(CN)_2^-$ و $Ag(CN)_3^{2-}$ تبدیل می شود که بعد به فلز نقره احیا می گردد [۴۱].

باقی ترکیبات نقره مانند کلرید نقره، برمید نقره، یدید نقره، سولفید نقره می باشد.

۱-۱۱- تاریخچه مصرف نقره:

نقره از قدیم الایام با انسان مانوس بوده است و بنا به شواهد موجود سربازان درجنگهای قدیم جهت مداوای زخمهای خود از سکه های نقره ای استفاده می کردند. فراعنه مصری برای مومیایی کردن اجساد خود از پوشش نقره استفاده می کردند[۴۲]. پادشاهان باستان برای کاهش ضایعات و فساد مواد غذایی از ظروف نقره استفاده می کردند. در اوایل قرن ۱۹ مردم آمریکا برای بالا بردن ماندگاری شیر خود، دلارهای نقره ای را داخل آن می انداختند[۳۷]. تا جنگ جهانی اول و قبل از کشف پنی سیلین جز معدود آنتی بیوتیکهای موجود و شناخته شده در دنیا بود که جان بسیاری از سربازان را در جنگ جهانی اول نجات داد.

روند مصرف ترکیبات نقره تا امروز نیز کماکان وجود داشته و یکی از معدود ترکیبات موثر در سوختگی های شدید ترکیبات نقره می باشد (سولفا دیازین نقره)[1] و هم اکنون هم در بسیاری از

---

[1]- Silver Sulfadiazine

بیمارستانهای کشورهای پیشرفته برای جلوگیری از بیماریهای عفونی مانند کلامیدیا[1]، گنوره آ[2] قطره نیترات نقره و یا سولفید نقره را درون چشم نوزادان در بدو تولد می چکانند[۴۷-۴۳].

۱-۱۲- روش های تولید نانو نقره[۴۸]:

۱-۱۲-۱- روش فازبخار

در این روش ابتدا ذرات نقره را به صورت همگن هسته گذاری کرده و پس از یک بار هسته گذاری، بخار فوق اشباع آن به وسیله متراکم شدن و واکنش با ذرات ایجاد شده، باعث رشد ذرات شده، در نتیجه رشد ذره بیش از مرحله هسته گذاری اتفاق می افتد. در ابتدا باید بخار فوق اشباع تشکیل داد به این صورت که یک جامد را حرارت داده تا به صورت بخار در یک گاز پایه درآید، سپس آن را با یک گاز سرد مخلوط نموده تا دمای آن کاهش یابد. بعد از این مرحله باید دستگاه فوق (تبخیر در خلاء) را خاموش کرد که با برداشتن منبع بخار فوق اشباع یا کاهش سرعت واکنش انجام می شود و از رشد ذرات جلوگیری می شود.

۱-۱۲-۲- الکتروشیمیایی

2- Chlamydia
3- Gonorrhoea

برای تهیه نانو ذرات طلا و نقره معمولا" از روش الکتروشیمیایی استفاده می شود. در این روش عواملی نظیر دما، جنس کاتد، ولتاژ اضافی، دانسیته جریان، زمان و نوع الکترولیت برروی اندازه و ساختار ذرات تاثیر گذار است. یکی از تکنیک های سنتز نانو ذرات فلزی به روش الکتروشیمی، الکترو پالس است که این روش بر پایه الکتروشیمی پالسی و شیمی صوت استوار است و به تجهیزات بالا نظیر سیستم های تنظیم ولتاژ و جریان، پتانسیواستات، گالوانواستات و یا جریان ولتاژ متغیر و قابل تنظیم برای احیاء Ag^+ احتیاج دارد.

رسوبگذاری الکتروشیمیایی بر پایه سولفات، کلرید، برمید و یدید نقره انجام می شود. در تمام موارد لایه ای از نقره تشکیل می شود. از جمله فواید روشهای الکتروشیمیایی برای تهیه نانو پودرها این است که نانو ذرات تولیدی به راحتی خارج و جدا می شوند و محصول فرعی حاصل از ماده کاهنده را هم تولید نمی کنند و بسیار انتخابی عمل می کنند.

۱-۱۲-۳- فوتولیز (تابش با پرتو گاما):

در این روش جهت تهیه نانو ذرات فلزی از پرتو گاما استفاده می کنند بدین صورت که محلول آبی نمک فلزی مربوطه (نیترات نقره) را در معرض اشعه γ قرار می دهند. طی این تابش گاما، از رادیولیز آب، الکترونهای هیدراته و اتم های هیدروژن به وجود می آیند که آنها معرف های کاهنده بسیار قوی بوده و باعث کاهش یون فلز می شوند یعنی عدد اکسایش فلز را به صفر می رسانند. به جهت جلوگیری از اکسایش مجدد ذرات، باید یک رباینده رادیکالی مانند ۲-پروپانول قبل از تابش دهی اضافه شود. برای سنتز نانو ذرات نقره از پایدار کننده هایی همچون PVP[1] استفاده می شود تا مانع لخته شدن و تجمع ذرات شود. میزان پلیمر مصرفی با غلظت یون نقره ارتباط دارد و در هر مرحله به بهینه سازی نیاز است.

---

[1]-Polyvinl Pyrrolidone

۱-۱۲-۴- کاهش شیمیایی

تهیه نانو ذرات به وسیله کاهش شیمیایی در حضور یک پایدارکننده مانند سورفاکتانتها و پلیمرها (نظیر PVP) مرسوم است که می توان اندازه ذرات را با تغییر دما، pH و هم زدن کنترل کرد.عیب بزرگ این روش زمان طولانی انجام واکنش است.

مرحله مهم در طول تهیه نانو ذرات ، کنترل رشد و جلوگیری از تجمع ذرات است که می توان به وسیله ی عوامل نگهدارنده نظیر لیگاندها، پلیمرها و یا سور فاکتانتها از رشد آن جلوگیری کرد.

کاهش یون نقره با یک کاهنده می تواند در دمای اتاق رخ دهد البته سرعت واکنش آنقدر کند است که تشکیل اجزای نقره ساعتها طول می کشد. افزایش دمای واکنش منجر به زمان کمتر می شود و این تغییر مربوط به اختلاف پتانسیل بین اکسیداسیون حلال و کاهش گونه فلزی است.

۱-۱۳- عوامل تاثیر گذار در اندازه ذرات نقره سنتز شده:

مطالعه عوامل تأثیر گذار بر روی اندازه ذرات نانو نقره با سنتز به روش کاهش شیمیایی نشان می دهد که اندازه ذرات به غلظت، نسبت استوکیومتری و سرعت افزودن مواد واکنش دهنده بستگی دارد[۴۹].

۱-۱۴- کاربردهای نانو نقره :

از ویژگی‌های نانو نقره می‌توان به تاثیر بسیار زیاد و سریع، غیر سمی‌بودن، غیر محرک بودن برای بدن، غیرحساسیت‌زا بودن، پایداری بالا، سازگاری با محیط زیست، مقاوم در برابر حرارت و از بین بردن میکروارگانیسم‌ها بدون ایجاد مقاومت در آنها اشاره کرد[۵۰]. از دیگر قابلیت‌های نانو نقره این است که می‌توان آن را به الیاف، پلیمرها و رنگ اضافه و همچنین به عنوان روکش در سرامیک و سنگ به کار برده، بدون اینکه در خواص مواد تغییری ایجاد گردد[۵۱].

نانو ذرات نقره یکی از پرمصرف ترین مواد در مهندسی مواد هستند. چون خاصیت چکش خواری، ضد میکروبی و هدایت الکتریکی و گرمایی بالایی دارند[۵۲].

به دلیل بالا بودن مساحت سطح نقره دراین مقیاس، نانو ذرات نقره در برخورد با سلولها خاصیت جالب توجهی از خود بروز می دهند که به ممانعت با متابولیسم سلولی[1] از آن یاد می شود و جلوی تنفس و رشد و تکثیر هر گونه باکتری یا قارچ را می گیرد و اثرات موثری در بهبود زخم ، تاول، خارش یا بیماری دارد[۵۳].

نانو نقره در زندگی روزمره و مصارف عادی نیز کاربرد دارد که در این خصوص می توان به این موارد اشاره کرد: اسپری‌های خوشبو کننده هوا، مواد شوینده حاوی یون نقره، تصفیه و خالص‌سازی آب و فیلترهای تمیز کننده هوا [۵۴]. همچنین از نانو نقره در صنعت نساجی برای تهیه پارچه و لباس استفاده می‌شود. در ساخت محصولات و لوازم خانگی نیز از این فناوری استفاده می‌شود. ماشین‌های لباسشویی مجهز به فناوری نانو نقره نمونه‌ای از این محصولات است[۵۵]. این ماشین لباسشویی موجب حفظ بهداشت لباس‌ها و برطرف شدن بوی بد پس از شستشو می‌شود. یخچال‌های مجهز به فناوری نانونقره موجب ماندگاری بیشتر و حفظ تازگی غذاها و همچنین حذف بوی نامطبوع غذا و از بین بردن باکتری‌ها می‌شود. یون‌های نقره موجود در فیلترهای این یخچال ها به صورت ضد باکتری و

---

[1]-Cell Metabolism

ضد بو عملکرده و موجب حفظ تازگی مواد غذایی می‌شود. وقتی باکتری‌های هوازی و دیگر عوامل بیماری‌زا با این فیلتر برخورد می‌کنند، نقره به عنوان عامل ضد باکتری عمل کرده و آنها را از بین خواهد برد. این موضوع موجب افزایش ایمنی و سلامت مواد غذایی شده، از مسمومیت‌های غذایی پیشگیری کرده و موجب ارتقا و حفظ سلامت افراد می‌شود[۵۶].

از نانو نقره در تهیه و ساخت مواد شوینده، ظروف بسته بندی در صنایع غذایی، خمیر دندان و مسواک استفاده می‌شود[۵۷]. از نانو نقره به عنوان دارو می‌توان در درمان بیماری‌های پوستی، انواع جراحات و سوختگی‌ها، بیماری‌های باکتریایی و قارچی و بیماری‌های گوارشی استفاده کرد. نقره در ابعاد بزرگ‌تر، فلزی با خاصیت واکنش‌دهی کم است اما زمانی که به ابعاد کوچک در حد نانومتر تبدیل می‌شود خاصیت میکروب‌کشی آن تا چند برابر افزایش پیدا می‌کند، به حدی که می‌توان از آن برای بهبود و درمان جراحات و عفونت‌ها استفاده کرد. نقره در ابعاد نانو بر متابولیسم، تنفس و تولید مثل میکروارگانیسم اثر می‌گذارد. تاکنون بررسی‌ها نشان داده است نانو نقره بیش از ۶۵۰ نوع باکتری شناخته شده را از بین برده است[۶۰- ۵۸] .

از میان کاربردهای فراوان محصولات نانویی نقره به اختصار به چند مورد از این کاربرد ها می توان اشاره کرد:

۱- استفاده از نانو ذرات نقره در مصارف ضد میکروبی

۲- کاربرد نانو ذرات نقره در نساجی

۳- کاربرد نانو ذرات نقره در صنایع پلیمر

۱-۱۴-۱- استفاده از نانو ذرات نقره در مصارف ضد میکروبی:

توسعه مقاومت باکتری ها به آنتی بیوتیک ها یک مشکل اساسی در حوزه سلامتی می باشدکه با استفاده از نانو ذرات نقره بر طرف می شود. از آنجایی که نانو ذرات نقره خواص ضد باکتری، ضد قارچ و ضد ویروسی، دارند، با افزودن مقدار اندکی از این مواد در پوشش ها به تعداد بسیار زیادی از این ذرات نانو متری در واحد سطح دست یافت. این پوششها برای تمام سطوحی که با دست لمس می شوند، مثلا در بیمارستانها، ادارات، اماکن عمومی و حتی در منازل مسکونی بکار می روند. تاثیر ضد باکتری نانو ذرات نقره بر روی باکتری های گرم منفی مانند *اشریشیاکلی*[۱][۶۱]، *ویبریوکلرا*[۲][۶۲]، *سالمونلاتیفی*[۳][۶۳]، *سودوموناس آئروژینوزا*[۴][۶۴]، مورد مطالعه قرار گرفته است.

نانو ذرات نقره بر روی ویروسها هم موثر بوده و به گروههای SH گلیکوپروتئین[۵] های سطح ویروس متصل شده و مانع از اتصال آنها به سلول میزبان می گردد. این ماده بر روی تمام ویروسهای DNA، RNA و پوشش دار و بدون پوشش موثر است[۶۵].

در آزمایش هایی که بر روی ویروس عامل بیماری ایدز[۶] انجام شده است مشخص گردیده که این ویروس به کمک نانو ذرات نقره به طور کامل نابود می گردد[۶۶].

نانو ذرات نقره نسبت به آنتی بیوتیکها دارای مزایایی می باشند که در زیر به تعدادی از آنها اشاره می شود[۷۳-۶۷]:

- از آنجا که اکثر پاتوژنها به واسطه ساختار دیواره سلولی شان دارای بارمنفی هستند، توسط تمایلات (بار) مثبت موجود در نانو ذرات نقره جذب می شوند که می تواند باعث انتخابی کردن نانو نقره شود.

1- *Escherichia coli*
2- *Vibrio cholerae*
3- *Salmonella typhi*
4- *Pseudomonas aeruginosa*
5- Glycoprotein
6- HIV

- باکتریها نسبت به نانو ذرات نقره مقاومت پیدا نمی کنند. زیرا نانو نقره باکتری را از طریق تغییر ماهیت یا اکسیداسیون از بین می برد، به همین دلیل باکتری نمی تواند در برابر نقره مقاومت کند.

- نانوذرات نقره بر روی طیف گسترده ای از باکتریها موثر هستند.

- نانو ذرات نقره بر روی سلولهای انسانی اثر سوء ندارند زیرا سلولهای انسانی به صورت بافت و پلی لیپیدی هستند و در برابر این عمل نانو نقره تأثیر ناپذیرند.

- بر خلاف آنتی بیوتیکها که پس از واکنش با سلول تغییر شکل یافته و بی اثر و بی مصرف می شوند، نانوذرات نقره پس از اثر بر میکروبها به صورت استفاده نشده باقی می ماند و همیشه به عنوان یک کاتالیست عمل می کند.

همچنین طی آزمایشاتی، از نانو ذرات نقره به تنهایی و یا با پلیمرهایی که با محلول کلوئیدی نقره همراه بوده‌اند، بر روی باکتری های مختلف از جمله باکتری *استافیلوکوکوس ارئوس*[1] به عنوان نماینده گرم مثبت و اشریشیاکلی به عنوان نماینده گرم منفی، استفاده شد و نتایج نشان می دهد زمانی که نانو ذرات نقره به تنهایی برای گندزدایی استفاده می شود تا ۹۹/۵٪ از باکتریها از بین می روند[۷۰].

۱-۱۴-۲- کاربرد نانو ذرات نقره در نساجی:

هرگاه الیاف یا پلیمر قرار گرفته در محلول کلوئیدی نانونقره تحت دمای ۶۰ درجه قرار داده شده و سپس خشک گردد، خواص متوقف کننده رشد باکتری بدست می آید؛ در نتیجه می توان استنباط کرد که نانوذرات نقره با اندازه کوچکتر تاثیر بالقوه ی ضد باکتری بر پلیمرها و پلی استرهای الیاف دارند و نسبت به سایر ذرات دارای سطح تماس بیشتری می باشد[۷۴].

---

[1]- *Staphylococcus aureus*

پوششهای ضد باکتری به سه دلیل عمده در نساجی بکار می روند:

- برای کنترل گسترش بیماری و خطر عفونتهایی که در پی جراحت ایجاد می شود.

- کنترل انواع بوها مثل بوی رنگ و یا بوی عرق.

- جلوگیری از فساد و پوسیدگی مواد، خصوصا آنهایی که از جنس الیاف طبیعی هستند[۵۸،۷۱،۷۴،۷۵،۷۶].

۱-۱۴-۳- کاربرد پلیمرهای حاوی نانو نقره

از پلیمرهای حاوی نانو نقره در ساخت شیشه شیر و پستانک نوزادان، مسواک و لوازم بهداشتی، همچنین لوازم خانگی مانند یخچال، جاروبرقی، سیستم تهویه و تصفیه هوا، بدنه وسایلی مانند گوشی تلفن همراه و صفحه کلید رایانه که با بدن انسان تماس مداوم و مستقیم دارند و همینطور در بسته‌بندی مواد غذایی، دارویی و آرایشی استفاده می‌شود[۷۷].

۱-۱۵- مکانیسمهای پیشنهادی برای عملکرد و اثر نانو ذرات نقره:

اعتقاد بر این است که نانو ذرات نقره باکتری ها را با دو مکانیسم از بین می برد [۸۰-۷۸]:

۱- مکانیسم یونی

۲- مکانیسم کاتالیزوری

۱-۱۵-۱- مکانیسم یونی:

در مکانیسم یونی، نانو ذرات نقره به تدریج با تابش نور به Ag^+ اکسید می شود. این یون ها در طی واکنش، پیوند های -HS در غشاء میکروارگانیسم ها و آنزیم ها را به Ag-S تغییر می دهند. در این میان نانو نقره مانع تنفس متابولیسم سلولی از طریق سیستم انتقال الکترون می شود. در نتیجه این واکنش، میکروارگانیسم ها تخریب و از بین می رود[۸۲-۸۰].

۱-۱۵-۲- مکانیسم کاتالیزوری

در مکانیسم کاتالیزوری ذرات نانو نقره بر روی نیمه رسانا های پایه ای از قبیل TiO_2 یا SiO_2 قرار داده می شود. در این مورد ذرات مانند یک پیل الکتروشیمیایی عمل می کنند و با کاهش O_2 و همچنین O_2^- با هیدرولیز آب، تولید OH رادیکالی می کند که بسیار فعال بوده و از قویترین عوامل ضد باکتریایی می باشند[۸۴ و۸۳ و ۸۰].

۱-۱۶- معرفی باکتری ها

۱-۱۶-۱-*اشریشیا کلی*

اشریشیا کلی (*Escherichia coli*) که به *ای. کلی* یا *کلی باسیل* نیز معروف است، یک باکتری گرم منفی از خانواده انتروباکتریاسه بوده و در سال ۱۸۵۵ کشف شد (شکل ۱-۵). این باکتری بیهوازی اختیاری و بدون اسپور می‌باشد. *اشریشیا کلی* اغلب متحرک بوده و قادر به تخمیر گلوکز و تولید گاز است؛ همچنین لاکتوز را نیز تخمیر می‌کند.

شکل ۱-۵: تصویر میکروسکوپی باکتری اشریشیا کلی [۸۵]

باکتری *اشریشیا کلی* از گلوکز تغذیه می‌کند و در غیاب گلوکز از لاکتوز هم به عنوان منبع انرژی استفاده می‌کند. این باکتری ساکن طبیعی دستگاه گوارش انسان و برخی حیوانات خونگرم می باشد. مواد غذایی و از جمله دی ساکارید لاکتوز موجود در مواد غذایی، در دسترس باکتری *ای. کلی* قرار می‌گیرد. باکتری با کمک آنزیم‌های لازم که برای جذب و تجزیه لاکتوز هستند؛ از این قند به عنوان منبع انرژی استفاده می کند.

مهمترین ویژگی‌های این باکتری به شرح ذیر می باشد:

- مهمترین عامل عفونت‌های دستگاه ادراری است(حدود ۸۵٪).
- دومین باکتری از لحاظ فراوانی در روده است(بعد از باکتروئیدس).
- شاخص آلودگی آب شهری، به فاضلاب است.

اشریشیا کلی معمولاً جزء میکرو فلور طبیعی روده می‌باشد و در روده بزرگ انسان، به فراوانی یافت می‌شود. اغلب انواع این باکتری در روده بیماریزا نیستند ولی برخی از تیپهای آن ها مانند *انتروتوکسیژنیک اشرشیاکلی* (ETEC)[1] با تولید سم، *انتروپاتوژنیک* (EPEC)[2] با آسیب مستقیم و *انترو اینویسیو* (EIEC)[3] با تهاجم بافتی می‌توانند ایجاد اسهال بنمایند. مهمترین عامل اسهال

---

[1]- *Enterotoxigenic E.coli*
[2]- *Enteropathogenic E.coli*
[3]- *Enteroinvasive E.coli*

مسافران، *اشریشیاکلی* می‌باشد. گونه‌های اشریشیا کلی در خارج از روده مثلا در مجاری ادراری، ملتحمه چشم و ... نیز می‌توانند بیماری‌زا باشند[۸۶،۸۵].

۱-۱۶-۲- *سودوموناس آئروژینوزا*

سودوموناس آئروژینوزا (*Pseudomonas aeruginosa*) یک باکتری گرم منفی است که بیشتر در اطراف ما یافت می‌شود (شکل ۱-۶). این موجود زنده در خاک، آب و دیگر محیط‌های نمناک یافت می‌شود.

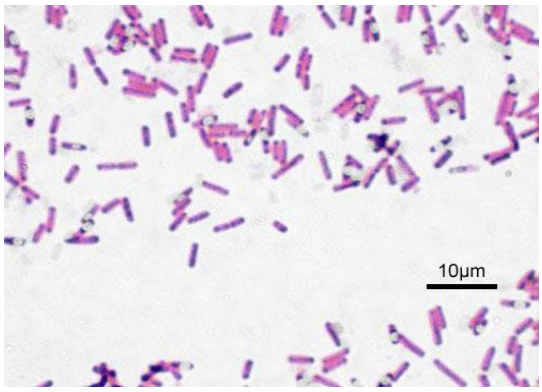
شکل ۱-۶: تصویر میکروسکوپی *سودوموناس آئروژینوزا* [۸۷]

سودوموناس آئروژینوزا یک بیماریزای فرصت طلب است. این باکتری از ضعف سیستم ایمنی افراد ناتوان سوء استفاده کرده و در آنها عفونت و سموم مضر، برای بافت‌ها ایجاد می‌کند. *سودوموناس آئروژینوزا* سبب عفونت‌های مجاری ادراری، سیستم تنفسی، التهاب و آماس پوست، عفونت‌های بافتهای نرم، باکتریمی (وجود باکتری در خون)، عفونت‌های استخوان و مفاصل، عفونت‌های معده و روده‌ای و عفونت‌های سیستمیک گوناگون به ویژه در بیماران با سوختگی‌های شدید می شود.

سودوموناس آئروژینوزا به شدت با بیماران سرطانی، ایدز و حتی در افراد دچار سوختگی و نیز کسانیکه سیستم ایمنی آنها سرکوب شده‌است ارتباط دارد. میزان مرگ برای افراد مبتلا به این باکتری، نزدیک ۵۰ درصد است. اصولا" این باکتری یک پاتوژن (بیماریزای) بیمارستانی است. این ارگانسیم بیشتر از راه میوه‌ها، گیاهان و سبزی‌ها و نیز عیادت کنندگان و بیمارانی که از دیگر بخش‌ها منتقل می‌شوند، وارد محیط بیمارستان می‌شود. گسترش و انتشار باکتری، از بیماری به بیمار دیگر توسط دست‌های پرسنل بیمارستان، همچنین تماس مستقیم بیمار با منابع آلوده مانند آب و مواد غذایی آلوده، رخ می‌دهد[۸۸،۸۷] .

۱-۱۶-۳- *باسیلوس سوبتیلیس*

باکتری باسیلوس سوبتیلیس (*Bacillus Subtilis*) به عنوان باسیل یونجه یا باسیل علف شناخته می شود.



شکل ۱-۷: تصویر میکروسکوپی باکتری *باسیلوس سوبتیلیس* [۸۹]

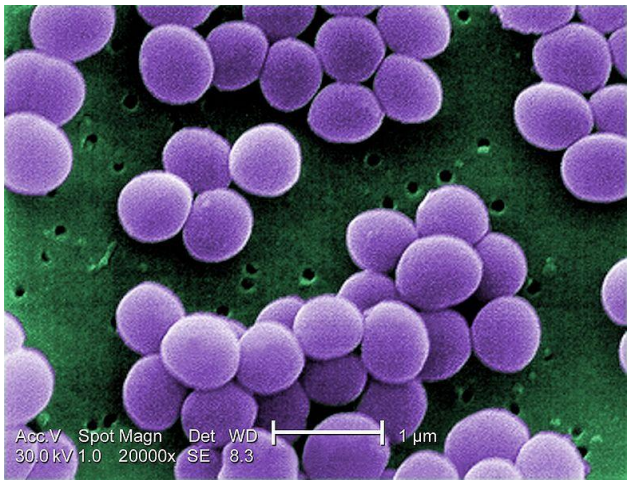
یک باکتری گرم مثبت می باشد که معمولا در خاک یافت می شود. این باکتری میله ای شکل است و قادر به تولید یک اسپور داخلی می باشد که حیاط ارگانیسم را در شرایط دشوار محیطی حفظ می کند (شکل ۱-۷). اسپور این باکتری می تواند در طول پخت غذا و در گرمای شدید زنده بماند و

همچنین در برابر عوامل محیطی مانند اسید و نمک مقاوم بوده و در محیط طبیعی، برای مدت طولانی زنده بماند.

این باکتری پاتوژن انسانی نیست، اما ممکن است به ندرت در مواد غذایی آلوده، باعث مسمومیت غذایی شود. این باکتری تولید آنزیم پروتئولتیک به نام سوبتلین می کند[۸۹،۹۰].

۱-۱۶-۴- *استافیلوکوکوس اورئوس*

استافیلوکوکوس در زبان یونانی به معنای خوشه انگور می‌باشد. به طور عام، نام گروهی از باکتری‌ها است که در زیر میکروسکوپ به صورت کروی بوده و کنار همدیگر و با آرایش شبیه به خوشه انگور، قرار گرفته‌اند (شکل ۱-۸).



شکل ۱-۸: تصویر میکروسکوپی باکتری *استافیلوکوکوس اورئوس* [۹۱]

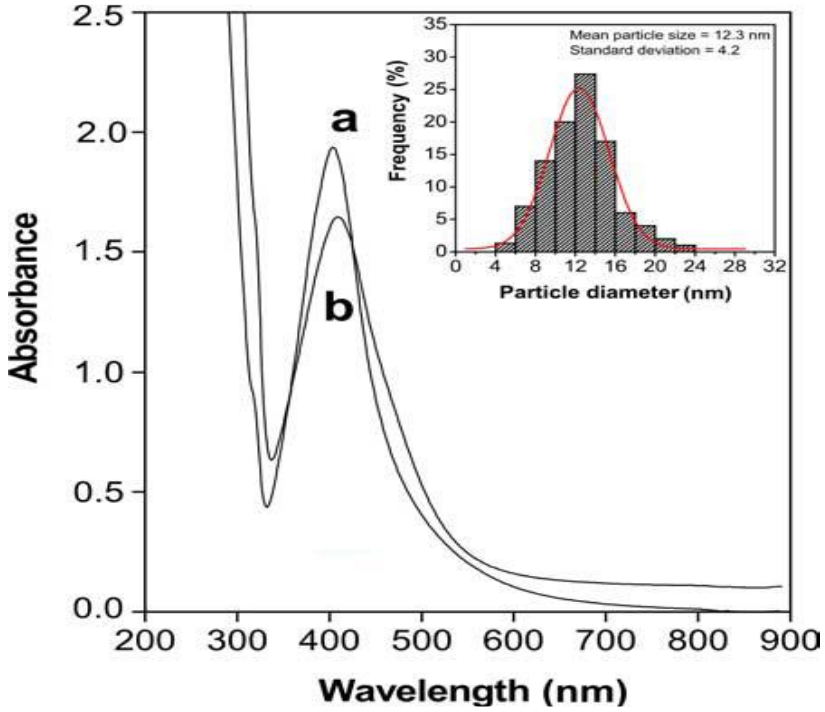
استافیلوکوک‌ها، حدود سی و نه گونه دارند. آنها اکثرا" بی خطرند و به صورت طبیعی روی پوست اکثر افراد وجود دارند و در خاک نیز زندگی می‌کنند. اما گونه‌های بیماریزا نیز در بین *استافیلوکوک‌ها* وجود دارند که می‌توانند مسمومیت غذایی و استفراغ ایجاد کنند و یا گاهی عفونت‌های خطرناک منجر به مرگ، همچون ذات‌الریه بدهند. *استافیلوکوکوس اورئوس* یک کوکسی گرم مثبت است و در

پوست بدن نیز دیده می‌شود. یکی از مهم‌ترین باکتری‌های آلوده کننده مواد غذایی و موجب مسمومیت غذایی می شود. توکسین این باکتری باعث سرگیجه، اسهال و استفراغ می‌شود.

گاهی اوقات عفونت‌های استافیلوکوکی به‌ویژه انواعی که در بیماران بستری در بیمارستان رخ می‌دهند، به اکثر آنتی بیوتیک‌های موجود مقاوم هستند و بسیار خطرناک می‌شوند[۹۲،۹۱].

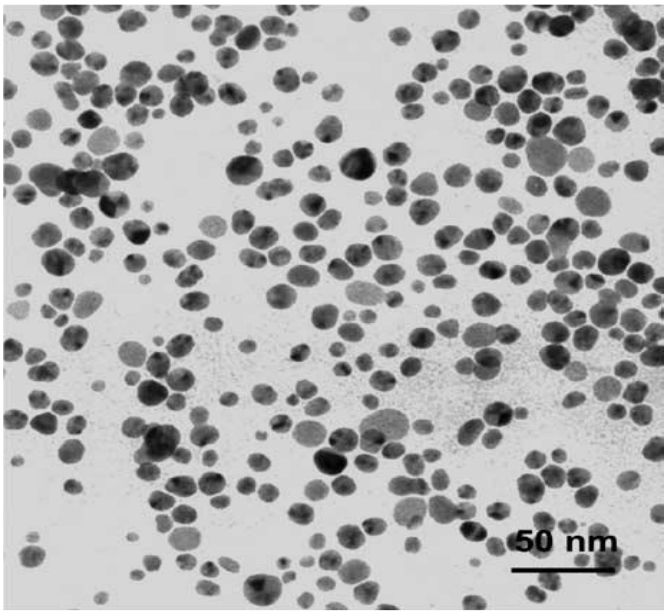
۱-۱۷- مروری بر کارهای انجام شده در خصوص سنتز نانو ذرات نقره:

در مرجع [۹۳] ذرات نقره به وسیله افزودن $cm^{۳}$ ۱۰ از یک محلول $mol\ dm^{-۳}$ ۱از اسیدآسکوربیک در $cm^{۳}$ ۹۰ از محلولی که شامل ۵٪ وزنی از داکساد ۱۹ و $mol\ dm^{-۳}$ ۰/۳۳ از نیترات نقره با سرعت جاری شدن $min^{-۱}cm^{۳}$ ۳ بدست آمد که این محلول با سرعت ۹۰۰rpm در دمای اتاق هم خورده شد (داکساد ۱۹ حاوی نمک سدیم آلکیل نفتالن سولفونیک اسید با درجه پلیمریزاسیون بالا می باشد). همانطور که پیداست λ_{max} طیف UV از محلول تهیه شده (شکل ۱-۹) در این مرجع ۴۰۰nm گزارش شده و همچنین تصاویر TEM مربوط به آن (شکل ۱-۱۰) گواه از اندازه حدود ۱۰nm ذرات سنتز شده است.



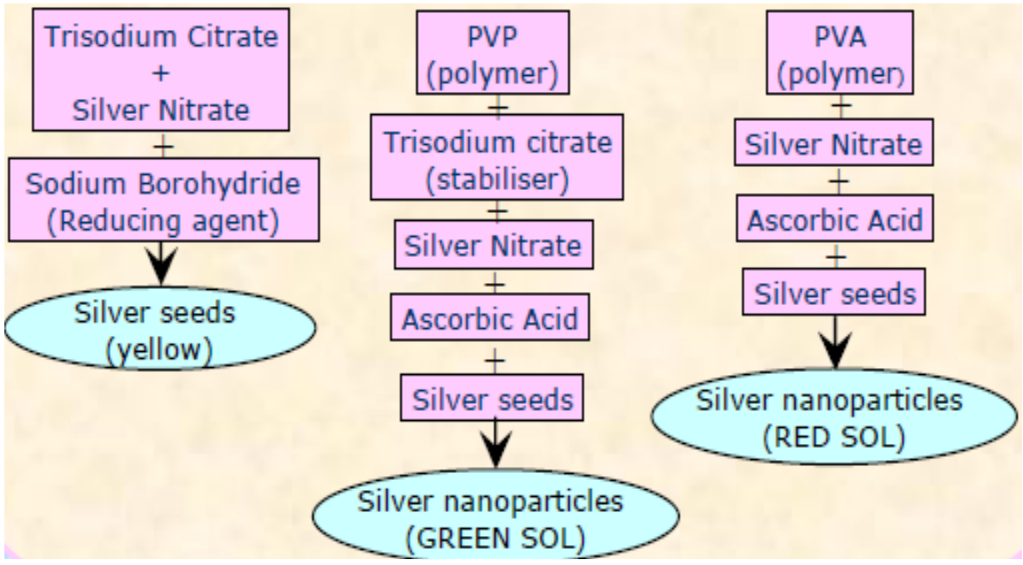
شکل ۱-۹: (a): طیف جذبی نانو ذرات نقره بلافاصله بعد از انجام فرایند

(b) : پس از سرد کردن، خشک کردن و شستشو در آب دیونیزه[۹۳]



شکل ۱-۱۰ : تصویر TEM ذرات نانو نقره سنتز شده در این مرجع [۹۳]

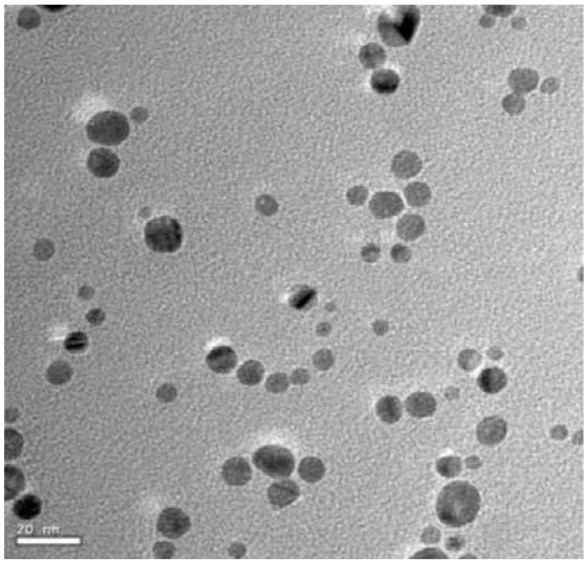
در مرجع [۹۴] رنگ ظاهری محلول حاوی نانو ذرات نقره در صورت استفاده از احیا کننده و نگهدارنده های مختلف بحث شده که در شکل ۱-۱۱ نشان داده شده است.



شکل ۱-۱۱: رنگ های مختلف نانو ذرات نقره در صورت استفاده از ترکیبات مختلف [۹۴]

در مرجع [۹۵] برای تهیه نانو ذرات نقره ۵۰mL از محلول ۰/۰۴ M نیترات نقره با mL ۰/۳۳ از محلول ۰/۳ M از ۳- مرکاپتو پروپیونیک به عنوان عامل نگهدارنده آنیونی یا ۱۶/۷ mL از محلول ۴/۸ mM پلی لیسین به عنوان عامل نگهدارنده کاتیونی مخلوط گردید و با همزن هم خورده شد. pH محلول آن در حدود ۷ بوده که با NaOH کنترل شد. سپس ۵۰ mL از محلول ۰/۰۰۴ M سدیم بوروهیدرید برای کاهش یون های نقره به آن اضافه شد. هنگامی که سدیم بوروهیدرید به محلول فوق اضافه گردید، رنگ محلول قهوه ای تیره شد. سرانجام کلوئیدهای فلزی نانو ذرات نقره با بار مثبت و یا منفی مشاهده گردید.

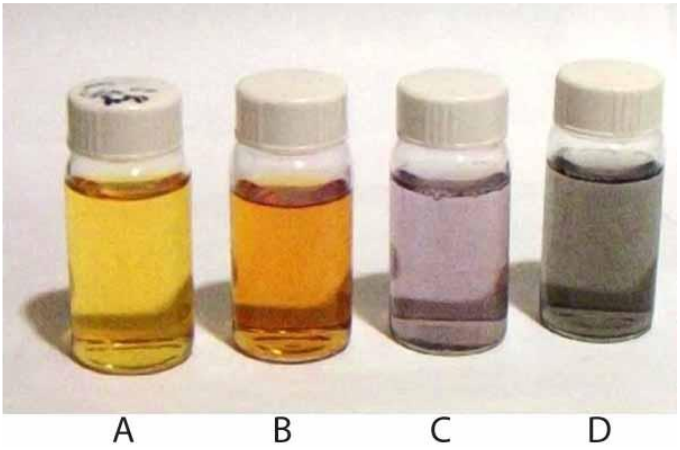
تصاویر TEM گرفته شده در این کار (شکل ۱-۱۲) نشان داده که اندازه ذرات در حدود ۲۰nm بوده که در شکل زیر نشان داده شده است.



شکل ۱-۱۲ : تصویرTEM مربوط به نانو نقره سنتز شده در این مرجع [۹۵]

در مرجع [۹۶] نانو ذرات نقره از اختلاط ۱۰mL محلول ۱mM نیترات نقره به ۳۰mL محلول ۲mM سدیم بوروهیدرید به دست آمد که این اختلاط داخل حمام یخ و در دمای حدود صفر درجه صورت گرفته و با همزن به خوبی همزده شد.

محلول پس از افزودن ۲mL از نیترات نقره، زرد روشن شد و پس از افزودن تمام آن به رنگ زرد تیره تبدیل شد. پس از افزودن کامل همزن را خاموش کرده و محلول تهیه شده برای حدود چند هفته یا ماهها پایدار بود.



شکل ۱-۱۳: کلوئید نقره در مراحل مختلف تجمع (A): زرد روشن

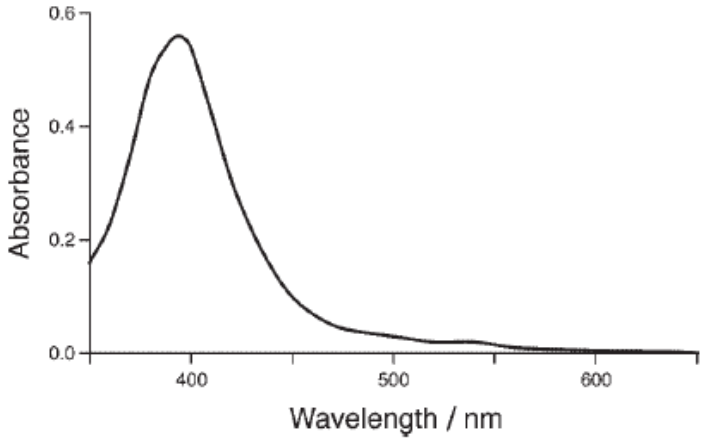
(B): زرد تیره (C): بنفش (D): خاکستری [۹۶]

در این مرجع عنوان شده که در صورتی که λ_{max} طیف UV در حدود ۳۹۰ تا ۴۵۰ نانومتر باشد، اندازه ذرات نانومتری می باشد که در جدول ۱-۱ نشان داده شده است.

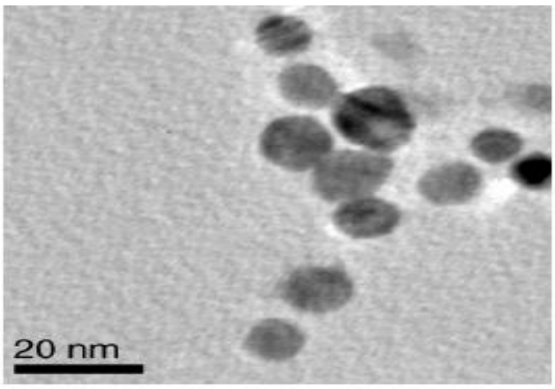
جدول ۱-۱: اندازه نانو ذرات و چگونگی طیف نانو ذرات نقره [۹۶]

Particle Size/nm	λ_{max}/nm	PWHM/nm
10–14	395–405	50–70
35–50	420	100–110
60–80	438	140–150

همانطور که در شکل ۱-۱۴ و ۱-۱۵ پیداست، λ_{max} محلول کلوئیدی نقره در حدود ۴۰۰nm بوده و همچنین اندازه ذرات در حدود ۱۰nm می باشد.



شکل ۱-۱۴ : طیف UV محلول کلوئید نقره زرد کمرنگ [۹۶]



شکل ۱-۱۵ : تصویر TEM نانو ذرات نقره [۹۶]

در این کار تحقیقاتی همچنین در خصوص پایداری نانو ذرات نقره وقتی که نسبت مولی $[NaBH_4]/[AgNo_3]$ متفاوت است بحث شده که در جدول ۱-۲ نشان داده شده است.

جدول ۱-۲: اثرپایداری ذرات Ag وقتی که $[NaBH_4]$ مختلف است [۹۶].

$[NaBH_4]/[AgNO_3]^a$	Time for Breakdown of Colloid/min
2.0	stable
2.1	~ 30
1.9	~ 20
1.8	~ 5

a: غلظت نیترات نقره ۱mM ثابت بوده است.

در این مرجع عنوان شده که در صورتی که نسبت مولی $[NaBH_4]/[AgNo_3]$ در حدود ۲ باشد محلول کمتر از ۱ ساعت پایدار است. در واقع مقدار کافی سدیم بوروهیدرید برای تثبیت ذرات در جریان واکنش مورد نیاز است . از طرفی افزودن مقدار زیاد سدیم بوروهیدرید افزایش مقاومت یونی را در بر دارد و تجمع و لخته شدن اتفاق می افتد.

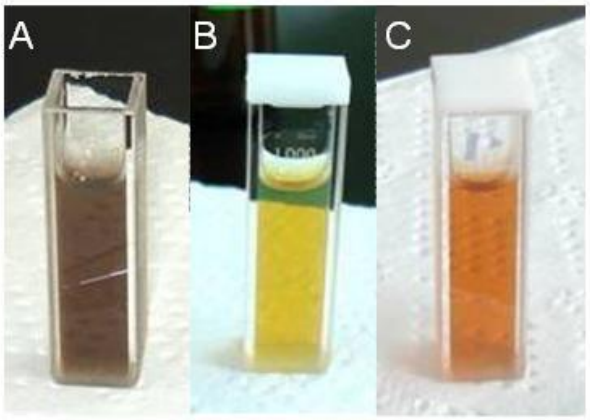
در مرجع [۹۷] برای تهیه نانو ذرات نقره از ۲ عامل نگهدارنده استفاده شد: سدیم دودسیل سولفات (SDS) و سدیم سیترات. برای سنتز نانو ذرات نقره، نیترات نقره از ۱ mM تا ۶ mM و همچنین از (SDS) به مقدار ۸٪ وزن یونی به ترتیب به عنوان یک عامل پیشرو و نمک فلزی و یک عامل نگهدارنده استفاده شد. محلول هیدرازین هیدرات با محدوده ی غلظتی ۲ mM تا ۱۲ mM و محلول سدیم سیترات از ۱ mM تا ۲ mM در دمای اتاق به ترتیب به عنوان عامل کاهنده و نگهدارنده استفاده شد.

رنگ محلول کلوئید نانو نقره در صورت استفاده از مواد مختلف، زرد کمرنگ، قهوه ای کمرنگ و قرمز کمرنگ مشاهده شد که در شکل ۱۶-۱ نشان داده شده است.

نانو ذرات نقره تهیه شده به وسیله ی هیدرازین هیدرات و SDS به عنوان به ترتیب عامل کاهنده و عامل نگهدارنده، به رنگ قهوه ای کمرنگ به دست می آید (شکل (A) ۱-۱۶).

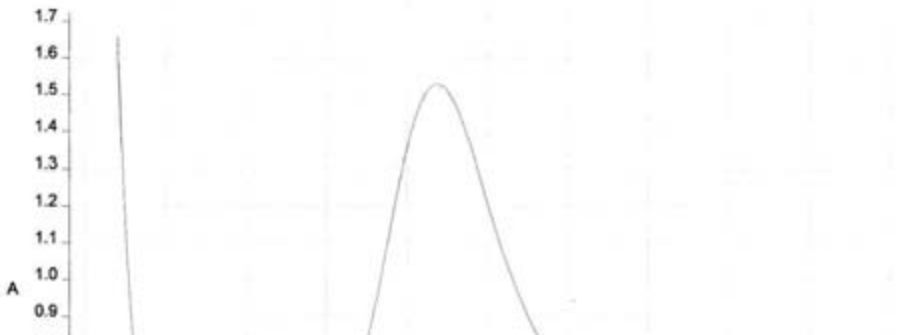
در صورتی که هیدرازین هیدرات و سدیم سیترات هر دو به عنوان عامل کاهنده بدون حضور SDS به کار رود رنگ محلول زرد کمرنگ می شود (شکل (B) ۱-۱۶)

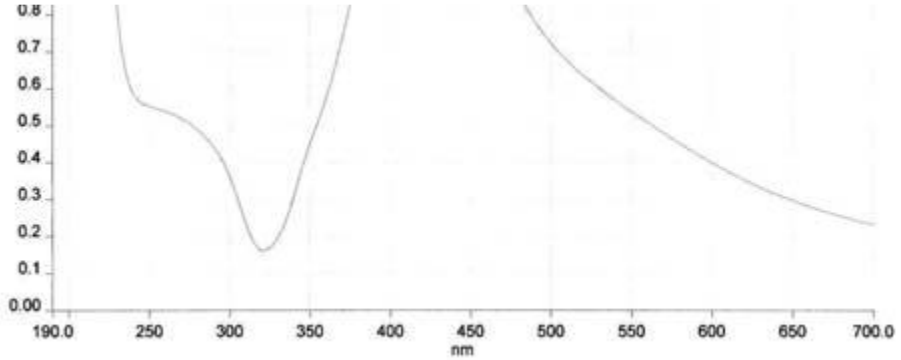
در صورتی که هیدرازین هیدرات و سدیم سیترات هر دو به عنوان عامل کاهنده و SDS به عنوان عامل نگهدارنده به کار برود رنگ محلول به رنگ قرمز روشن به دست می آید (شکل (C) ۱-۱۶).



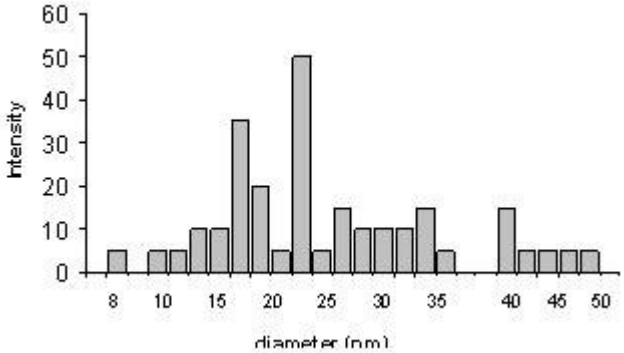
شکل ۱-۱۶: رنگ ظاهری نانو ذرات نقره در حضور عوامل کاهنده و نگهدارنده مختلف [۹۷]

با توجه به شکل ۱-۱۷، طیف UV محلول نانو نقره سنتز شده گرفته شده که λ_{max} آن حدود ۴۱۸nm بود و و با توجه به تصویر TEM (شکل ۱-۱۸) اندازه ذرات هم بین ۸ تا ۵۰ nm بوده است که نسبت اندازه ذرات به تعداد ذرات در شکل ۱-۱۹ نشان داده شده است.

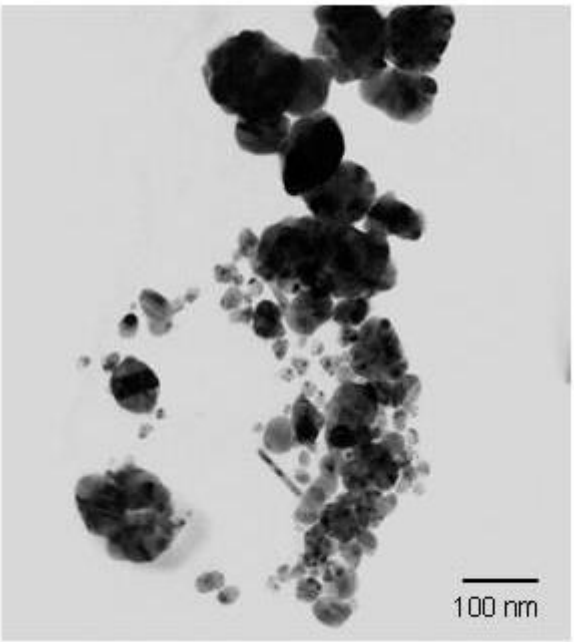




شکل ۱-۱۷: طیف UV نانو ذرات نقره [۹۷]



شکل ۱-۱۸ : نمودار اندازه ذرات و نسبت تعداد آن [۹۷]



شکل ۱-۱۹ : تصویر TEM از نانو ذرات کروی نقره [۹۷]

فصل دوم

بخش تجربی

۲-۱- مواد و ترکیبات مورد استفاده:

مشخصات مواد و ترکیبات مورد استفاده در این کار تحقیقاتی، در جدول ۲-۱ ارائه شده است.

جدول ۲-۱: مواد و ترکیبات مورد استفاده در این کار تحقیقاتی

ردیف	نام ترکیب	درصد خلوص	نام شرکت
۱	نیترات نقره	٪ ۹۹/۸	مرک
۲	سدیم بوروهیدرید	بالای ۹۶ ٪	مرک
۳	تری سدیم سیترات	٪ ۹۹	مرک
۴	پلی وینیل پیرولیدون		آلدریچ
۵	سدیم کلراید		مرک
۶	پودر نوترین آگار		مرک
۷	باکتو تریپتون		مرک
۸	گلوکز		مرک
۹	عصاره مخمر		مرک
۱۰	باکتری *اشریشیا کلی*		بانک میکروبی ایران
۱۱	باکتری *سودوموناس آئروژینوزا*		بانک میکروبی ایران
۱۲	باکتری *باسیلوس سوبتیلیس*		بانک میکروبی ایران
۱۳	باکتری *استافیلوکوکوس اورئوس*		بانک میکروبی آمریکا

۲-۲- تجهیزات:

فهرست تجهیزات مورد استفاده در این کار تحقیقاتی به شرح ذیل می باشد:

۱- دستگاه UV شرکت Cecil مدل CE 5501 ساخت کشور انگلستان

۲- دستگاه ضریب شکست ABBE مدل 2WAG ساخت کشور چین

۳- دستگاه اتوکلاو شرکت ایران تولید مدل 110 N ساخت کشور ایران

۴- دستگاه انکوباتور شرکت Memmert مدل BE 400 ساخت کشور آلمان

۵- دستگاه انکوباتور شیکر دار شرکت Vision مدل VS-8480 ساخت کشور کره

۶- دستگاه ورتکس لوله شرکت Ika مدل LAB DANCER ساخت کشور آلمان

۷- دستگاه همزن مغناطیسی شرکت Ika مدل RCTB ساخت کشور آلمان

۸- دستگاه ترازو شرکت Kern مدل PCB 250 با دقت ۰/۰۰۰۱ گرم ساخت کشور آلمان

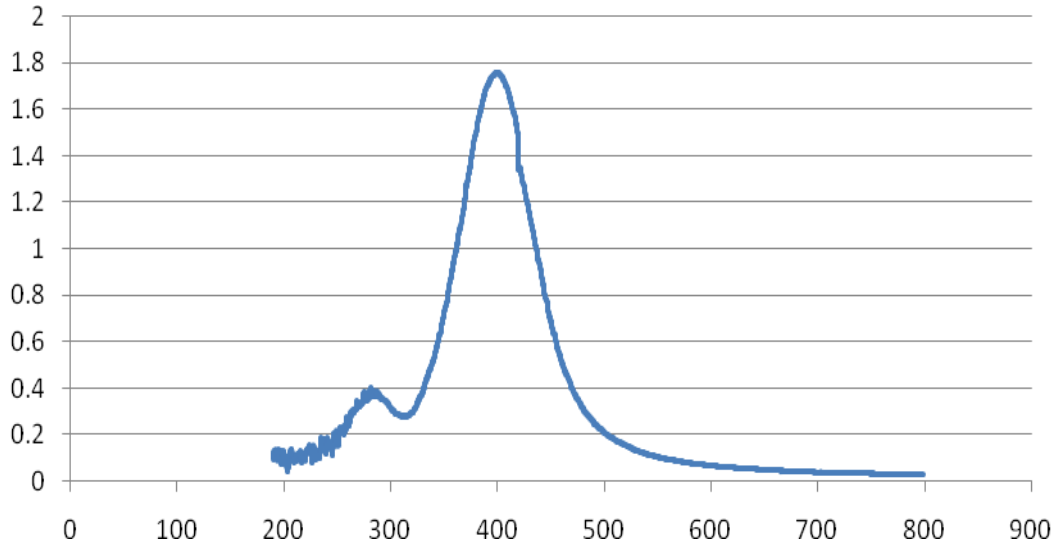
۲-۳- روش سنتز نانونقره :

نانو نقره طبق روش کلی شناخته شده کاهش شیمیایی به صورت ذیل تهیه شد[۴۸].

در این روش از نیترات نقره و سدیم بورو هیدرید به ترتیب به عنوان منبع تامین کننده یون نقره و عامل کاهنده و همچنین تری سدیم سیترات و پلی وینیل پیرولیدون نیز به عنوان نگهدارنده استفاده شد. مقدار mmol $۲/۵\times۱۰^{-۲}$ از نیترات نقره را در mL ۲۰ آب مقطر دو بار تقطیر در داخل بشر حل نموده و در داخل بورت می ریزیم. سپس مقدار mmol $۷/۵\times۱۰^{-۲}$ از سدیم بوروهیدرید را نیز در mL ۷۰ آب مقطر دو بار تقطیر در داخل بالن ته گرد حل می کنیم و با قرار دادن مگنت در آن می گذاریم تا به وسیله همزن مغناطیسی به خوبی حل شود. مقدار g ۰/۰۵ پلی وینیل پیرولیدون با جرم مولکولی ۲۵۰۰۰ را نیز در محلول حاوی سدیم بورو هیدرید اضافه نموده تا در آن محلول حل شود. سپس شیر بورت را باز نموده و می گذاریم محلول نیترات نقره به محلول داخل بالن ته گرد، به آرامی و قطره قطره ظرف مدت ۵ دقیقه اضافه شود و به وسیله آن احیا گردد و به ذرات نانو نقره تبدیل شود. مقدار mmol $۳/۴\times۱۰^{-۱}$ از تری سدیم سیترات را در mL ۱۰ آب مقطر دو بار تقطیر نیز حل نموده و پس از افزودن کامل نیترات نقره به محلول داخل بالن ته گرد آن را به محلول کلوییدی داخل بالن ته گرد اضافه می نماییم. در حین افزودن چند قطره از نیترات نقره بی رنگ به محلول کدری رنگ داخل بالن ته گرد که حاوی پلی وینیل پیرولیدون و سدیم بورو هیدرید بوده، رفته رفته رنگ محلول به رنگ زرد تغییر می نماید. لازم به ذکر است که کلیه مراحل فوق در دمای محیطی صورت گرفته است و محلول کلوییدی نانو نقره تهیه شده حداقل برای مدت ۷ ماه شکل و حالت ظاهری خود را حفظ نموده و پایدار بوده است.

با بررسی های بعمل آمده، طیف UV این ترکیب بصورت نمودار زیر بوده که λ_{max} آن در حدود nm ۴۰۰ است که خود نشان از اندازه نانومتری بودن ذرات است(شکل ۲-۱). البته این نکته لازم به

ذکر است که طبق مرجع [۹۶] در صورتی که λ_{max} طیف UV نانو نقره بین حدود nm ۳۹۰ تا ۴۵۰nm باشد، ذرات در اندازه نانومتری می باشد.

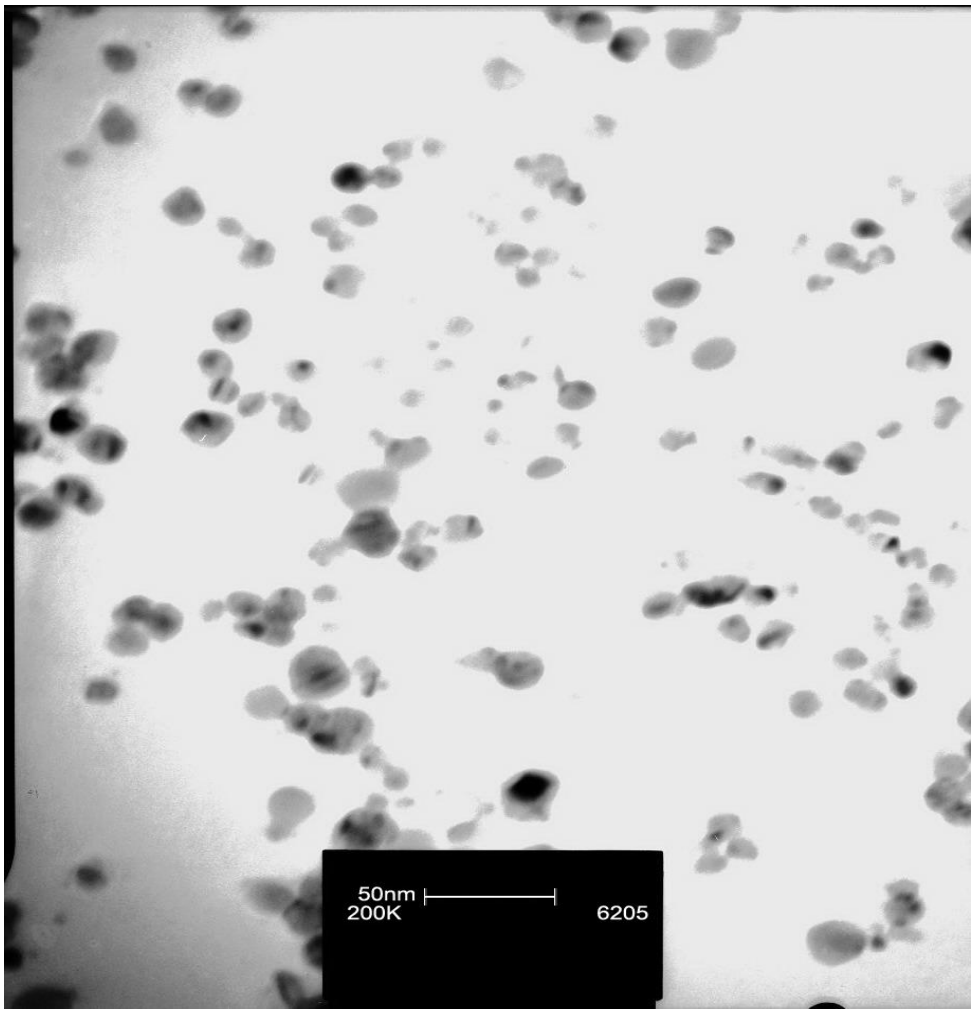


شکل ۲-۱: طیف UV نانو نقره تهیه شده

از نمونه نانو نقره سنتز شده TEM گرفته شد که اندازه این ذرات در حدود ۱۰nm بوده است که در تصویر شکل ۲-۲ نشان داده شده است.

ضریب شکست محلول کلوئید نانو نقره تهیه شده نیز اندازه گیری شد که مقدار ۱/۳۳۳ بود که با توجه به غلظت کم نانوذرات نقره پخش شده در حلال آب، مواد مذبور تاثیر چندانی بر روی ضریب شکست آب ندارند و به همین دلیل میزان ضریب شکست کلوئید نانو نقره سنتز شده با حلال آن تقریبا" برابر است.

در حالت هایی که تجمع ذرات نقره در آن وجود داشت، رنگ محلول خاکستری تیره تا سیاه و در حالت پایدار کلوئیدی رنگ محلول بر اساس غلظت نانو ذرات نقره، در محدوده زرد کمرنگ تا قهوه ای تیره بدست می آمد.



شکل ۲-۲: تصویر مربوط به TEM نانو نقره سنتز شده

۲-۴- آزمایشات بخش میکروبیولوژی:

۲-۴-۱- مواد، وسایل و روش کار:

۲-۴-۱-۱- آماده سازی محلول نمک سدیم کلراید ۰/۹ ٪

برای رقیق سازی نمونه های میکروبی قبل از شمارش تعداد باکتری ها، محلول های نمکی سدیم کلراید استریل تهیه شد. مقدار ۹ گرم نمک طعام (NaCl) را در یک بالن حجمی یک لیتری به وسیله آب مقطر به حجم می رسانیم. بعد از حل شدن نمک، محلول حاصل در لوله های آزمایش به حجم ۴/۵ mL توزیع شد. سپس دهانه لوله های آزمایش با پنبه (یا در پوش فلزی) مسدود شده و در دستگاه اتوکلاو در دمای ۱۲۱°C و فشار ۱ atm به مدت ۱۵ دقیقه استریل گردید. در آزمایشات میکروبیولوژی برای اینکه محیطی مناسب برای باکتری فراهم آوریم که منجر به شوک باکتری نگردد، از محلول نمکی NaCl ۰/۹٪ استفاده می کنیم. این محلول ایزوتونیک[۱] از نظر غلظت با محتوای باکتری برابری می کند و اصطلاحا" فشار اسمزی برابری دارند.

۲-۴-۱-۲- آماده سازی محیط کشت نوترین آگار[۲]:

---

[۱] - دو محلولی که از نظر غلظت مواد حل شده برابرند را محلول ایزوتونیک گویند.

[2]-Nutrient agar

مقدار ۲۰g پودر نوترین آگار در یک بالن حجمی یک لیتری با آب مقطر به حجم رسانیده شد. بعد از کمی حل شدن مواد در آب به وسیله همزن، محیط کشت با حرارت غیر مستقیم و ترجیحا" حمام بن ماری، آماده می شود. بعد از آن که محلول به جوش آمد، ظرف محتوی آگار جهت استریل در اتوکلاو با دمای ۴۵-۵۰°C قرار داده شد. سپس در پیلت های استریل شده که از قبل در کنار شعله قرار گرفته بود توزیع می شود. بعد از اینکه آگار سرد و سفت شد محیط کشت مناسب فراهم می شود.

۲-۴-۱-۳- تهیه محیط کشتLB[1] :

محیط کشت LB با ترکیب کردن مقدار ۱۰g باکتوتریپتون، ۱g گلوکز، ۵g سدیم کلراید و ۵g عصاره مخمر در یک لیتر آب مقطر تهیه می شود. بعد از حل شدن مواد در آب، محلول حاصل در لوله های درپوش دار مک کارتی ریخته (در هر لوله ۱۰mL) و درب آنها با درپوش مسدود و در اتوکلاو در دمای ۱۲۱°C به مدت ۱۵ دقیقه جهت استریل قرار داده می شود[۹۸].

۲-۴-۱-۴- باکتری ها و نحوه ی آماده سازی کشت باکتریایی در LB:

برای هر سری از آزمایشات، باید ۲۴ ساعت قبل از انجام آزمایش، در لوله های محتوی محیط کشت LB، باکتری مورد آزمایش را کشت داده و در انکوباتور در دمای ۳۵-۳۷°C قرار داده تا حین انجام آزمایش باکتری های زنده و تازه در دسترس باشند. باکتری های استفاده شده در آزمایش بصورت ذیل می باشند:

۱- *اشریشیاکلی* PTCC ۱۵۳۳

---

[1]-Luria-Bertani Medium

۲- *سودوموناس آئروژینوزا* PTCC ۱۷۰۷

۳- *با سیلوس سوبتیلیس* PTCC ۱۱۵۶

۴- *استافیلوکوکوس آرئوس* ATCC ۲۵۹۲۳

۲-۴-۱-۵- سنجش حداقل غلظت توقف رشد باکتری ها در حضور نانو نقره:

برای سنجش حداقل غلظت توقف رشد (MIC)[1]، غلظت های مختلف نانو نقره (۵ppm، ۱۰ ppm، ۱۵ ppm، ۲۰ ppm، ۲۵ ppm، ۳۰ ppm، ۳۵ ppm، ۴۰ ppm، ۴۵ ppm، ۵۰ ppm، ۱۰۰ ppm، ۱۵۰ ppm و ۲۰۰ ppm) در لوله های مک کارتی حاوی ۱۰mL محیط کشت LB تهیه گردید. سپس ۵۰µL از کشت ۲۴ ساعته باکتری به هر لوله مک کارتی فوق، افزوده شد (شکل۲-۳). همه ی لوله های فوق در انکوباتور شیکردار (دمای ۳۷°C-۳۵ و ۱۰۰rpm) به مدت ۲۴ ساعت قرار داده شد.

شکل۲-۳: تصویرباکتری های رشد یافته و رشد نیافته

[1]-Minimum Inhibatory Concentration

۲-۴-۱-۶- تاثیر نانو نقره و سنجش حداقل غلظت مرگ باکتری (MBC)[1] و شمارش باکتری ها به روشMiles & Misra:

برای شمارش باکتری های زنده از روش Miles & Misra استفاده شد[۹۹]. از محیط کشت LB حاوی باکتری که ۲۴ ساعت قبل آن کشت داده شد، مقدار ۵۰µL باکتری برداشته و در لوله مک کارتی حاوی محیط کشت LB تلقیح می شود. برای شمارش باکتری های زنده، نیاز به رقیق سازی متوالی کشت باکتری می باشد. به این منظور نمونه کشت میکروبی در لوله های حاوی محلول نمکی، رقیق سازی می شود. لوله مک کارتی را به کمک دستگاه ورتکس لوله[2] خوب هم زده، سپس حجم ۵۰۰ µL از نمونه کشت باکتری را به لوله حاوی ۴/۵mL محلول نمکی منتقل می شود. بعد از هم زدن محتویات لوله، ۵۰۰ µL از لوله ی اول به لوله دوم اضافه می شود. این مراحل ادامه می یابد تا به لوله هفتم ختم گردد. سپس ۲ پلیت نوترین آگار برداشته و هر کدام به ۴ قسمت تقسیم می شود و رقت های ($۱۰^{-۰}$،$۱۰^{-۲}$،$۱۰^{-۷}$ الی) را روی آن نامگذاری می شود. از هر لوله با توجه به رقت آن، حجم ۱۰۰ µL برداشته و روی سطح محیط کشت نوترین آگار که عدد روی آن با رقت لوله برابری می کند، تلقیح می شود.

بعد از کشت باکتری هر ۷ تا لوله با گذشت زمان قطرات حاوی باکتری جذب محیط کشت می شوند. سپس پلیت ها در انکوباتور با دمای ۳۵-۳۷°C به مدت ۲۴ ساعت قرار داده می شوند.

ذکر این نکته ضروری است که در مکان رقت صفر روی نوترین آگار از همان لوله محیط کشت LB که هنوز رقیق سازی انجام نگرفته بود، ۱۰۰ µL را برداشته و در این منطقه تلقیح انجام شد.

---

[2]-Minimum Bactericide Concentration
[1]-Tube Vortex

غلظت های مختلف محلول نانو نقره ۲۵PPM، ۵۰ PPM، ۱۰۰ PPM و ۲۰۰ PPM در لوله های مک کارتی حاوی محیط کشت LB تلقیح شده با باکتری مورد نظر، تهیه شد و تاثیر نانو نقره در مدت زمان های (۵، ۱۵، ۳۰ و ۶۰) دقیقه و نیز ۲۴ ساعت بررسی شد.

برای هر غلظت و هر زمان طبق روش ذکر شده، عمل شمارش باکتری های زنده انجام شده و نتایج شمارش باکتری ها بعد از ۲۴ ساعت انجام شد. به این ترتیب تاثیر ضد میکروبی نانو نقره بررسی شد.

۲-۴-۱-۷- شمارش کلنی ها و سنجش باکتری های زنده:

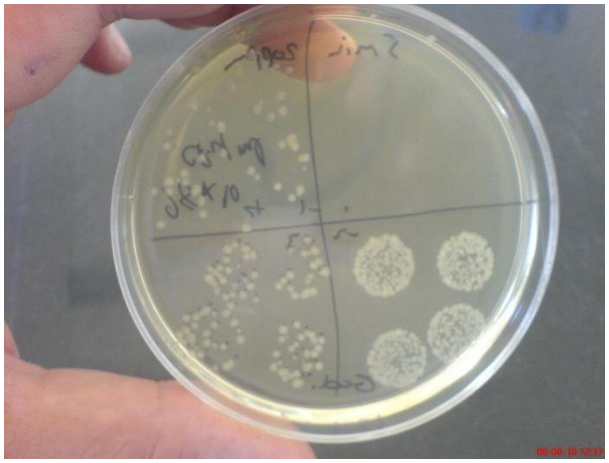
برای شمارش کلنی از بین ۸ قسمتی که برای یک حجم و زمان مشخص در اختیار داشته قسمتی را انتخاب کرده که کلنی ها واضح تر و قابل شمارش باشند (شکل۲-۴). عدد حاصل در عکس عدد رقت و در ۱۰ ضرب نموده، عدد به دست آمده را با واحد cfu/mL[1] بیان می کنیم.

به عنوان مثال:

اگر تعداد کلنی در قسمت $۱۰^{-۴}$ برابر با ۷۵ باشد، تعداد باکتری های زنده موجود در محیط کشت به صورت زیر محاسبه می شود:

$$۷۵\times۱۰^{۴}\times۱۰=۷۵\times۱۰^{۵}\ cfu/mL$$

[1]-Colony forming unit per mL



شکل ۲-۴: تصویر باکتری های رشد کرده

روی محیط کشت و شمارش آن

فصل سوم

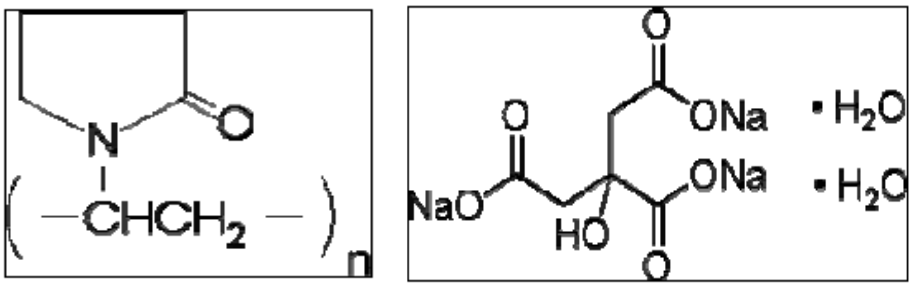
نتایج، بحث و نتیجه گیری

۳-۱- بحث و نتیجه گیری:

محلول کلوئیدی نانو نقره به روش کاهش شیمیایی تهیه شد که در این واکنش محلول نیترات نقره به عنوان منبع حاوی یون های نقره (Ag^+) محسوب شده که توسط سدیم بوروهیدرید که به عنوان کاهنده می باشد، احیا می شود و به ذرات نقره با بار صفر (Ag) تبدیل می شود که فرمول واکنش در زیر نشان داده شده است:

$$AgNO_3 + NaBH_4 \longrightarrow Ag + \frac{1}{2} H_2 + \frac{1}{2} B_2H_6 + NaNO_3$$

پلی وینیل پیرولیدون و تری سدیم سیترات نیز مانع از تجمع و لخته شدن ذرات بوده و از به هم چسبیدن نانو ذرات به هم جلوگیری می نماید که فرمول گسترده آن در شکل ۳-۱ نشان داده شده است:



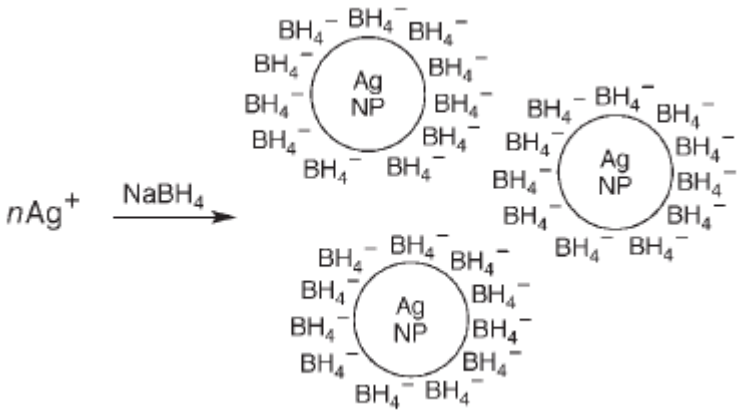
شکل ۳-۱: فرمول گسترده پلی وینیل پیرولیدون (تصویر سمت چپ) و

تری سدیم سیترات (تصویر سمت راست)

طول موج ماکزیمم (λ_{max}) این محلول کلوئیدی حدود ۴۰۰nm شده که نشان از اندازه نانومتری بودن ذرات است.

از نمونه سنتز شده نیز TEM گرفته شده که اندازه ذرات حدود ۱۰ نانومتر بود.

یکی از دلایل عدم تجمع ذرات نقره و تشکیل رسوب و لخته شدن، به واسطه حضور یون های مازاد بوروهیدرید در اطراف نانو ذرات نقره می باشد که به صورت شکل ۳-۲ می باشد:



شکل۳-۲: حضور یون های مازاد بوروهیدرید در اطراف نانو ذرات نقره [۹۶]

به واسطه دافعه الکتروستاتیک میان ذرات نقره که دارای بار منفی شده اند، تشکیل رسوب و لخته شدن محتمل نیست. بنابراین با توجه به حضور ذرات باردار نقره برهمکنش میان یون های منفی بیشتر می شود که کار مشابه با یون بوروهیدرید انجام می دهد و همچنین اثر تشکیل زنجیر های طویل حاوی پلیمر PVP که حاوی گروه های قطبی می باشد و احتمال تشکیل میسل در آن وجود دارد که جلوی ایجاد لخته شدن را گرفته و کلوئید نسبتا" پایداری از محلول نانو ذرات نقره در آب ایجاد می شود.

با توجه به اهمیت و کاربرد نانو نقره، بررسی و کارآیی میکروب کشی و بهینه کردن نانو ذرات نقره حائز اهمیت است.

علاوه بر تصاویر TEM، با توجه به اینکه طیف، رنگ و شکل ظاهری محلول های سنتز شده در آزمایشگاه با مراجع ذکر شده همخوانی دارد، تائید دیگری بر سنتز نانو ذرات نقره است.

در خصوص بهینه سازی در سنتز نانو ذرات نقره این مطلب را باید قید کرد که کار ارائه شده در مرجع [۹۶] نسبت به این کار تحقیقاتی، نسبت استوکیومتری میان ترکیب حاوی یون نقره به منبع حاوی احیا کننده از ۶:۱ به ۳:۱ کاهش پیدا کرد که با توجه به نصف شدن میزان مصرف احیا کننده سدیم بوروهیدرید که یک ماده نسبتا گران قیمت نیز می باشد، در کاهش هزینه تاثیر گذار است. همچنین دمای سنتز از دمای حدود صفر درجه به دمای محیطی تغییر یافته است که این عامل نیز نقش بسزایی در کاهش هزینه ها و تسریع زمان فراهم آوردن شرایط سنتز دارد. مورد دیگر اینکه در آن مرجع همانطور که در جدول ۱-۲ عنوان شده، با کاهش نسبت مولی نیترات نقره به سدیم بورو هیدرید مدت ماندگاری نانو ذرات از چند هفته و ماه به کمتر از یک ساعت کاهش یافته، در صورتی که در این کار تحقیقاتی با اینکه نسبت مولی نیترات نقره به سدیم بوروهیدرید به ۳:۱ کاهش یافته ولی با توجه به حضور ترکیبات تری سدیم سیترات و پلی وینیل پیرولیدون که همانطور

که گفته شد مانع از تجمع ذرات و لخته شدن می گردد، در میزان پایداری آن تاثیری نگذاشته و نانو ذرات نقره سنتز شده حداقل تا ۷ ماه پایداری خود را حفظ نموده است. البته با این کاهش نسبت مولی و نیز تغییر شرایط دمایی سنتز، در اندازه ذرات نیز تغییری ایجاد ننموده و تصویر TEM و طیف UV آن، نشان از اندازه حدود ۱۰ nm ذرات دارد.

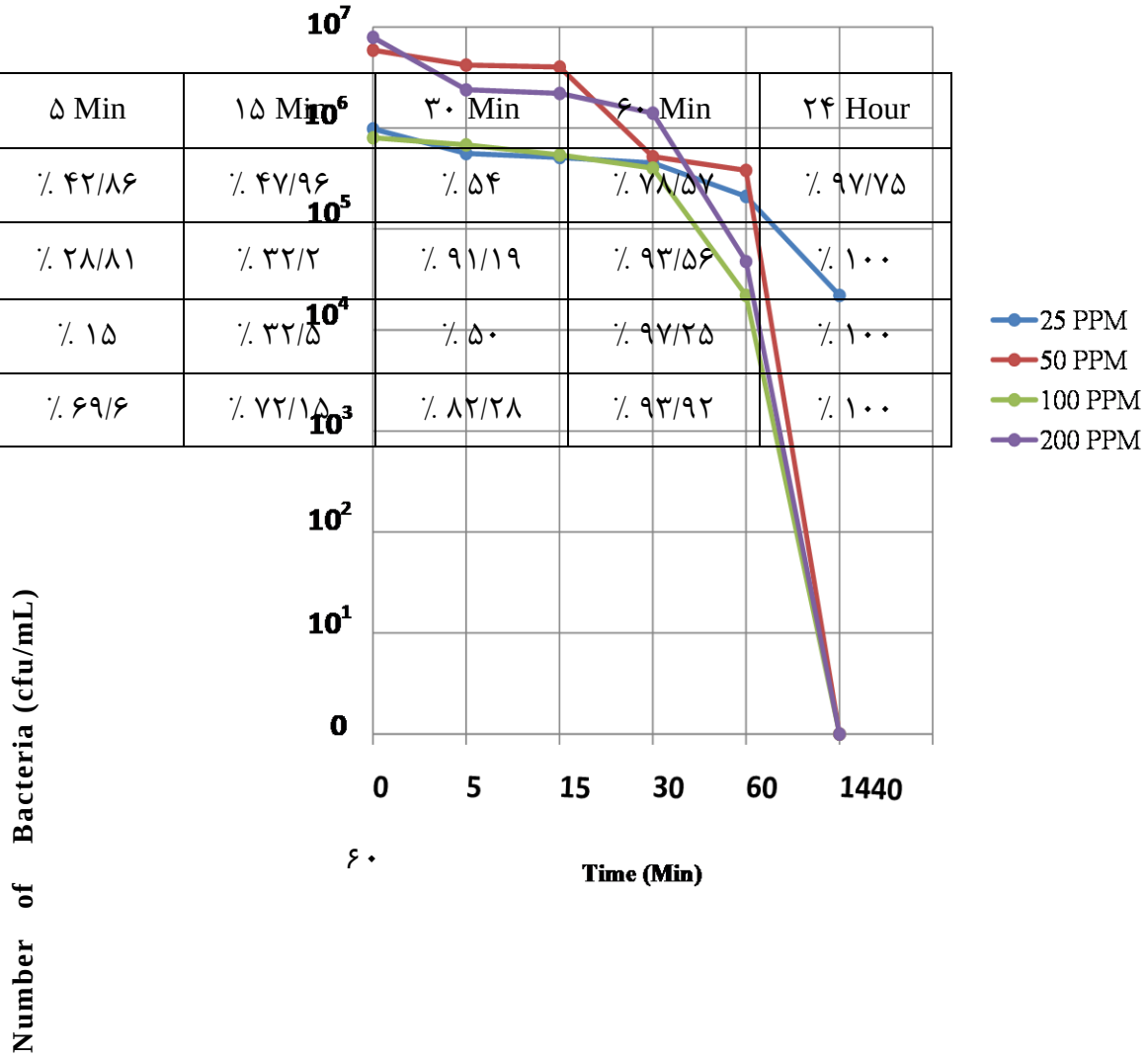
در خصوص بررسی خاصیت میکروب کشی نانو ذرات نقره سنتز شده، از ۴ نوع باکتری به نام های *اشریشیا کلی* و *سودوموناس آئروژینوزا* به عنوان باکتری های گرم منفی و *باسیلوس سوبتیلیس* و *استافیلو کوکوس اورئوس* به عنوان باکتری های گرم مثبت استفاده شد و روند کاهش میزان باکتری در حضور نانو ذرات نقره سنتز شده بررسی شد. بررسی خاصیت باکتری کشی نانو ذرات نقره تهیه شده، به دو روش MBC و MIC صورت گرفت. در شمارش باکتری های زنده به روش MBC نتایج ذیل برای هر باکتری به دست آمده که به شرح ذیل می باشد و در جداول ۳-۱ تا ۳-۸ و اشکال ۳-۳ تا ۳-۶ نشان داده شده است:

جدول ۳-۱: شمارش تعداد باکتری *اشریشیا کلی*(Ec) در حضور غلظت های مختلف نانو نقره

EC	۰ Min	۵ Min	۱۵ Min	۳۰ Min	۶۰ Min	۲۴ Hour
۲۵ ppm	۹۸×۱۰^{۴}	۵۶×۱۰^{۴}	۵۱×۱۰^{۴}	۴۵×۱۰^{۴}	۲۱×۱۰^{۴}	۲۲×۱۰^{۳}
۵۰ ppm	۵۹×۱۰^{۵}	۴۲×۱۰^{۵}	۴۰×۱۰^{۵}	۵۲×۱۰^{۴}	۳۸×۱۰^{۴}	۰
۱۰۰ ppm	۸×۱۰^{۵}	۶۸×۱۰^{۴}	۵۶×۱۰^{۴}	۴۰×۱۰^{۴}	۲۲×۱۰^{۳}	۰
۲۰۰ ppm	۷۹×۱۰^{۵}	۲۴×۱۰^{۵}	۲۲×۱۰^{۵}	۱۴×۱۰^{۵}	۴۸×۱۰^{۳}	۰

جدول ۳-۲: درصد کاهش باکتری *اشریشیا کلی*(Ec) در حضور غلظت های مختلف نانو نقره

EC	۵ Min	۱۵ Min	۳۰ Min	۶۰ Min	۲۴ Hour
۲۵ ppm	٪ ۴۲/۸۶	٪ ۴۷/۹۶	٪ ۵۴	٪ ۷۸/۵۷	٪ ۹۷/۷۵
۵۰ppm	٪ ۲۸/۸۱	٪ ۳۲/۲	٪ ۹۱/۱۹	٪ ۹۳/۵۶	٪ ۱۰۰
۱۰۰ ppm	٪ ۱۵	٪ ۳۲/۵	٪ ۵۰	٪ ۹۷/۲۵	٪ ۱۰۰
۲۰۰ ppm	٪ ۶۹/۶	٪ ۷۲/۱۵	٪ ۸۲/۲۸	٪ ۹۳/۹۲	٪ ۱۰۰



شکل ۳-۳: نمودار کاهش تعداد *باکتری اشریشیا کلی*(Ec) در حضور غلظت های مختلف نانو نقره با زمان

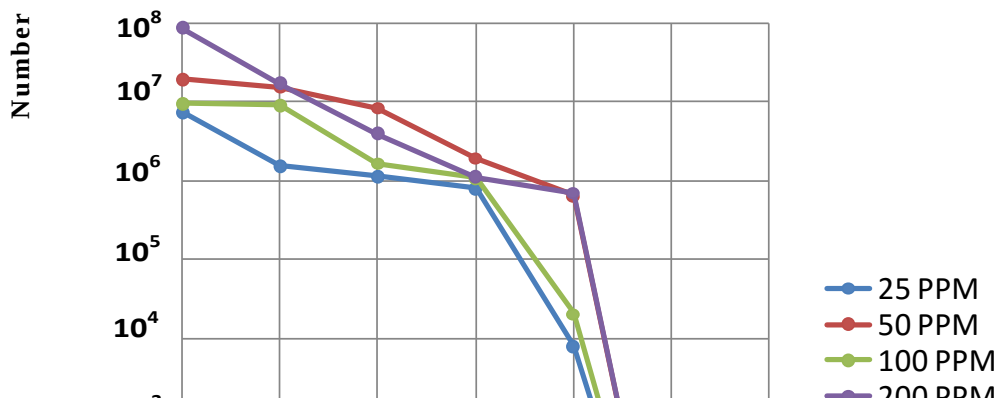
Pa	۰ Min	۵ Min	۱۵ Min	۳۰ Min	۶۰ Min	۲۴ Hour
۲۵ ppm	۷۳ × ۱۰^{۵}	۱۵/۲ × ۱۰^{۵}	۱۱/۱ × ۱۰^{۵}	۸۰ × ۱۰^{۴}	۷۹ × ۱۰^{۲}	۰
۵۰ ppm	۱۹ × ۱۰^{۶}	۱۵ × ۱۰^{۶}	۸۲ × ۱۰^{۵}	۱۹/۱ × ۱۰^{۵}	۶۳ × ۱۰^{۴}	۰
۱۰۰ ppm	۹۴ × ۱۰^{۵}	۸۹ × ۱۰^{۵}	۱۶/۴ × ۱۰^{۵}	۱۰/۵ × ۱۰^{۵}	۲۰/۴ × ۱۰^{۳}	۰

۲۰۰ ppm	۸۵ × ۱۰^۶	۱۷ × ۱۰^۶	۳۹ × ۱۰^۵	۱۱ × ۱۰^۵	۶۸ × ۱۰^۴	۰

جدول ۳-۳: شمارش تعداد باکتری *سودوموناس آئروژینوزا* (Pa) در حضور غلظت های مختلف نانو نقره

جدول ۳-۴: درصد کاهش باکتری *سودوموناس آئروژینوزا* (*Pa*) در حضور غلظت های مختلف نانو نقره

	۵ Min	۱۵ Min	۳۰ Min	۶۰ Min	۲۴ Hour
۲۵	٪ ۷۹/۱۷	٪ ۸۴/۷۹	٪ ۸۹/۰۴	٪ ۹۹/۸۹	٪ ۱۰۰
۵۰	٪ ۲۱	٪ ۵۶/۸۴	٪ ۸۹/۹۵	٪ ۹۶/۶۸	٪ ۱۰۰
۱۰	٪ ۵/۳۲	٪ ۸۲/۵۷	٪ ۸۸/۸۳	٪ ۹۹/۷۸	٪ ۱۰۰
۲۰	٪ ۸۰	٪ ۹۵/۴۱	٪ ۹۸/۷۰	٪ ۹۹/۲	٪ ۱۰۰



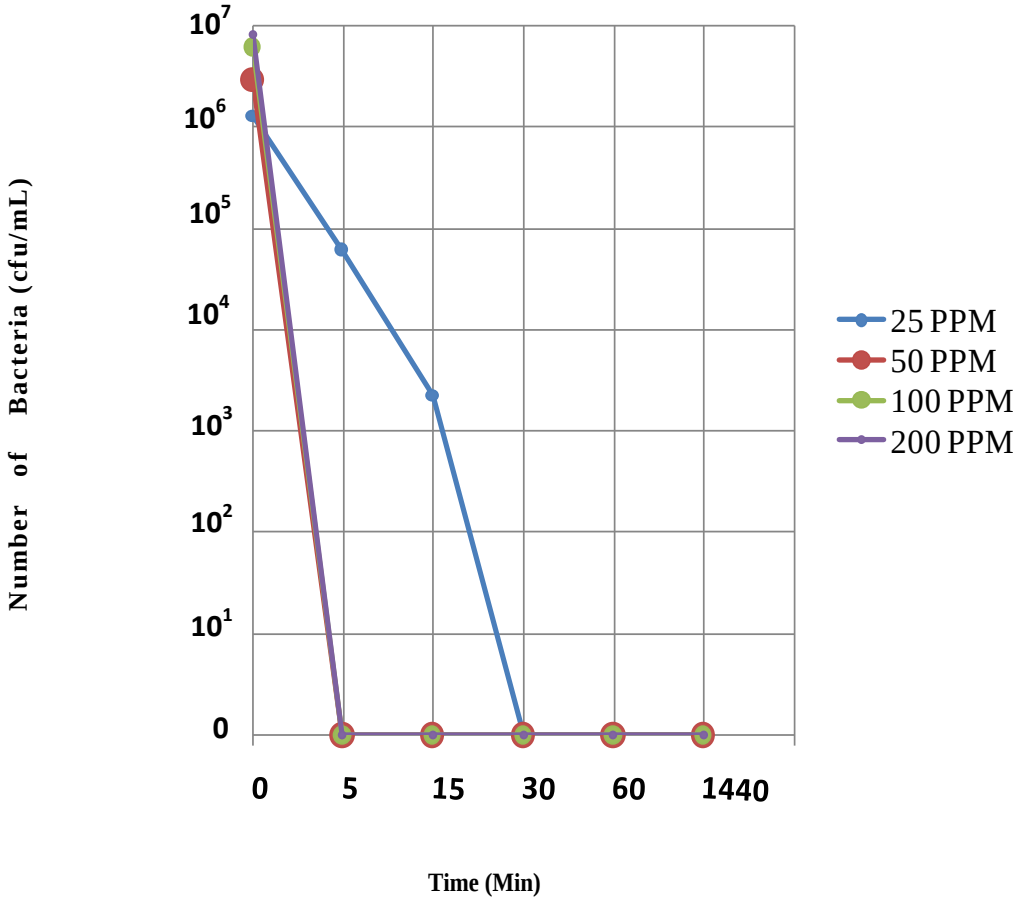
شکل ۳-۴: نمودار کاهش تعداد باکتری سودوموناس آئروژینوزا (Pa) در حضور غلظت های مختلف نانو نقره با زمان

جدول ۳-۵: شمارش تعداد باکتری *باسیلوس سوبتیلیس* (*Bs*) در حضور غلظت های مختلف نانو نقره

Bs	۰ Min	۵ Min	۱۵ Min	۳۰ Min	۶۰ Min	۲۴ Hour
۲۵ ppm	۱۳ × ۱۰^۵	۶۰ × ۱۰^۳	۲۳ × ۱۰^۲	۰	۰	۰
۵۰ ppm	۲۹ × ۱۰^۵	۰	۰	۰	۰	۰
۱۰۰ ppm	۶۱ × ۱۰^۵	۰	۰	۰	۰	۰
۲۰۰ ppm	۸۲ × ۱۰^۵	۰	۰	۰	۰	۰

جدول ۳-۶: درصد کاهش باکتری *باسیلوس سوبتیلیس* (*Bs*) در حضور غلظت های مختلف نانو نقره

Bs	۵ Min	۱۵ Min	۳۰ Min	۶۰ Min	۲۴ Hour
۲۵ ppm	٪ ۹۵/۳۸	٪ ۹۹/۸۲	٪ ۱۰۰	٪ ۱۰۰	٪ ۱۰۰
۵۰ ppm	٪ ۱۰۰	٪ ۱۰۰	٪ ۱۰۰	٪ ۱۰۰	٪ ۱۰۰
۱۰۰ ppm	٪ ۱۰۰	٪ ۱۰۰	٪ ۱۰۰	٪ ۱۰۰	٪ ۱۰۰
۲۰۰ ppm	٪ ۱۰۰	٪ ۱۰۰	٪ ۱۰۰	٪ ۱۰۰	٪ ۱۰۰



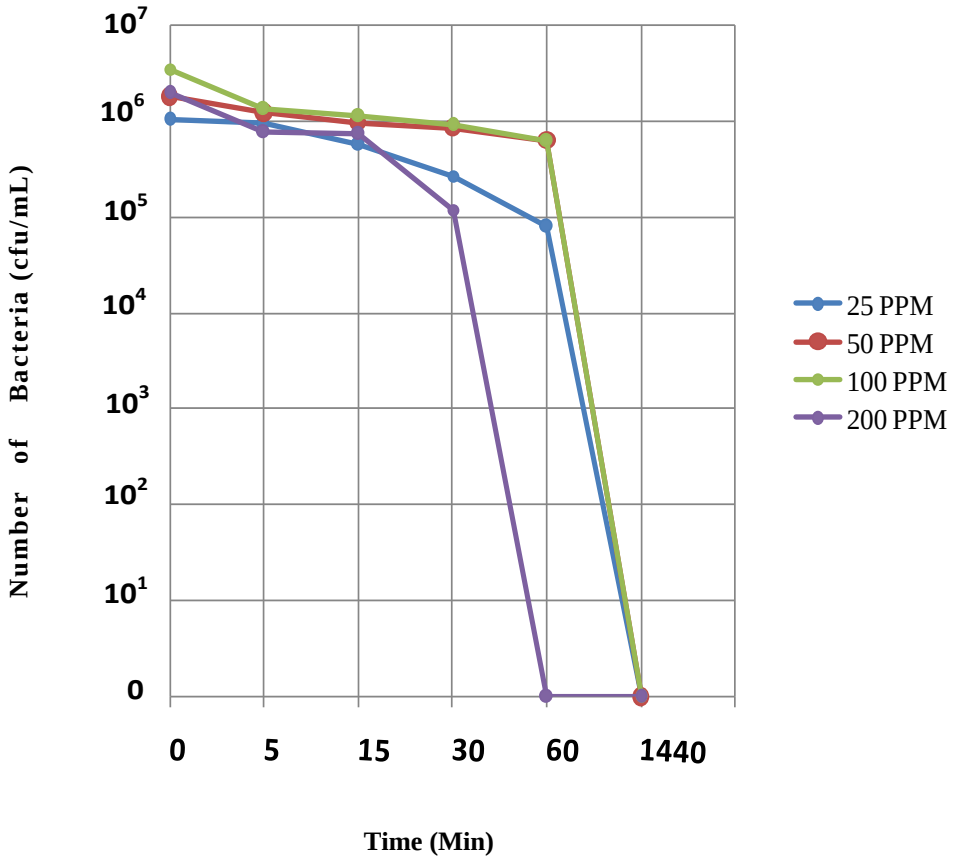
شکل ۳-۵: نمودار کاهش تعداد باکتری باسیلوس سوبتیلیس (Bs) در حضور غلظت های مختلف نانو نقره با زمان

جدول ۳-۷: شمارش تعداد باکتری *استافیلوکوکوس اورئوس* (*Sa*) در حضور غلظت های مختلف نانو نقره

Sa	۰ Min	۵ Min	۱۵ Min	۳۰ Min	۶۰ Min	۲۴ Hour
۲۵ ppm	۱۰/۵ × ۱۰^۵	۹/۷ × ۱۰^۵	۵/۸ × ۱۰^۵	۲/۷ × ۱۰^۵	۸/۱ × ۱۰^۴	۰
۵۰ ppm	۱۸ × ۱۰^۵	۱۲/۲ × ۱۰^۵	۹/۷ × ۱۰^۵	۸/۵ × ۱۰^۵	۶/۴ × ۱۰^۵	۰
۱۰۰ ppm	۳۵ × ۱۰^۵	۱۳/۳ × ۱۰^۵	۱۱/۲ × ۱۰^۵	۹/۱ × ۱۰^۵	۶/۳ × ۱۰^۵	۰
۲۰۰ ppm	۲۰ × ۱۰^۵	۷/۸ × ۱۰^۵	۷/۳ × ۱۰^۵	۱/۲ × ۱۰^۵	۰	۰

جدول ۳- ۸: درصد کاهش باکتری *استافیلوکوکوس اورئوس* (*Sa*) در حضور غلظت های مختلف نانو نقره

Sa	۵ Min	۱۵ Min	۳۰ Min	۶۰ Min	۲۴ Hour
۲۵ ppm	٪ ۷/۶۲	٪ ۴۴/۷۶	٪ ۷۴/۲۸	٪ ۹۲/۲۹	٪ ۱۰۰
۵۰ ppm	٪ ۳۲/۲۲	٪ ۴۶/۱۱	٪ ۵۲/۷۸	٪ ۶۴/۴۴	٪ ۱۰۰
۱۰۰ ppm	٪ ۶۲	٪ ۶۸	٪ ۷۴	٪ ۸۲	٪ ۱۰۰
۲۰۰ ppm	٪ ۶۱	٪ ۶۳/۵	٪ ۹۴	٪ ۱۰۰	٪ ۱۰۰



شکل ۳-۶: نمودار کاهش تعداد باکتری استافیلوکوکوس اورئوس (Sa) در حضور غلظت های مختلف نانو نقره با زمان

با توجه به نتایج به دست آمده، نانو ذرات نقره سنتز شده به طور مطلوب و با درصد بالایی منجر به کاهش تعداد باکتری ها شده است. اثر میکروب کشی نانو نقره با غلظت های مختلف ۲۵PPM، ۵۰PPM، ۱۰۰PPM و ۲۰۰PPM بر روی ۴ باکتری نامبرده به روش MBC بررسی شد که در خصوص باکتری *اشریشیاکلی*، غلظت ۲۵PPM نانو نقره تهیه شده، پس از گذشت ۲۴ ساعت ۹۷/۷۵٪ باکتری ها و در غلظت های ۵۰PPM، ۱۰۰PPM و ۲۰۰PPM منجر به از بین بردن کامل ۱۰۰٪ باکتری ها شده است. در غلظت های ۵۰PPM، ۱۰۰PPM و ۲۰۰PPM پس از گذشت ۶۰ دقیقه نیز بالای ۹۰ درصد باکتری ها را از بین برده است بطوریکه روند کاهش تعداد باکتری *اشریشیاکلی* در نمودار شکل ۳-۳ نشان داده شده است. در خصوص باکتری *سودوموناس آئروژینوزا*، در کلیه غلظت های فوق پس از گذشت ۲۴ ساعت منجر به از بین بردن کامل ۱۰۰٪ باکتری ها شده است و همچنین در کلیه غلظت ها پس از گذشت ۶۰ دقیقه نیز بالای ۹۵ درصد باکتری ها را از بین برده است، بطوریکه روند کاهش تعداد باکتری *سودوموناس آئروژینوزا* در نمودار شکل ۳-۴ نشان داده شده است. در خصوص باکتری *باسیلوس سوبتیلیس* غلظت ۲۵PPM نانو نقره تهیه شده پس از گذشت ۳۰ دقیقه منجر به از بین بردن کامل ۱۰۰٪ باکتری ها شده و در زمان های ۵ و ۱۵ دقیقه نیز بالای ۹۵٪ باکتری ها از بین رفتند و در غلظت های دیگر، در همان ۵ دقیقه اول همه ی باکتری ها از بین رفتند که روند کاهش تعداد باکتری *باسیلوس سوبتیلیس* در نمودار شکل ۳-۵ نشان داده شده است. در خصوص باکتری *استافیلوکوکوس اورئوس*، در کلیه غلظت های فوق پس از گذشت ۲۴ ساعت و البته در غلظت ۲۰۰PPM از نانو نقره تهیه شده پس از گذشت ۶۰ دقیقه نیز منجر به از بین بردن کامل ۱۰۰٪ باکتری ها شده است که روند کاهش تعداد باکتری *استافیلوکوکوس اورئوس* در نمودار شکل ۳-۶ نشان داده شده است. البته در بعضی از قسمت های نمودار های میکروبی بدست آمده، در غلظت های پایین تر نانو ذرات نقره جواب های بهتری دیده شده که می تواند نشئت گرفته از دو عامل باشد که یک عامل شاید این باشد که ما از قسمتی از نمونه حاوی باکتری همراه با نانو ذرات

نقره، جهت افزودن به محیط کشت برداشتیم که میزان باکتری در آن قسمت بیشتر بوده و یا اینکه میزان نانو ذرات نقره کمتر از باقی قسمت های دیگر محلول بوده و با توجه به اینکه هیچ وقت بطور ۱۰۰٪ نمی توان گفت که محلول کاملا یکنواختی داریم، این عامل پررنگ می شود. عامل دیگر نیز به میزان باکتری های اولیه بستگی دارد که این عامل نیز در میزان مصرف نانو ذرات نقره موثر است. البته در این کار تحقیقاتی، هدف نشان دادن خاصیت ضد میکروبی نانو ذرات نقره سنتز شده و روند کاهش تعداد و رشد باکتری در حضور آن بوده است.

در بررسی اثر میکروب کشی نانو نقره تهیه شده به روش MIC این نتیجه دست آمده که نانو نقره با غلظت ۱۵PPM منجر به توقف کامل همه باکتری مورد تست شده است.

مقایسه تاثیر حداقل غلظت نانو نقره در روش های MBC و MIC در جدول ۳-۹ نشان داده شده است.

جدول ۳-۹: تاثیر حداقل غلظت نانو نقره در روش های MBC و MIC

نوع باکتری	روش MIC	روش MBC
اشریشیا کلی	۱۵PPM	۵۰PPM
سودوموناس آئروژینوزا	۱۵PPM	۲۵PPM
باسیلوس سوبتیلیس	۱۵PPM	۲۵PPM
استافیلوکوکوس اورئوس	۱۵PPM	۲۵PPM

همانطور که در جدول ۳-۹ نشان داده شد، کمترین غلظتی از نانو ذرات نقره که منجر به توقف رشد و تکثیر باکتری ها (MIC) برای هر ۴ باکتری بوده ۱۵PPM و کمترین غلظتی که منجر به از بین بردن کامل باکتری ها (MBC) برای باکتری اشریشیا کلی، ۵۰PPM و برای باقی باکتری ها ۲۵PPM بوده است.

البته این نکته لازم به ذکر است که در هر دو روش MBC و MIC باکتری ها در یک محیط بسیار ایده آل برای رشد و تکثیر بوده که در شرایط محیطی این باکتری ها هم تعداد بسیار کمتری دارند و هم اینکه شرایط بسیار دشواری را برای تکثیر و رشد دارند؛ به این علت که شرایطی مثل غذای کافی و مقوی و همچنین دمای مطلوب برای رشد این باکتری ها ممکن است وجود نداشته باشد. بنابراین بسیاری از این باکتری ها در غلظت های پایین تر نانو ذرات نقره تهیه شده نیز در شرایط محیطی از بین می روند.

در واقع بررسی های انجام شده، در شرایط بسیار ایده آل برای رشد و تکثیر باکتری در نظر گرفته شده است و همانطور که نشان داده شد، نانو نقره تهیه شده حتی در چنین شرایط مطلوبی برای رشد و تکثیر باکتری، مانع از رشد و تکثیر و حتی از بین بردن کامل باکتری های فوق شده است که نشان از قدرت بالای باکتری کشی آن بوده و همانطور که نشان داده شد، این ترکیب هم بر روی باکتری های گرم مثبت و هم بر روی باکتری های گرم منفی اثرات خوبی داشته، بنابراین یک باکتری کش عمومی می باشد.

نانو ذرات نقره با توجه به ریز بودن ذرات در ابعاد نانومتری، توان احاطه کامل و نفوذپذیری به درون سلول میکروارگانیسم ها را دارد، در واقع ذرات ریز نانو نقره به طور کامل اطراف دیواره سلولی باکتری را احاطه نموده و با متلاشی نمودن غشاء دیواره سلولی آن منجر به مرگ باکتری می شود.

۳-۲- بررسی اثر احیا کننده های مختلف برای سنتز نانو نقره:

احیا کننده ها باید از قدرت احیا کنندگی بالایی بر خوردار باشند و همچنین با یون های نقره در یک فاز در محلول قرار داشته باشد. اگر هم فاز باشند به عنوان یک کاتالیست همگن رفتار می کنند.

بنابراین وقتی کاتالیزور همگن باشد سرعت واکنش احیا بیشتر است مثلا در این مورد خاص واکنش با هیدروژن با سرعت کمتری انجام می شود.

با توجه به مکانیسم یکسان احیا کنندگی گاز هیدروژن و سدیم بوروهیدرید، عمل احیا در حضور گاز هیدروژن در ۲ فاز انجام می گیرد در حالی که برای سدیم بوروهیدرید این عمل در یک فاز صورت گرفته، بنابراین سطح تماس و امکان برخورد موثر بین یون های نقره و آنیون حاصل از سدیم بوروهیدرید بیشتر از مورد مشابه یون نقره و مولکول های هیدروژن است، بنابراین راندمان واکنش احیای یون های نقره در حضور یون های سدیم بوروهیدرید در شرایط مساوی(نسبت یونی برابر) نسبت به گاز هیدروژن می بایست بیشتر باشد. همچنین سدیم بوروهیدرید به واسطه قدرت احیا کنندگی بالا و افزایش سرعت واکنش احیا، اجازه تشکیل ذرات درشت را به نقره نمی دهد در حالی که احیا کننده های با قدرت احیا کنندگی ضعیف تر، به دلیل سرعت کم واکنش، باعث تولید ذرات درشت تر میگردند. بنابراین اندازه ذرات در حضور احیا کننده های قویتر کوچکتر می شود و این مورد نیز می تواند دلیلی بر کاربرد گسترده تر سدیم بوروهیدرید نسبت به سایر عوامل احیا کننده باشد.

۳-۳- پیشنهادات برای کارهای آینده:

- تثبیت نانو ذرات بر روی جاذب ها (پارچه، سیلیکاژل، آلومینا و...)

- بررسی اثر باکتری کشی جاذب های مذبور همراه با نانو نقره

- اثر نانونقره بر روی بیومولکول های موجود در باکتری ها و بررسی نقش تخریبی آنها (DNA و RNA و برخی ویتامین ها مانند بیوتن، فولیک اسید و ...)

- بررسی های فلوئورسانس و کمی لومینسانس نانو ذرات نقره در حضور فلوئورسر های مختلف که جنبه کاربرد به عنوان آنتی بیوتیک دارد.

- طراحی داروهای نانو نقره

منابع

[1] http://fa.wikipedia.org/wiki/فناوری_نانو
[2] J. Kahn, *National Geographic*, 209(2006), 98.
[3] http://www.discovernano.northwestern.edu/whatis/History.
[4] H. Gernsheim's "The 150th Anniversary of Photography," *in History of Photography*, Vol. 1, No. 1, 1977.
[5] D. T. Ryan, *Perspectives on Science*, 14(2006), 1.
[6] P. Lilienfeld, *Applied Optics*, 30(1991), 4696.
[7] J. M. Steinke and A. P. Shepherd, *Applied Optics*, 27(1988), 4027.
[8] D. H. Kruger, P. Schneck, H. R. Gelderblom, *The Lancet*, 355(2000), 1713.
[9] T. Mulvey, *Micron and Microscopica Acta*, 17(1986), 67.
[10] J. D. Watson, F. H. C. Crick, *Nature*, 171(1953), 737.
[11] M. Strong, *Plos. Biol.*, 2(2004), 73.
[12] T. Hey, *Contemporary Physics*, 40(1999), 257.
[13] A. Junk and F. Riess, *American Journal of Physics*, 74(2006), 825.
[14] N. Taniguchi, *Proc. Intl. Conf. Prod. Eng*., (1974) part 2,page 18.
[15] C.V.Raman, *Nobel Lectures Physics*, (1930), page 267.
[16]T. Sclimid, T. A. Schmits,P. D. Setz, B. S. Yeo, Weihuazhang, and R. Zenobi, *Chimia*, 60(2006), 783.
[17] G. Binnig and H. Rohrer, *Rev. Mod. Phys*., 59(1987), 615.
[18] S. Dolev, D. Hendler, A. Suissa, CAR-STM: Scheduling-based collision avoidance and resolution for software transactional memory, (2008),page 125.
[19] W. Xiao-Dan, T. Shao-Long, *Surface Technology*, 2007.
[20] L. E. Sima, A. Filimon, R. M. Piticescu, G. C. Chitanu, D. M. Suflet, M. Miroiu, G. Socol, I. N. Mihailescu, J. Neamtu, G. Negroiu, *J Mater Sci: Mater Med.*, 20(2009), 2305.
[21] H. Chen, J. Weiss, and F. Shahidi, *Food Technol*, 60(2006), 30.
[22] C. R. Martin. *Chem. Mater*., 8(1996), 1739.
[23] E. Oberdörster, *Environ. Health. Perspect*, 112(2004), 1058.
[24] K. E. Drexler, *Proc. Natd Acad. Sci*., 78(1981), 5275.
[25] K. Na, K. H. Lee, D. H. Lee and Y. H. Bae, *European Journal of Pharmaceutical Sciences*, 27(2006), 115.
[26] http://en.wikipedia.org/wiki/Top-down_and_bottom-up#Nanotechnology.
[27] D. Srivastava and S. N. Atluri, *CMES*, 3(2002), 531.
[28] C. J. Brinker, G. W. Scherer, *Sol-Gel Science*: The Physics and Chemistry of Sol-Gel Processing, (1990).
[29] L. L. Hench, J. K. West, J. K. West, *Chem. Rev*. 90(1990), 33.
[30] Y. M. Wu, D. C. Bradley and R. M. Nix, *Applied Surface Science*, 64(1993), 21.
[31] F. E. Kruis, H. Fissan and A. Peled, *Journal of Aerosol Science*, 29(1998), 511.
[32] C. J. Hua, F. Zhen, Z. H. Hui, C. Y. Jing, C. S. Hai, K. Y. Fei, *Journal of Hunan University (Natural Science)*, 2004.
[33] C. R. Martin and P. Kohli, *Nature Reviews Drug Discovery*, 2(2003), 29.
[34] Z. Wang and T. J. Pinnavaia, *Chem. Mater*., 10(1998), 3769.
[35] C.W. Oatley, W.C. Nixon and R.F.W. Pease, *Advances in Electronics and Electron Physics*, 21(1966), 181.
[36] D. B. Williams and C. B. Carter, *Chemistry and Materials Science*, 2009, Part 1, page 3.
[37] http://en.wikipedia.org/wiki/Silver.

[38] S. Q. Jiang, E. Newton, C. W. M. Yuen, C. W. Kan, *Journal of Applied Polymer Science*, 96(2005), 919.
[39] K. Grasshoff, K. Kremling, M. Ehrhardt, *Wiley-VCH*, Methods of Seawater Analysis, (1983).
[40] http://en.wikipedia.org/wiki/Silver_nitrate.
[41] http://en.wikipedia.org/wiki/Silver_cyanide.
[42] J. Gordetsky, J. O. Brien, *Urology*, 73(2009), 476.
[43] Charles L. Fox, *AMA Arch Surg*., 96(1968), 184.
[44] T. A. Bell, K. Inger Sandstrom, M. G. Gravett, K. Mohan, C. C. Kuo, W. E. Stamm, D. A. Eschenbach, J. W. Chandler, K. K. Holmes, H. M. Foy , and J. T. Grayston, *Sexually Transmitted Diseases*,14(1987), 195.
[45] J. Schachter, *N. Engl. J. Med*., 320(1989), 802.
[46] M. R. Hammerschlag, C. Cummings, P. M. Roblin, T. H. Williams, and I. Delke, *N. Engl. J. Med*., 320(1989), 769.
[47] R. Rothenberg, *Sexually Transmitted Diseases*, 6(1979), 187.
[۴۸] مقایسه روش های تولید نانو ذرات نقره، آزاده تجردی، عسل کیا زاده، *ماهنامه فناوری نانو*، شماره ۱۱۷، تیر ۱۳۸۶، صفحات ۲۲۲-۲۲۷ .
[49] N. H. Chau, L. A. Bang, N. Q. Buu, T. T. N. Dung, H. T. Ha and D. V. Quang, *Advances in natural sciences*, 9(2008), 241.
[50] S. H. Jeong, Y. H. Hwang and S. C. Yi, *Journal of Materials Science*, 40(2004), 5413.
[51] S. Y. Yeo, S. H. Jeon, *Polymer International*, 52(2003), 1053.
[52] http://en.wikipedia.org/wiki/Silver_nanoparticles.
[53] X. Chen and H.J. Schluesener, *Toxicology Letters*, 176(2008), 1.
[54] P. Jain, T. Pradeep, *Biotechnology and Bioengineering*, 90(2005), 59.
[55] L. Reijnders, *Journal of Cleaner Production*, 14(2006), 124.
[56]http://www.samsung.com/sg/consumer/learningresources/silvernano/silvernano/refigerator.html.
[57] T. M. Tolaymat, A. M. E. Badawy, A. Genaidy, K. G. Scheckel, T. P. Luxton and M. Suidan, *Science of The Total Environment*, 408 (2010), 999.
[58] A. Melaiye, W. J. Youngs, *Expert Opinion on Therapeutic Patents*, 15(2005) , 125.
[59] K. K. Jun, W. S. Sung, S. K. Moon, J. S. Choi, J. G. Kim and D. G. Lee, *Microbiol. Biotechnol*, 18(2008), 1482.
[60] S. Y. Yeo, S. H. Jeong, *Polymer International*, 52(2003), 1053.
[61] S. Pal, Y. K. Tak and J. M. Song, *Applied and Environmental Microbiology*, 73 (2007), 1712.
[62] S. Sarkar, A. D. Jana, S. K. Samanta and G. Mostafa, *Polyhedron*, 26(2007), 4419.
[63] H.Y. Song, K. K. Ko, I.H. Oh, B.T. Lee, *European Cells and Materials*, 11(2006), 58.
[64] P. Mehrbod, N. Motamed, M. Tabatabaian, R. S. i Estyar , E. Amini, M. Shahidi, *DARU Journal of Pharmaceutical Sciences*, 17(2009), 88.
[65] K. K. Jain, *The Handbook of Nanomedicine*, 2008, PP 277.
[66] J. L. Elechiguerra, J. L. Burt, J. R. Morones, A. C. Bragado, X. Gao, H. H. Lara and M. J. Yacaman, *Journal of Nanobiotechnology*, 3 (2005), 6.
[67] S. W. P. Wijnhoven, W. J. G. M. Peijnenburg, C. A. Herberts, W. I. Hagens, A. G. Oomen, E. H. W. Heugens, B. Roszek, J. Bisschops, I. Gosens, D. V. D. Meent, S.

Dekkers, W. H. D. Jong, M. v. Zijverden, A. J. A. M. Sips, and R. E. Geertsma, *Nanotoxicology*, 3(2009), 109.
[68] M. Rai , A. Yadav,and A. Gade, *Biotechnology Advances*, 27(2009), 76.
[69] K. J. Kim, W. S. Sung, S. K. Moon, J. S. Choi, J. G. Kim, D. G. Lee, *Journal of Microbiology and Biotechnology*, 18(2008), 1482.
[70] A. R. Shahverdi, A. Fakhimi, H. R. Shahverdi, S. Minaian, *Nanomedicine: Nanotechnology, Biology, and Medicine*, 3(2007), 168.
[71] X. Chen, H. J. Schluesener, *Toxicology Letters*, 176(2008), 1.
[72] M. Singh, S. Singh, S. Prasad, I. S. Gambhir, *Digest Journal of Nanomaterials and Biostructures*, 3(2008), 115.
[73] N. R. Panyala, E. M. Pena-Mendez, J. Havel, *Journal of Applied Biomedicine*, 6(2008), 117.
[74] T. M. Benn and P. Westerhoff, *Environ. Sci. Technol*., 42(2008), 4133.
[75] H. J. Lee, S. H. Jeong, *Textile Research Journal*, 75(2005), 551.
[76] H. J. Lee, S. Y. Yeo and S. H. Jeong, *Journal of Materials Science*, 38(2003), 2199.
[77] http://www.nanotechproject.org/process/assets/files/6718/fauss_final.pdf.
[78] H. Jia, W. Hou, L. Wei, B. Xu, X. Liu, *Dent Mater*., 24(2008), 244.
[79] K. J. Kim, W. S. Sung, S. K. Moon, J. S. Choi, J. G. Kim, D. G. Lee, *J. Microbiol. Biotechnol.*, 18(2008), 1482.
[۸۰] *مجله نوید نو*، کیارش قزوینی، ادریس میرزا حسابی، محمد مهدی اکبرین، زمستان ۸۷، شماره ۴۲، صفحات ۵۶ تا ۶۰.
[81] A. Panacek, L. Kvitek, R. Prucek, M. Kolar, R. Vecerova, N. Pizurova, V. K. Sharma, T. Nevecna, R. Zboril, *J. Phys. Chem*., 110(2006), 16248.
[82] A. B. Landsdown, *Journal of Wound Care*, 11(2002), 125.
[83] C. N. Lok, C. M. Ho, R. Chen,Q. Y. He, W. Y. Yu, H. Sun, P. K. Tam, J. F. Chiu, C. M. Che, *J. Biol. Inorg. Chem*., 4(2007), 527.
[84] H. J. Jeon, S. C. Yi, S. G. Oh, *Biomaterials*, 24(2003), 4921.
[85] http://en.wikipedia.org/wiki/Escherichia_coli.
[86] L.Snyder, W.Champness, Molecular Genetics of Bacteria by Snyder, *American Society Microbiolgy*, (2007).
[87] http://en.wikipedia.org/wiki/Pseudomonas_aeruginosa.
[88] Balcht, Aldona, Smith, Raymond, Pseudomonas Aeruginosa: Infections and Treatment, *Informa Health Care*, (1994), 83.
[89] http://en.wikipedia.org/wiki/Bacillus_subtilis.
[90] M. Madigan, J. Martinko, *Brock Biology of Microorganisms*, (2005).
[91] http://en.wikipedia.org/wiki/ Staphylococcus aureus.
[92] J. Kluytmans, A.V. Belkum, H. Verbrugh, *Microbiol. Rev*., 10(1997), 505.
[93] I. Sondi and B. S. Sondi, *Journal of Colloid and Interface Science*, 275(2004), 177.
[94] G. Davies, J. Kelly, A Whelan, D. Ledwith, Department of Chemistry, Trinity College, Dublin 2, Synthesis, Characterisation and functionalisation of shaped Silver Nanoparticles, http://www.sure.tcd.ie/pdf/profiles-silver-nanoparticles.pdf.
[95] A. D. Ehre, H. Mamane, T. Belenkova, G. Markovich, A. Adin, *Journal of Colloid and Interface Science*, 339(2009), 521.
[96] S. D. Solomon, M. Bahadory, A. V. Jeyarajasingam, S. A. Rutkowsky, and C. Boritz, *Journal of Chemical Education*, 84(2007), 322.

[97] M. G. Guzman, J. Dille, S. Godet, *World Academy of Science, Engineering and Technology*, 43(2008), 357.
[98] C. W. Smejkal, T. Vallaeys, F. A. Seymour, S. K. Burton, and H. M. L. Scott, *Environmental Microbiology*, 3(2001), 288.
[99] A. A. Miles, S. S. Misra, and J. O. Irwin, *The Journal of Hygiene*, 38(1938), 732.

Abstract:

The colloid nano silver was prepared by chemical reduction method from reaction of silver nitrate with sodium borohydride in presence of trisodium citrate and polyvinyl pyrrolidone. The particle size of the sample is determined by UV spectrum and TEM photograph methods.

The antimicrobial properties of nano silver are investigated by two methods: MIC and MBC against gram-negative bacteria (*Escherichia coli* and *Pseudomonas aeruginosa*) and gram-positive bacteria (*Bacillus subtilis* and *Staphylococcus aureus*). In the MBC method, nano silver is completely destroyed *Escherichia coli* bacteria with concentration 50 PPM and *Pseudomonas aeruginosa, Bacillus subtilis* and *Staphylococcus aureus* of bacteria with 25 PPM. Also, in MIC method, the concentration of 15PPM nano silver can stoped the growth of all 4 types of bacteria.

Key words: nano silver, UV spectrum, TEM photograph, MIC and MBC methods, gram-negative bacteria, gram-positive bacteria.