

بررسی اثر ضد باکتریایی نانو ماده TiO_2 بر روی اشريشياکلي و استافيلوكوس ارئوس

فاطمه بروزگرى^{*}، آيشه جاوید^۲، سعید رضابي ذارچى^۳

۱- کارشناس ارشد زیست شناسی، دانشگاه پام نور تفت

۲- کارشناس ارشد بیوشیمی، مرکز پژوهشی بالیني تاباروری، دانشگاه علوم پزشکی شهید صدوقی یزد

۳- دکتری بیوفزیک، دانشگاه پام نور تفت

تاریخ پذیرش: ۱۳۸۸/۹/۶

تاریخ ارسال: ۱۳۸۸/۴/۱۴

چکیده

مقدمه: عوامل ضد آنتی باکتریال غیرآلی دارای مقاومت باکتریایی و ثبات دمایی بسیار بالایی هستند. در چند دهه اخیر نانومواد غیر آلی که دارای ساختار بسیار جدید، خواص بیولوژیکی، شیمیایی و فیزیکی پیشرفته هستند با عملکردی که ناشی از اندازه نانویی آنهاست ساخته شده است. این مواد با ساختار و شکل نانویی خود توجه های زیادی را به خود جلب کرده اند.

روش بررسی: هدف از این مطالعه بررسی خواص آنتی باکتریال نانوذرات ضد عفونی کننده TiO_2 علیه باکتری های اشريشياکلي و استافيلوكوس ارئوس می باشد. در تحقیقات اولیه، چگالی نوری (OD) اشريشياکلي و استافيلوكوس ارئوس در حضور ۰/۰۱٪ و ۰/۰۷۵٪ و ۰/۱۵٪ از TiO_2 مشاهده شد. در مرحله دوم مطالعه $\log_{10} CFU/ml$ از محیط کشت مایع اشريشياکلي و استافيلوكوس ارئوس به طور جداگانه در معرض ۱/۰٪ از نانومواد TiO_2 در دمای ۳۷°C قرار گرفتند. در قسمت سوم آزمایش نیز، باکتری اشريشياکلي در محیط کشت ثابت (جامد) در حضور و عدم حضور نانوذرات کشت داده شد.

نتایج: غلظت ۰/۰۱٪ از نانوذرات TiO_2 تغییرات قابل توجهی در تعداد باکتری ها ایجاد نکرد، اما در حضور غلظت ۰/۰۷۵٪ و ۰/۱٪ از نانومواد، کاهش قابل توجه ای در تعداد باکتری ها مشاهده شد ($P < 0/05$). در گروه کنترل زیست پذیری سلول های باکتری تا ۱۳ روز طول می کشد در حالی که در حضور غلظت ۰/۱٪ از TiO_2 مرگ سلولی باکتری های اشريشياکلي و استافيلوكوس ارئوس به ترتیب بعد از ۱۶ و ۲۴ ساعت فرا می رسد. نتایج نشان داد که حضور غلظت ۰/۱٪ از TiO_2 در محیط کشت جامد، رشد باکتری اشريشياکلي را ۰/۵٪ مرتبه کاهش می دهد.

نتیجه گیری: یافته های ما نشان دهنده تاثیرات آنتی باکتریایی نانو ذرات TiO_2 بر روی هر دوی باکتری ها است، البته باکتری استافيلوكوس ارئوس در مقایسه با اشريشياکلي به این نانوذرات حساس تر است.

واژه های کلیدی: نانومواد، TiO_2 ، اشريشياکلي، استافيلوكوس ارئوس، خواص آنتی باکتریایی

^{*}(نویسنده مسئول؛ تلفن تماس: ۰۳۵۲-۶۲۳۲۸۰۰، پست الکترونیکی: f.barzegary@gmail.com)

مقدمه

آنها صورت گرفته است که موید استفاده‌های گوناگون این مواد در زمینه هایی چون کاتالیست‌ها، اپتیک، دانش داروهای زیستی، مکانیک، مغناطیس و انرژی است (۲۵). در پژوهش‌هایی که تاکنون انجام شده به خواص ضد سرطانی و ضد باکتریایی کاتالیست‌های نوری نانومواد از جمله تیتانیوم اشاره شده است با توجه به مطالعات اخیر مبنی بر این که نانومواد سولفیدی و اکسید فلزات دارای خواص آنتی باکتریایی بسیار خوبی هستند و عوامل آنتی باکتریایی که شامل این نانومواد باشند می‌توانند دارای خاصیت ضد میکروبی بسیار موثری باشند (۱۱، ۱۰، ۹) هم چنین بسیاری از عفونت‌ها و آلودگی‌های محیط‌های پزشکی ناشی از باکتری‌های اشريشیاکلی و استافیلوکوکوس ارئوس می‌باشد، مطالعه حاضر سعی کرده که به تاثیرات آنتی باکتریایی نانوماده TiO_2 که یک اکسید فلزی است و به روش متفاوتی تهیه شده است، پردازد.

روش برسی

نانوذرات TiO_2 با اندازه 60 nm در این آزمایش استفاده شد. این نانوذرات از دانشگاه تهران خریداری شد. ذرات به مدت ۱۵ دقیقه قبل از آزمایش به صورت سوبانسیون در آب استریل آماده شد (۱۲) سوش‌های مورد استفاده در این مطالعه استاندارد بوده و از گروه میکروبیولوژی دانشگاه اصفهان تهیه شد. سایر مواد شیمیایی استفاده شده در این آزمایش کاملاً خالص و بدون آلودگی بوده و از شرکت سیگما (Sigma, USA) خریداری شده‌اند.

در آزمایش حساسیت اشريشیاکلی و استافیلوکوکوس ارئوس به نانوذرات TiO_2 برای تخمین صحیح و تایید نتایج، دو روش برآورد متفاوت مورد استفاده قرار گرفت. در اولین روش، باکتری‌ها در محیط کشت مایع (NB: Nutrient Broth)، رشد داده شدند. در این روش در ابتدا 2 ml از محیط کشت 24 ساعته اشريشیاکلی و استافیلوکوکوس ارئوس به 100 ml از محیط کشت NB که به ترتیب حاوی غلظت‌های $0.01\% / 0.025\% / 0.05\%$ و 0.15% از نانوذرات TiO_2 به طور جداگانه بود. اضافه گردید. برای تهیه محیط کشت گروه کنترل 2 ml از محیط کشت 24 ساعته

نانو تکنولوژی به پژوهش و توسعه تکنولوژی در واحد اتمی، مولکولی و ماکرو مولکولی مربوط می‌شود و به مطالعه ساختارها و وسائلی می‌پردازد که مقیاس اندازه گیری آنها در حدود $1-100$ نانو متر است. در این مقیاس اشیاء (به عنوان مثال نانو ذرات) خواص و عملکرد جدیدی به خود می‌گیرند که به طور مشخص با اشیایی که مقیاس بزرگتر دارند، متفاوت به نظر می‌آیند. اندازه کوچک، قابلیت پذیرش سطح و قابلیت اتحال بهتر و چند وظیفه بودن نانو ذرات، راه‌های پژوهش جدیدی را برای زیست شناسان به همراه داشته است (۱، ۲). گزارش‌های اخیر سهم گسترده‌ای در زمینه تولید نانو ذرات فلزی داشتند و مطالعات فراوانی تاکنون در زمینه هسته‌گذاری و رشد بلور و انباستگی ذرات صورت پذیرفته است. ستر شیمیایی نانو ذرات نقره اخیراً مورد توجه قرار گرفته است زیرا نانو ذرات نقره به طور عمده به دلیل خواص فیزیکی و شیمیایی ویژه‌ای که از خود نشان می‌دهند کاربردهای فراوانی از قبیل کارایی الکترونیکی و نوری، بهداشتی و کاتالیتیکی دارد (۳، ۴). یکی از خواص نانوذرات، نسبت سطح به حجم بالای این مواد است. با استفاده از این خاصیت می‌توان کاتالیزورهای قادرمندی در ابعاد نانو متری تولید کرد. این نانوکاتالیزورها راندمان واکنش‌های شیمیایی را به شدت افزایش داده و هم چنین به میزان چشمگیری از تولید مواد زاید در واکنش‌ها جلوگیری خواهند کرد (۳، ۵). بیشترین پیشرفت فناوری نانو در حوزه بیولوژیکی بوده که امکانات جدیدی را در تشخیص و درمان بیماری‌های گوناگون در اختیار قرار داده است (۶). عوامل آنتی باکتریال که در صنعت نساجی استفاده می‌شود به دو گروه تقسیم می‌شوند که شامل مواد آلی و مواد غیرآلی است. مواد ضد باکتریال آلی طی سالیان طولانی به عنوان حشره کش‌ها و باکتری کش‌ها استفاده می‌شدند که متأسفانه حرارت بالا در مراحل صنعتی، خواص آنتی باکتریال آنها را کاهش می‌دهد. عوامل ضد آنتی باکتریال غیرآلی دارای مقاومت باکتریایی و ثبات دمایی بسیار بالایی هستند (۷، ۱۰). در سال‌های اخیر تلاش‌های بسیار زیادی برای تولید نانوذرات به دلیل خواص ویژه نوری، شیمیایی، الکتریکی و فتوالکتریکی

از آن، کلني های باکتری ها شمارش شدند برای شمارش کلني های باکتری ها از کلني کانتر استفاده شد که صفحات ذره بینی مشبک می باشد. تمام آزمایشات بالا در چهار مرتبه تکرار شدند. عکس ها توسط دوربین دیجیتال Olympus C2020Z گرفته شد.

نتایجی که در تمام تست ها به دست آمد با گروه کنترل مقایسه شد. نرم افزار SPSS و آزمون Student t-test برای تعیین معنی داری ($P < 0.05$) نتایج آزمایشات و ارزیابی آنها استفاده شد. این پژوهش در تابستان ۱۳۸۸ در پارک علم و فناوری یزد انجام شد. روش مطالعه در این بررسی از نوع تحقیقی بوده است.

نتایج

نمودار ۱ اثرات غلظت های مختلف TiO_2 روی رشد باکتری های مورد نظر را نشان می دهد. همان طوری که در این شکل دیده می شود غلظت 0.01% از نانوذرات هیچ تاثیر قابل توجه ای روی باکتری ها نداشته است ($P > 0.05$) در حالی که غلظت های 0.075% و 0.15% از TiO_2 کاهش بسیار چشم گیری در تعداد باکتری های گروه های تیمار در مقایسه با گروه کنترل ایجاد کرده اند. همان طور که در شکل مشخص است حضور غلظت 0.075% از نانوذرات TiO_2 در محیط کشت اشریشیاکلی باعث کاهش $1/9$ مرتبه ای در تعداد باکتری ها شده در صورتی که در محیط کشت استافیلوکوکوس ارئوس این کاهش به $3/2$ مرتبه در مقایسه با گروه شاهد رسیده است ($P < 0.05$). غلظت 0.15% از TiO_2 به ترتیب باعث کاهش $4/5$ و $6/3$ مرتبه ای در تعداد باکتری های اشریشیاکلی و استافیلوکوکوس ارئوس شده است.

در روش دوم سلول های زنده اشریشیاکلی و استافیلوکوکوس ارئوس در مقابل غلظت 0.15% از TiO_2 در آب $37^{\circ}C$ برای زمان های تماسی مختلف مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج ما نشان می دهد که در گروه کنترل کاهش غلظت های اشریشیاکلی و استافیلوکوکوس ارئوس از $CFU/ml \log 6/3$ به غلظت های غیر قابل بررسی بعد از ۱۳ روز به دست می آید اما با اضافه کردن نانوذرات به محیط های کشت این باکتری ها میزان زیست پذیری باکتری ها از ۱۳ روز به کمتر از ۲ روز تقلیل می یابد (نمودار های ۲ و ۳).

asherishiaakli و استافیلوکوکوس ارئوس به $100 ml$ از محیط کشت NB به طور جداگانه اضافه گردید. درب ظروف حاوی محیط کشت های تیمار(باکتری + نانوذرات) و محیط کشت کنترل، با پنبه بسته شده و به صورت هوایی در دستگاه لرزاننده(شیکر) در دمای $37^{\circ}C$ به مدت ۲۴ ساعت کشت داده شدند. چگالی نوری (OD) در طول موج $600 nm$ برای اندازه گیری غلظت باکتری ها استفاده شد($13,7$).

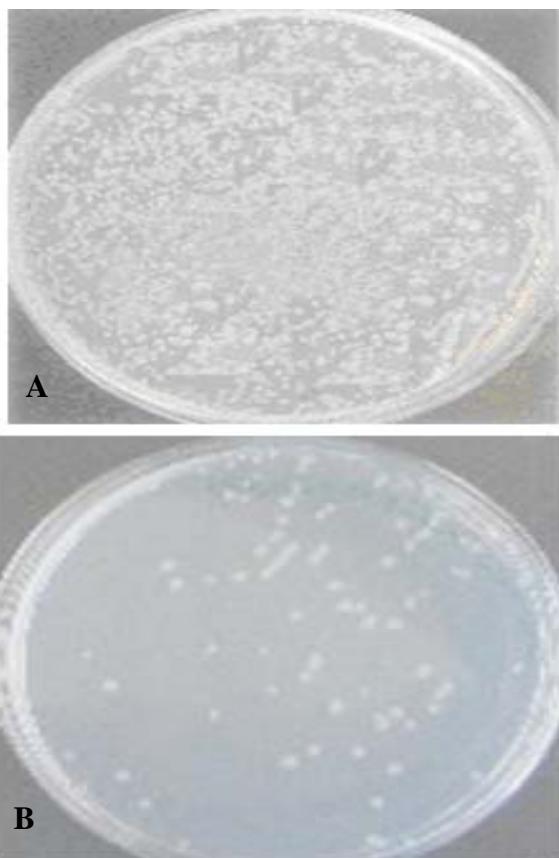
در روش دوم، محیط کشت های محلول که به مدت ۲۴ ساعت در دمای $37^{\circ}C$ در انکوباتور نگهداری شده بودند، سانتریفیوژ و سلول ها شسته شدند و دوباره در آب مقطر به $6/3 \log FU/ml$ (۱۰ 3 cell/ml) در هر میلی لیتر از هر یک از نمونه ها به دست آید. محلول های حاصله دوباره در دمای $37^{\circ}C$ انکوبه شدند. غلظت نهایی نمونه های سوسپانسیونی اشریشیاکلی و استافیلوکوکوس ارئوس در حجم $100 ml$ از آب مقطر ساخته شد. در ادامه آزمایش ها تنها غلظت 0.15% از TiO_2 که در قسمت اول مطالعه دارای بیشترین تأثیر بود مورد استفاده قرار گرفت بنابراین مقدار 0.15% از نانوذرات TiO_2 به سوسپانسیون های باکتری اضافه شد. گروه کنترل نیز با همین روش تهیه شد ولی نانومواد به آن اضافه نشد. باکتری ها به مدت ۴۸ ساعت در دمای $37^{\circ}C$ در انکوباتور شیکردار به همین حالت نگه داری شدند. هر ۲ ساعت یکبار به میزان $1 ml$ از محلول حاصله (آب + باکتری + نانوذرات) و گروه کنترل، نمونه برداری می شد و تعداد کل سلول های باکتری موجود حاصله از ۲ ساعت انکوباسیون مورد بررسی و شمارش قرار می گرفت. میزان OD اندازه گیری شده بازتابی از تمرکز سلول های اشریشیاکلی و استافیلوکوکوس ارئوس در هر میلی لیتر است($15,14$).

در قسمت سوم مطالعه، آزمایشات تنها بر روی باکتری اشریشیاکلی که شیوع بیشتری دارد انجام شد. میزان مشابه ای از باکتری اشریشیاکلی در محیط کشت جامد NB که حاوی غلظت 0.15% از TiO_2 بود (مؤثرترین غلظت نانوماده TiO_2) کشت داده شدند. از محیط کشت بدون نانوذرات برای گروه کنترل استفاده شد. باکتری ها در دمای $37^{\circ}C$ به مدت ۴۸ ساعت رشد کردند. بعد

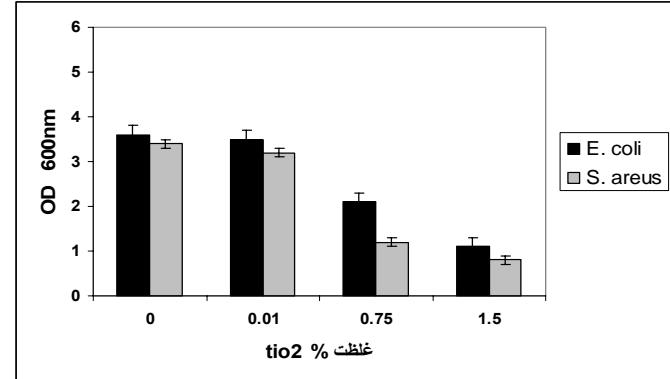
عرض ۱/۵٪ از TiO_2 بود تقریباً بعد از ۱۶ ساعت به نزدیکی صفر رسید.

مقایسه این نتایج با گروه کنترل (که بدون هیچ نانوذراتی بود) بیان می کند که حضور این نانوذرات میزان زیست پذیری باکتری اشريشیاکلی و استافیلوکوکوس ارئوس را از ۱۳ روز به کمتر از ۲ روز کاهش می دهد، این نتایج هم چنین ثابت می کند که نانوذرات TiO_2 دارای خواص آنتی باکتریال بسیار بالایی بر علیه اشريشیاکلی و استافیلوکوکوس ارئوس است.

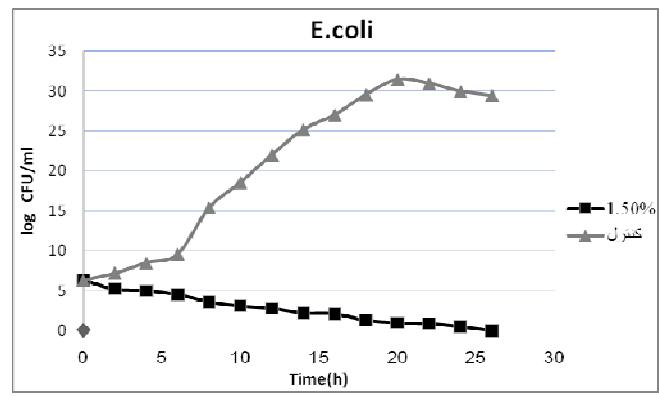
در مرحله سوم مقادیر یکسانی از اشريشیاکلی (همان میزان که برای کشت در محیط مایع استفاده شد) بر روی محیط کشت جامد در حضور ۱/۵٪ از نانوذرات TiO_2 کشت داده شد. از محیط کشت بدون نانوذرات نیز برای گروه شاهد استفاده شد پس از ۴۸ ساعت باکتری ها در هر محیط کشت بعد از 10^{-5} مرتبه رقیق کردن به طور جداگانه شمارش شد.



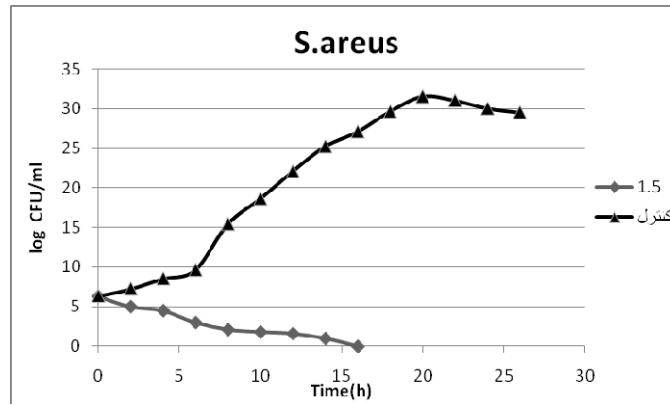
شکل ۱: تعداد کلنی های باکتری اشريشیاکلی در محیط کشت های حاوی نانوذرات TiO_2 (پلت B) در مقایسه با گروه کنترل(پلت A)



نمودار ۱: اثرات غلظت های مختلف TiO_2 روی باکتری های اشريشیاکلی و استافیلوکوکوس ارئوس



نمودار ۲: اثرات غلظت ۱/۵٪ TiO_2 روی باکتری اشريشیاکلی ($P<0.05$)



نمودار ۳: اثرات غلظت ۱/۵٪ TiO_2 روی باکتری استافیلوکوکوس ارئوس ($P<0.05$)

بعد از این که باکتری اشريشیاکلی به صورت سوسپانسیون در عرض ۱/۵٪ از TiO_2 قرار گرفت، تعداد سلول های میکروبی بعد از ۲۴ ساعت به نزدیکی صفر رسید، این در حالی است که محیط حاوی باکتری استافیلوکوکوس ارئوس که در

دارویی، چسبندگی و عفونت باکتریایی طی تولید ابزارهای پزشکی، یک مشکل رایج محسوب می‌گردد. مثلاً هر ساله حدود سه میلیون سوند سیاهگی و مرکزی (CVC) وارد آمریکا می‌گردد که ۳۰ درصد آن یعنی حدوداً ۸۵۰۰۰ از آن ها باعث عفونت‌های باکتریایی شده و از این ۸۵۰۰۰ مورد، ۲۰ درصد به عفونت‌های بسیار جدی با میزان مرگ و میر ۲۸ درصدی منجر می‌شود (۱۵، ۱۸). گزارشات اخیر در مورد نتایج فعالیت‌های ضد باکتریایی نانومواد با ساختار ساده یا پیچیده بسیار دلگرم کننده است (۱۵، ۱۴، ۱۹).

مطالعه حاضر بیان می‌کند که نانومواد اکسید فلزات دارای خواص آنتی باکتریایی بسیار خوبی هستند و عوامل آنتی باکتریایی دارای این نانومواد می‌توانند دارای خاصیت ضد TiO_2 میکروبی بسیار موثری باشند. با توجه به نتایج، نانوماده TiO_2 دارای اثرات چشمگیری بر باکتری‌های اشريشیاکلی و استافیلوکوکوس ارئوس است، البته روی استافیلوکوکوس ارئوس مؤثرتر است و در مدت ۱۶ ساعت غلظت باکتری را به صفر می‌رساند. پیوند محکم نانوذرات به لایه خارجی اشريشیاکلی و استافیلوکوکوس ارئوس موجب مهار فعالیت انتقالی، مهار دهیدروژناسیون، مهار آنزیم‌های پری پلاسمیک (آنزیم‌های موجود در فضای بین غشاء پلاسمایی و دیواره سلولی باکتری) و لیز شدن سلول باکتری در محیط کشت اشريشیاکلی و استافیلوکوکوس ارئوس و سرانجام مهار RNA، DNA و مهار سنتر پروتئین می‌گردد (۱۵، ۱۳، ۲۰).

داده‌های ما موافق و مطابق با پژوهش‌های قبلی است که با اثرات آنتی باکتریال نانومواد سروکار داشته‌اند (۱۵، ۱۴، ۱۰)، (۱۹) البته در آزمایشاتی که در سال ۲۰۰۰ انجام شد، نانوذرات TiO_2 به یک میزان تاثیر داشته است در حالی که نانوذرات استفاده شده در این آزمایش روی باکتری استافیلوکوکوس ارئوس موثرتر بوده است. نانوذرات TiO_2 در ابتدا موجب پراکسیداسیون ترکیبات فسفولیپیدی چند حلقه‌ای غشاء لیپیدی باکتری‌های اشريشیاکلی و استافیلوکوکوس ارئوس می‌شود در نتیجه یکپارچگی غشاء سلولی کاوش یافته و فعالیت‌های اساسی

همان طور که در شکل ۱ مشاهده می‌کنیم تعداد کلنی‌های باکتری اشريشیاکلی در محیط کشت‌های حاوی نانوذرات TiO_2 (پلیت B) در مقایسه با گروه کنترل (پلیت A) کاهش یافته است. در پلیت گروه کنترل تعداد 80.2 ± 75 کلنی باکتری بدست آمد در حالی که در پلیت مورد درمان با 1.5% از نانوذرات TiO_2 تعداد 63 ± 19 کلنی باکتری به دست آمد. با توجه به این نتایج نانوذرات TiO_2 در محیط کشت جامد رشد کلنی‌های باکتری را 12.7 مرتبه کاهش می‌دهد ($P < 0.05$).

بحث

در چند دهه اخیر نانومواد غیر آلی که دارای ساختار بسیار جدید، خواص بیولوژیکی، شیمیایی و فیزیکی پیشرفته هستند با عملکردی که ناشی از اندازه نانویی آنهاست ساخته شده است. این مواد با ساختار و شکل نانویی خود توجه زیادی را به خود جلب کرده‌اند، زیرا پتانسیل بالقوه آنها برای رسیدن به مراحل خاص و انتخابی بخصوص در کاربردهای دارویی و بیولوژیکی بسیار بالاست (۱۶).

دست یابی به مواد با خاصیت ضد باکتریایی و ویروسی بسیار قوی می‌تواند در عفونت‌زدایی و بسیار از صنایع کاربرد داشته باشد.

نقش نانو مواد در پزشکی شگفت‌انگیز است. این امر از اینجا ناشی می‌شود که آنتی بیوتیک‌ها تنها تعداد بسیار کمی از عوامل مسبب بیماری‌های مختلف را از بین می‌برند در حالی که نانومواد حدود ۶۵۰ نوع از عوامل ایجاد کننده بیماری‌ها را نابود می‌کنند (۱۵، ۲۰، ۱۷). اگر نانومواد را در محیط‌های کشت باکتری‌ها وارد کنیم مقاومت باکتری‌ها بسیار اندک خواهد شد به طوری که در تست‌های آزمایشگاهی نانومواد، باکتری‌ها، ویروسها و قارچ‌ها در عرض چند دقیقه بعد از تماس با نانومواد ازین می‌رونند. تاثیر نانومواد روی باکتری‌ها زمانی اهمیت زیادی پیدا می‌کند که باکتری‌ها به علت تشکیل سطوح با انرژی پایین در زنجیره‌های غذایی بسیاری از اکوسیستم‌ها شرکت می‌کنند تشکیل بیوفیلم‌ها در تولیدات دارویی، صنعتی و مصرفی، بطور فراینده‌ای مشکل آفرین شده‌اند. در صنعت

خواص آنتی باکتریایی بسیار خوبی هستند و عوامل آنتی باکتریایی که شامل این نانومواد باشند می توانند دارای خاصیت ضد میکروبی بسیار موثری باشند.

فرمول های مصرفی مفید با زمان تاثیرگذاری سریع می تواند در روش های بالینی جهت درمان عفونت های ادراری، التهاب ریه گرم مثبت (که به وسیله استافیلوکوکوس ارئوس به وجود می آید) و التهاب ریه گرم منفی (که به وسیله اشریشیاکلی به وجود می آید) مورد استفاده قرار گیرد که این روش از نظر اقتصادی نیز به صرفه خواهد بود. آشکار است که نانومواد اثرات مهاری بسیار قدرتمندی را بر علیه طیف گسترده ای از انواع باکتری ها ارائه می دهند(۱۵،۱۰،۲۲). با توجه به داده های موجود می توان گفت یک ترکیب ساخته شده بر اساس تاثیرات بیولوژیکی نانوذرات TiO_2 می تواند برای درمان عفونت ها و بیماری هایی که به وسیله اشریشیاکلی و استافیلوکوکوس ارئوس ایجاد می شود مورد استفاده قرار گیرد.

سپاسگزاری

در پایان از دانشگاه پیام نور به علت تامین اعتبار این طرح سپاسگزاری می گردد.

در ساختار سلولی سالم از جمله فعالیت های تنفسی از بین رفته و مرگ سلولی غیر قابل اجتناب می شود(۱۵،۱۰،۷،۲۱). با توجه به مطالعات قبلی به نظر می رسد که ترکیبات لیپیدی غشاء سلولی اشریشیاکلی در حضور نانوذرات، مقاومت از ترکیبات لیپیدی غشاء سلولی باکتری استافیلوکوکوس ارئوس باشد. به هر حال مکانیسم های دقیقی که به وسیله آن نانومواد رشد میکروبی را مهار می کنند کاملاً درک نشده است. به طور کلی در مورد مکانیسم های احتمالی واکنش و فعل و انفعال های نانو مواد با ماکرومولکول های بیولوژیکی، اعتقاد بر این است که نانو مواد یون هایی را آزاد می کنند که با گروه تیول (-SH) پروتئین های موجود بر سطح سلول باکتری ها واکنش می دهند. این قبیل پروتئین ها از غشاء سلولی باکتری به سمت بیرون برآمدگی داشته و موجب انتقال مواد غذایی از دیواره سلول می شوند. نانومواد این پروتئین ها را غیر فعل کرده، نفوذ پذیری غشاء را کاهش داده و سرانجام باعث مرگ سلولی می شود(۱۳،۱۵،۱۹). نانومواد ممکن است بتوانند چسبندگی میکروبی و تشکیل بیوفیلم را کاهش دهند(۲۱،۳).

نتیجه گیری

مطالعه حاضر اثبات می کند که نانومواد اکسید فلزات دارای

منابع:

- 1- Heath JR, Phelps ME, Hood L. *Nano systems biology*. Mol Imaging Biol 2003, 5(11): 312–25.
- 2- Poole CP J, Owens FJ. *Introduction to nanotechnology*. Wiley-Interscience, 2003,8(2), 29-48.
- 3- Furno F, Morley KS, Wong B, Sharp BL, Arnold PL, Howdle SM, et al. *Silver nanoparticles and polymeric medical devices: a new approach to prevention of infection?* J Antimi Crob Chemoter 2009; 54(6): 1019-24.
- 4- Burda C, Chen X, Narayanan R, El-Sayed MA. *Chemistry and properties of nanocrystals of different shapes*. Chem Rev 2005; 105(3): 1025-102.
- 5- Sosa IO, Noguez C and Barrera RG. *Optical properties of metal nanoparticles with arbitrary shapes*. J Phys Chem 2003; B. 107(3):6269-75.

- 6- Dowling A, Clift R, Grobert N, Hutton D, Oliver R, O'Neill O, et al. *Nanoscience and Nanotechnologies: Opportunities and Uncertainties*. Royal Society and Royal Academy of Engineering 2007, 1, 112-20.
- 7- Te-Hsing W, Yi-Der T, Lie-Hang S. *The novel methods for preparing antibacterial fabric composites containing nano-material*. Solid State Phenomena 2007;124(4): 1241-44.
- 8- Nalva HS. *Handbook of nanostructured material and nanotechnology*, vol. 1. San Diego: Academic press; 2000. p.1116-40
- 9- Xian-ying C, Onodera Y, Iwasaki T Chatterjee A. *Selective anti-hepatoma treated with Titanium Oxid nanoparticles in vitro*. Ma Sci Ed 2003; 18(12):1124-27.
- 10- Pin-ching M, Smolinski S, Blake DM, Huang Zh, Wolfrum, Jacoby WA, et al. *Bactericidal activity of photocatalytic TiO₂ reaction: toward an understanding of its killing mechanism*. App Enviro micro 1999; 65(9): 4094-98.
- 11- Zhaobo W, Sondi I, Salopek-Sondi B. *Study on novel antibacterial high-impact polystyrene/TiO₂ nanocomposites*. J Ma Sci 2005; 40(2):6433- 38.
- 12- Sungkaworn T, Triampo W, Nalakarn P, Triampo D, Tang IM, Lenbury Y, et al. *The effects of TiO₂ nanoparticles on tumor cell colonies: fractal dimension and morphological properties*. Int J Biomed Sci 2007;2(1):67-74.
- 13- Feng QL, Wu J, Chen GQ, Cui FZ, Kim TN, Kim JO. *A mechanistic study of the antibacterial effect of silver ions on Escherichia coli and Staphylococcus aureus*. J Biomed Mat Re 2000; 52(4): 662-68.
- 14- Ping L, Juan L, Changzhu W, Qingsheng W, Jian L. *Synergistic antibacterial effects of lactam antibiotic combined with silver nanoparticles*. Nanotech 2005;16(3): 1912-17.
- 15- Sondi I, Salopek-Sondi B. *Silver nanoparticles as antimicrobial agent: a case study on E. coli as a model for Gram-negative bacteria*. J Colloid Inter Sci 2004;275(5): 177–82.
- 16- Wu X, Liu h, Liu J, Haley KN, Treadway JA, Larson JP, et al. *Immunofluorescent labeling of cancer marker Her2 and other cellular targets with semiconductor quantum dots*. Nat Biotech 2003;21: 41-6.
- 17- Jiang H, Manolache S. *Te-Hsing W. Plasma-enhanced deposition of silver nanoparticles onto polymer and metal surfaces for the generation of antimicrobial characteristics*. J App Polym Sci 2004;93(3): 1411-22.
- 18- Fortner JD, Lyon DY, Sayes CM, Boyd AM, Falkner JC, Hotze EM, et al. *C-60 in water: Nanocrystal formation and microbial response*. Envir Sci Tech 2005;39: 4307-16.
- 19- Stoimenov PK, Klinger RL, Marchin GL, Klabunde KJ. *Metal oxide nanoparticles as bactericidal agents*. Langmuir 2002; 18(6):6679-86.

- 20- Power EGM. *Aldehydes as biocides*. Prog Med Chem 1995; 34(5): 149–201.
- 21- Onodera Y, Iwasaki T, Chatterjee A. *Bactericidal allophonic materials prepared from allophone*. Soil Appl Clay Sci 2001; 18(7): 123–34.
- 22- Baumgartner JN, Cooper SL. *Bacterial adhesion on polyurethane surfaces conditioned with thrombus components*. J Ameri Soci Artifi Inter Orga 1996; 42: M476-79.