

## بررسی خاصیت ضد میکروبی نانو کامپوزیت کیتوزان - اکسید روی

\* محبوبه میرحسینی: استادیار و متخصص میکروبیولوژی، دانشکده علوم پایه، گروه زیست‌شناسی، دانشگاه پیام نور، ایران (\*نویسنده مسئول). m.mirhossein@pnu.ac.ir, m.mirhossaini@gmail.com

نازیلا یزدانی کشکولی: دانشجوی کارشناسی ارشد بیوشیمی، دانشکده علوم پایه، گروه زیست‌شناسی، دانشگاه پیام نور، ایران. nazilayzdani801@yahoo.com

علی دهقان همدان: دانشجوی دکترای مهندسی مواد و متالوژی، گروه نانومواد، پژوهشکده پوشش‌های نانوساختار، دانشگاه پیام نور، یزد، ایران. ali\_deh@yahoo.com

تاریخ پذیرش: ۹۵/۵/۱۷

تاریخ دریافت: ۹۴/۱۲/۱۵

### چکیده

**زمینه و هدف:** فناوری نانو یکی از بخش‌های بسیار مهم از تکنولوژی است. نانوذرات را می‌توان در زمینه مختلف صنعتی، پزشکی، نظامی و استفاده شخصی استفاده کرد. هدف از این مطالعه آماده سازی نانو کامپوزیت کیتوزان - اکسید روی از طریق یک روش ساده و بررسی فعالیت ضد باکتری از آن‌ها بود.

**روش کار:** روش مطالعه در این بررسی از نوع تجربی بود. نانو کامپوزیت کیتوزان - اکسید روی به روش سل ژل ساخته شد. سپس این نانو کامپوزیت با استفاده از تکنیک‌های SEM، FTIR، EDX، طیف‌سنج مرئی - فرابنفش (UV-VIS) و پراش اشعه ایکس (XRD) مورد ارزیابی قرار گرفت. اثر ضد میکروبی این نانو کامپوزیت روی باکتری اشرشیاکلی و استافیلوکوکوس آرتوس ارزیابی شد. سپس اثر نانو کامپوزیت ۱/۵ درصد اکسید روی بر روی گاز استریل در مجاورت باکتری‌های فوق بررسی شد.

**یافته‌ها:** نتایج نشان داد غلظت نانوذره اکسید روی، روی فعالیت ضد میکروبی نانو کامپوزیت اثر می‌گذارد. فیلم نانو کامپوزیت کیتوزان - اکسید روی حاوی ۱/۵ درصد اکسید روی دارای بیشترین اثر ضد میکروبی بود. همچنین فیلم نانو کامپوزیت حاوی ۱/۵ درصد اکسید روی بر روی گاز استریل اثر ضد میکروبی روی هر دو باکتری نشان داد.

**نتیجه‌گیری:** فیلم نانو کامپوزیت کیتوزان - اکسید روی دارای عملکرد ضد باکتری بسیار عالی بود؛ بنابراین ممکن است فیلم نانو کامپوزیتی کاربردهای پزشکی داشته باشد و همچنین به‌عنوان یک پوشش سطح به‌منظور افزایش ایمنی میکروبی و گسترش عمر مفید مواد غذایی استفاده شود.

**کلیدواژه‌ها:** نانو کامپوزیت، کیتوزان، اکسید روی، اثر ضد میکروبی

### مقدمه

(۱ و ۴). همچنین به‌عنوان ترکیب غیر سمی در نظر گرفته می‌شوند و برخی از آن‌ها حتی حاوی عناصر معدنی ضروری برای بدن انسان هستند (۸-۴).

فناوری نانو یکی از سریع‌ترین بخش در حال رشد از تکنولوژی پیشرفته است. محصولات حاوی نانوذرات را می‌توان در برنامه‌های مختلف صنعتی، پزشکی، شخصی و نظامی به کاربرد. یکی از زمینه‌های تحقیقات گسترده در زمینه کاربرد نانوذرات معدنی، بررسی امکان استفاده از آن‌ها به‌عنوان ماده ضد عفونی‌کننده برای کنترل میکروارگانیسم‌ها است (۹). همچنین ساخت پارچه، نانو کامپوزیت‌ها و فیلم‌های ضد میکروبی حاوی نانوذرات برای حفاظت از سطوح از طریق

عوامل ضد باکتری اهمیت زیادی در صنایع مختلف، به‌عنوان مثال، ضد عفونی آب، منسوجات، بسته‌بندی، ساخت وساز، دارو و غذا دارد (۱ و ۲). ترکیبات آلی که به‌طور سنتی در بسیاری از فرآیندهای صنعتی برای ضد عفونی استفاده می‌شود، معایب مختلفی از جمله سمیت برای بدن انسان و حساسیت به دمای بالا و فشار را دربردارد (۱ و ۳) به این علت مطالعات زیادی در مورد استفاده از مواد ضد عفونی‌کننده غیر آلی مانند اکسیدهای فلزی در حال افزایش است (۱، ۳، ۴). این ترکیبات غیر آلی فعالیت‌های قوی ضد باکتری در غلظت‌های پایین نشان می‌دهند (۵). آن‌ها همچنین در شرایط سخت بسیار باثبات تر هستند

اشرشیاکلی و میکروارگانیسیم‌های گرم مثبت مانند استافیلوکوک‌های طلائی مورد توجه بسیاری قرار گرفته است (۱۳ و ۱۴). از جنبه‌های مهم استفاده از اکسید روی به‌عنوان عامل ضد باکتری این است که این ذرات برای سلول‌های انسانی سمی نیستند (۱۵).

به علت گسترش روزافزون بیماری‌های عفونی و مسمومیت غذایی ایجاد شده توسط باکتری‌های *Staphylococcus aureus* و *Esherichia coli* به خاطر ایجاد سویه‌های مقاوم به آنتی‌بیوتیک‌های مختلف در این باکتری‌ها، محققین به فکر استفاده از مواد ضد میکروبی جدید علیه *Staphylococcus aureus* و *Esherichia coli* افتاده‌اند. اکسید روی (ZnO) یکی از ۵ ترکیب روی است که اخیراً به‌عنوان ماده بی‌خطر توسط سازمان دارو و غذای آمریکا تشخیص داده شده است. همچنین کیتوزان یک ماده غیر سمی و دارای خواص آنتی‌باکتریایی است که کاربرد آن در صنایع دارویی، غذایی و کشاورزی می‌باشد (۱۶). بنابراین در این پژوهش تمرکز بر تهیه و خواص فیلم‌های نانو کامپوزیتی کیتوزان - اکسید روی و بررسی فعالیت ضدباکتریایی فیلم‌های نانو کامپوزیتی کیتوزان - اکسید روی بوده است.

### روش کار

تهیه فیلم نانو کامپوزیت کیتوزان - اکسید روی: وزن دقیقی از نانوذرات اکسید روی (TECONAN، اسپانیا) (جدول ۱) در ۵۰ میلی‌لیتر اسید استیک (مرک، آلمان) ۱٪ ریخته شد. سپس به این محلول ۰/۵ گرم کیتوزان (Sigma-Aldrich آمریکا با درجه استیله شدن ۷۵ تا ۸۰٪) اضافه شد و محلول به مدت ۳۰ دقیقه با دستگاه التراسوند، سونیکیت (Sonicate) شد. محلول روی همزن قرار داده شد. پس از مخلوط کردن مغناطیسی، هیدروکسید سدیم (مرک، آلمان) ۱ مولار قطره قطره به محلول اضافه شد تا pH محلول به ۱۰ رسید. ژل سفید رنگی تشکیل شد که این ژل را به مدت ۳ ساعت در حمام آب قرار داده و سپس آن را فیلتر کرده و با آب مقطر چندین بار شسته شد. سپس آن روی پلیت ریخته

جلوگیری از رشد و انتقال میکروارگانیسیم‌ها توجه زیادی به خود جلب کرده است. پارچه حاوی نانوذرات برای ساخت کفش‌هایی که نسبت به کفش‌های معمولی دارای خصوصیات بهتری هستند، استفاده شده است. خصوصیات بهتر این کفش‌ها عبارت‌اند از: توقف عبور اشعه UV، خاصیت ضد میکروبی که مانع رشد میکروارگانیسیم‌ها در کفش می‌شوند و خاصیت خود تمیز شونده. توسط کاوالی و همکاران نشان داده شده است که پوشش‌های حاوی نانوذرات اکسید روی / اکسید تیتانیوم دارای خاصیت خود تمیز شونده هستند و به‌خودی‌خود باعث حذف آلودگی‌ها از سطح پوشش تهیه شده می‌شوند (۹). اضافه کردن نانوذرات به پارچه‌ها ممکن است بر خواص دیگر پارچه‌ها مانند رنگ، استحکام، لطافت، نفوذپذیری نسبت به هوا و اصطکاک آن‌ها تأثیر بگذارد (۱۰).

در سال‌های اخیر، علاقه رو به رشد در میان محققان به افزودن نانوذرات فلزی به نانو الیاف پلیمری، برای ساخت فیلم و پارچه‌های ضد باکتری ایجاد شده است. بسیاری از مواد نساجی در حال حاضر در بیمارستان‌ها و هتل‌ها استفاده می‌شوند که اتصال میکروارگانیسیم‌های بیماری‌زا به این منسوجات نساجی منجر به انتقال این میکروارگانیسیم‌ها از افراد بیمار یا مکان‌های آلوده به افراد سالم و سایر مکان‌های غیر آلوده می‌شوند. به‌طور کلی، خواص ضد میکروبی را می‌توان بر روی الیاف یا پارچه از طریق وارد کردن ترکیبات ضد میکروبی درون آن‌ها، ایجاد کرد (۱۱). نانوذرات (ذرات کمتر از ۱۰۰ نانومتر قطر) نسبت به ذرات بزرگ‌تر (ذرات میکرونی) به دلیل این‌که نسبت سطح به حجم بیشتری دارند، بسیار فعال‌تر هستند و خصوصیات فیزیکی، زیستی و شیمیایی آن‌ها نسبت به ذرات میکرونی خیلی بهتر است؛ بنابراین نانوذرات برای ساخت سطوح بهداشتی مناسب‌تر هستند (۱۲).

در حال حاضر در مورد استفاده از نانوذرات به‌عنوان یک عامل ضد باکتری در فرمولاسیون‌های مواد ضد میکروبی جدید در مقیاس نانو و میکرو در مقابل میکروارگانیسیم‌های گرم منفی مانند

جدول ۱- مقدار اکسید روی استفاده شده و نسبت جرم اکسید روی به کیتوزان

| نمونه‌ها | ZnO(gr) اضافه شده | نسبت جرم اکسید روی به کیتوزان (wt%) |
|----------|-------------------|-------------------------------------|
| CS -۱    | ۰                 | ۰                                   |
| CS -۲    | ۰/۰۰۲۵            | ۰/۵                                 |
| CS -۳    | ۰/۰۰۵۰۵           | ۱                                   |
| CS -۴    | ۰/۰۰۷۶            | ۱,۵                                 |
| CS -۵    | ۰/۰۱۰۲            | ۲                                   |
| CS -۶    | ۰/۰۲۶             | ۵                                   |

مدل Prox ساخت شرکت Phenom هلند سال ۲۰۱۳ در پژوهشکده پوشش‌های نانو ساختار دانشگاه پیام نور یزد تهیه شد. این دستگاه دارای قابلیت عکس برداری از نمونه‌های عایق بدون اعمال پوشش طلا می‌باشد. علت استفاده از این دستگاه به دست آوردن تصاویر با کیفیت عالی برای مشاهده توزیع و پراکندگی اکسید روی در کامپوزیت‌های مختلف، همچنین آنالیز شیمیایی جهت تأیید تولید ZnO در زمینه کیتوزان می‌باشد.

#### بررسی اثر ضد میکروبی

نمونه‌های باکتریایی: باکتری‌های مورد استفاده جهت انجام آزمایش‌های ضد باکتریایی اشرشیا کلی (PTCC1394) از انواع گروه منفی و استافیلوکوکوس آرتوس (PTCC1431) از انواع گروه گرم مثبت بودند که از کلکسیون میکروبی ایران به دست آمدند.

فعالیت ضد باکتری در محیط کشت جامد: با روش انتشار در آگار اثر ضد میکروبی نمونه فیلم نانو کامپوزیت کیتوزان - اکسید روی مورد بررسی قرار گرفت. ابتدا ۱۰۷ سلول بر میلی لیتر باکتری PTCC1394 اشرشیا کلی و PTCC1431 استافیلوکوکوس آرتوس در سطح TSA (تریپتیکز سوی آگار، مرک، آلمان) به طور جداگانه تلقیح شد. هر نمونه فیلم نانو کامپوزیت کیتوزان - اکسید روی با غلظت‌های ۰، ۰/۵، ۱، ۱/۵، ۲، ۵ درصد اکسید روی در سطح آگار TSA تلقیح شده با سویه‌های مورد آزمایش قرار داده شد و سپس پلیت‌ها در ۳۷ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت انکوبه شد. هاله عدم رشد در اطراف نمونه فیلم برای نشان دادن فعالیت‌های ضد باکتری هر

و اجازه داده شد تا در دمای محیط خشک شود و فیلم سفید رنگی تشکیل گردد (۱۷ و ۱۸).

#### توصیف صفات اختصاصی

تهیه طیف مادون قرمز تبدیل فوریه (FTIR) برای نانوکامپوزیت کیتوزان - ZnO: طیف FTIR نانوکامپوزیت کیتوزان - ZnO پس از ساخته شدن توسط دستگاه IR prestige 21 ساخت شرکت Shimadzu و با استفاده از قرص پتاسیم برماید خشک، ثبت شد.

پراش پرتو X برای نانوکامپوزیت کیتوزان - ZnO: نانو کامپوزیت کیتوزان - اکسید روی را که به روش سل - ژل در آزمایشگاه سنتز شد با تفرق اشعه (XRD) با استفاده از دستگاه پراش پرتو ایکس (مدل D8 advance Bruker ساخت آلمان) با طول موج ۱/۵۴ آزمایش شد.

تهیه طیف مرئی - فرابنفش نانو کامپوزیت کیتوزان - اکسید روی: درصدهای مختلف نانو کامپوزیت کیتوزان - اکسید روی پس از اینکه به روش شیمیایی در آزمایشگاه سنتز شد، با استفاده از دستگاه اولتراسوند به مدت نیم ساعت پراکنده و جداسازی شد. سپس با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل OPTIZEN 2120 UV-Vis) ساخت کره) طیف جذب UV-Vis از طول موج ۲۰۰ تا ۸۰۰ نانومتر از تمام نمونه‌های تهیه شده، گرفته شد.

تصاویر میکروسکوپ الکترونی گذاره (SEM) و آنالیز شیمیایی (EDX): پس از اینکه فیلم نانو کامپوزیت کیتوزان - اکسید روی با درصدهای مختلف تهیه شد، روی لام شیشه‌ای کشیده و تصاویر میکروسکوپ الکترونی SEM گرفته شد. این تصاویر با استفاده از میکروسکوپ الکترونی

۳۴۴۵ شیفیت پیدا کرده است. پدیده مشابه در مورد پیک‌های مربوط به گروه‌های  $C=O$ ,  $-NH_2$ ,  $3'OH$  و  $5'-OH$  نیز مشاهده می‌شود. دلیل این پدیده تشکیل باندهای هیدروژنی بین  $ZnO$  و کیتوزان است (۱۱ و ۱۷).

پراش پرتو ایکس (XRD) برای نانو کامپوزیت کیتوزان - اکسید روی: در شکل (۲) الگوی XRD کیتوزان خالص (منحنی (a)) و نانو کامپوزیت کیتوزان - اکسید روی حاوی ۱/۵ درصد وزنی اکسید روی (منحنی (b)) نشان داده شده است. در منحنی (a) پیک‌های مشاهده شده در زوایای  $10/67$  و  $19/99$  مربوط به کیتوزان است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود در نانو کامپوزیت کیتوزان - اکسید روی از شدت این پیک‌های مربوط به ماده کیتوزان در الگوی XRD نانو کامپوزیت کاسته شده است. همچنین پیک‌های جدید دیگری در زوایای  $31/7$ ،  $34/36$ ،  $36/2$ ،  $56/59$ ،  $62/7$ ،  $67/90$  در نانو کامپوزیت کیتوزان - اکسید روی دیده می‌شود که این پیک‌ها متعلق به صفحات اتمی اکسید روی هگزا گونال با اندیس‌های  $(100)$ ،  $(002)$ ،  $(101)$ ،  $(110)$ ،  $(103)$ ،  $(112)$  است. این نتایج نشان‌دهنده تشکیل اکسید روی در فیلم‌های کامپوزیت است (۱۷).

طیف جذبی UV-Vis نانو کامپوزیت کیتوزان - اکسید روی: در شکل ۳ طیف جذب UV-Vis کیتوزان خالص و نانو کامپوزیت کیتوزان - اکسید روی نشان داده شده است.

در مقایسه با فیلم نانو کامپوزیت کیتوزان یک پیک جدید در محدوده  $360-348$  نانومتر در نانو کامپوزیت کیتوزان - اکسید روی مشاهده می‌شود. این پیک کمتر از پیک مربوط به اکسید روی میکرو کریستالی ( $372$  نانومتر) است. بر اساس تئوری کوبو پیک‌های جذبی در اثر کاهش اندازه می‌توانند شیفیت پیدا کنند؛ بنابراین ذرات اکسید روی تشکیل شده در نانو کامپوزیت به صورت نانومتری بودند که این نتایج به وسیله آنالیز XRD تأیید شده است (۱۷).

بررسی نانو کامپوزیت کیتوزان -  $ZnO$  با میکروسکوپ الکترونی گذاره (SEM) و آنالیز

نمونه فیلم مورد استفاده قرار گرفت. به عنوان شاهد، فیلم بدون اکسید روی که به روشی که در بالا شرح و تهیه گردیده بود، به کار رفت (۱۹).

فعالیت ضد باکتری در محیط مایع: فیلم نانو کامپوزیت کیتوزان - اکسید روی با غلظت‌های  $10/5$ ،  $1/5$ ،  $2$ ،  $5$  درصد اکسید روی در لوله‌های حاوی محیط کشت TSB (تریپتیکز سوی براث، مرک، آلمان) قرار داده شد و این لوله‌ها با  $107$  سلول در هر میلی‌لیتر از باکتری اشرشیا کلی و استافیلوکوکوس آرتوس به‌طور جداگانه تلقیح شد. لوله‌ها در  $50$  دور در دقیقه در دمای  $25$  درجه سانتی‌گراد به مدت  $24$  ساعت شیک شدند. برای تعیین تعداد باکتری‌ها از روش پلیت کانت آگار استفاده گردید. بدین منظور هر  $4$  ساعت طی  $24$  ساعت  $1$  میلی از هر لوله نمونه برداری شد. از این نمونه‌ها سری رقت تهیه گردید و سپس در روی (TSA) به مدت  $24$  ساعت  $37$  درجه سانتی‌گراد انکوبه شدند (۴).

بررسی اثر ضد میکروبی نانو کامپوزیت کیتوزان - اکسید روی علیه باکتری‌ها روی گاز استریل بیمارستانی: پارچه را به مدت نیم ساعت در محلول نانو کامپوزیت کیتوزان - اکسید  $1/5$  درصد وزنی همراه با اولتراسونیک قرار داده شد. سپس در دمای  $100$  درجه سانتی‌گراد به مدت  $10$  دقیقه و در دمای  $170$  درجه سانتی‌گراد به مدت  $5$  دقیقه خشک شد. فیلم نانو کامپوزیت کیتوزان - اکسید روی بر روی گاز استریل تهیه شد. اثر ضد میکروبی فیلم مورد نظر با روش انتشار در آگار مورد بررسی قرار گرفت (۲۰).

### یافته‌ها

طیف FTIR برای کیتوزان و نانو کامپوزیت کیتوزان -  $ZnO$ : شکل (a) و (b) طیف FTIR برای کیتوزان و نانو کامپوزیت کیتوزان -  $ZnO$  را نشان می‌دهد. در مقایسه فیلم نانو کامپوزیت کیتوزان یک باند جدید در حدود  $516\text{ cm}^{-1}$  در فیلم نانو کامپوزیت کیتوزان اکسید روی تشکیل شده است که مربوط به تشکیل گروه‌های O-Zn-O می‌باشد. در مقایسه با فیلم نانو کامپوزیت کیتوزان پیک مربوط به گروه  $-OH$  به طول موج بالاتر  $\text{cm}^{-1}$

جدول ۲- قطر هاله عدم رشد به میلی متر (mm) در فیلم نانو کامپوزیت کیتوزان-ZnO (۰، ۰/۵، ۱، ۱/۵، ۲، ۵) درصد در باکتری اشرشیا کلی و استافیلوکوکوس آرتوس در محیط کشت جامد

| نمونه ها | (wt%) نسبت جرم اکسید روی به کیتوزان | قطر هاله عدم رشد میلی متر |                     |
|----------|-------------------------------------|---------------------------|---------------------|
|          |                                     | اشرشیا کلی                | استافیلوکوکوس آرتوس |
| CS -۱    | ۰                                   | ۰±۰                       | ۰±۰                 |
| CS -۲    | ۰/۵                                 | ۷±۰/۵                     | ۷±۰                 |
| CS -۳    | ۱                                   | ۱۰±۰                      | ۱۰±۰                |
| CS -۴    | ۱/۵                                 | ۱۱±۰/۵                    | ۱۲±۰/۵              |
| CS -۵    | ۲                                   | ۶±۰                       | ۷±۰                 |
| CS -۶    | ۵                                   | ۵±۰                       | ۶±۰                 |

نانومتر می باشد.

در نانو کامپوزیت ۵ درصد (شکل ۵ ر) فقط ذرات به صورت کلوخه ای دیده می شود و شکل ذرات به صورت خوشه ای و چندوجهی می باشد. اندازه ذرات در محدوده ۱۱۰ تا ۱۰۰۰ نانومتر می باشد.

شکل ۶ مربوط به آنالیز شیمیایی فیلم کیتوزان خالص و نانو کامپوزیت کیتوزان-ZnO ۱/۵ درصد است. مقایسه این دو شکل نشان دهنده حضور Zn و O در ماتریکس پلیمر کیتوزان در نانو کامپوزیت کیتوزان - اکسید روی است. بر اساس این آنالیز می توان حدس زد که نانوذرات اکسید روی در ماتریکس پلیمر کیتوزان به خوبی تشکیل شده است.

#### فعالیت ضد باکتری در محیط کشت میکروبی

فعالیت ضد باکتری در محیط کشت جامد: فعالیت ضد باکتری (۰، ۰/۵، ۱، ۱/۵، ۲، ۵) درصد از فیلم نانو کامپوزیت کیتوزان-ZnO با توجه به روش انتشار در آگار علیه باکتری اشرشیا کلی و استافیلوکوکوس آرتوس در سطح TSA به طور جداگانه اندازه گیری شد. جدول ۲ نتایج هاله عدم رشد غلظت های مختلف از نانو کامپوزیت کیتوزان-ZnO را نشان می دهد. نتایج نشان داد که در غلظت های ۰/۵، ۱ و ۱/۵ به ترتیب هاله عدم رشد بیشتر شده و از غلظت های ۲، ۵ به بعد هاله عدم رشد کمتر از بقیه می باشد. نتایج نشان داد که هم روی باکتری اشرشیا کلی و هم روی باکتری استافیلوکوکوس آرتوس غلظت ۱/۵ درصد بهترین اثر را در مهار رشد باکتری داشته است.

شیمیایی کیتوزان-ZnO: شکل ۵ تصویر میکروسکوپ الکترونی گذاره از فیلم کیتوزان خالص و نانو کامپوزیت کیتوزان-اکسید روی را نشان می دهد. در مقایسه با فیلم کیتوزان خالص نانوذرات اکسید روی در ماتریکس پلیمر کیتوزان در فیلم نانو کامپوزیت کیتوزان-اکسید روی تشکیل شده است و همان طور که شکل ها نشان می دهند اندازه و شکل ذرات اکسید روی تشکیل شده با افزایش غلظت اکسید روی تغییر می یابد؛ به طوری که در نانو کامپوزیت کیتوزان-ZnO ۰/۵ درصد (شکل ۵b) نانوذرات هم به صورت مجزا و هم به صورت کلوخه ای دیده می شوند. به لحاظ مورفولوژیکی، شکل ذرات در این نمونه به صورت کروی می باشد. اندازه نانوذرات مجزا بین ۲۰ تا ۸۰ نانومتر و اندازه نانوذرات کلوخه ای بین ۱۷۰ تا ۹۴۰ نانومتر می باشد.

در نانو کامپوزیت کیتوزان-ZnO ۱ درصد (شکل ۵ ج) تعداد نانوذرات مجزا بیشتر از تعداد نانوذرات کلوخه ای می باشد. اندازه نانوذرات مجزا از ۹۰ تا ۱۸۰ نانومتر می باشد و همچنین اندازه ذرات کلوخه ای از ۵۵۰ تا ۹۸۰ نانومتر می باشد.

در نانو کامپوزیت کیتوزان-ZnO ۱/۵ (شکل ۵ د) تعداد ذرات مجزا به ذرات کلوخه ای افزایش بیشتری یافته است. نانوذرات توزیع و پراکندگی خوبی دارند و میانگین اندازه نانوذرات مجزا ۴۰ تا ۶۰ نانومتر و اندازه نانوذرات کلوخه ای بین ۳۰۰ تا ۴۵۰ نانومتر هست. ولی در نانو کامپوزیت ۲ درصد (شکل ۵ ذ) تعداد زیادی ذرات کلوخه ای موجود می باشد و تعداد نانوذرات مجزا در آن کم دیده می شود. اندازه نانوذرات در محدوده ۴۳۰ تا ۱۰۰۰

درصدهای پایین (۰/۵ و ۱ و ۱/۵) نانوذرات اکسید روی بیشتر به صورت مجزا بوده و نانوذرات کلوخه‌ای کم می‌باشد. در نانو کامپوزیت ۱/۵ درصد نانوذره اکسید روی دارای بهترین توزیع و پراکندگی می‌باشد. اندازه نانوذرات مجزا از ۲۰ تا ۱۸۰ نانومتر و اندازه نانوذرات کلوخه‌ای از ۱۸۰ تا ۱۰۰۰ نانومتر می‌باشد. شکل ذرات در این نمونه‌ها هم به صورت کروی و هم به صورت چندوجهی می‌باشد و درصدهای ۲ و ۵ ذرات اغلب کلوخه‌ای می‌باشد.

اثر ضد میکروبی نانو کامپوزیت ساخته شده بر روی باکتری گرم منفی اشرشیا کلی و گرم مثبت استافیلوکوکوس آرئوس: هم در محیط کشت جامد و هم در محیط کشت مایع مورد بررسی قرار گرفت. با توجه به نتایج حاصل از آزمایش‌های مختلف مشخص شد که قطر هاله عدم رشد در نانو کامپوزیت با افزایش غلظت نانوذره اکسید روی تا ۱/۵ درصد وزنی افزایش یافت و پس از آن با یک روند رو به کاهش تا ۵ درصد دنبال شد. در مجموع بیشترین قطر هاله عدم رشد (بهترین خواص ضد میکروبی در مقابله با باکتری‌ها) در نانو کامپوزیت کیتوزان - ZnO ۱/۵ درصد مشاهده شد که میزان به دست آمده بسیار کمتر از مقادیر گزارش شده در مقالات متعدد می‌باشد.

در تحقیقی که توسط شافی و آبوکیل در سال ۲۰۱۰ بر روی کامپوزیت اکسید روی / کربوکسی متیل کیتوزان انجام شده است، به این نتیجه رسیدند که با افزایش غلظت کامپوزیت اثر ضد میکروبی علیه باکتری‌های گرم مثبت و گرم منفی افزایش می‌یابد و همچنین دارای حفاظت خوبی در برابر UV می‌باشد (۱۱).

همچنین بر اساس نتایج تحقیقات متعدد که روی کامپوزیت اکسید روی - کربوکسی متیل کیتوزان انجام شده است، نتایج نشان می‌دهد که با افزایش غلظت نانوذره اکسید روی در کامپوزیت اثر ضد میکروبی علیه باکتری‌های گرم مثبت و گرم منفی افزایش می‌یابد. همچنین بهترین اثر ضد میکروبی در برابر باکتری اشرشیا کلی و استافیلوکوکوس آرئوس در ۶ تا ۱۰ درصد وزنی نانوذره اکسید می‌باشد (۱۷) که این نتایج با نتایج

فعالیت ضد باکتری در محیط مایع: فعالیت ضد باکتری فیلم نانو کامپوزیت کیتوزان - ZnO با درصدهای مختلف علیه باکتری PTCC1394 اشرشیا کلی و PTCC1431 استافیلوکوکوس آرئوس در محیط مایع نیز بررسی شد. شکل (۷) اثر فیلم نانو کامپوزیت کیتوزان - ZnO بر روی رشد باکتری PTCC1394 اشرشیا کلی و PTCC1431 استافیلوکوکوس آرئوس در  $25^{\circ}\text{C}$  نشان می‌دهد. نتایج نشان داد تعداد استافیلوکوکوس آرئوس و اشرشیا کلی در مجاورت نانو کامپوزیت اکسید روی کیتوزان با افزایش غلظت تا ۱/۵ درصد اکسید روی کم شده است. بیشترین اثر مهارتی در غلظت ۱/۵ درصد اکسید روی دیده شد و بعد از آن با افزایش غلظت اکسید روی اثر مهارتی کمتر شده است.

بررسی اثر ضد میکروبی نانو کامپوزیت کیتوزان - اکسید روی بر روی رشد باکتری‌ها روی گاز استریل بیمارستانی در محیط کشت جامد: همان‌طور که در شکل (۸) مشاهده می‌شود نانو کامپوزیت حاوی ۱/۵ درصد وزنی اکسید روی دارای اثر مهارتی مناسبی بر هر دو باکتری اشرشیا کلی PTCC1394 و استافیلوکوکوس آرئوس PTCC1431 است.

### بحث و نتیجه‌گیری

در این پروژه نانو کامپوزیت کیتوزان - ZnO با درصدهای (۰، ۰/۵، ۱، ۱/۵، ۲، ۵) در آزمایشگاه به روش سل - ژل ساخته شد و در مرحله بعد با استفاده از اشعه X (XRD) بر این ادعا که نانو کامپوزیت ساخته شده کیتوزان - ZnO می‌باشد، صحه گذاشته شد. طیف UV-Vis از نانو کامپوزیت کیتوزان - ZnO جذب در ناحیه ۳۶۰-۳۴۸ نانومتر را نشان داد (۲۱) که این طول موج با طول موج‌های گزارش شده در مقالات مطابقت دارد. تصاویر میکروسکوپ الکترونی SEM که از نانو کامپوزیت کیتوزان - ZnO با درصدهای مختلف آماده شد، نشان داد که در غلظت کیتوزان خالص هیچ نانوذره اکسید روی وجود ندارد و از طریق نمودارهای مربوط به آنالیز شیمیایی می‌توان اثبات نمود که بیشتر ترکیب کیتوزان می‌باشد.

میزان تماس ذرات با سطح کمتر شده؛ به گونه‌ای که حتی در غلظت بالاتر از ۵ درصد به‌سختی می‌توان به نانو کامپوزیت با خلوص مطلوب دست یافت (۲۳). به همین علت افزودن نانوذرات به میزان ۱/۵ درصد باعث افزایش فعالیت ضد باکتریایی فیلم شده است و این افزایش خاصیت ضد میکروبی از طریق پراکندگی یکنواخت نانوذرات اکسید روی و ایجاد اتصالات عرضی مناسب نانوذرات اکسید روی با گروه‌های هیدروکسیل و آمید در شبکه پلیمری کیتوزان ایجاد شده است. ولی در غلظت‌های بالای ۱/۵ درصد نانوذرات اکسید روی به علت افزایش اندازه نانوذرات و کلوخه‌ای شدن نانوذرات در شبکه پلیمری فیلم کامپوزیت تشکیل شده خاصیت ضد میکروبی فیلم نانو کامپوزیت کاهش یافته است، همچنین پس از اینکه اثبات شد نانو کامپوزیت کیتوزان - ZnO ۱/۵ درصد بهترین اثر مهاری را در رشد باکتری‌ها دارد، نانو کامپوزیت مورد نظر ساخته شد و پس از اتصال نانو کامپوزیت کیتوزان - ZnO ۱/۵ درصد به گاز استریل اثر ضد میکروبی آن با استفاده از باکتری‌های اشرشیا کلی و استافیلوکوکوس آرنوس در سطح TSA به‌طور جداگانه مورد بررسی قرار گرفت. همان‌طور که مشاهده می‌شود نمونه ۱/۵ درصد نانو کامپوزیت کیتوزان - ZnO روی هر دو باکتری اشرشیا کلی و استافیلوکوکوس آرنوس اثر مهاری در رشد داشت. نانوذرات اکسید روی به‌طور مؤثر به‌عنوان یک پرکننده موجب تقویت خواص پلیمر می‌شود. همچنین پلیمر کیتوزان به‌طور مؤثر از طریق پیوند هیدروژنی با صفحات نانوذرات اکسید روی واکنش نشان داده که در نهایت توانسته است یک ساختار به‌هم‌پیوسته و یکنواختی را به کمک اتصالات عرضی میان رشته‌های پلیمر ایجاد کند که نمای سطحی ارائه شده از نانو کامپوزیت این نتایج را تأیید کرد. این ساختار به هم فشرده و یکنواخت نیز می‌تواند عامل بهبود خواص ضد میکروبی توسط نانوذرات اکسید روی بوده باشد.

در مطالعه سعادت‌مند و همکارانش اثر ضد میکروبی کیتوزان - TiO<sub>2</sub> به‌طور جداگانه روی باکتری‌های اشرشیا کلی و استافیلوکوکوس آرنوس

موجود در این تحقیق متناقض می‌باشد که علت آن شاید تفاوت در اندازه و توزیع و پراکندگی نانوذرات اکسید روی در روی نانو کامپوزیت تشکیل شده است.

همچنین نتایج مطالعه حاضر نشان داد با افزایش غلظت اکسید روی، ذرات اغلب کلوخه‌ای بوده که این باعث کاهش فعالیت ضد میکروبی آن‌ها شده است. Li و همکارانش فیلم کیتوزان/اکسید روی/انقره را از طریق روش سل-ژل ساختند که اثر ضد UV و ضد میکروبی خوبی علیه باکتری‌ها نشان داد (۲).

در مطالعه دیگر نانو کامپوزیت زیستی ZnO / کیتوزان سنتز شد و برای جذب رنگ‌های آلی از آن استفاده شد. نتایج نشان داد این نانو کامپوزیت برای جذب رنگ از محلول‌های آبی رنگی مناسب است (۱۸).

در مطالعه دیگر نانو کامپوزیت زیستی ZnO / کربوکسی متیل کیتوزان در دماهای مختلف آماده شده است. کامپوزیت زیستی به دست آمده به‌عنوان یک عامل افزودنی در انتهای مراحل تهیه پارچه برای پارچه‌های پنبه برای انتقال خصوصیت حفاظت در برابر اشعه ماوراءبنفش و خواص ضد باکتریایی به پارچه پنبه مورد استفاده قرار گرفته است. این پارچه پنبه‌ای تهیه شده خواص بسیار خوب ضد باکتریایی بر روی باکتری‌های گرم مثبت و گرم منفی نشان داده است و با افزایش غلظت کامپوزیت در پارچه خاصیت ضد میکروبی افزایش یافته بود. همچنین این پارچه دارای حفاظت از اشعه UV بود که با افزایش درجه حرارت پخت این خاصیت افزایش می‌یافت (۲۲).

به نظر می‌رسد که افزایش خاصیت ضد میکروبی نانو کامپوزیت به دلیل حضور نانوذراتی که به‌طور یکنواخت در ماتریس پلیمری پراکنده شده‌اند، می‌باشد که علت آن را می‌توان به توزیع و پراکندگی بهتر نانوذره اکسید روی در ماتریس پلیمری نسبت داد. به‌طور کلی نتایج مطالعه حاضر نشان داد که با افزایش غلظت نانوذره اکسید روی در ماتریس پلیمری، پراکنش نانوذرات دشوارتر می‌شود و ساختار کامپوزیت به حالت کلوخه‌ای درآمده و نانوذرات در بستر پلیمری به دام افتاده و

پانسمان سوختگی استفاده شود (۲۷).

یکی از مسائلی که در حال حاضر در مراکز آموزشی- درمانی و بیمارستان‌ها با آن مواجه می‌باشند، افزایش مقاومت آنتی‌بیوتیکی باکتری‌های بیماری‌زا است (۲۸ و ۲۹). مشخص شده است که شرایط مناسب برای ایجاد عفونت‌های فرصت‌طلب در بیماران بستری شده در بیمارستان‌ها وجود دارد، به طوری که آلودگی میکروبی قسمت‌های اتاق عمل، اتاق زایمان، بخش سوختگی، پانسمان و تزریقات یکی از مهم‌ترین عوامل زمینه‌ساز عفونت‌های بیمارستانی بوده و باعث شیوع این گونه عفونت‌ها، در محیط‌های فوق‌الذکر می‌باشد (۲۹ و ۳۰). امروزه یافتن مواد ضد میکروبی جدید به دلیل تغییر فرم مقاومتی باکتری‌ها، به خصوص باکتری‌های بیماری‌زا، مورد تحقیق است.

مواد معدنی را می‌توان در اشکال مختلف مانند پودر (۳، ۴، ۳۱)، پوشش داده شده بر روی الیاف سلولز (۳۲) و یا به‌عنوان بخشی از پوشش نانوکامپوزیتی آلی / معدنی استفاده کرد. پوشش‌های ضد میکروبی علاقه زیادی برای حفاظت از سطوح، از بقای میکروارگانیسم‌ها در سطوح در محیط‌زیست که می‌تواند منجر به جلوگیری از گسترش بیماری‌ها در جوامع انسانی مثل بیمارستان‌ها و هتل‌ها شود، به خود جلب کرده است. علاوه بر این، در استفاده از پوشش‌ها انتظار می‌رود که دارای امنیت و ثبات بهتری نسبت به استفاده از نانوذرات به صورت پودر داشته باشند، چون که پودر مقیاس نانو ممکن است از طریق استنشاق وارد ریه‌ها شود و اثرات سمی بر ریه‌ها داشته باشد. ثابت شده است سمیت نانوذرات به‌طور کلی بیشتر از ذرات بزرگ‌تر از همان نوع مواد، حتی برای مواد با سمیت نسبتاً کم است. بنابراین، توسعه پوشش نانو ساختار با خواص ضد میکروبی علاقه‌مندی قابل ملاحظه‌ای را به خود جلب کرده است (۳۱).

لازم به ذکر است که میزان مصرف مجاز روزانه عناصر فلزی باید مدنظر قرار گیرد تا از بروز عوارض سوء مصرف آن‌ها جلوگیری شود. میزان مصرف روی مجاز در رژیم غذایی و میزان مجاز

در محیط کشت جامد و هم در محیط کشت مایع مورد بررسی قرار گرفت. همچنین اثر نانو مواد کیتوزان و  $TiO_2$  و اثر نانو کامپوزیت کیتوزان -  $TiO_2$  روی گاز استریل در مجاورت باکتری‌های فوق در محیط کشت جامد مورد ارزیابی قرار گرفت. کیتوزان با غلظت ۱ و ۴ درصد مورد استفاده قرار گرفت که بهترین اثر روی باکتری‌ها را غلظت ۴ درصد داشت. همچنین  $TiO_2$  با غلظت ۰/۲ درصد مورد استفاده قرار گرفت که بهترین اثر را در مهار رشد باکتری‌ها داشت. پس از انجام آزمایش مشاهده شد که نانوکامپوزیت تهیه شده به‌طور کلی رشد باکتری‌ها را مهار کرده است (۲۰). استفاده نانوذرات اکسید روی مزایای بیشتری نسبت به نانوذرات نقره دارد که عبارت‌اند از: هزینه تولید پایین، رنگ سفید و خواص متوقف کننده UV (۲۴).

در مطالعه دیگر نانوذره اکسید روی بر روی پارچه‌های کنفی قرار گرفتند. این پارچه‌ها فعالیت عالی ضد باکتری علیه استافیلوکوکوس آئروس نشان دادند (۲۵). نانوذرات اکسید روی باعث تخریب چربی و پروتئین غشای سلولی باکتری می‌شوند و در نتیجه باعث نشت محتویات داخل سلولی و در نهایت مرگ سلول‌های باکتریایی می‌شوند. علاوه بر این، تولید پراکسید هیدروژن و یون  $Zn^{2+}$  به‌عنوان کلید مکانیسم اثرات ضد میکروبی نانوذرات اکسید روی پیشنهاد شده است (۱۵).

در مطالعه‌ای که توسط عبدالهی و همکاران بر روی نانو کامپوزیت زیست‌تخریب‌پذیر کیتوزان - نانورس انجام شد، نشان داده شد که با افزودن نانوذرات به میزان ۳ درصد، مقاومت کششی فیلم‌ها حدود ۲۰ درصد افزایش یافته و نفوذپذیری به بخار آب حدود ۴۵ درصد کاهش پیدا کرده که بهبودی حاصل شده در خواص فیلم‌ها درجه اول به‌وسیله پراکنش یکنواخت نانوذرات و سپس از طریق واکنش نانوذرات با گروه هیدروکسیل و آمید زنجیره کیتوزان ایجاد شده است (۲۶).

در تحقیق دنیس و همکارانش فیلم حاوی نانوذرات اکسید روی / کیتوزان / پلی وینیل الکل دارای اثر ضد میکروبی می‌باشد و می‌تواند به‌عنوان



suspension of ZnO nanoparticles (ZnO nanofluids). *J Nanopart Res*; 2007. 9(3):479-89.

4. Sawai J, Yoshikawa T. Quantitative evaluation of antifungal activity of metallic oxide powders (MgO, CaO and ZnO) by an indirect conductometric assay. *J Appl Microbiol*; 2004. 96(4):803-9.

5. Brayner R, Ferrari-Iliou R, Brivois N, Djediet S, Benedetti MF, Fievet F. Toxicological impact studies based on *Escherichia coli* bacteria in ultrafine ZnO nanoparticles colloidal medium. *Nano Letters*; 2006. 6(4):866-70.

6. Wilczynski M. Anti-microbial porcelain enamels. *Ceram Eng Sci Proc*; 2000. 21(5):81-3.

7. Sandstead HH. Understanding zinc—recent observations and interpretations. *J Lab Clin Med*; 1994. 124(3):322-7.

8. Jin T, Sun D, Su JY, Zhang H, Sue HJ. Antimicrobial efficacy of Zinc Oxide Quantum Dots against *Listeria monocytogenes*, *Salmonella enteritidis* and *Escherichia coli* O157:H7. *J Food Sci*; 2009. 74(1):46-52.

9. Cavalli R, Francesco T, Carlotti M. Nanoparticles derived from amphiphilic  $\alpha$ -cyclodextrins. *J Incl Phenom Macro*; 2007. 57(1-4):657-61.

10. Gorenek M, Recelj P. Nanosilver functionalized cotton fabric. *Text Res J*; 2007. 77(3):138-41.

11. Shafei A, Abou-Okeil A. ZnO/carboxymethyl chitosan bionano-composite to impart antibacterial and UV protection for cotton fabric. *Carbohydr Polym*; 2011. 83(2):920-5.

12. Roselli M, Finamore A, Garaguso I, Britti MS, Mengheri E. Zinc oxide protects cultured enterocytes from the damage induced by *Escherichia coli*. *J Nutr*; 2003. 133(12):4077-82.

13. Chen CY, Chiang CL. Preparation of cotton fibers with antibacterial silver nanoparticles. *Mater Lett*; 2008. 62(21-22):3607-9.

14. Applerot G, Lipovsky A, Dror R, Perkas N, Nitzan Y, Lubart R. Enhanced antibacterial activity of nanocrystalline ZnO due to increased ROS-mediated cell injury. *Adv Funct Mater*; 2009. 19(6):1-11.

15. Huang Z, Zheng X, Yan D, Yin G, Liao X, Kang Y, et al. Toxicological effect of ZnO nanoparticles based on bacteria. *Langmuir*; 2008. 24(8):4140-4.

16. Hernandez-Lauzardo AN, Bautista-Banos S, Velazquez-del Valle MG, Mendez-Montevalvo MG, Sanchez-Rivera MM, Bello-Perez LA. Antifungal effects of chitosan with different molecular weights on in vitro development of *Rhizopus stolonifer* (Ehrenb.: Fr.) Vuill. *Carbohydr Polym*; 2008. 73(4):541-47.

17. Li LH, Deng JH, Deng HR, Liu ZL, Xin L. Synthesis and characterization of chitosan/ZnO nanoparticle composite membranes. *Carbohydr Res*;

جذب آن در بدن برابر توصیه انجمن جهانی غذا و تغذیه (Food and Nutrition Board) در بزرگسالان ۴۰ میلی گرم در روز تعیین شده است (۳۳).

فیلم نانو کامپوزیت کیتوزان - اکسید روی در آزمایشگاه به روش سل ژل ساخته شد. مورفولوژی فیلم نانو کامپوزیت کیتوزان - اکسید روی توسط SEM بررسی شد. اثر ضد میکروبی این نانو کامپوزیت روی باکتری اشرشیاکلی و استافیلوکوکوس آرتئوس ارزیابی شد. سپس اثر نانو کامپوزیت ۱،۵ درصد اکسید روی بر روی گاز استریل در مجاورت باکتری‌های فوق بررسی شد. نتایج تشکیل نانوذرات در ماتریکس کیتوزان را تأیید کرد. همچنین نتایج نشان داد، فیلم نانو کامپوزیت کیتوزان - اکسید روی به تنهایی و روی گاز استریل دارای خاصیت ضد میکروبی است؛ بنابراین فیلم نانو کامپوزیت کیتوزان - اکسید روی ممکن است برای کاربردهای درمانی، پوشش دادن سطوح و پارچه‌ها، میوه‌ها، سبزیجات، ساختن بسته‌بندی‌های ضد میکروبی، برای جلوگیری از رشد میکروب‌ها و افزایش ایمنی میکروبی و افزایش ماندگاری غذاها استفاده کرد.

### تقدیر و تشکر

نویسندگان مقاله بر خود لازم می‌دانند تا از مسئولین دانشگاه پیام نور مرکز یزد و پژوهشکده پوشش‌های نانوساختار دانشگاه پیام نور استان یزد به دلیل فراهم نمودن امکانات آزمایشگاهی و نیز محیط مناسب کاری جهت انجام تحقیق مذکور در سال ۱۳۹۲-۱۳۹۳ کمال تشکر و سپاس خود را بیان کنند.

### منابع

1. Yamamoto O. Influence of particle size on the antibacterial activity of zinc oxide. *Int J Inorg Mater*; 2001. 3(7):643-6.
2. Li LH, Deng JC, Deng HR, Liu ZL, Li XL. Preparation, characterization and antimicrobial activities of chitosan/Ag/ZnO blend films. *Chem Eng J*; 2010. 160(1):378-82.
3. Zhang L, Jiang Y, Ding Y, Povey M, York D. Investigation into the antibacterial behavior of

30. Hassanzadeh P, Hassanzadeh Y, Mardaneh J, Rezaei E, Motamedifar M. Isolation of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA) from HIV patients referring to HIV referral center, Shiraz, Iran, 2011-2012. *Iran J Med Sci*; 2015. 40(6):526-30.
31. 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 Antimicrob Chemother*; 2004. 54(6):1019-24.
32. Li QL, Mahendra S, Lyon DY, Brunet L, Liga MV, Li D, et al. Antimicrobial nanomaterials for water disinfection and microbial control: potential applications and implications. *Water Res*; 2008. 42:4591-602.
33. Mirhosseini M, Firouzabadi BF. Antibacterial activity of zinc oxide nanoparticle suspensions on food-borne pathogens. *Int J Dairy Technol*; 2013. 66(2):291-5.
2010. 345(8):994-8.
18. Salehi R, Arami M, Mahmmodi NM, Bahrami H, Khorramfar S. Novel biocompatible composite (chitosan-zinc oxid nanoparticle): preparation, characterization and dye adsorption properties. *Colloid Surfaces B Biointerfaces*; 2010. 80:86-93.
19. Sawai J, Kojima H, Igarashi H, Hashimoto A, Shoji S, Sawaki T, et al. Antibacterial characteristics of magnesium oxide powder. *World J Microbiol Biotechnol*; 2000. 16(2):187-94.
20. Saadatmand MM, Yazdanshenas MA, Rezaei Zarchi, S, Yosefi Talori B, Negahdari M. [The antimicrobial activity of chitosan nanocomposite - TiO<sub>2</sub>, and its application on the gauze hospital]. *Laboratory J*; 2012. 6(1):57-9. Persian.
21. Bhadra P, Mitra MK, Das GC, Dey R, Mukherjee S. Interaction of chitosan capped ZnO nanorods with *Escherichia coli*. *Mater Sci Eng*; 2011. 31(5):929-37.
22. Xue-Yong M, Wei-De Z. Effects of flower-like ZnO nanowhiskers on the mechanical, thermal and antibacterial properties of waterborne polyurethane. *Polym Degrad Stabil*; 2009. 94(7):1103-9.
23. Arora A, Padua G. Review: Nanocomposites in Food Packaging. *J Food Sci*; 2009. 75(1):43-9.
24. Dastjerdi R, Montazer M. A review on the application of inorganic nano-structured materials in the modification of textiles: focus on antimicrobial properties. *Colloid Surfaces B Biointerfaces*; 2011. 79(1):5-18.
25. Ugur SS, Sarıışık M, Aktaş AH, Uçar MC, Erden E. Modifying of cotton fabric surface with nano-ZnO multilayer films by layer-by-layer deposition method. *Nanoscale Res Lett*; 2010. 5(7):1204-10.
26. Abdollahi M, Rezaei M, Farzi JH. Preparation and evaluation of biodegradable chitosan composite nano - clay for use in food packaging. *Jof Food Sciand Tech*; 2011. 7(1):71-9. Persian.
27. Vicentini DS, Smania A Jr, Laranjeira MCM. Chitosan/poly (vinyl alcohol) films containing ZnO nanoparticles and plasticizers. *Mater Sci Eng*; 2010. 30:503-8.
28. Shaghaghian S, Pourabbas B, Alborzi A, Askarian M, Mardaneh J. Vancomycin-Resistant *Enterococci* colonization in chronic hemodialysis patients and its risk factors in southern Iran (2005-2006). *Iran Red Crescent Med J*; 2012. 14(10):686-91.
29. Pourabbas B, Mardaneh J, Rezaei Z, Kalani M, Pouladfar Gh, Alami M, et al. Nosocomial Infections: Multicenter surveillance of antimicrobial resistance profile of *Staphylococcus aureus* and Gram negative rods isolated from blood and other sterile body fluids in Iran. *Iran J Microbiol*; 2015. 7(3):127-35.

## Investigation of antimicrobial properties of chitosan– ZnO nanocomposite

**\*Mahbobeh Mirhosseini**, PhD, Assistant Professor of Microbiology, Department of Biology, Payame Noor University, Iran (\*Corresponding author). [m.mirhossein@pnu.ac.ir](mailto:m.mirhossein@pnu.ac.ir), [m.mirhossaini@gmail.com](mailto:m.mirhossaini@gmail.com)

**Nazila Yazdani Kashkoli**, MSc student of Biochemistry, Department of Biology, Payame Noor University, Iran. [nazilayazdani801@yahoo.com](mailto:nazilayazdani801@yahoo.com)

**Ali Dehghan Hamdan**, PhD student of Engineering and Methalogy, Department of Material Engineering and Metallurgy, Nano Structured Coatings Institute, Payame Noor University, Yazd, Iran. [ali\\_deh@yahoo.com](mailto:ali_deh@yahoo.com)

### Abstract

**Background:** Nanotechnology is an important part of technology. Nanoparticles can be used in different applications for industrial, medical, military and personal purposes. The objectives of this study were preparation of chitosan – ZnO nanocomposite films via a simple method and investigation of its antibacterial activity.

**Methods:** Chitosan –ZnO nanocomposites were prepared via the method of sol – gel transformation. Then this nano- composite was studied using UV-Vis, FTIR, XRD, SEM, and EDX. The antimicrobial properties of product were investigated on Escherichia coli and Staphylococcus aureus. Antibacterial effect of nanocomposites with 1.5wt% ZnO on the bandages was investigated on both the bacteria.

**Results:** The results showed that the ZnO content had an effect on antibacterial properties of nanocomposite films. Nanocomposite films with 1.5 wt% ZnO exhibited high antibacterial activities. Further, nanocomposite film on bandages with 1.5wt% ZnO exhibited antibacterial activities on both the bacteria.

**Conclusion:** It was proved that the chitosan – ZnO nanocomposite film had an excellent antibacterial performance. Typically, the nanocomposite film may be used for biomedical application. Also, it is used as a surface coating to enhance microbial safety and extend food shelf life.

**Keywords:** Nano composites, Zinc oxide, Chitosan, Antimicrobial effect