

این نانوکامپوزیت‌ها شامل مقاومت‌های ضد آنتی‌بیوتیکی نیز نمی‌شوند. تاثیر این نانومواد و نانوکامپوزیت‌ها گاهی بر روی گروه مثبت و گاهی نیز بر روی گروه منفی بیش‌تر بوده است. دلیل این امر علاوه بر تفاوت در ویژگی‌های فردی و سوپه‌ای باکتری‌ها، می‌تواند به خاطر اثر نور نیز باشد. به طوری که در مورد نانوذرات تیتانیوم اکسید ثابت شده است که امواج نوری باعث تولید ROS (reactive oxygen species) فتوکاتالیک می‌شوند و از این طرف تاثیر این نانوذرات افزایش می‌یابد. بنابراین مکانیزم پاسخ‌های متفاوت به دوزهای مشابه نانوذرات در باکتری‌های گرم منفی و گرم مثبت، علاوه بر تفاوت فیزیولوژیکی، متابولیسم‌های درون باکتریایی و نفوذ پذیری انتخابی غشاهای دیواره آن‌ها، به خاطر تفاوت در شرایط فیزیکی نیز باشد (۳).

باکتری‌های گرم مثبت و گرم منفی

باکتری‌ها فراوان‌ترین و متنوع‌ترین میکروارگانیسم‌های شناخته شده روی کره زمین هستند. تعداد کمی از آن‌ها که اصطلاحاً پاتوژن نامیده می‌شوند در انسان و جانوران ایجاد بیماری می‌کنند اما بدون فعالیت‌های باکتریایی، حیات بر روی کره زمین مختل خواهد شد. باکتری‌ها فاقد هسته سازمان یافته بوده و اطلاعات ژنتیکی آن‌ها درون ناحیه نوکلئوتیدی پراکنده است. بنابراین قادر به میوزو میتوز نبوده و تنها شیوه تولید مثل در آن‌ها تقسیم دوتایی است. در باکتری‌ها واکوئل دیده نمی‌شود. بیش‌تر آن‌ها فاقد کلروفیل هستند و متابولیسم خود را از راه شیموسنتز انجام می‌دهند. انواع باکتری‌ها بر اساس رنگ آمیزی (گرم مثبت یا منفی)، شکل باسیل (کوکسی و اسپیروکت)، متابولیسم (هوازی، بی‌هوازی، بی‌هوازی اختیاری) تقسیم‌بندی می‌شوند.

گرم منفی یکی از انواع باکتری است که در هنگام رنگ آمیزی گرم به رنگ قرمز دیده می‌شود. غشای خارجی این نوع باکتری در مرحله افزودن کریستال ویوله، از ورود رنگ جلوگیری می‌کند. در مقایسه با باکتری گرم مثبت، باکتری‌های گرم منفی به دلیل ساختار نفوذ ناپذیرشان غالباً در برابر آنتی‌بیوتیک‌ها مقاومت بیشتری از خود نشان می‌دهند. پوشش سلولی گرم منفی‌ها یک ساختمان چندلایه‌ای و بسیار پیچیده است. غشای سیتوپلاسمی که در باکتری‌های گرم منفی، غشای داخلی نامیده می‌شود به وسیله یک ورقه مسطح از پپتیدوگلیکان پوشیده می‌شود که یک لایه پیچیده به نام غشای خارجی به آن متصل می‌گردد. یک کپسول خارجی یا لایه S نیز ممکن است وجود داشته باشد. فضای بین غشای داخلی و خارجی فضای پری پلاسمیک نامیده می‌شود. در باکتری‌های گرم منفی، تعداد لایه‌های پپتیدوگلیکان کم و حداکثر سه تا است. از جمله معروف‌ترین باکتری‌های گرم منفی می‌توان به اشرشیاکلی اشاره کرد.

باکتری‌های گرم مثبت گروه دیگری از باکتری‌ها هستند که معمولاً فاقد غشای خارجی بوده و پوشش سلولی در آن‌ها ساده است و عمدتاً از دو الی سه لایه تشکیل می‌شود: غشای سیتوپلاسمی، یک یا چند لایه پپتیدوگلیکان ضخیم، و در بعضی باکتری‌ها یک لایه به نام کپسول باکتری یا یک لایه (S) در خارج. یک مثال بارز از گرم مثبت، استافیلوکوکوس‌ها هستند.

کنترل آلودگی‌های ناشی از رشد میکروارگانیسم‌ها در صنعت از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در کنار مواد آلی مرسوم جهت از بین بردن میکروارگانیسم‌ها، اکسیدهای فلزی از زمان‌های دور به دلیل خاصیت میکروبی خود مورد توجه بوده‌اند. با سنتز این ذرات به صورت پودر در ابعاد نانو و استفاده از ساختارهای پلیمری در کنار آن‌ها نانوکامپوزیت‌های آنتی‌باکتریال به دست خواهد آمد که می‌تواند در امر کنترل رشد باکتری‌ها مورد استفاده قرار گیرد. در این تحققی، تأثیر چند نانوکامپوزیت فلزی بر روی باکتری‌های گرم منفی و گرم مثبت بررسی شده است. نتایج تحقیقات علاوه بر نوع باکتری ممکن است به عوامل محیطی نیز بستگی داشته باشد اما به‌طور کلی ثابت شده است که نانوکامپوزیت‌های فلزی در جلوگیری از آلاینده‌گی میکروارگانیسم‌ها نقش مؤثری دارند. با این حال مکانسیم عملکرد این نانوکامپوزیت‌ها به طور واضح مشخص نیست. بنابراین تحقیقات جهت یافتن نانوکامپوزیت‌ها با اثر بخشی بیش‌تر و کشف مکانیزم مقابله‌ی آن‌ها با آنتی‌بیوتیک‌ها می‌تواند انگیزه‌ی تحقیقات آتی باشد.

مقدمه

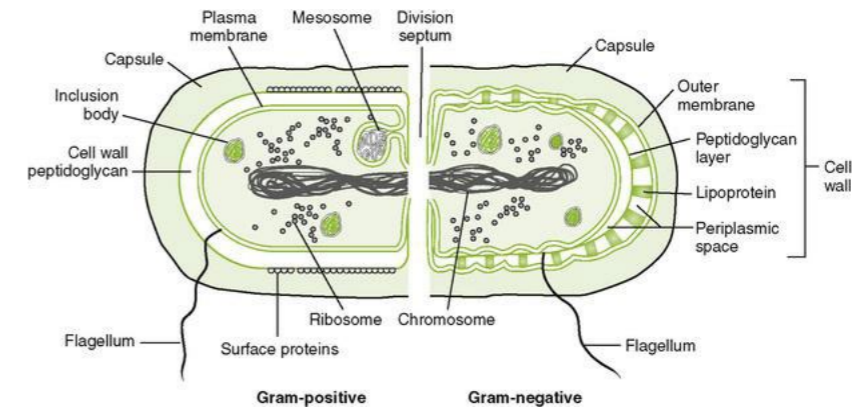
کنترل رشد میکروارگانیسم‌ها در پزشکی و بسیاری از فعالیت‌های صنعتی از اهمیت به‌سزایی برخوردار است. در قرن بیستم با کشف آنتی‌بیوتیک‌ها کنترل رشد باکتری‌ها تا حد زیادی امکان پذیر شد. اما ظهور الگوهای مقاومت آنتی‌بیوتیکی، استفاه از این راه‌کار را با مشکل مواجه کرده است. به علاوه ترکیبات آلی که به طور سنتی 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). بنابراین باید به دنبال روش‌های دیگری برای حل مسئله بود. اکسیدهای فلزی از زمان‌های دور به دلیل خواص ضد میکروبی مورد توجه بوده‌اند. به طور مثال از فلز نقره برای جلوگیری از آسیب‌های ناشی از فعالیت قارچ و باکتری در زخم‌بندی و جراحات‌های عفونی استفاده می‌شده است (۲).

تاکنون نانوذرات در حفظ مواد غذایی، دستگاه‌های پزشکی، لباس‌های آتش‌نشان‌ها و ... استفاده شده‌اند. کاربرد بیولوژیکی نانوذرات، به دلیل فعالیت ضد باکتری آن‌ها روی انواع باکتری‌هاست. مطالعات نشان داده است که اثر ضد باکتری نانوذرات به اندازه، شکل، پراکندگی اندازه ذرات، مورفولوژی، گروه‌های عاملی موجود در نانوذرات و پایداری‌شان بستگی دارد (۲).

در کنار نانوذرات فلزی، پایه‌های پلیمری عموماً جهت بهبود خواص مربوط به مقاومت و استحکام مورد استفاده قرار می‌گیرند.

کیتوزان، گرافن، موردنیت، پلی اتیلن و ... از جمله معروف‌ترین این پلیمرها هستند که برخی از آن‌ها نظیر کیتوزان، خود دارای خواص آنتی‌باکتریایی هستند. در این تحققی، تاثیر برخی نانوکامپوزیت‌ها بر رشد باکتری‌های گرم مثبت و گرم منفی بررسی شده است. نتایج تحقیقات نشان می‌دهد که اثر نانو ذرات حتی از اکثر آنتی‌بیوتیک‌های استاندارد نیز بیش‌تر است.

مقایسه ساختار باکتری گرم منفی و گرم مثبت در شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱- مقایسه میان ساختار سلولی باکتری‌های گرم منفی و گرم مثبت

استفاده قرار بگیرند.

- به عنوان اتصال دهنده نانوذرات نقره که مستقیماً روی سطح پلیمر بارگذاری می‌شوند یا در محل سنتز شده، در پوشش‌های ضد میکروبی کامپوزیتی مورد استفاده قرار می‌گیرند.

- پلیمرها می‌توانند به عنوان بستر مناسبی برای کنترل آزادسازی نانوذرات توسط تغییر برهم کنش بین پلیمرها و نانوذرات و نیز غلظت نانوذرات مورد استفاده قرار بگیرند. (۵)

از انواع روش‌های سنتز نانومواد روی پایه‌های پلیمری میتوان روش‌های کاهش الکتروشیمیایی، کاهش فوتوشیمیایی، کاهش شیمیایی، مایسل معکوس، تجزیه حرارتی، و سونوشیمیایی اشاره کرد.

نانوکامپوزیت نقره-گرافن

نانو ذرات نقره به دلیل اثرات شگرف ضد میکروبی و مصرف روزافزون در صنایع مختلف نظیر بهداشتی و آرایشی، کاترهای اسپری‌های ضد عفونی‌کننده، شوینده‌ها، خمیردندان‌ها به پرکاربردترین این ذرات تبدیل شده است. (۴) مزیت‌های استفاده از نقره، پایداری زیاد، آب‌دوست بودن، سازگاری با محیط زیست، مقاوم در برابر حرارت، عدم ایجاد مقاومت و سازگاری در میکروارگانیسم‌هاست. هم‌چنین، قابلیت بالا در اضافه شدن به الیاف، پلیمرها، سرامیک‌ها، سنگ‌ها، و رنگ‌ها بدون تغییر دادن خواص ماده از دیگر مزیت‌های نانوذرات نقره است.

کامپوزیت نقره-گرافن در میان انواع نانوکامپوزیت‌ها در جایگاه خاصی قرار گرفته است، زیرا خود گرافن نیز دارای خواص کاربردی زیادی می‌باشد. کامپوزیت گرافن نقره باعث می‌شود که اندازه ذرات نقره کاهش یافته، به راحتی به دیواره سلولی میکروب‌ها حمله کرده و دیواره آن‌ها را ناپایدار نموده و باعث مرگ زودرس میکروب‌ها شود. از دیگر ویژگی‌های نانوکامپوزیت نقره-گرافن این است که خاصیت آنتی‌باکتریال نقره در ترکیب با گرافن به مرور زمان کاهش نمی‌یابد. به علاوه نقره در مقایسه با سایر نانوذرات، در عین اینکه از سمیت بالایی برای میکروارگانیسم‌ها برخوردار است، دارای سمیت کمی برای سلول‌های پستانداران می‌باشد. (۴)

در مطالعه‌ای که توسط محمدی غلامی و همکاران (۴) در سال ۲۰۱۶ صورت گرفت، اثر نانوکامپوزیت‌های نقره-گرافن روی سویه‌های استاندارد باکتری‌های *Staphylococcus aureus* PTCC 1112، *Staphylococcus epidermis* PTCC 1435، *Bacillus cereus* PTCC 1556، *Escherichia coli* PTCC 1330، *Klebsiella pneumonia* PTCC 1053 در مورد مطالعه قرار گرفت. سنتز نانوکامپوزیت نقره بر پایه گرافن به روش هامر انجام شد. برای تعیین حساسیت سویه‌های باکتری نسبت به نانوذرات نقره [گرافن]، از روش دیسک دیفیوژن (Kirby-Bauer) استفاده شد. دیسک‌های تهیه شده از غلظت‌های مختلف نانوذرات با فاصله معین از یک‌دیگر و از لبه پلیت روی سطح آگار قرار داده شد. پلیت‌ها به مدت ۲۴ ساعت در ۳۷ درجه سانتیگراد انکوبه گردید و پس از گرم‌گذاری، قطر هاله عدم رشد حاصل از آنتی‌بیوگرام طبق دستورالعمل (Clinical and Laboratory Standards Institute) اندازه‌گیری شد. اثر ضد میکروبی نانوکامپوزیت گرافن-نقره با اندازه‌گیری قطر هاله ایجاد شده به دلیل ممانعت از رشد باکتری‌های گرم مثبت استافیلوکوکوس اورئوس، استافیلوکوکوس اپیدرمیدیس، باسیلوس سرئوس و گرم منفی اش‌ریشیاکلی و کلبسیلا پنومونیه مورد ارزیابی قرار گرفت (شکل-۲). با توجه

نانوکامپوزیت‌ها

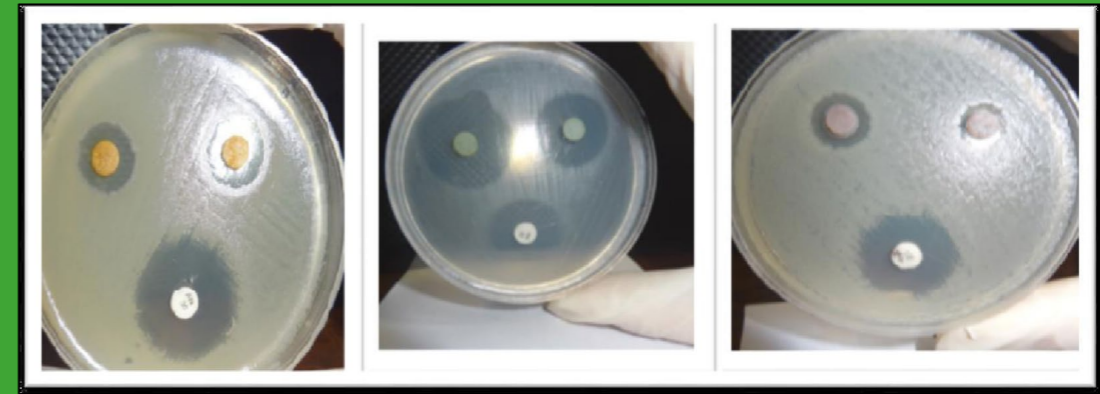
مواد نانوکامپوزیتی به آن دسته از مواد اطلاق می‌شود که دارای فاز تقویت کننده در ابعاد یک تا صد نانومتر هستند. کوچک کردن ذرات این مواد منجر به افزایش فعالیت آن‌ها شده و خواص ضد میکروبی نانوذرات فلزی را افزایش می‌دهد. (۴) هدف اصلی توسعه نانوکامپوزیت‌های دارای نانوذرات فلزی، به حداقل رساندن آلاینده‌گی توسط میکروارگانیسم‌ها است. (۵) تأثیر نانوذرات بر روی سلول‌های موجودات زنده به قطر، اندازه، شکل و نحوه سنتز نانوذرات بستگی دارد. نقره، روی، آهن، تیتانیوم و مس از جمله شناخته‌شده‌ترین نانوذرات فلزی با خاصیت آنتی‌باکتریال هستند. از این فلزات و به خصوص نقره در ضد عفونی کردن وسایل پزشکی، تصفیه آب، بهبود زخم‌ها، کرم‌ها، لوسیون‌ها و پمادهای ضد باکتری استفاده می‌شود. با این حال استفاده از نانوذرات منجر به آزادسازی آن‌ها در محیط‌های آبی و خطرات بالقوه ناشی از آن خواهد شد و در استفاده‌های انسانی ممکن است عوارضی نظیر عبور از سد خونی- مغزی، آسیب به DNA و پروتئین‌های پوست و ایجاد خطر سرطان را به همراه داشته باشد. (۳)

در کنار این نانوذرات، مواد پلیمر به دلیل دارا بودن ساختار مناسب، انعطاف‌پذیری و روش‌های گوناگون در دسترس برای اتصال آن‌ها به نانوذرات فلزی مورد استفاده قرار می‌گیرند (۵). کیتوزان، پلی‌اورتان، پلی‌استر، پلی‌آمید، پلی‌پروپیلن و پلی‌آکريلات از جمله پرکاربردترین این پلیمرها هستند که برخی از آن‌ها هم‌چون کیتوزان دارای خواص آنتی‌باکتریایی هستند. در استفاده از پوشش‌ها انتظار می‌رود که دارای امنیت و ثبات بهتری نسبت به استفاده از نانوذرات به صورت پودر داشته باشند، زیرا پودر مقیاس نانو ممکن است از طره استنشاق وارد ریه‌ها شود و اثرات سمی بر ریه‌ها داشته باشد. ثابت شده است سمیت نانوذرات به طور 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 علاقه مندی قابل ملاحظه‌ای را به خود جلب کرده است. (۱)

مواد پلیمری در ساختار نانوکامپوزیت‌ها عملکردهای گوناگون فیزیکی و شیمیایی را ارائه می‌دهند:

□ می‌توانند به عنوان پایدارکننده برای سنتزهای نانوذرات و پیش‌گیری‌کننده از تجمع نانوذرات در محلول یا سطوح مورد

به جدول ۱- نتایج نشان داد ترکیب مورد آزمایش در مقابل باکتری‌های گرم مثبت و گرم منفی، فعالیت ضد میکروبی قابل توجهی دارد که این اثر بر روی باکتری‌های گرم مثبت مشهودتر است. (۴)



شکل ۲- قطر هاله ایجاد شده در اطراف دیسک‌های آغشته به نانوکامپوزیت گرافن اکساید نقره

جدول ۱- نتایج حاصل از اثرات ضد باکتریایی نانوکامپوزیت گرافن اکساید نقره بر روی باکتری‌ها

Disk diffusion (mm)	MIC ($\mu\text{g/ml}$)	میکروارگانیزم
20	4	استافیلوکوک اورئوس
19	4	استافیلوکوک اپیدرمیس
16	8	باسیلوس سرئوس
12	16	اشرشیاکلی
14	8	کلیسیلا پنومونیه

نانوکامپوزیت نقره-کیتوزان

کیتوزان یکی از پلیمرهای زیست تخریب‌پذیر و دارای خواص ضد میکروبی مطلوب می‌باشد که تهیه فیلم و کامپوزیت آن بسیار آسان است. در تحقیقی، ابراهیمی اصل و همکاران (۶) نانو ذرات نقره را به روش شیمیایی در درون بستر بایوپلیمر کیتوزان زیست تخریب‌پذیر جهت کاهش میزان جذب رطوبت و افزایش خصلت ضد میکروبی آن به منظور استفاده در بسته‌بندی مواد غذایی سنتز کردند. نیترات نقره، سدیم برو هیدرید و کیتوزان به ترتیب به عنوان پیش ماده نقره، عامل کاهنده شیمیایی و ماده زمینه پلیمری مورد استفاده قرار گرفت. فعالیت ضد باکتریایی سوسپانسیون تهیه شده از نمونه‌ها در شرایط آزمایشگاهی با استفاده از محیط کشت مولر هینتون آگار با تعیین قطر هاله عدم رشد تشکیل شده در اطراف چاهک، که مطابق با استانداردهای کمیته ملی استانداردهای آزمایشگاه بالینی (NCCLS ۲۰۰۰) می‌باشد مورد بررسی قرار گرفت. میزان هاله عدم رشد برای نانو ذرات نقره/کیتوزان تولید شده در برابر باکتری‌های گرم منفی و مثبت تست شده و در جدول ۲ ارائه شده است. نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که نانو ذرات نقره در محلول کیتوزان فعالیت ضد باکتری بالایی در برابر باکتری‌های گرم منفی نشان داده و در مقابل باکتری‌های گرم مثبت فعالیت ضد باکتریایی از خود نشان نمی‌دهد. (۶)

جدول ۲- میانگین هاله عدم رشد برای کیتوزان / نانو بایوکامپوزیت نقره در غلظت‌های مختلف از AgNO_3

کنترل مثبت (میلیمتر)	قطر هاله عدم رشد (میلیمتر)		نوع باکتری
	Cts/AgNPs (0.15 mol/L)	Cts/AgNPs (0.015 mol/L)	
SM			
21.2	NA	NA	<i>S. aureus</i>
21.2	NA	NA	<i>B. cereus</i>
29.1	NA	NA	<i>S. epidermidis</i>
29.1	NA	NA	<i>Strept A</i>
21.2	2.3	5.0	<i>E. coli</i>
29.1	13.1	7.4	<i>E. Faecalis</i>
29.1	17.0	9.5	<i>Salmonella</i>
21.2	21.1	11.0	<i>P. aeruginosa</i>

Note: SM; Streptomycine; NA; not appear

نانوکامپوزیت نقره-موردنیت

ژئولیت‌ها، آلومینوسیلیکات‌های بلوری با ساختار میکرو حفره منظم می‌باشند. با توجه به ساختار و ترکیب ژئولیت‌ها، آن‌ها به طور وسیعی به عنوان جاذب، شوینده‌ها، تبادل‌گرهای یونی، کاتالیزورهای ناهمگن و به ویژه به عنوان میزبان برای فلز اکسید و نانوساختارهای فلزی مورد استفاده قرار می‌گیرند. موردنیت یک ژئولیت صنعتی مهم است که به عنوان کاتالیزور جامد برای تبدیل هیدروکربن‌ها استفاده می‌شود و اخیراً برای سنسورهای شیمیایی، مواد نوری غیرخطی و به عنوان ماتریس، برای سنتز نیمه رساناها مورد بررسی قرار گرفته است. محمدپور و همکاران (۲) در پژوهشی، خاصیت آنتی باکتریال نانوکامپوزیت‌های نقره [موردنیت را در رابطه با باکتری‌های اشرشیاکولی (گرم منفی) و استافیلوکوکوس اورئوس (گرم مثبت) مورد ارزیابی قرار دادند. ماتریس ژئولیتی هیچگونه خاصیت ضد باکتریایی از خود نشان نداد، در حالی که نانو ذرات دارای ماتریس ژئولیتی بودن نسبت به نانوذرات فاقد اثر ضد باکتریایی بیش‌تری از خود نشان دادند. نتایج در جدول ۳ نشان داده شده است. نتیجه آنکه تاثیر نانوکامپوزیت نقره موردنیت بر روی باکتری گرم منفی اشرشیاکولی بیش‌تر از باکتری گرم مثبت استافیلوکوکوس اورئوس بود. (۲)

جدول ۳- قطر هاله عدم رشد ایجاد شده توسط نانوکامپوزیت نقره^{۱۱}موردنیت و مقایسه آن با برخی دیسک‌های استاندارد آنتی بیوتیک.

عامل ضدباکتری (mm)	قطر هاله عدم رشد استافیلوکوکوس اورئوس (mm)	قطر هاله عدم رشد اشرشیاکلی (mm)
نانوکامپوزیت	۱۳	۱۵
چنتامایسین ۱۰	۳۰	۲۳
سفوتاکسیم ۳۰	۰	۱۲
آموکسی سیلین ۲۵	۱۸	۰
تتراسیکلین ۳۰	۰	۱۴
اریترومایسین ۱۵	۲۴	۲۰
آمپیسیلین ۱۰	۰	۰
سفپیم ۳۰	۱۴	۰

نانوکامپوزیت اکسید روی-کیتوزان

استفاده نانوذرات اکسید روی مزایای بیشتری نسبت به نانوذرات نقره دارد که عبارت‌اند از: هزینه تولید پایین، رنگ سفید و خواص متوقف کننده UV. پوشش‌های حاوی نانوذرات اکسید روی دارای خاصیت خود تمیز شونده هستند و به خودی خود باعث حذف آلودگی‌ها از سطح پوشش تهیه شده می‌شوند.

اکسید روی یکی از ۵ ترکیب روی است که اخیراً به عنوان 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. (۱)

میرحسینی و همکاران طی پژوهشی، تاثیر نانوکامپوزیت‌های اکسید روی-کیتوزان را بر باکتری‌های اشرشیاکلی (PTCC ۱۳۹۴) از انواع گروه منفی و استافیلوکوکوس اورئوس (PTCC ۱۴۳۱) از انواع گروه مثبت ارزیابی کردند که نتایج حاصله در جدول ۵ آمده است. نتایج نشان داد که در غلظت‌های ۰/۵ و ۱ و ۱/۵ به ترتیب هاله عدم رشد بیشتر شده و از غلظت‌های ۲ و ۵ به بعد هاله عدم رشد کمتر از بقیه می‌باشد. هم‌چنین هم روی استافیلوکوکوس اورئوس و هم اشرشیاکولی، غلظت ۱/۵ درصد بهترین اثر را در مهار رشد باکتری دارد. دلیل این امر می‌تواند این مسئله باشد که با افزایش غلظت نانوذره اکسید روی در ماتریس پلیمری، پراکنش نانو ذرات دشوارتر شده و ساختار کامپوزیت به حالت کلوخه‌ای درآمده و نانوذرات در بستر پلیمری به دام افتاده و میزان تماس ذرات با سطح کمتر شده است. در نهایت، تاثیر نانوذرات روی هر دو نوع باکتری گرم منفی و مثبت تقریباً مشابه با اندکی تاثیر بیشتر روی باکتری‌های گروه گرم مثبت بوده است. (۱)

جدول ۴- قطر هاله عدم رشد به میلی‌متر در فیلم نانوکامپوزیت روی اکسید-کیتوزان برای باکتری‌های استافیلوکوکوس آرتوس و اشرشیاکلی

نمونه ها	نسبت جرم اکسید روی به کیتوزان	قطر هاله عدم رشد به میلیمتر	
		اشرشیاکلی	استافیلوکوکوس آرتوس
Cs-1	0	0±0	0±0
Cs-2	0.5	7±0.5	7±0
Cs-3	1	10±0.5	10±0
Cs-4	1.5	11±0.5	12±0.5
Cs-5	2	6±0	7±0
Cs-6	5	5±0	6±0

نانوکامپوزیت روی اکسید-گرافن

گرافن ورق‌های دوبعدی از اتم‌های کربن در یک پیکربندی شش ضلعی است که اتمها با هیبرید sp^2 به هم متصل شده‌اند. در یک صفحه گرافن، هر اتم کربن با ۱ اتم کربن دیگر پیوند داده است و این سه پیوند در یک صفحه قرار دارند و زوایای بین آنها با یکدیگر مساوی و برابر با 120° است. گرافن به دلیل ساختار خود، در زمینه‌های زیادی ویژگی‌های بسیار منحصر به فردی را نشان می‌دهد. عبداللهی و همکاران (۷) اکسید روی در ماتریس گرافن سنتز و نانوکامپوزیت گرافن - نانوذرات اکسید روی را پس از سنتز و شناسایی برای بررسی اثر ضد میکروبی بر باکتری‌های استافیلوکوکوس اورئوس، اشرشیاکلی و سودوموناس آئروژینوزا مورد بررسی قرار دادند. نتایج به همراه تاثیر شماره از آنتی‌بیوتیک‌های رایج در جدول ۶ نشان داده شده است. بررسی مقاومت آنتی‌بیوتیکی باکتری‌های مورد مطالعه نشان داد که سویه استافیلوکوکوس اورئوس مقاوم به متی‌سیلین، آموکسیسیلین و تتراسیکلین و حساس به ونکومایسین، اریترومایسین و سفکسیم بوده، اشرشیاکلی مورد مطالعه مقاوم به آموکسیسیلین و تتراسیکلین و حساس به اریترومایسین، سفکسیم و سویه سودوموناس آئروژینوزا مقاوم به آموکسیسیلین، تتراسیکلین و حساس به اریترومایسین و سفکسیم بود GO بر هیچ‌کدام از باکتری‌های مورد مطالعه اثر ضد ممانعت کننده رشد نداشت. در بررسی اثر ضد میکروبی نانوکامپوزیت به روش انتشار از دیسک هر سه باکتری، استافیلوکوکوس اورئوس، اشرشیاکلی و سودوموناس آئروژینوزا جدا شده از نمونه‌های بالینی به این ماده حساس بوده‌اند و در اطراف دیسک به ترتیب هاله عدم رشد باکتری به قطر، 9 mm و 11 mm و 9 mm مشاهده گردید. حداقل غلظت مهارکننده رشد نانوکامپوزیت برای هر سه باکتری ۴۸ میکروگرم بود. مقایسه قطر هاله عدم رشد ایجاد شده توسط برخی دیسک‌های استاندارد آنتی‌بیوتیک به همراه اکسید روی، اکسید گرافن و نانوکامپوزیت در جدول ۵ ارائه شده است. نانوذرات اکسید روی در حضور بستر قطر هاله عدم رشد بزرگتری نسبت به نانوذرات اکسید روی بدون حضور بستر تشکیل داده‌اند که این نشان می‌دهد نانوذرات اکسید روی در حضور ماتریس خاصیت بدون حضور ماتریس ZnO ضد باکتری بهتری نسبت به نانوذرات دارند. (۷)

قطر هاله عدم رشد (mm)			
ماده ضد میکروبی	استافیلوکوکوس اورئوس	اشرشیاکلی	سودوموناس اثر و زینوزا
ونکومايسين	12	-	-
متی‌سیلین	0	-	-
آموکسی‌سیلین	0	0	0
اریترومایسین	16	14	12
سفسسیم	14	15	16
نتراسیکیلین	0	0	0
ZnO(80µg)	6	7	5
GO(80µg)	0	0	0
نانوکامپوزیت(80µg)	9	11	9

منابع

۱ میرحسینی، محبوبه. یزدای کشکولی، نازیلا. دهقان همدان، علی. بررسی خاصیت ضد میکروبی نانوکامپوزیت کیتوزان-اکسید روی. مجله علوم پزشکی رازی، دوره ۲۳، شماره ۱۴۷، شهریور ۱۳۹۵

۲ محمدپور، مطهره. پوراحمد، افشین. اسدپور، لیلیا. سنتز، شناسایی و خاصیت ضدباکتری نانوکمپوزیت Ag2/Large Mor-denite. مجله علمی پژوهشی شیمی کاربردی، سال سیزدهم، شماره ۴۷، تابستان ۱۳۹۷

۳ ندافی، کاظم. زارع، محمدرضا. یونسیان، مسعود. علی محمدی، محمود. راستکاری، نوشین. موسوی، سید نجات. بررسی سمیت نانوذرات اکسید روی و اکسید تیتانیوم با استفاده از آزمون زیستی توسط باکتری های اشرشیا کلی ATCC ۳۵۲۱۸ و استافیلوکوک اورئوس ATCC ۲۵۹۲۳. مجله سلامت و محیط، فصلنامه علمی پژوهشی انجمن علمی بهداشت محیط ایران. دوره چهارم، شماره دوم، تابستان ۱۳۹۰، صفحات ۱۷۱ تا ۱۸۰

۴ محمدی غلامی، عبدالناصر. فرهادی، سعید. جوانمرد، معصومه. ۲/۱۶. بررسی اثرات نانو کامپوزیت نقره-گرافن بر رشد باکتری های گرم مثبت و گرم منفی، سومین کنفرانس علوم زیستی ایران

۵ مرادی، سیاوش. اسمی زاده، الناز. وحیدی فر، علی. فصلنامه علمی-ترویجی پژوهش و توسعه فناوری پلیمر ایران، سال چهارم، شماره ۲، تابستان ۱۳۸۹

۶ ابراهیمی اصل، سعیده. زارعی، امیر. سنتز و شناسایی نانوزیست کامپوزیت ضد میکروبی نقره/کیتوزان برای استفاده در بسته بندی مواد غذایی مجله میکروب شناسی مواد غذایی. تابستان ۱۳۹۴

۷ عبداللهی، سولماز. پوراحمد، افشین. اسدپور، لیلیا. سنتز و شناسایی نانوکمپوزیت گرافن-نانوذرات ZnO و کاربرد آن برای فعالیت ضدباکتری. مجله دانشگاه علوم پزشکی فسا، سال هشتم، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۷