

بررسی خاصیت ضد باکتریایی نانوذرات نقره و نانوکامپوزیت های پلی اتیلن-نقره

مریم ابارشی^{۱*} و ایمان عبدی^۲

چکیده

در این پژوهش بمنظور بررسی خاصیت ضد باکتریایی نانوذرات نقره و نانوکامپوزیت های پلی اتیلن-نقره، ابتدا نانوذرات نقره به روش کاهش شیمیایی سنتز و به وسیله روش های پراش پرتو ایکس و میکروسکوپ الکترونی عبوری شناسایی شدند. اندازه میانگین نانوبلورک های نقره 21/7 نانومتر تعیین شد. پس از آن نانوکامپوزیت های پلی اتیلن-نقره با 5، 10، 20 و 30 درصد وزنی نانوذرات نقره به روش آسیاکاری مکانیکی ساخته شده و شناسایی آن ها با استفاده از روش های پراش پرتو ایکس و میکروسکوپ های الکترونی عبوری و روبشی انجام گرفت. نتایج حاکی از توزیع مطلوب نانوذرات نقره در زمینه پلی اتیلن است. خاصیت ضد باکتریایی نانوذرات و نانوکامپوزیت ها با درصدهای گوناگون نانوذرات نقره با استفاده از دو باکتری استافیلوکوک اورئوس و اشرشیاکولی به روش دیسک نفوذی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان دادند که نانوذرات نقره و نانوکامپوزیت های پلی اتیلن نقره دارای خاصیت ضد باکتری هستند و این خاصیت با افزایش درصد وزنی نانو ذره در دیسک افزایش می یابد. افزون بر این، مشخص شد که فعالیت ضد باکتریایی نانوذرات نقره در مقابل باکتری استافیلوکوک اورئوس نسبت به اشرشیا کولی بیش تر است.

واژه های کلیدی: نانوذرات نقره، نانوکامپوزیت پلی اتیلن نقره، خاصیت ضدباکتریایی.

1- استادیار، گروه شیمی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران.

2- کارشناس مهندسی شیمی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران.

*- نویسنده مسئول مقاله: Abareschi@pnu.ac.ir

پیشگفتار

نانو ذرات با توجه به اندازه، توزیع ذرات و ریخت‌شناسی‌شان دارای خواصی نوین و بهبود یافته نسبت به ذرات بزرگ‌تر و مواد توده‌ای هستند. پژوهش‌های انجام گرفته نشان می‌دهند که نانو ذرات نقره در بسیاری از زمینه‌ها نسبت به دیگر فلزات دارای برتری هستند [1]. خواص عمده نانو ذرات نقره عبارتند از: ایجاد نکردن حساسیت، پایداری زیاد، آب دوست بودن، سازگاری با محیط زیست، مقاوم در برابر حرارت، عدم ایجاد یا افزایش مقاومت و سازگاری در میکروارگانیسم‌ها. همچنین، قابلیت زیاد در اضافه شدن به الیاف، پلیمرها، سرامیک‌ها، سنگ‌ها، و رنگ‌ها بدون تغییر دادن خواص ماده دارند. خاصیت ضد باکتریایی نانوذرات نقره باعث گسترش کاربردهای آن در حوزه‌های نساجی، صنایع رنگ، سرامیک، داروسازی، کشاورزی، دامپروری، بسته‌بندی مواد غذایی و لوازم آرایشی-بهداشتی شده است [2-4]. روی هم رفته، با توجه به خواص منحصر به فرد نانوذرات، بکارگیری روش‌های تولیدی مناسب بمنظور دستیابی به نانوذرات با خواص بهینه، هزینه کم‌تر و محافظ محیط زیست از چالش‌های مهم در زمینه فناوری نانو می‌باشد.

روش‌های متعددی برای سنتز نانوذرات نقره وجود دارد که از آن جمله می‌توان روش‌های کاهش الکتروشیمیایی، کاهش فوتوشیمیایی، کاهش شیمیایی، مایسل معکوس، تجزیه حرارتی، و سونو شیمیایی را نام برد [5]. بین و همکارانش [6] برای سنتز نانوذرات نقره کروی شکل از روش الکتروشیمیایی با بکار بردن پلی وینیل پیرولیدین به عنوان یک پایدارکننده استفاده کردند. پلی وینیل پیرولیدین نه تنها سرعت رسوب دادن نقره را کاهش می‌دهد بلکه باعث افزایش همزمان سرعت تشکیل نقره می‌گردد و همچنین، از انباشتگی نانوذرات تشکیل شده جلوگیری می‌کند. کوک و همکارانش [7] نانوذرات نقره کروی را با میانگین اندازه ذرات 37 نانومتر با روش تابش مایکروویو تهیه و خاصیت ضد باکتریایی نانوذرات را در پنج غلظت متفاوت بررسی کردند. نتایج نشان دادند که خاصیت ضد باکتریایی این نانوذرات در مقابل باکتری با گرم مثبت نسبت به گرم منفی بیشتر است. لیو و همکارانش [8] نانوذرات نقره را در یک سیستم فاز آبی با

مخلوطی از کمپلکس سدیم آمونیا، سدیم بوروهیدرید و لوریک اسید با نسبت مولی 1:3:6 با روش کاهش شیمیایی سنتز کردند. نتایج نشان‌دهنده تشکیل نانوذرات نقره خالص باگستره اندازه بین 30 تا 50 نانومتر بود. خان و همکارانش [9] نیز نانوذرات نقره را با روش کاهش شیمیایی در گستره اندازه بین 10 تا 30 نانومتر تهیه کردند. در مطالعه آن‌ها کاهش نیترات نقره با کمک آنیلین در یک محلول آبی رقیق شامل ستیل تری متیل آمونیوم برمید (CTAB) انجام گرفت. نتایج نشان دادند که آنیلین به عنوان عامل کاهنده سبب تشکیل نانوذرات نقره می‌شود، اما تغییر غلظت آنیلین تاثیری بر شکل، اندازه و توزیع اندازه نانو ذرات ندارد. وانی و همکارانش [10] نانوذرات نقره را با روش سونوشیمیایی و با استفاده از دو عامل کاهنده گوناگون سنتز کردند. مطالعه آن‌ها نشان داد که سدیم بور هیدرات به عنوان یک عامل کاهنده قوی باعث تشکیل نانوذرات کروی با میانگین اندازه ذرات 10 نانومتر می‌شود، در حالی که سدیم سیترات که یک عامل کاهنده ضعیف است نانوذرات کوچک‌تری را تولید می‌کند. نانوکامپوزیت‌ها دسته جدیدی از مواد کامپوزیتی هستند که به علت بهبود در خواص در مقایسه با کامپوزیت‌های مرسوم توجهی ویژه را به خود جلب کرده‌اند [11]. در بین نانوکامپوزیت‌ها بیش‌ترین توجه به نانوکامپوزیت‌های پایه پلیمری معطوف شده است. یکی از دلایل گسترش نانوکامپوزیت‌های پلیمری، خواص بی نظیر مکانیکی، شیمیایی و فیزیکی آن‌هاست. نانوکامپوزیت‌های پلیمری عموماً دارای استحکام بالا، وزن کم، پایداری حرارتی بالا، رسانایی الکتریکی مطلوب و مقاومت شیمیایی بالایی هستند.

پژوهش‌ها نشان داده اند که نانوکامپوزیت‌های پلیمری حاوی نانوذرات نقره، پایداری حرارتی بالا و فعالیت ضد باکتریایی طولانی مدت دارند و با این حال، برای سلول‌ها و بافت‌های انسانی سمی نیستند. همچنین، این نانوکامپوزیت‌ها انتخابی مناسب برای از بین بردن گونه‌های متعددی از باکتری‌ها و قارچ‌ها هستند [12]. نانوکامپوزیت‌های پلیمر نقره با پلیمرهای زیادی از جمله چیتوسان، پلی اورتان، پلی استر، پلی آمید، پلی پروپیلن و پلی آکریلات تهیه شده و خواص ضد باکتریایی آن‌ها مورد

نشان دادند که نانوکامپوزیت‌های پلی اتیلن- نقره بر پارامترهای سینتیکی رشد باکتری‌های بررسی شده تاثیر دارند و در برابر باکتری استافیلوکوک اورئوس نسبت به اشرشیا کولی موثرترند. همچنین، مطالعه آن‌ها نشان داد که خاصیت ضدباکتریایی نانوکامپوزیت‌های نقره به غلظت نانوذرات نقره وابسته است. پانگ نپ و همکارانش [16] اثرات ضدباکتریایی ترموپلاست‌های گوناگون مانند پلی اتیلن با دانسیته متوسط، پلی استیرن، پلی اتیلن ترفتالات و پلی وینیل کلرید شامل کلئیدهای نانوذرات نقره را در شرایطی متفاوت مورد مطالعه قرار دادند. نتایج نشان دادند که هیچ کدام از ترموپلاست‌ها به تنهایی خاصیت ضد باکتریایی ندارند و تنها پلی وینیل کلرید باعث به تعویق افتادن رشد باکتری اشرشیا کولی می‌گردد. افزون بر این، وارد کردن مقدار بهینه کلئید نقره به همه ترموپلاست‌ها تا 99/9 درصد مانع رشد باکتری اشرشیا کولی می‌شود و در ممانعت رشد این باکتری، اثر پلی وینیل کلرید بیش از دیگر ترموپلاست‌های استفاده شده است. دهنوی و همکارانش [17] فیلم‌های نانوکامپوزیت پلی اتیلن- نقره را ساخته و فعالیت ضد باکتریایی آن‌ها را پس از مشخصه‌یابی بررسی کردند. براساس گزارش آن‌ها نتایج حاکی از فعالیت شدید ضد میکروبی و ضد باکتریایی فیلم‌ها در مقابل باکتری با گرم مثبت استافیلوکوک اورئوس است. بنابراین، می‌توان فیلم‌های پلیمری مورد پژوهش را در صنایع بسته‌بندی مواد غذایی استفاده کرد. هدف این پژوهش بررسی خاصیت ضد باکتریایی نانوذرات و نانوکامپوزیت‌های پلی اتیلن- نقره تهیه شده به روش آسیاکاری به عنوان یک روش جدید است. بدین منظور نانوذرات نقره و نانوکامپوزیت‌های پلی اتیلن- نقره تهیه و شناسایی شدند. پس از آن خاصیت ضد باکتریایی نانوذرات و نانوکامپوزیت‌های تهیه شده با درصدهای گوناگون نانوذرات نقره، در مورد دو باکتری استافیلوکوک اورئوس و اشرشیا کولی که به ترتیب گرم مثبت و گرم منفی هستند، انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

مواد اولیه بکار رفته برای تهیه نانوذرات نقره عبارتند از: نیترات نقره ($AgNO_3$) با درصد خلوص 0/99، سدیم بور

بررسی قرار گرفته است. تامبولی و همکارانش [13] نانوکامپوزیت‌های پلی آنیلین نقره را با روش پلیمریزاسیون همزمان و با استفاده از آمونیوم پر سولفات به عنوان عامل اکسیدکننده در حضور دودسیل بنزن سولفونیک اسید و نیترات نقره تهیه کردند. آن‌ها در این پژوهش فعالیت ضد باکتریایی بسیار خوبی را برای این نانوکامپوزیت‌ها در مقایسه با نانوذرات نقره خالص مشاهده کردند. دیپانویتا و همکارانش [1] نانوکامپوزیت متیل سلولز نقره را با روشی نسبتاً ساده و سریع با استفاده از نیترات نقره، هیدروکسید سدیم و محلول متیل سلولز تهیه و از روش بررسی هاله عدم رشد برای ارزیابی فعالیت ضدباکتریایی نانوکامپوزیت‌ها استفاده کردند. نتایج نشان دادند که این نانوکامپوزیت‌ها فعالیت ضد باکتریایی بسیار خوبی بر ضد میکروارگانیسم‌های گوناگون دارند. کوار و همکارانش [14] نانوکامپوزیت‌های کیتوسان-نقره را با جادادن نانوذرات نقره در پلیمر کیتوسان تهیه و شناسایی کردند. نتایج آن‌ها نشان داد که خاصیت ضد باکتریایی کیتوسان در حضور نانوذرات نقره در برابر باکتری‌های گوناگون به گونه شایان توجهی بهبود می‌یابد.

با مرور متون علمی، گزارش‌هایی نیز در زمینه بررسی خاصیت ضد باکتریایی نانوکامپوزیت‌های پلی اتیلن- نقره به چشم می‌خورد. سانچز والدس و همکارانش [11] فیلم‌هایی از نانوکامپوزیت‌های پلی اتیلن- نقره تهیه کردند. سپس خاصیت ضد میکروبی باکتری سودوموناس اولورانس¹ و قارچ آسپرژیلوس نیجر² را مورد بررسی قرار دادند. نتایج، اثرات ویژه این فیلم‌ها را در کنترل رشد قارچ نسبت به باکتری نشان داد. جوکار و همکارانش [15] نانوذرات نقره را با پلی اتیلن با دانسیته کم به روش اختلاط مذاب³ ترکیب نموده و سپس فیلم‌هایی از نانوکامپوزیت با قطر 0/7 نانومتر تهیه کردند. این پژوهشگران خاصیت ضد باکتریایی نانوکامپوزیت‌های نقره را در برابر باکتری‌های استافیلوکوک اورئوس⁴، اشرشیا کولی⁵ و کاندیدا آلبیکانس⁶ ارزیابی کردند. ارزیابی آن‌ها

¹-Pseudomonas oleovorans

²- Aspergillus nigar

³- Melt blending

⁴- Staphylococcus aureus

⁵-Escherichia coli

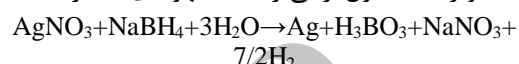
⁶-Candida albicans

مخلوط شد. سپس همه نمونه‌ها به مدت 15 دقیقه با شرایط یکسان آسیاکاری شدند. در این پژوهش از آسیای نوع 400 mm mixer mill با فرکانس 20 Hz استفاده گردید و تمام گلوله‌های مورد استفاده و ظرف آسیا از جنس فولاد زنگ نزن بود. بمنظور پخش یکنواخت نانوذرات نقره در زمینه از 40 گلوله با قطر 3 میلی متر و 20 گلوله با قطر 5 میلی متر استفاده و نسبت وزنی گلوله به پودر 3/5 ثابت نگه داشته شد.

جهت مشخصه‌یابی ساختاری نانو ذرات و نانوکامپوزیت‌ها با استفاده از الگوی پراش پرتو X، از دستگاه پراش سنج پرتو X با تابش $\text{CuK}\alpha$ (طول موج \AA 1,5406)، مدل Bruke/D8 ADVANCED در دمای اتاق و گستره 20 از 10 تا 80 درجه با گام 0,04 درجه استفاده شد. اندازه نانوذرات نقره تهیه شده به کمک تصاویر ثبت شده به وسیله میکروسکوپ الکترونی عبوری (TEM) مدل PHILIPS CM-120 مورد بررسی قرار گرفت. همچنین، بمنظور بررسی میکروساختار و چگونگی توزیع نانوذرات در زمینه نانوکامپوزیت، تصاویر میکروسکوپ الکترونی نمونه‌ها با دستگاه میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) مدل PHILIPS XL-30 ثبت گردید.

بررسی خاصیت ضد باکتری نانوکامپوزیت‌ها با اندازه‌گیری هاله عدم رشد باکتری‌ها در محوطه دیسک نانوذرات و نانوکامپوزیت‌ها انجام گرفت. بدین منظور از باکتری‌های استافیلوکوک اوریوس و اشرشیا کولی که به ترتیب گرم مثبت و گرم منفی هستند، استفاده شد. باکتری استافیلوکوک اوریوس منشا عفونت‌های چشمی، پوستی، استخوان و مفاصل و باکتری اشرشیاکولی منشا عفونت‌های ادراری، خونی و بیمارستانی است. همچنین، از نوترینت اگر به عنوان محیط کشتی که در آن باکتری‌های مورد نظر به خوبی رشد می‌کنند، استفاده شد. هر کدام از باکتری‌ها در دو ظرف استریل روی محیط کشت پخش شد. محیط کشت از پپتون، اگر و عصاره گوشت ساخته شد. برای بررسی اثر ضد باکتریایی نانوذرات نقره مقدار 0,25، 0,50 و 0,75 گرم نانوذره نقره جداگانه در یک سی سی آب پراکنده گردیده، به ظرف استریل منتقل شده، و دیسک‌هایی از نوع بلانک استریل در داخل آن‌ها قرار گرفت، به گونه‌ای که روی سطح دیسک را کامل بپوشاند.

هیدرات (NaBH_4) و پلی وینیل پیرولیدین (PVP) با میانگین وزن مولکولی 40000، بمنظور تهیه نانوذرات به روش کاهش شیمیایی، ابتدا 1,53 گرم نیترات نقره با 933/، گرم پلی وینیل پیرولیدین مخلوط شده و 250 میلی لیتر آب دوبار تقطیر به آن اضافه شد. محلول مورد نظر به کمک همزن مغناطیسی تا حل کامل دو ماده هم زده شد. با افزودن سدیم بور هیدرات، نانوذرات نقره پس از هم‌زدن در زمان معینی بر اساس واکنش شیمیایی زیر، تشکیل گردید و رنگ محلول از بی رنگ به قهوه‌ای تغییر یافت.



در ادامه نانو ذرات تهیه شده به وسیله سانتریفوژ جدا شد. رسوبات تشکیل شده پس از شستشوی چندباره با آب مقطر، در دستگاه آون خلا در دمای 40 درجه سانتی‌گراد و به مدت 12 ساعت کاملاً خشک شد.

در این روش از سدیم بور هیدرات به عنوان عامل کاهنده و PVP به عنوان یک عامل محافظت‌کننده استفاده شده است. در بین تمام پلیمرهایی که به عنوان پایدارکننده و یا محافظت‌کننده نانو ذرات نقره استفاده می‌شوند، PVP به دلیل ساختار منحصر بفرد خود مورد توجه بسیار قرار دارد [18]. مکانیسم حفاظتی PVP که به وسیله پژوهشگران زیادی مورد بحث قرار گرفته، شامل سه مرحله است [19]: ابتدا PVP جفت الکترون‌های آزاد اتم‌های اکسیژن و نیتروژن خود را به اوربیتال‌های sp یون‌های نقره می‌بخشد و بنابراین، کمپلکس کوئوردینانسی یون‌های نقره و PVP در محلول آبی شکل می‌گیرد. در نتیجه عامل کاهنده با کمپلکس یون نقره-PVP بر هم کنش می‌کند. در مرحله بعد، PVP سرعت هسته زایی فلز نقره را سرعت می‌بخشد؛ بدین دلیل که کمپلکس یون نقره-PVP آسان‌تر از یون نقره خالص کاهیده می‌شود. در مرحله آخر PVP با داشتن اثرات فضایی از انباشتگی و رشد دانه‌ها جلوگیری می‌کند. [19].

بمنظور ساخت نانوکامپوزیت‌های پلی اتیلن- نقره از نانو ذرات نقره تهیه شده به عنوان تقویت‌کننده و از پلی اتیلن با دانسیته متوسط به عنوان زمینه استفاده شد. روش بکار رفته برای ساخت نانوکامپوزیت‌ها، روش آسیاکاری مکانیکی بود. بدین ترتیب که ابتدا پودر پلی اتیلن با 5، 10، 20 و 30 درصد وزنی نانوذرات نقره

آمده اندازه میانگین نانوبلورک‌های نقره برابر 21/7 نانومتر برآورد می‌شود. اندازه میانگین نانوذرات مشاهده شده در تصویر TEM (شکل 1) نیز نتیجه تخمین اندازه نانوبلورک‌ها را تایید می‌کند. اندازه میانگین نانوذرات تهیه شده مشابه با آنچه سایر پژوهشگران در مورد نانوذرات تهیه شده به روش کاهش شیمیایی گزارش کرده‌اند، است. از جمله اندازه میانگین 23/8 نانومتر [21] و 21 نانومتر [22] با استفاده از نیترات نقره، سدیم بور هیدرات و پلی وینیل پیرولیدین، اندازه میانگین 36 نانومتر [17] با استفاده از نیترات نقره، فروکتوز و دی آمونیم هیدروژن سیترات و اندازه بین 10 تا 30 نانومتر [9] با استفاده از نیترات نقره، آنیلین و ستیل تری متیل آمونیوم برمید (CTAB) را می‌توان نام برد.

در شکل 2 الگوی پراش پرتو X برای نانو کامپوزیت پلی‌اتیلن-نقره 10 درصد که با نماد PESN10 نمایش داده می‌شود، نشان داده شده است. همان گونه که در شکل مشخص شده است دو قله بلورین 23/9 و 21/5 درجه که به ترتیب متناظر با دسته صفحات (110) و (200) هستند مربوط به پلی اتیلن و قله‌های مشاهده شده در 2θ های 38/1، 44/3، 64/4 و 77/4 به ترتیب متناظر با دسته صفحات (111)، (200)، (220) و (311)، مربوط به نانوذرات نقره هستند.

بمنظور بررسی ریخت شناسی و چگونگی توزیع نانوذرات در زمینه پلی اتیلن از تصاویر SEM و TEM نانوکامپوزیت‌ها استفاده شد که یکی از این تصاویر (مربوط به نمونه پلی‌اتیلن-نقره 20 درصد با نماد PESN20) در شکل 3 ارائه شده است. همان گونه که در این تصاویر مشاهده می‌شود با آن که نانوذرات کروی نقره در اثر آسیاکاری اندکی تجمع یافته‌اند، ولی می‌توان تاثیر مطلوب آسیاکاری مکانیکی را در پراکنده کردن نانوذرات در زمینه پلی اتیلن به روشنی مشاهده کرد. عدم انباشتگی مشاهده شده را می‌توان به پایدارکننده PVP که در تهیه نانوذرات استفاده شده است، نسبت داد [20].

هم‌چنین، از آنتی بیوتیک سولفامتازول¹ به عنوان شاهد استفاده شد.

همه ترموپلاست‌ها مانند پلی اتیلن با دانسیته متوسط، پلی استیرن، پلی وینیل کلرید، پلی اتیلن تترافتالات و ... اثر ضد باکتریایی ندارند [12 و 16]. بنابراین، برای بررسی اثر ضد باکتریایی نانوکامپوزیت های پلی اتیلن-نقره 5، 10، 20 و 30 درصد، مقدار 0/5 گرم از هر کدام وزن شد و مراحل بالا به ترتیب مشابه تکرار گردید. ظرف های استریل در بسته در انکوباتور در دمای 37 درجه سانتی‌گراد قرار گرفت و پس از گذشت 24 ساعت هاله عدم رشد در اطراف هریک از دیسک‌ها مشاهده شد. در نهایت، با مقایسه قطر هاله اثر ضدباکتریایی نانوذرات نقره و نانوکامپوزیت‌ها تعیین شد.

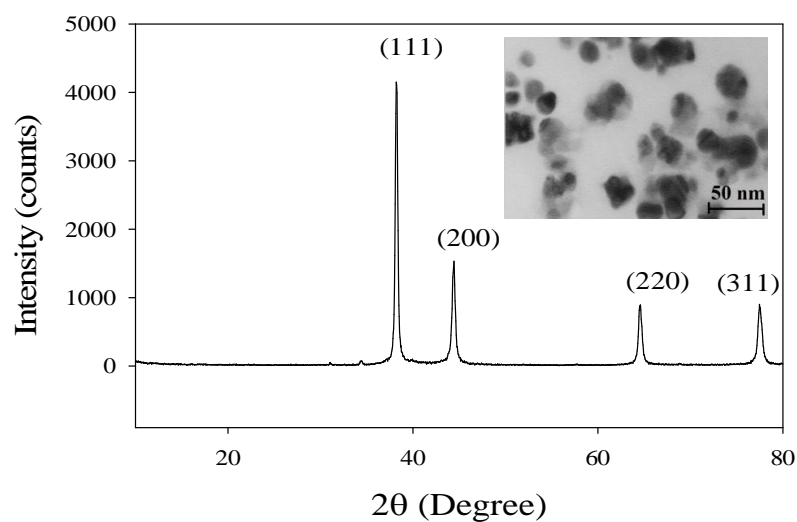
نتایج و بحث

شکل 1 الگوی پراش پرتو X و تصویر میکروسکوپ الکترونی عبوری نانوذرات نقره را نشان می‌دهد. با توجه به شکل مشاهده می‌شود که الگوی پراش پرتو X نانوذرات نقره دارای چهار قله در 2θ های 38/4، 44/3، 64/4 و 74/4 درجه است که به ترتیب متناظر با دسته صفحات (111)، (200)، (220) و (311) هستند. هم‌چنین، این الگو ساختار مکعبی مرکزوجهی (FCC) نانوذرات نقره را تایید می‌کند. از آن‌جا که قله‌ها کاملاً کشیده بوده و دارای پهنای کم هستند، می‌توان نتیجه گرفت که نمونه کاملاً بلورین است. هم‌چنین، نبود هرگونه قله اضافی در الگوی پراش پرتو X حاکی از عدم حضور هرگونه فاز ناخالصی در نانوذرات تشکیل شده است. اندازه بلورک‌های نانوذرات نقره را می‌توان با توجه به پهن شدگی قله‌ها به کمک رابطه دبای-شرر (معادله 1) محاسبه کرد [20]:

$$L_{hkl} = 0.9\lambda / \beta \cos\theta \quad (1)$$

در این معادله L_{hkl} اندازه نانو بلورک برحسب نانومتر، θ زاویه تابش پرتو ورودی مربوط به قله (hkl) ، λ طول موج پرتو X در اینجا برابر با 0/15046 نانومتر و β پهنای قله مورد نظر در نیمه ارتفاع بیشینه بر حسب رادیان است. نتایج به ازای قله‌های مربوط به دسته صفحات گوناگون در جدول 1 نشان داده شده است. با توجه به نتایج بدست

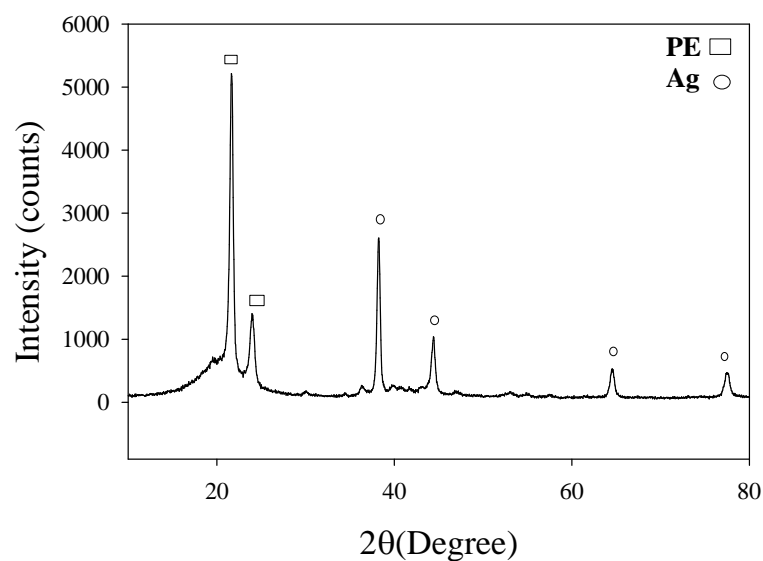
¹ - Sulfamethoxazol



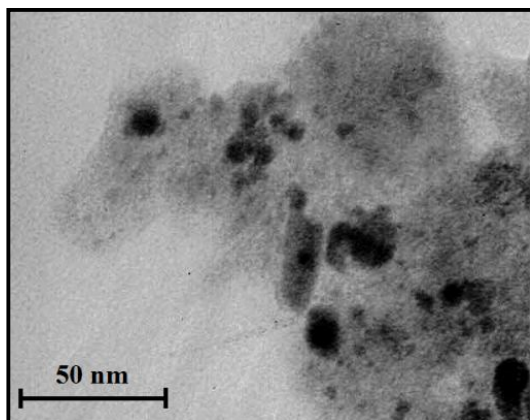
شکل ۱- الگوی پراش پرتو X نانوذرات نقره-داخل: تصویر TEM نانوذرات نقره.

جدول ۱- اندازه نانوبلورک های نقره محاسبه شده از رابطه شرر متناظر با دسته صفحات گوناگون.

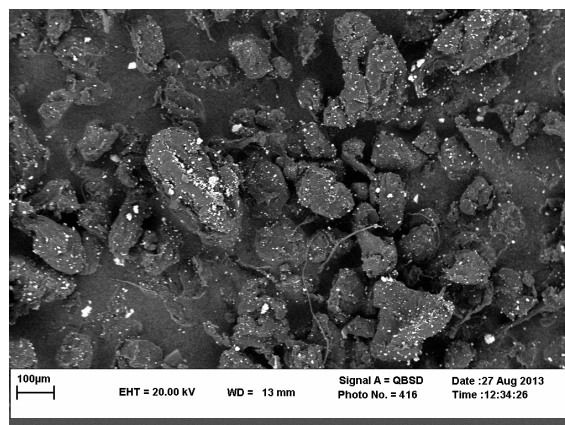
(111)	(200)	(220)	(311)	دسته صفحه (hkl)
25,2	22,2	20,4	19,0	اندازه نانوبلورک (nm)



شکل ۲- الگوی پراش پرتو X نمونه PESN10 پس از ۱۵ دقیقه آسیاکاری.



(الف)



(ب)

شکل ۳- (الف) تصویر میکروسکوپ الکترونی روبشی SEM و (ب) تصویر میکروسکوپ الکترونی عبوری TEM مربوط به نمونه PESN20.

گزارش شده است [28 و 29]. فعالیت ضد باکتریایی بیشتر نانوذرات نقره در مقابل باکتری استافیلوکوک اوربوس به دلیل اختلاف در ساختار دیواره سلولی بین باکتری با گرم مثبت و گرم منفی است. با این توضیح که دیواره سلول باکتری با گرم منفی شامل لیپید، پروتئین و لیپوپلی ساکارید^۱ است. این دیواره دفاع موثرتری در مقابل باکشنده های زیستی^۲ در مقایسه با باکتری با گرم مثبت که دارای پوسته خارجی لیپو پلی ساکارید نیست، دارد [28 و 29].

تصاویر مربوط به بررسی اثر ضد باکتریایی نانوکامپوزیت پلی اتیلن-نقره نیز در شکل 5 برای دو باکتری استافیلوکوک اوربوس (شکل الف) و اشرشیا کولی (شکل ب) نشان داده شده است. هاله ایجاد شده پیرامون دیسک‌ها نشان دهنده خاصیت ضد باکتریایی نمونه‌هاست. ملاحظه می‌گردد قطر هاله با افزایش درصد نانوذرات نقره در نمونه‌ها از 5 درصد به 30 درصد افزایش می‌یابد. با توجه به شکل 5 مشاهده می‌شود با وجود مقدار بسیار کم نانوذرات نقره در نمونه‌های نانوکامپوزیت، هاله عدم رشد در اطراف دیسک‌ها بوجود می‌آید.

نتیجه‌گیری

در این پژوهش نانوذرات نقره با بلورینگی و خلوص بالا و میانگین اندازه نانوبلورک 21/7 نانومتر به روش کاهش

شکل 4 نتایج بررسی اثر ضد باکتریایی نانوذرات نقره را در مورد دو باکتری استافیلوکوک اوربوس (شکل الف) و اشرشیا کولی (شکل ب) نشان می‌دهد. هاله ایجاد شده در اطراف دیسک‌ها نشان می‌دهد که نانوذرات نقره تهیه شده مطابق انتظار و با توجه به گزارش‌های پیشین [25-23] دارای خاصیت ضد باکتریایی برای هر دو باکتری مورد پژوهش هستند. قطر هاله ایجاد شده پیرامون نمونه‌ها در هر دو باکتری با افزایش مقدار نانوذرات نقره افزایش می‌یابد. با وجود این که مکانیسم اثر نانوذرات نقره بر باکتری‌ها به گونه کامل شناخته نشده است، ولی اتصال به سطح و از بین بردن عملکرد غشای سلولی باکتری‌ها به عنوان مهم‌ترین مکانیسم مرگ باکتری توسط نانوذرات نقره عنوان شده است [26 و 27]. بنابراین، می‌توان مکانیسم اصلی ویژگی‌های ضدباکتریایی نانوذرات نقره را چسبیدن و رسوخ کردن به دیواره سلول باکتری دانست. سپس نانوذرات نقره نفوذ کرده به داخل سلول، سیگنال دهی سلولی را با فسفر زدایی لایه‌های پپتیدی اصلی تعدیل می‌کنند که بر حیات و تکثیر سلول تاثیرگذار است [27].

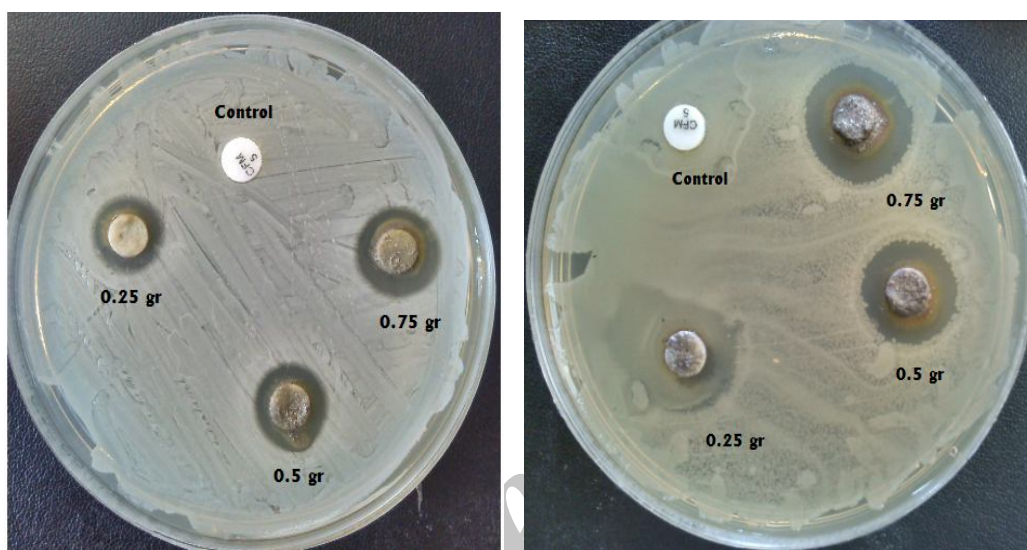
همان گونه که در شکل 4 مشاهده می‌شود قطر هاله ایجاد شده برای شکل الف، مربوط به باکتری استافیلوکوک اوربوس (گرم مثبت)، نسبت به شکل ب، مربوط به باکتری اشرشیاکولی (گرم منفی)، بیش‌تر است. نتایج مشابهی حاکی از مقاومت بیش‌تر باکتری با گرم منفی نسبت به باکتری با گرم مثبت در مقابل نانوذرات نقره پیش‌تر نیز

¹ - Lipopolysaccharids (LPS)

² - Biocides

استافیلوکوک اورئوس (گرم مثبت) نسبت به باکتری اشرشیا کولی (گرم منفی) بیش تر است. همچنین، خاصیت ضد میکروبی نانوکامپوزیت پلی اتیلن-نقره به وسیله هاله عدم رشد ایجاد شده در اطراف دیسک‌ها نشان داده شد. افزون بر این، قطر هاله ایجاد شده اطراف نمونه‌ها در هر دو باکتری با افزایش مقدار نانوذرات نقره بر اساس انتظار افزایش می‌یابد.

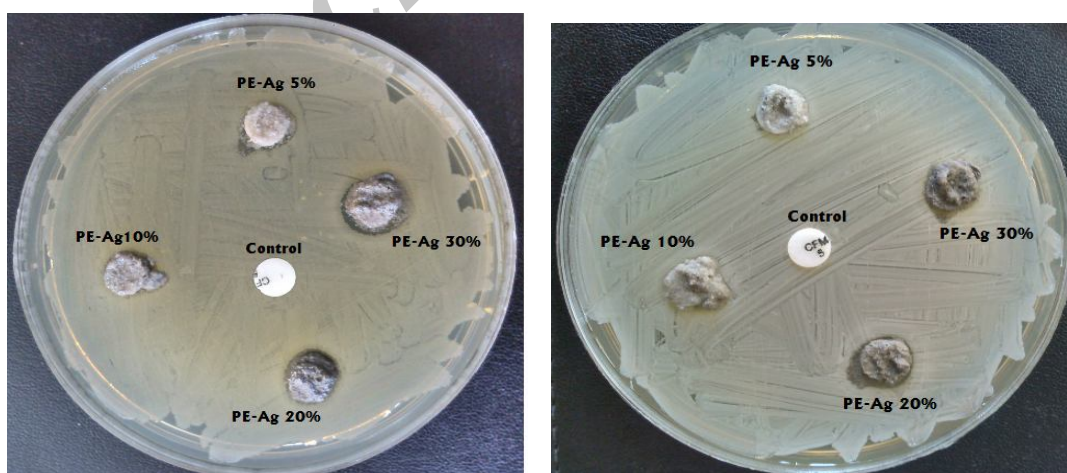
شیمیایی تهیه و با روش‌های XRD و TEM شناسایی شدند. سپس نانوکامپوزیت‌های پلی‌اتیلن-نقره با درصد‌های وزنی گوناگون نقره تهیه و با روش‌های XRD، TEM و SEM مشخصه‌یابی شدند. خاصیت ضد باکتری نمونه‌ها با اندازه‌گیری هاله عدم رشد باکتری‌های استافیلوکوک اورئوس و اشرشیاکولی در محوطه دیسک نانوذرات و نانوکامپوزیت‌ها انجام گرفت. نتایج نشان دادند که قطر هاله ایجاد شده در نمونه نانوذره نقره برای باکتری



(الف)

(ب)

شکل ۴- تصاویر مربوط به کشت میکروبی در حضور نانوذرات نقره برای الف) باکتری استافیلوکوک اورئوس و ب) باکتری اشرشیا کولی.



(الف)

(ب)

شکل ۵- تصاویر مربوط به بررسی خاصیت ضد میکروبی نانو کامپوزیت‌های پلی اتیلن-نقره در برابر دو گونه باکتری: الف) استافیلوکوک اورئوس و ب) اشرشیا کولی.

References

- 1- D. Maity, Md. M. R. Mollick, D. Mondal, B. Bhowmick, M. K. Bain, K. Bankura, J. Sarkar, K. Acharya, and D. Chattopadhyay, "Synthesis of Methylcellulose-Silver Nanocomposite and Investigation of Mechanical and Antimicrobial Properties", *Carbohydrate Polymers*, vol. 90, pp. 1818-1825, 2012.
- 2- D. L. Boschetto, L. Lerin, R. Cansian, S.B.C. Pergher, and M. D. Luccio, "Preparation and Antimicrobial Activity of Polyethylene Composite Films with Silver Exchanged Zeolite-Y", *Chemical Engineering Journal*, vol. 204-206, pp. 210-216, 2012.
- 3- م. ح. غلامی شعبانی، ا. ایمانی، م. چمنی، م. رزاقی ابیانه، غ. ح. ریاضی، م. چپانی، س. خادمی، و ع. اکبرزاده، " بررسی خواص آنتی باکتریال سطوح دارای پوشش نانو ذرات نقره زیست سنتز شده با قارچ فوزاریوم اگزیسپوروم و باکتری اشرشیاکلی"، *مجله تازه های بیوتکنولوژی سلولی - مولکولی*، دوره دوم، شماره 6، سال 1391.
- 4- ن. بهرمندی طلوع، م. ح. فتحی، ا. منشی، و ا. مرتضوی، ف. شیرانی، م. محمدی سیچانی، " سنتز و ارزیابی رفتار ضدباکتریایی نانوذرات تیتانیا دوپ شده با نقره به عنوان یک افزودنی ضد باکتریایی به مواد دندانی"، *مجله مواد نوین*، جلد 4، شماره 1، سال 1392.
- 5- P. Sivakumar, C. Nethradevi, and S. Reganathan, "Synthesis of Silver Nanoparticles Using Lantana Camara Fruit Extract and Its Effect on Pathogens", *Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research*, vol. 5, pp. 97-101, 2012.
- 6- B. Yin, H. Ma, S. Wang, and S. Chen, "Electrochemical Synthesis of Silver Nanoparticles Under Protection of Poly(N-vinylpyrrolidone)", *Journal Physical Chemistry B*, vol. 107, pp. 8898-8904, 2003.
- 7- S. W. Chook, C. H. Chia, S. Zakaria, M. K. Ayob, K. L. Chee, N. M. Huang, H. M. Neoh, H. N. Lim, R. Jamal, and R. M. F. R. A. Rahman, "Antibacterial Performance of Ag Nanoparticles and AgGO Nanocomposites Prepared Via rapid microwave-assisted Synthesis Method", *Nanoscale Research Letters*, vol. 7, pp. 541-548, 2012.
- 8- J. Liu, X. Li, and X. Zeng, "Silver Nanoparticles Prepared by Chemical Reduction-Protection Method, and Their Application in Electrically Conductive Silver Nanopaste", *Journal of Alloys and Compounds*, vol. 494, pp.84-87, 2010.
- 9- Z. Khan, S. A. Al-Thabaiti, A. Y. Obaid, and A.O. Al-Youbi, "Preparation and Characterization of Silver Nanoparticles by Chemical Reduction Method", *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, vol. 82, pp.513-517, 2011.
- 10- I. A. Wani, A. Ganguly, J. Ahmed, and T. Ahmad, "Silver nanoparticles: Ultrasonic wave Assisted Synthesis, Optical Characterization and Surface Area Studies", *Materials Letters*, vol. 65, pp. 520-522, 2011.
- 11- S. Sanchez-Valdes, H. Ortega-Ortiz, L. F. Ramos-de Valle, F. J. Medellin-Rodriguez, and R. Guedea-Miranda, "Mechanical and Antimicrobial Properties of Multilayer Films with a Polyethylene/Silver Nanocomposite Layer", *Journal of Applied Polymer Science*, vol. 111, pp.953-962, 2009.
- 12- P.A. Zapata, L. Tamayo, M. Paez, E. Cerda, I. Azocar, and F.M. Rabagliati, "Nanocomposites Based on Polyethylene and Nanosilver Particles Produced by Metallocenic "In Situ" Polymerization: Synthesis, Characterization, and Antimicrobial Behavior", *European Polymer Journal*, vol. 47, pp. 1541-1549, 2011.
- 13- M.S. Tamboli, M.V. Kulkarni, R.H. Patil, W.N. Gade, S.C. Navale, and B.B. Kale, "Nanowires of Silver-Polyaniline Nanocomposite Synthesized Via in Situ Polymerization and Its Novel Functionality as an Antibacterial Agent", *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, vol. 92 pp. 35- 41, 2012.
- 14- P. Kaur, A. Choudhary, and R. Thakur, "Synthesis of Chitosan-Silver Nanocomposites and Their Antibacterial Activity", *International Journal of Scientific & Engineering Research*, vol. 4 pp. 869-872, 2013.
- 15- M. Jokar, R. A. Rahman, N. A. Ibrahim, L. C. Abdullah, and C. P. Tan, "Melt Production and Antimicrobial Efficiency of Low- Density Polyethylene (LDPE)-Silver Nanocomposite Film", *Food and Bioprocess Technology*, vol. 5, pp. 719-728, 2012.
- 16- W. Pongnop, K. Sombatsompop, A. Kositchaiyong, and N. Sombatsompop, *Journal of Applied Polymer Science*, vol. 122, pp. 3456-3465, 2011.

- 17- A. S. Dehnavi, A. Aroujalian, A. Raisi, and S. Fazel, "Preparation and Characterization of Polyethylene/Silver Nanocomposite Films with Antibacterial Activity", *Journal of Applied Polymer Science*, vol. 127, pp. 1180-1190, 2013.
- 18- D. Malina, A. Sobczak-Kupiec, Z. Wzorek, and Z. Kowalski, "Silver Nanoparticles Synthesis with different concentrations of Polyvinylpyrrolidone", *Digest Journal of Nanomaterials and Biostructures*, vol. 7, pp. 1527-1534, 2012.
- 19- Z. Zhang, B. Zhao, and L. Hu, "PVP protective Mechanism of Ultrafine Silver Powder Synthesized by Chemical Reduction Processes", *Journal of Solid State Chemistry*, vol. 121, pp. 105-110, 1996.
- 20- K. Shameli, M. B. Ahmad, S. D. Jazayeri, S. Sedaghat, P. Shabanzadeh, H. Jahangirian, M. Mahdavi, and Y. Abdollahi, "Synthesis and Characterization of Polyethylene Glycol Mediated Silver Nanoparticles by the Green Method", *International Journal of Molecular Sciences*, vol. 13, pp. 6639-6650, 2012.
- 21- E. K. Goharshadi, and H. Azizi-Toupkanloo, "Silver Colloid Nanoparticles: Ultrasound-Assisted Synthesis, Electrical and Rheological Properties", *Powder Technology*, vol. 237, pp. 97-101, 2013.
- 22- V. Dong, P. V. Dong, C. H. Ha, L. T. Binh, and J. Kasbohm, "Chemical synthesis and Antibacterial Activity of Novel-Shaped Silver Nanoparticles. *International Nano Letters*", vol. 2, pp. 1-9.
- 23- P. Prema, and R. Raju, "Fabrication and Characterization of Silver Nanoparticle and Its Potential Antibacterial Activity", *Biotechnology and Bioprocess Engineering*, vol. 14, pp. 842-847, 2009.
- 24- G.A. Martinez-Castanon, N. Nino-Martinez, F. Martinez-Gutierrez, J.R. Martinez-Mendoza, and F. Ruiz, "Synthesis and Antibacterial Activity of Silver Nanoparticles with Different Sizes", *Journal Nanoparticles Research*, vol. 10, pp. 1343-1348, 2008.
- 25- A. Hebeish, A. El-Shafei, S. Sharaf, and S. Zaghoul, "Novel precursors for green Synthesis and Application of Silver Nanoparticles in the Realm of Cotton Finishing", *Carbohydrate Polymers*, vol. 84, pp. 605-613, 2011.
- 26- C. Marambio-Jones, and E. Hoek, "A Review of the Antibacterial Effects of Silver Nanomaterials and Potential Implications for Human Health and the Environment", *Journal Nanoparticles Research*, vol. 12, pp. 1531-51, 2010.
- 27- ن. نظافتی، و س. پورآقایی، "سنتز نانوذرات نقره با ساختار مثلثی شکل و بررسی خواص ضدباکتریایی آن ها بر روی باکتری های گرم منفی و گرم مثبت"، *مجله مواد و فناوری های پیشرفته*، جلد 2، شماره 4، 1392.
- 28- T. Maneerung, S. Tokura, and R. Rujiravanit, "Impregnation of Silver Nanoparticles into Bacterial Cellulose for Antimicrobial Wound Dressing", *Carbohydrate Polymers*, vol. 72, pp. 43-51, 2008.
- 29- R.S. Patil, M.R. Kokate, P.P. Salvi, and S.S. Kolekar, "A Novel one Step Synthesis of Silver Nanoparticles Using Room Temperature Ionic Liquid and Their Biocidal Activity", *Comptes Rendus Chimie*, vol. 14, pp. 1122-1127, 2011.