

## تهیه، شناسایی ساختار و ویژگی ضدباکتری نانوجدسازهای پلی(آترانیلیک اسید)/نقره

حسین حسین‌زاده<sup>۱\*</sup> و بهاره رضاپور<sup>۲</sup>

۱- دانشیار شیمی آلی، دانشکده شیمی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد شیمی آلی، دانشکده شیمی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

دریافت: مهر ۱۳۹۷، بازنگری: اسفند ۱۳۹۷، پذیرش: فروردین ۱۳۹۸

**چکیده:** نانوجدسازها نیز به‌عنوان یکی از شاخه‌های این فناوری، اهمیت بسیاری یافته‌اند. در پژوهش حاضر، نانوجدسازهای پلی(آترانیلیک اسید)/نانوذره‌های نقره با روش اسپارش اکسایشی درجا با ویژگی ضدباکتری تهیه شد. ساختار نانوجدسازهای تهیه‌شده با روش‌های طیف‌سنجی فروسرخ تبدیل فوریه (FTIR)، طیف‌سنجی تفکیک انرژی (EDS)، پراش پرتو ایکس (XRD)، میکروسکوپی الکترونی روبشی (SEM)، میکروسکوپی الکترونی عبوری (TEM) و تجزیه وزن‌سنجی گرمایی (TGA) مورد بررسی قرار گرفت. نتایج به‌دست آمده نشان داد که میانگین اندازه نانوذره‌های نقره تهیه‌شده به‌تقریب ۲۰ نانومتر است. با روش‌های متنوع دستگاهی، تهیه نانوجدسازهای پلی‌آترانیلیک اسید و تشکیل نانوذرات نقره اثبات شد. در ادامه، بررسی ویژگی ضدباکتری نانوجدساز تهیه‌شده نیز مطابق با روش انتشار صفحه انجام شد. برپایه این روش، ناحیه بازدارندگی رشد باکتری‌ها (قطر هاله) برای نانوجدسازها، از ۱٫۶ تا ۴٫۵ میلی‌متر به‌دست آمد. نتایج نشان داد که نانوجدسازهای پلی‌آترانیلیک اسید از ویژگی ضدباکتری قابل قبولی برخوردار است. به‌طور خلاصه، نتایج به‌دست آمده نشان داد که نانوجدسازهای تهیه‌شده با ویژگی ضدباکتری می‌توانند در کاربردهای پزشکی و همچنین، تصفیه آب و پساب‌های صنعتی به‌کار گرفته شوند.

**واژه‌های کلیدی:** نانوجدساز، آترانیلیک اسید، نانوذره‌های نقره

### مقدمه

تشکیل‌شده‌اند که اندازه و شکل‌های متفاوتی مثل بلوری، کروی، سوزنی، بی‌شکل را شامل می‌شوند. نانوجدسازها از ترکیب با فلزهای متفاوت به‌دست می‌آیند که برای کاربردهای متفاوت مورد استفاده قرار می‌گیرند که از بین این فلزها، نقره جایگاه ویژه‌ای دارد [۳ تا ۵]. ویژگی ضد میکروبی ترکیب‌های نقره از گذشته بسیار دور مورد توجه قرار گرفته و کاربردهای

امروزه نانوفناوری به دلیل کاربرد وسیع و فراوان در علوم و صنایع با سرعت بالایی در حال رشد است. نانوفناوری علمی است که بر پایه نانوذره‌ها استوار است [۱ و ۲]. نانوذره‌ها موادی با ساختار سه‌بعدی هستند که اندازه آن‌ها از ۱ تا ۱۰۰ نانومتر متغیر است. این مواد از ده‌ها و یا صدها اتم یا مولکول

فراوانی در ضدعفونی کردن وسایل پزشکی، تصفیه آب، بهبود زخم‌ها، کرم‌ها، لوسیون‌ها و پمادهای ضدباکتری دارند [۶ تا ۹]. کوچک کردن ذره‌های این فلز موجب افزایش فعالیت آن شده و ویژگی ضدباکتری آن را افزایش می‌دهد. ویژگی ضدباکتری بودن نقره به دلیل انتشار آرام و آهسته اما مداوم یون‌های نقره است.

در میان کاتیون‌های فلزی، یون نقره به داشتن بیش‌ترین ویژگی ضد میکروبی در مقابل طیف گسترده‌ای از ریزاندامگان شناخته شده است. به طوری که افزون بر باکتری‌ها، بر قارچ‌ها و ویروس‌ها هم مؤثر است [۱۰ تا ۱۲]. ویژگی ضد میکروبی آن درازمدت است و فراریت کمی دارد. پژوهش‌ها نشان داده‌اند که نانوجندسازهای بسیاری حاوی نانوذره‌های نقره، پایداری گرمایی بالا و فعالیت ضدباکتری طولانی مدت دارند و با این حال، برای سلول‌ها و بافت‌های انسانی سمی نیستند [۱۰ تا ۱۲]. همچنین، این نانوجندسازها انتخابی مناسب برای از بین بردن گونه‌های زیادی از باکتری‌ها و قارچ‌ها هستند [۱۳]. در واقع، به دلیل فعالیت‌های بی‌همتای نانوذره‌های نقره در مقابله با فرایندهای نامطلوب مانند رشد میکروبی، این نانوذره‌ها در نانوزیست‌فناوری عوامل مفیدی بشمار می‌روند. به عبارت بهتر، دلیل عمده کاربرد فزاینده نانوجندسازهای بر پایه نقره در علم پزشکی ویژگی مانند ضدباکتری بودن [۱۴]، ضدپلاکت‌های خونی [۱۵]، ضدتکثیر [۱۶] و اشتعال‌ناپذیر بودن [۱۷] و ضد سرطان بودن [۱۸] آن‌ها است. نانوجندسازهای بر پایه نقره به دلیل سطح تماس بالا قدرت نفوذ زیادی به داخل باکتری خواهند داشت. نانوجندسازهای بسیار نقره با بسپارهای زیادی مانند کیتوسان، پلی‌اورتان، پلی‌استر، پلی‌آمید، پلی‌پروپیلن و پلی‌آکریلات تهیه شده و ویژگی ضدباکتری آن‌ها مورد بررسی قرار گرفته است [۱۹ تا ۲۳].

با توجه به کاربردهای روزافزون نانوذره نقره در زمینه‌های متفاوت، در سال‌های اخیر روش‌های متنوعی برای تولید نانوذره‌های نقره آورده شده است که هر کدام از این روش‌ها دارای فواید و مضراتی هستند. در عمل، نانوذرات نقره تهیه شده از روش‌های متفاوت، اندازه، شکل و ریخت‌های متفاوتی

دارند و برای کاربردهای متفاوتی به کار گرفته می‌شوند. مهم‌ترین روش‌های تهیه نانوذره‌ها شامل تهیه فاز بخار نانوذرات، نورکافت یا روش پرتوکافت گاما، روش الکتروشیمی و تهیه از طریق کاهش شیمیایی هستند بهر حال، به کارگیری مواد خطرناک شیمیایی، نیاز به شرایط ویژه (مانند دما و فشار) دارد. گران بودن مواد، زمان بردن و ایجاد خطرات خفته برای محیط‌زیست از مهم‌ترین معایب روش‌های یادشده هستند [۲۴]. از این رو، نیاز به روشی با قیمت کم و بدون تولید مواد سمی و همچنین، بدون آسیب‌های زیست‌محیطی رو به افزایش است. یکی از روش‌های تولید نانوذره‌ها، تولید به روش زیستی (سبز) است [۲۵] و امروزه توجه به این روش برای تولید نانوذره‌ها رو به افزایش است. همچنین، کاهش شیمیایی، به سبب سادگی روش تولید و توانایی کنترل شکل و اندازه نانوذره‌ها، یکی از رایج‌ترین روش‌های ساخت این نانوذره‌های فلزی است [۲۶]. از جمله مزایای دیگر روش کاهش شیمیایی می‌توان به شرایط ملایم عملیاتی، بازدهی بالا و انرژی کم مورد نیاز آن اشاره کرد [۲۷]. همچنین، به دلیل هزینه پایین و سرعت تولید بالا، می‌توان از این روش برای تولید انبوه نیز بهره گرفت. تهیه سبز و پاک این نانوجندسازها شامل سه مرحله اساسی انتخاب حلال مناسب، عامل کاهنده مناسب و عامل پوشاننده غیرسمی است. در تهیه شیمیایی، مواد زیست سازگار متفاوتی مانند نشاسته [۲۸]، سدیم آلزینات [۲۹] و کیتوسان [۳۰] به عنوان عوامل پوشاننده برای تهیه سبز نانوذره‌های نقره به کار گرفته شده است.

در این پژوهش، نانوجندسازهای جدید بر پایه پلی(آترانلیک اسید) با ویژگی ضدباکتری تهیه شد. برای این منظور، ابتدا از راه بسپارش اکسایشی شیمیایی درجای تکپار آترانلیک اسید با کمک عامل اکسنده آمونیم پرسولفات، پلی(آترانلیک اسید) تهیه شد. سپس، نانوذره‌های نقره از راه واکنش کاهش درجای یون‌های نقره با محلول سدیم بوروهیدرید تهیه شد. در ادامه، ساختار نمونه‌ها با روش‌های طیف‌سنجی و در انتها نیز رفتار ضدباکتری فرآورده مورد بررسی قرار گرفت. لازم به ذکر است که

## 1. Microorganism

غلظت (۰٫۱ مولار) در دمای اتاق به آرامی و به همراه هم‌زدن به مخلوط واکنش افزوده و مشاهده شد که رنگ محلول به سیاه تغییر رنگ می‌دهد که نشان‌دهنده تشکیل نانوذره‌های نقره است. فراورده جامد به دست آمده چندین مرتبه با آب مقطر و اتانول شسته شد. در انتها، پس از غوطه‌ور کردن فراورده در اتانول، نانوجندسازه خشک‌شده در دمای ۴۵ درجه سانتی‌گراد در هاون چینی کوبیده شد. فراورده به دست آمده با مش ۶۰ تا ۴۰ (۱۵۰ تا ۳۵۰  $\mu\text{m}$ ) به وسیله الک‌های درجه‌بندی شده به منظور بررسی رفتارهای ضدباکتری، جدا شد.

### نتیجه‌ها و بحث

سازوکار تهیه نانوجندسازه آنترانیلیک اسید/نقره سازوکار تهیه نانوجندسازه آنترانیلیک اسید/نقره با آمونیم پرسولفات (APS) به‌عنوان عامل اکسنده در حضور نانوذره‌های نقره در شکل ۱ نشان داده شده است. در مرحله نخست، آغازگر گرمایی APS در دمای  $70^\circ\text{C}$  به رادیکال-آنیون سولفات شکسته می‌شود. سپس، این رادیکال-آنیون سبب اکسایش رادیکالی و در نتیجه بسپارش آنترانیلیک اسید می‌شود. در طول بسپارش، کاهش یون‌های نقره به نانوذره‌های نقره با سدیم بوروهیدرید انجام و منجر به تشکیل نانوجندسازه موردنظر می‌شود.

### شناسایی نانوجندسازه

برای شناسایی نانوجندسازه موردنظر، ابتدا از طیف‌سنجی FTIR استفاده شد. شکل ۲ طیف‌های FTIR پلی(آنترانیلیک اسید) و نانوجندسازه به دست آمده را نشان می‌دهد. در طیف‌های FTIR پلی(آنترانیلیک اسید) و نانوجندسازه، نوارهای مربوط به ارتعاش‌های کششی OH- و NH- و همچنین، ارتعاش‌های متقارن و نامتقارن کربوکسیلات و گروه کربونیل کربوکسیلیک اسید و پیوندهای C=C حلقه بنزنی، H-C<sub>sp3</sub>- و H-C<sub>sp2</sub> در اعداد موجی مربوط نشان می‌دهد که بسیار پلی(آنترانیلیک اسید) بر اثر واکنش بسپارش اکسایشی با APS تهیه شده است. از طرفی دیگر، در طیف FTIR نانوجندسازه شدت و موقعیت نوارها به

واکنش اکسایش و سپس، کاهش شیمیایی در تهیه نانوجندسازه جدید پلی(آنترانیلیک اسید)/نقره، نوآوری و برتری کار پژوهشی حاضر در مقایسه با موارد مشابه پیشین است.

### بخش تجربی

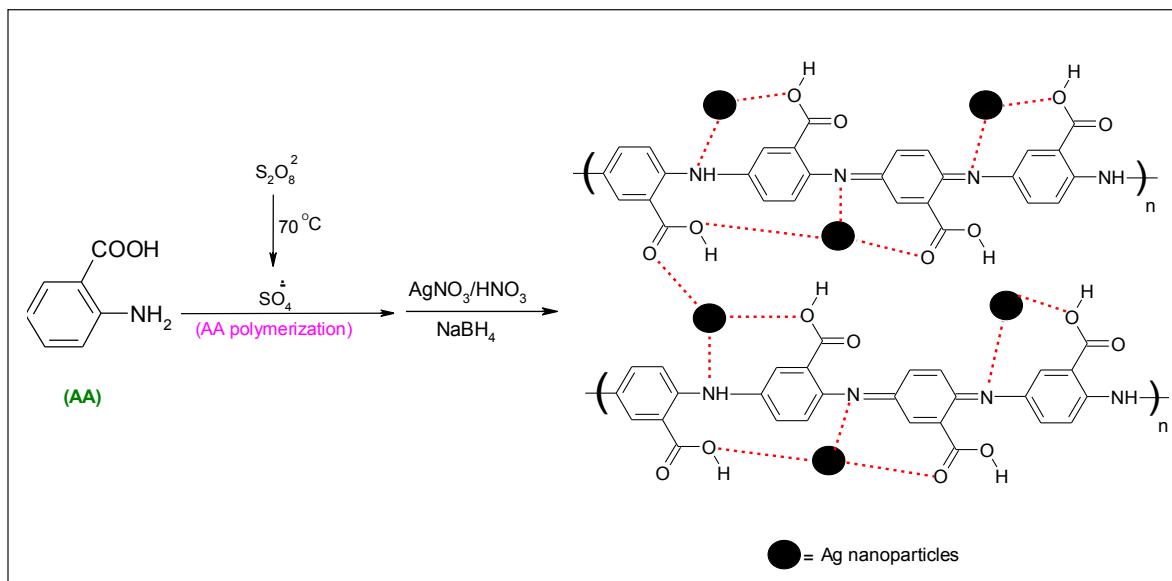
#### مواد و روش‌ها

آنترانیلیک اسید از شرکت مرک تهیه شد. این تکپاره یک اسید آروماتیک با فرمول مولکولی  $\text{C}_7\text{H}_7\text{NO}_2$  است که در آن دو گروه آمینی و اسیدی در موقعیت ارتو نسبت به یکدیگر قرار دارند. رسولفات (APS)، نقره نیترات و سدیم بوروهیدرید از شرکت سیگما-آلدریج تهیه و به صورت خالص استفاده شدند.

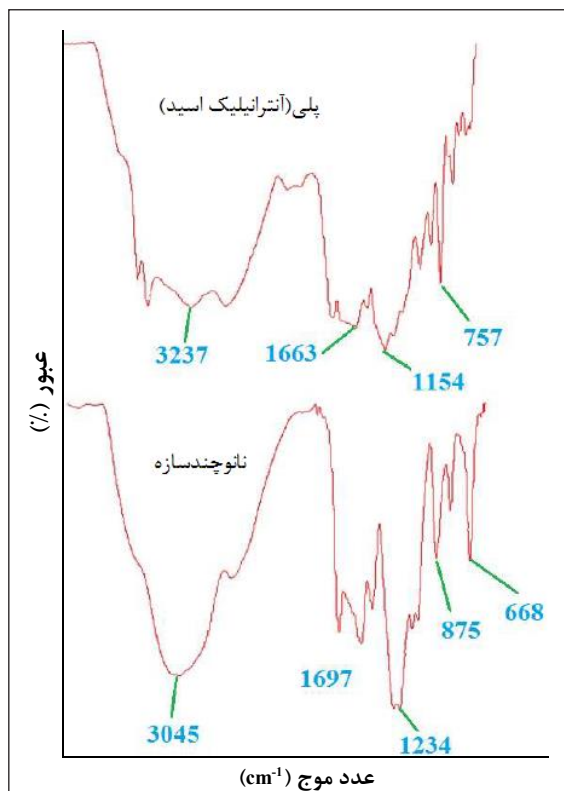
از طیف‌سنج FTIR مدل Bommem MB ساخت کانادا، میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) مدل Leo VP ۱۴۵۵ ساخت آمریکا، همزن مغناطیسی Heidolph مدل RZR 2102 ساخت آلمان، دستگاه TGA مدل Metler-TGA/SDTA 853 ساخت کانادا، پراش سنخ پرتو ایکس مدل SIEMENS (D5777) ساخت آلمان با ولتاژ ۴۰ kV و طول موج (Cu-K $\alpha$ ) برابر  $1.54 \text{ \AA}$  و میکروسکوپ الکترونی عبوری (TEM) مدل Philips (CM10) ساخت هلند با شدت ۶۰ kV استفاده شد.

#### روش تهیه نانوجندسازه آنترانیلیک اسید/نقره

نانوجندسازه بر پایه آنترانیلیک اسید با روش بسپارش اکسایشی در دو مرحله تهیه شد. ابتدا مقدار مشخصی از آنترانیلیک اسید نوبلور شده در ۲۵ میلی‌لیتر سولفوریک اسید ۱ مولار در درون یک بالن دو دهانه ریخته شد. سپس، این مخلوط با همزن مغناطیسی در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۰ دقیقه هم‌زده شد تا تکپاره به‌طور کامل حل شود. در ادامه، ۰٫۱ گرم APS که در ۵ میلی‌لیتر آب مقطر حل شده بود، به این محلول افزوده شد. در مرحله دوم، به منظور تهیه نانوجندسازه آنترانیلیک اسید/نقره، با افزودن محلول نقره نیترات (۳۰ میلی‌گرم نقره نیترات در ۳۰ میلی‌لیتر آب مقطر) در نیتریک اسید به مدت ۲۴ ساعت و نفوذ یون‌های نقره در ساختار بسیار، محلول  $\text{NaBH}_4$  (۵۰ میلی‌لیتر با



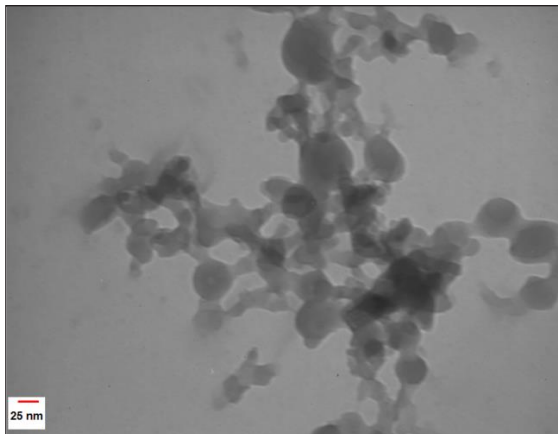
شکل ۱ طرحواره سازوکار پیشنهادی برای تهیه نانوجندسازه آنترانیلیک اسید/نقره



شکل ۲ طیف‌های FTIR پلی(آنترانیلیک اسید) و نانوجندسازه پلی(آنترانیلیک اسید)/نقره با غلظت ۱۵ درصد وزنی نقره

دلیل حضور نانوذره‌های نقره و برهم‌کنش آن‌ها با گروه‌های عاملی پلی(آنترانیلیک اسید) همان‌طور که در طرح‌واره شکل ۱ نشان داده شده، تا حدودی تغییر کرده است. همچنین، نوار مشاهده شده در عدد موجی گستره  $500 \text{ cm}^{-1}$  تا  $700 \text{ cm}^{-1}$  نیز وجود نانوذره‌های نقره در هیدروژل نانوجندساز را اثبات می‌کند (مربوط به پیوند Ag-O).

برای ریخت‌شناسی سطح از میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) استفاده شد. شکل ۳ تصاویر SEM پلی(آنترانیلیک اسید) و نانوجندسازه پلی(آنترانیلیک اسید)/نقره را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشخص است، پلی(آنترانیلیک اسید) ساختاری لایه‌ای، بی‌شکل، سخت، فشرده و ضخیم دارد. در مقایسه با پلی(آنترانیلیک اسید)، فرآورده نهایی نانوجندساز نشان می‌دهد که نانوذرها به تقریب یکنواخت در سرتاسر سطح متخلخل هیدروژل پخش شده است. همچنین، لازم به ذکر است که نانوذره‌های دارای گروه‌های عاملی هیدروکسیل با مساحت سطح زیاد برهم‌کنش‌های مؤثری با گروه‌های عاملی آنترانیلیک اسید برقرار می‌کنند که منجر به قرارگرفتن نانوذره‌های نقره در ساختار بسیار می‌شود.



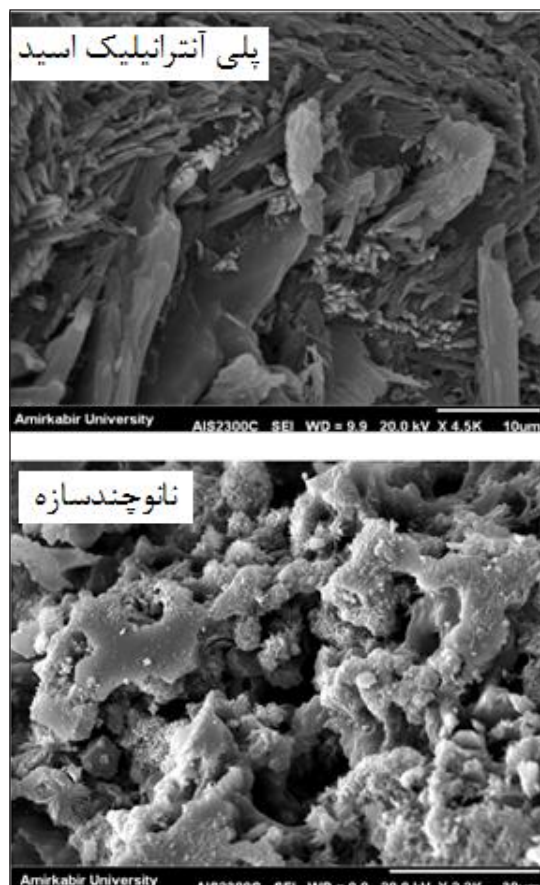
شکل ۴ تصویر میکروسکوپ الکترونی عبوری نانوجندسازه پلی(آنترانیلیک اسید)/نقره

ساختار بلوری نانوجندسازه تهیه شده با روش XRD در شکل ۵ مشخص شد. برای مقایسه بهتر، الگوی XRD هیدروژل معمولی فاقد نانوذرات نقره نیز آورده شد. در الگوی XRD هیدروژل معمولی (شکل ۵-الف)، پیک پهن مشاهده شده در گستره  $2\theta$  از  $15^\circ$  تا  $30^\circ$  مربوط به ساختار بی شکل بسیار پلی(آنترانیلیک اسید) است. در الگوی XRD نانوجندسازه (شکل ۵-ب)، پیک های تیز مشاهده شده در  $2\theta$  برابر با  $28^\circ$ ،  $32^\circ$  و  $46^\circ$  مربوط به ساختار بلوری ماریچج مکعبی نانوذره های نقره هستند. به بیان دیگر، این الگو وجود نانوذره های نقره را در ساختار شبکه ای نانوجندسازه اثبات می کند. در واقع، ساختار بلوری نانوجندسازه به برهم کنش های بین مولکولی قوی بین اوربیتال های خالی مجاور نانوذرها و گروه های عاملی بسیار نسبت داده می شود.

نانوجندسازه تهیه شده با آزمون تجزیه وزن سنجی گرمایی (TGA) نیز بررسی شد. نمودارهای TGA نمونه های پلی(آنترانیلیک اسید) و نانوجندسازه پلی(آنترانیلیک اسید)/نقره در شکل ۶ مقایسه شده اند. این شکل پایداری گرمایی بهبود یافته نانوجندسازه را در مقایسه با پلی(آنترانیلیک اسید) تأیید می کند. تخریب های گرمایی مشاهده شده در نمودار TGA مربوط به حذف آب و شکسته شدن زنجیره های بسیار، حذف چندپار آها و تکپارهای واکنش نکرده است. با توجه به این نمودارها نانوجندسازه دمای تخریب بالاتر و درصد جرمی باقی مانده

برای اثبات وجود نانوذره های نقره در فراورده نهایی، ترکیب شیمیایی نانوجندسازه با روش طیف سنجی تفکیک انرژی (EDS) مورد بررسی قرار گرفت. در مقایسه با هیدروژل معمولی بدون نانوذره های نقره، وجود اتم نقره در فراورده نهایی نانوجندسازه نشان دهنده وجود نانوذره های نقره در ساختار آن است.

شکل ۴ تصویر TEM نانوجندسازه را نشان می دهد. همان طور که از شکل مشخص است، نانوذرات نقره به صورت تجمعی درآمده اند که دلیل آن تشکیل پیوند بین گروه های اسیدی و آمینی بسیار پلی(آنترانیلیک اسید) و نانوذره های نقره است. همچنین، تصاویر TEM نشان می دهند که نانوذره های نقره تشکیل شده بر سطح بسیار پلی(آنترانیلیک اسید) قرار گرفته اند.



شکل ۳ تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی پلی(آنترانیلیک اسید) و نانوجندسازه پلی(آنترانیلیک اسید)/نقره

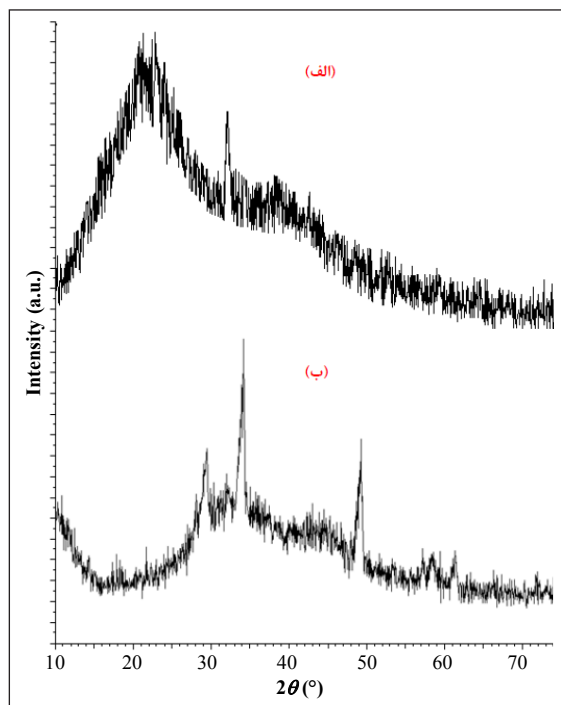
1. Energy – dispersive spectroscopy (EDS) 2. Oligomer

بررسی ویژگی ضد باکتری نانوجندساز با روش انتشار صفحه نفوذی

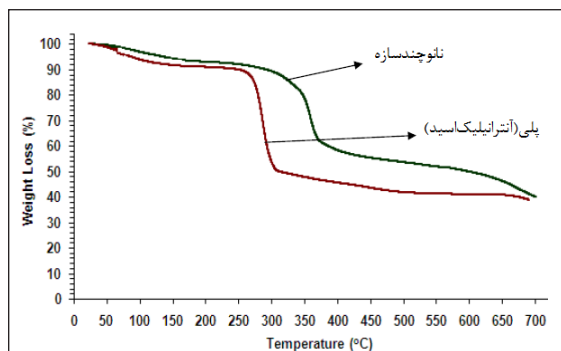
استفاده مفید از نانوذره‌ها در ساختار بسپارها در کاربردهای زیست پزشکی بیشتر به دلیل ویژگی ضد میکروبی آن‌ها در مقابل باکتری‌های شناخته شده است. دانشمندان بر این باورند که می‌توان از این نانوذره‌ها به عنوان جایگزین مناسب پادزیست‌ها استفاده کرد. تغییرات ضد میکروبی که از رشد باکتری‌های بیماری‌زا جلوگیری می‌کند، یک هدف مطلوب به حساب می‌آید. در این پژوهش، به منظور بررسی ویژگی ضدباکتری نانوجندساز تولید شده با ریزاندامگان<sup>۱</sup> از روش انتشار صفحه نفوذی استفاده شد. وقتی یک صافی کاغذی آغشته با مواد شیمیایی بر آگار قرار داده شود، مواد شیمیایی از آگار به داخل ژل نفوذ خواهد کرد. این انتشار مواد شیمیایی فقط در اطراف صفحه کاغذ رخ خواهد داد. حساسیت مواد شیمیایی و سایز مولکولی آن تعیین کننده اندازه ناحیه انتشار در اطراف صفحه است. اگر ریزاندامگانی که به مواد شیمیایی موجود حساس باشد بر آگار قرار داده شود، در اطراف صفحه رشد نخواهد کرد. این ناحیه عدم رشد اطراف صفحه را «هاله ممانعت رشد» می‌نامند.

در این روش از یک روز پیش، محیط جامد غنی برای رشد و تغذیه باکتری در سینی کشت ساخته شد. از طرفی دیگر، باکتری‌ها در محیط کشت مناسب تلقیح و در ۳۷ درجه به مدت چند ساعت نگهداری شدند تا به کدورت مورد نظر برای کشت دادن بر سینی آماده شوند. در ادامه، صفحه‌های آماده را به محلول نمونه‌ها آغشته کرده، پس از ۵ دقیقه باکتری آماده بر سینی کشت داده شد. صفحه آغشته در مکان مشخص بر سینی کشت، این سینی ۲۴ ساعت در دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد در گرم‌خانه گرمادهی شد. اثر ضدباکتری به صورت ایجاد هاله در اطراف صفحه مورد نظر که مانع رشد باکتری شده است، مشخص شد. سپس، با خط‌کش قطر هاله در شکل ۷ اندازه گرفته شد. همان‌طور که از شکل ۷ مشخص است، قطر هاله یا همان ناحیه بازدارندگی<sup>۲</sup> رشد باکتری‌های ایکولی برای نانوجندسازها با غلظت‌های متفاوتی

بیشتری دارد. بنابراین، نتایج بالا نشان می‌دهد شبکه‌ای شدن ساختار پلی (آترانیلیک اسید) و وارد کردن نانوذره‌های نقره به درون پیکره بسیار به دلیل ایجاد برهم‌کنش‌های قوی از نوع پیوند هیدروژنی و واندرالس و سد گرمایی قوی به دست آمده به عنوان یک لایه محافظ قوی در برابر تخریب گرمایی موجب افزایش پایداری گرمایی نانوجندساز به دست آمده شده است.

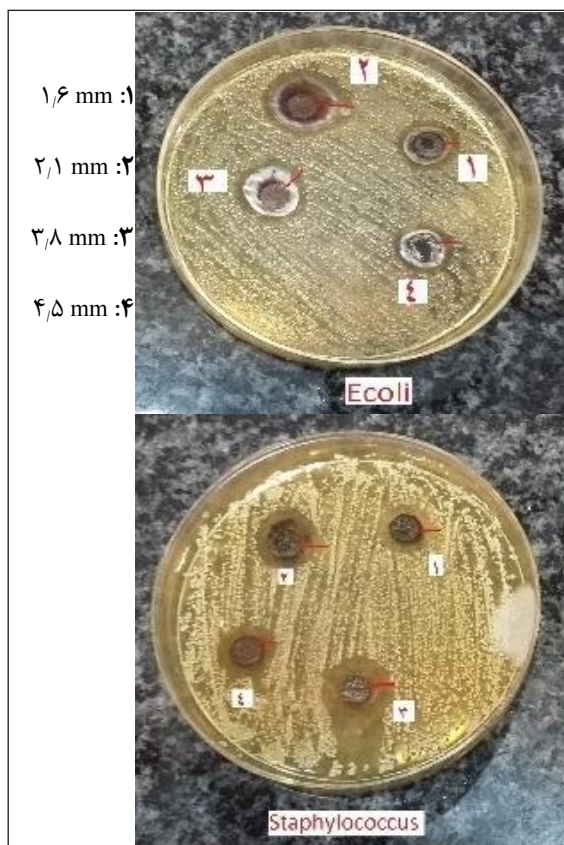


شکل ۵ الگوهای XRD هیدروژل پلی (آترانیلیک اسید) (الف) و نانوجندساز پلی (آترانیلیک اسید)/نقره (ب)



شکل ۶ نمودارهای TGA پلی (آترانیلیک اسید) و نانوجندساز پلی (آترانیلیک اسید)/نقره

1. Microorganism 2. Zone of inhibition



شکل ۷ اثر ضدباکتری نانوچندسازه پلی(آنترانیلیک اسید)/نقره

### نتیجه گیری

در کار پژوهشی حاضر، یک نانوچندسازه جدید از پلی(آنترانیلیک اسید) و نانوذره های نقره از طریق بسپارش اکسایشی در محلول آبی تهیه شد. در تهیه این نانوچندسازه، واکنش اکسایش و سپس، کاهش شیمیایی درجا برای تهیه پلی(آنترانیلیک اسید) و نانوذره های نقره به کار گرفته شد که برتری و نوآوری مقاله بشمار می رود. ساختار نانوچندسازه موردنظر با روش های طیف سنجی مورد بررسی قرار گرفت. جابه جایی و تغییر شدت نوارها و همچنین، ظهور یک نوار جدید در گستره موجی  $500$  تا  $700 \text{ cm}^{-1}$  در طیف FTIR نانوچندسازه نشان دهنده تهیه موفقیت آمیز فرآورده موردنظر بود. بررسی طیف های EDX و الگوهای XRD و نیز تصاویر SEM و TEM نیز تشکیل نانوچندسازه جدید را اثبات

از نانوذره های نقره پس از اندازه گیری با خط کش، از  $1.6$  تا  $4.5$  میلی متر به دست آمد.

آزمون ویژگی ضد باکتری بر دو گونه باکتری های مثبت و منفی انجام پذیرفت. ویژگی ضدباکتری نانوچندسازه های حاوی نانوذره های نقره در مقابل باکتری های استافیلوکوس اورئوس و اشرشیاکولی به روش صفحه نفوذی بررسی شد. باکتری های مورد استفاده برای انجام آزمایش ضدباکتری از آزمایشگاه میکروبی شناسی دانشکده پزشکی دانشگاه علوم پزشکی ارومیه تهیه شدند. همان طور که از شکل مشخص است، اثر ضدباکتری نانوچندسازه نقره به شدت به اندازه ذره های نقره که برهم کنش مستقیم با باکتری ها دارد، بستگی دارد. نمونه های ۱، ۲، ۳ و ۴ به ترتیب حاوی مقادیر  $0.001$ ،  $0.002$ ،  $0.004$  و  $0.006$  مول نقره نیترات هستند.

به منظور بررسی کمی ویژگی ضد باکتری، مقادیری از پلی(آنترانیلیک اسید) و نانوچندسازه تهیه شده به  $0.2$  میلی لیتر محلول حاوی باکتری افزوده و در گرم خانه کشت داده شد. سپس، محلول حاصل به حجم  $20$  میلی لیتر رسانده و به پلیت ها افزوده و به مدت  $24$  ساعت در گرم خانه کشت شد. در نهایت، مقدار ویژگی ضدباکتری (R) با فرمول زیر تعیین شد.

$$R(\%) = C - (A/C) \times 100 \quad (1)$$

که در آن A و C به ترتیب تعداد کلونی های باکتری در پلی(آنترانیلیک اسید) و نانوچندسازه فرآورده است. نتایج در جدول ۱ آورده شده است. همان طور که مشاهده می شود، پارچه فرآورده در طول یک ساعت  $94$  درصد باکتری ها را از بین برده است.

جدول ۱ نتایج بررسی کمی ویژگی ضد باکتری با فواصل زمانی متفاوت

| R%         |            | نمونه                                 |
|------------|------------|---------------------------------------|
| (۳۰ دقیقه) | (۶۰ دقیقه) |                                       |
| ۱۱         | ۳۲         | پلی(آنترانیلیک اسید)                  |
| ۸۸         | ۹۴         | نانوچندسازه پلی(آنترانیلیک اسید)/نقره |

باکتری‌ها بررسی و اثبات شد. به‌طور کلی، نتایج به‌دست آمده در این پژوهش نشان می‌دهد که نانوجندساز تهیه‌شده توانایی قابل قبولی برای کاربردهایی مانند ره‌ایش کنترل شده داروها، تصفیه آب‌های آلوده و پساب‌های صنعتی دارد.

کردند. افزون بر آن، آزمون TGA پایداری گرمایی قابل قبول فرآورده نهایی را نشان داد. در نهایت، اثر ضدباکتری نانوجندسازها نیز در مقابل باکتری‌های مثبت و منفی استافیلوکوس اورئوس و اشرشیاکولی به‌طور کمی با اندازه‌گیری ناحیه بازدارندگی رشد

## مراجع

- [1] Hossain, M.S.A.; Yamauchi, Y.; Wu, K.C.W.; J. Nanosci. Nanotechnol. 19, 3673-3685, 2019.
- [2] Wang, B.; Zhang, P.; Williams, G.R.; Branford-White, C.; Quan, J.; Nie, H.; Zhu, L.; J. Mater. Sci. 48, 3991-3998, 2013.
- [3] Rehana, D.; Haleel, A.K.; Rahiman, A.K.; J. Chem. Sci. 127, 1155-1166, 2015.
- [4] Pandey, A.K.; Pandey, P.C.; Agrawal, N.R.; Das, I.; J. Appl. Polym. Sci. 135, 45705-4571, 2017.
- [5] Kumar-Krishnan, S.; Prokhorov, E.; Hernández-Iturriaga, M.; Mota-Morales, J.D.; Vázquez-Lepe, M.; Kovalenko, Y.; Sanchez, I.C.; Luna-Bárcenas, G.; Europ. Polym. J. 67, 242-251, 2015.
- [6] Deshmukh, S.P.; Patil, S.M.; Mullani, S.B.; Delekar, S.D., Mater. Sci. Eng. C 97, 954-965, 2019.
- [7] Ye, H.; Cheng, J.; Yu, K.; Int. J. Biolog Macromol. 121, 633-642, 2019.
- [8] Kaur, A.; Preet, S.; Kumar, V.; Kumar, R.; Kumar, R.; Colloids Surf B Biointerfaces 176, 62-69, 2019.
- [9] Celebioglu, A.; Topuz, F.; Yildiz, Z.I.; Uyar, T.; Carbohydr. Polym. 207, 471-479, 2019.
- [10] Song, H.Y.; Ko, K.K.; Oh, I.H.; Lee, B.T.; Europ. Cells Mater. 11, 58-62, 2006.
- [11] Sharma, V.K.; Yngard, R.A.; Lin, Y.; Adv. Colloid Interface Sci. 145, 83-96, 2009.
- [12] Zapata, P.A.; Tamayo, L.; Paez, M.; Cerda, E.; Azocar, I.; Rabagliati, F.M.; Europ. Polym. J. 47, 1541-1549, 2011.
- [13] ShahIzhar, A.; Murtaza, G.H.; Int. J. Biolog Macromol. 116, 520-529, 2018.
- [14] Rai, M.; Yadav, A.; Gade, A.; Biotechnol. Adv. 27, 76-83, 2019.
- [15] Shrivastava, S.; Bera, T.; Singh, S.K.; Singh, G.; Ramachandrarao, P.; Dash, D.; ACS Nano 1357, 2009.
- [16] Asharani, P.V.; Hande, M.P.; Valiyaveetil, S.; BMC Cell Biol. 10, 65-79, 2009.
- [17] Nadworny, P.L.; Wang, J.; Tredget, E.E.; Burrell, R.E.; Nanomedicine 4, 241-251, 2008.
- [18] Gurunathan, S.; Lee, K.J.; Kalishwaralal, K.; Sheikpranbabu, S.; Vaidyanathan, R.; Eom, S.H.; Biomaterials 30, 6341-6350, 2009.
- [19] Kaur, P.; Choudhary, A.; Thakur, R.; Int. J. Sci. Eng. Res. 4, 869-872, 2013.
- [20] You, J.; Zhao, C.; Cao, J.; Zhou, J.; Zhang, L.; J. Mater. Chem. A. 2, 8491-8499, 2014.
- [21] Wu, J.; Zheng, Y.; Song, W.; Luan, J.; Wen, X.; Wu, Z.; Carbohydr. Polym. 102, 762-771,



- 2014.
- [22] Xu, W.; Jin, W.; Lin, L.; Zhang, C.; Li, Z.; Li, Y.; Carbohydr. Polym. 101, 961-967, 2014.
- [23] Eid, M.; El-Arnaouty, M.B.; Salah, M.; Soliman, E.S.; Hegazy, E.S.; J. Polym. Res. 19, 1-10, 2012.
- [24] Rao, P.; Chandraprasad, M.S.; Lakshmi, Y.N.; Rao, J.; Aishwarya, P.; Shetty, S.; Int. J. Multidiscip. Curr. Res. 2, 165-169, 2014.
- [25] Sadeghi, B.; Rostami, A.; Momei, S.S.; Spectrochim. Acta A, Mol. Biomol. Spectrosc. 134, 326-332, 2015.
- [26] Roucoux, A.; Schulz, J.; Patin, H.; Chem. Rev. 102, 3757-3778, 2002.
- [27] Liu, J.; Li, X.; Zeng, X.; J. Alloy Compd. 94, 84-87, 2010.
- [28] Zhang, J.; Geddes, C.D.; Lakowicz, J.R.; Anal. Biochem. 332, 253-260, 2004.
- [29] Liu, Y.; Chen, S.; Zhong, L.; Wu, G.; Radiat. Phys. Chem. 78, 251-255, 2009.
- [30] Wei, D.; Sun, W.; Qian, W.; Ye, Y.; Ma, X.; Carbohydr. Res. 344, 2375-2382, 2009.

## Synthesis, structural characterization and antibacterial properties of (anthranilic acid)/silver nanocomposites

Hossein Hosseinzadeh<sup>1,\*</sup> and Bahareh Rezapour<sup>2</sup>

1. Associate Prof. of Organic Chemistry, Department of Chemistry, Payame Noor University, Tehran, Iran.
2. MS.c Student in Organic Chemistry, Department of Chemistry, Payame Noor University, Tehran, Iran.

Received: September 2018, Revised: February 2019, Accepted: March 2019

**Abstract:** Nanotechnology and nanoscale materials have been fascinating subject of interest for the last decade. Nanocomposites are also considered as one of the branches of this new technology, and they are considered as an active research field. In the present work, poly(anthranilic acid)/Ag nanocomposite with various content of silver nanoparticles was synthesized via chemical oxidation method with antibacterial property. The structure of nanocomposites was then characterized and confirmed by FTIR, SEM, EDX, TEM, XRD, and TGA techniques. The results depict that the average particle size of the synthetic silver nanoparticles is about 20 nm. Using a variety of analysis methods, the synthesis of poly(anthranilic acid) nanocomposites and the formation of silver nanoparticles have been proven. The antibacterial property of the as-prepared nanocomposites was evaluated using disk diffusion method. According to this method, the inhibition zones for nanocomposites were obtained from 1.6 upto 4.5 mm. Results indicated that the poly(anthranilic acid) nanocomposites had acceptable antibacterial property. In summary, the obtained results demonstrated that the synthesized nanocomposites with antibacterial property can be used in medical applications as well as in wastewater treatment.

**Keywords:** Nanocomposite; Anthranilic acid; Silver nanoparticles