خواص ضد باکتری و عبور پذیری بخار آب الیاف الکتروریسی‌شده هسته-پوسته حاوی نانوذرات نقره

فاطمه خودکار | نادره گلشن ابراهیمی*

دانشگاه تربیت مدرس- دانشکده مهندسی شیمی- گروه مهندسی پلیمر

چکیده

در این تحقیق، روش الکتروریسی هم‌محور برای تهیه الیاف هسته-پوسته پلی‌کاپرولاکتان (PCL) و پلی‌وینیل‌الکل (PVA) استفاده شد و نانوذرات نقره قبل از فرایند، از طریق احیای نیترات نقره درون محلول هسته، اضافه شد. حضور نانوذرات نقره با مشاهده پیک جذبی در آزمون طیف‌نمایی مرئی-فرابنفش در محدوده 420-430 nm ثابت شد. خواص ضد باکتری طبق استاندارد ATCC 100 با استفاده از باکتری *E.coli* و *S.aureus* بر روی بافت الیاف تک لایه PCL، PVA، PCL حاوی نقره، PVA حاوی نقره و بافت الیاف هسته-پوسته PVA-Ag/PCL و PCL-Ag/PVA بررسی شد. نتایج نشان داد الیاف هسته-پوسته همانند الیاف تک لایه حاوی نقره خواص ضد باکتری قوی دارد. به‌علاوه افزودن نانوذرات نقره موجب افزایش اندک زاویه تماس یا آب‌گریزی الیاف می‌شود. آزمون نرخ عبور بخار آب نشان داد با افزودن نقره و هسته-پوسته شدن الیاف مقدار WVTR کاهش‌یافته که این مقدار نسبت به زخم بندهای تجاری موجود، به مقدار WVTR پوست انسان نزدیک‌تر است.

واژگان کلیدی: الکتروریسی، پلی‌کاپرولاکتان، پلی‌وینیل‌الکل، خواص ضد باکتری، نیترات نقره.

۱ مقدمه

الکتروریسی عمده‌ترین روش برای ساخت نانوالیاف است که با استفاده از نیروهای الکتریکی، الیاف پلیمری (طبیعی یا سنتزی) را با قطری در حدود چندین نانومتر تولید می‌کند. نانوالیاف پلیمری تهیه‌شده به روش الکتروریسی خواص منحصربه‌فردی نظیر نسبت سطح به حجم زیاد، تخلخل قابل تنظیم و توانایی ساخت الیاف نانوکامپوزیتی را دارند. کاربردهای شاخص بافت حاصل از این الیاف در مهندسی بافت، زیست حسگرها، فرآیندهای غشایی، زخم‌بندها، سامانه‌های انتقال دارو و غیره است [۱]. افزودن نانوذرات فلزی به نانوالیاف پلیمری به علت خواص ویژه‌ای نظیر خواص نوری، الکتریکی، کاتالیزوری و ضد باکتری که ایجاد می‌کند، موردتوجه قرارگرفته است [۲]. نانومواد به علت نسبت سطح به حجم زیاد و خواص فیزیکی شیمیایی وابسته به شکل آن‌ها، می‌توانند نقش مهمی در کاربردهای ضد باکتری داشته باشند. خاصیت ضد باکتری نانوذرات نقره در مقایسه با سایر نانومواد با این خاصیت، قابل‌توجه است و هم‌چنین قادر به کشتن انواع باکتری‌های موجود است. تجمع نانوذرات نقره، رهایش غیرقابل‌کنترل یون‌های نقره و چسبندگی باکتری‌ها، اثر ضد باکتری نانوذرات نقره را کاهش می‌دهد. مواد پلیمری با ساختاری قابل طراحی و انعطاف‌پذیر، قابلیت جلوگیری از تجمع نانوذرات و تشکیل پوششی یکنواخت روی سطوح مختلف را دارد. این مواد می‌توانند رهایش یون‌های نقره را کنترل کنند. مهم‌تر این‌که آن‌ها می‌توانند به‌گونه‌ای طراحی شوند که در برابر چسبندگی باکتری مقاومت کنند و خصوصیات ضد باکتری را افزایش دهند [۳]. نانوالیاف حاوی نانوذرات فلزی می‌توانند از طریق الکتروریسی محلول پلیمری حاوی نانوذره (روش خارج از محل[1]) یا احیا نمک‌های فلزی درون نانوالیاف پلیمری (روش درجا[2]) به‌دست آید [۴]. در سال ۲۰۰۷، گروه تحقیقاتی Jin محلول PVA حاوی نانوذرات نقره را به‌منظور استفاده در کاربردهای ضد باکتری الکتروریسی نمودند و اثر روش تهیه را بر توزیع نانوذرات بررسی کردند [۵]. در سال ۲۰۰۸، خواص ضد باکتری نانوالیاف پلی‌متیل‌متاکریلات حاوی نانوذرات نقره بررسی‌شده و برای

1. *Ex situ*
2. *In situ*

* ایمیل مسئول مکاتبات: ebrahimn@modares.ac.ir

تاریخ دریافت: ۹۴/۷/۱۱ | تاریخ پذیرش: ۹۴/۹/۸

کاربردهای مختلفی نظیر زخم‌بندها و روکش مواد زیست‌پزشکی پیشنهاد گردیده است [۶]. در سال ۲۰۰۹، An و همکارانش تهیه و خواص ضد باکتری نانوالیاف پلی‌اتیلن اکساید/کیتوسان حاوی نانوذرات نقره را موردمطالعه قراردادند [۷]. در سال ۲۰۱۰ ساخت و شناسایی نانوالیاف PVA/ نقره/ مونت‌موریلونیت برای کاربردهای ضد باکتری بررسی شد [۸]. از سال ۲۰۱۱ تاکنون [۹] نیز تحقیقات متعددی با استفاده از نانوذرات نقره انجام‌شده است. در این میان، مطالعات محدودی روی الیاف هسته- پوستهٔ حاوی نانوذرات نقره انجام‌شده است. تولید الیاف هسته- پوسته به روش الکتروریسی هم‌محور برای اولین بار در سال ۲۰۰۳ توسط Sun و همکارانش انجام شد [۱۰]. روش الکتروریسی هم‌محور، به علت داشتن مزایایی نظیر امکان بارگذاری ترکیبات در هسته و کاهش رهایش ناگهانی و هم‌چنین امکان الکتروریسی مواد غیرقابل الکتروریسی با بارگذاری آن در هسته، بیش از یک دهه موردتوجه قرارگرفته است [۱۱]. تنظیمات کلی فرایند الکتروریسی هم‌محور کاملاً شبیه فرایند الکتروریسی رایج است با این تفاوت که در رشته‌ساز آن، لوله مویین کوچک به‌طور هم‌مرکز داخل لوله مویین بزرگ‌تر قرار می‌گیرد [۱۲]. هدف از این تحقیق بررسی خواص ضد باکتری و عبور پذیری الیاف‌هسته-پوسته PVA و PCL با هسته حاوی نانوذرات نقره است. با توجه به زیست سازگاری این پلیمرها و خواص ضد باکتری نقره بافت الیاف حاصل می‌تواند برای کاربردهای پزشکی، مناسب باشد.

۲ بخش تجربی

پلی‌کاپرولاکتان (Mn≈70000-90000)، پلی‌وینیل‌الکل (Mw≈85000-124000g/mol) و نیترات نقره از شرکت سیگما-آلدریچ خریداری و استفاده شدند. حلال‌های کلروفرم (مرک) و دی‌متیل فرمامید (DMF) (مرک) برای انحلال PCL و آب مقطر (شرکت زلال طب شیمی) برای حل کردن PVA به‌کاررفته است. طیف جذبی محلول‌های PVA و PCL حاوی نقره با استفاده از طیف‌سنج مرئی-فرابنفش (Optizen322ouv، آلمان)، به‌منظور اثبات حضور نانوذرات نقره، در دمای اتاق و در محدوده طول موج 300 - 600 nm تهیه شد. گرانروی و رسانایی محلول‌ها به ترتیب با استفاده از گرانروی‌سنج بروکفیلد (NDJ-4، چین) و هدایت‌سنج (Metrohm، سوئیس) در دمای اتاق اندازه‌گیری شد. آزمون بررسی خواص ضد باکتری طبق استاندارد ATCC 100 و با استفاده از باکتری گرم منفی *Escherichia coli* یا (ATCC25922)*E.coli* و باکتری گرم مثبت Staphylococcus aureus یا (ATCC 25923) *S.aureus* انجام شد [۱۳]. نرخ عبور بخار آب[3] بر اساس استاندارد فارماکوپه اروپا تعیین شد [۱۴]. زاویه تماس به روش Sessile - Drop ارزیابی شد. برای این منظور زاویه تماس قطرهٔ آب روی سطح الیاف در دما و فشار محیط اندازه‌گیری شد. در این روش، قطرهٔ آب به‌وسیلهٔ سرنگ بر روی سطح الیاف قرار می‌گیرد. با اندازه‌گیری زاویه حاصل از خطوط مماس بر سطح الیاف و قطره که توسط میکروسکوپ خوانده می‌شود، زاویه تماس تعیین می‌شود.

۲-۱ آماده‌سازی محلول‌ها

محلول PCL از طریق انحلال ۱۰ درصد وزن PCL به حجم حلال‌های کلروفرم و DMF با نسبت حجمی ۹ به ۱، به مدت ۲ ساعت و در دمای اتاق تهیه شد. محلول PVA از طریق انحلال ۸ درصد وزن PVA به حجم آب مقطر، به مدت ۳ ساعت و در دمای ۹۶ °C تهیه شد. به‌منظور تهیه محلول‌های حاوی نقره، ۱درصد وزنی نیترات نقره (نسبت به وزن پلیمر) به محلول اضافه شد. از آنجایی‌که میزان احیای نیترات نقره به دما و زمان وابسته است [۵]، محلول‌های PCL و PVA حاوی نیترات نقره به مدت ۷ روز در دمای محیط و ۲۴ ساعت در دمای ۷۰ °C قرار گرفتند تا بیشترین میزان احیا را نشان دهد [۱۵]. رسانایی و گرانروی محلول‌ها در جدول ۱ آورده شده است.

جدول ۱ رسانایی و گرانروی محلول‌های استفاده‌شده در این تحقیق

محلول	رسانایی ($mScm^{-1}$)	گرانروی برشی (mPa.s)
PCL	$۲/۶ \times ۱۰^{-۴}$	۱۵۰۰
PVA	۱/۴۳	۷۵۰
PCL-Ag	$۲/۱ \times ۱۰^{-۲}$	۲۳۰۰
PVA-Ag	۳۲۰	۲۵۰۰

۲-۲ شرایط الکتروریسی محلول‌ها

به‌منظور تهیه الیاف تک لایه، محلول در سرنگ ۵ lm با سوزن ۲۰ G[4] ریخته شد و تحت ولتاژ ۱۸ kV، سرعت جریان ۰/۵ ml/h و در فاصله سوزن تا جمع کننده ۱۵ سانتی‌متر روی جمع‌کننده با سرعت چرخش ۵۰۰ دور بر دقیقه با دستگاه الکتروریسی مدل eSpinner NF CO-AN/VI (نانوساختار آسیا، ایران) الکتروریسی شد. برای تهیه الیاف هسته-پوسته، محلول‌ها در سرنگ‌های ۵lm ریخته شده و با رشته‌ساز دارای سوزن‌های ۲۰G و ۱۶G هم‌مرکز تحت ولتاژ ۱۸ kV، نسبت سرعت جریان ۱ ml/h (پوسته) به

3. Water Vapor Transmission rate (WVTR)
4. Gauge

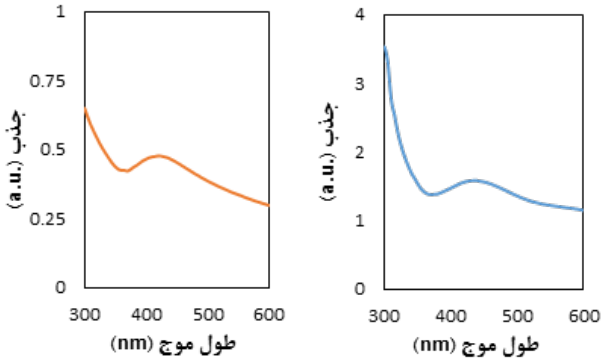
۰/۵ml /h (هسته) و در فاصله سوزن تا جمع‌کننده ۱۵ سانتی‌متر روی جمع‌کننده با سرعت چرخش ۵۰۰ دور بر دقیقه الکتروریسی شدند.

۳ نتایج و بحث

بررسی احیای نیترات نقره در محلول‌ها

DMF حلال PCL و عامل احیای نیترات نقره است. بدین ترتیب که نانوذرات، پس از چند ساعت از افزودن نمک نقره، درون محلول شکل می‌گیرند. تشکیل نانوذرات نقره درون محلول را می‌توان با مشاهدهٔ پیک جذبی در طول‌موجی در محدوده nm 430 - 420 [۱۶] در طیف مرئی- فرابنفش بررسی نمود. در مورد محلول PVA، برای تهیهٔ آسان و قابل‌کنترل نانوالیاف PVA حاوی نانوذرات نقره برای کاربردهای ضد باکتری، روش احیای یون‌های نقره در محلول آبی $PVA/AgNO_3$ از طریق واکنش محلول بدون هیچ عامل احیای شیمیایی بررسی شد (احیا قبل از فرایند الکتروریسی). در این تحقیق، PVA به‌عنوان عامل احیا و پایدارکنندهٔ نانوذرات نقره استفاده شد. PVA دارای جفت الکترون آزاد در اکسیژن گروه هیدروکسیل است که می‌تواند با یون نقره و نانوذرات نقره کوئوردینانس شود. درنتیجه زنجیرهای PVA به‌طور فضایی از هسته‌زایی و تجمع ذره جلوگیری می‌کنند. در این روش، دما و زمان واکنش روی تشکیل نانوذرات نقره اثر می‌گذارد [۵]. نتایج حاصل از طیف جذبی مرئی- فرابنفش برای محلول PCL حاوی نیترات نقره بعد از ۷ روز و محلول PVA حاوی نیترات نقره بعد از ۲۴ ساعت تحت دمای ۷۰ °C در شکل ۱ آورده شده است.

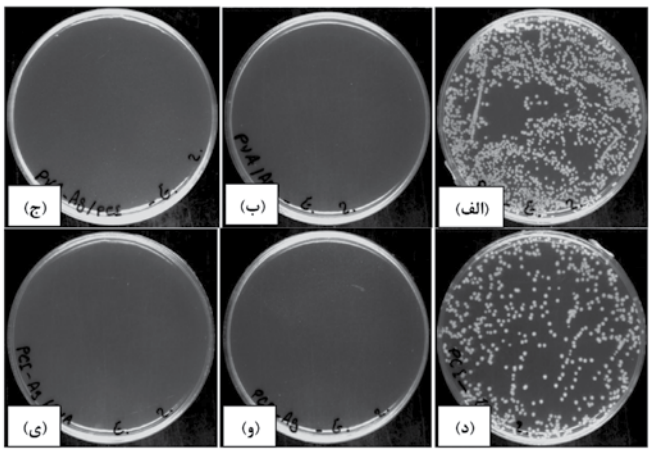
همان‌طور که مشاهده می‌شود پیک جذبی در طول‌موج 425 nm و 430 nm به ترتیب برای محلول‌های PVA-Ag و PCL-Ag مبین احیا شدن نیترات نقره و تشکیل نانوذرات نقره است.



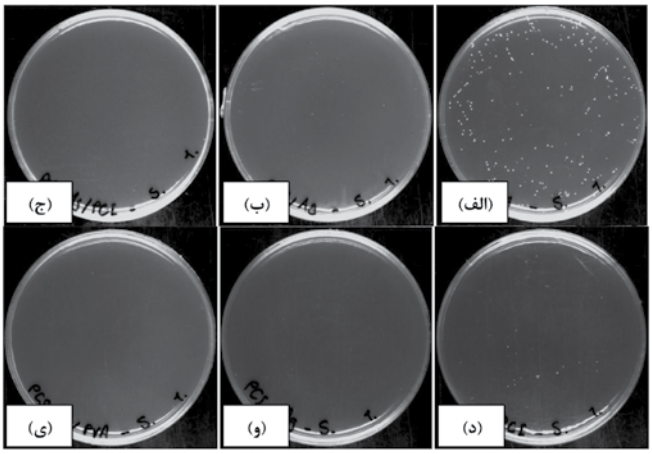
شکل ۱ طیف جذبی مرئی- فرابنفش. (الف) محلول PCL حاوی نیترات نقره (ب) محلول PVA حاوی نیترات نقره

بررسی خواص ضد باکتری

باکتری‌ها می‌توانند روی سطوح مختلف نظیر وسایل پزشکی و زخم‌بندها بچسبند و تحت شرایط محیطی مناسب رشد کنند. ازاین‌رو با توجه به زیست سازگاری PVA و PCL، چنانچه این پلیمرها خواص ضد باکتری پیدا نمایند می‌توانند برای کاربردهای پزشکی مناسب باشند. ازآنجایی‌که در میان نانومواد با خواص ضد باکتری، نقره اثر ضد باکتری بیشتری در برابر طیف وسیعی از باکتری‌ها دارد، اثر احیا شدن نقره قبل از فرایند الکتروریسی بر خواص ضد باکتری الیاف بررسی شد. بدین منظور خواص ضد باکتری تمام نمونه‌ها در مقابل باکتری گرم منفی *E.coli* و گرم مثبت *S.aureus* آزمایش شدند. تعداد کلونی‌های باکتری *E.coli* (شکل ۲) و *S.aureus* (شکل ۳) در نمونه‌های حاوی نقره به‌شدت کاهش‌یافته است (۹۹/۹٪<). این در حالی است که در نمونه PVA، تعداد $۲/۱۲\times۱۰^{۷}$ CFU /mL کلونی باکتری *E.coli* و $۱/۵۲\times۱۰^{۵}$ CFU /mL کلونی باکتری *S.aureus* و در نمونه PCL، تعداد $۳/۶\times۱۰^{۶}$ CFU /mL کلونی باکتری *E.coli* و $۱/۱\times۱۰^{۴}$ CFU /mL کلونی باکتری *S.aureus* شمارش شد. این مطلب نشان می‌دهد که نانوذرات نقره و هم‌چنین یون‌های نقره موجود در بستر الیاف به‌طور موفقیت‌آمیزی مانع رشد باکتری‌های گرم منفی و گرم مثبت شده است.



شکل ۲ خواص ضد باکتری نمونه‌ها در برابر باکتری گرم منفی *E.coli* (الف) PVA (ب) PVA-Ag (ج) PVA-Ag /PCL (د) PCL (و) PCL-Ag /PVA (ی) PCL-Ag



شکل ۳ خواص ضد باکتری نمونه‌ها در برابر باکتری گرم مثبت *S.aureus* (الف) PVA (ب) PVA-Ag (ج) PVA-Ag /PCL (د) PCL (و) PCL-Ag (ی) PCL-Ag /PVA

بررسی زاویه تماس

اندازهٔ زاویه تماس به‌عنوان معیاری برای تعیین میزان آب‌دوستی مواد استفاده می‌شود. هرچقدر زاویه تماس بیشتر باشد، میزان آب‌دوستی سطح ماده کم‌تر می‌شود. زاویه تماس صفر درجه به معنی آب‌دوستی کامل است. تصاویر حاصل از اندازه‌گیری زاویه تماس قطرهٔ آب روی سطح الیاف در شکل ۴ نشان داده‌شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، با افزودن ۱ درصد وزنی نیترات نقره به محلول PCL و PVA، زاویه تماس الیاف حاصل اندکی افزایش می‌یابد. به عبارتی با حضور نانوذرات نقره ناشی از احیای نمک نقره، آب‌دوستی الیاف PVA (با زاویه تماس ۴۲/۶°) بیشتر از الیاف PVA-Ag (با زاویه تماس ۶۶°) و آب‌گریزی الیاف PCL (با زاویه تماس ۱۲۱/۲°) بیشتر از الیاف PCL-Ag (با زاویه تماس ۱۲۶/۲°) شده است. چنین نتایج مشابهی در سایر تحقیقات گزارش‌شده است [۱۷].

شکل ۴ زاویه تماس سطح الیاف. (الف) PVA (ب) PVA-Ag (ج) PCL (د) PCL-Ag

بررسی نرخ عبور بخار آب

WVTR یکی از مشخصات زخم‌بندهاست و مقدار عبور بخار آب را نشان می‌دهد که مقدار ایده‌آل آن در حدود WVTR برای پوست انسان است. زیرا بالا بودن میزان WVTR موجب عبور بیش‌ازحد ترشحات و کم بودن آن موجب تجمع ترشحات و عفونت زخم می‌شود. مقادیر WVTR برخی از زخم‌بندهای تجاری به همراه پوست انسان در جدول ۲ آورده شده است [۱۴].

جدول ۲ مقادیر WVTR برخی از زخم‌بندهای تجاری [۱۴]

انواع زخم‌بند	WVTR (g/m^2h)
Biabrone	۱۵۴
Metalline	۵۳
Op site	۳۳
Omiderm	۲۰۸
پوست انسان	۱۵

آزمون تعیین WVTR براساس استاندارد فارماکوپه اروپا انجام شد (جدول ۳). مقدار عبور بخار آب به میزان آب‌دوستی و آب‌گریزی ماده سازندهٔ الیاف، میزان تخلخل بافت حاصل از الیاف و ضخامت بافت بستگی دارد. با افزایش میزان تخلخل حاصل از فضای خالی بین الیاف، مقدار WVTR افزایش می‌یابد. الیاف با قطر کوچک‌تر، متوسط اندازه تخلخل کوچک‌تری دارند [۱۸]. همان‌طور که در جدول ۳ مشاهده می‌شود، الیاف حاصل از محلول‌های حاوی نقره مقدار WVTR کم‌تری دارند. زیرا حضور نیترات نقره و نانوذرات نقره حاصل از احیا موجب افزایش رسانایی محلول می‌شود (در جدول ۱ قابل‌مشاهده است). با افزایش رسانایی محلول، قطر الیاف کاهش می‌یابد. از طرفی با حضور نقره در الیاف حاصل، میزان آب‌گریزی الیاف بیشتر می‌شود. بنابراین مقدار WVTR الیاف PVA-Ag و PCL-Ag کم‌تر از PVA و PCL می‌شود. انتظار می‌رود الیاف هسته-پوسته، به علت داشتن قطر بیشتر نسبت به الیاف تک لایه، مقدار WVTR بیشتری داشته باشند، اما همان‌طور که مشاهده می‌شود عامل حضور نقره مؤثرتر است.

جدول ۳ مقادیر WVTR (g/m^2h) الیاف الکتروریسی شده

الیاف	PCL	PVA	PCL-Ag	PVA-Ag	PCL-Ag/ PVA	PVA-Ag/ PCL
WVTR	۴۳	۴۸	۳۸	۴۲	۴۰	۳۹

۴ نتیجه‌گیری

روش الکتروریسی هم‌محور برای تهیه الیاف هسته-پوسته پلی‌کاپرولاکتان و پلی‌وینیل‌الکل استفاده شد. نانوذرات نقره به‌منظور ایجاد خواص ضد باکتری، قبل از فرایند از طریق احیای نیترات نقره درون محلول هسته، اضافه شد. حضور نانوذرات نقره با مشاهده پیک جذبی در آزمون طیف‌نمایی مرئی-فرابنفش در طول‌موج 425 nm برای محلول PVA-Ag و 430 nm برای محلول PCL-Ag ثابت شد. الیاف حاوی نقره به‌طور موفقیت‌آمیزی مانع رشد باکتری‌های *E.coli* و *S.aureus* شدند. با افزودن نیترات نقره به محلول، آب‌گریزی الیاف PCL افزایش و آب‌دوستی الیاف PVA کاهش یافت. نتایج اندازه‌گیری WVTR نشان داد که با حضور نانوذرات نقره مقدار WVTR کاهش‌یافته و در مقایسه با نمونه‌های تجاری، به پوست نزدیک‌تر است.

قدردانی

نویسندگان مقاله مراتب تشکر و قدردانی را از دانشگاه تربیت مدرس و ستاد ویژه توسعه فناوری نانو به دلیل حمایت‌های مالی (شماره ۳۸۲۳۱) از این تحقیق ابراز می‌دارند.

مراجع

[1] S.G. Kumbar, R. James, S.P. Nukavarapu, and C.T. Laurencin, "Electrospun nanofiber scaffolds: engineering soft tissues", Biomedical Materials, vol. 3, pp. 034002-034017, 2008.

[2] S. Shanmugan, R. Jothi Ramalingam, and D. Mutharasu, "Antibacterial activity and electrical properties of gold nanoparticle doped ceria-rice husk silica (Au/Ce-silica) nanocomposites derived from biomass", Synthesis and Reactivity in Inorganic, Metal-Organic, and Nano-Metal Chemistry, vol. 45, pp. 304-308, 2015.

[3] L. Guo, W. Yuan, Z. Lu, and C.M. Li, "Polymer/nanosilver composite coatings for antibacterial applications", Colloids and Surfaces A: Physicochem and Engeering Aspects, vol. 439, pp. 69-83, 2013.

[4] C.A. Bonino, "Functional nanofibers and hydrogels: from energy storage to biomedical applications", Ph.D. thesis, Univ. of North Carolina State, North Carolina, 2011.

[5] W. Jin, H.J. Jeon, J.H. Kim, and J.H. Youk, "A study on the preparation of poly(vinyl alcohol) nanofibers containing silver nanoparticles", Synthetic Metal, vol. 157, pp. 454-460, 2007.

[6] H. Kong, and J. Jang, "Antibacterial properties of novel poly(methyl methacrylate) nanofiber containing silver nanoparticles", Langmuir, vol. 24, pp. 2051-2056, 2008.

[7] J. An, H. Zhang, J. Zhang, Y. Zhao, and X. Yuan, "Preparation and antibacterial activity of electrospun chitosan/poly(ethylene oxide) membranes containing silver nanoparticles", Colloid Polymer Science, vol. 287, pp. 1425-1434, 2009.

[8] J.H. Park, M.R. Karim, J.W. Kim, and J.H. Yeum, "Electrospinning fabrication and characterization of poly(vinyl alcohol)/ montmorillonite/ silver hybrid nanofibers for antibacterial applications", Colloid Polymer Science, vol. 288, pp. 115-121, 2010.

[9] G. Tan, S. Saglam, E. Emul, D. Erdonmez, and N. Saglam, "Synthesis and characterization of silver nanoparticles integrated in polyvinyl alcohol nanofibers for bionanotechnological applications", Turkish Journal of Biology, vol. 40, online access, 2016.

[10] Z. Sun, E. Zussman, and A.L. Yarin, "Compound core-shell polymer nanofibers by co-electrospinning", Advanced Material, vol. 15, pp. 1929-1932, 2003.

[11] J. Yao, Sh. Zhang, W. Li, Zh. Du, and Y. Li, "In vitro drug controlled release behavior of an electrospun modified poly(lactic acid)/bacitracin drug delivery system", RSC Advances, vol.6, pp. 515-521, 2016.

[12] R. Khajavi, and M. Abbasipour, "Electrospinning as a versatile method for fabricating core-shell, hollow and porous nanofibers", Scientia Iranica, Scientia Iranica F, vol. 19, pp. 2029-2034, 2012.

[13] S. Khalaji, and N. Golshan Ebrahimi, "Production of PVA/chitosan skin scaffold and investigation of adding collagen on scaffold properties", M.Sc. thesis, Univ. of Tarbiat Modares, Chemical Engineering Dept., Iran, 2015.

[14] M.T. Razzak, D. Darwis, and Z. Sukirno, "Irradiation of polyvinyl alcohol and polyvinyl pyrrolidone blended hydrogel for wound dressing", Radiation Physics and Chemistry, vol. 62, pp. 107-113, 2001.

[15] F. Khodkar, and N. Golshan Ebrahimi, „Investigation the effect of time and temperature on silver nanoparticles formation in biopolymer nanofibers", ANFC2015, Kish Island, Iran, 8-11 2015.

[16] M. S. Sumitha, K. T. Shalumon, and V. N. Sreeja, "Biocompatible and antibacterial nanofibrous poly(ε-caprolactone)-nanosilver composite scaffolds for tissue engineering applications", Journal of Macromolecular Science, Part A: Pure and Applied Chemistry, vol. 49, pp. 131-138, 2012.

[17] S. Madaeni, and T. Akbarzadeh Arbatan, "Preparation and characterization of microfiltration membrane embedded with silver nano-particles",Iranian Journal of Chemistry and Chemical Engineering, vol. 29, 2010.

[18] W. Yuan, "Effect of fiber diameter and web porosity on breathability of nanofiber mats at various test conditions", M.Sc. thesis, Univ. of Texas at Austin, Texas, 2014.

www.nanomeghyas.ir
Nanoscale
| Vol 2 | No.3 | Autumn 2015 |

Antibacterial and Water Vapor Transmission Properties of Core-Shell Electrospun Fibers Containing Silver Nanoparticles

F. Khodkar | N. Golshan Ebrahimi*

Chemical Engineering Department, Tarbiat Modares University,Tehran, Iran.

Abstract

In this research, coaxial electrospinning method was used for preparing the core-shell fibers of polycaprolactone (PCL) and polyvinyl alcohol (PVA), and silver nanoparticles were added through the reduction of silver nitrate in core solution before processing. The presence of silver nanoparticles was proved by observing the absorption peak in UV-visible spectroscopy test in the range of 420-430 nm. Antibacterial properties were investigated according to ATCC100 standard by usage of *E.coli* and *S.aureus* bacteria on single layer fibers mat of PCL, PVA, PCL containing silver and PVA containing silver, as well as core-shell fibers mat of PVA-Ag/PCL and PCL-Ag/PVA. The results showed that core-shell fibers have strong antibacterial properties like single layer fibers containing silver. Also, adding silver nanoparticles caused a slight enhancement in contact angle or hydrophobicity of the fibers. The water vapor transmission rate test exhibited that WVTR value decreased with the addition of silver and fabricating core-shell fibers while in comparison with commercial wound dressing, this value is more close to human WVTR value.

Keywords

Electrospinning; Polycaprolactone; Polyvinyl alcohol; Antibacterial Properties; Silver Nitrate.

*Correspondent Author Email: ebrahimn@modares.ac.ir