مقاله پژوهشی

# سنتز نانوالیاف کیتوسان/پلی‌اتیلن‌اکساید و عصاره آویشن شیرازی به روش الکتروریسی و کاربرد آن در پزشکی

**الهام کریمی نظری[۱و۲*]، مینو صدری[۲]، مطهره السادات حسینی[۳]، علی حیدری[۳]، سمانه کارگر قلعه سیفی[۳]، زینب کریمی مقدم[۴]**

۱- مرکز تحقیقات تغذیه و ایمنی مواد غذایی، دانشگاه علوم پزشکی شهید صدوقی یزد، یزد، ایران
۲- مرکز تحقیقات علوم و فناوری زیستی، دانشگاه صنعتی مالک اشتر، تهران، ایران
۳- دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی شهید صدوقی یزد، یزد، ایران
۴- دانشگاه علوم پزشکی فسا، فسا، ایران

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۶/۰۹/۲۰ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۷/۰۴/۱۶

## چکیده

**زمینه و هدف:** نانوالیاف به الیافی با قطر کمتر از ۱۰۰۰ نانومتر اطلاق می‌شود. روش‌های مختلفی برای ساخت نانوالیاف‌ها وجود دارد که یکی از این روش‌ها، الکتروریسی است. در این روش نانوالیاف بر روی ورقه‌های آلومینیومی تشکیل می‌شود. تبدیل کیتوسان به مشتقات با انحلال‌پذیری بیشتر، اختلاط آن با سایر پلیمرها و استفاده از حلال‌های ویژه روش‌هایی برای سهولت الکتروریسی آن است. در این مطالعه از عصاره آویشن با خاصیت آنتی‌باکتریال بودن، التیام و تسریع در بهبود زخم جهت تهیه ترکیب نانوالیاف کیتوسان/پلی‌اتیلن‌اکساید و آویشن به‌وسیله الکتروریسی ساخته و موردبررسی قرار گرفت.

**مواد و روش‌ها:** با کمک دستگاه الکتروریسی محلول پلیمری از کیتوسان و پلی‌اتیلن اکساید به نسبت ۹۰/۱۰ و توئین ۸۰٪ در محلول ۰/۵ مولار استیک اسید تهیه و با افزودن عصاره آویشن، از نانوالیاف تهیه‌شده تصویر SEM گرفته شد. سپس قطر نانوالیاف با استفاده از نرم‌افزار Celemex vision اندازه‌گیری شد.

**نتایج:** با توجه به تصاویر به‌دست‌آمده از میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) و اندازه‌گیری قطر نانوالیاف به‌دست‌آمده از محلول با فرمولاسیون کیتوسان/پلی‌اتیلن‌اکساید/آویشن به نسبت ۹۰/۱۰ میانگین قطر نانوالیاف در محدوده ۱۰۰-۶۰ nm است و بهترین الیاف با کمترین گره تهیه شد.

**نتیجه‌گیری:** نانوالیاف تهیه‌شده کاربرد زیادی در صنعت پزشکی به‌ویژه درزمینه داربست‌های مهندسی بافت و زخم پوش‌ها دارد و از آن به عنوان کاندیدی آنتی‌باکتریال می‌توان استفاده کرد. علاوه بر مؤثر بودن در درمان زخم‌ها، هزینه درمان را نیز کاهش می‌دهند.

**کلمات کلیدی:** کیتوسان، پلی‌اتیلن‌اکساید، نانوالیاف، الکتروریسی، عصاره آویشن، SEM

## مقدمه

بیوتکنولوژی و یکی از شاخه‌های آن، نانوبیوتکنولوژی، علومی هستند که برای تولید موادی در ابعادی کمتر و سایز بسیار کوچک کاربرد دارند (۱). در سال‌های اخیر تحقیقات به سمت تولید نانو ساختارهایی با کاربردهای متنوع، به‌وسیله پلیمرها، پیشروی می‌کند. در این مطالعات با استفاده از علم نانوبیوتکنولوژی تلاش برای دست یافتن به نانوساختارها صورت گرفته است، عمده‌ترین روش‌های در دسترس برای سنتز نانوالیاف عبارت است از: الکتروریسندگی (Electro spinning)، خودآرایی (Self-Assembly)، جداسازی فازی (Phase Separation)، قالب سنتزی (Injection Molding) و کشش (Tension)(۲).

در میان این روش‌ها الکتروریسندگی به‌عنوان ساده‌ترین و کم‌هزینه‌ترین روش ساخت نانوالیاف موردقبول است و تنها

*نویسنده مسئول: **الهام کریمی نظری**، مرکز تحقیقات تغذیه و ایمنی مواد غذایی، دانشگاه علوم پزشکی شهید صدوقی یزد، یزد، ایران
Email: elham939k@gmail.com
https://orcid.org/0000-0003-0947-6278

[ Downloaded from jabs.fums.ac.ir on 2026-11-12 ]

[ DOR: 20.1001.1.22285105.2018.8.3.13.3 ]

تکنولوژی بوده که می‌تواند ترکیبات فیبری با قطرهایی در محدوده میکرو و نانو، تولید کند (۳، ۴). در این تکنیک الیاف می‌تواند جهت دارو یا داربست‌هایی سه‌بعدی با سطوح بسیار وسیع و متخلخل مورداستفاده قرار گیرد (۵). مساحت سطح بالای نانوالیاف، خلل و فرج فراوان در نانوالیاف الکتروریسی شده و قابلیت طراحی شدن به فرم‌های مختلف، به نانوالیاف این اجازه را می‌دهد که در موارد مختلفی ازجمله مهندسی بافت، دارورسانی و بیوپزشکی و بهبود زخم و سوختگی کاربرد داشته باشد. اگرچه تمامی این زمینه‌ها مطالعه شده‌اند ولی کاربردهای پزشکی نانوالیاف پلیمری، بیشترین رشد را درزمینهٔ تحقیقات نانوالیاف به خود اختصاص داده است (۶).

ازجمله کاربردهای بیوپزشکی دیگر برای ساخت نانوالیاف از انواع پلیمرهای سنتزی و طبیعی استفاده می‌شود (۷). پلیمرهای طبیعی در مقایسه با پلیمرهای سنتزی واکنش‌های بهتری را با سلول‌ها و سیستم‌های بیولوژیکی می‌دهند (۸). اما تبدیل یک پلیمر طبیعی به‌تنهایی به الیاف در اندازه نانو از طریق الکتروریسی به‌مراتب مشکل‌تر از پلیمر سنتزی است (۹). کیتوسان پلیمر طبیعی زیست سازگاری است که دارای ویژگی‌های زیست‌تخریب‌پذیری، زیست سازگار، غیر آنتی‌ژنیک، غیر سمی، بهبوددهنده زخم و دارای اثرات آنتی‌باکتریال و ضد قارچ با منشأ طبیعی است (۱۰). کیتوسان از هیدرولیز پلیمری کیتین به دست می‌آید (۱۱). کیتین دومین پلی‌ساکارید فراوان موجود در جهان بعد از سلولز است (۱۲). درواقع کیتوسان مشتق داستیله کیتین است (۱۳، ۱۴). درجه داستیلاسیون یک پارامتر ساختاری است که نه‌تنها خواص فیزیکی و شیمیایی ازجمله جرم مولکولی، حلالیت، استحکام را نیز تعیین می‌کند، بلکه خواص بیولوژیکی کیتوسان مانند زیست‌تخریب‌پذیری، آنتی میکروبی و دیگر خواص را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهد (۱۵). اخیراً تحقیقات زیادی برای گسترش ترکیبات ضدمیکروبی در درمان زخم‌ها به‌منظور کاهش مقاومت ضد باکتری میکروارگانیسم‌ها انجام شده است. کیتین و کیتوسان هر دو یک تأثیر تسریع‌کننده بر بهبود زخم‌ها دارند (۱۶). اخیراً گزارشی در مورد کامپوزیتی از کیتین و نانوذرات نقره برای ترمیم زخم‌ها منتشر شده است که نشان می‌دهد این کامپوزیت خاصیت ضدباکتری بالا و همچنین سازگاری زیادی باپوست دارد (۱۷). تشکیل نانوالیاف کیتوسان به‌شدت، به نسبت جرمی کیتوسان/پلی‌اتیلن‌اکساید بستگی دارد. از طرفی دیگر مشخص‌شده که تهیه الیاف کیتوسان به‌وسیله الکتروریسی تنها در حضور یک پلیمر دوم ممکن است (۱۸). مشکل اصلی الکتروریسی کیتوسان، انحلال‌پذیری ضعیف کیتوسان و ویسکوزیته بالای محلول آبی آن است. ویسکوزیته محلول یک فاکتور مهم در ریسندگی است که قابلیت ریسندگی محلول و شکل الیاف ریسیده شده را تحت تأثیر قرار می‌دهد (۱۹). علت ویسکوزیته بالای محلول کیتوسان، به دلیل پیوندهای قوی هیدروژنی بین گروه‌های $NH_2$ و OH زنجیره‌های کیتوسان است (۲۰). در این مطالعه پلی‌اتیلن‌اکساید برای کاهش ویسکوزیته محلول کیتوسان استفاده شد تا با برهمکنش با کیتوسان به‌وسیله پیوندهای هیدروژنی محلولی باقابلیت ریسندگی در غلظت‌های بالاتر ایجاد کند و موجب کاهش ویسکوزیته محلول و افزایش در حلالیت کیتوسان شود. پلی‌اتیلن‌اکساید به دلیل وزن‌های مولکولی متنوع و حلالیت قابل‌ملاحظه آن، در اکثر حلال‌ها به‌ویژه آب، زیست سازگاری، سمیت پایین، قابلیت تولید الیاف در محلول‌های آبی و درنهایت تولید الیاف با وزن مناسب، به یک پلیمر زیست سازگار تبدیل شده است (۲۱). از محلول توئین ۸۰٪ برای کاهش کشش سطحی استفاده می‌شود (۲۲). آویشن شیرازی، یکی از این گیاهان داروئی است که نام علمی آن Zataria multiflora بوده، متعلق به تیره نعناع و بومی مناطق جنوبی ایران است (۲۳). تیمول که ترکیب اصلی روغن آویشن گزارش شده است به‌عنوان ضد اکسیدان، ضد بیوتیک برای درمان بیماری‌های دستگاه تنفسی، بهبود زخم، ضد نفخ شکمی، ادرارآور، ضدعفونی‌کننده ادرار و داروی کرم‌زدا عمل می‌کنند (۲۴). به‌منظور افزایش خاصیت ضد میکروبی کیتوسان از عصاره آویشن استفاده شد (۲۵) که این ترکیبات خاصیت ضد قارچی و ضدمیکروبی فراوان دارند (۲۶، ۲۷). لذا در این رابطه مطالعه حاضر نیز تأثیر کاربرد این مواد را بر روی نانوالیاف سنتز شده بر غشای کیتوسان موردبررسی قرار گرفت. هدف از انجام این مطالعه، تولید نوعی پوشش زخم مناسب از نانوالیاف پلیمرهای زیست‌تخریب‌پذیر به روش الکتروریسی و بررسی شرایط عملیاتی برای به حداقل رساندن قطر متوسط نانوالیاف حاوی ماده مؤثره است به‌طوری‌که در هنگام استفاده روی زخم بتواند خواصی مطلوب از قبیل «ایجاد کمترین آلودگی، سازگاری با محیط زخم، کنترل میزان رطوبت و اکسیژن هوا به‌منظور ترمیم سریع و جلوگیری از خشک شدن آن، هزینه کمتر درمان به علت تعویض کم پوشش و درنهایت، جدا شدن آسان از روی پوست» را دارا باشد.

[ Downloaded from jabs.fums.ac.ir on 2026-11-12 ]
[ DOR: 20.1001.1.22285105.2018.8.3.13.3 ]

## مواد و روش‌ها

مواد مورداستفاده در این مطالعه، شامل پلیمر کیتوسان با وزن مولکولی متوسط و درجه داستیلاسیون ۸۰-۷۵ درجه، تولید شرکت سیگما آلدریچ، پلیمر پلی‌اتیلن‌اکساید با وزن مولکولی ۹۰۰ هزار دالتون، تولید شرکت سیگما آلدریچ، استیک اسید گلاسیال تولید شرکت مرک آلمان، با درجه خلوص ۹۹/۸٪ و جرم مولکولی ۶۰/۵ گرم بر مول، آب مقطر دو بار یونیزه، توئین ۸۰٪، عصاره آویشن شیرازی تولید شرکت باریج اسانس است. فرآیند الکتروریسندگی با استفاده از دستگاه الکتروریسندگی (مدل ES1000 شرکت فناوران نانومقیاس) و میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM مدل MV2300) جهت مطالعه مورفولوژی سطح نانو الیاف آماده‌شده، استفاده شد.

**تهیه محلول کیتوسان/پلی‌اتیلن‌اکساید با نسبت ۹۰ به ۱۰**

محلول کیتوسان/پلی‌اتیلن اکساید با افزودن ۰/۲۷ گرم پودر کیتوسان با وزن مولکولی متوسط و ۰/۴ گرم پلی‌اتیلن اکساید در حجم مناسب ۵۰٪ استیک اسید تهیه شد. سپس ۲۵ میلی‌لیتر توین ۸۰٪ به‌عنوان امولسیون کننده به محلول اضافه شد. محلول آماده‌شده بر روی استیرر با ۳۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۲ ساعت در دمای اتاق به هم زده شد تا محلول هموژن و یکنواختی حاصل شد (۲۸).

**اندازه‌گیری فعالیت ضد باکتریایی آویشن خریداری‌شده**

فعالیت ضد باکتریایی نمونه‌های آویشن با استفاده از دیسک بلنک مورد ارزیابی قرار گرفت. در این روش بعد از کشت دادن باکتری‌ها به‌صورت چمنی بر روی محیط کشت هر پلیت، دیسک‌ها را وسط پلیت قرار داده و با سمپلر به مقدار ۳۰ میکرولیتر از عصاره آویشن را بر روی دیسک ریخته شد و سپس پلیت‌ها را به مدت ۲۴ ساعت در انکوباتور ۳۷°C قرار داده شد. بعد از مشاهده و بررسی نتایج قطر نواحی هاله با استفاده از خط کش میلی‌متری در دو راستای عمود برهم اندازه‌گیری شد.

**تهیه محلول پلیمری کیتوسان/پلی‌اتیلن‌اکساید با افزودنی آویشن**

بعد از تهیه محلول کیتوسان/پلی‌اتیلن‌اکساید، آویشن شیرازی خریداری‌شده از شرکت باریج اسانس را به محلول اضافه و سپس به مدت کوتاهی بر روی دستگاه استیرر قرار داده شد.

**تهیه الیاف**

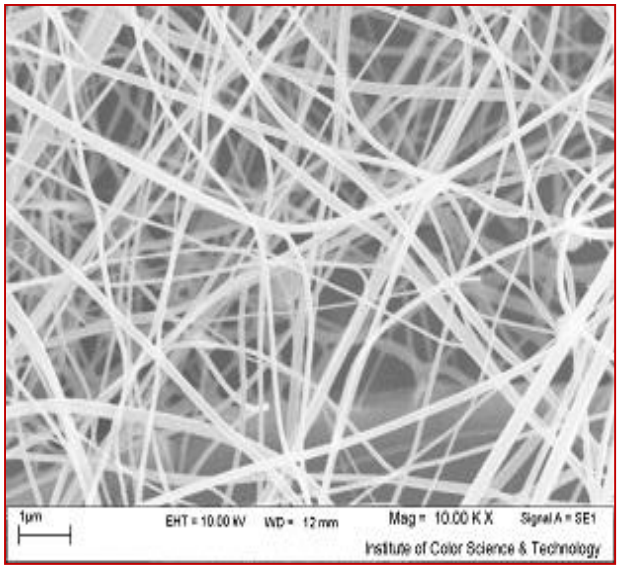
به‌منظور تهیه نانوالیاف، محلول پلیمری آماده‌شده را درون سرنگ ۵ میلی‌لیتری با سوزن باریک استیل (قطر ۰/۹ میلی‌متری) ریخته شد. محلول پلیمری را در پمپ انفوزیون دستگاه الکتروریسندگی قرار داده و ولتاژ دستگاه را در محدوده ۲۰-۱۷ kv و فاصله نوک سوزن را با صفحه جمع کننده در محدوده ۱۰ cm با نرخ تغذیه ۰/۵ ml/h قرار داده شد. عمل پاشش روی سطح ورق آلومینیومی انجام شد. جهت تهیه نانوالیاف باضخامت مناسب، الکتروریسی به مدت ۱۰ ساعت انجام شد. درنهایت جهت حذف کامل حلال، نمونه در دمای اتاق خشک شد.

**تجزیه‌وتحلیل میکروسکوپ الکترونی روبشی**

مورفولوژی و قطر نانوالیاف حاصل از فرآیند الکتروریسی با استفاده از میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) مشاهده و بررسی شد؛ برای این منظور، ابتدا فویل آلومینیومی که نانوالیاف روی آن جمع‌آوری‌شده بود، به قطعات ۱ ×۲۱ سانتی‌متر برش داده شد. مدل آماده‌شده با استفاده از دستگاه پوشش‌دهنده یونی مدل E5200 و با اعمال ولتاژ ۱ کیلوولت برای ۵ دقیقه پوشش طلا داده شدند؛ سپس تصاویر SEM نانوالیاف با اعمال ولتاژی در حد کیلوولت به دست آمدند و درنهایت جهت اندازه‌گیری قطر نانوالیاف از نرم‌افزار Celemex Vision استفاده شد.

## نتایج

به‌منظور ساخت نانوالیاف پلیمری با خاصیت بالای ضد میکروبی از دستگاه الکتروریس استفاده شد. با توجه به نتایج حاصل از SEM می‌توان نتیجه گرفت که محلول پلیمری

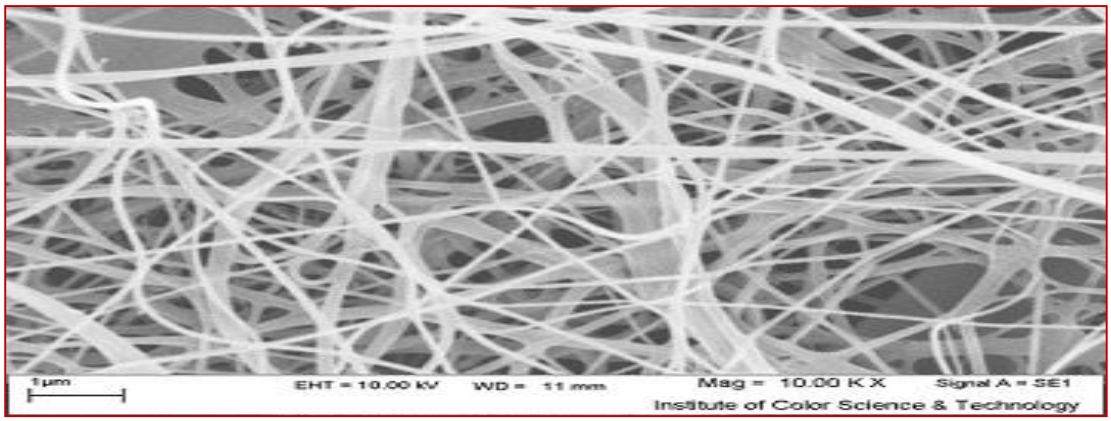



**شکل ۱**- تصویر میکروسکوپ الکترونی روبشی نانوالیاف تهیه‌شده از محلول کیتوسان/پلی‌اتیلن‌اکساید

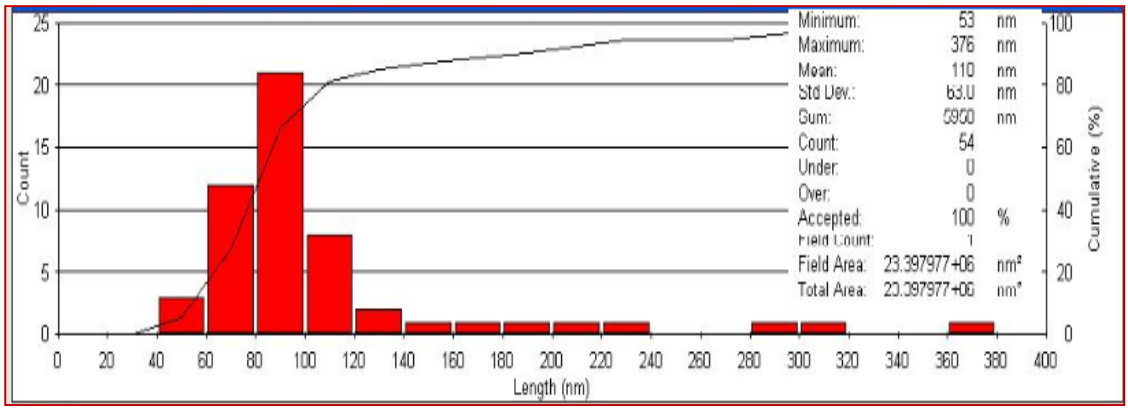
[ Downloaded from jabs.fums.ac.ir on 2026-11-12 ]
[ DOR: 20.1001.1.22285105.2018.8.3.13.3 ]

کیتوسان/پلی‌اتیلن‌اکساید با نسبت پلیمری ۹۰ به ۱۰ محلولی با پایداری بالا و ویسکوزیته پایین است شکل (۱، ۲). با توجه به نمودار ۱ الیاف حاصل‌شده با قطری در محدوده ۱۰۰-۶۰ نانومتر ازنظر یکنواختی و شبکه‌ای شدن قابل‌قبول است. همچنین مطالعات انجام‌شده روی آویشن نشان می‌دهد که می‌توان ازآن‌جهت افزایش خاصیت ضد میکروبی کیتوسان استفاده کرد.

باشند. از مهم‌ترین ویژگی‌های روش تولید از قالب می‌توان به تولید نانوالیاف پلیمرهای هادی، فلزات، نیمه‌هادی‌ها و کربن اشاره کرد. ولی با استفاده از این روش نمی‌توان نانوالیاف پیوسته تولید کرد. فرایند جدایش فازی نیاز به دوره زمانی زیادی برای انتقال پلیمر جامد به فوم نانو متخلخل دارد. روش خودآرایی نیز مانند روش جدایش فازی، برای تولید نانوالیاف پیوسته، روشی




**شکل ۲**- تصویر میکروسکوپ الکترونی روبشی نانوالیاف تهیه‌شده از محلول کیتوسان/پلی‌اتیلن‌اکساید با افزودنی آویشن




**نمودار ۱**- توزیع قطر نانوالیاف کیتوسان/پلی‌اتیلن‌اکساید با افزودنی آویشن در محدوده ۱۰۰-۶۰ نانومتر

## بحث

امروزه بهترین گزینه در کاربرد پزشکی بخصوص در درمان نقص یا آسیب در بدن به‌ویژه زخم و آسیب‌های پوستی، استفاده از نانوالیاف است که نانوالیاف کیتوسان پیشتاز بوده است. روش‌های تولید نانوالیاف شامل کشش، تولید از قالب، جدایش فازی، خودآرایی و الکتروریسی هستند. از معایب روش کشش می‌توان به نیازمندی موادی با رفتار ویسکوالاستیسیته برای تحمل تغییر شکل بالا اشاره کرد درحالی‌که چسبندگی کافی برای مقاومت در برابر فشار وارده در طول عملیات کشش را داشته

وقت‌گیر است. روش الکتروریسی بسیار تطبیق‌پذیر بوده و محدوده وسیعی از مواد پلیمری با محدوده وسیعی از قطر الیاف را می‌توان در مقیاس صنعتی تولید نمود. همچنین الکتروریسی روشی شناخته‌شده در دنیاست که قابلیت تولید داربست‌هایی با ساختار نانو را دارد (۲۹). در این روش سرعت ترمیم جراحت نسبت به سایر روش‌های مرسوم بیشتر بوده و از طرفی کیتوسان و عصاره آویشن دارای خاصیت آنتی‌باکتریال بوده و مانع تحریک پاسخ‌های دفاعی علیه بدن می‌شود و درترمیم و بهبودی نقش مؤثرتری دارند.

[ Downloaded from jabs.fums.ac.ir on 2026-11-12 ]
[ DOR: 20.1001.1.22285105.2018.8.3.13.3 ]

نکته مهم و قابل‌توجه این است که وضعیت سیستم و فراهم کردن شرایط برای تشکیل میکروفیبرها و نانوفیبرها بسیار باهم متفاوت بوده و وابسته به مواد و انتخاب حلال، پارامترهای فیزیکی و شیمیایی پلیمری حل شونده مانند ویسکوزیته، کشش سطحی، هدایت الکتریکی و ساختار است. ازآنجایی‌که در مطالعه امامقلی و همکاران (۲۰۱۲) نتایج نشان داد که حضور یا عدم حضور PEO فاکتور مهمی در تهیه نانوالیاف به شمار می‌رود به‌طوری‌که محلول کیتوسان خالص قادر به تشکیل نانوالیاف نیست ولی با اضافه کردن PEO کامپوزیت قابل الکتریسی به دست آمد (۳۰) در مطالعه حاضر موردتوجه قرار گرفت. Bhattaraia و همکاران گزارش کردند که افزودن تریتون X-100(به‌عنوان سورفکتانت) ساختار الکتروریسی شده را بهبود بخشید و با اضافه کردن DMSO (به‌عنوان کمک حلال) به محلول پلیمر نانوالیاف یکنواختی به دست آمد (۳۱، ۳۲). دیدگاه‌های مشابهی در استفاده کمک حلال‌های قطبی و غیر قطبی برای بهبود قابلیت الکتروریسی محلول‌های پلیمر گزارش شده است. در مطالعه صدری و همکاران (۲۰۱۵) نتایج نشان داد که افزودن حنا در ساختار نانوالیاف، می‌تواند انتخاب مناسبی جهت تسهیل فرآیند ترمیم زخم باشد (۳۳). در این مطالعه نیز، از عصاره آویشن شیرازی به‌عنوان ماده افزودنی در تهیه نانوالیاف استفاده شد. در مطالعه مشابهی از حسینی و همکاران (۲۰۱۵) نانوالیاف کیتوسان/پلی‌اتیلن اکساید به همراه افزودنی، از نسبت ۶۰/۴۰ تا ۱۰/۹۰ تهیه شد که نانوالیاف تهیه‌شده جهت تسریع در بهبود زخم و ممانعت از رشد باکتری استفاده شد (۳۴) که در این مطالعه از پلیمر کیتوسان/ پلی‌اتیلن اکساید با نسبت ۱۰/۹۰ به همراه افزودنی آویشن تهیه شد.

نتایج مطالعه شرافتی و همکاران (۲۰۱۳) نشان داد که عصاره آویشن شیرازی دارای اثر ضد باکتریایی بوده (۳۵). با توجه به کاربرد گیاهان دارویی در طب سنتی و سبک زندگی، در این مطالعه نیز از خواص آنتی‌میکروبی آویشن استفاده شد. به‌طورکلی ترکیبات فنولی موجود در آویشن (تیمول، کارواکرول) با اثر بر روی غشای سلول باعث مرگ سلول باکتری می‌شود به همین منظور جهت افزایش خاصیت انتی‌میکروبی کیتوسان از افزودنی آویشن استفاده شد.

## نتیجه گیری

در این تحقیق ساخت نانوالیاف ابتدا بر روی ورقه آلومینیومی انجام شد تا محلول کامپوزیتی مناسب و بهینه جهت این منظور به دست آید. نتایج نشان داد که محلول پلیمری کیتوسان/پلی‌اتیلن‌اکساید/عصاره آویشن، پلیمر زیست سازگاری است که می‌تواند انتخاب مناسبی برای پوشش زخم و ممانعت از رشد باکتری باشد و موجب تسهیل فرآیند ترمیم زخم شود؛ علاوه براین، پوشش نانوالیاف حاوی ماده مؤثره می‌تواند علاوه بر مؤثر بودن در درمان زخم‌ها، هزینه درمان را نیز کاهش دهد.

## تشکر و قدردانی

این مقاله حاصل پایان نامه با کد ثبت FTH-۰۳۵۳۰ مصوب دانشگاه صنعتی مالک اشتر تهران می‌باشد.

## تعارض منافع

نویسندگان هیچ‌گونه تعارض منافعی را اعلام نکرده اند.

## References

1. Sadri M, Agend F, Hosseini H. Fast and Efficient Electrospinning ofChitosan-Poly(ethylene oxide) Nanofibers as Potential Wound Dressing Agents for Tissue Engineerin. Journal of Applied Polymer Science. 2011;126 (6):2077-.
2. Wiraputra IGPAE, Fauzi A, Zulfi A, Munir MM. The Design of Mini-Rotary Forcespinning System for Nanofiber Synthesis. Procedia Engineering. 2017;170(2017):24-30.
3. Bhattaraia N, Edmondson D, Veiseh O, Matsen, FA, Zhang M..Electrospun Chitosan-Based Nanofibers and their Cellular Compatibility. Biomaterials. 2005;26(31):6176–84.
4. Martinová L, Lubasová D. Electrospun chitosan based nanofibers. Research Journal of Textile and Apparel. 2008;12(2):72-9.
5. Pillai C, Sharma CP. Electrospinning of chitin and chitosan nanofibres. Trends in Biomaterials and Artificial Organs. 2009;22(3):179-201.

[ Downloaded from jabs.fums.ac.ir on 2026-11-12 ]
[ DOR: 20.1001.1.22285105.2018.8.3.13.3 ]

6. Queen H. "Electrospinning Chitosan-Based Nano Fibers for Biomedical Application". partial fulfillment of the requirements: North Carolina State University; 2006.
7. Cole JP, Hanlon AM, Rodriguez KJ, Berda EB. Protein-like structure and activity in synthetic polymers. Journal of Polymer Science Part A: Polymer Chemistry. 2017;55(2):191-206.
8. Torres-Giner S, Wilkanowicz S, Meléndez-Rodríguez B, Lagaron JM. Nanoencapsulation of Aloe Vera in Synthetic and Naturally Occurring Polymers by Electro-hydrodynamic Processing of Interest in Food Technology and Bioactive Packaging. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2017;65(22):4439-48.
9. Ratner B, Hoffman A, Schoen F, Lemons J."Biomaterial Science: An Introduction to Materials inMedicine". british library cataguing in publication data: elsevier academic press; 2004.
10. Rocha MAM, Coimbra MA, Nunes C. Applications of chitosan and their derivatives in beverages: a critical review. Current Opinion in Food Science. 2017;15(2017):61-9.
11. de Arruda INQ, Pereira VA, Stefani R. Application of chitosan matrix for delivery of rutin. Journal of the Iranian Chemical Society. 2017;14(3):561-6.
12. Winkler AJ, Dominguez-Nuñez JA, Aranaz I, Poza-Carrión C, Ramonell K, Somerville S, et al. Short-chain chitin oligomers: Promoters of plant growth. Marine drugs. 2017;15(2):40.
13. Ruiz-NavajasM Y,Viuda-Martos M,Sendra E, Perez-Alvarez J,Fernández-López J. In vitro antibacterial and antioxidant properties of chitosan edible films incorporated with Thymus moroderi or Thymus piperella essential oils. Food Control 2012;30(2):386-92.
14. Kahovec Ja, Fox R, Hatada K. Nomenclature of regular single-strand organic polymers (IUPAC Recommendations 2002). Pure and Applied Chemistry. 2002;74(10):1921-56.
15. Zahedi P, Rezaeian I, Ranaei-Siadat SO, Jafari S H,Supaphol P. "A Review on Wound Dressings with an Emphasison Electrospun Nanofibrous Polymeric Bandages. Polym AdvTech. 2010;21(2):77-95.
16. Wongpanit P, Sanchavanakit N, Pavasant P, Supaphol P, Tokura S, Rujiravanit R. Preparation and Characterization of Microwave-treated Carboxymethyl Chitin and Carboxymethyl Chitosan Films for Potential Use in Wound Care Application. Macromolecular bioscience. 2005;5(10):1001-12.
17. Madhumathi K, Kumar PS, Abhilash S, Sreeja V, Tamura H, Manzoor K, et al. Development of novel chitin/nanosilver composite scaffolds for wound dressing applications. Journal of Materials Science: Materials in Medicine. 2010;21(2):807-13.
18. Ignatova M, Starbova K, Markova N, Manolova N, Rashkov I. Electrospunnano-Fibre Mats with Antibacterial Properties fromQuaternized Chitosan and Poly (Vinyl Alcohol). CarbohydrateResearch 2006; 341(12): 2098–107.
19. Wang L, Chen D, Jiang K, Shen G. New insights and perspectives into biological materials for flexible electronics. Chemical Society Reviews. 2017;46(22):6764-815.
20. Feng L, Cao Y, Xu D, Zhang D, Huang Z. Influence of chitosan-sodium alginate pretreated with ultrasound on the enzyme activity, viscosity and structure of papain. Journal of the Science of Food and Agriculture. 2017;97(5):1561-6.
21. Ketabchi N, Naghibzadeh M, Adabi M, Esnaashari SS, Faridi-Majidi R. Preparation and optimization of chitosan/polyethylene oxide nanofiber diameter using artificial neural networks. Neural Computing and Applications. 2017;28(11):3131-43.
22. Cui H, Bai M, Rashed MM, Lin L. The antibacterial activity of clove oil/chitosan nanoparticles embedded gelatin nanofibers against Escherichia coli O157: H7 biofilms on cucumber. International journal of food microbiology. 2018;266(2018):69-78.
23. Das K, Tiwari R, Shrivastava D. Techniques for evaluation of medicinal plant products as antimicrobial agents: current methods and future trends. Journal of medicinal plants research. 2010;4(2):104-11.
24. Ebrahimi SN, Hadian J, Mirjalili M, Sonboli A, Yousefzadi M. Essential oil composition and antibacterial activity of Thymus caramanicus at different phenological stages. Food chemistry. 2008;110(4):927-31.
25. Sadri M, Karimi-Nazari E, Hosseini H, Emamgholi A. New Chitosan/Poly (ethylene oxide)/Thyme Nanofiber Prepared by Electrospinning Method for Antimicrobial Wound Dressing. Journal of Nanostructures. 2016;6(4):322-8.
26. Sharma A, Gupta S, Sarethy IP, Dang S, Gabrani R. Green tea extract: Possible mechanism and antibacterial activity on skin pathogens. Food Chemistry. 2012;135(2):672–5.
27. Ali MS1, Saleem M, Ali Z, Ahmad VU. Chemistry of zataria multiflora (Lamiaceae). Phytochemistry. 2000;55(8):933-6.
28. Sadri M, Arab-Sorkhi S, Vatani H, Bagheri-Pebdeni A. New wound dressing polymeric nanofiber containing green tea extract prepared by electrospinning method. Fibers and Polymers. 2015;16(8):1742-50.
29. Ramakrishna S. An introduction to electrospinning and nanofibers. national university of singapore: World Scientific publishing co; 2005.
30. Emamgholi A, Kaka GR, Sadri M, Sadraee SH, Hosseini SH. The synthesis of chitosan/polyethylene nanofibersoxide on chitosan membrane: an applicable model in tissue engineering. scientific information database. 2012;10(4):300-5.
31. Bhattarai SR, Bhattarai N, Yi HK, Hwang PH, Cha DI, Kim HY. Novel biodegradable electrospun membrane: scaffold for tissue engineering. Biomaterials. 2004;25(13):2595-602.
32. Jayaraman K, Kotaki M, Zhang Y, Mo X, Ramakrishna S. Recent advances in polymer nanofibers.

[ Downloaded from jabs.fums.ac.ir on 2026-11-12 ]
[ DOR: 20.1001.1.22285105.2018.8.3.13.3 ]

Journal of Nanoscience and Nanotechnology. 2004;4(1-1):52-65.
33. Sadri M YI, Vatani H. Preparation of Henna Extract of Chitosan Nanofibres and Antibacterial Properties and Its Biocompatibility(In Persian). daneshvar pezashki. 2015;117(22):59-70.
34. Herfe dost GH, Sadri M, pashm forosh N, zolfaqari D, emamgholi A. Preparation of chitosan / polyethylene oxide / Henna extract nano fibers for medical applications. Medical Journal of Tabriz University of Medical Sciences & Health Services. 2015;37(5).
35. Sharafati Chaleshtori R, Rafieian Kopaei M, Rokni N, Mortezaei S, Sharafati Chaleshtori A. Antioxidant activity of Zataria multiflora hydroalcoholic extract and its antibacterial effect on Staphylococcus aureus. Journal of Mazandaran University of Medical Sciences. 2013;22(SUPPL.):87-94.

[ Downloaded from jabs.fums.ac.ir on 2026-11-12 ]

[ DOR: 20.1001.1.22285105.2018.8.3.13.3 ]

Oiginal Article

# Synthesis of Zataria Multiflora Extraction Loaded Chitosan/PEO Nanofibers via Electrospinning Method for Potential Biomedical Applications

**Karimi-Nazari E[1, 2*], Sadri M[2], Hosseini M[3], Heydari A[3], kargar-ghalesefi S[3], Krimimoghadam Z[4]**

1. Nutrition and Food Safety Research Center, Shahid Sadoughi University of Medical Sciences and Health Services, Yazd, Iran
2. Biological Science and Technology Research Center, Malek Ashtar University of Technology, Tehran, Iran
3. Zoonotic Diseases Research Center, School of Public Health, Shahid Sadoughi University of Medical Sciences, Yazd, Iran
4. Fasa University of Medical Sciences, Fasa, Iran

Received: 11 Dec 2017 Accepted: 07 Jul 2018

## Abstract

**Background & Objective:** The nanofibers are referred to as fibers with a diameter of less than 1000 nm. There are various ways to make nanofibers, one of which is electrospinning. In this method, nanofibers are formed on aluminum sheets. The conversion of chitosan to derivatives with greater solubility, its mixing with other polymers and the use of special solvents are methods for its ease of use. In this study, antimicrobial thyme extracts were prepared for the synthesis of chitosan / polyethylenoxide and thyme nanofibers by electroporation.

**Materials & methods:** Using electrospinning, chitosan and polyethylenoxide were prepared Ratio of 90 to 10 and 80% tween in a 0.5 molar acetic acid solution. Thyme extract was added and after the synthesis of nanofibers, images of SEM were taken, then the diameter of the nanofibers with clemex vision software was measured.

**Results:** According to the scanning electron microscopy (SEM) images and the nanofibers diameter obtained from the solution with chitosan / polyethylenoxide / thyme formulation with Ratio of 90 to 10, the mean diameter of nanofibers was in the range of 100-60 nm (best fiber with the lowest node).

**Conclusion:** Prepared nanofibers are widely used in the medical industry, especially in the field of tissue engineering and wound scaffolds and also are used as antibacterial candidate. In addition to being effective in wound healing, they also reduce the cost of treatment.

**Keywords:** Chitosan, Polyethylenoxide, Nanofiber, Electrospinning, SEM

***Corresponding Author: : Elham Kariminazari,** Nutrition and Food Safety Research Center, Shahid Sadoughi University of Medical Sciences and Health Services, Yazd, Iran
Email: elham939k@gmail.com
https://orcid.org/0000-0003-0947-6278

[ Downloaded from jabs.fums.ac.ir on 2026-11-12 ]

[ DOR: 20.1001.1.22285105.2018.8.3.13.3 ]