

مقاله پژوهشی

تهیه نانوالیاف کامپوزیتی زیست‌سازگار پلی وینیل الکل حاوی عصاره درمنه کوهی با خواص آنتی‌باکتریال مطلوب

ویدا نظام‌آبادی^۱، محمدرضا اخگر*^۱، بتول تهامی‌پور^۲ و پیمان رجایی^۳

۱- گروه شیمی، واحد کرمان، دانشگاه آزاد اسلامی، کرمان، ایران

۲- باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، واحد سیرجان، دانشگاه آزاد اسلامی، سیرجان، ایران

۳- گروه میکروبیولوژی، واحد کرمان، دانشگاه آزاد اسلامی، کرمان، ایران

تاریخ ثبت اولیه: ۱۳۹۸/۱۲/۱۵، تاریخ دریافت نسخه اصلاح شده: ۱۳۹۹/۰۲/۱۱، تاریخ پذیرش قطعی: ۱۳۹۹/۰۳/۲۰

چکیده

در این مطالعه، نانوالیاف کامپوزیتی زیست‌سازگار و زیست‌تخریب‌پذیر با خواص موثر با استفاده از پلی وینیل الکل و عصاره گونه گیاهی درمنه کوهی (*Artemisia aucheri*) سنتز شد. همچنین، تاثیر مقادیر مختلف عصاره گیاه روی خواص نانوالیاف بررسی گردید. ترکیبات شیمیایی عصاره گیاه به روش کروماتوگرافی گازی و طیف‌سنجی جرمی شناسایی شدند. نتایج تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی نشان داد که نانوالیاف دارای الیافی با مورفولوژی شبکه‌ای، سطح یکنواخت و همچنین توزیع قطری همگن بطور متوسط ۸۰ تا ۱۱۰ nm می‌باشند. به منظور بررسی فعالیت ضدباکتریایی این نانو ساختارها از باکتری‌های گرم منفی و گرم مثبت استفاده شد که تست‌های میکروبی آن‌ها به روش دیسک و محیط آگار بررسی گردید. در نتیجه، قطر هاله عدم رشد (سنجش اثر آنتی‌بیوتیک یا سایر عوامل آنتی‌باکتریالی برای ممانعت از رشد باکتری است) عصاره گیاه، ۱۰ تا ۱۱ میلی‌متر و قطر هاله عدم رشد نانوالیاف آن ۵ تا ۶ میلی‌متر در برابر دو باکتری گرم منفی اشریشیا کلی (*Escherichia coli*) و گرم مثبت استافیلوکوکوس اورئوس (*Staphylococcus aureus*) گزارش شد. ترکیبات بالقوه نانوالیاف کامپوزیتی در این مطالعه، آن را در مقابل هر دو باکتری گرم مثبت و گرم منفی مقاوم ساخته که این موضوع نشان‌دهنده پتانسیل قوی عصاره برای فعالیت‌های آنتی‌باکتریالی و جایگزین شدن با مواد دارویی و شیمیایی است.

واژه‌های کلیدی: عصاره گیاهی، درمنه کوهی، نانوالیاف کامپوزیتی، ترکیبات زیست‌سازگار، فعالیت ضدباکتریایی.

۱- مقدمه

ایجاد خواص جدیدی در مواد می‌گردد. این فناوری جدید کاربردهای بسیاری در حوزه‌های مختلف از جمله غذا [۱]، دارو [۲،۳]، تشخیص پزشکی [۴،۵]، بیوفناوری، الکترونیک [۶،۷]، کامپیوتر، ارتباطات [۸،۹] حمل و نقل [۱۰،۱۱]،

نانوفناوری، توانمندی تولید مواد، ابزارها و سیستم‌های جدیدی است که با کنترل کردن مولکول‌ها و اتم‌ها، باعث

* عهده‌دار مکاتبات: محمدرضا اخگر

نشانی: کرمان، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرمان، دانشکده علوم، گروه شیمی

تلفن: ۰۳۴-۳۱۳۲۱۳۳۸، دورنگار: ۰۳۴-۳۳۲۱۰۰۵۱، پست الکترونیکی: m_akhgar2000@yahoo.com

بررسی‌ها نشان می‌دهد که استفاده از عصاره‌های گیاهی در کنترل باکتری‌های عامل فساد و بیماری‌زا و افزایش طول مدت نگهداری غذاها بسیار موثر است. این عصاره‌ها بر طیف وسیعی از باکتری‌های گرم مثبت و گرم منفی تاثیر دارند. از جمله باکتری‌های گرم منفی می‌توان به باکتری اشیشیا کلی اشاره کرد. این باکتری یک باسیل گرم منفی و متحرک است. این باکتری می‌تواند هم در شرایط هوایی و هم بی‌هوایی رشد کند که در شرایط بی‌هوایی، مخلوطی مانند لاکتات، سوکسینات، اتانول و دی‌اکسید کربن را تولید می‌کند. رشد بهینه باکتری در دمای 37°C است اما تا دمای 49°C را نیز تحمل کرده و به رشد خود ادامه می‌دهد. اشیشیا کلی بطور شایع در روده جانوران خون‌گرم وجود دارد. بعضی از سویه‌های اشیشیا کلی، بی‌آزار هستند. این سویه‌های بی‌آزار در تولید ویتامین K نقش دارند و از استقرار باکتری‌های بیماری‌زا در روده جلوگیری می‌کنند. این باکتری از یک فرد به فرد دیگر منتقل می‌شود و عامل بسیاری از اسهال و استفراغ‌های ناشی از مسمومیت‌های غذایی و همچنین عفونت‌های ادراری است. به طور کلی باکتری‌های گرم منفی به دلیل دارا بودن لیپوپلی ساکارید در غشا خارجی خود، تا حد زیادی مقاوم‌تر هستند [۳۴].

استافیلوکوکوس اورئوس از جمله باکتری‌های گرم مثبت می‌باشد که نه تنها بی‌هوایی است بلکه مهمترین گونه استافیلوکوک از نظر پزشکی محسوب می‌شود. گاهی اوقات به این باکتری، استافیلوکوک طلایی نیز می‌گویند. اورئوس در زبان لاتین به معنای طلایی است. این باکتری ممکن است به شکل فلور عادی پوست یا بینی وجود داشته باشد. این طور تخمین زده می‌شود که ۲۰ درصد از مردم به مدت طولانی، می‌توانند ناقل این باکتری باشند. استافیلوکوکوس اورئوس، یکی از موفق‌ترین باکتری‌های بیماری‌زا است. این باکتری به دلیل تولید رنگدانه طلایی کارنتوئیدی به نام استافیلوزانتین، کلنی‌های زرد رنگی را ایجاد می‌نماید که این پیگمان در بیماری‌زایی نقش دارد، زیرا به عنوان ماده آنتی‌اکسیدان عمل کرده و موجب در امان ماندن باکتری در برابر رادیکال‌های

انرژی، محیط زیست [۱۲،۱۳]، مواد، هوافضا [۱۴،۱۵] و امنیت ملی دارد. کاربردهای وسیع این عرصه و پیامدهای اجتماعی، سیاسی و حقوقی آن، این فناوری را به عنوان یک زمینه فرارشته‌ای مطرح نموده است [۱۹-۱۶]. محدوده نانو ساختاری این فناوری شامل طیف وسیعی از نانوذرات، نانوالیاف و نانو پوشش‌ها می‌باشد.

نانوالیاف ساختارهایی یک بعدی هستند که تنها یک بعد، خارج از محدوده نانو دارند. این ترکیبات به دلیل داشتن ویژگی‌های منحصربفردی همچون متخلخل بودن، مساحت سطح بالا، خواص مکانیکی و شیمیایی مطلوب و پایداری گرمایی زیاد در زمینه‌های گوناگون پزشکی، مهندسی و محیط زیست دارای کاربرد می‌باشند. متداول‌ترین مسیر برای تولید نانوالیاف، فرآیند الکترووریسی می‌باشد. بدون شک این مسیر، موثر و سازگار با محیط زیست است که قابل کنترل بوده و با استفاده از پلیمرهای مرتبط و با اهداف کاربردی مورد استفاده قرار می‌گیرد [۲۵-۲۰].

پلی‌وینیل الکل یک پلیمر سنتزی محلول در آب است و به صورت پودر سفید رنگ نسبت به سایر پلیمرها دارای ویژگی‌های متمایزی می‌باشد. این پلیمر که به PVA مشهور است دارای خواص مختلفی می‌باشد که مهمترین آنها تجزیه بیولوژیکی است [۲۸-۲۶]. این پلیمر زیست‌سازگار و آب دوست دارای ویژگی‌هایی همچون پایداری شیمیایی، مکانیکی و گرمایی مناسب، استحکام کششی و انعطاف پذیری بسیار خوب است. پلی‌وینیل الکل می‌تواند در حلال آبی، شکل ژل مانند به خود بگیرد. به همین دلیل این ترکیب سنتزی، کاربردهایی در فرآورده‌های پزشکی، آرایشی بهداشتی، مواد غذایی، دارویی و صنایع بسته‌بندی دارد [۲۹]. علاوه بر این، مقاومت بسیار خوب شیمیایی و خواص فیزیکی پلی‌وینیل الکل باعث کاربرد بسیار وسیع این ترکیب در صنعت شده است. از کاربردهای مهم پلی‌وینیل الکل در زمینه‌های صنعتی می‌توان به صنایع نساجی، چسب‌سازی، کلوئیدهای محافظت کننده برای پلیمریزاسیون امولسیون و تهیه پلی‌وینیل بوتیرال و روکش کاغذ اشاره کرد [۳۳-۳۰].

شهبازی و بهرامی در سال ۲۰۱۹ نانوالیافی حاوی عسل غنی شده با عصاره‌های گیاهی و ترکیبات ضدباکتریایی مانند سیر، نعنا و قارچ خوراکی تولید کردند که این نانوالیاف توانایی ترمیم و بازسازی بافت‌های آسیب دیده پوست و استخوان را به عنوان یک داروی مؤثر داشتند [۴۱].

خاراقانی و همکاران در سال ۲۰۱۸، نانوالیافی از کیتوسان، پلی‌وینیل الکل و نانوذرات نقره و مس تهیه کردند و با سنتز موفق نانوهیدروکسی آپاتیت و بارگذاری آن در نانوالیاف، نانوالیاف با خاصیت ضدباکتریایی خوب همراه شد که منجر به کاربرد آن به عنوان پانسمان زخم شد [۴۲].

عبدالخانی و همکاران در سال ۲۰۱۷، نانوالیافی از سلولز و پلیمر اسید لاکتیک تهیه کردند که پوشیده از عصاره اتانولی بره‌موم (چسب عسل) بود که با روش ریخته‌گری حلال (شکل دادن فلزات با ذوب) تهیه شد. این نانوالیاف سلولزی خاصیت ضدباکتریال داشت [۴۳].

کیم و همکاران در سال ۲۰۱۶ نانوالیافی از عصاره برگ یک گونه سرو کوهی با پلیمر پلی‌وینیل الکل تهیه کردند. این گیاه در جنگل‌های آفریقا و آمریکای شمالی یافت می‌شود و کاربرد این نانوالیاف، پانسمان زخم بود [۴۴].

پنگ‌ون و همکاران در سال ۲۰۱۵ با استفاده از عصاره دارچین، پلیمر پلی‌وینیل الکل و بتاسیکلودکسترین، نانوالیافی تهیه کردند که به صورت یک فیلم برای بسته‌بندی مواد غذایی و بالا بردن طول عمر مواد غذایی و میوه‌ها به کار برده می‌شد [۴۵].

بونان و همکاران در سال ۲۰۱۵ مخلوطی از پلی‌لاکتیک اسید و پلی‌وینیل پیرولیدون و یک نمونه روغن گیاهی را برای تولید نانوالیاف استفاده کردند. این مخلوط، لیاف نرم و یکنواختی تولید کرد که با افزایش مقدار پلی‌وینیل پیرولیدون قطر نانوالیاف افزایش پیدا می‌کرد. ترکیب درصد مواد موجود در آن نمونه هم به کمک کروماتوگرافی گازی تعیین شد و ترکیب کاریفالن به عنوان ماده مؤثر شناخته شد. همچنین اثر ضد میکروبی این نمونه نیز روی باکتری

آزاد اکسیژن می‌شود. رادیکال‌های آزاد اکسیژن توسط سیستم ایمنی برای کشتن باکتری‌ها تولید می‌شوند. استافیلوکوکوس اورئوس، گستره وسیعی از عفونت‌های ساده پوستی مانند کورک و جوش‌ها تا بیماری‌های تهدید کننده زندگی مانند مننژیت را ایجاد می‌کند [۳۴].

خواص ضد میکروبی عصاره‌ها عمدتاً به ترکیبات فنلی آن‌ها مربوط می‌شود. هر چه مواد فنولیک در عصاره‌ها بالاتر باشد، خواص ضد میکروبی آن‌ها بیشتر است. مکانیسم اثر عصاره‌های گیاهی روی میکروب‌ها، شامل ورود عصاره به قسمت چربی غشا آن‌ها و ایجاد اختلال در این ساختار و افزایش خروج ترکیبات سلولی به خارج سلول است که در سطح محدودی قابل انتقال است و از آن به بعد منجر به مرگ میکروب می‌شود [۳۷-۳۵].

مطالعات زیادی در زمینه استفاده از عصاره‌های گیاهی برای تولید نانوالیاف انجام شده است که به چند مورد از آن‌ها اشاره می‌شود. شاریکوا و همکاران در سال ۲۰۲۰ داربستی محکم از نانوالیاف در مهندسی بافت تهیه کردند که می‌توانست بافت‌های در حال رشد را پشتیبانی کند که این کار توسط نقشه‌برداری شیمیایی با میکروسکوپ رامان انجام شد [۳۸]. شانگلین و همکاران در سال ۲۰۲۰ موفق شدند کربن کوانتوم و پلیمر پلی‌آکریلونیتریل را در پوششی از نانوالیاف وارد کنند که باعث می‌شد برخی از باکتری‌های بیماری‌زای مقاوم به آنتی‌بیوتیک‌ها را ضعیف کنند. به این صورت که فعالیت حرکتی باکتری مختل می‌شد و این خود منجر به این شد که نانوالیافی مقرون به صرفه و کارآمد تهیه کنند که بتواند در درمان بیماری عفونی بکار برده شود [۳۹].

آبرال و همکاران در سال ۲۰۲۰ فیلم سلولزی شفاف از نانوالیاف زنجبیل با استفاده از یک روش شیمیایی و سیستم حمام آلتراسونیک تهیه کردند. با این روش فیبر زیادی از زنجبیل استخراج شد که از آن فیبر، سلولز تهیه گردید. این نانوسلولز تولیدی دارای خواص ضد میکروبی است که در بسته‌بندی مواد غذایی کاربرد دارد [۴۰].

خواص فیزیکی و شیمیایی مطلوب که کاربردهای آنتی‌باکتریال این ترکیبات را تحت تاثیر قرار دهد، چالش بزرگی است.

در این مطالعه، نانوالیاف کامپوزیتی زیست‌سازگار و زیست‌تخریب‌پذیر با خواص موثر به کمک پلی‌وینیل الکل و عصاره گونه گیاهی درمنه کوهی (*Artemisia aucheri*) سنتز شد و خواص ضدباکتریایی آنها با استفاده از تست‌های مربوطه مورد بررسی قرار گرفت. همچنین، به منظور مشخصه‌یابی این ترکیبات و بررسی کاربردهای چندگانه آنها از تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی استفاده شد.

۲- فعالیت‌های تجربی

۲-۱- جمع‌آوری گیاه و مشخصات مواد اولیه

گیاه درمنه کوهی (*Artemisia aucheri*) در زمان گلدهی کامل از منطقه بیدخان، شهرستان بردسیر واقع در استان کرمان، در خرداد ماه ۱۳۹۵ جمع‌آوری و در مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی ایران، مرکز کرمان، مورد شناسایی قرار گرفت.

مشخصات فیزیکی و شیمیایی مواد مورد استفاده در این پژوهش که برای تهیه نانوالیاف پلی‌وینیل الکل و عصاره گیاه با استفاده از فرآیند الکترورسی انجام شده، در جدول (۱) گزارش شده است. تمام این مواد بدون هرگونه عملیات خالص‌سازی و یا فرآیند شیمیایی خاص، مورد استفاده قرار گرفتند.

مشخصات دستگاه‌های مورد استفاده:

۱- دستگاه GC مدل Hewlett-Packard 6890

۲- دستگاه طیف‌سنج جرمی مدل Agilent 5975C

۳- دستگاه طیف‌سنج FTIR مدل Bruker Tensor 27

۴- دستگاه SEM مدل EM3200

۵- دستگاه التراسونیک ساخت شرکت توسعه فناوری مافوق

صوت

۶- دستگاه الکترورسی (نانوآزما، Full Option Lab ES)

استافیلوکوکوس اورئوس بررسی و مشخص شد که نمونه‌های حاوی مقدار زیاد پلیمر، اثر ضد میکروبی بیشتری دارند [۴۶]. دباغ‌مقدم و همکاران در سال ۱۳۹۶ نانوالیافی تولید کردند که شامل پروتئین ذرت و عصاره ضدباکتریایی آویشن شیرازی بود که به منظور افزایش مدت زمان نگهداری مواد غذایی طراحی شد [۴۷].

فریودی و همکاران در سال ۱۳۹۷، با استفاده از نانو کامپوزیت کربوکسی‌متیل سلولوز، کلسیم آلزینات، پلی‌وینیل الکل و نقره، پانسمانی تهیه کردند که این پانسمان با داشتن منافذ، اجازه عبور بخارات ناشی از ترشحات زخم را می‌داد و نسبت به مایعات و باکتری‌ها غیرقابل نفوذ و نسبت به اکسیژن و بخار آب نفوذپذیر بود. حساسیت‌زا نبوده و سمیت و تحریک شیمیایی ایجاد نمی‌کرد. پانسمان شفاف بوده و امکان دیدن زخم زیرین آن به آسانی امکان‌پذیر می‌شد. به زخم نمی‌چسبید و در نتیجه تعویض آن بدون درد و از نظر هزینه نیز مقرون به صرفه بود [۴۸].

مقدادی و همکاران در ۱۳۹۶ از کتیرا که پلیمر طبیعی است نانوالیافی تهیه کردند که به خاطر ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی مانند ساختار، رفتار حرارتی، زیست‌تخریب‌پذیری و فعالیت ضد میکروبی، در ترمیم زخم‌های ناشی از عفونت و سوختگی‌ها استفاده می‌گردد [۴۹]. صدری و همکاران در سال ۱۳۹۴، نانوالیاف پلیمری با اسانس گیاه حنا به روش الکترورسی تهیه کردند که نتایج بدست آمده از این کار نشان داد که پلیمر حاوی حنا از پایداری خوبی برخوردار است و با افزایش درصد حنا در ساختار نانوالیاف، تخریب‌پذیری و میزان جذب آب افزایش می‌یابد و همچنین ترکیب کیتوسان و پلی‌اتیلن اکسید حاوی یک درصد اسانس حنا، انتخابی مناسب به عنوان پوشش زخم بوده که موجب تسهیل ترمیم زخم می‌شد [۵۰].

از طرفی، در بیشتر مطالعات قبلی، فرآیند تشکیل نانو ساختارها زمان‌بر و شامل چندین مرحله بوده است و کنترل پارامترهای تجربی آن سخت بود. بنابراین، معرفی ترکیبات جدید با

جدول ۱: مشخصات مواد شیمیایی مورد استفاده.

ماده	فرمول شیمیایی	شرکت سازنده	درصد خلوص	قابلیت استفاده
پلی وینیل الکل	(C ₂ H ₄ O) _x	Merck	آزمایشگاهی	سنتز الیاف
متانول	CH ₃ OH	Merck	≤ ۹۹/۹	عصاره گیری
دی متیل سولفو کسید	C ₂ H ₆ OS	Merck	≤ ۹۹/۸	خواص ضدباکتریایی
آب مقطر	H ₂ O	باراد (ایران)	خالص	سنتز نانوالیاف و ساخت محیط کشت خواص ضدباکتریایی
اسید سولفوریک	H ₂ SO ₄	Merck	۹۷-۹۵	ساخت استاندارد مک فارلند
پودر کلرید باریم بدون آب	BaCl ₂	Merck	آزمایشگاهی	ساخت استاندارد مک فارلند
مولر-هیتون آگار Cat.No.1.05437	-	Merck	-	خواص ضدباکتریایی

۷- دستگاه سانتریفیوژ (مدل Heidolph Laborota 4000 Efficient)

4000 Efficient انجام و عصاره نهایی استخراج شد. نمونه برای آزمایش های بعدی در دمای ۴ °C نگهداری شد.

۲-۲- تهیه عصاره گیاه

عصاره گیری گیاه طبق روش های موجود در مطالعات قبلی انجام شد [۲۶]. بدین منظور، ابتدا اندام های هوایی گیاه بوسیله آب مقطر بطور کامل شسته شد. سپس نمونه در سایه و در دمای اتاق، به مدت یک هفته نگهداری شد تا کاملاً خشک شود. بعد از آن، توسط خردکن الکتریکی پودر شد و ۵۰۰ میلی لیتر متانول ۸۰ درصد به ۱۵۰ گرم پودر گیاه خشک شده، اضافه گردید. نمونه با هم زدن بوسیله دستگاه لرزاننده (Shaker) به مدت ۴۸ ساعت، در دمای ۶۰ °C نگهداری شد. مخلوط حاصل، از یک لایه کاغذ صافی و بوسیله پمپ خلاء عبور داده شد. مرحله بعد شامل تغلیظ محلول صاف شده بود که توسط دستگاه سانتریفیوژ مدل Heidolph Laborota

۲-۳- سنتز نانوالیاف پلی وینیل الکل با عصاره

به منظور بررسی شرایط سنتز نانوالیاف، ابتدا محلول پلی وینیل الکل را که شامل ۰/۹ گرم پلی وینیل الکل و ۱۰ میلی لیتر آب مقطر بود با محلول متانولی عصاره که از ۱۲ میلی لیتر متانول و ۱/۸ گرم عصاره تشکیل شده، مخلوط شد و سپس نمونه بدست آمده محلول متانولی عصاره در دستگاه آلتراسونیک همگن گردید. در نهایت محلول غلیظ بدست آمده به سرنگ ۵ میلی لیتری (نانو آزما، Full Option Lab ES) منتقل شد. به منظور انجام فرآیند الکترورسی، یک قطعه فویل آلومینیومی روی صفحه جداکننده در فاصله ۱۰ سانتیمتری از نوک نازل قرار داده شد. سپس پارامترهای دستگاه الکترورسی مطابق جدول ۲ بهینه سازی شد.

تحت شرایط یکسان با تزریق اسانس، با استفاده از زمان‌های بازداری محاسبه شدند. شناسایی ترکیب‌های تشکیل‌دهنده اسانس با مقایسه طیف‌های جرمی و شاخص‌های بازداری بدست آمده با طیف‌های جرمی و شاخص‌های بازداری ترکیب‌های استاندارد و همچنین با استفاده از بانک‌های اطلاعاتی WILEY و NIST موجود در دستگاه GC/MS انجام شد.

۲-۴-۲- طیف‌سنجی مادون قرمز

برای تعیین نوع گروه‌های عاملی شیمیایی و همچنین ترکیبات آلی موجود در نمونه سنتز شده با عصاره، آزمون طیف‌سنجی مادون قرمز (Bruker Tensor 27 FTIR) در محدوده $4000-400 \text{ cm}^{-1}$ انجام گرفت.

۲-۴-۳- میکروسکوپ الکترونی روبشی

از میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM مدل EM3200) به منظور تهیه تصاویر مربوط به نمونه‌های نانوالیاف پلی‌وینیل الکل، تشخیص شکل، توزیع اندازه ذرات و همچنین مورفولوژی الیاف استفاده شد.

۲-۵-۲- فعالیت‌های ضد میکروبی

سویه‌های میکروبی استاندارد مورد استفاده در این پژوهش، دو نمونه باکتری اش‌ریشیا کلی و استافیلوکوکوس اورئوس بود که از دانشگاه علوم پزشکی کرمان تهیه شد.

۲-۵-۲- تهیه محلول نیم مک‌فارلند

برای تهیه استاندارد نیم مک‌فارلند، ابتدا اسید سولفوریک ۱٪ تهیه شد. در مرحله بعد، مقدار ۱/۱۷۵ باریم کلرید به آب مقطر اضافه و به حجم ۱۰۰ میلی‌لیتر رسانده شد. در نهایت ۹۹ میلی‌لیتر اسید سولفوریک ۱٪ به ۱ گرم باریم کلرید ۱٪ حجمی اضافه شد که به دلیل واکنش بین اسید با باریم کلرید، یک رسوب شامل سولفات باریم تشکیل گردید. این رسوب کدورتی خاص، در لوله نشان داد. چگالی صحیح کدورت استاندارد با استفاده از اندازه‌گیری جذب در

جدول ۲: پارامترهای تاثیرگذار فرآیند الکتروسی بر سنتز نانوالیاف پلی‌وینیل الکل و عصاره گیاه.

مقدار	پارامتر
۱۷	غلظت محلول پلیمری (w/w)
۰/۵	نرخ تزریق (cc/h)
۱۲	ولتاژ (kV)
۱۰	فاصله سر سوزن تا جمع‌کننده (cm)
۱۰۰	سرعت چرخش جمع‌کننده (دور بر دقیقه)
۲	میزان حرکت جمع‌کننده (cm)

پس از تنظیم این پارامترها، فرآیند تولید نانوالیاف آغاز شد. طی این فرآیند، با بهینه‌سازی پارامترهای الکتروسی و انتخاب حلال‌هایی با میزان فراریت مناسب، این امکان فراهم می‌شود که حلال به راحتی تبخیر گردد. هنگامی که محلول جت الکتروسی به صفحه جمع‌کننده رسید، نانوالیاف متشکل از پلیمر و عصاره روی صفحه جمع‌کننده قرار می‌گیرد.

۲-۴-۲- مشخصه‌یابی محصولات سنتز شده

۲-۴-۱- شناسایی ترکیبات عصاره

برای ترکیبات عصاره به روش GC و GC/MS مورد شناسایی قرار گرفت. دستگاه GC (مدل Hewlett-Packard 6890) مجهز به یک آشکارساز یونیزاسیون شعله (FID) و ستون HP-5MS بود. ستون به مدت ۳ دقیقه در دمای 60°C نگهداری شد و تا دمای 220°C با سرعت ۵ درجه سانتیگراد بر دقیقه افزایش داده شد. دمای انژکتور و آشکارساز 270°C و سرعت جریان گاز هلیوم به عنوان گاز حامل، ۱ میلی‌لیتر در دقیقه بود. درصد اجزاء عصاره با استفاده از پیک GC-FID بدون استفاده از عوامل تصحیح، محاسبه شد. تجزیه و تحلیل GC/MS با استفاده از طیف‌سنج جرمی مدل Agilent5975C متصل به کروماتوگرافی گازی مدل Agilent 7890A مجهز به ستون HP-5MS انجام شد.

شاخص‌های بازداری (RI) برای تمام اجزاء، با تزریق آلکان‌های نرمال ($\text{C}_8\text{-C}_{20}$) به عنوان استاندارد و همچنین

سرم فیزیولوژی استریل قرار داده شد. با تکان دادن لوله، محیطی کدر حاوی باکتری مورد نظر حاصل شد که این محیط از لحاظ کدورت، همانند لوله استاندارد نیم مک فارلند می باشد.

۲-۵-۵- روش آماده سازی محیط کشت های میکروبی
ابتدا میز کار ضد عفونی شد و سپس باکتری توسط سوآب استریل، برداشت شد. با اتصال سوآب به لبه داخلی لوله، مقادیر اضافی محلول میکروبی گرفته شده که در نهایت سوآب حاوی باکتری در داخل پلیت به صورت خطوط موازی در سه جهت مختلف عمودی، افقی و مورب حرکت داده شد. با این کار می توان اطمینان حاصل نمود که تمام سطح پلیت از یک لایه باکتری یکنواخت پوشیده شده است.

۲-۵-۶- بررسی اثر ضدباکتریایی نانوالیاف پلی وینیل الکل و عصاره

برای بررسی اثر بازدارندگی رشد باکتری عصاره گیاه و نانوالیاف آن، از روش چاهک گذاری استفاده شد. در این روش غلظت باکتری مربوطه باید معادل با استاندارد ۰/۵ مک فارلند باشد که با استفاده از کشت ۲۴ ساعت باکتری این استاندارد تهیه شد. سپس با روش کشت متراکم با استفاده از رسوب استریل بر روی محیط مولر-هیتون آگار کشت داده شد. برای دو باکتری اشیریشیا کلی و استافیلوکوکوس اورئوس این اثر بازدارندگی بررسی شد. پس از آن، چاهک ها با استفاده از سمپلر از عصاره (غلظت ۱۲ میلی مول بر لیتر) و نانوالیاف پر شد. در نهایت به مدت ۲۴ ساعت و دمای ۳۷ °C گرم خانه گذاری شد و قطر هاله عدم رشد با خط کش اندازه گیری شد.

۳- نتایج و بحث

۳-۱- ترکیبات شیمیایی عصاره

برتری این تحقیق این است که گیاه درمنه کوهی یکی از گیاهان بومی کرمان می باشد که دارای خواص ضد میکروبی

اسپکتروفتومتر با طول مسیر نوری مشخص، تعیین شد. جذب در ناحیه nm ۶۲۵ بین ۰/۰۸ تا ۰/۱۳ مشخص شد (پس از تهیه محلول نیم فارلند باید میزان جذب بین بازه ۰/۰۸ تا ۰/۱۳ باشد). سوسپانسیون باریم سولفات به مقدار ۴-۶ mL در لوله های هم اندازه آماده شد. پس از بستن درب لوله ها، در دمای اتاق و در تاریکی نگهداری شدند. این ترکیب استاندارد قبل از هر بار استفاده به منظور ایجاد کدورت یکنواخت، همزده شد.

۲-۵-۳- محیط کشت مولر-هیتون آگار

محیط کشت مولر-هیتون آگار، یک محیط رشد میکروبیولوژیکی می باشد که در این مطالعه با توجه به اهداف مورد نظر، مواد تشکیل دهنده آن در جدول (۳) ارائه شده است. به منظور تهیه این مدل بر اساس دستورالعمل موجود، ابتدا مقدار ۳۴ گرم از پودر محیط کشت توسط ترازو وزن شد و سپس به منظور ایجاد شرایط استریل، محیط کشت آماده شده، در دستگاه اتوکلاو و در دمای ۱۲۱ °C و تحت فشار ۱/۵ اتمسفر به مدت ۱۵ دقیقه، قرار داده شد. در نهایت محیط مولر-هیتون آگار پس از استریلیزاسیون، درون پلیت استریل با قطر ۱۰ سانتیمتر ریخته شد.

جدول ۳: مواد تشکیل دهنده محیط کشت مولر-هیتون آگار، مقادیر بر حسب گرم بر لیتر (بر اساس اطلاعات شرکت مرک).

محتوای گوشت	کازئین هیدرولیزات	نشاسته	آگار-آگار
۲/۰	۱۷/۵	۱/۵	۱۳/۰

۲-۵-۴- روش فعال نمودن باکتری ها

از روش فعال کردن نمونه ها به منظور استفاده از باکتری ها در کشت های میکروبی در حالت تکثیر استفاده شد. برای این منظور، میز کار با یک پنبه حاوی ساوون (Savlon) تمیز شد و برای اطمینان بیشتر مقداری اتانول بر روی میز کار ریخته شد تا شعله ور شود. همچنین تعدادی چراغ الکی با شعله قوی روشن نگه داشته شد که در مجاورت شعله مقادیری باکتری استاندارد با میله پلاتینی جدا گردید. در لوله آزمایش مقداری

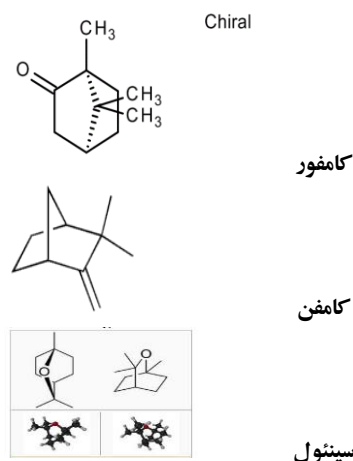
و عصاره، برای بررسی و شناسایی دقیق تر تهیه شد که با طیفی از ترکیب پلی‌وینیل الکل در شکل ۱ مورد بررسی قرار گرفت و مقایسه شد.

مقایسه دو نمودار در طیف مادون قرمز (شکل ۲) نشان‌دهنده وجود تطابق در برخی پیک‌ها است که شامل فرکانس‌های ۱۷۱۶/۱۴، ۱۵۱۶/۴۵، ۱۴۲۹/۹۶، ۱۳۶۶/۶۸، ۱۲۵۱/۴۹ و $943/51 \text{ cm}^{-1}$ در نمونه پلی‌وینیل الکل است. پیک‌های مشاهده شده، در موقعیت مشابهی با پیک‌های موجود در پلی‌وینیل الکل و نمونه نانوالیاف سنتز شده با عصاره گیاه می‌باشند. این موضوع نشان‌دهنده وجود گروه‌های عاملی مشابهی از پلی‌وینیل الکل و نمونه نانوالیاف سنتز شده با عصاره گیاه، پس از فرآیند الکتروریسی می‌باشد. بر اساس اطلاعات حاصل از این طیف، نتیجه گرفته می‌شود که ترکیبات گیاهی با موفقیت وارد بافت نانوالیاف شده‌اند. همچنین پیکی در طول موج $1603/78 \text{ cm}^{-1}$ در نانوالیاف دیده می‌شود که نشان‌دهنده برهم‌کنش بین پلی‌وینیل الکل و عصاره می‌باشد که منجر به ایجاد پیوندهای C=C کششی گروه آلکن شده است. علاوه بر این، کاهش شدت و تغییر فرکانس در $3326/05 \text{ cm}^{-1}$ در نانوالیاف مشخص شد. همچنین فرکانس $3338/41 \text{ cm}^{-1}$ نشان‌دهنده ایجاد پیوندهای هیدروژنی گروه عاملی OH در پلی‌وینیل الکل می‌باشد.

۳-۲-۲- مورفولوژی و توزیع اندازه نانوالیاف پلی‌وینیل الکل با عصاره

به منظور ارزیابی اندازه قطر و شکل نانوالیاف تولید شده، تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی از نمونه‌های نانوالیاف پلی‌وینیل الکل و عصاره سنتز شده به کمک الکتروریسی تهیه شد (شکل ۳).

قابل توجهی است. کار با عصاره این گیاه راحت و تهیه آن مقرون به صرفه بود و برخلاف بیشتر تحقیقات انجام شده که بر روی اندام خاصی از گیاه کار شده است، در مطالعه حاضر، اندام‌های هوایی گیاه مورد استفاده قرار گرفته است. نکته دیگر اینکه در این مطالعه از نانوالیاف پلی‌وینیل الکل که یک ترکیب زیست‌تخریب‌پذیر است، استفاده شده است. همچنین نتایج آنتی‌باکتریال نانو کامپوزیت بدست آمده در این پژوهش قابل توجه می‌باشد. ترکیبات شیمیایی عصاره متانولی درمنه کوهی به روش کروماتوگرافی گازی-طیف‌سنجی جرمی (GC/MS) شناسایی شدند. اجزای اصلی تشکیل‌دهنده عصاره گیاه، مونوترین‌های کامفور (۰/۴۳/۸)، ۱، ۸-سینئول (۰/۳۵/۴) و کامفن (۰/۸/۳) بودند. در شکل ۱ ساختار این ترکیبات نشان داده شده است.

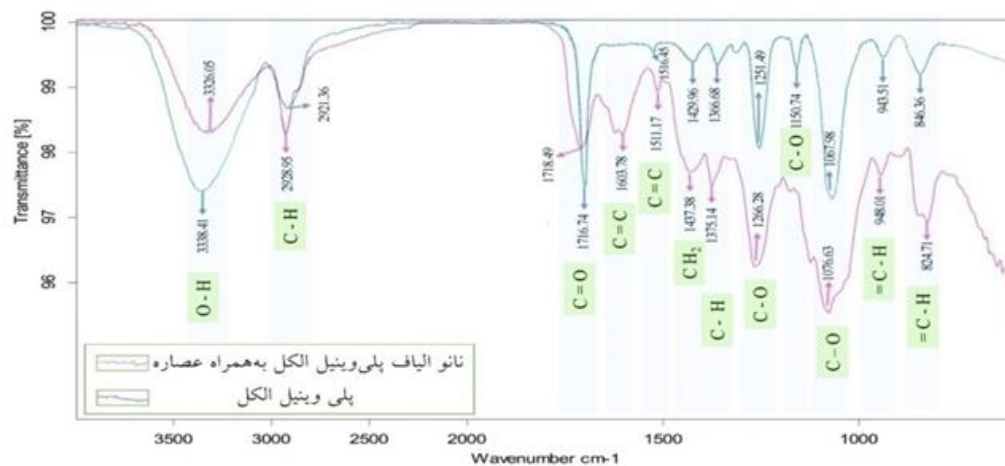


شکل ۱: ساختار کامفور، ۱، ۸-سینئول و کامفن.

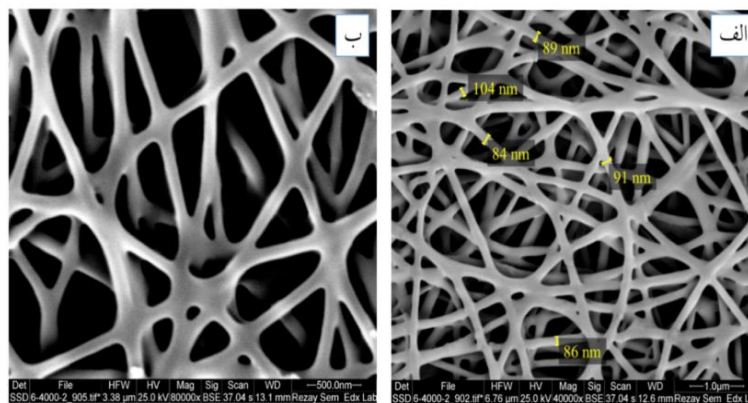
۳-۲-۳- بررسی نانوالیاف سنتز شده پلی‌وینیل الکل و عصاره گیاه با استفاده از روش الکتروریسی

۳-۲-۱- طیف مادون قرمز

طیف مادون قرمز از ساختار نانوالیاف سنتز شده پلی‌وینیل الکل



شکل ۲: الگوی طیف مادون قرمز از پلی وینیل الکل و نانوالیاف سنتز شده توسط فرآیند الکتروریسی با عصاره گیاه.



شکل ۳: تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) از نمونه‌های الکتروریسی شده پلی وینیل الکل با عصاره در بزرگنمایی متفاوت.

نانوالیاف پلی وینیل الکل با عصاره نسبت به نمونه‌های مشابه گردیده است [۵۱، ۵۲]. ویژگی‌های ساختار نانوالیاف شامل متخلخل بودن، سطح تماس زیاد و اجازه عبور هوا، باعث تفاوت قابل ملاحظه پژوهش حاضر با سایر مطالعات دیگر شده است. همچنین شکل ۴ تصویر میکروسکوپ الکترونی عبوری (TEM) نانوالیاف پلی وینیل الکل را نشان می‌دهد. این شکل، توزیع یکنواخت اندازه الیاف با مورفولوژی همگن را تایید می‌کند. علاوه بر این، ساختار یک بعدی نانوالیاف، به خوبی در ساختار نهایی تایید می‌شود و نتایج حاصل از میکروسکوپ الکترونی عبوری، در تطابق با داده‌های میکروسکوپ الکترونی می‌باشد [۵۳].

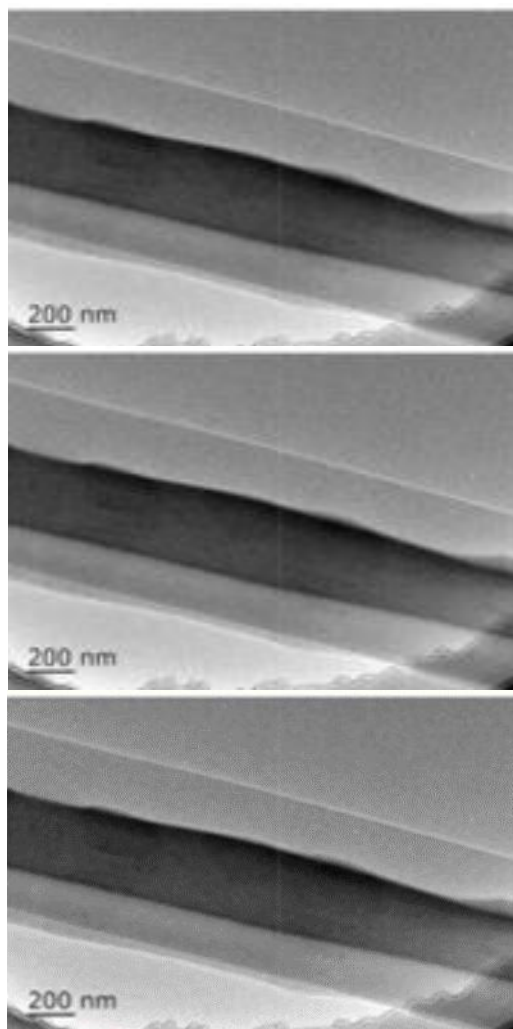
با توجه به تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی، مورفولوژی شبکه‌ای الیاف، سطح یکنواخت و همچنین توزیع قطری همگن از الیاف در اندازه‌های متوسط ۸۰ تا ۱۱۰ نانومتر بدست آمده است. همچنین، هیچ گونه عیبی از جمله عیوب دانه در آن مشاهده نشده است که این نشان دهنده بهینه بودن انتخاب پارامترها، مخصوصاً چگالی است. مورفولوژی این نانوالیاف نسبت به نمونه‌های مشابه یکنواخت‌تر، حتی توزیع دانه‌ها ریزتر شده که فرآیند بهینه‌سازی و عملیات خالص‌سازی، تاثیر زیادی بر این ویژگی‌ها گذاشته است. علاوه بر این، انتخاب نوع عصاره و شرایط تجربی برای ایجاد نانساختار کامپوزیتی، باعث بهبود خواص ریخت شناسی

ضدباکتریایی این نمونه‌ها در جدول (۴) ارائه شده است.



شکل ۵: فعالیت ضدباکتریایی عصاره گیاه در مقابل باکتری‌ها، (الف) استافیلوکوکوس اورئوس و (ب) اشریشیا کلی.

اثر آنتی‌بیوتیک‌ها (کنترل مثبت یا منفی) روی باکتری‌های گرم مثبت (استافیلوکوکوس اورئوس) و گرم منفی (اشریشیا کلی) متفاوت می‌باشد و باکتری‌های گرم منفی برخلاف باکتری‌های گرم مثبت هنگام رنگ آمیزی، در جذب رنگ ناتوان هستند و این عدم توانایی به دلیل دیواره نفوذناپذیرشان می‌باشد پس کار با آن‌ها به خصوص در زیر میکروسکوپ دچار چالش می‌شود و به همین دلیل نام گرم منفی یا مثبت به باکتری‌ها اطلاق می‌شود. از آنتی‌بیوتیک پنی‌سیلین به عنوان کنترل مثبت (جلوی رشد باکتری را می‌گیرد) استفاده شده که این گونه آنتی‌بیوتیک‌ها بر روی باکتری‌های گرم مثبتی تاثیر دارند و از تکثیر و رشد آنها جلوگیری می‌کند و اما از آنتی‌بیوتیک سفتریاکسون به عنوان کنترل منفی (جلوی رشد باکتری را نمی‌گیرد) استفاده شده که این نوع آنتی‌بیوتیک‌ها باکتری‌های گرم منفی را تحت تاثیر قرار داده می‌دهند.



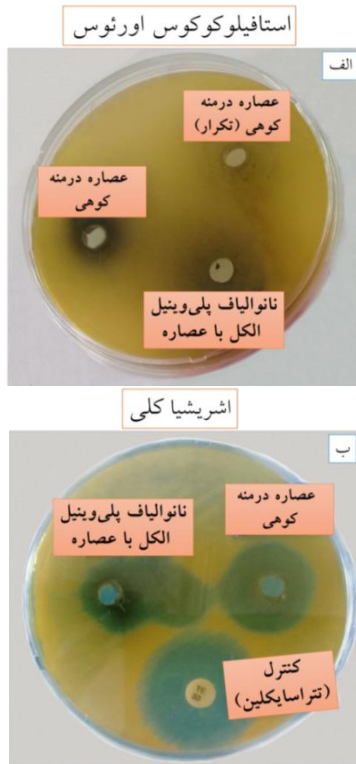
شکل ۴: تصویر میکروسکوپ الکترونی عبوری (TEM) نانوالیاف پلی‌وینیل الکل.

۳-۳-۳- فعالیت ضدباکتریایی

۳-۳-۳-۱- بررسی فعالیت ضدباکتریایی عصاره گیاه

برای فعالیت ضدباکتریایی عصاره گیاه با اندازه‌گیری قطر هاله عدم رشد، در ظرف‌های حاوی آگار تعیین شد. نتایج بدست آمده در شکل (۵-الف و ب) به ترتیب برای دو نوع باکتری استافیلوکوکوس اورئوس و اشریشیا کلی نشان داده شده است که استافیلوکوکوس اورئوس، عفونت‌های پوستی مانند کورک و جوش‌ها تا بیماری‌های تهدید کننده زندگی مانند مننژیت را ایجاد می‌کند و اشریشیا کلی، عامل بسیاری از اسهال و استفراغ‌های ناشی از مسمومیت‌های غذایی و همچنین عفونت‌های ادراری است. همچنین خواص

میلی متر و برای باکتری استافیلوکوکوس اورئوس معادل ۶ میلی متر است.



شکل ۶: فعالیت ضدباکتریایی عصاره و نانوالیاف پلی وینیل الکل در مقابل باکتری‌های مورد آزمایش.

این میزان نشان دهنده فعالیت ضدباکتریایی در هر دو نوع باکتری است. علاوه بر این، در مورد نانوالیاف پلی وینیل الکل با عصاره، فعالیت کمتری نسبت به خود عصاره مشاهده شد. در واقع استفاده از عصاره باعث تولید نانوساختارهایی با فرآیند سبز می‌گردد. همچنین ماهیت ضد باکتریال و بهبود خواص نانوساختاری عصاره نیز بر پتانسیل کاربردی این ترکیبات به عنوان نانوساختارهای نوین با خواص ضدباکتریال قوی تاثیر گذار می‌باشد. علاوه بر این، این ترکیبات به شکل نانوالیاف مورد استفاده قرار گرفته‌اند که باعث ایجاد خواص منحصر بفردی همچون سطح تماس زیاد، تخلخل پذیری و خواص مکانیکی مطلوب در محصولات گردیده است. این ویژگی‌ها، کاربردهای آنتی باکتریال این نانوکامپوزیت‌های نوین را بطور قابل ملاحظه‌ای تحت تاثیر قرار می‌دهد که

جدول ۴: اندازه قطر هاله عدم رشد عصاره گیاه در مقابل باکتری‌های استافیلوکوکوس اورئوس و اشریشیا کلی.

نوع میکروب	قطر منطقه تحت تاثیر از چاهک (میلی متر)	
	کنترل مثبت	کنترل منفی
اشریشیا کلی	۱۴	-
استافیلوکوکوس اورئوس	۱۲	-

ترکیبات بالقوه عصاره گیاه در این مطالعه، آن را در مقابل هر دو باکتری گرم مثبت و گرم منفی مقاوم ساخته که با نمونه کنترل مثبت، تقریباً در محدوده یکسانی است. این موضوع نشان دهنده پتانسیل قوی عصاره برای فعالیت‌های ضد میکروبی و جایگزین شدن با مواد دارویی شیمیایی است (شکل ۵ و جدول ۴). با توجه به نتایج بدست آمده، عصاره، فعالیت خوبی جهت عدم رشد برای هر دو باکتری نشان می‌دهد، اما عملکرد عصاره برای باکتری استافیلوکوکوس اورئوس بهتر می‌باشد. این برتری در رفتار ضدباکتریایی احتمالاً ناشی از کارایی کامفور و ۱، ۸-سینئول در عصاره بوده که توسط آزمون کروماتوگرافی گازی و طیف‌سنجی جرمی تعیین شده و بخش عمده‌ای از عصاره را شامل می‌شود. خواص ضدباکتریایی این نمونه‌ها نسبت به سایر نانوساختارهایی که تاکنون مورد استفاده قرار گرفته است بطور قابل توجهی بهبود پیدا کرده است که علت آن را می‌توان به استفاده از عصاره‌های گیاهی با ماهیت آنتی باکتریال و بهبود خواص فیزیکی و شیمیایی آنها توسط بهینه‌سازی فرآیند الکتروریسی ارتباط داد [۴۱].

۳-۳-۲- بررسی فعالیت ضدباکتریایی نانوالیاف پلی وینیل الکل با عصاره

مقادیر آزمون رشد بازدارندگی نانوالیاف پلی وینیل الکل با عصاره گیاه در برابر دو نوع باکتری اشریشیا کلی (گرم منفی) و استافیلوکوکوس اورئوس (گرم مثبت) و آنتی بیوتیک تتراسایکلین (شکل ۶) و (جدول ۵) نشان داده شده است. مقدار قطر اثر گذار برای باکتری اشریشیا کلی در حدود ۵

- [3] C.T. Tran, P.H. Tran, T.T. Tran, *Drug Development and Industrial Pharmacy*, **45**, 2019, 514.
- [4] A. Jaggesar, H. Shahal, A. Mathew, K.D.V. Yarlagadda, *Journal of Nanobiotechnology*, **15**, 2017, 64.
- [5] P. Saha, R. Rakshit, K. Mandal, *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, **475**, 2019, 130.
- [6] A.A. Arbab, A.A. Memon, N. Mengal, I.A. Sahito, S.H. Jeong, *Journal of Colloid and Interface Science*, **539**, 2019, 106.
- [7] M. Hasan, M.K. Hassan, M.T. Ali, *Journal of VLSI Design Tools and Technology*, **5**, 2019, 1.
- [8] E.O. Lopez, A.L. Rossi, P.L. Bernardo, R.O. Freitas, *Ceramics International*, **45**, 2019, 793.
- [9] H. Sakai, Y. Taniguchi, K. Uosaki, T. Masuda, *Journal of Power Sources*, **413**, 2019, 29.
- [10] W. Tang, S. Wang, Sh. Du, X. Lu, S. Hoang, J. Ding, *Catalysis Today*, **320**, 2019, 196.
- [11] D. Yang, D. Liu, H. Deng, *ACS Nano*, **13**, 2019, 5058.
- [12] S. Xu, M. Chen, M. Boeri, S. Rozovsky, *Biophysical Journal*, **116**, 2019, 475.
- [13] K. Pyuskyulyan, S.P. LaMont, V. Atoyian, O. Belyaeva, *Acta Geochimica*, **38**, 2019, 1.
- [14] O. Coutier-Delgosha, *Journal of Fluids Engineering*, **141**, 2019, 18.
- [15] S.A. Abdel-Gawad, M.A. Sadik, *Journal of Alloys and Compounds*, **785**, 2019, 1284.
- [۱۶] مسعود صلواتی، زینب فرشته، "روش‌های ساخت بررسی خواص و کاربردها (نانوشیمی)"، انتشارات سخنوران، دانشگاه کاشان، شماره ۴، ۱۳۹۱.
- [17] V. Leso, L. Fontana, I. Iavicoli, *Nano Today*, **24**, 2019, 10.
- [18] E. Villena de Francisco, R.M. Garcia-Esteba, *Journal of Food Engineering*, **238**, 2018, 1.
- [19] C.T. Cheng, *Advanced Nanotechnology*, **492**, 2019, 12.
- [20] H. Queen, M.Sc. Thesis, University of North Carolina State, USA, 2006.
- [21] V.T. Tchemtchoua, G. Atanasova, *Biomacromolecules*, **12**, 2011, 3194.
- [22] P. Zahedi, I. Rezaeian, S.O. Ranaei-Siadat, *Polymers for Advanced Technologies*, **21**, 2010, 77.
- [23] S. Kajdic, O. Planinsek, M. Gasperlin, P. Kocbek, *Journal of Drug Delivery Science and Technology*, **51**, 2019, 672.
- [24] A. Sharjeel, H. Tanveer, A.R. Zulfiqar, *Materials Science and Engineering*, **97**, 2019, 966.
- [25] A.C.C. Bortolassi, S. Nagarajan, B.A. Lima, *Materials Science and Engineering*, **102**, 2019, 718.
- [۲۶] فریده طباطبایی یزدی، "بررسی اثر ضد میکروبی عصاره گیاه کلپوره"، دانشگاه علوم پزشکی همدان، شماره ۱، ۱۳۹۴، ۲۴-۱۶.
- [27] N. Charernsriwilaiwat, Th. Rojanarata, T. Ngawhirunpat, *International Wound Journal*, **11**, 2014, 215.
- [28] M.H. Azarian, P. Boochathum, *Materials Science and Engineering*, **103**, 2019, 1098.
- [۲۹] شویبو صالح پور، "بررسی خواص زیست تخریب پذیری پلی وینیل الکل با نانوالیاف سلولزی"، مجله صنایع چوب، شماره ۱، ۱۳۹۷، ۵۰۸-۴۹۷.
- [30] J.S. Lee, K.H. Choi, H.D. Ghim, *Journal of Applied Polymer Science*, **93**, 2004, 1638.
- [31] N. Bonelli, G. Poggi, D. Chelazzi, R. Giorgi, *Journal of Colloid and Interface Science*, **536**, 2019, 339.
- [32] X. Han, H. Zhang, H. Luo, *Chinese Journal of Analytical Chemistry*, **46**, 2018, 1269.
- [33] Y. Kudo, J. Ono, Y. Kotsuchibashi, *Polymer*, **175**, 2019, 1.
- [34] D. Prabaa, N. Kumar, S. Anandan, *Journal of Medical Microbiology*, **66**, 2017, 255.
- [35] A. Basturk, *Food Science and Technology*, **89**, 2018, 358.
- [36] S. Aftab Uddin, *Fish and Shellfish Immunology*, **65**, 2017, 52.
- [37] D.J. Seo, M. Lee, S.B. Jeon, H. Park, S. Jeong, B.H. Lee, *Food Control*, **72**, 2017, 9.
- [38] A. Sharikova, Z. Foraida, L. Sfakis, *Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, **227**, 2020, 1.
- [39] Wu. Shuanglin, N. Xiaolin, *Materials Science and Engineering*, **108**, 2020, 1.

حتی می‌توانند از بیماری‌های پوستی مانند کورک‌ها و جوش‌ها، اسهال و استفراغ‌های ناشی مسمومیت‌های غذایی و عفونت‌های ادراری جلوگیری کنند.

جدول ۵: اندازه قطر عصاره و نانوالیاف پلی وینیل الکل با عصاره در مقابل باکتری‌های استافیلوکوکوس اورئوس و اشریشیا کلی.

نوع باکتری	قطر منطقه تحت تاثیر از چاهک (میلی متر)	
	عصاره	نانوالیاف پلی وینیل الکل با عصاره
اشریشیا کلی	۶	۵
استافیلوکوکوس اورئوس	۱۰	۶
کنترل	تراسایکلین	۱۲

۴- نتیجه گیری

در این مطالعه، نانوالیاف کامپوزیتی پلی وینیل الکل با استفاده از فرآیند زیست سازگار و زیست تخریب پذیر الکترووریسی تحت شرایط بهینه از پارامترهای تجربی سنتز شد. نتایج تصاویر SEM نشان دهنده توزیع همگن به همراه قطر نانوالیاف در حدود ۹۰ نانومتر می‌باشد. نتایج تست آنتی باکتریال نشان داد که عصاره گیاه درمنه کوهی به تنهایی و یا همراه با نانوالیاف تولیدی همگی نتایج خوبی را در مقابل رشد هر دو نوع باکتری اشریشیا کلی (گرم منفی) و استافیلوکوکوس اورئوس (گرم مثبت) از خود نشان می‌دهند. با توجه به نتایج بدست آمده در این مطالعه و همچنین نظر به کاربرد نانوالیاف حاوی ترکیبات ضد میکروبی در پزشکی، این نانو ساختارها می‌توانند به عنوان ترکیبات آنتی باکتریال نوین در زمینه‌های مختلف و علی‌الخصوص به عنوان پوشش چسب زخم مورد استفاده قرار گیرند.

مراجع

- [1] L. Wu, G. Li, X. Xu, L. Zhu, R. Huang, X. Chen, *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, **113**, 2019, 140.
- [2] T. Lang, Y. Liu, Z. Zheng, *Advanced Materials*, **31**, 2019, 79.

- کلسیم آلزینات، پلی‌وینیل الکل و نقره به روش الکتروریسندگی و بررسی عملکرد آن به عنوان پانسمان زخم"، انتشارات تربیت مدرس، شماره ۴۰، ۱۳۹۷، ۵۹۳-۶۰۱.
- [۴۹] رشید مقدادی کاسانی، سهیل بدوچی، "بررسی خواص ضد میکروبی و ترمیمی نانوالیاف کتیرا"، فصلنامه علمی سپارش، شماره ۲۲، ۱۳۹۶، ۳-۷.
- [۵۰] مینو صدری، ایمان یوسفی، حسین وطنی، "تهیه نانوالیاف کیتوسان حاوی اسانس حنا و بررسی خواص آنتی‌باکتریایی آن"، انتشارات دانشور پزشکی، شماره ۱۱۷، ۱۳۹۴، ۷۰-۵۹.
- [51] G. Sargazi, D. Afzali, A. Mostafavi, *Journal of Polymers and the Environment*, **26**, 2018, 1804.
- [52] G. Sargazi, D. Afzali, A. Mostafavi, *Heliyon*, **5**, 2019, 1.
- [53] P. He, Q. Zhong, *Materials Science and Engineering*, **90**, 2018, 549.
- [40] H. Abrial, J. Arikisa, *Food Hydrocolloids*, **98**, 2020, 1.
- [41] E. Shahbazi, K. Bahrami, *Journal of Pharmacy and Pharmacology*, **7**, 2019, 37.
- [42] D. Yasushi-Tamada, H. Ogasawara, *Polymer Testing*, **72**, 2018, 315.
- [43] A. Abdulkhani, J. Hosseinzadeh, *Polymer Composites*, **38**, 2017, 13.
- [44] J.H. Kim, H. Lee, *Materials Letters*, **181**, 2016, 367.
- [45] P. Wen, *Journal of Food Control*, **59**, 2016, 366.
- [46] R. Bonan, A. Batista, *Journal of Materials Science and Engineering*, **48**, 2015, 372.
- [۴۷] آراسب دباغ مقدم، محی‌الدین کاظمی، جبرائیل موفق، "علوم غذایی و تغذیه"، ۱۳۹۸، ۱۰۲-۹۱.
- [۴۸] مریم فریودی، علیرضا خشکبار صادقی، "نانو کامپوزیت کربوکسی متیل سلولز،