مجله علمی پژوهشی «علوم و فناوری‌های پدافند غیرعامل»
سال سوم، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۱؛ ص ۲۴۸-۲۴۳

تهیه نانو الیاف پلیمری حاوی عسل برای پوشش‌دهی زخم سطحی در برابر عوامل میکروبی

مینو صدری[۱*]، سمیه خلجی[۲]
۱- استادیار و ۲- کارشناسی ارشد دانشگاه صنعتی مالک اشتر
(دریافت: ۱۳۹۱/۰۳/۲۷، پذیرش: ۲۸/ ۱۳۹۱/۰۸)

چکیده

نانو الیاف پلیمری زیست‌سازگار با قابلیت بالای آنتی میکروبیالی جهت پوشش‌دهی زخم‌های سطحی، مانند زخم‌های حاصل از سوختگی‌ها استفاده می‌شود، همچنین این نانو الیاف می‌تواند جایگزین مناسب برای پانسمان‌های معمولی باشد. در این تحقیق، الکتروریسندگی کیتوسان و ایجاد نانو الیاف با خواص آنتی باکتریال مورد بررسی قرار گرفت. نانو الیاف با قطر میانگین به‌طور تقریبی ۵۰-۱۵۰nm و توزیع اندازه مناسب به‌وسیله الکتروریسی محلول پلیمری کیتوسان / پلی اتیلن اکسید (PEO) ساخته شدند. بررسی‌ها نشان دادند که محلول پلیمری کیتوسان / پلی اتیلن اکسید با نسبت ۹۰ به ۱۰ بهترین نسبت پلیمری برای تشکیل نانو الیاف است. در ادامه خواص آنتی باکتریال عسل آویشن تأیید و به‌عنوان افزودنی با درصدهای مختلف به محلول پلیمری کیتوسان/ پلی اتیلن اکسید اضافه شد. در بررسی تصاویر میکروسکوپ الکترونی پویشی دیده شد که نانو الیاف کیتوسان / پلی اتیلن اکسید با درصدهای پایین عسل، همانند محلول کیتوسان / پلی اتیلن اکسید بدون افزودن عسل، نانو الیافی با اندازه میانگین ۷۰-۱۲۰nm و توزیع اندازه مناسب تشکیل می‌دهد، هرچند با افزایش مقدار عسل به محلول پلیمری کیتوسان، گره‌ها افزایش یافته بودند، اما پاشش یکنواختی بر روی صفحه آلومینیومی بدون وجود قطرات دیده شد.

کلیدواژه‌ها: الکتروریسی، کیتوسان، پلی (اتیلن اکسید)، عسل، نانو الیاف، زیست‌سازگاری.

Preparation of Nanoscale Polymer Fibers Containing Honey for Superficial Wound Protection against Microbial Agents

M. Sadri[*], S. Khalaji
Malek Ashtar University of Technology
(Received: 16/06/2012; Accepted: 18/11/2012)

Abstract

Synthesis of biocompatible polymer nanofibers is valuable, due to their use as a cover for burns and as a replacement bandage because of their antimicrobial properties. In this study, electrospinning of chitosan and nanofibers production with antibacterial properties was investigated. Nanofibers with average size ranges between 50-150 nm and appropriate size distribution were synthesized by electrospun of chitosan/poly ethylene oxide polymer solution. The results showed that the chitosan/poly ethylene oxide polymer solution with a ratio of 90 to 10 nm is the optimized polymer solution for nanofiber preparation. Afterwards, the thyme honey with antibacterial properties was used as additives (with different percentages) in the polymer solution. The scanning electron microscopy (SEM) images were showed appropriate size distribution of about 70-120 nm for chitosan/poly ethylene oxide nanofibers with low percentages of honey, like solution of chitosan/poly ethylene oxide without the addition of honey. However, with increase of the amount of honey to chitosan polymer solution, the nodes were increased, but the uniformity of spray droplets on the aluminum screen was observed.

Keywords: Electrospinning, Chitosan, Poly (Ethylene Oxide), Nano Fibers, Environmental Compatibility.

[*] Corresponding author E-mail: sadrimino@gmail.com

۱. مقدمه

عمده‌ترین روش‌های در دسترس برای سنتز نانو الیاف عبارت است از: الکتروریسندگی[1]، خودآرایی[2]، جداسازی فازی[3]، قالب سنتزی[4] و کشش[5]. در میان این روش‌ها، الکتروریسندگی به‌عنوان ساده‌ترین و کم هزینه‌ترین روش ساخت الیاف بسیار نازک مورد قبول است و مشخص شده که بهترین نتیجه‌ها را در زمینه کاربردهای بیوپزشکی و مهندسی بافت می‌تواند ارائه کند. مساحت سطح بالای نانو الیاف، خلل و فرج فراوان در نانو الیاف الکتروریسی شده و توانایی طراحی شدن به فرم‌های مختلف، به نانو الیاف این اجازه را می‌دهد که در موارد مختلفی از جمله فیلتراسیون، تقویت کامپوزیت‌ها، غشاهای چندمنظوره، مهندسی بافت[6]، پانسمان زخم، دارورسانی، ارگان‌های مصنوعی و پیوندهای عروقی کاربرد داشته باشند. گرچه تمام این زمینه‌ها مطالعه شده‌اند، ولی کاربردهای پزشکی نانو الیاف پلیمری بیشترین رشد را در زمینه تحقیقات نانو الیاف به خود اختصاص داده است [۳-۱].

برای ساخت نانو الیاف از انواع پلیمرهای سنتزی و طبیعی استفاده می‌شود. پلیمرهای طبیعی در مقایسه با پلیمرهای سنتزی واکنش‌های بهتری را با سلول‌ها و سیستم‌های بیولوژیک می‌دهند، این خواص به‌دلیل خواص زیست‌سازگاری آنها موجب بهبود زخم می‌شوند. اما تبدیل یک پلیمر طبیعی به تنهایی به الیاف در اندازه نانو از طریق الکتروریسندگی به‌مراتب مشکل‌تر از پلیمرهای سنتزی است [۴]. کیتوسان پلیمر طبیعی زیست‌سازگاری است که دارای ویژگی‌های زیست تخریب‌پذیری، غیر آنتی‌ژنیک، غیر سمی، بهبود دهنده زخم و دارای اثرات آنتی باکتریال و ضد قارچ[7] با منشأ طبیعی است و جهت پوشش زخم، مهندسی بافت، دارورسانی و ... کاربرد دارد [۳-۱].

به‌تازگی تلاش‌های زیادی جهت تولید نانو الیاف کیتوسان به‌جهت مهندسی بافت و کاربردهای پزشکی شده و نشان داده شده است که داربست کیتوسان موجب افزایش تشکیل استخوان می‌شود، همچنین تلاش‌های زیادی برای ساخت کیتوسان خالص شده است، اما به‌ندرت موفق شده‌اند [۳-۱]. تشکیل نانو الیاف کیتوسان به‌شدت به نسبت جرمی کیتوسان / پلی اتیلن اکسید بستگی دارد [۵]. از طرف دیگر مشخص شده که تهیه الیاف کیتوسان به‌وسیله الکتروریسی محلول آبی آن تنها در حضور یک پلیمر دوم ممکن است [۶]. 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. علت ویسکوزیته بالای محلول کیتوسان به‌دلیل پیوند قوی هیدروژنی بین گروه‌های NH_2 و OH زنجیره‌های کیتوسان است. در این تحقیق پلی اتیلن اکسید برای کاهش ویسکوزیته محلول کیتوسان وارد شد تا با برهم‌کنش با کیتوسان به‌وسیله پیوند هیدروژنی، محلولی با قابلیت ریسندگی در غلظت‌های بالاتر پلیمر ایجاد کند و موجب کاهش ویسکوزیته محلول و افزایش در حلالیت کیتوسان شود. پلی اتیلن اکسید به‌دلیل وجود وزن‌های مولکولی متنوع و حلالیت قابل ملاحظه آن در اکثر حلال‌ها به‌ویژه آب، زیست‌سازگاری، سمیت پایین و همچنین قابلیت تولید الیاف در محلول‌های آبی و درنهایت نظم مناسب الیاف، به یک پلیمر زیست‌سازگار تبدیل شده است [۵]. از سوی دیگر، آزمایش‌های ارزنده‌ای بر روی حیوانات آزمایشگاهی انجام شده است و تأثیر عسل را روی باکتری‌های مختلف، مانند سودوموناس[8]، کلبسیلا[9]، اشریشیاکلی[10]، استافیلوکوک[11] و سایر باکتری‌هایی که ممکن است در عفونت پوستی نقش داشته باشند، ثابت کرده‌اند [۹-۷].

در این تحقیق، به‌منظور افزایش خصلت آنتی میکروبیالی[12] کیتوسان از این ماده استفاده شده است. هدف اصلی از این بررسی ساخت نانو الیاف پلیمری زیست‌سازگار با قابلیت بالای آنتی میکروبیالی جهت پوشش‌دهی زخم‌های سطحی مانند زخم‌های حاصل از سوختگی‌ها و به‌منظور جایگزین مناسب برای پانسمان‌های معمولی است. با توجه به اینکه از دیر باز خواص ضد میکروبی عسل شناخته شده است، بنابراین در این کار جهت افزایش خصلت آنتی میکروبیالی کیتوسان از انواع عسل به‌عنوان افزودنی استفاده شد و مناسب‌ترین نوع عسل و فرمولاسیون مربوطه مشخص شد.

۲. بخش تجربی

۲-۱. مواد لازم

پلیمر کیتوسان با وزن مولکولی متوسط و درجه استیلاسیون ۸۰-۷۵ درصد، پلیمر تولیدی شرکت سیگما آلدریچ، پلیمر پلی (اتیلن اکساید) با وزن مولکولی ۹۰۰/۰۰۰ تولیدی شرکت سیگما-آلدریچ، استیک اسید گلاسیال- تولید شرکت مرک با درجه خلوص ۹۹/۸ درصد و جرم مولکولی g/mol ۶۰/۵۰، آب مقطر دو بار یونیزه، تریتون (X-Triton-100) تولید شرکت فلوکا، دی‌متیل سولفوکساید (DMSO) عسل‌های آویشن، گون و اقاقیا محصول شرکت هانیتا تهیه شدند. همچنین محیط کشت آنتی بیوگرام مولر هنیتون آگار (MHA) باکتری استا فیلوکوک اورئوس گونه ATCC ۶۵۳۸، باکتری سودومونا آئروژینوزا ATCC ۲۷۸۵۳ و باکتری اشریشیاکلی ETECATCC ۳۵۴۰۱ ایجاد شدند.

[1] Electrospinning
[2] Self-Assembly
[3] Phase Separation
[4] Injection Molding
[5] Tension
[6] Tissue Engineering
[7] Antifungal
[8] Pseudomonas
[9] Klebsiella
[10] Escherichia Coli
[11] Staphylococcus
[12] Antimicrobial

۲-۲. تهیه محلول‌ها و الکتروریسی

۲-۲-۱. تهیه محلول کیتوسان/PEO با نسبت ۹۰ به ۱۰

تهیه این محلول بدین صورت انجام شد که ابتدا مواد اولیه طبق فرمولاسیون فوق شامل ۰/۴۵ گرم پودر کیتوسان، ۷۵٪ گرم پلی اتیلن اسید، ۷۵٪ گرم تریتون X-۱۰۰ و ۲/۵ میلی‌لیتر دی‌متیل سولفوکسید در یک بالن ژوژه به حجم ۲۵ میلی‌لیتر با حلال استیک اسید ۰/۵ مولار رسانده شد. سپس توسط همزن مغناطیسی به‌مدت ۲۴ ساعت به‌هم زده شد تا محلول شفاف و یکنواختی حاصل شود.

۲-۲-۲. تهیه محلول‌های پلیمری کیتوسان/PEO با افزودنی عسل

در این مرحله پس از تأیید خواص آنتی باکتریال عسل آویشن نسبت به عسل‌های گون و اقاقیا، از آن به‌عنوان عسل افزودنی استفاده شد و عسل را با درصدهای ۰/۳٪ ، ۰/۵٪ ، ۱٪ و ۲٪ در محلول‌های پلیمری کیتوسان/PEO مخلوط کردیم.

۲-۲-۳. الکتروریسی محلول پلیمری

ابتدا هر محلول پلیمری را درون سرنگ ۲۰ml کشیده و سپس در پمپ انفوزیون دستگاه قرار داده و ولتاژ دستگاه را در محدوده۲۴-۱۶ کیلو ولت و فاصله نوک سوزن را با صفحه جمع‌کننده در محدوده ۲۰- ۱۵ سانتی‌متری با نرخ تغذیه ۱/۵ µL/h قرار داده شد و نحوه شکل‌گیری و تشکیل الیاف، در محلول کیتوسان / پلی (اتیلن اکسید)۹۰ به۱۰ بدون عسل و محلول‌های کیتوسان / پلی (اتیلن اکسید)۹۰ به ۱۰همراه با افزودنی‌های عسل، مقایسه شد. همه آزمایش‌های ریسندگی در دمای اتاق انجام شدند.

۲-۴. تصاویر میکروسکوپ الکترونی پویشی (SEM)

میکروسکوپ الکترونی پویشی مدل 2300 Cam Scan MV دانشکده مهندسی متالوژی و مواد دانشگاه تهران، برای مشاهده ساختار نانو الیاف پلیمری و محاسبه قطر آن استفاده شد. بدین صورت که یک بخش کوچک از شبکه نانو الیاف الکتروریسی شده روی پایه نگهداری نمونه قرار داده شد و سپس با دستگاه پوشش دهنده مدل E5200 AUTOSPUTER نمونه را با طلا روکش شد. در این مرحله می‌توان قطر و ساختار نانوالیاف را بررسی کرد.

۲-۵. آزمون‌های باکتریایی

۲-۵-۱. اندازه‌گیری فعالیت ضد باکتریایی عسل

فعالیت ضد باکتریایی نمونه‌های عسل با روش انتشار از چاهک مورد ارزیابی قرار گرفت. در این روش بعد از کشت دادن یک دست باکتری بر روی محیط کشت هر پلیت به سه قسمت جهت قرار دادن نمونه‌های عسل تقسیم شد. بر روی آن مانند قرص‌های آنتی بیوگرام به اندازه‌های یکسان به مقدار ۱۰۰ میکرولیتر از محلول‌های رقیق شده عسل آویشن، عسل اقاقیا و عسل گون قرار داده شد و به‌مدت ۲۴ ساعت در انکوباتور $37^{\circ}C$ قرار داده شد و در زمان‌های ۲۴، ۴۸ و ۷۲ ساعت نتیجه‌ها را مشاهده و بررسی و عکس‌برداری شد و قطر نواحی هاله، با استفاده از خط‌کش میلی‌متری در دو راستای عمود بر هم اندازه‌گیری شد.

۲-۵-۲. اندازه‌گیری فعالیت ضد باکتریایی محلول‌های پلیمری

بر روی چهار محلول پلیمری ۹۰ به ۱۰ کیتوسان به پلی اتیلن اکساید و محلول‌های پلیمری ۹۰ به ۱۰ کیتوسان/PEO با افزودنی عسل ۰/۳٪، ۰/۵٪ و ۲٪ آزمون‌های باکتریایی انجام شد.

برای این کار از محیط مولر هینتون آگار که مناسب انجام آزمون‌های آنتی بیوگرام است و از باکتری‌های استافیلوکوک اورئوس گونه ATCC ۶۵۳۸، سودومونا آئروژینوزا ATCC ۲۷۸۵۳ و باکتری اشریشیاکلی ATCC ۳۵۴۰۱ استفاده شد و درنهایت خواص آنتی باکتریال محلول‌های پلیمری با یکدیگر مقایسه شدند.

۳. نتایج و بحث

پارامترهای مؤثر بر فرآیند الکتروریسی، جهت تهیه نانو الیاف پلیمری با استفاده از سوزن اسپاینال شماره ۱۹ به‌شرح زیر بودند:

- با تغییر ولتاژ از ۱۶ KV تا۲۰KV، در ولتاژ ۲۰KV الیافی مطلوب (منظور از الیاف مطلوب الیافی بدون گره با توزیع اندازه یکنواخت است) و با حداقل قطره روی صفحه آلومینیومی تشکیل شد.
- در ولتاژ ۲۰KV، مطلوب‌ترین فاصله برای تشکیل نانو الیاف ۱۵ سانتی‌متر درنظر گرفته شد.
- با قرار دادن نرخ تغذیه در ۱/۵µL/h الیافی مطلوب با حداقل قطره و پاشش مناسب به‌دست آمد.
- مدت زمان لازم برای پوشش مناسب (بتواند مانند پانسمان به‌طور کامل زخم سطحی را پوشش دهد) و یک دست بر روی سطح ۱۵ دقیقه بود که در این زمان پوشش مناسبی از نانو الیاف بر روی فویل آلومینیومی ایجاد شد.

تصویرهای میکروسکوپ الکترون پویشی از نمونه‌های جمع‌آوری شده بر روی فویل آلومینیومی، الیاف مناسبی را نشان دادند که از نظر قطر ذرات و یکنواختی و شبکه‌ای شدن قابل قبول است، به‌طوری که قطر الیاف در محدوده ۱۰۰nm است (شکل ۱).

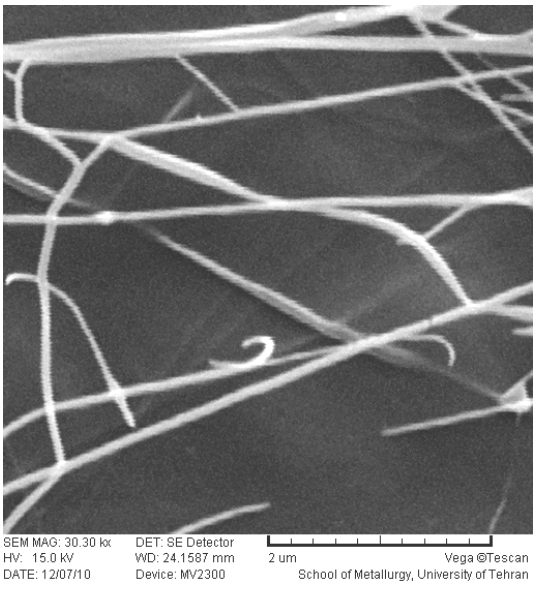
تصاویر SEM حاصل از الکتروریسی محلول‌های پلیمری با درصدهای ۰/۳ و ۰/۵ عسل آویشن حاکی از این است که الیافی مناسب با قطر محدوده ۱۰۰nm و گستردگی اندازه کم هستند که از نظر قطر الیاف و یکنواختی و شبکه‌ای شدن قابل قبول است. با افزودن عسل ۲ درصد به محلول پلیمری کیتوسان گره‌ها افزایش یافته بود، هرچند پاشش مناسب و بدون قطره بر روی صفحه آلومینیومی تشکیل شد (شکل ۲).

پس از انجام کلیه مراحل و روش‌ها و آزمایش‌های باکتریایی، مشاهده شد که محلول پلیمری کیتوسان /پلی اتیلن اکسید بدون عسل و محلول‌های کیتوسان / پلی اتیلن اکسید و افزودنی عسل بر ضد باکتری‌های گرم منفی اشریشیاکلی و سودومونا آئروژینوزا تأثیر

فوق‌العاده‌ای داشتند، به‌طوری که هاله عدم رشد تشکیل شد. در مورد باکتری‌های گرم مثبت استافیلوکوک اورئوس که دیواره سلولی بسیار محکم‌تری نیز دارد، محلول پلیمری کیتوسان/ پلی اتیلن اکسید بدون افزودن عسل و محلول‌های پلیمری کیتوسان / پلی اتیلن اکسید با افزودن ۰/۳٪، ۰/۵٪ و ۱٪ وزنی حجمی عسل هیچ تأثیری مشاهده نشد و نکته جالب توجه این است که در محلول پلیمری کیتوسان / پلی اتیلن اکسید با افزودن عسل ۲ درصد، هاله‌ای به قطر ۱۵mmتشکیل شد و این به‌دلیل افزودن عسل آویشن که خواص آنتی باکتریال آن در منابع مختلف علمی تأیید شده است، می‌باشد.

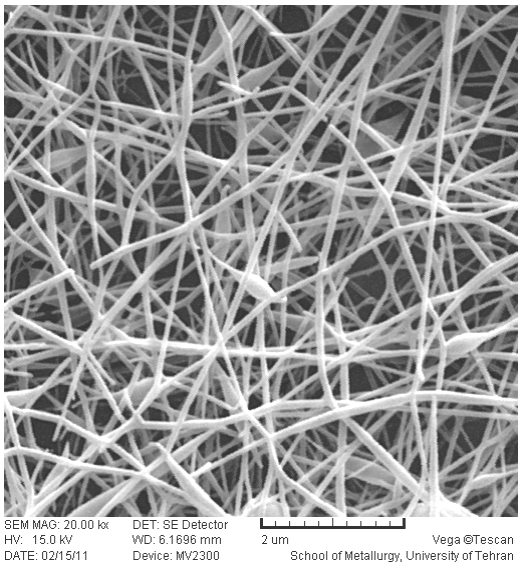
با توجه به نتیجه‌های حاصل از آزمایش‌های انجام شده و تهیه تصاویر توسط میکروسکوپ الکترون پویشی این نتیجه حاصل شد که بهترین حلال آب و بهترین نسبت پلیمری نیز ۹۰ به ۱۰ کیتوسان به پلی اتیلن اکسید است. بنابراین با توجه به خاصیت آنتی باکتریال ذاتی کیتوسان، سعی بر افزایش این خاصیت کیتوسان به‌ویژه در باکتری‌های مقاوم به آنتی بیوتیک شد و با بررسی نتیجه‌های حاصل از افزودن عسل به محلول پلیمری کیتوسان / پلی اتیلن اکسید و کیفیت الیاف و تصاویر میکروسکوپ الکترون پویشی و نیز نتیجه‌های آزمون‌های باکتریایی و مقایسه با بقیه نمونه‌ها مشخص شد که عسل موجب افزایش خواص آنتی باکتریال محلول پلیمری کیتوسان می‌شود.

پس از تهیه نانو الیاف با نسبت مناسب کیتوسان/پلی(اتیلن اکسید)، به‌جهت افزایش خاصیت آنتی باکتریال این الیاف، از عسل آویشن که خواص آنتی باکتریال آن هم با انجام آزمایش‌ها و هم منبع علمی تأیید شد، استفاده گردید.

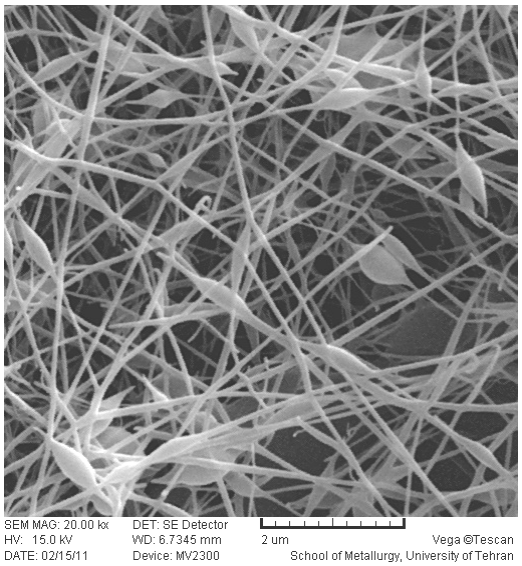


شکل ۱. تصویر میکروسکوپ الکترونی پویشی نانو الیاف تهیه شده از محلول کیتوسان / پلی اتیلن اکسید با تریتون X-100 و حلال DMSO

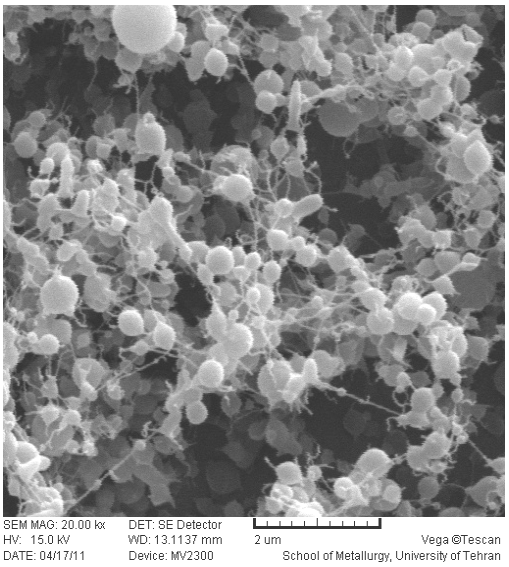
(الف)



(ب)



(ج)



شکل ۲. تصاویر میکروسکوپ الکترونی پویشی نانو الیاف تهیه شده بر روی فویل آلومینیومی از محلول کیتوسان / پلی اتیلن اکسید و افزودنی عسل از بالا به پایین الف) ۰/۳٪ ب) ۰/۵٪ ج) ۲٪

در این مخلوط در درصدهای کم عسل تفاوتی در خواص آنتی باکتریال آن با محلول پلیمری کیتوسان مشاهده نشد، به‌طوری که در نسبت‌های پایین عسل موجب عدم رشد استافیلوکوک اورئوس نشد و تنها موجب عدم رشد باکتری‌های اشریشیاکلی و سودوموناس آئروژینوزا شد. به‌منظور تأیید این مطلب، دوباره محلول پلیمری کیتوسان با افزودنی عسل ۱٪ تهیه شد و آزمون‌های آنتی باکتریال صورت گرفت که نتیجه‌های مشابه محلول‌های پلیمری کیتوسان با افزودنی عسل ۰/۳٪ و ۰/۵٪ بود. با افزودن عسل با غلظت ۲٪ موجب عدم رشد استافیلوکوک اورئوس که یک باکتری گرم مثبت است، شد و از آنجا که استافیلوکوک اورئوس، یک باکتری مؤثر در عفونت‌های پوستی است، این نتیجه‌ها حائز اهمیت هستند.

با الکتروریسی محلول پلیمری کیتوسان/پلی اتیلن اکسید همراه با عسل ۲ درصد، یک پاشش یکنواخت و بدون قطره روی صفحه آلومینیومی ایجاد شد. هرچند در تصاویر میکروسکوپ الکترون پویشی،گره‌ها نسبت به نمونه‌های قبلی با درصدهای کمتر عسل افزایش یافته بود و این هم ممکن است به‌دلیل افزایش ویسکوزیته در محلول پلیمری کیتوسان با افزودن عسل باشد، اما همچنان الیاف و پاشش مناسب بدون قطره وجود داشت که برای کاربرد در پانسمان زخم و مهندسی بافت مناسب است.

تاکنون آزمایش‌های ارزنده‌ای بر روی حیوانات آزمایشگاهی انجام شده است و تأثیر عسل را روی باکتری‌های مختلف مانند سودوموناس، کلبسیلا، اشریشیاکلی، استافیلوکوک و سایر باکتری‌هایی که ممکن است در عفونت پوستی نقش داشته باشند، ثابت کرده‌اند [۸]. همچنین عسل، درمان مؤثری برای زخم‌های سوختگی است، به‌طوری که با داشتن خاصیت جذب رطوبت می‌تواند تورم ناحیه را کاهش دهد و درنتیجه موجب اتمام سریع‌تر فاز التهابی و شروع زودتر فاز تکثیر شده و درنتیجه از طریق بهبود اکسیژناسیون در بافت، موجب تسریع فرایند التیام زخم سوختگی می‌شود. بافت سوخته به‌دلیل آنکه غنی از پروتئین بوده و مرطوب است، به‌عنوان یک محیط میکروبی عمل می‌کند و حالت بدون عروقی بافت سوخته که ناشی از ترومبوزیس حرارتی است، در بافت سلول‌های فاگوستیک و کارایی تجویز سیستمیک آنتی بیوتیک را محدود می‌کند. اما عسل به‌علت دارا بودن هیپرتونسیته، pH پایین و آنزیم‌هایی نظیر کاتالاز و هیدروژن پراکسیداز، خاصیت آنتی باکتریال دارد و مانع حضور باکتری‌ها در محل سوختگی می‌شود. از طرفی عسل حساسیت‌زا و سمی نیست و به‌راحتی در دسترس است.

۴. نتیجه‌گیری

ساخت نانو الیاف پلیمری زیست‌سازگار با قابلیت بالای آنتی میکروبیالی جهت پوشش‌دهی زخم‌های سطحی مانند زخم‌های حاصل از سوختگی‌ها و به‌منظور جایگزین مناسب برای پانسمان‌های معمولی است. بنابراین براساس نتیجه‌های فوق، استفاده از عسل در این تحقیق ضروری است که با استفاده از محلول پلیمری کیتوسان و عسل می‌توان در زمینه‌های مختلف درمانی به‌عنوان ماده ضد باکتریایی و کمک‌کننده به ترمیم زخم‌ها و سوختگی‌ها، در درمان عفونت‌های ایجاد شده توسط انواع مقاوم به آنتی بیوتیک استافیلوکوک و سودوموناس با مقاومت بالا نسبت به آنتی بیوتیک مورد استفاده قرار داد. علت تفاوت در خواص آنتی باکتریال عسل از پایه به مواد فوتوشیمیایی خاص حاصل از فلور گیاهی منطقه پرورش زنبورعسل بستگی دارد، به‌طوری که عسل‌های طبیعی فاقد آنزیم دیاستاز اثرات ضد میکروبی کمتری دارند و عسل‌های غیر طبیعی هیچ‌گونه اثر ضد میکروبی ندارند. به‌همین جهت در این تحقیق از سه عسل مختلف در منطقه دماوند با منبع تک گلی مشخص گون، اقاقیا و آویشن استفاده شد و با انجام آزمایش‌ها و تأیید خواص آنتی باکتریال بالاتر عسل آویشن نسبت به عسل‌های گون و اقاقیا، از عسل آویشن شرکت هانیتا با فعالیت دیاستازی مثبت در تهیه محلول پلیمری کیتوسان به‌عنوان افزودنی استفاده شد. با توجه به نتیجه‌های حاصل از آزمایش‌های انجام شده و تصاویر حاصل از میکروسکوپ الکترونی SEM می‌توان چنین نتیجه گرفت که بهترین نسبت پلیمری کیتوسان به پلی اتیلن اکسید ۹۰ به ۱۰ است. همچنین با انجام آزمون‌های آنتی باکتریال بر روی عسل‌های گون، آویشن و اقاقیا نشان داده شد که عسل آویشن دارای بیشترین خواص آنتی باکتریال بر روی باکتری‌های استافیلوکوک اورئوس، اشریشیاکلی و سودومونا آئروژینوزا است. با بررسی نتیجه‌های حاصل از افزودن عسل آویشن به محلول پلیمری کیتوسان و نتیجه‌های میکروبیولوژیکی حاصل از آن مشخص شد که عسل آویشن یک ماده مؤثر جهت افزایش خواص آنتی باکتریال کیتوسان است.

۵. منابع

[1] Queen, H. “Electrospinning Chitosan-Based Nano Fibers for Biomedical Application”; Textile Engineering, M. Sc. Thesis, North Carolina State Univ., 2006.

[2] Tchemtchoua, V. T.; Atanasova, G.; Aqil, A.; Filée, P.; Garbacki, N.; Vanhooteghem, O.; Deroanne C., Noël, A.; Jérome, C.; Nusgens, B.; Poumay, Y.; Colige, A. “Development of a Chitosan Nanofibrillar Scaffold for Skin Repair and Regeneration”; Biomacromolecules 2011, 12, 3194-3204.

[3] Zahedi, P.; Rezaeian, I.; Ranaei-Siadat, S. O.; Jafari, S. H.; Supaphol, P.; “A Review on Wound Dressings with an Emphasis on Electrospun Nanofibrous Polymeric Bandages”; Polym. Adv. Tech. 2010, 21, 77-95.

[4] Ratner, B. D.; Hoffman, A. S.; Schoen, F. J; Lemons, J. E. “Biomaterial Science: An Introduction to Materials in Medicine”; Elsevier Academic Press: San Diego, 2004.

[5] Bhattaraia, B.; Edmondson, D.; Veiseh, O.; Matsen, F. A.; Zhang, M. “Electrospun Chitosan-Based Nanofibers and their Cellular Compatibility”; Biomaterials 2005, 26, 6176–6184.

[6] Ignatova, M.; Starbova, K.; Markova, N.; Rashkov, L. “Electrospunnano-Fibre Mats with Antibacterial Properties from Quaternized Chitosan and Poly (Vinyl Alcohol)”; Carbohydrate Research 2006, 341, 2098–2107.

[7] Allen, K. I. “A Survey of Antibacterial Activity of some New Zealand Honeys”; J. Pharm. Pharmacol. 1991, 43, 817-822.

[8] Saffari, M.; Taghizadeh, M.; Pourbabaee, M. "Study of the Effects of Different Kinds of Honeys on the Growth of Standard Strain of Pseudomonas Aeroginosa (in Vitro)"; JRUMS 2006, 5, 181-186.

[9] Subrahmanyam, M.; Sahapure, A. G.; Nagane, N. S.; Bhagwat V.R.; Ganu, J.V. "Effects of Topical Application of Honey on Burn Wound Healing"; Ann Burns Fire 2001, 14, 143-145.