الیاف

بهبود خواص سطحی لایه نانولیفی حین فرآیند الکتروریسی

فاطمه زمانی - استادیار، دانشگاه حضرت معصومه (س)

چکیده

در پژوهش حاضر، الیاف با نسبت سطح به حجم‌های متفاوت تولید شدند؛ به این ترتیب از طریق تغییر مورفولوژی الیاف، سطوح در مقیاس نانو و میکرومتری در طی فرایند الکتروریسی افزایش PLGA ناهموار متفاوت تولید شد و زبری سطح لایه‌های نانولیفی داده شد. با استفاده از حلال‌های مختلف در رطوبت‌های محیطی متفاوت، می‌توان زبری سطح لایه‌های الکتروریسی شده را تنظیم کرد.

لایه‌ها در دو گروه عمده دارای الیاف الکتروریسی‌شده استوانه‌ای و الیاف الکتروریسی‌شده نواری شکل، با سطوح صاف و زبر بررسی شدند و عامل‌های زبری سطح، AFM و SEM (متخلخل و شیاردار) تولید شدند. لایه‌های نانولیفی با استفاده از تصاویر محاسبه شد.

۱- مقدمه

اصلاح خواص فیزیکی و فیزیکی- شیمیایی سطح یک لایه می‌تواند منجربه بهبود تعامل آن با سطوح دیگر شود. اصلاح سطح پلیمرها از طریق کنترل ناهمواری سطوح به اهداف مختلفی مانند ضد آب کردن، افزایش رنگ‌پذیری، افزایش چسبندگی سطوح و... صورت می‌پذیرد. جهت افزایش ناهمواری و یا زبری سطح پلیمرها، راه‌های مختلفی توسط برخی از محققان ارائه شده است.

از آنجاکه توپوگرافی سطح بر رفتار میکروسکوپی مواد اثر می‌گذارد، ایجاد خصوصیات سطحی نانومقیاس بر روی سطوح

پلیمر، می‌تواند زبری طبیعی بافت زنده را تقلید کند.گزارشهای ارائه شده توسط برخی محققان نشان میدهد زبری سطح که سبب درگیری بهتر سلول به داربست می‌شود، چسبندگی را بهبود و تکثیر سلول‌ها را افزایش می‌دهد.

بر اساس تحقیقات، زمانی بر روی الیاف PCL ناهمواری ایجاد می‌شود که رطوبت محیط بالاتر از ۴۰ درصد باشد؛ این ناهمواری‌ها منجر به افزایش سطح مخصوص شده و به دنبال آن افزایش انرژی سطح را به همراه دارد. خواص محلول شامل نوع حلال و غلظت محلول، شرایط محیط شامل رطوبت و دما، همچنین زمان هم زدن محلول از عوامل تأثیرگذار بر ایجاد ناهمواری بر روی سطح الیاف هستند. درحالیکه متغیرهای ریسندگی تأثیر محسوسی بر افزایش ناهمواری سطح الیاف ندارد و بیشتر بر روی شکل حفره تأثیرگذار می‌باشد.

در این پژوهش، زبری سطح لایه‌های نانولیفی PLGA در مقیاس نانو و میکرومتری با استفاده از یک روش فیزیکی ساده در طی فرایند الکتروریسی افزایش یافته است.

به این مفهوم که در حین تولید لایه نانولیفی، از طریق تغییر مورفولوژی الیاف، سطوح ناهموار متفاوت تولید شد. با استفاده از حلال‌های مختلف در رطوبت‌های محیطی متفاوت، می‌توان زبری سطح وب‌ها را تنظیم کرد. لایه‌ها در دو گروه عمده دارای الیاف الکتروریسی‌شده استوانه‌ای (Cylindrical fibers) و الیاف الکتروریسی‌شده نواری (Ribbon-shaped fibers) شکل، با سطوح صاف و زبر (متخلخل و شیاردار) تولید شدند.

قابل ذکر است که سطح هیچ یک از الیاف الکتروریسی شده بطور کامل صاف و بدون ناهمواری نیست اما در این پژوهش الیاف تولید شده بدون تخلخل و با کمترین ناهمواری، الیاف با سطح صاف نامگذاری شده است.

۲- تجربیات

۲-۱- مواد

مواد مورد استفاده در این پژوهش PLGA (LA/GA: 85/15; [μ] = 5.9 dL/g) DMF و کلروفرم می‌باشند.

۲-۲ الکتروریسی لایه نانولیفی رسانا

محلول‌های ۳ و ۴ درصد وزنی-حجمی (v/w) PLGA در کلروفرم و در مخلوط کلروفرم/دی متیل فرمامید (۲۰/۸۰) تهیه شدند و پس از قرارگیری بر همزن مغناطیسی به مدت ۱۲ ساعت در دمای اتاق، با نرخ تغذیه ml/h ۱الکتروریسی گردیدند. فاصله ریسندگی و ولتاژ مناسب برای محلول با غلظت ۳ درصد به ترتیب cm ۱۰ و Kv ۲۰ است و برای محلول با غلظت ۴ درصد به ترتیب cm ۱۵ و

۱۴ kV می‌باشد.

از آنجاکه شرایط رطوبتی محیط آزمایش در ارائه نتایج تاثیرگذار است، ایجاد رطوبت و کنترل میزان آن اهمیت بسیاری پیدا می‌کند. به این ترتیب الکتروریسی در یک کابین مجهز به دستگاه تولید و کنترل رطوبت صورت پذیرفت. مطابق جدول ۱، الکتروریسی محلول پلیمری در ۲ مقدار ۳ و ۴ درصد وزنی–حجمی، در دو شرایط رطوبتی ۳۰ و ۶۰ درصد و با دو حلال انجام شد.

۲-۳- بررسی ساختاری لایه نانولیفی

از میکروسکوپ الکترونی روبشی SEM برای مشاهده ساختار نمونه‌ها و از میکروسکوپ نیروی اتمی AFM و نرم‌افزار dualscope برای مشاهده و محاسبه پارامترهای زبری سطح آنها استفاده شد. اندازه‌گیری متوسط قطر الیاف نیز با استفاده از نرم‌افزار Image J انجام شد.

۲-٤- تحلیل آماری

نتایج به دست آمده با استفاده از آزمون آنوا با استفاده از نرم افزار SPSS تحلیل می‌شوند. مقادیر در سطح اطمینان ۹۵ درصد بررسی می‌شوند.

۳- نتایج و بحث

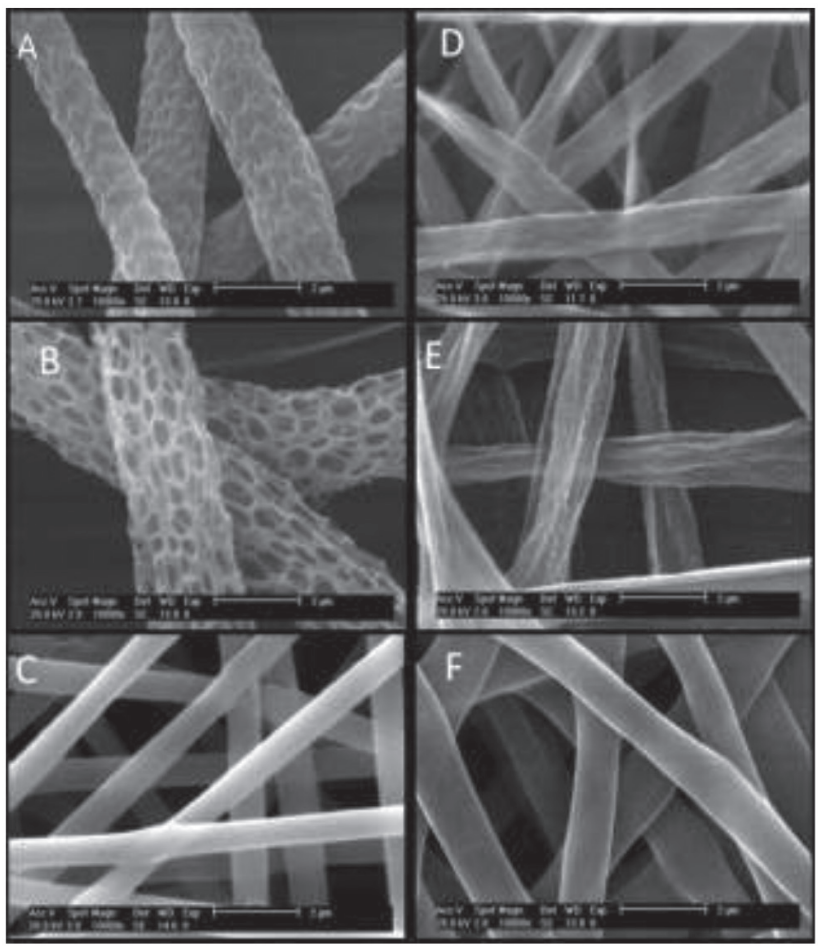
۳-۱- الیاف الکتروریسی‌شده استوانه‌ای

سه نوع لایه نانولیفی با الیاف استوانه‌ای، با سطوح صاف، متخلخل و متخلخل با عمق منفذ بیشتر، با استفاده از کلروفرم در دو غلظت و رطوبت نسبی متفاوت تولید شدند. تشکیل الیاف با سطوح زبر تا حدی به فشار بخار حلال و رطوبت محیط ریسندگی ارتباط دارد.

حلال‌ها با فشار بخار بالاتر به طور مؤثر تشکیل منفذ را افزایش می‌دهند. زیرا حلالهای فرّار در مقایسه با حلال‌های با فشار بخار کمتر می‌توانند با تبخیر حلال، جدایی فازی القاءشده (Vapour induced phase separation) سریع و پس ازآن جامد شدن سریع پلیمر را ایجاد کنند. رطوبت، عامل دیگری است که بر نرخ تبخیر حلال اثر می‌گذارد. پدیده اشکال تنفسی (Breath figures) که علت تشکیل منافذ بر الیاف الکتروریسی‌شده را توضیح می‌دهد، در شرایط مرطوب و در نتیجه متراکم شدن آب محیط بر سطح الیاف اتفاق می‌افتد . تعداد، اندازه و عمق منافذ الیاف تحت تأثیر فرّاریت حلال و رطوبت محیط است.

۳-۲- الیاف الکتروریسی‌شده نواری شکل

سه نوع مختلف لایه نانولیفی با الیاف نواری شکل با سطوح صاف، متخلخل و



شکل ۱- (C,B,A) الیاف استوانه‌ای شکل به ترتیب با سطوح متخلخل، متخلخل با عمق منفذ بالا و صاف (F,E,D): الیاف نواری شکل، به ترتیب با سطوح متخلخل، شیاردار و صاف.

جدول ۱- شرایط تولید لایه‌های نانولیفی

انواع لایه‌ها	غلظت (V/W)	رطوبت محیط (٪)	نوع حلال
A	۳	۳۰	کلروفرم
B	۳	۶۰	کلروفرم
C	۴	۳۰	کلروفرم
D	۳	۳۰	کلروفرم/دی‌متیل‌فرمامید
E	۳	۶۰	کلروفرم/دی‌متیل‌فرمامید
F	۴	۳۰	کلروفرم/دی‌متیل‌فرمامید

جدول ۲- خصوصیات و عامل زبری الیاف تولید شده

نمونه	خصوصیات الیاف	Sp	Sa
A	متخلخل	۳۴۱۰	۳۰۶
B	تخلخل‌های پیوسته	۲۰۰۰	۱۴۱
C	سطح صاف	۱۰۲۰	۱۳۲
D	متخلخل	۱۰۶۰	۱۲۵
E	شیاردار	۲۹۰۰	۲۸۱
F	سطح صاف	۲۳۶۰	۲۹۵

شیاردار با ترکیب حلال‌های کلروفرم/ دی‌متیل‌فرمامید در غلظت‌ها و رطوبت نسبی‌های مختلف تشکیل شدند. سازوکاری که الیاف نواری شکل مبتنی برآن تولید شده‌اند تا حدی به نرخ تبخیر حلال در طی فرایند الکتروریسی ارتباط دارد.

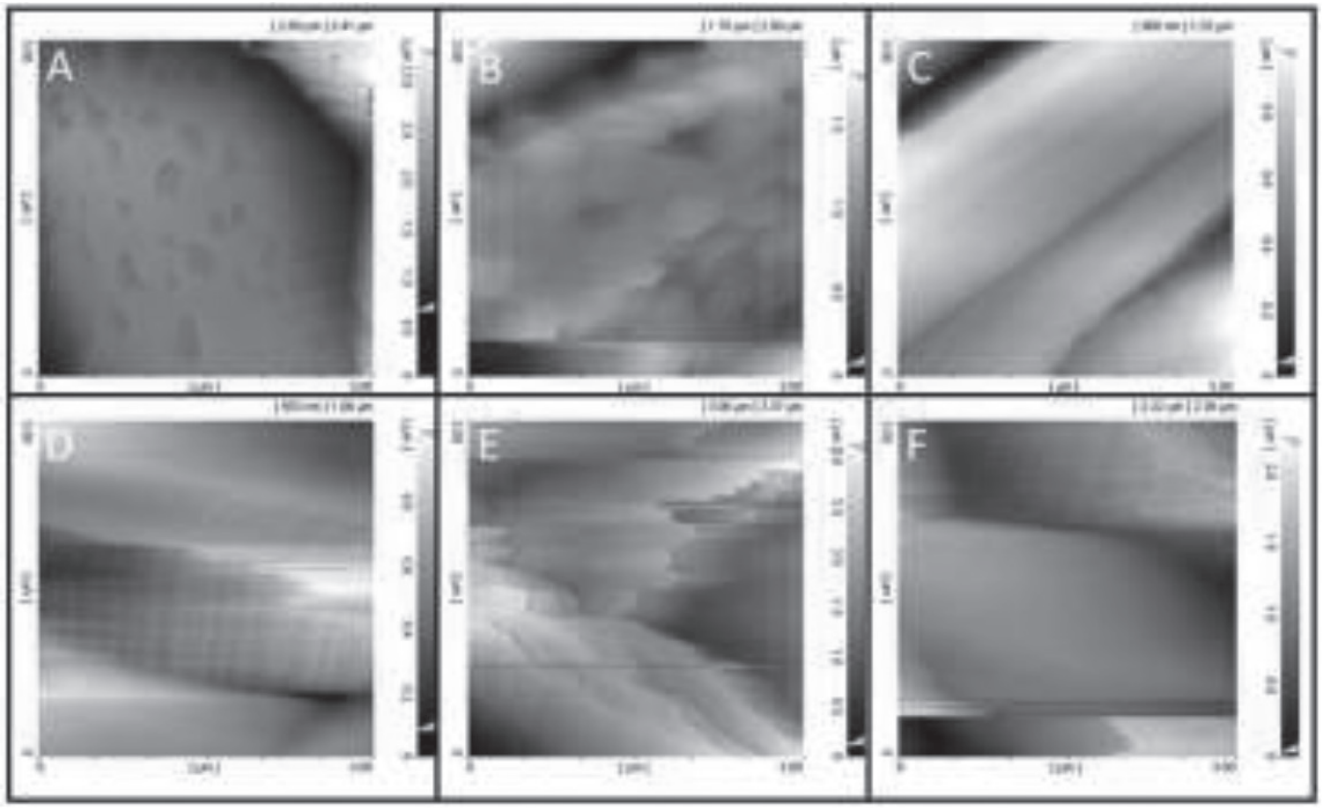
الیاف الکتروریسی‌شده نواری شکل در اثر وجود حلال بافراریت کمتر ایجاد می‌شوند. تبخیر حلال با استفاده از DMF که نقطه جوش بالاتری دارد، کاهش می یابد. در این موقعیت الیاف مرطوب (الیاف با پوسته جامد نازک و مغزی مایع) به صفحه جمع‌کننده برخورد کرده و صاف می‌شوند .سطوح شیاردار و نامنظم در رطوبت بالاتر افزایش می‌یابند.

بر اساس نتایج حاصل از بررسی زبری لایه‌های موجود، Sp مؤثرترین عامل در میان عامل‌های زبری تشخیص داده شد، بنابراین در میان ۶ نوع لایه ارائه شده، لایه با الیاف استوانه‌ای نوع سوم صاف‌ترین سطح و لایه‌های نانولیفی با الیاف استوانه‌ای نوع اول زبرترین سطح را دارا می‌باشد.

٤-نتیجه‌گیری

در این پژوهش، با استفاده از حلال‌های مختلف در رطوبت‌های محیطی متفاوت،از طریق تغییر مورفولوژی الیاف، سطوح ناهموار متفاوت تولید شد و زبری سطح لایه‌های نانولیفی PLGA در مقیاس نانو و میکرومتری در طی فرایند الکتروریسی افزایش داده شد.

یکی از دلایل ایجاد ناهمواری روی الیاف پدیده اشکال تنفسی می‌باشد. روش دیگری که می‌تواند ایجاد ناهمواری بر روی الیاف را شرح دهد، جدایی فاز می‌باشد. ناپایداری‌های ترمودینامیکی مانند کاهش دما، از دست دادن حلال و یا افزایش غیر حلال منجر به جدایی فاز می‌شود؛ در طول فرایند الکتروریسی با هر سه مورد ذکر شده روبرو هستیم.



شکل۲- تصاویر سه‌بعدی میکروسکوپ نیروی اتمی (C,B,A): الیاف استوانه‌ای شکل، به ترتیب با سطوح زبر و صاف (F,E,D): الیاف نواری شکل به ترتیب با سطوح زبر و صاف