

بررسی مورفولوژی و ویژگی های ضد میکروبی میکروفیبرهای الکتروریسی شده سلولز استات حاوی اسانس لعل کوهستان

حبیب اله عباسی^{1*}، هدا فهیم²، محدثه محبوبی³

1- استادیار، گروه مهندسی شیمی، دانشگاه صنعتی جندی شاپور دزفول

2- همکار پژوهشی، دانش آموخته کارشناسی ارشد علوم و صنایع غذایی، گروه مهندسی شیمی، دانشگاه صنعتی جندی شاپور دزفول

3- دکترای زیست سلولی-مولکولی گرایش میکروبی شناسی، بخش تحقیق و توسعه، شرکت طبیب دارو کاشان

(تاریخ دریافت: 98/04/19 تاریخ پذیرش: 98/06/02)

چکیده

در این مطالعه امکان ریزپوشانی اسانس لعل کوهستان در بین تار و پود میکروفیبرهای الکتروریسی شده مورد بررسی قرار گرفت. فیبرها با استفاده از سلولز استات پلیمری تولید شده و اسانس در غلظت‌های متفاوت (0، 15، 25، 35 و 45%) به محلول الکتروریسی اضافه شد. تصاویر میکروسکوپ الکترون روبشی (SEM) نشان داد که غلظت‌های متفاوت اسانس لعل کوهستان بر مورفولوژی و ساختار فیبرها تاثیر نداشته و تمامی فیبرها بدون گره و یکدست بودند. با این حال افزودن 45% اسانس به محلول پلیمر سبب افزایش معنی‌دار قطر میکروفیبرهای گردید. نتایج طیفسنجی مادون قرمز (FTIR) نمونه های فیبر بدون اسانس و فیبرهای حاوی 45% اسانس نشان داد که در هر دو نمونه، پیک های کاملاً شاخص سلولز استات وجود دارد و در فیبر حاوی اسانس علاوه بر پیک های سلولز استات، پیک های موجود در 812 مربوط به ترکیب دارای پارا و 771 و 899 مربوط به ترکیب حاوی متا می باشند که هر دو نشاندهنده وجود ترکیبات آروماتیک اسانس هستند. نتایج اثر ضد میکروبی فیبرها نشان داد که بازدارندگی فیبرهای حاوی اسانس در برابر استافیلوکوکوس اورئوس به طور کلی بالاتر از اشریشیا کلی بوده و با افزایش غلظت، اثر ضد میکروبی افزایش یافت.

کلید واژگان: میکروفیبر، سلولز استات، الکتروریسی، اسانس، لعل کوهستان

*مسئول مکاتبات: habbasi@jsu.ac.ir

1- مقدمه

ریزپوشانی¹، فرایندی است که در آن اجزای جامد، مایع یا گاز درون کپسول‌های کوچک پوشش‌دهی می‌شوند؛ به طوری که محتوای آنها با سرعتی کنترل شده تحت شرایط خاص آزاد شوند. یکی از روش‌های ریزپوشانی، تولید نانوفیبرها به روش الکتروریسی است؛ در واقع نانوفیبرها رشته‌های بهم پیوسته ای هستند که طی فرایند الکتروریسی تشکیل می‌شوند [1]. تاکنون از پلیمرهای مختلفی برای تولید نانوفیبرها استفاده شده است ولی به جهت استفاده در صنعت غذا تنها می‌توان از بیوپلیمرهایی چون پروتئین‌ها و پلی‌ساکاریدها استفاده کرد. در این رابطه، تحقیقات بسیاری روی استفاده از سلولز و مشتقات آن، کیتین، کیتوسان، ژلاتین، کلاژن، ژئین و غیره انجام شده است [2]. نانو یا میکروفیبرها دارای خصوصیات منحصر به فردی هستند که آن‌ها را از سایر ساختارهاییک بعدی متمایز می‌کند. این فیبرها در مقایسه با حجم‌شان مساحت سطحی وسیعی دارند که با افزایش مساحت سطحی آن‌ها، سرعت واکنش‌های شیمیایی افزایش می‌یابد. چگالی پایین و نسبت سطح به جرم بالا و همچنین اندازه کوچک حفرات سبب می‌شود که این فیبرها در زمینه‌های مختلفی چون دارو رسانی، فیلتراسیون، مهندسی بافت، پوشش زخم و غیره مورد استفاده قرار گیرند [3].

طی فرایند الکتروریسی نانو یا میکروفیبرهای تولید شده به صورت شبکه ای بی‌بافت تولید می‌گردند. این فرایند در سال 1934 توسط فرمهالس به ثبت رسید. هدف وی تولید رشته‌های پلیمر با استفاده از نیروی الکترواستاتیکی بود. استفاده از این فیبرها به هدف انکپسولاسیون مواد غذایی، نسبتاً جدید است [4]. اجزای دستگاه الکتروریسی شامل (1) منبع تغذیه DC که تأمین کننده ولتاژ در محدوده 5 تا 30 کیلوولت است، (2) افشانک برای خروج محلول پلیمری و (3) صفحه جمع کننده می‌باشند. اساس فرایند الکتروریسی، کشش سیال پلیمری است. در اثر اعمال ولتاژ بالا-در حدود 10 تا 30 کیلوولت- بارهای الکتریکی درون سیال نفوذ می‌کنند. وقتی که بارهای درون سیال به مقدار بحرانی رسیدند جت سیالی از

ریزقطرات تشکیل می‌شود. زمانی که بار جت به اندازه ای شد که بتواند بر کشش سطحی خود غلبه کند، به شکل مخروط تیلور² فوران خواهد کرد. درهم رفتگی زنجیره‌های پلیمری در داخل محلول، مانع فروپاشی جت الکتروریسی در اثر چرخش در میدان الکتریکی می‌گردد و همچنین باعث می‌شود که جت محلول به صورت پیوسته در جریان باشد. در طی این فرایند، حین حرکت سریع جت الکتروریسی به سمت جمع کننده، حلال از آن خارج می‌شود. وقتی که قسمت عمده حلال تبخیر شد جت به سمت ناحیه با ولتاژ کمتر -که غالباً جمع کننده‌ی متصل به قطب منفی است حرکت خواهد نمود. فاصله بین افشانک و جمع کننده معمولاً 5 تا 30 سانتی‌متر است [3].

سلولز یک هوموپلیمر خطی است که دارای مونومرهای مشابه از واحدهای β -D-گلیکوپیرانوزی که با پیوندهای گلیکوزیدی (1 به 4) از طریق نیروهای واندروالس و پیوندهای هیدروژنی درون و برون مولکولی به یکدیگر متصل شده اند. یکی از مشکلات اساسی سلولز این است که به دلیل ساختار شیمیایی ویژه آن در بیشتر محلول‌های آلی نامحلول بوده و یا کلاً ماندگار نیست؛ به همین دلیل استات سلولز که نوع استیل شده سلولز است، به عنوان یکی از پلیمرهای مورد توجه و پر مصرف در صنایع مختلف و به ویژه صنایع غذایی مورد توجه قرار گرفته است. استات سلولز یکی از مشتقات استریسلولز است که در واقع ترکیبی از دی استات و تریاستات می‌باشد. زنجیره سلولزی در 2 یا سه موقعیت از موقعیتهای ۲،۳ و یا 6 دارای گروه هیدروکسیل آزاد است که با استفاده از یک عامل استیل کننده (مثلاً یک اسید) و در حضور یک حلال آلی به استات سلولز تبدیل می‌شود. استات سلولز پلیمری ویژگی‌های متنوعی دارد از جمله استحکام بالا، زیست‌تخریب پذیری، توانایی جداسازی و قیمت نسبتاً پایین بوده و بسیار آبدوست است. از این ترکیب به طور گسترده ای برای کاهش رسوب‌گیری در غشاهای استفاده می‌شود [5].

استفاده از گیاهان بومی برای درمان و یا به عنوان عوامل ضد میکروبی پیشینه‌ای دیرینه دارد. از جمله گیاهان بومی ایران،

تزریق محلول 2 میلی‌لیتر در ساعت و سرعت جمع کننده 100 rpm بود. فیبرهای تولیدی در مدت زمان 10 ساعت تولید شده و تا زمان استفاده در پلیت‌های پلاستیکی استریل نگهداری شدند. دستگاه الکترورسی مورد استفاده ساخت شرکت فن آوران تجهیزات نانوآزما مدل Three Side Lab ES بود.

2-3- مورفولوژی و قطر فیبرها

مورفولوژی و قطر میکروفیبرها به روش Soto و همکاران [9] و با استفاده از میکروسکوپ SEM (Czech Republic) MIRA III TESCAN بررسی و اندازه‌گیری شد. تصاویر میکروفیبرها در دو بزرگنمایی متفاوت گرفته شد. آنالیز قطر فیبرها نیز با استفاده از نرم افزار image J ورژن 1,82 انجام گرفت.

2-4- آنالیز روش طیف سنجی مادون

قرمز FTIR

برای بررسی برهمکنش بین اسانس و فیبرهای سلولز استات تولیدی از آنالیز (AVATAR, Thermo,) FTIR America به روش Choi و همکاران [10] استفاده شد.

2-5- ویژگیهای ضد میکروبی

ویژگی های ضد میکروبی فیبرهای تولیدی به روش دیسک دیفیوژن در برابر دو باکتری اشریشیاکلی (ATCC 25922) و استافیلوکوکوس اورئوس (ATCC 25923) و بر اساس روش معصومی و همکاران [11] اندازه‌گیری گردید. ابتدا باکتری روی محیط کشت مناسب کشت شده و سپس از آن یک سوسپانسیون میکروبی معادل نیم مک فارلند تهیه شد. سوسپانسیون میکروبی با استفاده از یک سوآب استریل، روی پلیت حاوی محیط کشت مولر هیتون آگار به صورت چمنی کشت گردید. فیبرهای مورد نظر به صورت دیسک هایی با قطر 9 میلی‌متر بریده شده و هر طرف آن‌ها به مدت 15 دقیقه زیر نور UV هود میکروبی استریل گردید. 10 میکرولیتر اسانس خالص نیز به دیسکهای بلانکی که قبلا زیر نور UV استریل شده بودند اضافه شده و روی محیط پلیت قرار گرفتند. پلیت‌ها به مدت 24 ساعت در دمای 37 درجه سانتی‌گراد گرمخانه‌گذاری شدند و پس از آن قطر هاله‌ی بازدارندگی بر حسب میلی‌متر اندازه‌گیری شد.

می‌توان از گیاه لعل کوهستان نام برد. جنس *Oliveria* متعلق به خانواده چتریان (*Umbelliferae*) در ایران یک گونه با نام *O. decumbens* دارد که به طور محلی به آن «دن» یا «دنک» یا «موشکورک» می‌گویند. این گیاه در مناطق گرمسیری استان‌های کرمانشاه، خوزستان و ایلام می‌روید. خصوصیات ضد میکروبی اسانس این گیاه در برابر باکتری‌های گرم مثبت و منفی و نیز برخی از قارچ‌ها اثبات شده است [6]. با توجه به بررسی قبلی نویسندگان در مورد اثر ضد میکروبی اسانس لعل کوهستان [7] هدف از این مطالعه بررسی ریزپوشانی این اسانس درون میکروفیبرهای سلولز استات که به روش الکترورسی تولید شده اند است. ویژگی های ضد میکروبی، ساختاری و مورفولوژی میکروفیبرهای تولید شده مورد بررسی قرار گرفت. طبق بررسی های بعمل آمده توسط نویسندگان مشخص شد که تا کنون گزارشی در مورد ریزپوشانی اسانس لعل کوهستان درون میکروفیبرهای سلولز استات در دست نیست.

2- مواد و روش ها

2-1- مواد

اسانس لعل کوهستان از اندام هوایی گیاه به روش تقطیر با آب مقطر استخراج گردید. سلولز استات نیز از شرکت مرک تهیه شد. استون و استیک اسید نیز از شرکت دکتر مجلی تهیه گردید. سوشهای باکتریایی اشریشیاکلی (ATCC 25922) و استافیلوکوکوس اورئوس (ATCC 25923) از موسسه پژوهشی و تولیدی بهار افشان تهیه گردید.

2-2- تولید میکروفیبر سلولز استات

میکروفیبرها با استفاده از روش Taepaiboon و همکاران [8] با اندکی تغییر تولید شدند. سلولز استات پودری با درصد وزنی 12% در حلال استن استیک اسید با نسبت 2:1 در دمای اتاق به مدت 5 ساعت حل شد تا محلول بدون اسانس تهیه گردد. اسانس به نسبت‌های 15، 25، 35 و 45% وزنی پلیمر پودری به محلول اضافه گردید تا فیبرهای حاوی غلظت‌های مختلف اسانس تولید گردند. ولتاژ مورد استفاده برای الکترورسی 17 کیلوولت، فاصله‌ی نوک سرنگ تا جمع‌کننده‌ی آلومینیومی 7 سانتی‌متر، نرخ

2-6- آنالیز داده‌ها

آزمایشات بر اساس طرح تصادفی ساده انجام شد. فاکتور مورد بررسی در فیبرها غلظت اسانس افزوده شده به محلول پلیمری فیبر (0، 15، 25، 35 و 45%) بوده و تمامی آزمایشات با سه تکرار انجام گرفت. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار SPSS 16 استفاده شد. آنالیز واریانس یک طرفه‌ی آنوا (ANOVA) و مقایسه میانگین دانکن نیز برای بررسی وجود اختلاف معنی‌دار بین تیمارها در سطح اطمینان 95% درصد استفاده گردید.

3- نتایج و بحث

3-1- مورفولوژی فیبرها

میانگین قطر فیبرها با استفاده از نرم افزار (112-1,8,0) imageJ اندازه‌گیری گردید. قطر تمامی فیبرها بجز فیبر حاوی 45% اسانس تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند. به این معنی که با افزودن اسانس از 0 تا 35% قطر فیبرهای تولیدی تحت تاثیر قرار نگرفت در حالیکه در نمونه‌ی حاوی اسانس به میزان 45% وزنی سلولز استات قطر فیبرها افزایش یافت. نتایج مورفولوژی فیبرها که با بزرگنمایی 10 KX گرفته شده ساختارهای فیبری صاف، بدون گره و یکدستی را نشان می‌دهد که در تمامی عکس‌ها تقریباً مشابه است و تایید کننده‌ی این مطلب است که افزودن هیچ غلظتی از اسانس بر ساختار و مورفولوژی فیبرها تاثیر نداشته و هیچ نوع گره و ناپیوستگی در فیبرها تولید نکرده است.

یکی از شرایط لازم برای شکل‌گیری الیاف این است که محلول الکترووریسی از پلیمری با وزن مولکولی مناسب و غلظت مطلوب تهیه شود تا گرانیروی محلول برای انجام فرایند الکترووریسی کافی باشد. وقتی جریان باری کوپر شتاب جت، نوک سوزن را ترک می‌کند، حین حرکت به سمت صفحه جمع‌کننده کشیده می‌شود. در حین کشش محلول پلیمری، گره خوردگی زنجیرهای مولکولی از قطع شدن جت که به وسیله نیروهای الکتریکی رانده می‌شود جلوگیری کرده و در نتیجه یک جت محلول پیوسته به دست می‌آید. نتیجه ایجاد یک جت پیوسته، ایجاد ساختاری بدون نقص و فاقد گره در بستر تولید شده است. عامل مؤثر دیگر، وزن ملکولی پلیمر است که بر مقدار گره خوردگی زنجیرهای پلیمری در حلال و به تبع آن گرانیروی محلول تأثیر می‌گذارد. تحقیقات متعدد نشان داده‌اند که در فیبرهای تولید شده از محلول‌های پلیمری با گرانیروی پایین معمولاً گره و ناپیوستگی یافت می‌شود، در حالیکه با افزایش گرانیروی، شکل گره به صورت تدریجی از حالت کروی به حالت استوانه‌ای تبدیل می‌شود تا جایی که در نهایت فیبری کاملاً هموار به دست آید [10]. در کار ما افزودن اسانس تا 45% وزن پلیمر سلولز استات سبب کاهش گرانیروی در حد ایجاد گره در فیبر نشد. این نتایج با داده‌های حاصل از کار Rieger و همکاران [12] مطابقت داشت. آنها نشان دادند که افزودن سینامال‌دئید به محلول الکترووریسی متشکل از کیتوسان/پلی اتیلن اکساید سبب تغییر مورفولوژی فیبرهای تولیدی نشده و ساختار فیبرهای حاوی اسانس و فیبرهای بدون اسانس تفاوتی نداشته است.

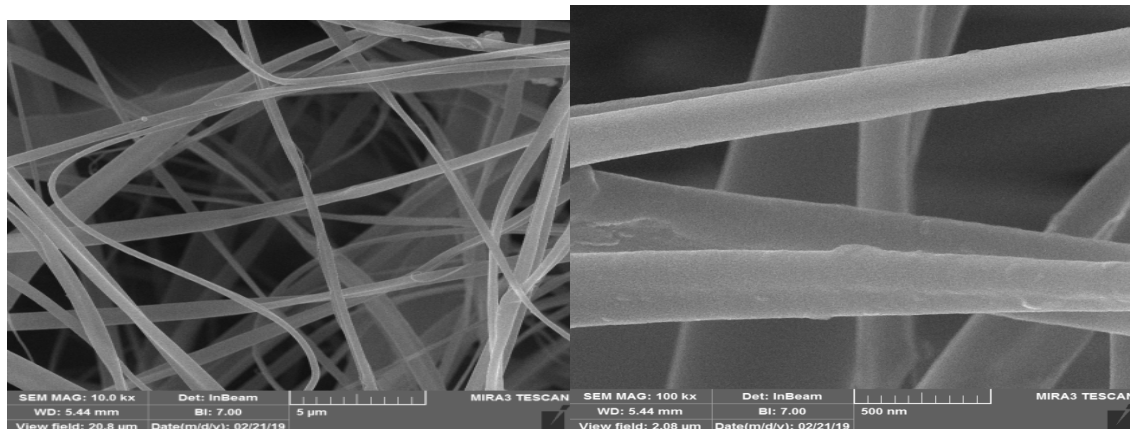


Fig 1 Cellulose acetate microfibrils (control)

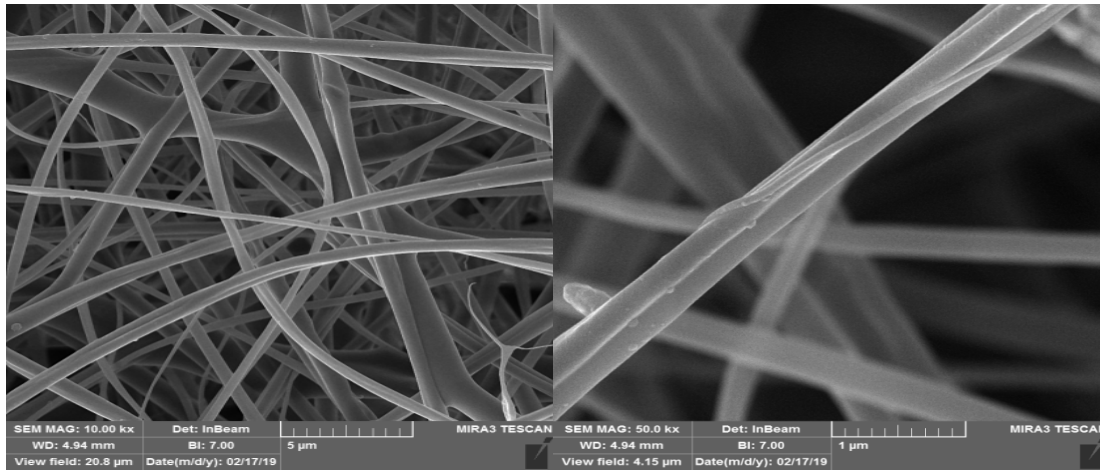


Fig 2 Cellulose acetate microfibers (15% essential oil)

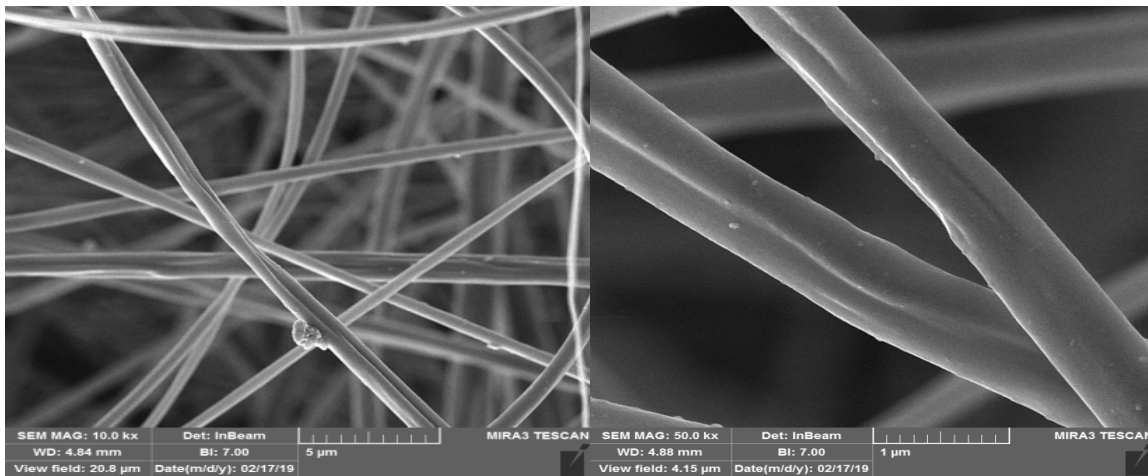


Fig 3 Cellulose acetate microfibers (25% essential oil)

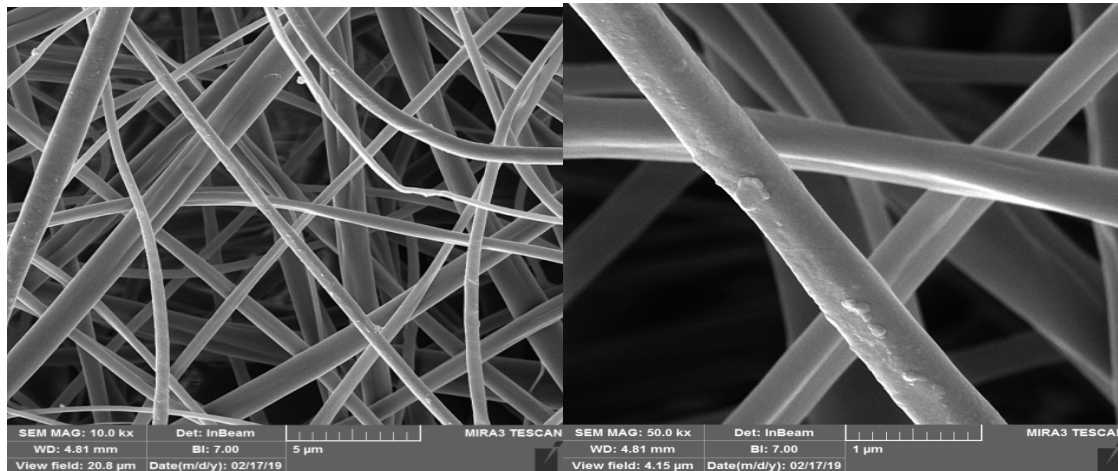


Fig 4 Cellulose acetate microfibers (35% essential oil)

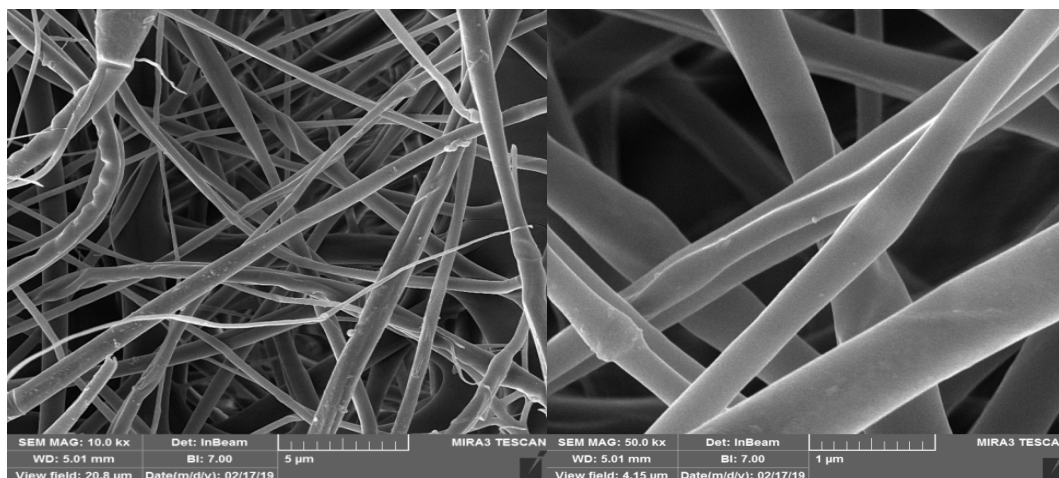


Fig 5 Cellulose acetate microfibrils (45% essential oil)

حقیقت هدایت الکتریکی پایین محلول در حین الکتروریسی سبب می شود که طول جت ایجاد شده در نتیجه پیروالکتریسیته در نوک سرنگ کاهش یافته و فیبرهایی با قطر بیشتر تولید شود [14]. دلیل دیگری که ممکن است سبب افزایش قطر فیبرها شود، ویسکوزیتهی محلول است. با افزایش غلظت اسانس در محلول الکتروریسی، بسته به نوع و شدت برهمکنش بین اسانس و پلیمر، رئولوژی و ویسکوزیتهی محلول تغییر می کند. به طور کلی هر قدر ویسکوزیتهی محلول الکتروریسی بیشتر باشد، قطر فیبرهای تولیدی افزایش می یابد [15]، با این حال بنظر می رسد افزودن اسانس تا 45% وزن خشک پلیمر ویسکوزیته را چندان کاهش نداده و تنها احتمال افزایش قطر، کاهش هدایت الکتریکی محلول است، تصاویر SEM تمامی نمونه ها ساختار یکدست و بدون گرهی را نشان می داد که تاییدی بر عدم کاهش ویسکوزیتهی محلول الکتروریسی است. این نتایج با آنچه که Mori و همکاران [16] در رابطه با فیبرهای الکتروریسی شدهی پلی لاکتیک اسید/کتوسان حاوی اسانس به دست آورده بودند کاملا مطابقت داشت.

3-2- نتایج FTIR فیبر

شکل 7 نتایج FTIR دو نمونه فیبر بدون اسانس و حاوی 45% اسانس را نشان می دهد. پیکهای هر دو طیف مشابه با هم بوده و نشان می دهد که ساختار سلولز استات پس از افزودن اسانس تغییری پیدا نکرده و با تار و پود فیبرها واکنشی نداده است. در نمودار فیبر سلولز استات بدون اسانس، پیک موجود در 1738 مربوط به $C=O$ استری، پیک جذبی در 1222 مربوط به پیوند

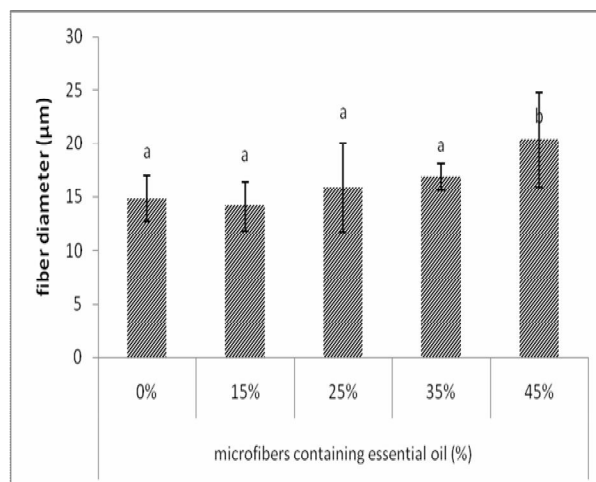


Fig 6 Diameter of cellulose acetate microfibrils containing essential oil (0, 15, 25, 35 & 45%)

نتایج آنالیز میانگین قطر فیبرهایی هزار نانومتر تا چند میکرونا نشان داد که در محدوده قطر فیبرهای سلولز استات به دست آمده توسط Zhang و همکاران بود [13]، این محققان همچنین بیان داشتند که فیبرهایی با قطر بیشتر استحکام مکانیکی بیشتری داشته در حالی که فیبرهای با قطر بسیار کم استحکام کمتر ولی نسبت سطح به حجم بیشتری دارند. با توجه به شکل 6، تنها قطر فیبر حاوی 45% اسانس بالاتر از قطر سایر فیبرها بوده و با دیگر تیمارها اختلاف معنی دار داشت ولی بین سایرین اختلاف معنی داری مشاهده نشد. با این حال قطر فیبرها با افزایش غلظت اسانس روند رو به افزایش نشان داد. افزایش قطر فیبر در نتیجه ی افزایش میزان اسانس ممکن است باعث کاهش هدایت الکتریکی محلول شود که در نهایت موجب افزایش قطر فیبرها می گردد. در

اسانس ممکن است نشان دهنده پیوند هیدروژنی بین ترکیبات اسانس و فیبر سلولز استات باشد.

3-3- خصوصیات ضد میکروبی فیبر

جدول 1 خصوصیات ضد میکروبی فیبرهای حاوی غلظت‌های متفاوت اسانس را در برابر دو باکتری گرم منفی/شریشیاکلی (ATCC 25922) و گرم مثبت استافیلوکوکوس اورئوس (ATCC 25923) نشان می‌دهد. اسانس خالص لعل کوهستان بازدارندگی قابل توجهی را در برابر دو باکتری *E. coli* و *S. aureus* به ترتیب برابر با 21 و 31 میلی‌متر داشت. فیبرهای سلولز استات حاوی غلظت‌های 0 و 15% اثر ضد میکروبی در برابر باکتری اشریشیاکلی نداشتند و بین فیبرهای حاوی 25 تا 45% نیز اختلاف معنی‌دار نبوده و میانگین قطر هاله‌ی بازدارندگی تقریباً 11 میلی‌متر بود (قطر دیسک 9 میلی‌متر بود). بازدارندگی فیبرهای حاوی اسانس نسبت به باکتری استافیلوکوکوس اورئوس بالاتر بوده و با افزایش غلظت از 15% تا 45%، قطر هاله به ترتیب از 11/6 تا 14/3 میلی‌متر افزایش یافت. بازدارندگی فیبرهای حاوی 35 و 45% اسانس در برابر باکتری *S. aureus* به صورت معنی‌داری بالاتر از غلظت‌های 15 و 25% بود. به طور کلی این اسانس در برابر باکتری *S. aureus* بازدارندگی بالاتری داشت که نتایج مشابهی در مطالعه‌ی محبوبی و همکاران [6] و عباسی و همکاران (7) به دست آمد. محبوبی و همکاران [6] گزارش کردند که ترکیبات تشکیل دهنده اسانس این گیاه شامل تیمول (26/9%)، کارواکرول (25%)، پاراسیمین (13/3%) و گاماترپین (11%) بود. این محققان حساسیت بالاتر باکتری‌های گرم مثبت را به میزان بالای ترکیبات فنلی موجود در این اسانس نسبت دادند. افزودن اسانس به فیبرهای الکترورسی شده تا کنون توسط چندی از محققان بررسی شده است [18 و 16 و 12]. در مطالعه‌ی ما، اثر ضد باکتریایی اسانس خالص در برابر دو باکتری *E. coli* و *S. aureus* به ترتیب برابر با 21 و 31 میلی‌متر بود با این حال قطر هاله‌ی به دست آمده در نتیجه‌ی آنکپسوله کردن اسانس در برابر هر دو باکتری کمتر از اسانس خالص بود. این نتایج می‌تواند به این دلیل باشد که اولاً میزان اسانس اضافه شده در واحد سطح نسبت به وقتی اسانس خالص تست می‌شود کمتر است و در درجه‌ی دوم، وقتی ماتریکس سلولز استات در محیط‌آگار متورم می‌شود، اسانس آنکپسوله شده در بین فیبرها در محیط آبی در

اتری کششی نامتقارن C-O-C و کششی استری C-O، پیک جذبی موجود در 890 مربوط به پیوند اتری کششی متقارن C-O، پیک جذبی موجود در 3480 مربوط به اورتون $C-H\ sp^3$ و پیک موجود در 1368 مربوط به پیوند کششی استری C-O و گروه متیل $C-CH_3$ می‌باشد که تمامی این‌ها وجود فیبر سلولز استاتی خالص را تایید می‌کند. Liakos و همکاران [17] پیک کربونیلی $C=O$ استری سلولز استات را در حدود 1750 شناسایی کردند، همچنین قرانی و همکاران (1) نیز پیک‌های جذبی کاملاً مشابهی را برای فیبر سلولز استات توسط FTIR به دست آوردند.

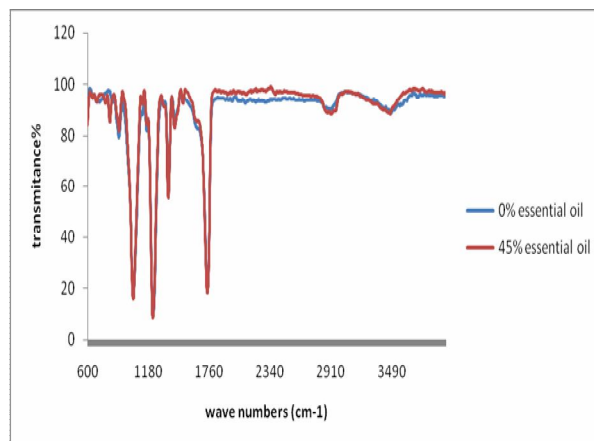


Fig 7 FTIR peaks of electrospinning fibers containing 0 and 45% essential oil

محبوبی و همکاران (6) گزارش کردند که اسانس لعل کوهستان دارای ترکیبات آروماتیک کارواکرول (یک مونوترپن اکسیژن‌دار و یک ترکیب فنلی)، تیمول (مونوترپن دارای حلقه‌ی فنولی)، پاراسیمین (مونوترپنی با فورمول بسته‌ی $C_{10}H_{14}$) می‌باشند. همچنین اسانس این گیاه دارای ترکیب با حلقه‌ی غیر آروماتیک به نام گاماترپین (مونوترپنی با فورمول بسته‌ی $C_{10}H_{16}$) هم هست که پیک مربوط به $C=C$ آن در 1632 مشخص شده است. به طور کلی گاماترپین و پاراسیمین پیش‌ساز زیستی تیمول بوده و پاراسیمین نیز پیش‌ساز تیمول و کارواکرول در گیاه است. خود تیمول نیز ایزومری از کارواکرول می‌باشد [6]. همانطور که مقایسه‌ی تصویر دو نمودار نشان می‌دهد، به علت غالب بودن استات سلولز به عنوان شبکه‌ی اصلی، طیف حاصله از ترکیب فیبر حاوی اسانس بیشتر به سمت طیف سلولز استات گرایش داشته و بیشتر بر آن منطبق می‌باشد، با این حال شیفت اندک پیوندهای موجود در فیبر سلولز استات نسبت به فیبر حاوی

دت زمان کوتاه و با غلظت بالا آزاد نمی شود؛ به همین دلیل هاله‌ی بازدارندگی پیرامون دیسک‌ها چندان واضح نبود، در رابطه با عدم تجانس اسانس و محیط آگار، Liakos و همکاران [17] نیز به نتایج مشابهی رسیدند.

Table 1 Antibacterial properties of microfibers against *E.coli* & *S. aureus*

Essential oil concentration (%)	Inhibition zone (mm)	
	<i>E.coli</i>	<i>S. aureus</i>
0	0 ^c	0 ^c
15	0 ^b	11.68± 1 ^b
25	11± 0 ^b	12±2.081 ^b
35	11.33±0.58 ^b	12.33±0.58 ^b
45	11.33±0.58 ^b	14.33±2.31 ^b
Pure ODEO	21±0.61 ^a	31±0.68 ^a

6- منابع

- [1] Ghorani, B., Aghaei, Z., Emadzadeh, B. (2018). Production of Aromatic Cellulose acetate Nanofibers containing Vanilla using Electrospinning Technique. *Innovative Food Technologies*, 5(4), 567-581. doi: 10.22104/jift.2017.2327-1542.
- [2] Schiffman, J. D., & Schauer, C. L. (2008). A review: electrospinning of biopolymer nanofibers and their applications. *Polymer reviews*, 48(2), 317-352.
- [3] Rafi-manzelat, f. jafari, m. electrospun polymeric nanofibers processing. (1395). *Iran polymer technology research and development*. 1:2, 19-25.
- [4] Movaffagh, J., Amiri, N., Ebrahimi, S., Kalalinia, B. F., Fazli Bazaz, B. S., Azizzadeh, M., Arabzadeh, S., Miri, M. A. (2018). Electrospun zein nanofibers as nanocarrier of vancomycin: Characterization, release and antibacterial properties. *Food Science and Technology*, 15 (80): 199-212.
- [5] Abedini, R., Mousavi, S. M., & Aminzadeh, R. (2011). A novel cellulose acetate (CA) membrane using TiO₂ nanoparticles: preparation, characterization and permeation study. *Desalination*, 277(1-3), 40-45.
- [6] Mahboubi, M., Feizabadi, M., Haghi, G., Hosseini, H. (2008). Antimicrobial activity and chemical composition of essential oil from *Oliveria decumbens* Vent.. , 24(1), 56-65.

4- نتیجه گیری

با توجه به نتایج، تمامی فیبرها حتی نمونه‌هایی که حاوی 45% اسانس بودند شکل کاملا بدون گره و یک دست داشتند با این حال با افزایش غلظت اسانس تا 45% قطر فیبرها افزایش یافت. مقایسه‌ی نتایج FTIR فیبرهای سلولز استات و سلولز استات حاوی 45% اسانس مشابه با هم بوده و نشان داد که برهمکنش و پیوند شیمیایی بین اسانس و پلیمر رخ نداده و اسانس در لابلای فیبرها با تشکیل پیوند هیدروژنیانکپسوله شده است. با بررسی خصوصیات ضد میکروبی فیبرها مشخص گردید که تنها فیبرهای حاوی 35 و 45% اسانس در برابر باکتری *E. coli* ویژگی بازدارندگی داشته در حالی که تمامی نمونه ها در برابر *S. aureus* بازدارندگی نشان داده و با افزایش غلظت اسانس از 0 تا 45% قطر هاله‌ی بازدارندگی در برابر باکتری *S. aureus* افزایش یافت.

5- تقدیر و تشکر

بدینوسیله نویسندگان مقاله، سپاسگزاری خود را از معاونت پژوهش و فناوری دانشگاه صنعتی جندی شاپور دزفول بابت تامین هزینه های مالی این پروژه اعلام می دارند.

- Cinnamaldehyde enhances the antimicrobial efficacy of chitosan/poly (ethylene oxide) nanofibers. *Carbohydrate polymers*, 113, 561-568.
- [13] Zhang, L., & Hsieh, Y. L. (2008). Ultrafine cellulose acetate fibers with nanoscale structural features. *Journal of nanoscience and nanotechnology*, 8(9), 4461-4469.
- [14] Yang, C., Wu, X., Zhao, Y., Xu, L., & Wei, S. (2011). Nanofibrous scaffold prepared by electrospinning of poly (vinyl alcohol)/gelatin aqueous solutions. *Journal of Applied Polymer Science*, 121(5), 3047-3055.
- [15] Yang, D., Lu, B., Zhao, Y., & Jiang, X. (2007). Fabrication of aligned fibrous arrays by magnetic electrospinning. *Advanced materials*, 19(21), 3702-3706.
- [16] Mori, C. L., Passos, N. A. D., Oliveira, J. E., Altoé, T. F., Mori, F. A., Mattoso, L. H. C., ... & Tonoli, G. H. D. (2015). Nanostructured polylactic acid/candeia essential oil mats obtained by electrospinning. *Journal of Nanomaterials*, 16(1), 33.
- [17] Liakos, I., Rizzello, L., Hajiali, H., Brunetti, V., Carzino, R., Pompa, P. P., ... & Mele, E. (2015). Fibrous wound dressings encapsulating essential oils as natural antimicrobial agents. *Journal of Materials Chemistry B*, 3(8), 1583-1589.
- [18] Wen, P., Zhu, D. H., Wu, H., Zong, M. H., Jing, Y. R., & Han, S. Y. (2016). Encapsulation of cinnamon essential oil in electrospun nanofibrous film for active food packaging. *Food Control*, 59, 366-376.
- [7] Abbasi H, Fahim H, Mahboubi M, Tahmasbi N. Antibacterial properties and stability of emulsions containing *Cuminum cyminum* and *Oliveria decumbens* Vent. essential oils prepared by ultrasound. *FSCT*. 2019; 16 (87) :41-51.
- [8] Taepaiboon, P., Rungsardthong, U., & Supaphol, P. (2007). Vitamin-loaded electrospun cellulose acetate nanofiber mats as transdermal and dermal therapeutic agents of vitamin A acid and vitamin E. *European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics*, 67(2), 387-397.
- [9] Soto, K. M., Hernández-Iturriaga, M., Loarca-Piña, G., Luna-Bárceñas, G., Gómez-Aldapa, C. A., & Mendoza, S. (2016). Stable nisin food-grade electrospun fibers. *Journal of food science and technology*, 53(10), 3787-3794.
- [10] Choi, J., Yang, B. J., Bae, G. N., & Jung, J. H. (2015). Herbal extract incorporated nanofiber fabricated by an electrospinning technique and its application to antimicrobial air filtration. *ACS applied materials & interfaces*, 7(45), 25313-25320.
- [11] Vali Ollah Masoumi Mr, Hossein Tajik Prof, Mehran Moradi Dr , Mehrdad Forough Mr, Nasim Shahabi MS. (2016). Antimicrobial Effects of *Zataria Multiflora* boiss. Essential oil Nanoemulsion Against *Escherichia Coli* O157:H7. *Urmia Medical Journal*, 27(7): 608-617.
- [12] Rieger, K. A., & Schiffman, J. D. (2014). Electrospinning an essential oil:

Morphological and antimicrobial evaluation of cellulose acetate electrospun microfibers containing *Oliveria decumbens* .Vent essential oil

Abbasi, H. ^{1*}, Fahim, H. ², Mahboubi, M. ³

1. Assistant Professor, Department of Chemical Engineering, Jundi-Shapur University of Technology, Dezful, Iran.

2. Research Assistant, M.Sc. in Food Science and Technology, Department of Chemical Engineering, Jundi-Shapur University of Technology, Dezful, Iran.

3. PhD in Microbiology, Research & Development department, Tabib Daru Company, Kashan, Isfahan, Iran

(Received: 2019/07/10 Accepted: 2019/08/24)

In this study, the possibility of microencapsulation of *Oliveria decumbens* essential oil (ODEO) was investigated on the microstructure of microfibers. The fibers were produced using polymeric cellulose acetate (CA) and the essential oil was added to the electrospun solution at different concentrations (0, 15, 25, 35 and 45%). The samples were analyzed using SEM and FTIR. SEM micrographs showed that all of fibers had homogenous structure without nodes. However addition of ODEO at 45% significantly increased the diameter of fibers compared to control sample. FTIR results of control and 45% ODEO fibers showed that in both samples there are distinct peaks of CA, and in fiber containing essential oils in addition to the CA peaks, the peaks in the 812 belong to the compound containing *para* and in 771 and 899 are related to compounds containing *meta* bonds. Both of them represent the aromatic compounds of the essential oil. The results of the antimicrobial activity of the fibers showed that the inhibition of the ODEO fibers against *Staphylococcus aureus* was generally higher than *E. coli*. Antimicrobial activity was increased with increasing ODEO concentrations.

Keywords: Microfiber, Cellulose acetate, Electrospinning, Essential oil, *Oliveria decumbens* Vent

* Corresponding Author E-Mail Address: habbasi@jsu.ac.ir