

بررسی خواص پارچه اسپان لیس پنبه ای پوشش داده شده با نانو سلولزباکتریایی به منظور مدیریت رطوبت پا

فرزانه باطنی^۱، امین مفتاحی^{۱*} محمد داودآبادی فراهانی^{۲،۳}

^۱گروه طراحی پارچه و لباس، دانشکده هنر و معماری، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران جنوب، تهران، ایران

^۲دانشکده مهندسی نساجی، دانشگاه یزد، یزد، ایران

^۳دانشکده مهندسی نساجی، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، ایران

Amin.meftahi@iau.ac.ir

تاریخ دریافت ۱۴۰۳/۰۲/۰۵ تاریخ پذیرش ۱۴۰۴/۰۵/۰۳

چکیده

هدف این مطالعه طراحی منسوج با استفاده از سلولز باکتریایی در محیط کشت طراحی شده برای پاپوش با هدف ایجاد رطوبت و شرایط مناسب برای پا و در جنبه ی اختصاصی ایجاد شرایط مناسب در پانسمان های زخم ها است. در این پژوهش با هدف تشکیل پاپوش در اندازه الگوی تعیین شده، از اسپاندکس در محیط کشت استفاده شد تا سلولز باکتریایی روی این لایه کشت شود. لایه ها بصورت چفت شده و در ابعاد مشخص شده تولید شد. در این حالت انعطاف پاپوش طراحی شده افزایش یافته و خصوصیات جذب آب و نگهداری آب در میان لایه ها افزایش یافت. این موضوع به راحتی دوخت و پوشش آن کمک کرده است. طبق نتایج حاصله از آزمایش ها این لایه در حالت مرطوب مقاومت بیشتری در برابر پارگی از خود نشان داد. درصد جذب آب افزایش یافته، که زمینه را برای نگهداری و پوشش پا بیشتر می کند در نتیجه سرعت از دست دادن آب یا خشک شدن افزایش یافته و رطوبت را در بین تخلخل لایه ها حفظ کرده و موضع را برای مدت زمان بیشتری در حالت مرطوب محافظت می کند و از نفوذپذیری نمونه تولید شده کاسته شده و آلودگی ها به داخل پاپوش ورود پیدا نمی کنند.

کلمات کلیدی: اسپان لیس پنبه ای، سلولز باکتریایی، پاپوش، رطوبت پا

The Properties of Bacterial Nanocellulosecoated Cotton Spunlace for Foot Investigating Moisture Management

Farzaneh Batani¹, Amin Meftahi^{1*} Mohammad Davoudabadi Farahani^{2,3}

¹Department of Fashion Design and Textile, Islamic Azad University Tehran South, Tehran, Iran

²Faculty of Textile Engineering, Yazd University, Yazd, Iran

³Faculty of Textile Engineering, Amirkabir University of Technology, Tehran, Iran

Amin.meftahi@iau.ac.ir

Abstract

The aim of this study is to design a textile using bacterial cellulose in a culture medium designed for a shoe cover with the aim of creating moisture and suitable conditions for the foot and, in a specific aspect, creating suitable conditions for wound dressings. In this research, with the aim of forming a shoe cover in the size of the determined pattern, spandex was used in the culture medium to culture bacterial cellulose on this layer. The layers were interlocked and produced in the specified dimensions. In this case, the flexibility of the designed shoe cover increased and the water absorption and water retention properties between the layers increased. This helped in its ease of sewing and covering. According to the results of the tests, this layer showed greater resistance to tearing in the wet state. The percentage of water absorption increased, which increases the basis for maintaining and covering the foot, as a result, the speed of water loss or drying increased and moisture was maintained between the porosity of the layers and protected the site for a longer period of time in the wet state, and the permeability of the produced sample was reduced and contaminants did not enter the shoe cover.

Keywords: cotton spunlace, bacterial cellulose, foot moisture, footwear

۱- مقدمه

بشر در دنیای امروز با بیماری های مختلف پوستی پا مانند خشکی، ترک و قارچ پا و همچنین گستره ی وسیعی از زخم ها مانند زخم های دیابتیک مواجه است و به دنبال راهکاری برای تولید یک منسوج مناسب با خاصیت درمانی است که ضمن دارا بودن خواص متناسب با زخم برای حفظ رطوبت پا دارای قیمت مناسب بوده و موجب کمترین آلودگی زیست محیطی نیز باشد [۱]. در صورت عدم مدیریت این بیماری ها با انتقال عفونت به خون یا لنف، بیمار شاهد ترشحات چرکی، بدبو و درد و التهاب در محل زخم خواهد بود و در صورت عفونت، زندگی بیمار تهدید شده و یا منجر به قطع عضو می گردد [۲]. از جمله مشکلاتی که این گروه از بیماران با آن رو به رو هستند، نیاز به تعویض روزانه پانسمان و جلوگیری از خشکی محل زخم و اختلال در سرعت روند بهبود آن است [۳]. با توجه به این مهم، پانسمان های مرسوم اکثراً باعث خشک شدن زخم، چسبیدن به آن و ایجاد حساسیت در برخی افراد می شوند و بر همین اساس تحقیقات زیادی برای تولید زخم پوش های مدرن با قابلیت جذب آب بالا، عدم حساسیت زایی، ممانعت از نفوذ باکتری های عفونی از محیط به پوست پا، سازگار با محیط زیست و قیمت مناسب انجام شده است [۱-۴ و ۵]. به علاوه زخم های دیابتیک دوره درمان طولانی داشته و عموماً با عفونت و خشکی شدیدی مواجه هستند که موجب آزردهی بیمار می گردد و مدیریت رطوبت در سطح پوست یکی از

مهمترین اصول درمان این زخم ها به شمار می رود [۶]. به همین منظور توجه به بیوپلیمرها به منظور مدیریت رطوبت سطح پوست و همچنین کاهش زمان درمان در سال های اخیر از اهمیت ویژه ای برخوردار شده است. بیوپلیمرهایی همچون کیتوسان، نشاسته، کلاژن و ژلاتین به منظور تولید انواع پانسمان و زخم پوش مورد توجه محققان قرار گرفته اند [۷ و ۸]. در این میان هیدروژل سلولز باکتریایی که حاوی شبکه سه بعدی نانو الیاف سلولزی و مقدار زیادی آب است، یکی از مواد مورد توجه در تولید این نوع زخم پوش ها است اما بازده کم تولید نانوسلولز باکتریایی محققان را برای یافتن روش های مختلف برای بکارگیری آن ترغیب نمود [۹]. سلولز باکتریایی توسط برخی از سویه های مختلفی چون استوباکتر و گلوکونوباکتر سنتز می شود و از لحاظ ساختاری با سلولز گیاهی شباهت بسیار زیادی دارد و منجر به بکارگیری آن به عنوان یک ماده استراتژیک در تولیدات پزشکی و صنعتی شود [۱۰]. پلیکل سلولز باکتریایی دارای ساختار سه بعدی متخلخل سرشار از آب است که توسط شبکه پیچیده ای از نانو الیاف به شکل یک هیدروژل در سطح محیط کشت ایجاد می شود و به خاطر خواص منحصر بفردی چون سازگاری بالا، زیست تخریب پذیری، استحکام مکانیکی بالا، انعطاف پذیری، عدم سمیت و التهاب زایی، شکل پذیری و دوست دار محیط زیست بودن از آن برای تولید پانسمان انواع زخم، پوست مصنوعی، قرنیه، رگ، داربست بافت و فیلترهای پزشکی استفاده گردد [۱۱-۱۴].

در این پژوهش از پارچه اسپان لیس (۱۰۰٪ پنبه) به وزن ۸۰ گرم بر متر مربع استفاده شد. همچنین مواد شیمیایی مورد استفاده در این تحقیق از شرکت سیگما الدریج تهیه گردید.

۲-۲- سنتز سلولز باکتریایی

لایه های سلولز باکتریایی در محیط کشت شارم-هیستری^۱ سنتز شدند. محیط کشت شامل گلوکز^۲ ۲ گرم در یک لیتر، پپتون^۳ ۰/۵ گرم در یک لیتر، عصارهی مخمر^۴ ۰/۵ گرم در یک لیتر، سدیم دی فسفات خشک^۵ ۰/۲۷ گرم در یک لیتر، اسید سیتریک^۶ ۰/۱۱۵ گرم در یک لیتر و یک لیتر آب است که پس از ترکیب این نسبت ها در یک بشر آن ها را در آب حل کرده و روی و امر گذاشته تا آب به جوش آید و در ضمن با یک فویل روی ظرف را بسته که مانع ورود آلودگی ها به داخل ظرف شود. پس از آنکه بجوش آمد پس از ۱۰ دقیقه شعله را خاموش کرده و در همان شرایط زمان داده تا محلول به دمای ۴۰ درجه رسیده و سپس ۲۵۰ سی سی از باکتری زایلینوم و مایهی تلقیح در زیر هود به محلول اضافه و ۵۰ سی سی الکل خالص نیز به آن اضافه شده است. در این مرحله یک ظرف پلاستیکی را کاملا شسته و ضدعفونی کرده و سپس محلول را به داخل آن منتقل کرده و درب آن

غشاء سلولز باکتریایی درمافیل نیز یک محصول تجاری مناسب برای درمان زخم های مزمن مانند زخم های دیابتیک است و با قابلیت جذب مایعات و مدیریت رطوبت در سطح زخم قادر است مدت زمان درمان زخم را کاهش دهد [۱۵]. همچنین نانوکامپوزیت های مختلف سلولز باکتریایی با سایر مواد درمانی مانند هیدروکسی آپاتیت، عسل، کیتوسان، ژلاتین و نشاسته زمینه تولید انواع پانسمان زیست سازگار با قابلیت جذب آب و مرطوب نگهداشتن بستر زخم های مزمن را فراهم آورده است [۱۶]. در پژوهشی با استفاده از ترکیب کلاژن و سلولز باکتریایی اقدام به تولید پانسمان مناسب برای درمان زخم های دیابتیک پا شد [۱۷]. پیکولوتو و همکارانش نیز با استفاده از سلولز باکتریایی و موم قرمز کامپوزیتی برای درمان زخم دیابتیک ارایه نمودند که منجر به کاهش التهاب و مدت زمان درمان زخم شد [۱۸].

در این پژوهش با استفاده از پوشش دهی سطح پارچه اسپان لیس با سلولز باکتریایی و لمینیت این هیدروژل [۱۹] روی سطح پارچه اسپان لیس، اقدام به تولید پارچه دولایه زیست تخریب پذیر با قابلیت جذب مایعات و مدیریت رطوبت شد سپس پاپوش تولید گردید و خواص فیزیکی، شیمیایی و مکانیکی آن مورد ارزیابی قرار گرفت.

۲- مواد و روش تولید

۲-۱- مواد

¹ HS

² D-GLUCOSE

³ PEPTON

⁴ YEAST EXTRACT

⁵ disodium phosphate

⁶ Citric Acid

نهایت نمونه‌ها با آب مقطر شستشو شدند تا به pH خنثی برسند [۴].

۲-۴- آماده سازی پاپوش

به منظور تولید پاپوش در ابتدا لایه سلولز باکتریایی بر روی پارچه اسپان لیس قرار داده شد. سپس بر اساس الگوی طراحی شده بریده و در دمای محیط خشک شد. در نهایت دوخت در محل‌های مورد نظر جهت تکمیل پاپوش صورت گرفت (شکل ۱).



شکل ۱. الف) پارچه لایه های سلولز باکتریایی، ب) پارچه اسپان لیس، ج) پاپوش لمینیت شده

روش پراش اشعه ایکس (XRD) مدل ۳۰۰۳ PTS شرکت SEIFERT کشور آلمان مورد مطالعه قرار گرفت. ساختار نانو الیاف سلولزی و مورفولوژی سطح لایه سلولز باکتریایی با بهره گیری از میکروسکوپ (SEM) مدل XL30 شرکت Philips کشور هلند مورد بررسی قرار گرفت.

۳-۲- تعیین خواص ترشوندگی

کاملاً بسته میشود و در انکوباتور در دمای ۳۷ درجه‌ی سانتی گراد به مدت ۱۰-۲۰ روز به صورت ساکن قرار میگیرد تا ورقه های سلولز باکتریایی شکل گیرد. [۲۰].

۳-۲- روش تخلیص

تخلیص لایه های سلولز باکتریایی پلیکل های برداشت شده از محیط کشت با استفاده از هیدروکسید سدیم ۰/۱ نرمال به مدت ۹۰ دقیقه در دمای جوش انجام شد. به علاوه برای خنثی سازی لایه ها از اسید استیک استفاده گردید و در

۳- مشخصه یابی

۳-۱- مشخصه یابی سلولز باکتریایی

در این تحقیق به منظور بررسی ساختار شیمیایی نمونه سلولز باکتریایی از طیف‌سنجی تبدیل فوریه فروسرخ (FTIR) با دقت 1-cm^{-1} و ۴ و ۱۶ بار اسکن استفاده گردید. همچنین ساختار کریستالی سلولز باکتریایی با استفاده از

² X-ray crystallography

³ Scanning electron microscope

¹ Fourier transform infrared spectroscopy

۱-۲-۳- جذب آب

ظرفیت جذب آب نمونه ها بر طبق استاندارد^۱ BS 3449 انجام شد. بر همین اساس در ابتدا نمونه ها در شرایط استاندارد محیطی (دمای 21 ± 2 درجه سانتی گراد و رطوبت نسبی ۶۵٪) به مدت ۲۴ ساعت قرار داده شدند و سپس وزن خشک با ترازو به دقت ۰/۰۰۱ تعیین گردید، سپس نمونه ها به مدت یک دقیقه درون بشر حاوی آب مقطر غوطه ور شدند و پس از حذف قطرات آب اضافی از طریق تکان دادن نمونه ها، وزن تر مشخص و با استفاده از فرمول ۱ درصد جذب آب آنها (W) مشخص شد.

$$W = (M2 - M1) / M1 \times 100 \quad (1)$$

M1: وزن نمونه در شرایط استاندارد

M2: وزن نمونه مرطوب

۲-۲-۳- آزمون سرعت جذب قطره آب

آب دوستی نمونه ها با اندازه گیری زمان لازم برای پخش شدن قطرات آب روی سطوح نمونه ها مورد بررسی قرار گرفت. به این منظور، آب از فاصله ۱ سانتی متری به آرامی بر روی سطح نمونه ها توسط قطره چکان ریخته شد. میانگین زمان جذب کامل قطره آب با ۵ بار تکرار اندازه گیری و ثبت شد [۲۰].

۳-۲-۳- آزمون زمان غرق شدن

در آزمون زمان غرق شدن نمونه ها به آرامی روی سطح آب رها شدند و زمان سپری شده تا غرق شدن نمونه و فرو رفتن

آن به داخل ظرف ثبت شد. برای اطمینان از نتایج آزمون با ۵ بار تکرار انجام گردید و میانگین زمان ثبت شد [۱۹].

۴-۳- سختی خمش

تست خمش شرلی برای محاسبه سختی خمشی و میزان انعطاف پذیری بکار گرفته شد. برای بدست آوردن طول خمشی به یک نمونه منسوج با ابعاد 1×6 اینچ نیاز است که روی یک سکو و زیر یک خطکش قرار می گیرد. با حرکت دادن خطکش به جلو، پارچه به جلو رفته تا جایی که پارچه‌ی خم شده با افق زاویه‌ی ۴۱ درجه‌ی سانتی گراد بسازد، در این وضعیت طول نمونه از روی خطکش ثبت می شود و طول خمش با استفاده از فرمول ۲ محاسبه می شود.

$$C = L \times f1(\theta), f1(\theta) = \left[\frac{\cos(0.5\theta)}{8 \tan \theta} \right]^{1/3} \quad (2)$$

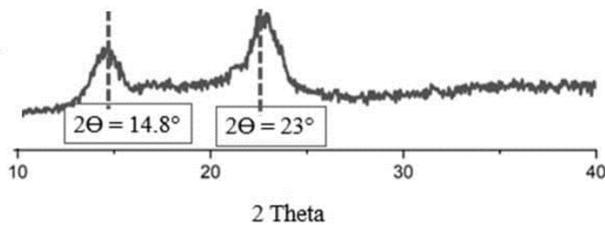
که C طول خمش پارچه بر حسب سانتی متر و L طول نمونه بر حسب سانتی متر و θ زاویه‌ی خمش نسبت به افق می باشد. با توجه به طول خمشی، سختی خمشی آن نیز قابل محاسبه است (فرمول ۳).

$$G = w \times c3 \times 103 \quad (3)$$

لازم به ذکر است w وزن واحد سطح پارچه بر حسب گرم بر سانتی متر مربع و G سختی خمشی بر حسب میلی گرم در سانتی متر است.

۴- بحث و نتایج

¹ Water absorption capacity



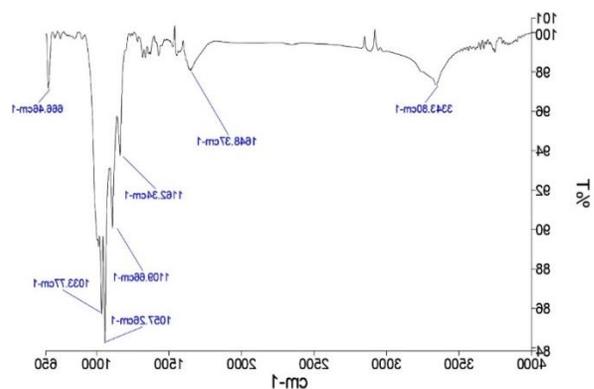
شکل ۳. آنالیز XRD سلولز باکتریایی

۴-۳- میکروسکوپ الکترونی روبشی

شکل ۴ تصویر مورفولوژی سطحی و سطح مقطع لایه سلولز باکتریایی را نشان می دهد. شکل ۴ الف سطح نمونه‌ی خام را نشان می دهد و همان طور که در تصویر مشخص است، وجود باکتری‌های در دام افتاده بین نانو الیاف در تصویر قابل مشاهده است. مورفولوژی نمونه‌ی تخلیص شده پلیکل سلولز باکتریایی در شکل ۴ ب دیده می شود. لایه‌ی تخلیص شده با حذف آلاینده‌ها تخلخل سطح و ساختار نانو الیاف سلولزی کاملاً مشهود است. در لایه تخلیص شده با حذف آلاینده‌ها جذب رطوبت بیشتر شده و همانطور باعث شفافیت لایه می شود زیرا از حالت آمورف به سمت حالت کریستالی نزدیکتر شده است. به علاوه با توجه به وجود نانو حفره‌ها در سطح امکان عبور باکتری‌ها و سایر مواد آلاینده از لایه سلولز باکتریایی سلب شده و لایه نقش خود را به عنوان یک مانع جدی در نفوذ آلاینده‌های محیطی به سطح پوست ایفا می نماید [۲۴]. تصویر ۴ ج نیز سطح مقطع حاصل از برش لایه نانو سلولز میکروبی را نشان می دهد. در این تصویر تشکیل لایه به لایه پلیکل‌های سلولزی در محیط کشت به نمایش داده شده است. این مهم منجر به ایجاد تخلخل در کل لایه

۴-۱- طیف سنجی مادون قرمز

به منظور بررسی ساختار شیمیایی لایه سلولز میکروبی تخلیص شده از روش طیف سنجی مادون قرمز سطحی استفاده شد. شکل ۲ طیف نمونه سلولز باکتریایی را نشان می دهد. پیک $3400-3300 \text{ cm}^{-1}$ مربوط به گروه‌های هیدروکسیل (OH)، پیک $1420-1450 \text{ cm}^{-1}$ مربوط به گروه عاملی CH_2 ، پیک $1100-1200 \text{ cm}^{-1}$ برای پیوند اتر و پی 1057 cm^{-1} حلقه سیکلوهگزان زنجیره‌های سلولزی را نشان می دهد [۲۱-۲ و ۲۲].



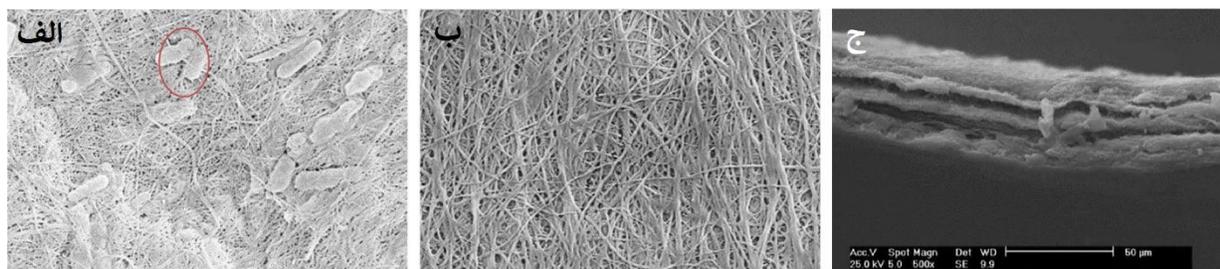
شکل ۲. طیف‌سنجی مادون قرمز لایه سلولز باکتریایی

۴-۲- پراش اشعه‌ی پرتو ایکس

شکل ۳ به تفسیر پراش اشعه‌ی پرتو ایکس بر نمونه سلولز باکتریایی پرداخته است. پیک‌های پراش (θ) در $14/8^\circ$ و 23° درجه مربوط به ساختار سلولز است. این پیک‌ها به صفحات 001 ، 010 و 110 از سلولز α I نسبت داده می شوند [۲۳].

و قابلیت جذب بیشتر مایعات و همچنین تاخیر در خشک

شدن سریه لایه مرطوب می گردد [۲۰].

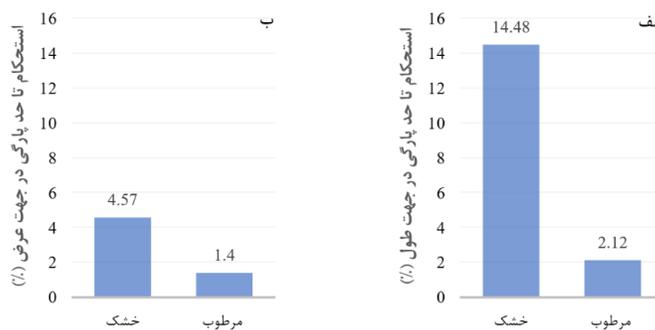


شکل ۴. مورفولوژی الف) سطح نمونه‌ی خام، ب) نمونه تخلیص شده، ج) سطح مقطع

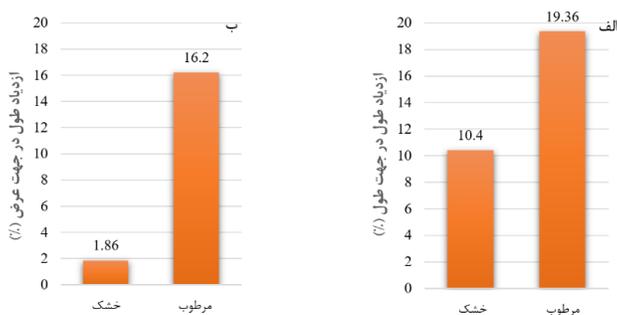
۴-۴- استحکام لایه‌ی سلولز باکتریایی

آمده، استحکام لایه‌های سلولزی در جهت طول حدود ۲۱۷ درصد بیشتر از جهت عرض بوده و علاوه بر آن، لایه‌ها در حالت خشک نیز استحکام بیشتری را در دو جهت طول و عرض از خود نشان دادند.

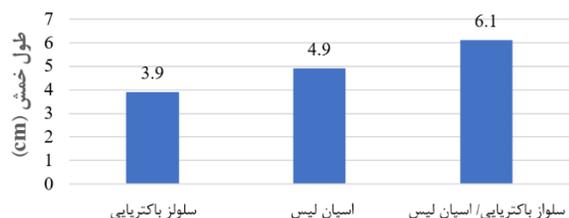
شکل‌های ۵ و ۶ نتایج تست استحکام تا حد پارگی لایه سلولز باکتریایی را در دو جهت طول و عرض و در حالت خشک و مرطوب نشان داده است که طبق نتایج بدست



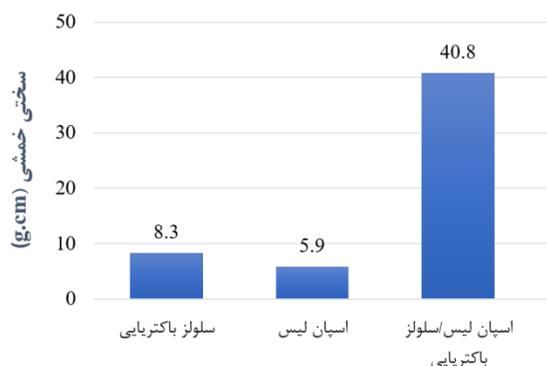
شکل ۵. استحکام تا حد پارگی سلولز باکتریایی به صورت خشک و مرطوب در جهت الف) طول، ب) عرض



شکل ۶. درصد ازدیاد طول تا حد پارگی سلولز باکتریایی به صورت خشک و مرطوب در جهت الف) طول، ب) عرض



شکل ۷. آزمون طول خمش



شکل ۸. آزمون سختی خمش

۴-۶- درصد جذب آب

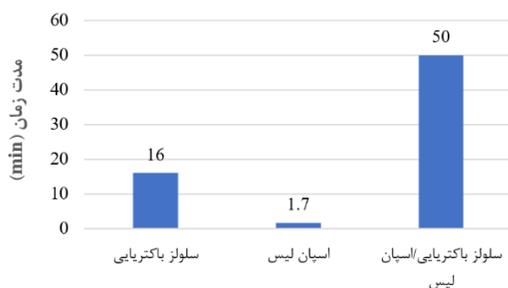
بر اساس نتایج بدست آمده (شکل ۹) کمترین مقدار جذب آب به لایه سلولز باکتریایی اختصاص دارد و علت آن تخریب ساختار شبکه‌ی سه بعدی آن است که پس از خشک شدن منجر به فروپاشی ساختار متخلخل درون لایه شده و باعث کاهش جذب آب می‌گردد [۲۵]. از سوی دیگر پارچه اسپان لیس پنبه نیز به علت خروج مواد زاید و چربی از سطح الیاف پنبه در فرآیند اتصال مکانیکی الیاف در جت آب و همچنین ساختار متخلخل پارچه قادر است تا حجم قابل توجهی آب را به صورت فیزیکی و شیمیایی در خود محبوس نماید [۲۶]. نکته قابل توجه در نمونه‌ی لمینیت

همچنین نتایج آزمون درصد ازدیاد طول نشان داد که نمونه های سلولز باکتریایی مرطوب در جهت‌های طولی (حدود ۸۶ درصد) و عرضی (حدود ۷۷۰ درصد) درصد ازدیاد طول بیشتری را نسبت به نمونه‌های خشک داشتند. لازم به ذکر است تشکیل پیوندهای هیدروژنی بین زنجیره‌های سلولزی را می‌توان دلیل اصلی این اتفاق دانست. همچنین جذب رطوبت سبب تورم الیاف و کاهش منافذ در لایه های سلولزی شده و همین موضوع توان لایه را در دو جهت طول و عرض برای تحمل تنش وارده و افزایش قوام لایه بهبود می‌بخشد.

۴-۵- تست های خمشی

در شکل های ۷ و ۸ به ترتیب نتایج آزمون طول خمش و سختی خمش نمونه ها بیان شده است. از نتایج بدست آمده مشخص گردید که پارچه پوشش داده شده با سلولز باکتریایی انعطاف کمتری از خود نشان داده است. در واقع می‌توان بخشی از کاهش انعطاف پذیری پارچه پوشش داده شده را به افزایش ضخامت آن نسبت داد و علاوه بر آن چسبندگی زیاد لایه سلولز باکتریایی به پارچه اسپان لیس نیز باعث می‌شود تا پارچه نهایی در طول خمش بیشتری تحت تاثیر وزن خود قرار گرفته و خم شود. بر همین اساس میزان سختی خمش محاسبه شده نیز تحت تاثیر مقدار طول خمش قرار گرفته و لایه پوشش داده شده نسبت به سلولز باکتریایی حدود ۱۰ برابر افزایش داشته است.

سلولز باکتریایی تخلیص شده نیز از ماهیت آبدوستی زیادی برخوردار است و قادر است قطرات آب را به کمک ساختار نانو الیافی خود جذب نماید اما از تخلخل سطحی کمتری نسبت به لایه اسپان لیس برخوردار بوده و آشفستگی سطحی آن را ندارد و با گذشته زمان رفته رفته قطره آب در ساختار نفوذ نموده و جذب می شود. همچنین پارچه لمینیت شده، به علت کاهش انعطاف پذیری به واسطه پوشش دهی توسط سلولز باکتریایی و همچنین کاهش تخلخل پارچه اسپان لیس، مدت زمان بیشتری جهت جذب قطره آب نیاز دارد. این بدان معنا است که پارچه پوشش داده شده قادر است رفته رفته مایعات سطح پوست را جذب نموده و در خود نگهدارد و از این طریق به مدیریت رطوبت سطح پوست بپردازد.

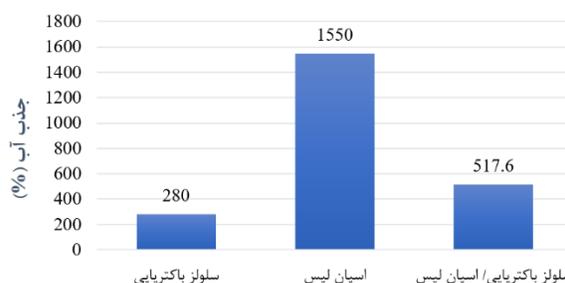


شکل ۱۰. مدت زمان جذب قطره آب

۴-۸- سرعت خشک شدن

سرعت خشک شدن منسوجات در مصارف بیوپزشکی از اهمیت بسیار بالایی برخوردار است. در واقع برای بسیاری از مصارف مانند پانسمان‌ها و ماسک‌های صورت، قابلیت منسوج در نگهداری آب و خشک شدن تدریجی آن این

شده است که به دلیل کاهش تخلخل پارچه اسپان لیس در طی فرآیند پوشش دهی، میزان جذب آب نسبت به پارچه تکمیل نشده کاهش چشمگیری (حدود ۳ برابر) را نشان می دهد.



شکل ۹. درصد جذب آب اجزای پاپوش

۴-۷- سرعت جذب قطره آب

شکل ۱۰ مدت زمان لازم جهت جذب کامل یک قطره آب توسط لایه، بروی لایه ی پاپوش پنبه‌ای به تنهایی، سلولز باکتریایی و همچنین پاپوش لمینیت شده نشان داده شده است. در این تست یک قطره آب در نقاط مختلف لایه انداخته شده و مدت زمان لازم جهت نفوذ کامل قطره آب به داخل منسوج، ثبت شده است [۲۷].

بر اساس نتایج بدست آمده کمترین زمان لازم به پارچه اسپان لیس پنبه ای تعلق دارد و علت آن به ساختار متخلخل لایه و قابلیت جذب بسیار زیاد الیاف پنبه سفیدگری شده باز می گردد که با استفاده از نفوذ در قطره آب و ایجاد حالت مویینگی در لیف قطرات آب به سرعت در ساختار منسوج نفوذ نموده و محو می شوند. از سوی دیگر

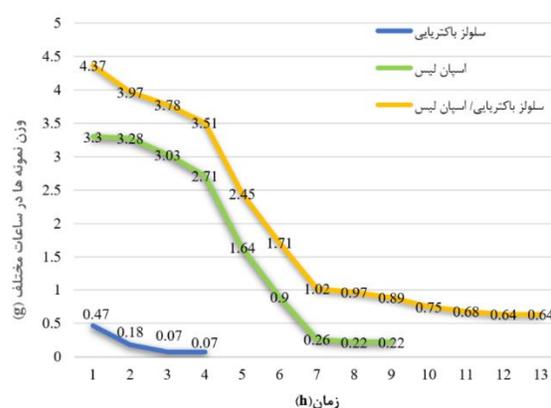
تلاش شد تا با پوشش دهی پارچه اسپان لیس پنبه ای به عنوان یک منسوج راهبردی در پانسمان و البسه بیمارستانی با سلولز باکتریایی به عنوان یک بیوپلیمر مهم در درمان زخم، منسوج مناسب جهت استفاده در پاپوش تولید گردد و خصوصیات آن بررسی شود. از نتایج بدست آمده مشخص شد که سلولز باکتریایی دارای ساختار نانو الیافی با ظرافت کمتر از ۱۰۰ نانو متر بوده و از استحکام لازم برای استفاده در پاپوش برخوردار است. همچنین لمینیت کردن منجر به افزایش طول خمش و سختی خمش پارچه اسپان لیس/ سلولز باکتریایی شد. به علاوه در اثر پوشش دهی میزان آبدوستی اسپان لیس پنبه ای کاهش یافت اما ظرفیت نگهداری آب در پارچه پوشش داده شده نسبت به دو نمونه سلولز باکتریایی و اسپان لیس تکمیل نشده افزایش چشمگیری داشت. بر همین اساس با توجه به نتایج بدست آمده می توان از پارچه اسپان لیس/ سلولز باکتریایی به عنوان پاپوش مناسب جهت مدیریت رطوبت پا استفاده نمود.

۶- پیشنهاد

در مورد پانسمان برای بهبود زخم، سوختگی و ماسک های بهداشتی برای پوست های حساس از خصوصیات منحصر بفرد این نانو مواد بهره گرفت .

می توان از داروهای گیاهی با خواص مناسب برای بهبود زخم و خشکی پا در کشت سلولز باکتریایی بهره گرفت، زیرا

امکان را فراهم می نماید تا پوست مدت زمان بیشتری در معرض رطوبت قرار داشته باشد [۲۸]. از این رو با توجه به نتایج بدست آمده از شکل ۱۱ می توان بیان داشت که علی رغم درصد بیشتر جذب آب در اسپان لیس و حبس میزان بیشتری از آب در ساختار خود، سرعت خشک شدن پارچه لمینیت شده حدود ۱/۶ برابر بیشتر از پارچه اسپان لیس است. همچنین لایه سلولز باکتریایی نیز به علت جذب کمتر آب و همچنین سطح مخصوص بیشتر، سرعت خشک شدن بیشتری را نسبت به دو نمونه دیگر از خود نشان داد.



شکل ۱۱. سرعت خشک شدن لایه های مختلف بر حسب مدت زمان

خشک شدن

۵- نتیجه گیری

مدیریت رطوبت در پا یکی از مهمترین لازمه های حفظ بهداشت و سلامت پوست پا است. به علاوه در صورت وجود جراحت و یا زخم های مزمن این موضوع اهمیت دو چندان یافته و مرطوب ماندن محل زخم و بستر آن منجر به کاهش مدت زمان درمان می گردد. از همین رو در این پژوهش

مانند غسل را به موضع دارا می باشد.

سلولز باکتریایی توانایی نگهداری و تحویل اثر داروهای

۶- منابع

- Zmejkoski, D., Spasojević, D., Orlovska, I., Kozyrovska, N., Soković, M., Glamočlija, J., Dmitrović, S., Matović, B., Tasić, N., Maksimović, V.: Bacterial cellulose-lignin composite hydrogel as a promising agent in chronic wound healing. *Int. J. Biol. Macromol.* 118, 494–503 (2018)
- Abbasi Geravand, S., Khajavi, R., Rahimi, M.K., Shamsini Ghiyasvand, M., Meftahi, A.: Investigation on cross-linked nanomicrobial cellulose properties as modern wound dressing. *Med. Sci. J. Islam. Azad Univesity-Tehran Med. Branch.* 32, 11–20 (2022)
- Hilton, J.R., Williams, D.T., Beuker, B., Miller, D.R., Harding, K.G.: Wound dressings in diabetic foot disease. *Clin. Infect. Dis.* 39, S100–S103 (2004)
- Pasaribu, K.M., Gea, S., Ilyas, S., Tamrin, T., Radecka, I.: Characterization of bacterial cellulose-based wound dressing in different order impregnation of chitosan and collagen. *Biomolecules.* 10, 1511 (2020)
- Mohamad, N., Loh, E.Y.X., Fauzi, M.B., Ng, M.H., Mohd Amin, M.C.I.: In vivo evaluation of bacterial cellulose/acrylic acid wound dressing hydrogel containing keratinocytes and fibroblasts for burn wounds. *Drug Deliv. Transl. Res.* 9, 444–452 (2019)
- Moradpoor, H., Mohammadi, H., Safaei, M., Mozaffari, H.R., Sharifi, R., Gorji, P., Sulong, A.B., Muhamad, N., Ebadi, M.: Recent Advances on Bacterial Cellulose-Based Wound Management: Promises and Challenges. *Int. J. Polym. Sci.* 2022, 1214734 (2022). <https://doi.org/10.1155/2022/1214734>
- Naghshineh, N., Tahvildari, K., Nozari, M.: Preparation of chitosan, sodium alginate, gelatin and collagen biodegradable sponge composites and their application in wound healing and curcumin delivery. *J. Polym. Environ.* 27, 2819–2830 (2019)
- Mbese, Z., Alven, S., Aderibigbe, B.A.: Collagen-based nanofibers for skin regeneration and wound dressing applications. *Polymers (Basel).* 13, 4368 (2021)
- Orlando, I., Basnett, P., Nigmatullin, R., Wang, W., Knowles, J.C., Roy, I.: Chemical modification of bacterial cellulose for the development of an antibacterial wound dressing. *Front. Bioeng. Biotechnol.* 8, 557885 (2020)
- Picheth, G.F., Pirich, C.L., Sierakowski, M.R., Woehl, M.A., Sakakibara, C.N., de Souza, C.F., Martin, A.A., da Silva, R., de Freitas, R.A.: Bacterial cellulose in biomedical applications: A review. *Int. J. Biol. Macromol.* 104, 97–106 (2017)
- Samyn, P., Meftahi, A., Geravand, S.A., Heravi, M.E.M., Najarzadeh, H., Sabery, M.S.K., Barhoum, A.: Opportunities for bacterial nanocellulose in biomedical applications: Review on biosynthesis, modification and challenges. *Int. J. Biol. Macromol.* 123316 (2023)
- Gorgieva, S., Trček, J.: Bacterial cellulose: Production, modification and perspectives in biomedical applications. *Nanomaterials.* 9, 1352 (2019)
- Ul-Islam, S., Yasir, S., Fatima, A., Ahmed, M.W., Lee, Y.S., Manan, S., Wajid Ullah, M.: Potential applications of bacterial cellulose in environmental and pharmaceutical sectors. *Curr. Pharm. Des.* 26, 5793–5806 (2020)
- Adib Eshgh, N., Rashidi, A., Meftahi, A.: Evaluation on cross-linked nano microbial cellulose properties as bone scaffold. *Appl. Nanomater. Smart Polym.* 1, 19–28 (2023)
- Solway, D.R., Clark, W.A., Levinson, D.J.: A parallel open-label trial to evaluate microbial cellulose wound dressing in the treatment of diabetic foot ulcers. *Int. Wound J.* 8, 69–73 (2011)
- De Amorim, J.D., da Silva Junior, C.J., de Medeiros, A.D., do Nascimento, H.A., Sarubbo, M., de Medeiros, T.P., Costa, A.F., Sarubbo, L.A.: Bacterial Cellulose as a Versatile Biomaterial for Wound Dressing Application, (2022)
- Naomi, R., Fauzi, M.B.: Cellulose/Collagen Dressings for Diabetic Foot Ulcer: A Review, (2020)
- He, W., Wu, J., Xu, J., Mosselhy, D.A., Zheng, Y., Yang, S.: Bacterial Cellulose: Functional Modification and Wound Healing Applications. *Adv. wound care.* 10, 623–640 (2021). <https://doi.org/10.1089/wound.2020.1219>
- Meftahi, A., Khajavi, R., Rashidi, A., Sattari, M., Yazdanshenas, M.E., Torabi, M.: The effects of cotton gauze coating with microbial cellulose. *Cellulose.* 17, 199–204 (2010)

20. Meftahi, A., Shahriari, H.R., Khajavi, R., Rahimi, M.K., Sharifian, A.: Investigation on nano microbial cellulose/honey composite for medical application. *Mater. Res. Express.* 7, 85003 (2020)
21. Fuller, M.E., Andaya, C., McClay, K.: Evaluation of ATR-FTIR for analysis of bacterial cellulose impurities. *J. Microbiol. Methods.* 144, 145–151 (2018)
22. Vazquez, A., Foresti, M.L., Cerrutti, P., Galvagno, M.: Bacterial cellulose from simple and low cost production media by *Gluconacetobacter xylinus*. *J. Polym. Environ.* 21, 545–554 (2013)
23. Andritsou, V., De Melo, E.M., Tsouko, E., Ladakis, D., Maragkoudaki, S., Koutinas, A.A., Matharu, A.S.: Synthesis and characterization of bacterial cellulose from citrus-based sustainable resources. *ACS omega.* 3, 10365–10373 (2018)
24. Gorgieva, S.: Bacterial cellulose as a versatile platform for research and development of biomedical materials. *Processes.* 8, 624 (2020)
25. Meftahi, A., Sadat Kashef Sabery, M., Alibakhshi, S.: Modification of Bacterial Cellulose Rehydration via Cross-linking with Succinic Acid. *Appl. Nanomater. Smart Polym.* 1, 38–45 (2023)
26. Begum, H.A., Tanni, T.R., Shahid, M.A.: Analysis of water absorption of different natural fibers. *J. Text. Sci. Technol.* 7, 152–160 (2021)
27. Meftahi, A., Momeni Heravi, M.E., Barhoum, A., Samyn, P., Najarzadeh, H., Alibakhshi, S.: Cellulose nanofibers: synthesis, unique properties, and emerging applications. *Handb. Nanocelluloses Classif. Prop. Fabr. Emerg. Appl.* 233–262 (2022)
28. Nuutila, K., Eriksson, E.: Moist wound healing with commonly available dressings. *Adv. wound care.* 10, 685–698 (2021)