تکمیل ضد باکتریایی پارچه کول‌مکس به عنوان لایه پایه‌ای منسوجات ورزشی و بررسی برخی از خصوصیات فیزیکی آن

علی اشجاران* و ساغر نیکورای

دانشکده مهندسی نساجی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد یادگار امام خمینی(ره)- شهرری- تهران- ایران- ۱۳۱۹۶۹۴۴۴۴

a.ashjaran@gmail.com

تارخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۳/۱۵ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۰۵/۲۷ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۵/۲۷

چکیده

درسال های اخیر تولید منسوجات ورزشی که ضد تعریق و ضد باکتریایی باشند، به عنوان پوشاک خاص ورزشی، لباس زیر، جوراب، و کفش ورزشی مورد توجه ویژه قرار گرفته‌اند. در این میان استفاده از فرآیندهای تکمیلی و به کارگیری نانو مواد به عنوان راهکارهای مناسب برای حصول به این اهدف در نظر گرفته شده‌اند. در این پژوهش از پارچه کول‌مکس با کارایی فراتر از پارچه‌های طبیعی به عنوان بستر اصلی البسه ورزشی استفاده شده است. علی رغم خواص مطلوب این پارچه، مشکل تجمع میکروبی و جذب عرق آن مشابه پارچه های طبیعی بعنوان یک چالش مطرح است، که در این کار تحقیقی تلاش شده برای رفع این مشکل از مواد موثر سیکلودکسترین و نانو ذرات نقره بعنوان مواد ضد باکتریایی و ضد عرق استفاده، و اثراتشان برروی پارچه کول‌مکس مورد تجزیه تحلیل و آنالیز قرار گیرند. در ابتدا، برای اصلاح خواص سطحی پارچه، تکمیل‌های سولفوناسیون و مرسریزاسیون انجام پذیرفت، و سپس پارچه‌ها با استفاده از سیکلودکسترین و نانو ذرات نقره به روش غوطه وری تکمیل شدند، تا خاصیت ضد باکتریایی و ضد عرق آن‌ها بررسی شود. برای این منظور از آزمایشات مربوط به میکروسکوپ الکترونی روبشی، آزمایش‌های ضد عرق بدن و ضد باکتریایی استفاده شد، و سپس خصوصیات فیزیکی منسوج شامل آزمایش خمش پارچه، بازگشت از چروک، و اثر لکه‌گذاری، که جزء خواص مهم برروی البسه ورزشی است، مورد بررسی قرار گرفت. نتایج بدست آمده حاکی از آن بود که تکمیل‌های صورت گرفته روی کالاها تأثیر نامطلوبی برخواص فیزیکی پارچه نداشته، ولی باعث بهبود خواص ضد عرق و ضد باکتریایی شده‌اند.

کلمات کلیدی: منسوجات ورزشی، پارچه کول‌مکس، نانو ذرات نقره، سیکلودکسترین، تکمیل ضد میکروبی

Antibacterial Finishing of Coolmax Fabric as the Primry Layer in Sportswear and Evluation of its Physical Properties

Ali Ashjarian*, Sagar Nikoray

Textile Depatment of Yadergar-e-Imam Khomeini (RAH) Shahre Rey Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran, ۱۳۱۹۶۹۴۴۴۴

a.ashjaran@gmail.com

Abstract:

Recently, manufacturing of antiperspirant and antibacterial sports textiles has been considered important for special sportswear, underwear, socks, and shoes. Meanwhile, the use of supplementation procedures and the application of nanomaterials have been addressed as a suitable approach to meet this goal. In this study, Coolmax fabric has been used as the primry material for sportswear, due to its superior performance compared to natural fabrics. Despite its favorable properties, Coolmax fabric induces challenges for us due to its similarity to natural fabrics in terms of antimicrobial and antiperspirant properties. The researchers of the study have attempted to solve this problem using the effective substance of cyclodextrin and silver nanoparticles as antibacterial and antiperspirants materials on Coolmax fabric and investigate and analyze their impacts further. First, sulfonation and mercerization supplements have been used to modify the fabric's superficial properties. Then, the fabrics have been supplemented through cyclodextrin and silver nanoparticles immersion to investigate their antimicrobial and antiperspirant properties. To this end, scanning electron microscopy (SEM), body's antiperspirants and antibacterial experiments have been done. Physical properties of the product including fabric's bending potential, return from wrinkles and staining impacts which are the important properties of sportswear products have been analyzed accordingly. Results showed that the supplementation procedures did not have any unfavorable impact on fabric's physical properties; however, it is concluded that the improvement of their antibacterial and antiperspirant properties

Keywords: Sport Textiles, Coolmax fabric, Silver nanoparticles, Cyclodextrin, Antimicrobial Finishing

۱- مقدمه

با توجه به رشد و توسعه فعالیت های ورزشی و گرایش مردم به ورزش، اهمیت استفاده از منسوجات ورزشی کارآمد جایگاه ویژه ای در بین مصرف کنندگان و ورزشکاران پیدا کرده است. در این میان صنایع نساجی انگیزه زیادی برای ساخت و تولید منسوجات ورزشی با ویژگی های جدید پیدا نموده است. یکی از مهمترین دغدغه های محققان و صنعتگران فعال در این حوزه تمرکز بر روی تولید منسوجات ورزشی با خواص ضد عرق و ضد میکروبی می باشد. محافظت مصرف کننده منسوج ورزشی در برابر میکروارگانیزم های تولید کننده بو یا بیماری و هم چنین محافظت خود منسوج در برابر آسیب های ایجاد شده به وسیله قارچ ها، کپک ها و میکروارگانیسم های تخریب کننده نیز مورد نظر تولید کنندگان منسوجات ورزشی می باشد. تولید منسوجات ورزشی با ویژگی های ضد میکروبی و ضد بو یکی از چالش های مهم در حوزه است. پارچه های ضد میکروبی عموماً با فرآیندهای مختلف تولید می شوند. برای تولید پارچه های ضد میکروبی روش های متعدد و متنوعی ارایه شده است که عنوان مثال می توان نانو ذرات ضد میکروبی را به رنگزای پارچه اضافه نمود و یا پارچه را در فرآیند رنگرزی یا چاپ عامل دار نمود و همچنین می توان عامل ضد میکروب را به مواد مورد استفاده در فرآیند تکمیل نهایی اضافه کرد [1].

در تحقیق حاضر کولمکس به عنوان لایه پایه ای منسوجات ورزشی استفاده و کارآمد سازی آن با تکمیل های ضد میکروبی انجام شده، مورد ارزیابی قرارگرفته است. کولمکس نوعی پلی استر اصلاح شده می باشد که از آن برای تهیه پوشاک ورزشی نظیر پوشاک اسکی-تریکت-دوچرخه سواری و حوله حمام استفاده می شود (۶۵ درصد پلی استر و ۳۵ درصد پنبه). در این پارچه انتقال رطوبت و خشک شدن به سرعت انجام می شود ولی علی رغم خواص مطلوب آن مشکل خواص ضد میکروبی و ضد بوی آن مشابه پارچه های طبیعی بعنوان یک چالش مطرح می باشد [2].

از آنجایی که تعریق در زمان ورزش با کنترل دمای بدن نقش مهم و اجتناب ناپذیری در سلامت و ایجاد احساس راحتی در انسان ایفا می کند، بنابراین کنترل ناشی از این فعالیت طبیعی بدن باید از روشهای دیگری انجام شود [3]. از طرف دیگر با افزایش شمار افرادی که به بوهای نامطبوع حساسیت دارند، لزوم استفاده از فناوری خوشبوسازی در صنعت نساجی و ورزشی ضروری به نظر می رسد [4].

جلوگیری از ایجاد بوی نامطبوع در منسوجات ورزشی با استفاده از مواد ضد باکتری امکان پذیر است. نانو ذرات نقره از رشد و تکثیر باکتری های ایجاد کننده بوی نامطبوع جلوگیری می‌کنند [6,5]. در این میان نانو موادی نظیر سیکلودکسترین و نانوذرات کربن فعال و نانو ذرات نقره برای به دام انداختن مولکول بو و باکتری های تولید کننده بوی نامطبوع مورد استفاده قرار می‌گیرند. خنثی سازی بوی نامطبوع از طریق ایجاد کمپلکس با سیکلودکسترین و به دام انداختن مولکول بو روند کار این نانو مواد می‌باشد. مشکل عمومی تکمیل‌های ضد میکروبی رایج اثر انتخابی آنها، تغییر زیر دست پارچه، تغییر رنگ منسوج و پایداری

پایین تکمیل شده است، که با کمک فناوری نانو این مشکلات برطرف گردیده است. استفاده از این فناوری در لباس‌های ورزشی قابلیت عملکردی بالایی برای ورزشکاران فراهم کرده و سلامت آنها را ارتقاء می بخشد [7]. زیرا غالبا این لباس ها سبک و در عین حال راحت و ضدضربه هستند و ورزشکار را در برابر سرما، آب و پرتوهای فرابنفش محافظت کرده و از دوام و انعطاف پذیری خوبی برخوردارند[8]. استفاده از پیشرفت‌های تکنولوژیکی نوین خواص و ویژگی های جدیدی را به صنعت ورزشی وارد کرده است [9].

شرکت نقره اکتیو استرالیا با استفاده از فناوری نانو و تکمیل منسوجات با نانو ذرات نقره موفق به تولید محصولات متنوعی نظیر حوله، جوراب، ملحفه، و روبالشی شده است و تولید منسوجاتی نظیر لباس زیر و تیشرت ضد میکروب را در دستور کار خود قرار داده است [10].

شرکت نیولایف، تولید کننده نخ ضد میکروب با ماندگاری خواص در طول زمان مصرف می‌باشد. این شرکت ایتالیایی با اضافه کردن مخلوطی از سرامیک حاوی فسفات زیرکونیوم .یون نقره .حین فرآیند ذوب ریسی، موفق به تولید نخ ضد میکروب و ضد بو با حفظ ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی نخ شده است که رشد میکروارگانیسم های غیربیماری زا را که باعث ایجاد بوی نامطبوع می شوند را مهار می‌کند[11].

سرامیک به کار گرفته شده در این پلیمر از لحاظ ایمنی دارای استاندارد بالایی بوده، که بیانگر عدم ایجاد حساسیت در اثر تماس با پوست و عدم آلودگی در اثر رهایش در محیط زیست می‌باشد. استفاده از این محصول در منسوجاتی نظیر پوشاک (لباس زیر، جوراب، لباس های ورزشی، لباس کار مورد استفاده در صنایع غذایی و پزشکی)، مبلمان و منسوجات خواب (ملحفه، پتو، لحاف)، پرده حمام، حوله و ... پیشنهاد شده است [13,12].

کنترل بو در منسوجات ورزشی موضوع مهمی است. این نوع کنترل می تواند به روش های مختلفی نظیر پوشش بو با مواد معطر، حذف مولکول های بو به محض ایجاد یا با کاربرد تکمیل ضد میکروب حاصل شود. پارچه ها و نخ های E47 تولیدی شرکت های نانوهاریزونز منسوجات ضد میکروبی هستند، که با فناوری نانو تهیه شده اند [15,14]. در تحقیقاتی که توسط دکتر تامپسون در دانشگاه ایالت کارولینای شمالی انجام شد، حضور بیش از هزار ترکیب متفاوت در کفش به اثبات رسید که ناشی از تعرق پا می‌باشد. وجود چنین تنوعی در ترکیبات ناشی از عرق بدن تنها در ناحیه پا، تعداد ترکیبات ناشی از تعرق بدن در کل نواحی بدن و دشواری یافتن ماده‌ای برای جذب تمام این نوع ترکیبات را نشان می‌دهد. به دلیل توانایی کربن فعال در جذب این ترکیبات، این ماده به عنوان جاذب جهانی شهرت یافته است [17,16].

با توجه به بررسی‌های بعمل آمده تاکنون تحقیقاتی برروی خاصیت ضد بو و ضد باکتری کول‌مکس بعنوان پارچه مورد مصرف در البسه ورزشی صورت نگرفته است، لذا در این تحقیق به این موضوع پرداخت شده است. اهداف تحقیق حاضر بر مبنای تکمیل لباس های ورزشی به کمک ماده ضد عرق و ضد باکتریایی سیکلودکسترین و تاثیر نانو ذرات

نقره در تکمیل لباس‌های ورزشی و هم چنین تأثیر تکمیل انجام شده برروی برخی خصوصیات فیزیکی و ضد میکروبی منسوج است. نانو ذرات نقره و سیکلودکسترین برای به دام انداختن مولکول بو و باکتری‌های تولید کننده بوی نامطبوع مورد استفاده قرار گرفته است. خنثی سازی بوی نامطبوع از طریق ایجاد کمپلکس با سیکلودکسترین و به دام انداختن مولکول بو روند کار این نانو مواد است.

۲- تجربیات (مواد و روش‌ها)

۲-۱- مواد

پارچه کول‌مکس که در این تحقیق به عنوان لایه پایه ای منسوجات ورزشی استفاده است، از شرکت هایتکس آلمان تهیه شد. کلیه مواد شیمیایی بکار رفته شامل سود، اسید نیتریک، سولفید سدیم، نانو نقره و سیکلودکسترین محصول شرکت مرک بودند.

۲-۲- پیش تکمیل پارچه ها

۲-۲-۱- مرسریزاسیون

به منظور بهبود خواص فیزیکی و شیمیایی پارچه ها پیش تکمیل مرسریزاسیون بر روی پارچه ها انجام پذیرفت. برای این منظور نمونه های مورد نظر در سود ۲۰ ٪ تکمیل شدند، که درصد مورد نیاز سود ۱۰ بود. مرسریزاسیون با نسبت (L:G) ۵۰:۱ به مدت ۳۰ دقیقه در دمای جوش روی نمونه ها انجام شد،

۲-۲-۲- سولفوناسیون

به منظور بهبود واکنش پذیری پارچه ها پیش تکمیل سولفوناسیون بر روی پارچه ها انجام پذیرفت. برای این منظور نمونه های مورد نظر در سولفیت سدیم ۱۰٪ تکمیل شدند، که درصد مورد نیاز سولفیت سدیم ۵ بود. سولفوناسیون روی نمونه ها با نسبت (L:G) ۵۰:۱ به مدت یک ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتی گراد انجام شد. سپس نمونه‌ها در دمای محیط خشک شدند.

۲-۳- تکمیل پارچه ها

۲-۳-۱- تکمیل با نانو ذرات نقره و سیکلودکسترین

به منظور انجام تکمیل های ضد میکروبی بر روی کول‌مکس، ابتدا پارچه‌ها شسته شدند. سپس نمونه های ۲ گرمی از پارچه کول‌مکس برش داده شد و توسط سیکلودکسترین و نانو نقره با مقادیر متفاوت ۰۱,۰ گرم ۱,۰ گرم و ۱ گرم و با نسبت (L:G) ۵۰:۱ تکمیل شدند. برای تکمیل پارچه‌ها نانو نقره به همراه اسید نیتریک روی هیتر استیرر و در دمای جوش به حجم رسانده شد، سپس نمونه ها با (٪۶۵ اسید نیتریک و ۳۵٪ آب) و به مدت ۳۰ دقیقه در دمای محیط غوطه ور شده و سپس در دمای محیط خشک شدند.

۲-۴- آزمون میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM)

در این آزمایش الکترون به سطح نمونه تابیده و سپس منعکس و تبدیل به فوتون نوری می شود، که منجر به نمایش تصویر مرئی می‌گردد. SEM فقط توانایی نشان دادن ساختار سطحی را دارد و حداکثر ولتاژ مورد استفاده برای شتاب دادن به الکترون ۳۰kv است. در ضمن سطح نمونه هایی که SEM شده‌اند باید دارای رسانای الکتریکی باشند، در غیر این صورت الکترونی که به سطح نمونه تابیده شده، دفع نشده و روی سطح باقیمانده و ایجاد بار ساکن می کند. با نشاندن لایه نازکی از طلا یا کربن، سطح نمونه

رسانا شده و در نتیجه وضوح تصویر بهتر می شود. برای مشاهده ریز ساختارها، نمونه ها در نیتروژن مایع شکسته شده و سپس سطح شکسته با طلا پوشش داده شده، و تصاویر SEM تهیه شدند. در این پروژه از SEM با مدل VEGAII کشور چک در محل آزمایشگاه دانشگاه امیرکبیر استفاده شد. تصاویر تاثیر تکمیل‌های متفاوت برروی لایه سطحی نمونه ها بررسی شد. لازم به ذکر است این تصاویر در بزرگ نمایی های متفاوت تهیه شدند.

۲-۵- آزمایش ضد میکروبی

بررسی اثر میکروبی پارچه‌ها از طریق شیوه محاسبه کاهش رشد میکرو ارگانیزم ها از فرمول (۱) بدست آمد. هاله عدم رشد باکتری نیز مورد ارزیابی قرار گرفت.

$$\%R = \frac{A-B}{A} \times ۱۰۰$$

A تعداد کلنی های نمونه شاهد

B تعداد کلنی های نمونه تکمیل شده

۲-۶- آزمایش خمش

در آزمایش خمش، نمونه‌گیری از محل حداقل ۱۰ سانتی متری حاشیه‌های پارچه انجام شد. برای تعیین مقاومت خمشی پارچه، نمونه‌ها در جهت تار و پود نمونه گیری شدند. پارچه‌های مورد نظر با طول ۲۰ و عرض ۵,۲ سانتی متر برش داده شدند. میانگین اعداد به دست آمده محاسبه، و طول خمش از فرمول $\mathbf{C = \frac{L}{2}}$ بدست آمد. میانگین طول‌ها از فرمول (۲) بدست آمد و سپس سختی خمشی از فرمول (۳) محاسبه شد.

$$\mathbf{L = \frac{L_1 + L_2}{2}}$$

$$\mathbf{G = 10^3 \times W \times C^3}$$

ضخامت نمونه‌ها اندازه گیری شد. نحوه انجام کار به شرح زیر بود، که ضخامت ۳ قسمت از هر نمونه (ابتدا و انتها و میانه) اندازه‌گیری شده و میانگین آنها از فرمول (۴) و سختی خمش از (۵) محاسبه شد.

$$\mathbf{T = \frac{T_1 + T_2 + T_3}{3}}$$

$$\mathbf{\varphi = \frac{12 \times G \times 10^{-6}}{T^3}}$$

۲-۷- آزمایش بازگشت از چروک

برای انجام آزمایش بازگشت از چروک، نمونه‌ها با ابعاد 1cm ×4cm برش داده شدند. نمونه ها را تا زده و به مدت ۵ دقیقه زیر وزنه 1000gr (دستگاه بازگشت از چروک) گذاشته و سپس ۵ دقیقه پارچه ها در محیط آزمایشگاه استراحت داده شدند. سپس به کمک دستگاه نقاله ای چروک سنج، زاویه چروک از خط میانی صفحه اندازه‌گیری و گزارش شد.

۲-۸- آزمایش ضد عرق

به منظور انجام آزمون ضد عرق، نمونه‌ها در تماس با پارچه های همراه در دو محلول مختلف شامل هیستیدین قرار داده و پس از آبگیری، بین دو صفحه و تحت فشار معینی در دستگاه آزمون قرار گرفتند. نمونه ها و پارچه های همراه بطور مجزا خشک شده و سپس تغییر رنگ نمونه ها و لکه‌گذاری روی پارچه های همراه در مقایسه با معیار خاکستری ارزیابی شدند.

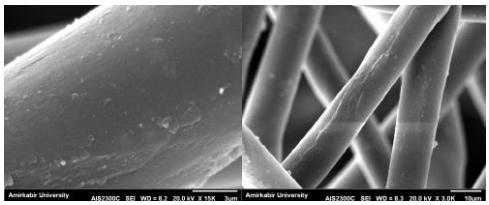
معیار خاکستری شامل دو معیار به نام های معیار تغییر رنگ و معیار لکه گذاری است. معیار تغییر رنگ برای مقایسه‌ی تغییر رنگ در نمونه‌های رنگرزی شده و

نمونه‌هایی که تحت تاثیر عملیاتی به غیر از عملیات نوردهی قرار می گیرند، استفاده می شود. در این تست میزان لکه‌گذاری روی نمونه‌ها به وسیله پارچه پنبه و پلی استر بررسی شد.

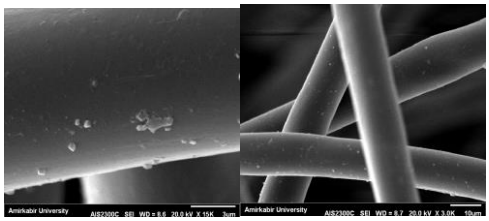
۳- نتایج و بحث

۳-۱- نتایج بررسی سطحی (SEM)

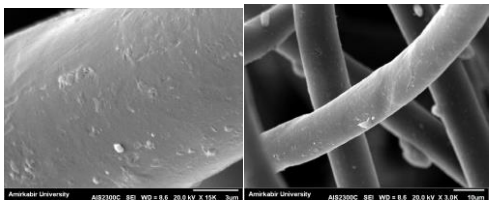
به منظور بررسی ساختار سطحی منسوجات تکمیل شده، از تکنیک میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) استفاده شد. این تصاویر در بزرگنمایی‌های متفاوتی در شکل ۱ (الف - ژ) نمایش داده شده‌اند.



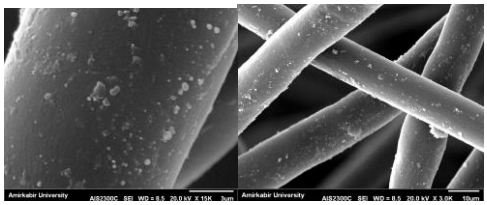
الف ب



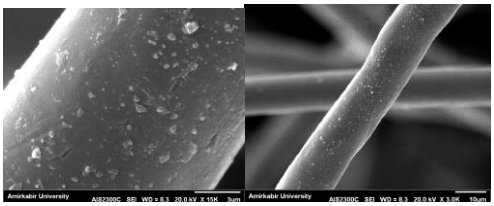
پ ت



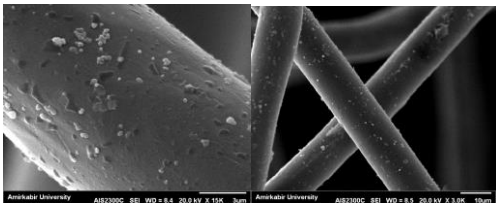
ث ج



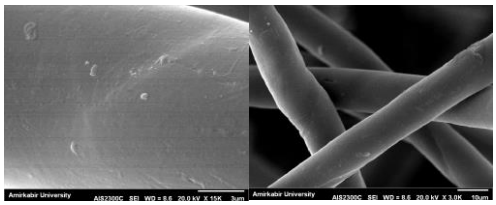
چ ح



خ د



ذ ر



ز ژ

شکل۱- تصاویر SEM الف) نمونه شاهد (پارچه شستشو داده شده بدون هیچ تکمیلی)نمونه شاهد با بزرگنمایی ۳۰۰۰- ب) نمونه شاهد(پارچه شستشو داده شده بدون هیچ تکمیلی) با بزرگنمایی ۱۵۰۰۰-پ) نمونه تکمیل شده مرسریزاسیون شده (بدون دارو) با بزرگنمایی ۳۰۰۰-ت) نمونه تکمیل شده مرسریزاسیون شده (بدون دارو) با بزرگنمایی ۱۵۰۰۰-ث) نمونه تکمیل شده سولفوناسیون شده (بدون دارو) با بزرگنمایی ۳۰۰۰-ج) نمونه تکمیل شده سولفوناسیون شده(بدون دارو) با بزرگنمایی ۱۵۰۰۰-چ) نمونه تکمیل شده با سود و دکسترین۱٪ با بزرگنمایی ۳۰۰۰- ح) نمونه تکمیل شده با سود و دکسترین ۱٪ با بزرگنمایی ۱۵۰۰۰-خ) نمونه تکمیل شده با سود و نانو نقره ۱٪ با بزرگنمایی ۳۰۰۰- د) نمونه تکمیل شده با سود و نانو نقره ۱٪ با بزرگنمایی ۱۵۰۰۰- ذ) نمونه تکمیل شده با سولفیت سدیم و دکسترین ۱٪ با بزرگنمایی ۳۰۰۰- ر) نمونه تکمیل شده با سولفیت سدیم و دکسترین۱٪ با بزرگنمایی ۱۵۰۰۰-ز) نمونه تکمیل شده با سولفیت سدیم و نانو نقره ۱٪با بزرگنمایی ۳۰۰۰-ژ) نمونه تکمیل شده با سولفیت سدیم و نانو نقره ۱٪با بزرگنمایی ۱۵۰۰۰

در تصاویر میکروسکوپی مربوط به نمونه شاهد عدم وجود مواد تکمیلی مشهود است. در نمونه های تکمیل شده با سود مشخص است که سود باعث تورم لیف شده و سطح لیف یکنواخت شده است. همچنین نمونه سولفونه شده تاثیر کم‌تری به لحاظ ظاهری روی سطح پارچه نسبت به نمونه تکمیل شده با سود گذاشته است. در بین نمونه ها بیشترین حضور مواد موثره در نمونه تکمیل شده با سود و دکسترین مشهود است که می تواند به دلیل تاثیر سود بر سطح الیاف سلولزی موجود در ساختار پارچه باشد. همچنین در تصاویر مربوط به پارچه تکمیل شده با سود به همراه نقره، تاثیر تکمیل انجام شده و استقرار ذرات نانو نقره قابل مشاهده است. در تصاویر مربوط به تکمیل سولفیت سدیم و نانو نقره تاثیر چندانی به لحاظ ظاهری روی نمونه ها دیده نمی شود که ناشی از تاثیر کم تکمیل انجام شده در ساختار پارچه است. به طور کلی در میان نمونه ها اثر سولفیت سدیم و نانو نقره ۱ درصد به لحاظ ظاهری روی نمونه کمتر از سایر نمونه های تکمیل شده است. در نتایج تصاویر میکروسکوپی، بیشترین تاثیر ظاهری و حضور مواد تکمیلی روی نمونه های تکمیل شده با سود و سیکلودکسترین ۱ درصد و سود با نانو نقره ۱ درصد مشاهده می شود.

۳-۲- نتایج آزمایش ضد میکروبی

۳-۲-۱- نتایج آزمایش کیفی

این آزمایش با استفاده از هاله عدم رشد باکتری مورد بررسی قرار گرفت. نمونه‌های تکمیل شده به مدت ۲۴ ساعت در انکوباتور و در دمای۳۷ درجه قرار داده شدند و بعد از ۲۴ ساعت نتایج مورد بررسی قرار گرفتند. نتیجه مشاهدات روی نمونه‌ها به قرار زیر بود:

در حضور باکتری استافیلوکوک اورئوس هاله عدم رشد نانو نقره ۱ درصد ۴۰ میلیمتر، هاله عدم رشد سیکلو دکسترین ۱ درصد ۱۰ میلیمتر و در حضور باکتری ایکولای هاله عدم رشد نانو نقره ۱ درصد ۳۰ میلیمتر، هاله عدم رشد سیکلودکسترین ۱ درصد ۱۰ میلیمتر، بود. هاله عدم رشد محلول نانو نقره بر روی باکتری استافیلوکوک اورئوس و باکتری ایکولای حاکی از خاصیت مطلوب آنتی باکتریالی ماده مذکور است. محلول سیکلودکسترین نسبت به محلول نانو نقره از خاصیت آنتی باکتریال کمتری برخوردار است و قطر هاله عدم رشد در آن نیزکمتر است. جدول مربوط به هاله عدم رشد باکتری ها در جدول ۱ و شکل ۲ نمایش داده شده است.

۳-۲-۲- نتایج آزمایش کمی آنتی باکتریال پارچه‌ها

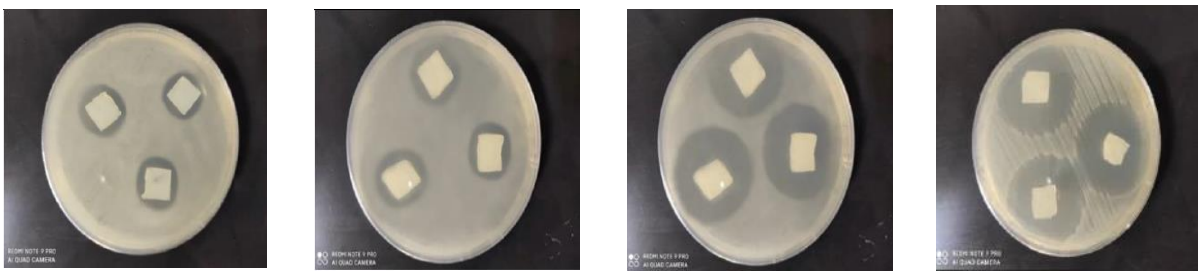
در آزمایش کمی ضد باکتریایی، نمونه ها پس از گذشت ۲۴ ساعت به لحاظ تعداد کلنی های تشکیل شده در محیط کشت بررسی و مقایسه شدند. تعداد کلنی‌های نمونه شاهد با تعداد کلنی های نمونه تکمیل شده مقایسه و درصد خاصیت ضد میکروبی نمونه‌های پیش تکمیل شده در جدول ۲ نمایش داده شده است. همانطور که مشاهده می شود پیش تکمیل مرسریزاسون پارچه ها بر روی هر دو نوع باکتری اثر ضد میکروبی بیشتری داشته که حاکی از اثر کلر بر روی باکتری ها در ساختار سود است.

از بررسی جدول ۳ این نتیجه بدست آمد، که نمونه های تکمیل شده با نانو نقره خواص ضد میکروبی بیشتری در

مقایسه با ماده موثره سیکلودکسترین داشتند. در محیط کشت باکتری استافیلوکوک اورئوس درصد اثر ضد میکروبی نمونه ها بیشتر از محیط کشت باکتری ایکولای بود. این موضوع به خاطر ساختار باکتری استافیلوکوک اورئوس و به دلیل غشای ضعیف و نازک تر آن در مقایسه با باکتری ایکولای در برابر مواد ضد باکتریایی است. همانطور که مشاهده می‌شود، مواد تکمیلی در مقابل باکتری استافیلوکوک اورئوس قوی تر از باکتری ایکولای عمل کرده است.

جدول ۱- آزمایش هاله عدم رشد باکتری ها در حضور مواد موثره

نمونه ها	هاله عدم رشد بر(استافیلوکوک اورئوس) میلی متر	هاله عدم رشد بر(ایکولای) میلی متر
نانو نقره	40	30
سیکلودکسترین	10	10



الف ب ج د

شکل۲ - هاله عدم رشد پارچه تکمیل شده با الف- نانونقره در حضور استافیلوکوک اورئوس ب- نانو نقره در حضور ایکولای ج- سیکلودکسترین در حضور استافیلوکوک اورئوس د- سیکلودکسترین در حضور ایکولای

جدول ۲- آزمایش آنتی باکتریال پارچه های پیش تکمیل شده از طریق شمارش باکتری ها

نمونه ها	درصد اثر ضد میکروبی بر (استافیلوکوک اورئوس)	درصد اثر ضد میکروبی بر (ایکولای)
نمونه شاهد	0	0
مرسریزاسیون	29	15
سولفوناسیون	20	10

جدول ۳- آزمایش آنتی باکتریال پارچه های پیش تکمیل شده از طریق شمارش باکتری ها

پیش تکمیل ها	درصد اثر ضد میکروبی بر (استافیلوکوک اورئوس)		درصد اثر ضد میکروبی بر (ایکولای)	
	نانو نقره	سیکلو دکسترین	نانو نقره	سیکلو دکسترین
مرسریزاسیون	90	35	80	30
سولفوناسیون	80	25	70	15

مکانیسم مهارکنندگی نانو ذرات نقره به عملکرد یون‌های نقره در محلول کلوئیدی برمی‌گردد. همچنین دگرگون ساختن میکروارگانیسم‌ها به‌وسیله تبدیل پیوندهای SH به S-Ag صورت می‌گیرد. در این مکانیسم نانو ذرات نقره فلزی به‌مرورزمان یون‌های نقره از خود آزاد می‌کند. این یون‌ها طی واکنش جانشینی، باندهای SH را در جداره میکروارگانیسم به باندهای S-Ag تبدیل کرده، که نتیجه آن از بین رفتن میکروارگانیسم است. ازجمله خصوصیات مهم ذرات نانو نقره می‌توان به تأثیر بسیار زیاد، سازگاری با محیط‌زیست، مقاومت در برابر حرارت، عدم ایجاد و افزایش مقاومت و سازگاری میکروارگانیسم اشاره نمود.

سیکلودکسترین ها تمایل دارند تا مولکول های دیگر را در داخل شبه استوانه ای خود به هم متصل کنند. این رفتار گنجاندن و رهاسازی منجر به کاربردهایی در پزشکی و بهداشتی از جمله خاصیت ضد بو در منسوجات شود. این ترکیب مورد توجه گسترده‌ای است زیرا خواص میزبان-میهمان را نشان می‌دهد و ترکیبات گنجاندنی را تشکیل می‌دهد. شش زیرواحد گلوکز از طریق پیوندهای ۱α و۴ از سر به انتها متصل هستند و در نتیجه به شکل یک استوانه مخروطی با شش الکل اولیه در یک وجه و دوازده گروه الکل ثانویه در طرف دیگر است و وجود ساختار الکلی توانسته خاصیت ضد میکروبی به این ماده دهد که در نتایج آزمون های ضد میکروبی این تحقیق هم با توجه به اندک بودن آن، قابل مشاهده است.

۳-۳- نتایج آزمایش خمش:

نتایج آزمون خمش نمونه ها در جدول شماره ۴ نمایش داده شده است. در این آزمون نتایج در دو جهت تاری و پودی و هم چنین به صورت کلی مورد بررسی قرار گرفتند. در بررسی نتایج مشاهده شد، که سختی خمش در نمونه های شاهد، مرسریزاسیون شده، سولفوناسیون شده و در جهت تاری روی پارچه کم‌تر از پشت پارچه بود. علاوه بر آن در جهت پودی نیز سختی خمش روی پارچه از پشت پارچه کم‌تر بود، پس هم در جهت تاری و هم در جهت پودی، روی پارچه از سختی خمش کمتری نسبت به پشت پارچه برخوردار بود. پیش تکمیل های انجام شده هم در مورد مرسریزاسیون و هم در مورد سولفوناسیون سختی خمش پارچه ها در جهات تار و پود دستخوش تغییر شده بود که حاکی از تاثیر این تکمیل ها بر روی الیاف بازیافتی موجود در ساختار پارچه کول مکس است.

جدول ۴- محاسبات مربوط به مدول خمشی و سختی خمش نمونه‌ها

نمونه	L cm	C cm	G mgcm	T mm	$\varphi \frac{kg}{cm^2}$	جهت پارچه
شاهد	3.25	5.62	1.85	6.67	0.2	روی پارچه
	5	5.21	4.87	6.67	1.1	پشت پارچه
تکمیل شده با سود	3.15	5.57	1.58	1.88	0.2	روی پارچه
	4.7	2.35	3.42	1.88	0.98	پشت پارچه
تکمیل شده با سولفوناسیون	3.15	1.57	1.96	1.75	0.27	روی پارچه
	4.85	5.42	4.7	1.75	1.43	پشت پارچه

۴-۳- نتایج آزمایش بازگشت از چروک:

نتایج آزمون بازگشت از چروک در جدول ۵ نشان داده شده است. مشاهده می شود، که هرچه زاویه بازگشت از چروک منسوج مورد آزمایش در مدت زمان استراحت پارچه بیشتر باشد، توانایی بازگشت از چروک پارچه بهتر است. با بررسی نتایج بدست آمده از این آزمایش مشخص شد که پیش تکمیل های انجام شده خاصیت بازگشت از چروک پارچه ها را کاهش داده است.

جدول ۵- نتایج بررسی شده از تست بازگشت از چروک

نمونه	وزن نمونه $gr.cm^2$	بازگشت از چروک
نمونه شاهد	0.027	135°
تکمیل شده با سود	0.026	115°
تکمیل شده با سولفوناسیون	0.025	115°

۵-۳- نتایج آزمایش ضد عرق در برابر ثبات رنگ کالا:

نمونه‌های مورد آزمون در تماس با پارچه‌های همراه در محلول هیستیدین قرار گرفتند و پس از آبگیری، بین دو صفحه و تحت فشار معینی در دستگاه آزمون گذاشته و نمونه ها و پارچه های همراه بطور مجزا خشک شدند. تغییر رنگ نمونه ها و لکه‌گذاری روی پارچه‌های همراه با معیار خاکستری ارزیابی شدند.

تغییر رنگ نمونه شاهد به همراه نمونه های تکمیل شده با سود، سولفیت سدیم، در جدول شماره ۶ نشان داده شده‌اند. پارچه همراهی اول و پارچه همراهی دوم نمونه های مورد نظر با نمونه شاهد مقایسه شدند. همانطور که در جدول ۶ مشاهده می شود، تغییر رنگ روی نمونه ها در آزمایش ضد عرق تأثیر چندانی روی پارچه های همراه نداشته است.

جدول ۶- نتایج بدست آمده از آزمایش ضد عرق در برابر ثبات رنگ

نمونه	عدد تغییر رنگ پارچه	عدد لکه‌گذاری پارچه همراهی اول (پلی استر)	عدد لکه‌گذاری پارچه همراهی دوم (پنبه)
مرسریزاسیون شده	5	5	5
سولفوناسیون شده	5	5	5

۴ - نتیجه گیری

در سال‌های اخیر با ظهور فناوری های نوین، تحولات چشم‌گیری در عرصه تولید و به کارگیری منسوجات و پوشاک ورزشی به وجود آمده است. انتخاب بستر مناسب برای منسوجات ورزشی و انجام تکمیل های شیمیایی و فیزیکی برای بهبود کیفیت محصول نهایی از اهمیت زیادی برخوردار است. یکی از شاخصه‌های منسوجات ورزشی، خصوصیات ضد میکروبی و ضد عرق آن ها است. در تحقیق حاضر کول‌مکس با توجه به ویژگی هایش به عنوان لایه پایه ای منسوجات ورزشی انتخاب و تکمیل هایی با رویکرد بهبود کیفیت و ایجاد خاصیت ضد میکروبی بر روی انجام شد.

در بررسی های انجام شده، کول‌مکس به عنوان یک منسوج نوین، به لحاظ ساختار شبکه ای و همچنین نوع بافت منحصر به فردش، نشان داد که درجه حرارت بدن را در یک میزان ثابت نگه داشته و در برابر تغییر رنگ و تغییر ابعاد بسیار مقاوم بوده و چروک پذیری پایینی نیز دارد. این بدان معناست که فناوری موجود در این پارچه بصورت دائمی است و پس از مدت زمان کوتاه از بین نمی رود. لباس های تهیه شده برای ورزشکاران از این منسوج در طول تمامی فصل‌های سال یک احساس ثابت را برای ورزشکار فراهم می آورد. در این تحقیق با پیش تکمیل های انجام شده روی پارچه و با افزودن مواد تکمیلی نظیر نانو نقره و سیکلودکسترین بهبود خواص ضد باکتریایی پارچه و عملکرد فیزیکی آن در ورزش مورد بررسی قرار گرفت و نتایج قابل قبولی را به دنبال داشت. نتایج بدست آمده حاکی از آن بود، که انجام تکمیل های جنبی اعم از مرسریزاسیون و سولفوناسیون و هم چنین تکمیل با داروهایی نظیر سیکلودکسترین و نانو ذرات نقره تاثیر چندانی روی خواص فیزیکی پارچه، از جمله خمش و بازگشت از چروک آن نداشت.

از طرفی تکمیل‌های مذکور، خواص ضد میکروبی و ضد عرق پارچه ها را بهبود بخشید. محلول سیکلودکسترین نسبت به محلول نانو نقره از خاصیت آنتی باکتریال کمتری برخوردار بود و قطر هاله عدم رشد در آن نیز کمتر بود و از طرف دیگر خاصیت ضد بو نمونه تکمیل شده با سیکلودکسترین به واسطه ویژگی های ساختار شیمایی آن بیشتر بود. بررسی نتایج آزمایش SEM و آزمایش آنتی باکتریال برروی پارچه‌ها و محلول ها حاکی از آن بود، که نتیجه تکمیل سود با نانو ذرات نقره و همچنین سولفیت

سدیم با این ماده از تکمیل انجام شده با سیکلودکسترین عملکرد بهتری داشت. همچنین پیش تکمیل های انجام شده بر روی پارچه ها، ارتقا کیفیت مورد انتظار در اثرات ضد میکروبی را به دنبال داشت. در نهایت بررسی ها نشان داد که پارچه کول‌مکس می تواند جایگزین ایده آلی به جای منسوجات طبیعی در تولید منسوجات ورزشی باشد.

۵- منابع

[1] Ahmadi, Z., Gholami Houjeghan, F., Assessment of Antibacterial, Antimicrobial, and Colorimetric Properties of Cotton and Woolen Yarns Dyed with Some Plants Extracts, Textile & Leather Review., 5, 463-483, 2022.

[2] Mamun Kabir, Shekh Md., Mahabub Hasan, Md., Mashud Alam, AKM., Investigating the Functional and Comfort properties of a Face Mask Based on a Coolmax Blended Cotton Fabric, FIBRES & TEXTILES in Eastern Europe., 151(3),102–110, 2022.

[3] Tania, M.S., Mohammad, A., Mahmudi, A., Fabrication, characterization, and utilization of ZnO nanoparticles for stain release, bacterial resistance, and UV protection on cotton fabric, Journal of Engineered Fibers and Fabrics., 17, 1-11,2022.

[4] Kale, RD., Soni M., Potdar T. A flame retardant, antimicrobial and UV protective polyester fabric by solvent crazing route, J Polym Res., 26, 189–189, 2019.

[5] Kanakraj, P., Ramachabdran, R., Active Knit Fabrics – Functional Needs of Sportswear Applications, Journal of Textile and Apparel Technology and Manage., 9 (2), 23-34, 2015.

[6] Rache, H., Vaezafshar, sara.,Odor in textiles: A review of evaluation methods, fabric characteristics, and odor control technologies, Textile Research Journal., 90, 1-10, 2019.

[7] QingBo, X., Li Jing, X., Helena, D., Fang, L., YanYan, Z., FeiYa, F. XiangDong L., Antibacterial cotton fabric with enhanced durability prepared using silver nanoparticles and carboxymethyl chitosan, Carbohydrate Polymers, 177, 187-193, 2015.

[8] Rashmi, U., Bhaskara-Amrit, P., APPLICATIONS OF b -CYCLODEXTRINS IN TEXTILES, AUTEX Research Journal., 11(4), 94-101, 2011.

[9] Sarıısık, M., Odor Adsorption Kinetics on Modified Textile Materials Using Quartz Microbalance Technique, Materials Science., 12, 23-32, 2012.

[10] Stojanovic, S., Gersak, J., Textile materials intended for sportswear, Tekstile., 68 (6), 72-88, 2019.

[11] Swetha, A., Satheesh, K., Jaison, J., Murugesan, M.,Emerging nanomaterials for antibacterial textile fabrication, National Library of Medicine,7, 1355-1382, 2021.

[12] Syafiuddin, A., Toward a comprehensive understanding of textiles functionalized with silver nanoparticles, Journal of the Chinese Chemical Society., 66 (8), 793-814, 2019.

[13] Choudhury, A.K. Green chemistry and the textile industry. Textile Progress, 45, 3–143, 2013.

[14] Lei Yao1, L.,Laing, L., Bremer, P., Silcock, P.,Leus, M., Measuring textile adsorption of body odor compounds using proton-transfer-reaction mass spectrometry, Textile Research Journal., 85(17), 1817–1826, 2015.

[15] Bajaj, p., Ecofriendly finishes for textiles,Indi an Journal of Fibre & Textile Research., 26, 162-186, 2001.

[۱۶] رجبی ف.، نوری س.، بابا احمدی و.، رنگرزی کاالی پشمی با میخک و بررسی خواص ضدباکتری و محافظت در برابر امواج فرابنفش.، مجله علوم وفناوری نساجی و پوشاک، دوره ۱۱، شماره ۴، شماره پیاپی ۴۴، صفحه ۱۱-۱، زمستان ۱۴۰۱.

[17] زارع ا.، رحیمنژاد س.، رحیمنژاد ح.، مروری بر روشهای ضدمیکروبی و ضدویروسی ماسکهای جراحی.، مجله علوم وفناوری نساجی و پوشاک، دوره ۹، شماره ۴، شماره پیاپی ۳۶، صفحه ۶۸-۵۳، زمستان ۱۳۹۹.