نانو تکنولوژی

# کاربردهای نانو فناوری در تولید منسوجات محافظت کننده از پوست
## در برابر پرتو فرابنفش

غزاله اخلاقی- دانشجوی دکتری تخصصی مهندسی نساجی

**چکیده**

**در حال حاضر، به دلیل تخریب لایه ازن در اتمسفر، اشعه ماورا بنفش به سطح زمین می‌رسد که بر روی البسه و پوست انسان اثر مضری دارد. افزایش قرارگیری در معرض اشعه ماورا بنفش احتمال ایجاد بیماری‌های خطرناکی مانند سرطان پوست را افزایش می‌دهد. در نتیجه، ایجاد محافظت در برابر اشعه ماورا بنفش یک ویژگی ضروری برای لباس و منسوجات در نظر گرفته می‌شود.**

**پیشرفت نانوفناوری تکنیک‌هایی را برای تولید پارچه محافظت شده در مقابل فرابنفش از طریق کاربرد اکسید فلز نیمه رسانای خاص فراهم نموده است. تحقیقات زیادی نیز برای تولید پارچه با استفاده از نانوذره‌های خاص مانند اکسید روی و دی‌اکسید تیتانیوم انجام شده تا ظرفیت جذب فرابنفش مواد بهبود یابد و مقدار UPF برای حفاظت پوست انسان افزایش یابد که نقش مهمی را برای تولید پوشش حفاظت شده در برابر فرابنفش ایفا کند.**

**این پژوهش که به روش توصیفی تحلیلی و بر اساس مروری بر منابع موجود انجام شده است، پس از بررسی تاثیرات مخرب تابش فرابنفش بر پوست انسان، به کاربردهای نانو فناوری در تولید منسوجات محافظت کننده از پوست در برابر پرتو فرابنفش می‌پردازد.**

**مقدمه**

پوست به‌عنوان وسیع‌ترین اندام بدن انسان می‌تواند در معرض عوامل زیان‌آور متعددی در محیط کار قرار گیرد. از جمله این عوامل زیان‌آور تابش فرابنفش می‌باشد.

مواجهه با تابش فرابنفش در محیط‌های باز می‌تواند ۲ تا ۹ برابر بیش از مواجهه با آن در فضاهای کاری سرپوشیده باشد.

مواجهه با تابش فرابنفش منجر به تغییر رنگدانه‌ها، اریتمی، پیری زودرس، سرطان پوست و آسیب DNA می‌گردد. یکی از راه‌های عدم مواجهه و یا کاهش مواجهه با تابش فرابنفش و پیشگیری از اثرات سوء آن مانند سرطان پوست و غیره می تواند استفاده از منسوجات مناسب باشد.

افزایش تقاضای مصرف‌کنندگان در مواردی مانند بالا بردن زیبایی تأثیرگذاری لباس، جامعه علمی را بر آن داشت تا تلاش برای تولید منسوجات هوشمند از طریق فناوری نانو را افزایش دهند. پارچه‌های هوشمند آن دسته از پارچه های پیشرفته با قابلیت حسی و در نتیجه واکنش نسبت به محیط خارجی با روشی از پیش تعیین شده هستند. این مواد پیشرفته هم‌چنین به عنوان وسیله‌ای ارتباطی مهم بین محیط و فرد استفاده کننده عمل می‌کنند.

برخی از ویژگی‌های هوشمند این پارچه‌ها می‌تواند تولید و ذخیره انرژی، محافظت در برابر اشعه ماورا بنفش، تنظیم دما و غیره باشد. به‌علاوه، این پارچه‌ها سطح بالایی از هوشمندی را نیز نشان می‌دهند.

فناوری نانو یک فناوری در حال پیشرفت است که منجر به تغییر چشمگیر در ویژگی محصول می‌گردد. کاربرد مواد نانو در منسوجات به منظور بهبود عملکرد و ایجاد ویژگی‌های بی نظیر در نساجی با هدف فواید گسترده فنی، اقتصادی و اکولوژیکی به طور مداوم در حال رشد است.

انتظار می رود که مواد نانو خواص کنونی را بهبود دهد و یا ویژگی‌های جدیدی مانند مقاومت در برابر خاک و آب، قابلیت گردش جریان هوا، محافظت در برابر اشعه ماورا بنفش، خاصیت رسانایی و ضد الکتریسیته ساکن، مقاومت در برابر سایش و چین و چروک، مقاومت در برابر لکه یا باکتری‌ها را، به منسوجات اضافه کنند.

امروزه نانومواد از طریق استفاده در نخ یا روکش نخ، برای مصرف تجاری در صنایع نساجی مورد استفاده قرار می‌گیرند، به عنوان مثال نانوذرات نقره در تی شرت، لباس‌های ورزشی، لباس‌های زیر، جوراب و غیره استفاده می‌شود.

منسوجات مسدود کننده اشعه ماورا بنفش، مسدود کننده‌های غیرآلی UV مزیت بیشتری نسبت به مسدود کننده‌های آلی UV دارند زیرا غیرسمی هستند و از لحاظ شیمیایی در درجه حرارت بالا و اشعه ماورابنفش پایدارند. مسدود کننده‌های UV غیر آلی معمولاً اکسیدهای نیمه رسانای $SiO_2$ ، $ZnO$ ، $TiO_2$ و $Al_2O_3$ هستند

به‌طور کلی دو نوع محافظت کننده فرابنفش وجود دارد که از بهترین موارد درنظر گرفته می‌شوند؛ زیرا زمانی که طولانی مدت در معرض دمای بالا و تابش فرابنفش قرار می‌گیرند سمی نمی‌باشند و به لحاظ شیمیایی باثبات است. ذره‌های اکسید فلز مانند اکسید روی، دی‌اکسید تیتانیوم، دی‌اکسید سلسیوم و تری‌اکسید الومینیوم، که همگی ترکیب غیرارگانیک و محافظت کننده فرابنفش مطلوب هستند؛ زیرا این ذره‌ها

اشعه‌های فرابنفشی یا انرژی برابر یا بالاتر از شکاف باند خود جذب می‌کنند. در بین اینها اکسیدروی و دی‌اکسید تیتانیوم معمولا استفاده می‌شوند.

دی اکسید تیتانیوم و اکسید روی با اندازه نانو قابلیت جذب و پراکنش بهتر تابش فرابنفش دارد؛ زیرا نانو ذره در هر واحد حجم و توده ناحیه سطحی بزرگتری از ذره‌های عادی را اشغال می‌کند.

نانوالیاف و نانوذرات کربنی قادرند مقاومت کششی الیاف کامپوزیت را با موفقیت بالا ببرند. استفاده از نانوذرات طلا و نقره خاصیت ضد باکتریایی، ضد قارچی و ضد بو را در پارچه فراهم می‌کند. از نانو ویسکو برای خصوصیات ضدآب و از دی‌اکسید تیتانیوم برای محافظت در برابر اشعه ماورابنفش استفاده می‌شود. دی‌اکسید نانو تیتانیوم و نانو سیلیس مقاومت ابریشم و پنبه را افزایش می‌دهد.

نانولوله‌های کربنی (CNT) به دلیل استحکام بالا و رسانایی الکتریکی بالا، از مواد اساسی هستند. CNT را می‌توان در ساخت منسوجاتی به کار برد که در حمل رایانه‌های قابل حمل یا لوازم الکترونیکی استفاده می‌شوند. CNT رسانایی الکتریکی، مقاومت در برابر آتش، تمیز شدن اتوماتیک، ضد الکتریسیته ساکن، ضد آب بودن و مقاومت بالا برای فیبر را ارائه می‌دهد.

پارچه‌های نانو با ماندگاری بالا، قابلیت اعتماد و مناسب با کارایی مربوطه، به عنوان مثال ورزشی، اهداف پزشکی و صنعتی و نظامی کاربرد دارند.

نانومواد اکسید فلزهای خاص، مانند نانو ذرات مگنتیت، نانو ذرات دی اکسید تیتانیوم، نانو ذرات اکسید روی و نانو ذرات سریا با موفقیت از اشعه ماورابنفش جلوگیری می‌کنند و عملکرد پایدارتر و بهتری نسبت به جاذب‌های آلی ماورابنفش دارند.

اخیرا، نانو ذرات ذکر شده به دلیل خاصیت استثنایی خود مانند بی‌ضرر بودن و پایداری شیمیایی تحت تابش اشعه ماورا بنفش و هنگام قرارگیری در دماهای بالاتر، به مواد آلی ترجیح داده می‌شوند

در میان این اکسیدهای نیمه رسانا، دی‌اکسید تیتانیوم ($TiO_2$) و اکسید روی (ZnO) بیشتر مورد استفاده قرار می‌گیرند. به طور قطع اندازه‌ی نانوی دی اکسید تیتانیوم و اکسید روی در جذب و پراکندگی اشعه ماورا بنفش نسبتاً کارآمدتر هستند و محافظت بهتری در برابر اشعهUV دارند. این امر به این دلیل است که نسبت سطح به حجم در نانو ذرات بیشتر است و منجر به افزایش اثرگذاری آن در مسدود کردن اشعه ماورا بنفش می‌شوند.

**:: مواد و روش‌ها**

روش انجام این پژوهش از نوع توصیفی- تحلیلی است و اطلاعات گردآوری‌شده به‌صورت اسنادی بر اساس مرور مقالات، کتب معتبر و علمی تهیه شده است.

**:: مروری بر ادبیات پژوهش**

ظهور فناوری نانو و در دسترس بودن ترکیب‌های نوین و ساخت و پرداخت ابزارهای جدید برای موفقیت منسوجات هوشمند بسیار مهم است. چرا که این موارد امکان معرفی و تولید موفقیت‌آمیز ویژگی‌های جدید در مراحل مختلف تولید پارچه را فراهم می‌کنند.

این پارچه‌های هوشمند نانو ویژگی‌های منحصر به فردی مانند توانایی ضد آب بودن و خاک گریزی، تمیز شدن خودبه‌خود، هدایت الکتریکی، رفتارهای ضد استاتیک، توانایی محافظت در برابر اشعه ماورا بنفش و موارد دیگر را شامل می‌شوند.

این پارچه‌ها می‌توانند با استفاده از پوشش‌های رسانا، رسانا گردند. ویژگی ضد اشتعال می‌تواند با استفاده از اکسیدهای فلزی در ابعاد نانو و عملکردهای محافظ اشعه ماورا بنفش با استفاده از اکسیدهای فلزی نیمه رسانا در اندازه نانو با ضریب جذب بالای UV شوند.

علاوه بر این، پارچه‌های مجهز به فناوری نانو می‌توانند تغییرات قابل توجهی را در رفتارهای فیزیکی شیمیایی وابسته به محرک‌های خارجی نشان دهند. پارچه‌های هوشمند محافظUV ، بدن انسان را از اثرات مضر نامطلوب ناشی از اشعه ماورا بنفش محافظت می‌کنند. پارچه‌های رسانا شده توسط فناوری نانو می‌تواند در طرح‌های نظارت بر سلامت استفاده شود.

در نتیجه این پارچه‌های هوشمند می‌تواند توسط مصرف‌کنندگان بیشتری مورد استفاده قرار گیرد. بعلاوه، پارچه‌های هوشمند نانو در بخش‌های مختلف تجاری از ورزش تا دفاع در مقابل خطرات نیز مورد توجه قرار می‌گیرند.

**:: نانوذرات**

نانوذرات از اکسیدهای فلزی، کربن سیاه و خاک رس تشکیل شده‌اند. در سطح نانو، اکسیدهای فلزی مانند انواع بیولوژیک و شیمی به طور طبیعی فوتوکاتالیست، جاذب اشعه فرابنفش، رسانای الکتریکی و اکسید کننده عکس هستند. ، $TiO_2$ ، ZnO و MgO و $Al_2O_3$ نمونه‌های اکسید فلزی هستند. با اضافه کردنZnO در نایلون برای ایجاد الیاف پیچیده ضداستاتیک و جلوگیری از اشعه ماورا بنفش پارچه لباس شنا تولید می‌شود.

نانوذرات خاک رس در برابر مواد شیمیایی، گرما، الکتریسیته مقاومند و می‌توانند در مقابل اشعه ماورا بنفش محافظت ایجاد کنند. بنابراین به کارگیری آن در پارچه می‌تواند همزمان لطافت، مقاومت و استاندارد را در پارچه به همراه داشته باشد. اگر در الیاف نانوکامپوزیتی از نانوذرات رس استفاده شود، در برابر اشعه ماورا بنفش و شعله آتش و خوردگی مقاوم‌تر می‌شوند. نانو ذرات خاک رس با هدف مقاومت در برابر شعله در الیاف نایلونی استفاده می‌شوند .

**:: منسوجات هوشمند**

منسوجات هوشمند طی تغییر شکل مواد متراکم شده و با ترکیبی از هوش، در قالب پلیمرهای رسانا، پلیمرهای دارای حافظه شکل و مواد، دارای سایر سنسورهای اتوماتیک و تجهیزات ارتباطی با منسوجات تولید شده‌اند که این ترکیبات بر اساس شرایط محیطی، با ویژگی خاص طراحی شده، ارتباط دارند.

از آن‌جا که مواد اولیه هوشمند واحدهای کنترل، محرک و حسگر را شامل می‌شوند، این‌ها نقش اصلی را در پارچه دارند. این پارچه‌ها دما، فشار، حالت و زیبایی ظاهری را تشخیص می‌دهند که این امر در محافظت از پارچه‌ها موثر است. مهمترین موضوع در مورد پارچه‌های هوشمند این است که الیاف باید طوری ساخته شوند تا بتوان آنها را شست، زیرا لباس‌ها وقتی کثیف می‌شوند شسته می‌شوند و برای شستشو اجزای الکتریکی موجود در آن باید عایق باشند

**:: طبقه بندی منسوجات هوشمند**

پارچه‌های هوشمند بر اساس عملکردشان به سه دسته مهم طبقه‌بندی می‌گردند:

۱-منسوجات هوشمند با پاسخ انفعالی/ منسوجات هوشمند نسل اول

۲-منسوجات هوشمند با پاسخ فعال/ منسوجات هوشمند نسل دوم

۳-منسوجات هوشمند با پاسخ فوق‌العاده فعال/ منسوجات هوشمند نسل سوم

جدول ۱: پیشرفت‌های اخیر در حوزه منسوجات هوشمند

| پیشرفت‌های اخیر | موسسه پژوهشی |
|---|---|
| سنسورهای جدید می‌توانند منسوجات هوشمندتری را فعال کنند | Delaware |
| دیگر نیاز به شستشو نیست، منسوجات نانو خود را با نورتمیز می‌کنند | RMIT |
| در مواقع لزوم، پارچه به صورت خودکار شما را خنک یا گرم می‌کند | Maryland |
| پارچه‌های قابل شستشوی هوشمند مجهز به LED | MIT |
| پوشش‌های جدید پارچه‌های طبیعی را ضد آب می‌کند | MIT |

**۱-منسوجات هوشمند با پاسخ انفعالی/ منسوجات نسل اول**

این منسوجات تنها قادر به تشخیص و یا درک شرایط محیطی هستند. بعلاوه، منسوجات نسل اول فقط از سنسورها تشکیل شده‌اند. این گروه شامل لباس‌های محافظ در برابر UV، منسوجات با حسگرهای نوری اضافه شده و موارد دیگر می‌باشد.

**۲- منسوجات هوشمند با پاسخ فعال/ منسوجات نسل دوم**

این منسوجات قادر به درک و واکنش هستند، بنابراین به محیط خارجی واکنش نشان می‌دهند. به‌علاوه، منسوجات نسل دوم از سنسورها و محرک‌هایی تشکیل شده که می‌توانند اشکال را بخاطر بسپارند و گرما را تنظیم کنند. پارچه‌هایی با حافظه مربوط به اشکال و پارچه‌های تنظیم کننده دما در این گروه قرار می‌گیرند.

**۳-منسوجات فوق هوشمند/ منسوجات نسل سوم**

آنها به‌درستی منسوجات فوق هوشمند نامیده می‌شوند، زیرا نه تنها محیط خارجی را حس می‌کنند و براساس آن واکنش نشان می‌دهند، بلکه شرایط را پیش‌بینی نموده و ویژگی خود را با آن شرایط خاص تنظیم می‌کنند. لباس‌های فضایی، کت‌های موسیقی و غیره در این گروه قرار می‌گیرند.

**:: خاصیت محافظت در برابر اشعه ماورا بنفش**

محافظهای غیرآلی ماورا بنفش بسیار مطلوب‌تر از محافظهای آلی ماوراءبنفش هستند؛ زیرا در اثر تماس با دمای شدید و اشعه ماورا بنفش از نظر شیمیایی پایدار و غیرخطرناک هستند. محافظهای ماوراء بنفش معدنی به‌طور کلی اکسیدهای نیمه-رسانای خاصی مانندZnO ، TiO2 ، SiO2 و AlO3 هستند. در میان آنها،TiO2 و ZnO به‌طور منظم استفاده می-شوند. اندازه‌ی نانومتر اکسید روی و دی‌اکسید تیتانیوم در پراکندگی و جذب اشعه ماورا بنفش نسبت به اندازه معمول آن‌ها بسیار مؤثرتر است، همچنین می‌تواند سدی برای اشعه فرابنفش شود.

نانوذرات در مقایسه با سایز معمول، دارای سطح به حجم و سطح به جرم بیشتری هستند که منجر به افزایش کارایی آن‌ها در برابر اشعه ماورا بنفش می‌گردد. از روش مسدودسازی اشعه ماورابنفش در پارچه‌های پنبه‌ای استفاده شد.

پوشش باریکی از TiO2در قسمت خارجی پارچه پنبه‌ای تزئینی استفاده می‌شود که محافظت مطلوبی در مقابل اشعه ماوراء بنفش ارائه می‌دهد.این قابلیت پس از پنجاه بار شستشوی پارچه هم حفظ می‌شود. علاوه بر TiO2، نانومیله‌های ZnO با طول ۱۰ تا ۵۰ نانومتر در لباس‌های نخی برای محافظت در مقابل اشعه ماورابنفش استفاده می‌شوند

**:: پیشینه انجام پژوهش**

خصوصیاتی مانند اندازه ذرات، ترکیب فاز، خصوصیات سطح، تبلور و ساختار بلوری از عوامل مختلفی هستند که بر خاصیت مسدودسازی اشعه ماورا بنفش توسط نانوذرات تأثیر می‌گذارد. در آخرین کار تحقیقاتی انجام شده توسط نوریان و همکارانش، در تولید پارچه کتان فرآوری شده با نانوذرات اکسیدزینک برای توسعه پارچه‌های چند منظوره استفاده شده است.

این پارچه‌های کتان اکسید شده با زینک اکسید ۴ آمینوبنزوئیک اسید، محافظت در برابر اشعه ماورا بنفش و اثر ضد باکتریایی قابل توجهی را پس از ۱۰۰ چرخه سایش و ۲۰ چرخه شستشو نشان می‌دهد و از این رو می‌توان از آن در منسوجات محافظتی نوین به کاربرد. در سال ۲۰۱۹ با پوشاندن نانوکامپوزیت های MnO2–FeTiO3 مبتنی بر پلی اورتان، پارچه‌های مسدودکننده اشعه ماورابنفش و همچنین پارچه‌هایی مقاوم در برابر آتش طراحی شد.

پارچه‌های پنبه‌ای MnO2–FeTiO3 دارای قابلیت طولانی مدت در انسداد اشعه ماورابنفش بنفش هستند و با استفاده از شاخص اکسیژن محدود، در برابر آتش مقاومند. علاوه بر این، پارچه کتان نانو علیرغم ۱۰ بار شستشو، خواص خود را حفظ کرده و به این ترتیب پارچه‌ای هوشمند، پایدار و بادوام برای استفاده در لباس محافظ محسوب می‌شود. قاسمی کوزه‌کنان و همکاران (۲۰۲۱) در پژوهشی به بررسی امکان‌سنجی تولید نانوالیاف الکتروریسی شده PAN/TiO2 با خاصیت حفاظتی در برابر پرتوهای فرابنفش پرداختند.

روش کار انجام شده در این پژوهش عبارت بود: نانوالیاف ۱۰% وزنی پلی آکریلونیتریل با بارگذاری نانوذرات TiO2 در غلظت‌های ۰، ۱، ۵، ۱۰ و ۱۵% وزنی (نسبت به پلیمر) با استفاده از روش الکتروریسی تهیه شد.

به‌منظور انجام فرآیند الکتروریسی از سرنگ با نیدل G21، نرخ تغذیه ۱/۲ میلی‌لیتر بر ساعت، فاصله سر نازل از درام جمع‌آوری کننده ۱۵ سانتی‌متر، ولتاژ ۲۰ کیلو ولت و سرعت چرخش درام ۲۵۰ دور بر دقیقه استفاده گردید.

خصوصیات ریخت شناسی نانوالیاف با میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) و

جدول۲: مواد اولیه پارچه‌های هوشمند

| مواد اولیه | عملکرد |
|---|---|
| الیاف فلزی | می‌توانند به عنوان الیاف آنتی استاتیک، برای منسوجات مورد استفاده در لباس‌هایی با کاربرد محافظت الکتریکی استفاده شوند. |
| پوشش با نانوذرات | باعث افزایش محافظت در برابر UV و افزایش آب-گریزی می‌شود. |
| فیبر نوری | با ارائه یک نور قابل انتقال در پارچه، تغییر شکل را در پارچه تشخیص می‌دهد. |

گروه‌های عاملی نانوالیاف به منظور اثبات بارگذاری نانوذرات TiO2 با طیف سنجی مادون قرمز (FTIR) بررسی گردید. نتایج نشان داد که خصوصیات ریخت‌شناسی و قطر نانوالیاف در غلظت‌های مختلف از بارگذاری نانوذره TiO2 متفاوت بوده و افزایش غلظت این نانوذره منجر به افزایش قطر نانوالیاف شده است. مقایسه گروه‌های عاملی در دو گروه نانوالیاف بارگذاری شده با TiO2 و نانوالیاف فاقد این نانوذره، نشان داد که نانوذرات TiO2 به منظور ایجاد خاصیت حفاظتی به طور موفقیت‌آمیزی بر نانوالیاف بارگذاری شده‌اند.

همچنین بارگذاری نانوذرات TiO2 خاصیت حفاظت در برابر تابش فرابنفش را در مقایسه با نانوالیاف PAN افزایش داده که این خاصیت حفاظتی با افزایش غلظت نانوذره بارگذاری شده بر روی الیاف تا ۱۵%، بیشتر می شود. تمامی نتایج نشان دهنده تولید موفق نانوالیاف محافظ در برابر تابش فرابنفش با بارگذاری نانوذرات TiO2 می‌باشد که می‌تواند برای حفاظت شاغلین در معرض تابش فرابنفش استفاده گردد .

فتاحی اصل و همکاران (۲۰۲۰) مطالعه‌ای با عنوان مقایسه فاکتور محافظتی پرتو فرابنفش پارچه‌های پنبه ای خالص و روکش شده با نانو ذره دی اکسید تیتانیوم به روش الکترواسپینینگ با دو مولد طبیعی و مصنوعی انجام دادند.

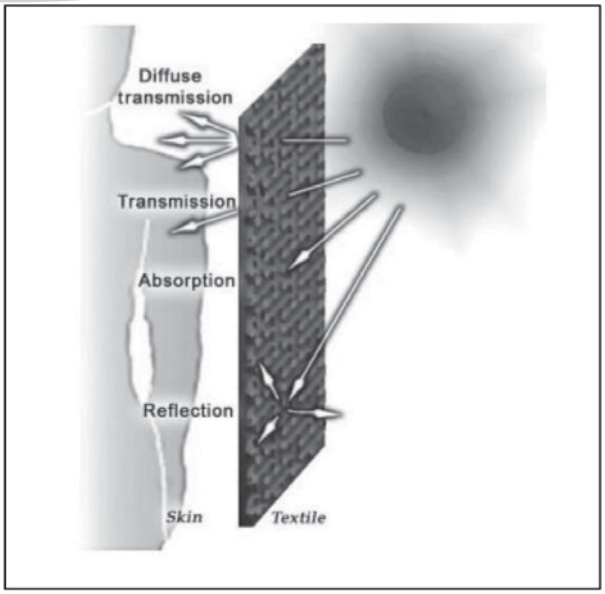
در این پژوهش از پارچه پنبه‌ای خالص و پارچه‌های پنبه‌ای روکش شده با نانو ذره دی اکسیدتیتانیوم به مدت زمان‌های۱۰، ۲۰ و ۴۰ دقیقه به‌عنوان نمونه به وسیله دی‌اکسید تیتانیوم پوشش داده شد و از دو نوع مولد نورخورشید و مصنوعی (به‌صورت گسترده و نقطه‌ای) پرتو استفاده شد.

در نهایت مقایسه میانگین میزان عبوردهی پرتو UV از پارچه‌های مختلف انجام شد. یافته‌های پژوهش حاکی از آن است که میزان عبوردهی الیاف پنبه‌ای خالص و پنبه‌ای روکش شده به مدت ۴۰ دقیقه در مقابل پرتو UV به ترتیب بیشترین و کمترین مقدار بوده است. با کم شدن میزان عبور پرتو، مقدار UPF نیز بالا می‌رود.

در پارچه‌های روکش شده با نانو ذره میزان عبوردهی پرتو کمتر و جذب بیشتر است که UPF بالاتری نیز به دست می‌آید. نتایج این پژوهش نشان داد که پارچه پنبه‌ای به علت UPF بسیار پایین جهت استفاده در مناطق تحت تابش پرتو UV مناسب نیست. بنابراین، جهت حفاظت در برابر اشعه فرابنفش می‌توان از پارچه‌های روکش شده با نانو ذره دی‌کسید تیتانیوم در حوزه سلامت استفاده نمود

آصف حسین و مشیر رحمان (۲۰۱۹)، نانوذره اکسیدروی را با استفاده از استات به‌عنوان پیش ماده، با دنبال کردن تکنیک سل ژل و شیمی رطوبت برای محافظت منسوجات تجزیه نموده‌اند، تا آن را با پارچه بافته عمل‌آوری نشده مقایسه کنند.

این نانوذره‌ها که اندازه آنها ۹ نانومتر است روی پارچه بافته کتان از طریق اتخاذ روش پد–خشک– پخت و سه سطح غلظت مختلف محلول نانو اکسید روی پوشانده شده است: ۱درصد، ۱،۵ درصد و ۲ درصد انتخاب نموده‌اند. افزایش غلظت نانومحلول مقادیر فزاینده‌UPF و همچنین مقادیر بهتر UPF را برای شستشوی مکرر حاصل می‌کند.




**تصویر۱: حمله تابش UV به منسوجات**

گودا و همکاران (۲۰۱۸)، نانو دی‌اکسید تیتانیوم با اندازه میانگین ۵ تا ۱۰ نانومتر را از طریق اکسایش تتراکلرید تیتانیوم با استفاده از بوروهیرید سدیم در حضور پیرولیدون پلی وینیل به‌عنوان ماده تثبیت کننده، تجزیه کرده‌اند. نانو دی اکسید تیتانیوم با استفاده از روش پد–خشک– پخت به پارچه کتان اعمال شد.

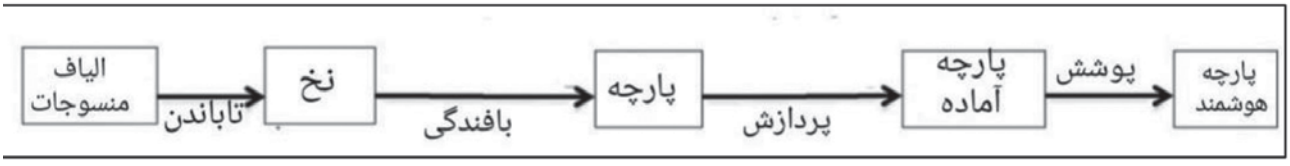
محلول پد به‌صورت زیر تهیه شد: ۱ گرم نانوذره به مدت ۳۰ دقیقه با ۸ گرم آب و ۱گرم چسب مایه اکریلیک اوادهی شد. ۱۰۰ درصد نمونه مرطوب برای پارچه نگه داری شد. نمونه پارچه پدشده به مدت ۵ دقیقه در ۸۰ درجه سانتی‌گراد خشک شد و سپس به مدت ۳دقیقه در دمای ۱۴۰ درجه گرمادهی شد.

آنها مشاهده کردند که نمونه پارچه کتان دارای نانو دی اکسید تیتانیوم در برابر شستشو مقاوم بوده و ظرفیت محافظتی فرابنفش و فعالیت آنتی باکتریال فوق‌العاده‌ای حتی پس از۲۰دور شستشوی مکرر دارد.

شلابی و همکاران (۲۰۱۶)، رویکرد ساده و اقتصادی را، برای افزایش راندمان پیوند نانوذرات دی‌اکسید تیتانیم به پارچه‌های PET، براساس کاربرد روش فعالیت شیمیایی قبل از بارگذاری پارچه‌هایPET توسط نانوذره‌های دی اکسید تیتانیم با روش سول ژل، بررسی کردند.

محلول کلویددی اکسیدتیتانیوم با استفاده از ایزوپروپوکسید تتراتیتانیوم، ۲پروپانول و HNO3 غلیظ تهیه شد. نمونه‌های منسوجات PET عمل‌آوری شده الکالی درمحلول کلویدی اکسید تیتانیوم غوطه‌ور شد، در جریان هوا در دمای ۲۲درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت خشک شد و سپس در اجاق در دمای ۱۳۰درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۵

**تصویر ۲: مراحل تولید پارچه مقاوم در برابر اشعه فرابنفش**



**تصویر ۳: تابش UV بر پارچه‌های الف) محافظت نشده و ب) محافظت شده**

دقیقه گرما داده شد. سپس نمونه های PET با آب مقطر شسته شد تا ذرات دی‌اکسید تیتانیوم که به سطح پارچه متصل نیستند جدا شود. نتیجه فعالیت آنتی میکروبی موخر و راندمان محافظت در برابر فرابنفش حتی پس از ۵ دور شستشو بود که نشان دهنده مقاومت فوق‌العاده در برابر شستشو بود.

**:: بحث و تجزیه، تحلیل**

**فرآیند تولید پارچه مقاوم در برابر اشعه فرابنفش**

مواد منسوجات به‌واسطه تابش فرابنفش متلاشی می‌شوند؛ زیرا برانگیختگی‌هایی در برخی از قسمت‌های ملکول پلیمر وجود دارد. عمدتا به نوع نخ و ساختار شیمیایی آن بستگی دارد.

پارچه‌های بافته شده ناحیه سطحی بزرگی دارد به گونه‌ای که نسبت به هجمه‌های تابش فرابنفش آسیب‌پذیری بیشتری دارد. نخ‌های طبیعی مانند کتان، ابریشم و پشم درجه جذبUPF کمتری نسبت به نخ‌های ترکیبی دارد. پارچه‌های کتان درجه بالاتری از UPF را نشان می‌دهد؛ زیرا آنها حاوی ناخالصی‌های طبیعی و همچنین ناخالصی‌های افزوده مانند پکتین و غیره هستند .پارچه‌های کتان رنگ شده UPF بالاتری را از خود نشان می‌دهند و کتان سفید و رنگبری شده UPF بسیار ضعیفی به دست می‌دهند. UVR از طریق فتواکسیداسیون به بیشتر پلیمرها حمله می‌کند .پارچه قدرت و ساختار بلوری خود را از دست می‌دهد.

پلی استر نیز تحت‌تاثیر تابش فرابنفش قرار می‌گیرد و پس از۳۰ روز قرارگرفتن در معرض آن، به مقدار۴۰ تا ۵۰ درصد می‌رسد. نخ‌های پلی‌استر در ناحیه‌های UVA و UVB بیش از نخ‌های پلی امید الیفاتیک جذب می‌کنند.

UPF نیز به ظرفیت تورم و واکشیدگی نخ‌ها بستگی دارد. همه طول موج‌های نور شامل نورمرئی است که تا حدی بر پارچه‌ها تاثیر می‌گذارد. ساخت پارچه‌های بافته شده و کشباف و انواع نخ تاثیر زیادی بر حفاظت در مقابل انتقال فرابنفش دارد.

UPF منسوجات به ساختار آنها، فضای بین نخ‌ها، نوع نخ آنها، رنگ، اشباع منسوجات، وجود روشن کننده‌های نوری و جاذب‌های فرابنفش بستگی دارد. تابش فرابنفش را می‌توان با منسوجات انتقال داد، جذب و منعکس نمود

در ارتباط با تولید منسوجات مقاوم در برابر اشعه فرابنفش می‌توان گفت، پارچه با نخ تولید می‌شود. تبدیل مواد اولیه به نخ را نخ‌ریسی می‌گویند. مواد اولیه در الیاف خام از طریق فیبر خام به نخ تبدیل می‌شوند که این کار با نخ‌ریسی از فیبر انجام می‌شود. این نخ‌ریسی توسط چرخ انجام می‌گیرد. بنابراین مرحله بعدی، ترکیب نخ‌ها برای تشکیل پارچه است. این فرآیند بافندگی نامیده می‌شود.

این کار توسط دستگاه بافندگی انجام می‌شود. پارچه، گونه‌ای بافت است. سپس پارچه پردازش می–شود که این فرآیند آخرین مرحله در تولید پارچه‌ی آماده است. سپس پارچه توسط نانوذراتی پوشانده می‌شود که به دلیل داشتن چند کارایی، هوشمند خواهد بود.

**:: حفاظت در مقابل اشعه ماورا بنفش**

نقش اصلی لباس‌های محافظ UV ، محافظت از پوست در برابر اثرات مضر آفتاب است. بنابراین محافظت‌کنندگی پارچه با استفاده از جاذب اشعه ماورا بنفش توسط مواد آلی یا معدنی با جذب شدید در محدوده۲۹۰ تا ۳۶۰ نانومتر روی منسوجات استفاده می‌شود تا فاکتور محافظت کننده در برابر اشعه ماورا بنفش (UPF) و فاکتور محافظت در برابر آفتاب (SPF) باشد.

مسدودسازی اشعه ماورا بنفش برای پارچه‌های پنبه‌ای با استفاده از روش سل– ژل ایجاد می‌شود. لایه نازکی از دی‌اکسید تیتانیوم بر روی سطح پارچه پنبه‌ای تحت فرآوری ایجاد می‌شود که محافظت بسیار بالایی در برابر اشعه ماورا بنفش به وجود می‌آورد.

این اثر حتی پس از۵۰ بار شستشو خانگی لباس نیز حفظ می‌شود. به غیر از دی اکسید تیتانیوم، نانومیله‌های اکسید روی نیز به طول۱۰ تا ۵۰ نانومتر برای ایجاد حفاظت در برابر اشعه ماورا بنفش روی پارچه پنبه‌ای استفاده می‌شود. مطالعات قبلی در مورد مسدود کردن اشعه ماورا بنفش، اثبات کرده است که پارچه فرآوری شده با نانومیله های اکسید روی، دارای درجه‌ای عالی از محافظت در برابر اشعه ماورا بنفش (UPF) است. این اثر را می توان با استفاده از روش‌های مختلف کاربرد نانوذرات بر روی سطح پارچه، افزایش داد.

امروزه کاربرد استفاده از نانو اکسیدهای نیمه‌رسانا با اندازه نانو، مثلا دی اکسید تیتانیوم و اکسید روی به عنوان محافظت کننده فرابنفش حائز اهمیت است. مکانیزم جذب UV به ساختار اتمی مواد نانوساختار بستگی دارد.

نمونه عمل شده با نانوساختارهای اکسیدفلزی انرژی پرتوهای UVبرابر یا بیشتر از باند گپ انرژی خود را جذب می‌کنند. انرژی باند گپ ذرات اکسیدروی و مس درحدود انرژی ناحیهUV طیف نورخورشید گزارش شده است و همچنین نسبت سطح به حجم زیاد نانوذرات توانایی جذب را به شدت افزایش می‌دهد.

مواد جاذب پرتو از جمله $TiO_2, ZnO, SiO_2$ و $Al_2O_3$ که به عنوان فوتوکاتالیست استفاده می‌شوند، به‌دلیل خواص ویژه از جمله پایداری حرارتی و شیمیایی بالا، پایداری در مقابل پرتوهای الکترومغناطیس و غیر سمی بودن نسبت به مواد محافظ آلی کاربرد بیشتری دارند.

دی اکسید تیتانیوم جذب بیشتری در ناحیه UVA و UVB و همچنین ضریب انعکاس بالاتری نسبت به دیگر مواد معدنی در دسترس دارد. از این‌رو، اغلب در بهبود خاصیت ضد پرتو از دی‌اکسید تیتانیوم استفاده می‌شود. همچنین این ماده در مستربچ الیاف مصنوعی استفاده می‌شود. نانوذرات دی اکسید تیتانیوم از خاصیت محافظت پرتو فرابنفش بیشتری نسبت به ذرات در ابعاد میکرو نشان می‌دهند.

تمایل بالا به منسوجات در نانو ذرات دی اکسید تیتانیوم ناشی از سطح مخصوص بالا و انرژی سطحی زیاد این ذرات می‌باشد. هرچند پارچه عمل نشده پنبه‌ای توانایی انعکاس، پخش و جذب برخی از نواحی پرتوهای الکترومغناطیس را دارد؛ لیکن این میزان برای محافظت کامل در مقابل این پرتوهای کافی نمی‌باشد.

سنتز درجای نانوذرات اکسید مس/اکسید روی بر روی پارچه پنبه‌ای سفیدگری شده خواص محافظتی بالایی ایجاد می‌کند. با استفاده از نمک سولفات مس و کلرید روی به عنوان پیش ماده، نانوذرات Cu2O/ZnO در محلول آب/قلیا با پارچه پنبه‌ای سنتز می‌شوند.

در مقایسه با نانوذرات تک جزیی اکسید مس و اکسید روی که مطابق با همان روش سنتز شدند؛ اثر هم‌افزایی خاصیت محافظت در برابر پرتوهای فرابنفش نانوذرات دو جزیی اکسید مس/اکسید روی با نانوذرات تک‌جزیی اثبات شده است.

پارچه عمل شده با نانوذرات اکسید روی در مقایسه با اکسید مس محافظت بیشتری در برابر پرتوهای فرابنفش نشان می‌دهد. اکسید روی به دلیل جذب بیشتر پرتوهای فرابنفش و ضریب انعکاس بالاتر نسبت به اکسید مس توانایی محافظت بهتری دارد. نانوذرات دو جزیی اکسید مس/اکسید روی نسبت به نانوذرات تک جزیی اکسید مس و اکسید روی خاصیت محافظت در برابر فرابنفش بیشتری را نشان می‌دهند.

در منسوجات و پلیمرها، پرتوهای فرابنفش یا حتی امواج نور مرئی می‌توانند باعث مضراتی از جمله رنگ پریدگی البسه رنگی، کاهش خواص مکانیکی، پوسیدگی و زردی منسوج پشمی می‌شود.

از این رو، استفاده از نانومواد معدنی در کاهش و به تاخیر انداختن این مضرات مورد تحقیق و بررسی قرار گرفته است. الیاف پشمی در میان دیگر الیاف از جمله پنبه‌ای یا مصنوعی کمترین میزان پایداری نوری دارد.

بنابراین الیاف پشمی در اثر نور دچار زردی می‌شوند و این مسئله مشکل اساسی در کاربرد منسوج پشمی است. با استفاده از نانوذرات غیرآلی از جمله TiO2, ZnO Al2O3، ایجاد زردی در اثر نور در الیاف پشمی به تاخیر اندخته می‌شود.

با استفاده از فرآیند پر کردن، ذرات نانو نه تنها روی سطح پارچه پوشانده می‌شوند، بلکه به داخل نخ‌ها و پارچه نیز نفوذ می‌کنند، یعنی بخشی از نانوذرات به ساختار پارچه نفوذ می‌کنند.

در طی فرآیند آغشته‌سازی، ذرات نانو نه تنها روی سطح پارچه پوشانده را می‌پوشاند، بلکه به درون نخ‌های پارچه نیز نفوذ می‌کند، یعنی بخشی از نانوذرات به ساختار پارچه نفوذ می‌کند.

این نانوذراتی که روی سطح باقی نمی‌مانند در محافظت از اشعهUV تاثیر چندانی ندارند. نکته قابل توجه این است که فقط قسمت روی پارچه در معرض اشعه قرار می‌گیرد و بنابراین، برای محافظت بهتر در برابر اشعه ماورا بنفش، تنها این سطح باید با نانوذرات پوشانده شود. روش پاشش که سطح پارچه با نانوذرات می‌تواند یک روش جایگزین برای استفاده از نانوذرات باشد .

**نتیجه‌گیری**

با توجه به خطرزا بودن اشعه فرابنفش برای انسان، به جز کاربرد منسوجات تولید شده با قابلیت محافظت‌کنندگی، هیچ گزینه دیگری برای پیشگیری از پراکنش تابش فرابنفش نورخورشید وجود ندارد.

فناوری نانو ویژگی‌های پیشرفته‌ای را در صنعت نساجی ارائه داده است که منجر به تولید منسوجات هوشمند می‌شود. پارچه‌های هوشمند خدماتی خاص و در نتیجه دوام و راحتی بسیار قابل قبولی را ارائه می‌دهند در حالی‌که هزینه ساخت را به حداقل می‌رساند. این پارچه‌های هوشمند می‌توانند با طیف گسترده‌ای از محصولات تجاری، صنعت نساجی را گسترش دهند. روش متداول مورد استفاده در پارچه‌ها برای انتقال خواص مختلف، تأثیرات دائمی ندارند و در نتیجه عملکرد آن‌ها پس از پوشیده شدن یا شستشو از بین می‌رود.

متعاقباً، منسوجات نانو، سودآوری بالایی دارند و در حال گسترش تولید پارچه‌های پیشرفته و دارای ویژگی‌های شگفت انگیز هستند. پارچه‌های تولید شده توسط فناوری نانو با داشتن عملکرد جدید، چشم‌اندازها و وظایف بزرگی را در زمینه صنعت نساجی ایجاد کرده‌اند.

با توجه به مشکلات استفاده از فلزات و پلیمرهای رسانا در بهبود خواص محافظتی منسوجات، استفاده از نانوذرات به عنوان لایه بسیار نازک بر روی منسوجات اهمیت ویژه‌ای یافته‌اند.

از این‌رو پژوهشگران به استفاده از نانوساختارهای فلزی در بهبود خواص محافظتی در برابر امواج الکترومغناطیس روی آوردند. به‌کارگیری نانوذرات و هیدروکسیل آپاتیت (TiO2, ZnO and Fe2O3) با دیگر مواد آلی/غیرآلی بر سطح منسوجات، علاوه بهبود خواص ثبات سایشی، دفع آب، و ضدمیکروبی، توانایی محافظت در برابر پرتوفرابنفش، الکترومغناطیس و مادون قرمز را نیز افزایش می‌دهد.

اخیرا تکمیل الیاف مصنوعی با نانوذرات نقره توانایی محافظت بالایی را در برابر امواج الکترومغناطیس ایجاد نموده است. این روش همچنین راحتی لازم را برای فرد در حین استفاده از لباس ایجاد می‌نماید.

استفاده از نانوذرات نقره به جای فولاد ضد زنگ مزایایی از جمله کاهش وزن، حفظ خواص مکانیکی منسوج، و پایداری بالا را در پی دارد. بدین منظور می‌توان از نانوذرات فلزی از جمله مس، نیکل یا ترکیبی از این مواد نیز استفاده نمود.

نانومواد با استفاده از ترکیب‌های غیر آلی دی اکسید تیتانیوم و اکسید روی که مسدود کننده‌های UV هستند، محافظت در برابر اشعه ماورابنفش را ایجاد می‌کند. کاربرد بالقوه فناوری نانو ترکیب‌های هوشمندی را فراهم می‌کند که منجر به ایجاد خواص مفیدی در پارچه می‌شوند.

پارچه کتان با نانوذرات معدنی مختلف مانند نانولوله‌های کربنی و اکسید تیتانیوم پوشانده شده است، بنابراین این مواد عملکردی هوشمنددارند که به این فرآیند پارچه هوشمند گفته می‌شود و نانومواد نیز به عنوان جاذب UV عمل می‌کنند.

**تقدیر و تشکر**

با سپاس زحمات و حمایت‌های سرکار خانم دکتر مرضیه شفاپور در انجام این پژوهش

**منابع در دفتر نشریه موجود است.**