INSO
1st Edition

2022

Identical with:
ISO/TS
23650:2022

جمهوری اسلامی ایران
Islamic Republic of Iran
سازمان ملی استاندارد ایران

Iran National Standards Organization

استاندارد ملی ایران

.....

۱۴۰۱

فناوری نانو- ارزشیابی عملکرد ضدمیکروبی منسوجات حاوی نانومواد ساخته‌شده

Nanotechnologies- Evalution of the antimicrobial performance of textiles containing manufactured nanomaterials

ICS: 07.120

سازمان ملی استاندارد ایران

تهران، ضلع جنوب غربی میدان ونک، خیابان ولیعصر، پلاک ۲۵۹۲

صندوق‌پستی: ۶۱۳۹-۱۴۱۵۵ تهران- ایران

تلفن: ۵-۸۸۸۷۹۴۶۱

دورنگار: ۸۸۸۸۷۰۸۰ و ۸۸۸۸۷۱۰۳

کرج، شهر صنعتی، میدان استاندارد

صندوق پستی: ۱۶۳-۳۱۵۸۵ کرج - ایران

تلفن: ۸-۳۲۸۰۶۰۳۱ (۰۲۶)

دورنگار: ۳۲۸۰۸۱۱۴ (۰۲۶)

رایانامه: standard@inso.gov.ir

وبگاه: http://www.inso.gov.ir

Iranian National Standardization Organization (INSO)

No. 2592 Valiasr Ave., South western corner of Vanak Sq., Tehran, Iran

P. O. Box: 14155-6139, Tehran, Iran

Tel: + 98 (21) 88879461-5

Fax: + 98 (21) 88887080, 88887103

Standard Square, Karaj, Iran

P.O. Box: 31585-163, Karaj, Iran

Tel: + 98 (26) 32806031-8

Fax: + 98 (26) 32808114

Email: standard@inso.gov.ir

Website: http://www.inso.gov.ir

به نام خدا

آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

سازمان ملی استاندارد ایران به موجب بند یک مادهٔ ۷ قانون تقویت و توسعه نظام استاندارد، ابلاغ‌شده در دی ماه ۱۳۹۶، وظیفه تعیین، تدوین، به‌روزرسانی و نشر استانداردهای ملی را برعهده دارد.

تدوین استاندارد در حوزه‌های مختلف در کمیسیون‌های فنی مرکب از کارشناسان سازمان، صاحب‌نظران مراکز و مؤسسات علمی، پژوهشی، تولیدی و اقتصادی آگاه و مرتبط انجام می‌شود و کوششی همگام با مصالح ملی و با توجه به شرایط تولیدی، فناوری و تجاری است که از مشارکت آگاهانه و منصفانهٔ صاحبان حق و نفع، شامل تولیدکنندگان، مصرف‌کنندگان، صادرکنندگان و واردکنندگان، مراکز علمی و تخصصی، نهادها، سازمان‌های دولتی و غیردولتی حاصل می‌شود. پیش‌نویس استانداردهای ملی ایران برای نظرخواهی به مراجع ذی‌نفع و اعضای کمیسیون‌های مربوط ارسال می‌شود و پس از دریافت نظرها و پیشنهادها در کمیتهٔ ملی مرتبط با آن رشته طرح و در صورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی (رسمی) ایران چاپ و منتشر می‌شود.

پیش‌نویس استانداردهایی که مؤسسات و سازمان‌های علاقه‌مند و ذی‌صلاح نیز با رعایت ضوابط تعیین شده تهیه می‌کنند درکمیته ملی طرح، بررسی و درصورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی ایران چاپ و منتشر می‌شود. بدین ترتیب، استانداردهایی ملی تلقی می‌شود که بر اساس مقررات استاندارد ملی ایران شمارهٔ ۵ تدوین و در کمیتهٔ ملی استاندارد مربوط که در سازمان ملی استاندارد ایران تشکیل می‌شود به تصویب رسیده باشد.

سازمان ملی استاندارد ایران از اعضای اصلی سازمان بین‌المللی استاندارد (ISO)[1]، کمیسیون بین‌المللی الکتروتکنیک (IEC)[2] و سازمان بین‌المللی اندازه‌شناسی قانونی (OIML)[3] است و به عنوان تنها رابط[4] کمیسیون کدکس غذایی (CAC)[5] در کشور فعالیت می‌کند. در تدوین استانداردهای ملی ایران ضمن توجه به شرایط کلی و نیازمندی‌های خاص کشور، از آخرین پیشرفت‌های علمی، فنی و صنعتی جهان و استانداردهای بین‌المللی بهره‌گیری می‌شود.

سازمان ملی استاندارد ایران می‌تواند با رعایت موازین پیش‌بینی شده در قانون، برای حمایت از مصرف‌کنندگان، حفظ سلامت و ایمنی فردی و عمومی، حصول اطمینان از کیفیت محصولات و ملاحظات زیست‌محیطی و اقتصادی، اجرای بعضی از استانداردهای ملی ایران را برای محصولات تولیدی داخل کشور و/یا اقلام وارداتی، با تصویب شورای عالی استاندارد، اجباری کند. سازمان می‌تواند به منظور حفظ بازارهای بین‌المللی برای محصولات کشور، اجرای استاندارد کالاهای صادراتی و درجه‌بندی آن را اجباری کند. همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده‌کنندگان از خدمات سازمان‌ها و مؤسسات فعال در زمینهٔ مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و صدور گواهی سیستم‌های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست‌محیطی، آزمایشگاه‌ها و مراکز واسنجی (کالیبراسیون) وسایل سنجش، سازمان ملی استاندارد این‌گونه سازمان‌ها و مؤسسات را بر اساس ضوابط نظام تأیید صلاحیت ایران ارزیابی می‌کند و در صورت احراز شرایط لازم، گواهینامهٔ تأیید صلاحیت به آن‌ها اعطا و بر عملکرد آن‌ها نظارت می‌کند. ترویج دستگاه بین‌المللی یکاها، واسنجی وسایل سنجش، تعیین عیار فلزات گرانبها و انجام تحقیقات کاربردی برای ارتقای سطح استانداردهای ملی ایران از دیگر وظایف این سازمان است.

1- International Organization for Standardization
2- International Electrotechnical Commission
3- International Organization for Legal Metrology (Organisation Internationale de Metrologie Legals)
4- Contact point
5- Codex Alimentarius Commission

کمیسیون فنی تدوین استاندارد

«فناوری نانو- ارزشیابی عملکرد ضدمیکروبی منسوجات حاوی نانومواد ساخته‌شده»

رئیس:	**سمت و/یا محل اشتغال:**
قاضی خوانساری، محمود (دکتری تخصصی سم‌شناسی)	عضو هیئت علمی- دانشگاه علوم پزشکی تهران- دانشکده پزشکی
دبیر:	
کاکنج، مریم (دکتری تخصصی سم‌شناسی)	عضو هیئت علمی- سازمان غذا و دارو-آزمایشگاه‌های مرجع کنترل غذا و دارو و تجهیزات پزشکی
اعضا: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)	
اسدیان، الهام (دکتری تخصصی علوم و فناوری نانو)	عضو هیئت علمی- دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی- دانشکده فناوری‌های نوین پزشکی
اسلامی‌پور، الهه (کارشناسی ارشد زیست‌شناسی)	کارشناس- کارگروه استاندارد و ایمنی- ستاد ویژه توسعه فناوری نانو
سیفی، مهوش (کارشناسی ارشد مدیریت دولتی)	مشاور- گروه استاندارد و ارزیابی محصولات ستاد ویژه فناوری نانو
سهرابی، ابوذر (دکتری تخصصی فناوری نانو)	مدیر عامل- شرکت راصد توسعه فناوری‌های پیشرفته
خزدوز، ناهید (کارشناسی ارشد مهندسی نساجی)	مدیر برنامه‌ریزی و توسعه پژوهش – جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر
رضوی، شبنم (دکتری تخصصی بیوتکنولوژی پزشکی)	عضو هیئت علمی- دانشگاه علوم پزشکی ایران- دانشکده پزشکی

اعضا: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)	**سمت و/یا محل اشتغال:**
غیبی، علی (کارشناسی ارشد مهندسی نساجی)	مسئول تحقیق و توسعه- شرکت فناوران نانومقیاس
کوهی، محمد کاظم (دکتری تخصصی سم‌شناسی)	عضو هیئت علمی- دانشگاه تهران- دانشکده دامپزشکی
مختاری، فهیم دخت (کارشناسی ارشد ایمونولوژی)	کارشناس-پژوهشگاه استاندارد
ورسه‌ای، مهدی (دکتری تخصصی مهندسی تکنولوژی نساجی)	عضو هیئت علمی- دانشگاه آزاد اسلامی- واحد علوم و تحقیقات تهران

ویراستار:	
سیفی، مهوش (کارشناسی ارشد مدیریت دولتی)	مشاور- گروه استاندارد و ارزیابی محصولات ستاد ویژه فناوری نانو

فهرست مندرجات

عنوان **صفحه**

پیش‌گفتار ز
مقدمه ح
۱ هدف و دامنه کاربرد ۱
۲ مراجع الزامی ۱
۳ اصطلاحات و تعاریف ۲
۴ نمادها و کوته‌نوشت‌ها ۴
۵ مشخصه‌های نانومواد فلزی یا اکسید فلزی در TCMNMs ۴
۵-۱ کلیات ۴
۵-۲ مشخصه‌های فیزیکوشیمیایی نانومواد فلزی و اکسید فلزی ۵
۵-۳ روش‌های مشخصه‌یابی ۶
۶ اندازه‌گیری نانومواد فلزی یا اکسید فلزی رهایش‌یافته ۶
۶-۱ اصول ۶
۶-۲ آماده‌سازی محلول تعریق انسانی ۷
۶-۲-۱ کلیات ۷
۶-۲-۲ روش اندازه‌گیری ۷
۶-۳ روش اجرایی شستشو ۷
۷ تعیین فعالیت‌های ضدباکتریایی TCMNMs ۸
۷-۱ اصول ۸
۷-۲ فعالیت ضدباکتریایی ۸
۷-۳ فعالیت ضدقارچی ۸
۷-۴ خاصیت ضدبو ۹
۸ گزارش آزمون ۹
پیوست الف (آگاهی‌دهنده) روش‌های مشخصه‌یابی فیزیکی نانومواد در TCMNMs ۱۴
پیوست ب (آگاهی‌دهنده) مشخصه‌یابی شیمیایی نانومواد در TCMNMs ۱۷
پیوست پ (آگاهی‌دهنده) تعیین فعالیت ضدباکتریایی، ضدقارچی و ضدبو TCMNMs ۱۸
کتابنامه ۲۱

پیش‌گفتار

استاندارد «فناوری نانو- ارزشیابی عملکرد ضدمیکروبی منسوجات حاوی نانومواد ساخته‌شده» که پیش‌نویس آن در کمیسیون‌های مربوط بر مبنای پذیرش استانداردهای بین‌المللی به‌عنوان استاندارد ملی ایران به روش اشاره شده در مورد الف، بند ۷، استاندارد ملی ایران شمارهٔ ۵ تهیه و تدوین شده در یکصدوبیست‌ودومین اجلاسیه کمیتهٔ ملی استاندارد فناوری نانو مورخ ۱۴۰۱/۰۹۰/۲۸ تصویب شد. اینک این استاندارد به استناد بند یک مادهٔ ۷ قانون تقویت و توسعه نظام استاندارد، مصوب در دی ماه ۱۳۹۶، به‌عنوان استاندارد ملی ایران منتشر می‌شود.

استانداردهای ملی ایران براساس استاندارد ملی ایران شمارهٔ ۵ (استانداردهای ملی ایران- ساختار و شیوهٔ نگارش) تدوین می‌شوند. برای حفظ همگامی و هماهنگی با تحولات و پیشرفت‌های ملی و جهانی در زمینه صنایع، علوم وخدمات، استانداردهای ملی ایران در صورت لزوم تجدیدنظر خواهند شد و هر پیشنهادی که برای اصلاح یا تکمیل این استانداردها ارائه شود، در هنگام تجدیدنظر درکمیسیون فنی مربوط، موردتوجه قرارخواهدگرفت. بنابراین، باید همواره از آخرین تجدیدنظر استانداردهای ملی ایران استفاده کرد.

این استاندارد ملی بر مبنای پذیرش استاندارد بین‌المللی زیر به روش «معادل یکسان» تهیه و تدوین شده و شامل ترجمه تخصصی کامل متن آن به زبان فارسی می‌باشد و معادل یکسان استاندارد بین‌المللی مزبور است:

ISO/TS 23650: 2021 Nanotechnologies — Evaluation of the antimicrobial performance of textiles containing manufactured nanomaterials

مقدمه

استفاده از فناوری نانو در صنعت نساجی عملکردهای جدیدی مانند فعالیت ضدمیکروبی، مقاومت در برابر لک‌شدگی، پرتو فرابنفش، چروک‌شدن[1]، تأخیر در کندسوزکنندگی[2]، افزایش استحکام مکانیکی نسبت به منسوجات معمولی بدون از دست دادن قابل‌توجه یا تغییر خواص اولیه، ارائه کرده‌است. براساس وبگاه پایگاه داده‌های نانویی [17]، درحال‌حاضر بیش از ۴۰۰ نوع منسوج حاوی نانومواد ساخته‌شده (TCMNMs)[3] وجود دارد که آنها را درمیان سایر محصولات نانو به دومین بازار بزرگ تبدیل می‌کند.

رشد سریع و مستمر TCMNMs، نیاز به تدوین استانداردهای بین‌المللی خاص برای نانومواد ساخته‌شده (MNMs)[4] در زمینه دستورالعمل‌های فرایندهای آزمون و منسوجات را ایجاد می‌کند. این یک نیاز دوطرفه صنعت و مصرف‌کننده است.

TCMNMs را می‌توان براساس نحوه ادغام نانومواد در منسوجات به سه گروه شامل منسوجات نانوتکمیل[5]، نانوچندسازه و نانولیفی طبقه‌بندی کرد [1]:

الف- منسوجات نانوتکمیل: منسوجاتی هستند که پس از تولید منسوج، ازطریق فرایندها، عملیات و پوشش‌های پساتولید، خاصیت کاربردی در مقیاس نانو به آنها اضافه می‌شود، تا سطوح دارای نانوساختار بر روی بسترهای الیاف ایجاد شود. بیشتر نانومنسوجات موجود در بازار مصرف دراین گروه قرار دارند.

ب- منسوجات نانوچندسازه: منسوجاتی هستند که از الیافی حاوی یک یا چند جزء نانوساختاری یا نانومقیاس بوده و ازطریق گنجاندن خواص نانومقیاس به‌اجزای لیفی پیش از ساخت تولید می‌شوند.

پ- منسوجات نانولیفی: منسوجات متشکل از نانوالیافی هستند که سطح مقطعی در مقیاس نانو دارند و ممکن است طولی در مقیاس نانو داشته یا نداشته باشند.

برای افزایش خواص ضدمیکروبی، الیاف منسوج طبیعی و مصنوعی را می‌توان با نانومواد و موادشیمیایی مختلف عمل‌آوری کرد. فعالیت‌های ضدمیکروبی TCMNMs شامل فعالیت‌هایی بر ضد باکتری‌ها، قارچ‌ها، ویروس‌ها و سایر میکرواورگانیسم‌ها (ریزاندامگان‌ها) است. همچنین فعالیت‌های ضدمیکروبی با کاهش فعالیت میکروبی می‌تواند منجر به ایجاد خاصیت ضدبو نیز شود. برای TCMNMs ضدمیکروبی، به‌طور معمول از فلزات مختلف، به‌طور عمده نقره و مس و اکسیدهای فلزی مانند اکسید مس (CuO)[6]، دی‌اکسید تیتانیم (TiO_2)[7] و اکسید روی (ZnO)[8] استفاده می‌شود.

1- Wrinkle
2- Flame retardancy
3- Textiles containing manufactured nanomaterials
4- Manufactured nanomaterials
5- Nanofinished
6- Copper oxide
7- Titanium dioxide
8- Zinc oxide

مشخصه‌های متعددی از MNMs ازجمله اندازه، شکل، مساحت سطح، ترکیب‌بندی شیمیایی، شیمی سطح و بار سطحی، تأثیرات زیادی برعملکرد ضدمیکروبی آنها دارد. اندازه و شکل MNMs به‌دلیل ارتباط آنها با مساحت سطح، تأثیرات مهمی بر خاصیت ضدمیکروبی آنها دارد. به‌طور کلی، خواص ضدمیکروبی نانوذرات وابسته به اندازه است. ذرات کوچک‌تر با نسبت مساحت سطح به حجم بالاتر، تماس بیشتری با سلول‌های باکتری یا قارچی یا هر دو دارند که موجب افزایش اثربخشی باکتری‌کشی یا قارچ‌کشی یا هر دو می‌شود [2]. بنابراین، وقتی MNMs حتی در غلظت‌های پایین به منسوجات افزوده می‌شود، فعالیت ضدمیکروبی قابل‌توجهی در مقایسه با همتایان خود در مقیاس میکرو و ماکرو نشان می‌دهند [3]-[5]. شکل MNMs به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای بر سرعت برهم‌کنش و دریافت ذرات از طریق سلول‌های میکروبی تأثیر می‌گذارد. به‌عنوان مثال، نانوذرات کروی‌شکل طلا دریافت سلولی بالاتری نسبت به ذرات نانومیله نشان دادند [۷]. بار سطحی MNMs از دیگر مشخصه‌های مهمی است که می‌تواند با روش پتانسیل زتا اندازه‌گیری شود. اثر ضدمیکروبی MNMs با برهم‌کنش الکترواستاتیک (الکترولیستا) بین MNMs دارای بار مثبت و غشاهای سلول میکروبی دارای بار منفی ایجاد می‌شود که سرانجام منجر به آسیب سلولی و مهار رشد و تکثیر آنها می‌شود. شیمی سطح MNMs اثر مهمی بر فعالیت ضدمیکروبی آنها دارد. وجود گروه‌های عاملی، عوامل درپوش‌گذاری[1] یا مولکول‌های‌زیستی[2] روی سطح نانومواد نیز تأثیر بالقوه‌ای بر فعالیت‌های ضدباکتریایی آنها دارد. عامل‌دار کردن سطح نانوذرات ضدمیکروبی مانند نانوذرات نقره با مولکول‌های زیستی فعال، فعالیت ضدباکتریایی بیشتری در مقایسه با نمونه‌های بدون عامل[3] نمایش دادند [8]. ارتباط متقابل ذکرشده در بالا اثر مهم مشخصه‌های فیزیکوشیمیایی عملکرد ضدمیکروبی TCMNMs را برجسته می‌کند.

درحال‌حاضر، انواع محصولات TCMNMs با خاصیت ضدمیکروبی مانند لباس زیر، پیراهن، جوراب و ملحفه/ روپوش در بازار وجود دارد. سازوکار عمل ضدمیکروبی نانومواد می‌تواند به‌طور معمول به‌صورت یکی از سه مدل شرح داده شود: القای تنش اکسایشی، رهایش یون فلزی یا سازوکارهای غیراکسایشی که همچنین می‌توانند به‌طور همزمان رخ‌دهند [1].

فعالیت ضدمیکروبی TCMNMs می‌تواند پس از چندین بار شستشو و مواجهه با عرق بدن به‌دلیل رهایش احتمالی نانومواد گنجانده‌شده و همچنین اثر شیمیایی عرق و محلول لباسشویی بر نانوترکیبات به میزان قابل‌ملاحظه‌ای کاهش یابد. در زمان تدوین این استاندارد، هیچ استاندارد ISO مخصوص محصولات TCMNM وجود ندارد (اما استاندارد ملی ایران شماره ۲۱۱۹۵: سال ۱۳۹۹ در این زمینه موجود است). بنابراین، تدوین یک استاندارد برای تعیین عملکرد ضدمیکروبی TCMNMS تحت فرایند شستشو و تعریق بدن می‌تواند تجارت و رشد بازار را تسهیل کند. شایان ذکر است که تاکنون استانداردهای ISO منتشرشده مربوط به ارزیابی خواص ضدمیکروبی منسوجات معمولی هستند. علاوه‌براین، یک استاندارد انجمن آمریکایی برای مواد و آزمون‌ها (ASTM)[4] برای تشخیص و مشخصه‌یابی نانومواد نقره در منسوجات وجود دارد [9].

1- Capping agents
2- Biomolecules
3- Bare
4- American society for testing and materials

بااین‌حال، این استانداردها به رهایش بالقوه نانومواد/ نانوساختاریافته از TCMNNs پس از شستشو یا تعریق و پیامد احتمالی آنها بر فعالیت ضدمیکروبی این منسوجات اشاره نمی‌کنند.

این استاندارد به ایمنی نانو و تأثیر زیست‌محیطی ناشی از رهایش نانومواد از TCMNMs در هوا، آب و محل دفن زباله نمی‌پردازد. داده‌های مربوطبه رهایش نانومواد از پارچه‌ها در شرایط مختلفی مانند تعریق، تنش‌های مکانیکی (سایش مکرر) در طی فرایند شستشو در ماشین لباسشویی، به‌عنوان اطلاعات اساسی برای درک رهایش بالقوه در محیط درنظر گرفته می‌شوند.

عرق مصنوعی محلول مناسبی برای استفاده به‌عنوان ماده‌ای شبیه عرق پوست انسان است که به منظور تعیین مقدار رهایش نانومواد از TCMNMs به بدن انسان به کار می‌رود. در بسیاری از کاربردهای TCMNMs، مانند لباس‌های انسان، امکان تماس پوستی و برهم‌کنش با نانومواد گنجانده‌شده بسیار زیاد است [10]. درچنین شرایطی، برهم‌کنش ایجادشده و رهایش نانوماده همچنین می‌تواند بر عملکرد ضدباکتریایی TCMNMs تأثیر بگذارد.

با درنظرگرفتن اثرات فرایند شستشو و عرق انسان بر رهایش نانومواد از TCMNMs و همچنین TCMNMs که تحت فرایند شستشو و مواجهه با محلول عرق مصنوعی بدن انسان قرار گرفته‌اند، در این استاندارد روش‌های اندازه‌گیری نانومواد رهاشده از TCMNMs، عملکرد ضدباکتریایی و روش ارزیابی TCMNMs شرح داده شده‌است.

فناوری نانو- ارزشیابی عملکرد ضدمیکروبی منسوجات حاوی نانومواد ساخته‌شده

۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد تعیین روش ارزیابی عملکرد ضدمیکروبی منسوجات حاوی نانومواد ساخته‌شده (فلزات/ اکسیدهای فلزی) TCMNMs است. منسوجات موجود در این استاندارد شامل پارچه، نخ و الیافی است که در آنها از نانومواد ساخته‌شده درطی فرایند تولید یا تکمیل استفاده می‌شوند. همچنین، این استاندارد پروتکل‌هایی را برای تعیین مقدار نانومواد رهاشده از منسوجات پس‌از شستشو و/یا مواجهه با عرق مصنوعی بدن انسان را مشخص می‌کند.

این استاندارد فقط روش ارزیابی عملکرد ضدباکتریایی، ضدقارچی و ضدبو TCMNMs را پوشش می‌دهد.

این استاندارد منسوجاتی را که کاربرد درمانی دارند، همچنین جنبه‌های محیطی، بهداشتی و ایمنی (EHS)[1] مرتبط با TCMNMs را پوشش نمی‌دهد. علاوه‌بر این، رهایش نانومواد از TCMNMs ناشی از کهنگی، سایش سطحی[2] و عمیق (تا مرز سوراخ‌شدن)[3] را پوشش نمی‌دهد، اگرچه به‌عنوان یک عامل موثر در رهایش نانومواد درنظرگرفته می‌شوند.

۲ مراجع الزامی

در مراجع زیر ضوابطی وجود دارد که در متن این استاندارد به‌صورت الزامی به آنها ارجاع داده شده است. بدین ترتیب، آن ضوابط جزئی از این استاندارد محسوب می‌شوند.

درصورتی‌که به مرجعی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده شده باشد، اصلاحیه‌ها و تجدیدنظرهای بعدی آن برای این استاندارد الزام‌آور نیست. در مورد مراجعی که بدون ذکر تاریخ انتشار به آنها ارجاع داده شده است، همواره آخرین تجدیدنظر و اصلاحیه‌های بعدی برای این استاندارد الزام‌آور است.
استفاده از مراجع زیر برای این استاندارد الزامی است:

2-1 ISO 105-E04, Textiles- Tests for colour fastness- Part E04:Colour fastness to perspiration

یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره ۱۷۶: سال ۱۳۹۲، نساجی- آزمون‌های ثبات رنگ- ثبات رنگ در برابر عرق بدن، تجدیدنظر چهارم، با استفاده از استاندارد ISO- 105-E04: 2014 تدوین شده‌است.

2-2 ISO 6330, Textiles- Domestic washing and drying procedures for textile testing

---

1- Environment, Health and Safety
2- Dry attrition
3- Abrasion

یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره ۷۶۶۴: سال ۱۳۹۳، نساجی- روش‌های شستشو و خشک کردن خانگی برای آزمون‌های نساجی، تجدید نظر اول، با استفاده از استاندارد ISO 6330: 2012 تدوین شده‌است.

2-3 ISO 20743:2021, Textiles-Determination of antibacterialactivity of textile products

یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره ۱۱۰۷۰: سال ۱۳۹۳، نساجی- تعیین فعالیت ضدباکتریایی در کالاهای نساجی، تجدیدنظر اول، با استفاده از استاندارد ISO 20743: 2013 تدوین شده‌است.

2-4 ISO 13629-1, Textiles- Determination of antifungal activity of textile products- part1: Luminescence method

2-5 ISO/TS 80004-1, Nanotechnologies- Vocabulary- part 1: Core terms

یادآوری- استاندارد ملی ایران- ایزو شماره ۱-۸۰۰۰۴: سال ۱۳۹۵، فناوری نانو-واژه نامه- قسمت ۱: اصطلاحات اصلی، با استفاده از استاندارد ISO/TS 80004-1:2015 تدوین شده‌است.

2-6 EN 16711-1, Textiles- Determination of metal content- part 1: Determination of metals using microwave digestion

۳ اصطلاحات و تعاریف

در این استاندارد علاوه‌بر اصطلاحات با تعاریف ارائه‌شده در استانداردهای ISO 6330 و 80004-1 اصطلاحات با تعاریف زیر نیز به‌کار می‌روند[۱].

۳-۱

نانوماده

nanomaterial

ماده‌ای که هر بعد خارجی آن نانومقیاس است یا ساختار داخلی یا ساختار سطحی آن نانومقیاس است.

یادآوری ۱- این اصطلاح عمومی شامل *نانوشیء* و ماده نانوساختار است.

[منبع: زیربند ۲-۴، استاندارد ملی ایران – ایزو شماره ۱-۸۰۰۰۴: سال ۱۳۹۵، تغییریافته- یادآوری ۲ حذف شده‌است.]

۳-۲

منسوج

textile

۱- اصطلاحات و تعاریف به‌کاررفته در این استاندارد در وبگاه‌های www.iso.org/obp ، www.electropedia.org قابل‌دسترس است.

پارچه‌های تاری-پودی[1]، حلقوی[2] و غیره که از درکنار هم قرارگرفتن و انسجام نخ‌ها با طرح بافت خاصی تشکیل می‌شوند و عموماً برای کاربردهای لباس یا مبلمان درنظر گرفته می‌شوند.

یادآوری- منسوجات اغلب شامل انواع خاصی از پارچه های بی‌بافت[3] هستند.

[منبع: زیربند ۲-۴، استاندارد ISO 16373-3:2014]

۳-۳

فعالیت ضدباکتریایی

antibacterial activity

فعالیت ناشی از فرایند تکمیل ضدباکتریایی مورداستفاده برای جلوگیری یا کم کردن رشد، کاهش تعداد یا از بین بردن باکتری‌ها است.

[منبع: زیربند ۳-۴، استاندارد ملی ایران شماره ۱۱۰۷۰: سال ۱۳۹۳]

۴-۳

فعالیت ضدقارچی

antifungal activity

فعالیت برای جلوگیری یا کاهش رشد قارچ که به‌صورت تفاوت مقدار رشد در لگاریتم *ATP* (۳-۶) بین نمونه کنترل و آزمون بیان می‌شود.

[منبع: زیربند 6.3، استاندارد ISO 13629-1:2012O]

۵-۳

آدنوزین تری‌فسفات

ATP

آدنوزین تری‌فسفات، یک نوکلئوتید چندکارکردی موجود در قارچ‌های زنده است.

[منبع: زیربند 5.3، استاندارد ISO 13629-1:2012]

۶-۳

روش‌اجرایی شستشو

washing procedure

دوره کامل شستشو که طبق برنامه تعیین‌شده شامل عملیات پرکردن آب، شستشو، آبکشی‌های مکرر، آب‌گیری و پرکردن مجدد آب و آب‌گیری نهایی است.

[منبع: زیربند ۳-۷، استاندارد ملی ایران شماره ۷۶۶۴: سال ۱۳۹۳]

1- Woven fabric
2- Knitted fabric
3- Non-woven fabrics

۴ نمادها و کوته‌نوشت‌ها

کوته‌نوشت	اصطلاح انگلیسی	معادل فارسی
AAS	Atomic absorption spectroscopy	طیف‌سنجی جذب اتمی
AFM	Atomic force microscopy	میکروسکوپی نیروی اتمی
AES	Auger electron spectroscopy	طیف‌سنجی الکترون اوژه
ATP	Adenosine triphosphate	آدنوزین تری‌فسفات
BET	Brunauer, Emmett, and Teller	روش بت
ELS	Electrophoretic light scattering	طیف‌سنجی پراکندگی نور الکتروکوچی
FESEM	Field emission scanning electron microscopy	میکروسکوپی الکترونی روبشی نشر میدانی
ICP-AES	Inductively coupled plasma-atomic emission spectroscopy	طیف‌سنجی پلاسمای جفت‌شدهٔ القایی-نشر اتمی
ICP-MS	Inductively coupled plasma-mass spectrometry	طیف‌سنجی پلاسمای جفت‌شدهٔ القایی-جرمی
MNM	Transmission electron microscopy	نانوماده ساخته‌شده
TCMNM	Textiles containing manufactured nanomaterial	منسوجات حاوی نانوماده ساخته‌شده
TEM	Transmission electron microscopy	میکروسکوپی الکترونی عبوری
SAED	Selected area (electron) diffraction	پراش ناحیه الکترون انتخاب‌شده
XPS	X-ray photoelectron spectroscopy	طیف‌سنجی فوتوالکترون پرتو ایکس

۵ مشخصه‌های نانومواد فلزی و اکسید فلزی در TCMNMs

۵-۱ کلیات

همان‌طورکه قبلاً در بخش مقدمه ذکر شد، آگاهی در مورد مشخصه‌های فیزیکوشیمیایی نانومواد استفاده‌شده در TCMNMs با توجه به اثرات قابل‌توجه آنها بر عملکرد ضدمیکروبی آنها مهم است. همانطورکه در جدول ۱ نشان داده شده‌است، این مشخصه‌ها باید با توجه به‌توافق ذی‌نفعان و کاربرد ویژه، اندازه‌گیری و گزارش شوند.

طیف گسترده‌ای از روش‌های آنالیزی برای تشخیص و مشخصه‌یابی نانومواد در منسوجات موجود است. انتخاب روش‌های مناسب بستگی به قابلیت‌ها، مزایا و محدودیت‌های روش‌ها دارد. همچنین، هزینه و در دسترس‌بودن دستگاه باید درنظر گرفته شود. هیچ روش واحدی برای تشخیص و مشخص‌کردن MNMs در منسوجات وجود ندارد.

۲-۵ مشخصه‌های فیزیکوشیمیایی نانومواد فلزی یا اکسید فلزی

روش‌های تجاری موجود برای اندازه‌گیری مشخصه‌های فیزیکوشیمیایی نانومواد و تعاریف مرتبط با مشخصه‌های آنها در استانداردهای ISO 80004-6 و ISO/TR 18196 به‌ترتیب موجود است. همچنین، مشخصه‌ها و روش‌های اندازه‌گیری برای شکل‌های پودری یا کلوئیدی نانوذرات نقره به‌عنوان عوامل ضدباکتریایی در استاندارد ISO/TS 20660 موجود است.

این مشخصه‌های فیزیکوشیمیایی شامل شکل، اندازه، بار سطحی، ترکیب‌بندی شیمیایی و شیمی سطح MNMs می‌شود. جدول ۱، فهرستی از مشخصه‌های فیزیکوشیمیایی و روش‌های اندازه‌گیری آنها را برای TCMNMs خلاصه می‌کند.

جدول ۱- فهرست مشخصه‌های فیزیکوشیمیایی نانومواد فلزی یا اکسیدهای فلزی مورداستفاده در TCMNMS

مشخصه/ خاصیت	روش‌های اندازه‌گیری
اندازه ذره، شکل و توزیع اندازه	TEM, SEM, AFM, FESEM
پتانسیل زتا	ELS
مساحت سطح	BET
شیمی سطح	AES, XPS
ترکیب‌بندی شیمیایی	ICP-AES, ICP- MS, AAS
شناسایی فاز	SAED, TEM

همانطورکه قبلاً ذکر شد، نانومواد مورداستفاده در منسوجات یا در ساختار لیف و یا به‌عنوان پوشش روی منسوجات با روش‌های مختلف به‌کار برده می‌شوند. ازسوی دیگر، چنین الیاف و منسوجات ساخته‌شده از آنها را می‌توان برای اهداف مختلف، فراوری بیشتری انجام داد. در برخی موارد، ممکن است برای مشخصه‌یابی و تشخیص نانومواد مورداستفاده برای خصوصیات ضدباکتریایی پیچیدگی‌هایی وجود داشته باشد. این پیچیدگی‌ها شامل شباهت‌های احتمالی عنصری و شیمیایی عوامل شیمیایی مختلف برای اهداف گوناگون (برای مثال رنگرزی، چاپ) با نانومواد مورداستفاده است. بنابراین، برای شناسایی عوامل شیمیایی از شباهت‌های احتمالی عنصری و شیمیایی، باید دقت کرد که مجموعه‌ای از روش‌های اندازه‌گیری مناسب انتخاب شود، زیرا معمولاً در چنین مواردی برای حل مشکل هیچ روش واحدی مناسب نیست. دراین رابطه، استاندارد ASTM E3025-16 [15] برخی از روش‌های اندازه‌گیری مشخصه‌های فیزیکوشیمیایی و چالش‌های مربوط به تشخیص منسوجات حاوی نانومواد نقره را که می‌توان درنظر گرفت، بیان می‌کند [9].

۳-۵ روش‌های مشخصه‌یابی

شرح مختصری از روش‌های مشخصه‌یابی ذکرشده TCMNMs در پیوست **الف** و پیوست **ب** ارائه شده‌اند. برای آنالیز ترکیب‌بندی شیمیایی، نمونه باید مطابق یکی از روش‌های‌اجرایی هضم اسیدی یا هضم میکروویو موجود در بند ب-۳ هضم شود. هدف از هضم، تجزیه کامل زمینه جامد TCMNMs برای انتقال نانومواد به محلول برای اندازه‌گیری در مرحله بعد است. انتخاب روش هضم بستگی به موجود بودن دستگاه و توافق بین طرف‌های ذی‌نفع دارد.

۶ اندازه‌گیری نانومواد فلزی یا اکسید فلزی رهاشده

۶-۱ اصول

نانومواد رهاشده از منسوجات طی مواجهه با عرق انسان اندازه‌گیری می‌شوند و روش‌اجرایی شستشو به‌ترتیب در زیربندهای ۶-۲ و ۶-۳ شرح داده می‌شوند.

۶-۲ آماده‌سازی محلول عرق انسان

۶-۲-۱ کلیات

محلول مصنوعی عرق باید برای شبیه‌سازی عرق انسان استفاده شود. چون تعریق از فردی به فرد دیگر بسیار متفاوت است، طراحی روشی با صحه‌گذاری جهانی امکان‌پذیر نیست. به‌طورکلی، عرق تازه انسان یک اسید ضعیف است. بااین‌حال، میکرواورگانیسم‌ها (ریزاندامگان‌ها) باعث می‌شوند که pH، قلیایی ضعیف شود (pH 7,5 تا pH 8,5). بنابراین، دو محلول مختلف عرق مصنوعی قلیایی (pH 8) و اسیدی (pH 5,5)، همانطور که در استاندارد ISO 105-E04 مشخص شده‌است، باید به‌عنوان منبع تعریق طبیعی استفاده شود. آماده‌سازی محلول‌های عرق مصنوعی قلیایی و اسیدی باید مطابق استاندارد ISO 105-E04 انجام شود.

۶-۲-۲ روش اندازه‌گیری

مقدار نانومواد رهاشده از منسوجات ازطریق اندازه‌گیری تفاوت غلظت قبل و بعد از مواجه آنها با محلول عرق مصنوعی آماده‌شده بدن با استفاده از فرمول زیر محاسبه می‌شود:

$$X = \frac{A_0 - A_1}{A_0} \times 100 \qquad (۱)$$

X مقدار نانومواد رهاشده از نمونه منسوج است؛

A_0 مقدار نانومواد (میکروگرم/ لیتر) اندازه‌گیری‌شده در محلول حاوی نمونه منسوج قبل‌از مواجهه با محلول عرق مصنوعی است؛

A_1 مقدار نانومواد (میکروگرم/لیتر) در محلول حاوی نمونه منسوج که بعد از مواجهه با محلول عرق مصنوعی قرار گرفته‌است (به‌صورت درصد گزارش می‌شود).

A_0 و A_1 همانطورکه در پیوست **ب** شرح داده شده‌است، باید پس از درمعرض قرارگرفتن نمونه‌ها با هضم اسیدی یا هضم میکروویو اندازه‌گیری شوند.

لازم به ذکر است که رهایش اندازه‌گیری‌شده همچنین می‌تواند به‌علت استفاده احتمالی مواد شیمیایی یا ذرات نانواندازه به‌صورت رزانه[1] باشد. باید توجه داشت که دراین موارد به‌دلیل محدود بودن دسترسی MNMs برای چنین کاربردهایی تنها رهایش نانوماده(ها) دارای خصوصیات ضدمیکروبی است. علاوه‌براین، لازم است تولیدکننده یا سازنده، نوع NMN به‌کاررفته در منسوجات را اعلام کند.

۶-۳ روش اجرایی شستشو

در این روش، نانومواد رهاشده مورداستفاده در TCMNMs، پس از چندین بار شستشو با روش‌اجرایی شستشوی خانگی معمولی، اندازه‌گیری می‌شوند. با توجه‌به انواع گسترده منسوجات موجود در این استاندارد، انتخاب روش‌اجرایی اختصاصی شستشو، خشک‌کردن و نوع ماده شوینده ارائه‌شده در استاندارد ISO 6330 باید براساس دستورالعمل‌های ارائه‌شده توسط سازنده پارچه انجام شود. مقدار نانومواد رهاشده در طول روش اجرای شستشو، به‌طور مشابه طبق فرمول محاسبه می‌شود [1]. بااین‌حال، A_0 و A_1 به‌ترتیب، به تعداد نانومواد موجود درنمونه منسوج مرحله قبل و بعد از شستشو اشاره می‌کنند. A_0 و A_1 باید پس از قراردادن نمونه‌ها در میکروویو یا پس از هضم اسیدی، مطابق مورد شرح داده‌شده در پیوست **ب** اندازه‌گیری شوند.

۷ تعیین فعالیت‌های ضدمیکروبی TCMNMs

۷-۱ اصول

فعالیت‌های ضدمیکروبی نمونه‌های TCMNMs شامل ضدباکتریایی، ضدقارچی و ضدبو باید روی نمونه‌ها در مرحله پیش و پس از شستشو و نیز پیش و پس از مواجهه با محلول عرق انسان، انجام شود.

۷-۲ فعالیت ضدباکتریایی

فعالیت ضدباکتریایی TCMNMs باید مطابق روش استاندارد ISO 20743:2021 با استفاده از باکتری گرم مثبت *استافیلوکوک اورئوس*[2] و باکتری گرم منفی *کلبسیلا پونومونیه*[3] (AATCC4352) تعیین شود. شرح مختصری از این روش در بند پ-۱ ارائه شده‌است.

یادآوری ۱- سایر باکتری‌ها می‌توانند پس از صحّه‌گذاری مناسب استفاده شوند.

یادآوری ۲- آدرس مرکز جهانی داده‌ها برای میکرواورگانیسم‌ها (WDCM)[4] در وبگاه زیر[5] قابل‌دسترس است.

۷-۳ فعالیت ضدقارچی

1- Dye
2- *Staphylococcus aureus*
3- *Klebsiella pneumoniae*
4- World data center for microorganism
5- http://refs.wdcm.org/search.htm[30]

فعالیت ضدقارچی نمونه‌های TCMNM باید مطابق استاندارد ISO 13629-1 تعیین شود. روش آزمون، فعالیت ضدقارچی را با اندازه‌گیری شدت درخشایی[1] تولیدشده دریک واکنش آنزیمی (روش ATP) تعیین می‌کند. شرح مختصری از این روش در بند پ-۲ ارائه شده است.

قارچ‌های مرجع مورداستفاده باید از فهرست ارائه‌شده در زیر انتخاب شوند:

- *آسپرژیلوس نیگرا*[2]؛
- *پنی‌سیلیوم سیتریوم*[3]؛
- *کلادوسپوریوم کلادوسپوریوئیدس*[4]؛
- *تریکوفیتون منتاگروفیتس*[5].

یادآوری ۱- سایر قارچ‌ها می‌توانند پس از صحّه‌گذاری مناسب استفاده شوند.

یادآوری ۲- به WDCM[6] و وبگاه آن[7] مراجعه کنید.

۷-۴ خاصیت ضدبو

عرق ترشح‌شده از غدد زیر بغل، بی‌بو است. بدبویی زیر بغل انسان به‌طور عمده توسط فلور باکتریایی موجود در پوست زیر بغل تولید می‌شود که غالب آن جنس *کورینه‌باکتریای*[8] گرم مثبت است [11].مواد TCMNMs TCMNMs ضدباکتریایی می‌توانند با کاهش تعداد *کورینه‌باکتری* در ناحیه پوست زیر بغل، بدبویی را کم کنند. اگر سازنده ادعا کند که محصول خاصیت ضدبو دارد، این خاصیت منسوجات باید مطابق استاندارد ISO 20743 تعیین شود و آزمون با استفاده از هرگونه *کورینه‌باکتریوم* مانند *کورینه‌باکتریوم زروسیس*[9] انجام انجام شود. توضیحات دقیق‌تر در بند پ-۳ ارائه شده‌است.

۸ گزارش آزمون

سازنده یا تأمین‌کننده باید گزارش مربوط به اطلاعات کلی و نتایج اندازه‌گیری مشخصه‌های اساسی TCMNMs را گزارش کند. گزارش آزمون باید شامل اطلاعات زیر باشد:

الف- ارجاع به این استاندارد ملی؛

ب- اطلاعات کلی محصولات TCMNMs مانند نام محصول، کاربرد محصول، شماره دسته، شماره بهر، روش ساخت، نوع TCMNM، نام و آدرس آزمایشگاه؛

1- Luminescence
2- *Aspergillus niger*
3- *Penicillium citrinum*
4- *Cladosporium cladosporirdes*
5- *Trichophuton mentagrophytes*
6- World data center for microorganisms
7- http://refs.wdcm.org/search.htm [30]
8- *Corynebacteria*
9- *Corynebacterium xerosis*

پ- جزئیات نتایج اندازه‌گیری نانوماده مورداستفاده مانند اندازه، توزیع اندازه، پتانسیل زتا، مساحت سطح، شناسایی فاز، ترکیب‌بندی شیمیایی و شیمی سطح، مشروط به توافق ذی‌نفعان مرتبط؛

ت- کلیه جزئیات مشخصه‌های ضدباکتریایی روش‌اجرایی آزمون مانند نام باکتری موردآزمون، شماره سویه، روش تلقیح[1]، غلظت تلقیح، روش اندازه‌گیری کمّی و مقدار فعالیت ضدباکتریایی (A) و روش اندازه‌گیری مطابق استاندارد ISO 20743؛

ث- همه جزئیات روش‌اجرایی آزمون مشخصه‌های ضدقارچی مانند نوع قارچ مرجع، جزئیات سویه قارچی، غلظت اسپور، روش تلقیح؛ مقدار رشد F و مقدار فعالیت ضدقارچی (Aa)، روش اندازه‌گیری مطابق استاندارد ISO 13629-1 (درصورتی‌که خاصیت ضدقارچی TCMNMs توسط سازنده ادعا شده‌باشد)؛

ج- همه جزئیات روش‌اجرایی آزمون مشخصه‌های ضدباکتریایی مانند نام باکتری‌های آزمون، تعداد سویه، روش تلقیح، غلظت تلقیح، روش اندازه‌گیری کمّی و مقدار فعالیت ضدباکتریایی (A)، روش اندازه‌گیری مطابق استاندارد ISO 20743 (درصورتی که خاصیت ضدبو TCMNMs توسط سازنده ادعا شده‌باشد)؛

چ- همه جزئیات مربوط‌به روش هضم اعمال‌شده مانند نوع روش هضم، اسیدها و سایر محلول‌های به‌کار رفته و زمان هضم؛

ح- همه جزئیات مربوط‌به روش‌اجرایی شستشو مانند نوع ماشین لباسشویی و روش‌اجرایی شستشوی مورداستفاده، روش‌اجرایی خشک‌کردن مورداستفاده، نوع ماده شوینده مورداستفاده، تعداد دوره‌های شستشوی اعمال‌شده، روش اندازه‌گیری مطابق استاندارد ISO 6330؛

خ- فعالیت‌های ضدمیکروبی و مقدار نانومواد TCMNMs پیش و پس از مواجهه در محلول‌های قلیایی (pH 8) و اسیدی (pH 5,5) عرق مصنوعی و نانومواد رهاشده محاسبه‌شده (٪) پس از مواجهه با عرق مصنوعی؛

د- فعالیت‌های ضدمیکروبی و مقدار نانومواد TCMNMs پیش و پس از فرایند شستشو و نانومواد رهاشده محاسبه‌شده (٪) پس از روش‌اجرایی شستشو؛

ذ- هرگونه انحراف از روش آزمون؛

ر- هرگونه خصیصه غیرعادی مشاهده‌شده؛

ز- تاریخ انجام آزمون؛

1- Inoculation method

جدول ۲ نمونه‌ای از یک الگوی گزارش پیشنهادی را نشان می‌دهد.

جدول ۲- نمونه‌ای از قالب گزارش

نام آزمایشگاه		آدرس آزمایشگاه	
کلیات			
نام محصول		کاربرد محصول	
شماره دسته شماره بهر		روش ساخت	
جنس پارچه (٪ پلی استر، ٪ پنبه)		قطر الیاف	
مشخصه‌های فیزیکوشیمیایی نانوماده و روش مشخصه‌های اعمال‌شده (اختیاری، مشروط به توافق ذی‌نفعان)			
اندازه ذره، شکل و توزیع اندازه روش مورداستفاده		پتانسیل زتا روش مورداستفاده	
مساحت سطح روش مورداستفاده		شناسایی فاز روش مورداستفاده	
ترکیب‌بندی شیمیایی روش مورداستفاده		شیمی سطح روش مورداستفاده	
مشخصه‌های ضدباکتریایی			
نام باکتری آزمون		شماره سویه	
روش تلقیح		غلظت تلقیح	
روش اندازه‌گیری کمّی		میزان فعالیت ضدباکتریایی (A)	
پروتکل روش اندازه‌گیری مطابق استاندارد ISO 20743		تاریخ آزمون	
مشخصه‌های ضدقارچی			
نوع قارچ مرجع		غلظت اسپور	
جزئیات سویه قارچی		روش تلقیح	
میزان رشد F		میزان فعالیت ضدقارچی (A)	
پروتکل روش اندازه‌گیری مطابق استاندارد ISO 13629-1		تاریخ آزمون	
مشخصه‌های ضد-بو			
نام باکتری آزمون		شماره سویه	
روش تلقیح		غلظت تلقیح	
روش اندازه‌گیری کمّی		میزان فعالیت ضدباکتریایی (A)	

جدول ۲- (ادامه)

پروتکل روش اندازه‌گیری مطابق استاندارد ISO 20743		تاریخ آزمون			
مشخصه‌های روش هضم					
روش هضم اعمال‌شده	هضم اسید هضم میکروویو				
اسیدها و سایر واکنشگرها					
زمان هضم					
شرایط روش‌اجرایی شستشو					
نوع ماشین لباسشویی		نوع مرحله شستشو			
روش اجرایی خشک‌شدن		نوع ماده شوینده			
شماره دورهای شستشوی اعمال‌شده					
نام آزمایشگاه		**آدرس آزمایشگاه**			
پروتکل روش اندازه‌گیری مطابق استاندارد ISO 6330		تاریخ آزمون			
فعالیت‌های ضدمیکروبی TCMNMs و مقادیر نانومواد پیش و پس از مواجهه با عرق مصنوعی قلیایی (pH 8)					
مشخصه‌های پیش از مواجهه	میزان فعالیت ضدباکتریایی		مشخصه‌های پس از مواجهه	میزان فعالیت ضدباکتریایی	
	میزان فعالیت ضدقارچی			میزان فعالیت ضدقارچی	
	میزان فعالیت ضدبو			میزان فعالیت ضدبو	
	اندازه‌گیری مقدار نانومواد (میکروگرم/لیتر)			اندازه‌گیری مقدار نانومواد (میکروگرم/لیتر)	
فعالیت‌های ضدمیکروبی TCMNMs و مقدار نانومواد پیش و پس از مواجهه با عرق مصنوعی اسیدی (pH 5,5)					
مشخصه‌های پیش از مواجهه	میزان فعالیت ضدباکتریایی		مشخصه‌های پس از مواجهه	میزان فعالیت ضدباکتریایی	
	مقدار فعالیت ضدقارچی			مقدار فعالیت ضدقارچی	
	مقدار فعالیت ضدبو			مقدار فعالیت ضدبو	
	اندازه‌گیری مقدار نانومواد (میکروگرم/لیتر)			اندازه‌گیری مقدار نانومواد (میکروگرم/لیتر)	
				رهایش نانومواد (٪)	

جدول ۲- (ادامه)

فعالیت‌های ضدمیکروبی TCMNM و مقادیرنانومواد پیش و پس از مرحله شستشو					
مشخصه‌های پیش از شستشو	مقدار فعالیت ضدباکتریایی		مشخصه‌های پس از شستشو	مقدار فعالیت ضدباکتریایی	
	مقدار فعالیت ضدقارچی			مقدار فعالیت ضدقارچی	
	مقدار فعالیت ضدبو			مقدار فعالیت ضدبو	
	مقدار نانومواد اندازه‌گیری‌شده (میکروگرم/لیتر)			مقدار نانومواد اندازه‌گیری‌شده (میکروگرم/لیتر)	
				رهایش نانومواد (٪)	

پیوست الف

(آگاهی‌دهنده)

روش‌های فیزیکی مشخصه‌یابی نانومواد در TCMNMs

الف-۱ تعیین اندازه و توزیع اندازه

از تصاویر AFM، FESEM یا TEM می‌توان برای ارزیابی اندازه نانومواد استفاده کرد (به استانداردهای ISO/TS 12805، ISO 19749 و ISO 21363 مراجعه شود). کیفیت و میزان اطلاعات به‌دست‌آمده از این روش‌ها، یعنی FESEM، TEM و AFM بستگی‌به آماده‌سازی مناسب نمونه دارد. علاوه‌براین، نتایج حاصل از اندازه‌گیری اندازه MNMs و توزیع اندازه آنها به‌دلیل حساسیت اندازه‌گیری دستگاهی و محدودیت‌های مربوط به هر روش می‌تواند بین آزمایشگاه‌های مختلف، کمّی متفاوت باشد. برای غلبه بر این مشکل، توصیه می‌شود که از روش‌های مشابه با دستگاه‌های کالیبره‌شده مناسب استفاده شود.

برای آماده‌سازی نمونه AFM، یک لیف تک از هر نمونه منسوج با استفاده از نوارچسب بر روی یک لام شیشه‌ایی نصب می‌شود تا اطمینان حاصل شود که لیف، صاف و محکم به لام چسبیده است. برای به‌دست آوردن نتایج معتبر و قابل‌تکرار، اندازه‌گیری‌ها باید برای سه لیف مختلف به‌طور مجزا از سه ناحیه‌ای که از هر منسوج به‌طور تصادفی انتخاب شده‌اند، تکرار شوند [13].

به‌طور کلی، آزمونه‌های منسوج غیررسانا با دستگاه تبخیر با خلأ بالا، با یک لایه از مواد رسانا مانند کربن پوشانده می‌شوند. علاوه‌بر حالت تشخیص الکترون ثانویه، توصیه می‌شود که از حالت تشخیص الکترون پس‌پراکنه[1] برای کمک به تشخیص نانومواد در منسوجات نیز استفاده شود زیرا این ذرات فلزی تباین[2] واضح‌تری در زمینه منسوج نشان می‌دهند.

برای آنالیز TEM، آزمونه باید به‌صورت یک فویل نازک آماده شود تا پرتو الکترون بتواند نفوذ کند. نمونه‌های TCMNM را می‌توان به‌طور مستقیم با استفاده از یک اولترامیکروتوم با چاقوی الماسی در شرایط برودتی (نیتروژن مایع) به لایه‌های نازک (کمتر از ۱۰۰ nm) برش داد یا ابتدا در یک رزین جاسازی کرد و سپس به لایه‌های نازک با استفاده از اولترامیکروتوم برش داده شوند. هر دو برش برودتی و رزینی به مهارت و دقت کاربر نیاز دارند.

توزیع اندازه نانومواد مشاهده‌شده با روش‌های ذکرشده در بالا را می‌توان ازطریق روش آماری مطابق با استاندارد ملی ایران شماره ۱-۱۰۰۹۹: سال ۱۳۹۵، به‌دست آورد.

الف-۲ تعیین پتانسیل زتا

1- Backscattered
2- Contrast

پتانسیل زتا روشی برای اندازه‌گیری بار سطحی نانومواد است. در این روش، بار سطحی با استفاده از روش الکتروکوچی اندازه‌گیری می‌شود و مقدار pH باید همراه با بار سطحی گزارش شود. پتانسیل زتا به‌طور مستقیم اندازه‌گیری نمی‌شود. می‌توان آن را با استفاده از مدل‌های نظری مناسب از پارامترهای تعیین‌شده به‌طور نظری مانند تحرک الکتروکوچی تعیین کرد. روش‌های نوری مانند ELS به‌طور گسترده‌ای برای تعیین تحرک الکتروکوچی از ذرات یا ماکرومولکول‌ها در تعلیقه یا در محلول استفاده شده‌است. جزئیات اندازه‌گیری پتانسیل زتا با استفاده از ابزارهای نوری را می‌توان در استاندارد ISO 13099-2 یافت.

الف-۳ مساحت سطح

مساحت سطح نانومواد باید با استفاده از یک روش برپایه روش برجذب[1] نیتروژن BET اندازه‌گیری شود. آنالیز BET یک روش استاندارد برای تعیین مساحت سطح ویژه ازطریق اندازه‌گیری مقدار گاز برجذب‌شده است. استاندارد ISO 9277 روش‌های اجرایی اندازه‌گیری برای کل مساحت‌های سطح خارجی و داخلی ویژه جامدات پراکنده یا متخلخل را مشخص می‌کند.

1- Adsorption

پیوست ب

(آگاهی‌دهنده)

مشخصه‌یابی شیمیایی نانومواد در TCMNMs

ب-۱ تعیین ترکیب‌بندی شیمیایی و کمّی‌سازی MNMs

همانطورکه در جدول ب-۱، مشخص شده‌است، روش‌های AAS، ICP-AES و ICP-MS را می‌توان برای تعیین ترکیب‌بندی شیمیایی و کمّی‌سازی ترکیبات فلزی NMNها در TCMNMs بعد از روش‌اجرایی هضم اسیدی مورداستفاده قرار داد.

روش‌های ICP-AES و ICP-MS می‌توانند نوع و محتوای عناصر نمونه‌های مورد اندازه‌گیری را بیان کنند (به استاندارد ISO/TS 19590 مراجعه شود). برای آنالیز ترکیب‌بندی شیمیایی، نمونه‌ها باید مطابق روش‌اجرایی هضم اسیدی یا میکروویو هضم شوند (به بند ب-۳ مراجعه شود).

ب-۲ تعیین شیمی سطح

روش‌های XPS یا AES آنالیز شیمیایی طیف‌سنجی کمّی سطح هستند که برای تخمین فرمول تجربی یا ترکیب‌بندی عنصری، حالت شیمیایی و حالت الکترونیکی عنصر روی سطح (تا ۱۰ nm) یک ماده استفاده می‌شوند. همچنین آلودگی را درصورت وجود، در سطح یا توده نمونه تشخیص می‌دهند.

ب-۳ آماده‌سازی نمونه با هضم اسیدی یا میکروویو

روش‌های هضم اسیدی را می‌توان در هر سامانه باز (تحت فشار اتمسفر) یا سامانه بسته (دمای بالا) با استفاده از اسیدهای معدنی مختلف (مانند H_2SO_4, HF, HNO_3, HCl) و سایر واکنشگرها مانند پراکسید هیدروژن، سولفات پراکسید پتاسیم و اسید بوریک انجام داد. هضم اسیدی باز در ظروف آزمایشگاهی حرارت داده‌شده با پلیت داغ یا پوشش[1] گرم، انجام می‌شود. در روش هضم اسیدی بسته، مخلوطی از نمونه‌ها، اسیدها و واکنشگرها به‌وسیله اجاق‌های معمولی یا میکروویو گرم می‌شوند. چون سامانه میکروویو یک روش آماده‌سازی نمونه تمیز و مقرون به‌صرفه با ایمنی مطلوب ازطریق پایش مداوم پارامترهایی مانند دمای و فشار است، درصورت موجود بودن، استفاده از آن توصیه می‌شود. جدول ب-۱ ویژگی‌های روش‌های اجرایی هضم اسیدی بسته و باز را خلاصه کرده‌است.

روش هضم اسیدی سامانه باز باید مطابق روش EPA SW 846 3050B [2] انجام شود [28]. براساس استفاده از روش هضم اسیدی قوی که تقریباً برای همه انواع نانومواد فلزی یا اکسید فلزی قابل‌استفاده است، این روش برای نمونه‌های پلی‌اولفین (پلی‌پروپیلن) کاربردی نیست. برای آماده‌سازی نمونه‌های منسوج برای

1- Mantle
2- U. S. Environmental Protection Agency

تعیین محتوای فلزی در یک سامانه هضم اسیدی با میکروویو از استاندارد اروپایی EN 16711-1 استفاده کنید.

جدول ب-۱- ویژگی‌های روش‌های هضم اسیدی باز و بسته

ویژگی	هضم اسیدی باز	هضم اسیدی بسته
بالاترین دما	بسته به نقطه جوش اسید	۳۰۰درجه سلسیوس تا ۳۶۰ درجه سلسیوس
مصرف اسید	بالا	کم
کیفیت هضم	اغلب رضایت‌بخش نیست	بالا
از دست دادن نمونه	از دست دادن عناصر فرار	بدون از دست دادن
احتمال خطر آلودگی	بلی	خیر
زمان هضم	۲ ساعت تا ۱۵ ساعت	۲۰ دقیقه تا ۶۰ دقیقه (میکروویو) ۲ ساعت تا ۵ ساعت (گرمادهی رایج)

پیوست پ

(آگاهی‌دهنده)

تعیین فعالیت ضدباکتریایی، ضدقارچی و ضدبوی TCMNMs

پ-۱ تعیین فعالیت ضدباکتریایی

روش آزمون کیفی برای فعالیت ضدباکتریایی روش‌های اجرایی کالاهای نساجی در استاندارد ISO 20645 تدوین شده‌است. چندین روش کمّی عملی در استاندارد ISO 20743 ارائه شده‌است. روش‌های آزمون از دو مرحله اصلی تلقیح باکتری و اندازه‌گیری کمّی باکتری تشکیل شده‌است. سه روش مختلف برای تلقیح باکتری به‌شرح زیر مشخص شده‌است:

الف- روش جذب- نوعی روش ارزشیابی است که در این روش تعلیقه[1] باکتری آزمون به‌طور مستقیم بر روی نمونه‌ها تلقیح می‌شود.

ب- روش انتقال- نوعی روش ارزشیابی است که در این روش باکتری‌های آزمون بر روی پلیت آگار قرارگرفته و سپس بر روی آزمونه‌ها منتقل می‌شوند.

پ- روش چاپ- نوعی روش ارزشیابی است که در این روش باکتری‌های آزمون بر روی یک کاغذ صافی قرارگرفته و با روش چاپ بر روی آزمونه‌ها تلقیح می‌شوند.

دو روش شمارش پلیت کلونی و روش‌های درخشایی ATP نیز برای اندازه‌گیری کمّی باکتری در استاندارد ISO 20743 مشخص شده‌است. بنابراین، شش راه ترکیب روش‌های تلقیح و اندازه‌گیری کمّی، برای انجام این آزمون وجود دارد که انتخاب روش ضدباکتریایی بستگی‌به توافق بین سازنده و خریدار دارد. نتایج به‌صورت تفاوت بین مقدار لگاریتمی تعداد باکتریایی در نمونه موردآزمون و در نمونه کنترل تیمارنشده بیان می‌شود. اثربخشی خاصیت ضدباکتریایی TCMNMs در جدول پ-۱، ارائه شده‌است.

1- Suspension

جدول پ-۱- اثربخشی خاصیت ضدباکتریایی

اثربخشی خاصیت ضدباکتریایی	مقدار ضدباکتریایی A^a
معنی‌دار	۲≤A<۳
شدید	A≥۳
A^a اختلاف بین مقدار لگاریتمی تعداد باکتری‌ها در نمونه آزمون و در نمونه کنترل تیمارنشده است.	

پ-۲ تعیین فعالیت‌های ضدقارچی

مجموعه استاندارد ISO 13629 متشکل از دو قسمت است که در روش‌های کمّی تعیین فعالیت‌های ضدقارچی کالاهای نساجی متفاوت هستند. استاندارد ISO 13629-1 یک روش درخشایی ATP را به‌عنوان یک روش کمّی و استاندارد ISO 13629-2 روش شمارش پلیت را مشخص می‌کند. کاربر پیش از تعیین کمّیت با هر یک از دو روش کمّی می‌تواند مناسب‌ترین روش ارزشیابی را از روش‌های زیر انتخاب کند:

الف- روش جذب- نوعی روش ارزشیابی است که در این روش تعلیقه قارچی آزمون به‌طور مستقیم بر روی نمونه‌ها تلقیح می‌شود؛

ب- روش انتقال- نوعی روش ارزشیابی است که در این روش، قارچ‌های آزمون بر روی پلیت آگار قرارگرفته و سپس بر روی آزمونه‌ها منتقل می‌شوند.

یک آزمونه و نمونه کنترل با تعلیقه اسپور قارچ مرجع تلقیح شده و در دمای ۲۵ درجه سلسیوس به مدت ۴۲ ساعت گرم‌خانه‌گذاری می‌شوند. رشد قارچ یا فعالیت ضدقارچی به‌صورت کمّی ازطریق مقایسه با نتیجه نمونه کنترل تعیین می‌شود.

اثربخشی ضدقارچی TCMNMs را می‌توان ازطریق معیارهای موجود در جدول پ-۲ تعیین کرد.

جدول پ-۲- اثربخشی خاصیت ضدقارچی

مورد	معیار اثربخشی ضدقارچی ازطریق میزان فعالیت ضدقارچی[a] A_a	توصیف
نمونه TCMNM در مقابل نمونه کنترل	$۱ > A_a$	بدون اثر
	$۲ > A_a \geq ۱$	اثر کم
	$۳ > A_a \geq ۲$	اثر متوسط
	$A_a \geq ۳$	اثر کامل
[a] A تفاوت بین مقدار میانگین لگاریتم مشترک سه نمونه آزمون‌شده و سه نمونه کنترل تیمارنشده است.		

یادآوری- معیار توصیه‌شده تضمین نمی‌کند که هیچ رشد قارچی صورت نخواهد گرفت. این به‌این معنی است که قارچ روی کالای عمل‌آوری‌شده در مقایسه با کالای نساجی کنترل، رشد کندتر یا عدم رشد را نشان می‌دهد.

پ-۳ تعیین خاصیت ضدبو

چندین راه برای مهار بوی عرق وجود دارد. یکی از آنها استفاده از منسوجات ضدمیکروبی است که می‌تواند از تکثیر و رشد باکتری‌های خاصی که باعث ایجاد بو می‌شوند، جلوگیری کند. زیربغل یک ناحیه پوستی است که از طریق جمعیت باکتریایی متراکم با ترکیب گونه‌هایی که دو جنس غالب آنها *استافیلوکوک* و *کورینه‌باکتریوم* است، کلونیزه شده‌است. ارتباط قوی بین جمعیت بالای *کورینه‌باکتریوم* و تشکیل بوی تند زیربغل وجود دارد. فردی که پوست زیربغل او به طور عمده با *استافیلوکوک* کلونیزه شده‌است، فقط مقدار کمی از بو را منتشر می‌کند [13]. بنابراین، خاصیت ضدبوی منسوج باید مطابق استاندارد ISO 20743 با استفاده از جنس *کورینه‌باکتریوم* تعیین شود، زیرا این‌گونه با ایجاد بو در ناحیه زیربغل مرتبط است.

کتاب‌نامه

[1] ISO 9277, Determination of the specific surface area of solids by gas adsorption BET method

یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره ۱۴۵۲۵: سال ۱۳۹۱، تعیین مساحت سطح ویژه جامدات توسط جذب سطحی گاز- روش BET با استفاده از استاندارد ISO 9277: 2010 تدوین شده‌است.

[2] ISO/TS 12805, Nanotechnologies- Materials specifications- Guidance on specifying nano-objects

یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره ۱۶۴۶۴: سال ۱۳۹۲، فناوری نانو- ویژگی مواد- راهکاری برای تعیین ویژگی‌های نانواشیاء با استفاده از استاندارد ISO/TS 12805: 2011 تدوین شده‌است.

[3] ISO 13099-1:2012, Colloidal systems— Methods for zeta-potential determination- Part 1: Electroacous and electrokinetic phenomena

[4] ISO 13099-2, Colloidal systems— Methods for zeta-potential determination— Part 2:Optical methods

[۵]- استاندارد ملی ایران شماره ۱-۱۰۰۹۹: سال ۱۳۹۵، آنالیز اندازه ذرات- روش‌های آنالیز تصویری قسمت ۱: روش‌های آنالیز تصویری ایستا با استفاده از استاندارد ISO 13322-1:2014 تدوین شده‌است.

[6] ISO 13629-2, Textiles − Determination of antifungal activity of textile products − Part 2: Plate count method

یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره ۲-۱۹۲۱۰: سال ۱۳۹۳، نساجی- تعیین فعالیت ضدقارچی در کالای نساجی- قسمت ۲: روش شمارش کلنی در پلیت با استفاده از استاندارد ISO 13629-2: 2014 تدوین شده‌است.

[۷]- استاندارد ملی ایران شماره ۳-۱۹۰۹۴: سال ۱۳۹۳، نساجی- مواد رنگرزی- قسمت ۳: روش تعیین مواد رنگرزی خاص سرطان‌زا (روش استفاده از تری اتیل آمین/متانول) با استفاده از استاندارد ISO 16373-3: 2014 تدوین شده‌است.

[8] ISO/TR 18196, Nanotechnologies — Measurement technique matrix for the characterization nano-objects

یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره ۲۲۶۱۱: سال ۱۳۹۶، فناوری نانو- ماتریس روش اندازه‌گیری برای مشخصه‌یابی نانواشیاء با استفاده از استاندارد ISO/TR 18196: 2016 تدوین شده‌است.

[9] ISO/TS 19590, Nanotechnologies — Size distribution and concentration of inorganic nanoparticles in aqueous media via single particle inductively coupled plasma mass spectrometry

یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره ۲۲۳۲۶: سال ۱۳۹۶، فناوری نانو- توزیع اندازه و غلظت نانوذرات معدنی در محیط آبی با استفاده از طیف‌سنجی جرمی پلاسمای جفت‌شده القایی تک‌ذره‌ای با استفاده از استاندارد ISO/TS 19590:2017 تدوین شده‌است.

[10] ISO 19749, Nanotechnologies— Measurements of particle size and shape distributions by scanning electron microscopy

[11] ISO 20645, Textile fabrics— Determination of antibacterial activity— Agar diffusion plate test

یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره ۹۴۸۸: سال ۱۳۸۶، منسوجات-ارزیابی فعالیت ضدباکتریایی به روش انتشار در آگار با استفاده از استاندارد ISO 20645: 2004 تدوین شده‌است.

[12] ISO/TS 20660, Nanotechnologies— Antibacterial silver nanoparticles— Specification of characteristics and measurement methods

یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره ۶۳۰۲: سال ۱۳۹۹، فناوری نانو- نانوذرات نقره ضدباکتریایی-تعیین مشخصات و روش‌های اندازه‌گیری با استفاده از استاندارد ISO/TS 20660: 2019 تدوین شده‌است.

[13] ISO 21363 Nanotechnologies— Measurements of article size and shape distributions by transmission electron microscopy

یادآوری- استاندارد ملی ایران شماره ۲۲۸۹۳: سال ۱۳۹۹، فناوری نانو-اندازه‌گیری توزیع‌های اندازه و شکل ذرات به‌وسیله میکروسکوپی الکترونی عبوری با استفاده از استاندارد ISO 21363: 2020 تدوین شده‌است.

[14] ISO/TS 80004-6, Nanotechnologies— Vocabulary— Part 6: Nano-object characterization

یادآوری- استاندارد ملی ایران-ایزو شماره ۶- ۸۰۰۰۴: سال ۱۳۹۶، فناوری نانو-واژه نامه- قسمت ۶: مشخصه‌یابی نانوشیء با استفاده از استاندارد ISO/TS 80004-6 تدوین شده‌است.

[15] ASTM E3025-16, Standard Guide for Tiered Approach to Detection and Characterization of Silver Nanomaterials in Textiles

[16] EN 16711-2:2015, Textiles— Determination of metal content Determination of metals extracted by acidic artificial perspiration solution

[17] https://nanodb.dk/

[18] Keana Scott, Vicenc Pomar-Portillo,Socorro Vazquez-Campos, Nanomaterials in Textiles. Metrology and Standardization of Nanotechnology. Protocols and Industrial Innovations. ED. Elisabeth Mansfield, ED. Debra L. Kaiser, ED. Daisuke Fujita, ED. Marcel Van de Voorde. einheim Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, 2017,P 559-569 ISBN:978-3-27-80005-6.ePDF

[19] VARIER K. M., GUDEPPU M., CHINNASAMY A., THANGARAJAN S., BALASUBRAMANIAN J., LI Y., GAJENDRAN B., 20190. Nanoparticles: Antimicrobial Application and its Prospects. in Advanced Nanostructured Materials for Environmental Remediation (Pp.321-355).Springer, Cham

[20] AGNIHOTRI Shekhar, DHIMAN Navneet Kaur, Development of Nano-antimicrobial biomaterials for biomedical applications.″ Advances in biomaterials for biomedical applications, Springer, Singapore, 2017. 479-545

[21] KVITEK l., PANACEK A., PRUCEK R., SOUKUPOVA M., KOLAR M., ZBORIL r.2011).,Antibacterial activity and toxicity of silver-nanosilver versus ionic silver. In Journal of Physics. Conference Series (Vol. **304**, No. 1, p. 012029). IOP Publishing

[22] SOTIRIOU Georgios A., PRATSINIS Sotiris E., Antibacterial activity of nanosilver ions and particles. " Environmental science & technology **44**.14 (2010): 5649-5654

[23] Zhu M., Nie G., Meng H., Xia T., Nel A., Zhao Y. 2013)., Physicochemical properties determine nanomaterial cellular uptake, transport, and fate. Accounts of chemical research, **46**(3), 622-631

[24] DAIMA H. K., BANSAL V., 2015). Influence of physicochemical properties of nanomaterials on their antibacterial applications. In Nanotechnology in Diagnosis, Treatment and Prophylaxis of Infectious Diseases (pp. 151-166). Academic Press

[25] Poland CA, Read SA, Varet JI, Carse GI, Christensen FM, Hankin SM, Dermal absorption of nanomaterials in vitro. 2007, 268 (146):185

[26] McQUEEN R H., KEELAN M., XU Y., MAH T.2013)., In vivo assessment of odour retention in an antimicrobial silver chloride-treated polyester textile. Journal of the Textile Institute, **104**(1),108-117

[27] CANETTA E., MONTIEL K., ADYA A. K.2009)., Morphological changes in textile fibres exposed to environmental stresses: Atomic force microscopic examination. Forensic science international, **191**(1-3), 6-14

[28] U.S.Environmental Protection Agency, SW 846 Method 050b,Acid digestion of sediments, sludges, and soils

[29] Rathinamoorthy R., Thilagavathi G.2014)., Effect of Antimicrobial Finish on Odor Control Properties of Apparel Fabric. Journal of textile & Apparel Technology & Management (JTATM), 9(1)

[30] http://refs.wdcm.org/search.htm