

مطالعه تکمیل ضدباکتری قابل شارژ در پارچه‌های اسپیسر حلقوی با استفاده از ترکیبات N - هالامین

A Study on Rechargeable Antibacterial Finishing of Spacer Knitted Fabrics by N-Halamine Compounds

حسین حسنی^{۱*}، شهرزاد بهادر نجف‌آبادی^۱، محمد مرشد^۱، سید حسین حکمتی مقدم^۲

۱- اصفهان، دانشگاه صنعتی اصفهان، دانشکده مهندسی نساجی، صندوق پستی ۸۴۱۵۶-۸۳۱۱۱

۲- یزد، دانشگاه علوم پزشکی شهید صدوقی یزد، دانشکده پیراپزشکی، صندوق پستی ۳۵-۸۹۱۶۱۸۸

تاریخ دریافت: ۹۰/۰۵/۱۷ تاریخ پذیرش: ۹۰/۰۸/۱۰

چکیده

در این پژوهش، خواص ضدباکتری با دوام و قابل شارژ روی پارچه‌های اسپیسر حلقوی بررسی شده است. این تکمیل روی پارچه‌های اسپیسر حلقوی با لایه‌هایی از جنس پنبه‌ای، پنبه-پلی‌استر (۳۵-۶۵) و ویسکوز-پلی‌استر (۷۵-۲۵) با اتصال پیش‌ماده ۳،۱-دی‌هیدروکسی متیل ۵،۵-دی‌متیل هیدانتوئین (DMDMH) و پس از آن کلردار کردن در حمام محتوی سدیم هیپوکلریت انجام شد. تکمیل ضدباکتری، طی دو مرحله فرایند شیمیایی روی سه نوع پارچه اسپیسر دارای لایه زیری متفاوت انجام شد. اثر عوامل تغییرپذیر شامل غلظت پیش‌ماده DMDMH در حمام تکمیل، pH و کاتالیزور استفاده شده در مرحله اول فرایند برای بهینه‌سازی بررسی شده است. اثر ضدباکتری بیش از ۹۰ درصد در پارچه‌های اسپیسر در برابر دو باکتری گرم مثبت استافیلوکوکوس اورئوس و باکتری گرم منفی E. coli، کولای با روش تکمیل دومر حله‌ای ایجاد شد که این اثر با روش‌های استاندارد بررسی شده است. نتایج نشان می‌دهد، ثبات شست‌وشویی تکمیل ضدباکتری قابل قبول بوده و می‌تواند با استفاده از محلول‌های کلر با غلظت کم (۰/۱-۰/۰۱)، شارژ و بازیابی شود. همچنین نتایج حاصل از طیف‌سنجی IR پارچه، نشان‌دهنده اتصال کووالانسی پیش‌ماده DMDMH پس از عملیات تکمیل است.

مقدمه

عملیات ضدباکتری با کاربرد مواد شیمیایی ضدباکتری در مرحله تکمیل کالای نساجی یا ترکیب مواد ضد میکروبی، حین عملیات ریسندگی الیاف مصنوعی انجام می‌شود. از جمله موادی که امروزه به عنوان مواد ضدباکتری به کار می‌روند، عبارت‌اند از: فلزات و نمک‌های فلزی [۵-۲]، ترکیبات آمونیوم چهارتایی [۹-۶]، پلی‌هگزا متیلن بیگوانید [۱۵-۱۰]، تری‌کلوسان [۱۶، ۱۷]، کیتوسان [۲۱-۱۸] و بعضی از رنگزاهای طبیعی و مصنوعی نظیر بربرین و مواد رنگزای فلز کمپلکس [۲۲]. مواد گفته‌شده اثر بخشی بسیاری در مهار میکروب‌ها دارند. اما، برخی از آنها به دلیل زیادبودن قدرت مهارکنندگی و داشتن عوارض جانبی، فاقد کاربردهای نساجی هستند. چرا که مواد

منسوجات شرایط ایده‌آلی را برای سکونت و رشد میکروارگانیسم‌ها فراهم می‌کنند. بنابراین نیازی اساسی به تکمیل‌های ضدباکتری و ضد میکروبی منسوجات وجود دارد تا با جلوگیری از انتقال و گسترش عوامل بیماری‌زا، از سلامت مصرف‌کنندگان محافظت شود. مواد ضدباکتری، مولکول‌های طبیعی یا مصنوعی، اغلب با وزن مولکولی کم هستند که موجب از بین رفتن یا توقف رشد باکتری‌ها می‌شوند. این مواد به سه گروه معدنی، آلی و طبیعی دسته‌بندی می‌شوند. با توجه به رشد بسیار سریع میکروب‌ها، مواد ضد میکروبی باید بسیار سریع عمل کنند تا مؤثر واقع شوند [۱].

کلمات کلیدی

تکمیل ضدباکتری، N-هالامین، پارچه اسپیسر حلقوی

* مسئول مکاتبات، پیام نگار: h_hasani@cc.iut.ac.ir

مرشد و همکاران [۲۷]، کاربرد مواد N - هالامین را در الیاف کارآمد (متا-آرامید) بررسی کرده‌اند. Ren و همکاران [۲۸]، با ایجاد پوششی از سیلوکسان روی پنبه و سپس کلردار کردن با محلول رقیق سدیم هیپوکلریت ترکیبات N - هالامین با پیوند N-Cl را در پنبه ایجاد کرده‌اند.

ساختارهای اسپیسر، پارچه‌های کشبافی هستند که از دو منسوج پارچه‌ای جداگانه تشکیل شده و به وسیله نخ‌های جداکننده به هم متصل می‌شوند. چنین پارچه‌هایی به عنوان پارچه‌های دو رویه نیز خوانده می‌شود. پارچه‌های سه‌بعدی، به علت داشتن خواص ویژه و برجسته‌ای چون انتقال رطوبت، گرما و خشک نگه‌داشتن پوست بدن، داشتن تخلخل و نفوذپذیری زیاد هوا، گردش هوا بین سطوح پوششی و نیز انتقال فشار یکنواخت بر بدن، کاربردهای مختلف و گسترده‌ای در پزشکی دارند. از جمله کاربردهای این نوع پارچه‌ها می‌توان به استفاده در تشک‌های بیمارستانی، ملحفه‌های تخت بیماران، پوشش پرستاران و بانداژهای زخم اشاره کرد.

با توجه به کاربرد حائز اهمیت و رو به رشد این منسوجات در پزشکی و لزوم بهداشتی و میکروبی نبودن آنها، در این پژوهش تکمیل ضدباکتری با استفاده از مواد ضد میکروب N - هالامین روی این منسوجات انجام شده است. عملیات تکمیل به علت داشتن ویژگی‌های چون سرعت عمل بسیار زیاد، ثبات عالی و شارژپذیری روی منسوجات، اثر ضدباکتری بسیار خوبی ایجاد می‌کند.

بسیاری از ترکیبات ضدباکتری زمان اثر طولانی دارند و برای بروز اثر ضدباکتری باید فرصت داده شود، در حالی که ترکیبات N - هالامین، آنی عمل می‌کنند که این موضوع به‌طور خاص در کاربردهای بیمارستانی و به‌ویژه در اتاق‌های عمل جراحی، اهمیت بسیار زیادی دارد.

تجربی

مواد

عملیات تکمیل ضدباکتری و بررسی آن با استفاده از مواد شیمیایی مختلفی روی پارچه‌های اسپیسر انجام شد. مهم‌ترین مواد مصرفی برای انجام آزمون‌ها عبارت‌اند از:

شوینده غیریونی با نام آلکیل آریل پلی‌گلیکول اتر ساخت شرکت کیمیدارو، استیک اسید، کاتالیزورهای $MgCl_2$ و $ZnSO_4$ ، سولفوریک اسید ۹۸٪، منیزیم کلرید، پتاسیم یدید، پتاسیم یدات، نشاسته، سدیم تیوسولفات ($Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$) و سدیم کرینات همگی محصول شرکت Merck، مایع سفیدگری سدیم هیپوکلریت ساخت شرکت داروگر، نوترینت برات (nutrient broth, B.N) که محتوی ۱g/L از Lab-Lemco-powder، ۲g/L yeast extract، ۵g/L peptone و ۵g/L سدیم کلرید است، نوترینت آگار (nutrient agar) که علاوه بر داشتن کلیه محتویات نوترینت برات، ۱۵ g/L آگار نیز در ترکیب خود دارد، سالی‌ن نرمال (soline normal) که محتوی ۸۵ g/L نمک طعام در آب مقطر است، باکتری گرم منفی

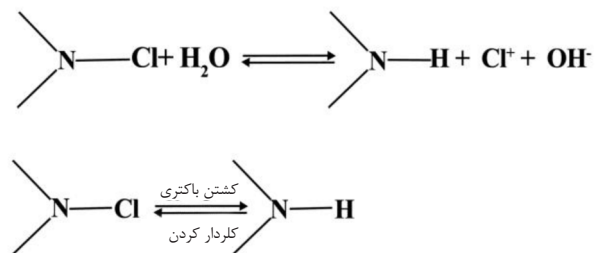
تکمیل ضدباکتری مناسب، باید در برابر عوامل مختلف، پارامترهای محیطی و نیز در برابر طیف گسترده‌ای از باکتری‌ها و قارچ‌ها مؤثر باشند و سبب کاهش کیفیت پارچه و تغییر در رنگ منسوج نشوند. این ترکیبات نباید آثار نامطلوب بر سلامتی سازندگان، مصرف‌کنندگان و محیط زیست داشته باشند [۱].

یکی از روش‌های بسیار بادوام برای تکمیل ضدباکتری و میکروبی، ایجاد تکمیل‌های قابل بازیابی، با استفاده از ترکیبات N - هالامین است. N - هالامین‌ها، ترکیبات آلی حاوی کلر و برم فعال متصل به نیتروژن هستند که ماهیت ضدباکتری آنها به کلر و برم آزادشده و فعال نسبت داده می‌شود.

سازوکار دقیق از بین بردن باکتری با هالوژن‌های کلر و برم، چندان مشخص نیست و بهترین نظریه، پذیرش ماهیت اکسیدکنندگی کلر و برم است که باعث متلاشی شدن دیواره سلولی باکتری و ایجاد اختلال در غشای سلولی می‌شود. حین غیرفعال کردن میکروارگانیسم، پیوند N - هالامین (N-Cl) به شکل برگشت‌پذیر به پیوند N-H تبدیل می‌شود که این واکنش در طرح ۱ نشان داده شده است [۲۳].

طبق سازوکار کاربرد ترکیبات N - هالامین، فعال‌سازی مجدد این مواد با کلر انجام می‌شود که در حقیقت، واکنش برگشت طرح ۱ را شامل می‌شود. برای اولین بار Sun و همکاران [۲۳] مواد ضد میکروبی نامحلول N - هالامین پلی (۵،۳،۱-تری‌کلرو-۶-متیل-۶-(۴'-وینیل فنیل)-۵،۳،۱-تری‌آزین-۴،۲-دی‌ان) و پلی (۳،۱-دی‌کلرو-۵-متیل-۵-(۴'-وینیل فنیل)-۵،۳،۱-تری‌آزین) را تهیه کردند که این مواد، با اتصال به پلیمرها خاصیت ضد میکروبی فوق‌العاده‌ای را نشان می‌دهند. Eknoian و همکاران [۲۴]، نیز انواعی از پلیمرهای پوششی N - هالامین را در سال ۱۹۹۹ سنتز کرده‌اند که به‌طور گسترده در تصفیه آب استفاده شدند. شایان ذکر است، پلیمرهای کاربردی به وسیله کلر، شارژ شده و قابل بازیابی هستند. Liu و Sun [۲۵]، روش پیوند رادیکالی مونومر ۳-آلیل-۵،۵-دی‌متیل‌هیدانتوئین (ADMH) را روی پارچه پلی اتیلن ترفتالات بررسی کرده‌اند.

Sun و همکاران [۲۶]، مونومر حلقوی ADMH را سنتز کرده و در حضور مونومر چندعاملی تری‌آلیل-۵،۳،۱-تری‌آزین ۴،۲-تری‌ان (TATAT) به روش کوپلیمرشدن پیوندی به الیاف مصنوعی متصل کرده‌اند.



طرح ۱- غیرفعال‌سازی باکتری با هالامین [۲۳].

جدول ۲- مشخصات پارچه‌های اسپیسر تهیه شده به وسیله ماشین دورو سیلندر شرکت Mayer & Cie.

جنس لایه زیری پارچه			ویژگی
پلی استر-پنبه	پلی استر-ویسکوز	پنبه خالص	
۱/۳۰۲	۱/۲۰۳	۱/۳۳	ضخامت پارچه (mm)
۳۲۲	۲۹۰	۳۲۳	گرم بر متر مربع پارچه
۱۵×۲۴	۱۵×۲۱	۱۴×۲۰	تعداد حلقه در سانتی متر مربع پارچه (SD)
۶۳/۶۹۴	۷۰/۱۰۶	۶۰/۵۱۰	عبورپذیری هوا (mL/s.cm ²)
۱۴۰/۷۳۰	۱۳۶/۱۸۵۹	۱۴۲/۳۴۱	استحکام کششی پارچه (N) با Zwick
۴-۵	۴-۵	۴-۵	درجه پرزدهی تا ۳۰۰۰ دور

به شرح زیر انجام شد:

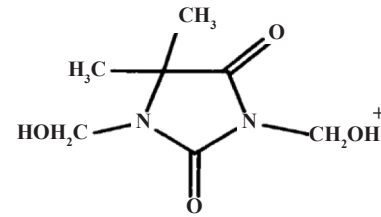
کالای اسپیسر در محلول تکمیل حاوی DMDMH، کاتالیزور و شوینده به مدت ۵ min غوطه‌ور شد. سپس، کالا با درصدهای مختلف DMDMH با برداشت حدود ۹۰ درصد پد شد و مجدداً در محلول تکمیلی غوطه‌ور شده و برای بار دوم با برداشت حدود ۹۰ درصد پد شد.

پارچه پد شده در استنت از پیش گرم شده، به مدت ۱۰ min در ۸۰°C خشک شد. کالا در دمای ۱۶۰°C به مدت ۵ min پخت شد. پارچه‌های

جدول ۳- مقدار مواد کمکی موجود در حمام تکمیل اول بر مبنای درصد DMDMH

سطح فعال (g/mol) غیریونی	کاتالیزور MgCl _۲ (g/mol)	جنس لایه زیری پارچه اسپیسر	DMDMH ° (٪)
۰/۱	۰/۴	پنبه	۲
۰/۱	۰/۸	پنبه	۴
۰/۱	۱/۲	پنبه	۶
۰/۱	۲	پنبه	۱۰
۰/۱	۰/۴	پنبه - پلی استر	۲
۰/۱	۰/۸	پنبه - پلی استر	۴
۰/۱	۱/۲	پنبه - پلی استر	۶
۰/۱	۲	پنبه - پلی استر	۱۰
۰/۱	۰/۴	ویسکوز - پلی استر	۲
۰/۱	۰/۸	ویسکوز - پلی استر	۴
۰/۱	۱/۲	ویسکوز - پلی استر	۶
۰/۱	۲	ویسکوز - پلی استر	۱۰

* نسبت به حجم حمام.



طرح ۲- ساختار شیمیایی پیش ماده ضدباکتری DMDMH [۲۱].

ATCC25922 با مشخصه *Escherichia coil (E. coil)* باکتری گرم مثبت *Staphylococcus aureus (S. aureus)* با مشخصه ATCC25923 و پیش ماده ضدباکتری ۳۰،۱- دی هیدروکسی متیل ۵،۵- دی متیل هیدانتوئین (DMDMH) محصول شرکت Clariant فرانسه که ساختار شیمیایی این ماده در طرح ۲ آمده است.

نخ استفاده شده در بافت پارچه، پخت و سفیدگری شد. مشخصات نخ استفاده شده برای بافت پارچه اسپیسر در جدول ۱ آمده است. پارچه‌های اسپیسر از سه جنس مختلف لایه زیری پنبه‌ای، پنبه-پلی استر (۳۵-۶۵) و ویسکوز-پلی استر (۲۵-۷۵) با نمره ۳۰ انگلیسی و نیز تکررشته میانی پلی استری ۱۵۰ دنیری روی ماشین دورو سیلندر شرکت Mayer & Cie با گنج ۱۸ و تعداد ابزار ۹۶ بافته شد. مشخصات پارچه‌های اسپیسر استفاده شده در جدول ۲ آمده است.

دستگاه‌ها و روش‌ها

برای از بین بردن هر نوع مواد زائد و لکه روی پارچه، پیش از انجام آزمون، عملیات شست‌وشو انجام شده است. شست‌وشوی پارچه طبق روش استاندارد BS 26330:1993- No:3A با ماشین شست‌وشوی لباس و تنظیم آن به حالت ضربات مکانیکی بسیار کم انجام شد. شست‌وشوی پارچه‌ها با ۱ g/L-۰/۵ شوینده غیر یونی در دمای ۳۰°C ± ۶۰ و L:R برابر ۴۰:۱ به مدت ۳۰ min انجام شد. پس از عملیات شست‌وشو، کالا آبکشی و بدون کشش در سطحی صاف خشک شد. عمل تکمیل، طی دو مرحله فرایند شیمیایی به ترتیب زیر انجام شد:

الف- اتصال پیش ماده ضدباکتری DMDMH به پارچه در شرایط اسیدی و

ب- شست‌وشوی پارچه با حمام سفیدگری کلر برای کلردار کردن کالا. عملیات اتصال پیش ماده ضد میکروب DMDMH به کالای اسپیسر

جدول ۱- مشخصات نخ استفاده شده برای بافت پارچه اسپیسر.

لایه رویی و لایه میانی (نخ اسپیسر)		لایه زیری	
جنس	نمره (دنیر)	جنس	نمره نخ (انگلیسی)
		پلی استر- پنبه (۳۵/۶۵)	۳۰
تک رشته‌ای پلی استر نوع فلت	۱۵۰	پلی استر- ویسکوز (۷۵/۲۵)	۳۰
		پنبه خالص	۳۰

جدول ۵- شرایط ثابت در کلردار کردن پارچه‌های تکمیل شده با پیش ماده DMDMH

مقدار	مشخصات حمام کلر
۰/۲	کلر فعال (Cl%) بر مبنای حجم حمام
۰/۱	غلظت سطح فعال غیر یونی (g/۱۰۰ mL)
۱۵	زمان کلردار کردن (min)
۳۰: ۱	L:R (liquo ratio)
۵۰	دما (°C)
۱۰	pH

جلوگیری از رشد باکتری، به دلیل وجود کلر در پارچه‌های تکمیل شده است. بنابراین، درصد کلر فعال پارچه نمایانگر مقدار خاصیت ضد میکروبی پارچه است. غلظت کلر در پارچه، به روش یدسنجی طبق استاندارد AATCC92 به ترتیب زیر معین شده است: ۱ g پارچه در ۲۵ mL محلول سولفوریک اسید ۰/۰۵ نرمال به مدت چند دقیقه غوطه‌ور شد. سپس، حدود ۱ g پتاسیم یدید به آن اضافه و مخلوط به سرعت همزده شد. هنگامی که رنگ محلول از زرد روشن به آبی روشن تبدیل شد، چند قطره محلول ۱ درصد نشاسته به آن اضافه شد و تیتراژ تا بی‌رنگ شدن کامل محلول و پارچه ادامه یافت. درصد کلر پارچه به کمک معادله (۳) محاسبه شد [۱۸]:

$$Cl\% = (mL \text{ of } Na_2S_2O_3 \times 0.0050 N \times 0.0355) \times 100 / \text{gram of fabric} \quad (3)$$

فعالیت ضد میکروبی به کمک روش کمی AATCC100-1993 ارزیابی شد. این روش در مقایسه با سایر روش‌ها طولانی‌تر است، اما در عوض از دقت بسیاری برخوردار است. مراحل انجام آزمون کمی AATCC100-1993 به شرح زیر است:

- استریل کردن نمونه‌هایی به قطر ۵ cm با قراردادن آنها در اتوکلاو در دمای ۱۲۱°C به مدت ۱۵ min،
- رشد باکتری‌های مدنظر در ۱۰ mL نوترینت براث و سپس قرار دادن در انکوباتور به مدت ۲۴ h-۱۸ در دمای ۳۷°C،
- انتقال ۱ mL از نوترینت براث انکوبه شده به ظرف کشت محتوی نوترینت آگار استریل شده و قراردادن آن در انکوباتور،
- انتقال چند لوپ از محیط کشت باکتری به داخل لوله آزمایش، محتوی ۹ mL سالین نرمال و تنظیم غلظت لوله آزمایش در OD برابر ۰/۲-۰/۳ و طول موج ۵۸۰ nm به وسیله طیف‌نورسنج انتقالی اسپکترونیک ۷۰۰. سپس، انتقال ۱ mL از محلول با غلظت ۱۰۰۰ CFU/mL روی نمونه پارچه‌ها و انتقال آنها با پنس به ارلن استریل ۲۵۰ mL و سپس قرار دادن در انکوباتور به مدت ۲۴ h،
- انتقال ۱۰۰ mL آب مقطر استریل به ارلن‌ها و همزدن آنها به مدت ۱ min، سپس انتقال ۱ mL از این محلول به ظرف کشت محتوی ۲۵ mL نوترینت آگار استریل و در نهایت انتقال آنها به داخل انکوباتور

تکمیل شده برای از دست دادن هر نوع ماده شیمیایی فاقد اتصال کووالانسی مطابق روش استاندارد BS 26330:1993-No:3A شسته شدند. در نهایت، پارچه‌های شسته شده به مدت حداقل ۲۴ h در شرایط استاندارد دمای ۲۱°C و رطوبت نسبی ۶۵ درصد نگهداری شدند.

حمام‌های تکمیل مرحله اول طبق جدول ۳ آماده شدند و عملیات اتصال پیش ماده ضد میکروب DMDMH به کالای اسپیسر طبق مراحل بیان شده، انجام شد. شایان ذکر است، مقدار کاتالیزور باید با توجه به درصد پیش ماده DMDMH در حمام تکمیل تغییر یابد که در جدول ۳ مقدار مواد کمکی موجود در حمام تکمیل ذکر شده است. برای بررسی شرایط بهینه عملیات تکمیل، غلظت ماده ضد باکتری، pH حمام تکمیل و نوع کاتالیزور استفاده شده طبق جدول ۴، متغیر در نظر گرفته شده است. در مرحله دوم تکمیل، کلردار کردن پارچه‌های تکمیل شده با محلول سدیم هیپوکلریت با درصد کلر فعال مشخص انجام شد. شرایط آزمون مربوط به این مرحله از تکمیل در جدول ۵ آمده است.

شایان ذکر است، برای استفاده از محلول سدیم هیپوکلریت باید درصد کلر فعال آن معین شود. محلول سدیم هیپوکلریت در pH های مختلف تجزیه می‌شود و در حالت تعادل حاوی عوامل فعال HOCl و OCl⁻ است. در pH قلیایی، حالت تعادل به شکل واکنش (۱) و در pH اسیدی، حالت تعادل به شکل واکنش (۲) بیان می‌شود. بنابراین، به دلیل تجزیه سدیم هیپوکلریت باید پیش از استفاده مقدار غلظت کلر فعال آن محاسبه شود. یکی از روش‌های اندازه‌گیری مقدار کلر فعال، روش یدسنجی است که در این روش یک محلول اسیدی به وسیله سدیم تیوسولفات ۰/۱ نرمال سنجیده می‌شود.



جدول ۴- شرایط متغیر در مرحله تکمیل مقدماتی پارچه‌های اسپیسر با پیش ماده DMDMH

مقدار	شرایط و متغیرها
۲ ۴ ۶ ۱۰	غلظت پیش ماده DMDMH (%) در حمام تکمیل نسبت به حجم حمام
۲ ۴ ۶ ۱۰	اسیدیته حمام تکمیل (غلظت ۴% DMDMH نسبت به حجم حمام)
بدون کاتالیزور MgCl _۲ (۰/۴ g/۱۰۰ mL) ZnSO _۴ (۰/۴ g/۱۰۰ mL)	کاتالیزور استفاده شده (غلظت ۴% DMDMH نسبت به حجم حمام)

جدول ۷- اثر غلظت DMDMH و جنس پارچه بر درصد کاهش میکروب در برابر دو باکتری *E. coli* و *S. aureus*.

درصد کاهش باکتری		جنس لایه زیری پارچه اسپیسر	DMDMH* (%)
<i>S. aureus</i>	<i>E. coli</i>		
-	-	پنبه	۰
-	-	پنبه- پلی استر	
-	-	ویسکوز- پلی استر	
۵۰	۵۸	پنبه	۱
۰	۰	پنبه- پلی استر	
۳۸/۴	۴۷	ویسکوز- پلی استر	
۹۳	۹۹/۹	پنبه	۲
۸۸/۶	۹۲	پنبه- پلی استر	
۹۲/۷	۹۹/۱	ویسکوز- پلی استر	
۹۴/۳	۹۹/۹	پنبه	۴
۹۱	۹۷	پنبه- پلی استر	
۹۳	۹۹/۹	ویسکوز- پلی استر	
۹۹/۲	۹۹/۹	پنبه	۶
۹۷/۳	۹۸	پنبه- پلی استر	
۹۹/۱	۹۹/۹	ویسکوز- پلی استر	
۹۹/۹	۹۹/۹	پنبه	۱۰
۹۹/۴	۹۹/۷	پنبه- پلی استر	
۹۹/۹	۹۹/۹	ویسکوز- پلی استر	

* در حمام تکمیل اول pH = ۴.

پارچه‌های ویسکوز- پلی استر (۷۵-۲۵) و به مراتب بیش از پارچه‌های پنبه- پلی استر (۶۵-۳۵) است. نتایج دیگری که می‌توان از جدول ۷ استنباط کرد، وجود اختلاف زیاد اثر ضدباکتری، بین درصدهای تکمیل ۱ و ۲ است. غلظت ۱٪ پیش‌ماده DMDMH، در استفاده کاربردی روی پارچه‌ها، برای ایجاد اثر ضدباکتری پیشنهاد نمی‌شود. در حالی که در غلظت‌های ۲، ۴، ۶ و ۱۰ درصد DMDMH اثر ضدباکتری بسیار خوبی ایجاد شده است.

آزمون‌های ضدباکتری برای دو باکتری *E. coli* و *S. aureus* انجام شد که این دو باکتری به ترتیب باکتری گرم منفی و گرم مثبت است که به نمایندگی از باکتری‌های بیماری‌زای انسانی انتخاب شدند. همان‌طور که از داده‌های جدول ۷ استنباط می‌شود، تکمیل مزبور روی پارچه‌های اسپیسر در برابر باکتری *E. coli* مؤثرتر از باکتری *S. aureus* عمل کرده است.

بررسی اثر pH حمام تکمیل اول بر خواص ضدباکتری برای بررسی عامل pH، ۹ حمام تکمیل با pH‌های ۲، ۴ و ۶ (با

به مدت ۲۴ h در دمای ۳۷°C.

- شمارش باکتری‌های زنده با دستگاه کلونی کانتر. درصد کاهش باکتری به کمک معادله (۴) محاسبه شد:

$$\text{Reduction rate (\%)} = (A-B) / A \times 100 \quad (4)$$

A و B به ترتیب تعداد کلونی باکتری روی نمونه‌های عمل‌آوری نشده و عمل‌آوری شده است.

ثبات شست‌وشویی تکمیل مزبور با روش استاندارد BS26330:1993-No:4B اندازه‌گیری شد. در این روش، نمونه‌های تکمیل‌شده، در شرایط کاربردی ذکرشده در جدول ۶ با دستگاه پلیمت در معرض شست‌وشو قرار می‌گیرند.

هر نمونه چهار مرتبه در معرض شست‌وشو قرار گرفت و در پایان هر شست‌وشو، مقدار کاهش کلر فعال پارچه به روش یدسنجی معین شد. برای بررسی شارژپذیری پارچه‌های تکمیل‌شده، مقدار کلر موجود در پارچه پس از پنج چرخه شست‌وشو کاهش داده شده و مجدداً با حمام کلر حاوی ۰/۱ درصد کلر فعال، کلردار شد.

نتایج و بحث

اثر پیش‌ماده DMDMH بر خواص ضدباکتری ایجاد شده در پارچه اسپیسر

پیش‌ماده DMDMH به بخش سلولوزی پارچه اسپیسر (لایه زیر) متصل می‌شود. پارچه‌های بررسی‌شده فقط از نظر جنس لایه زیری با یکدیگر متفاوت‌اند و لایه‌زیری پارچه اسپیسر، دارای سلولوز است که این سلولوز می‌تواند مربوط به پنبه خالص، پنبه-پلی استر و ویسکوز-پلی استر باشد. نتایج جدول ۷ نشان می‌دهد، در یک نگاه کلی، خواص ضدباکتری پارچه‌ها، تحت تأثیر غلظت پیش‌ماده ضدباکتری به کار رفته است.

شایان ذکر است، پارچه‌های اسپیسر از طریق بخش سلولوزی ساحتر خود با ترکیبات DMDMH پیوند برقرار می‌کنند. به عبارتی، همان‌طور که داده‌های جدول ۷ نیز نشان می‌دهد، هر چه مقدار بخش سلولوزی پارچه افزایش یابد، مقدار هیدانتوئین متصل به پارچه نیز افزایش یافته و خواص ضدباکتری بهتری کسب شده است. این اثر در پارچه‌های دارای لایه پنبه‌ای خالص، پس از تکمیل، بیش از

جدول ۶- شرایط شست‌وشوی نمونه‌ها در دستگاه پلیمت برای ارزیابی ثبات شست‌وشویی تکمیل ضدباکتری.

مقدار	متغیر آزمون
۵۰±۳	دمای شست‌وشو (°C)
۵۴	مدت زمان شست‌وشو (min)
۳۰:۱	نسبت وزن کالا به حجم مایع (L:R)
۱	غلظت شوینده (g/L)

جدول ۹- درصد کلر روی پارچه‌ها پس از کلردار کردن در pHهای مختلف حمام تکمیل اول.

مقدار کلر پارچه (%)	جنس لایه زیری پارچه اسپیسر	pH حمام تکمیل اول
۰/۱۸۲۱ ۰/۰۶۲ ۰/۱۷۶	پنبه پنبه- پلی استر ویسکوز- پلی استر	۲
۰/۱۷۹ ۰/۰۵۱۲ ۰/۱۶۸	پنبه پنبه- پلی استر ویسکوز- پلی استر	۴
۰/۱۵۹۷ ۰/۰۴۶ ۰/۱۶	پنبه پنبه- پلی استر ویسکوز- پلی استر	۶
۰ ۰ ۰	پنبه پنبه- پلی استر ویسکوز- پلی استر	۱۰

خواهد بود. همان‌طور که در جدول ۹ مشاهده می‌شود، با افزایش اسیدیته حمام تکمیل اول، مقدار جذب کلر در حمام کلردار کردن به علت تجزیه بیشتر همی‌استال و ایجاد موقعیت‌های N-H بیشتر، افزایش یافته است. در ضمن، در محیط قلیایی به دلیل تشکیل نشدن پیوند N-H (موقعیتی برای نگهداری کلر) پارچه وجود ندارد.

شایان ذکر است، به دلیل شکستن اتصالات گلوکوزیدی، آبکافت سلول در شرایط اسیدی اتفاق می‌افتد و موجب کاهش مقاومت کششی پارچه می‌شود، بنابراین pH باید طوری تنظیم شود تا خواص ضدباکتری مؤثر و استحکام کافی در منسوج حاصل شود.

بررسی اثر کاتالیزور بر خواص ضدباکتری

در حمام تکمیل برای اتصال پیش‌ماده DMDMH به سلولوز از کاتالیزور اسیدی استفاده شد. برای بررسی اثر کاتالیزور نیز حمام‌هایی به‌طور جداگانه تهیه شد و وجود کاتالیزور و نبود آن در نتیجه آزمون‌های ضدباکتری با دو نوع کاتالیزور اسیدی $MgCl_2$ و $ZnSO_4$ بررسی شده است. شایان ذکر است، حمام‌های تکمیل مربوط به این آزمون‌ها با غلظت ۴ درصد از DMDMH در pH برابر ۴ و یکسان بودن سایر شرایط تهیه شد و کلردار کردن در حمامی با ۰/۲ درصد کلر فعال انجام شد. نتایج آزمون‌ها مربوط به اثر کاتالیزور در جدول ۱۰ آمده است.

برای توجیه فعالیت ضدباکتری متفاوت، در سه شرایط مختلف جدول ۱۰ (بدون کاتالیزور و استفاده از کاتالیزورهای $MgCl_2$ و $ZnSO_4$)، باید به واکنش‌های بین سلولوز و هیدانتوئین توجه کرد. برای ایجاد موقعیت‌های N-H در ترکیب هیدانتوئین محیط واکنش تکمیل باید اسیدی باشد. هر چه کاتالیزور استفاده شده pH کمتری در حمام تکمیل برای اتصال پیش‌ماده هیدانتوئین به سلولوز ایجاد کند، گروه‌های

استفاده از استیک اسید)، در غلظت ثابت ۴ درصد DMDMH تهیه شد و پس از کلردار کردن پارچه‌های اسپیسر تکمیل شده دارای جنس متفاوت در حمامی با غلظت ۰/۲ درصد کلر، مقدار کاهش خاصیت ضدباکتری ارزیابی شد. نتایج این ارزیابی در جدول ۸ بیان شده است.

با بررسی نتایج جدول ۸ و تحلیل سازوکار واکنش‌های تکمیل، کاملاً مشخص است که pH حمام، برای ایجاد تکمیل ضدباکتری باید قدری اسیدی باشد. هر چه مقدار اسیدی بودن حمام بیشتر باشد، اثر ضدباکتری بهتری ملاحظه می‌شود. این موضوع به جذب بیشتر کلر در مرحله کلردار کردن به علت آبکافت بیشتر موقعیت N-H یا امید در شرایط اسیدی تر نسبت داده می‌شود. به عبارت دیگر، هر چه pH حمام تکمیل اول کمتر باشد، آبکافت ترکیب هیدانتوئین، سریع‌تر و بیشتر انجام می‌شود و در نتیجه با آبکافت بیشتر و افزایش گروه‌های N-H در این ترکیب، در نهایت طی فرایند کلردار کردن، N-Cl بیشتری ایجاد می‌شود. مقدار کلر پارچه تکمیل شده، تعیین‌کننده ظرفیت کشتن باکتری است. مقدار جذب کلر پارچه‌های عمل‌آوری شده در pHهای مندرج در جدول ۸، در حمامی با غلظت ۰/۲ درصد کلر فعال اندازه‌گیری شد. برای بررسی اثر pH حمام تکمیل اول بر مقدار جذب کلر، پارچه‌ها پس از عملیات تکمیل اول (غلظت ۴٪ از DMDMH)، در حمام‌هایی با pH برابر ۲، ۴، ۶ و ۱۰ کلردار شدند و درصد کلر پارچه‌ها پس از تکمیل، به روش یدسنجی معین شد که نتایج آن در جدول ۹ بیان شده است.

نتایج ارائه شده در جدول ۹، مطالب بیان شده را تأیید می‌کند. پنبه به علت داشتن گروه‌های سلولوزی بیشتر، نسبت به پلی‌استر - پنبه (۶۵٪-۳۵٪) و پلی‌استر - ویسکوز (۷۵٪-۲۵٪)، گروه‌های واکنش‌پذیر بیشتری برای واکنش با پیش‌ماده DMDMH و در نتیجه موقعیت‌های N-H بیشتری برای تبدیل به هالامین (N-Cl) دارد. پس مقدار کلر روی پارچه‌های پنبه‌ای پس از تکمیل ضدباکتری، تقریباً با مقدار کلر پارچه پلی‌استر - ویسکوز تکمیل شده یکسان و از کلر پلی‌استر - پنبه بیشتر

جدول ۸- اثر اسیدیته حمام تکمیل اول بر مقدار کاهش باکتری‌های *E. coli* و *S. aureus*.

pH	جنس لایه زیری پارچه اسپیسر	درصد کاهش باکتری	
		<i>S. aureus</i>	<i>E. coli</i>
۲	پنبه	۱۰۰	۱۰۰
	پنبه- پلی استر	۱۰۰	۱۰۰
	ویسکوز- پلی استر	۱۰۰	۱۰۰
۴	پنبه	۹۹/۸	۹۹/۹
	پنبه- پلی استر	۹۸/۱	۹۸/۹
	ویسکوز- پلی استر	۹۹/۴	۹۹/۹
۶	پنبه	۹۴/۳	۹۹/۹
	پنبه- پلی استر	۹۱	۹۷
	ویسکوز- پلی استر	۹۳	۹۹/۹

جدول ۱۰- اثر کاتالیزور بر مقدار کاهش باکتری.

کاتالیزور ($0.4 \text{ g}/100 \text{ mL}$)	جنس لایه زیری پارچه اسپیسر	مقدار کاهش باکتری (%)	
		<i>S. aureus</i>	<i>E. coli</i>
-	پنبه	۹۱/۷	۹۸/۹
	پنبه- پلی استر	۷۴/۴	۸۸
	ویسکوز- پلی استر	۹۱/۳	۹۸/۷
MgCl_2	پنبه	۹۴/۳	۹۹/۹
	پنبه- پلی استر	۹۱	۹۷
	ویسکوز- پلی استر	۹۳	۹۹/۹
ZnSO_4	پنبه	۹۸/۲	۱۰۰
	پنبه- پلی استر	۹۵/۱	۹۹/۹۹
	ویسکوز- پلی استر	۹۷/۷	۱۰۰

بسیاری دارد. دوام خاصیت ضدباکتری در برابر شست‌وشو، در مرحله اول به پایداری اتصال پیش ماده DMDMH به سلولوز و در مرحله دوم به ماندگاری کالر در پارچه پس از شست‌وشو بستگی دارد.

شکل‌های ۳ تا ۵ محتوای کالر پارچه تکمیل‌شده را پس از شست‌وشوهای مکرر نشان می‌دهند. گفتنی است، پارچه‌ها با محلول ۴ درصد DMDMH در pH برابر ۴ تکمیل شده و با محلول ۰/۲ درصد کالر فعال در pH برابر ۱۰ و دمای 50°C ، کلردار شده‌اند. شکل‌های ۳ تا ۵ شاهد بر این ادعاست که پیوند کووالانسی محکمی بین سلولوز و پیش ماده نگه‌دارنده کالر، در ساختار پارچه به وجود آمده است. اگر این ماده پیوند محکمی با پارچه نداشته باشد، مقدار کالر پارچه در شست‌وشو خیلی سریع افت می‌کند. آزمون‌های تعیین کالر پارچه در چرخه‌های شست‌وشو بیانگر این مطلب است که مقدار افت کالر پارچه‌ها در شست‌وشو ناچیز است و تکمیل ضدباکتری ثابت زیادی دارد.

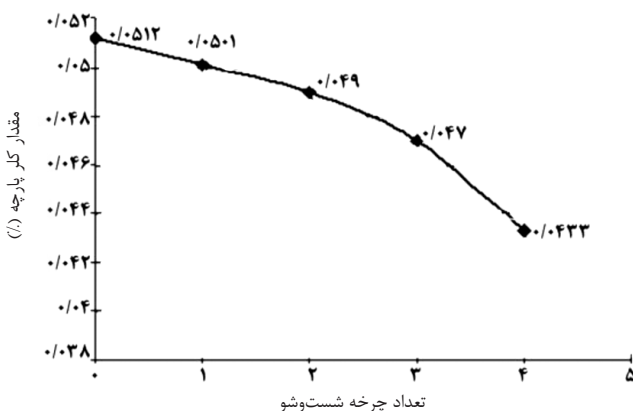
نمودار شکل ۳ در مقایسه با نمودار شکل‌های ۴ و ۵ شیب کاهشی تندتری دارد. به نظر می‌رسد علت آن، اکسایش بیشتر پارچه اسپیسر پنبه‌ای خالص در مقایسه با پارچه‌های دارای مخلوط پلی استر است. در حقیقت، قدرت اکسندگی قوی محلول کالر سبب نابود شدن گروه‌های کاربردی در پارچه شده و کاهش مقدار کالر و در نتیجه اثر ضدباکتری مشاهده می‌شود. برای کاهش اثر اکسایشی، درصد کالر فعال حمام تکمیل باید کاملاً حساب شده باشد تا از کاهش مقاومت و ناپایداری تکمیل ضدباکتری جلوگیری شود.

برای مطالعه گسترده‌تر در این زمینه، پارچه اسپیسر پنبه‌ای تکمیل شده، در حمامی محتوی ۰/۰۱ درصد کالر فعال و بخشی دیگر از پارچه با استفاده از حمامی محتوی ۰/۲۵ درصد کالر فعال کلردار شد. هر دو پارچه تکمیل‌شده در چهار چرخه شست‌وشو قرار گرفتند و پس از آن مقدار کاهش باکتری در هر دو پارچه با آزمون ضدباکتری بررسی شد. این عملیات برای پارچه پلی استر- پنبه نیز انجام شد که نتایج این ارزیابی در جدول ۱۱ آمده است. همان‌طور که از نتایج جدول ۱۱ استنباط می‌شود، پایداری تکمیل ضدباکتری که با غلظت کم کالر، فعال‌سازی شده، بهتر

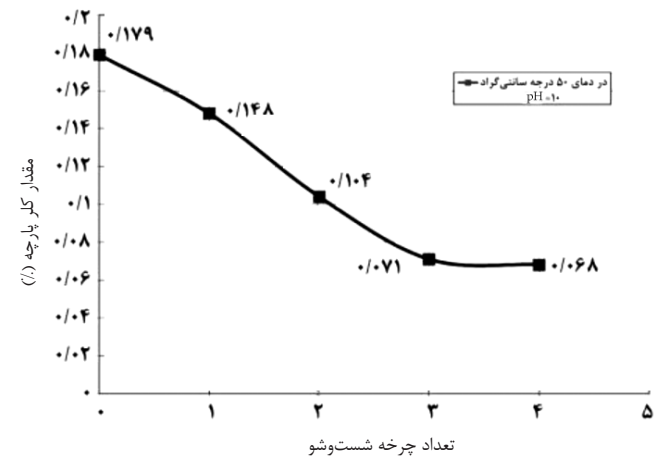
NCH_2OH بیشتری تجزیه شده و موقعیت‌های N-H زیادتری ایجاد می‌شود. N-H در حقیقت به عنوان موقعیتی برای نگه‌داشتن کالر عمل می‌کند. کاتالیزور ZnSO_4 آزادکننده H_2SO_4 است که نسبت به HCl که به وسیله MgCl_2 آزاد می‌شود، اسید قوی‌تری است. در نتیجه، pH حمام تکمیل با به کارگیری ZnSO_4 نسبت به MgCl_2 بیشتر کاهش می‌یابد و همی‌استال بیشتری تجزیه می‌شود و مکان‌های جذب Cl افزایش می‌یابد. بنابراین ZnSO_4 به عنوان کاتالیزور مؤثرتر عمل کرده است.

ارزیابی ثبات شست‌وشویی تکمیل ضدباکتری

پایداری فعالیت ضدباکتری در برابر شست‌وشو یکی از موضوعات مهم برای تولیدکنندگان و مصرف‌کنندگان منسوجات است، زیرا منسوجات در معرض شست‌وشوهای مکرر هستند. بنابراین، بررسی این پارامتر اهمیت



شکل ۴- اثر چرخه‌های شست‌وشو روی درصد کالر پارچه تکمیل‌شده اسپیسر پنبه- پلی استر در حمام محتوی ۴٪ DMDMH نسبت به حجم حمام و حمام تکمیل دوم محتوی ۰/۲٪ کالر فعال نسبت به حجم حمام.



شکل ۳- اثر چرخه‌های شست‌وشو روی درصد کالر نمونه پارچه اسپیسر تکمیل شده پنبه‌ای در حمام محتوی ۴٪ DMDMH نسبت به حجم حمام و حمام تکمیل دوم محتوی ۰/۲٪ کالر فعال نسبت به حجم حمام.

مقادیر میانگین استحکام کششی در جدول گزارش شده و اعداد داخل پرانتز ضریب تغییرات (CV) را نشان می‌دهد.

داده‌های جدول ۱۲، گویای این واقعیت است که تکمیل ضدباکتری در استحکام پارچه‌های اسپیسر تغییر چندانی ایجاد نمی‌کند. این عدم تغییر را می‌توان به ساختار پارچه‌های اسپیسر تهیه شده نسبت داد. به بیان واضح‌تر، بخش پلی‌استری پارچه تعیین و تأمین‌کننده استحکام پارچه‌ای است که لایه‌رویی همه پارچه‌ها و نیز لایه میانی (اسپیسر) را شامل می‌شود. تغییر جزئی استحکام در پارچه‌های دارای لایه زیر پنبه خالص و ویسکوز - پلی‌استر (۷۵-۲۵) مشاهده می‌شود که این ویژگی به آبکافت بسیار جزئی بخش سلولوزی این پارچه‌ها نسب داده شده است. برای پارچه‌های دارای لایه زیری پنبه - پلی‌استر (۳۵-۶۵) که تنها دارای ۳۵ درصد سهم سلولوز است، استحکام لایه زیری نیز به وسیله بخش پلی‌استری تأمین می‌شود که به وسیله محلول‌های اسیدی رقیق تحت تأثیر قرار نمی‌گیرد. بنابراین کمترین کاهش استحکام، در پارچه اسپیسر دارای جنس لایه زیری پنبه - پلی‌استر (۳۵-۶۵) ملاحظه می‌شود. گفتنی است، پارچه‌های اسپیسر استفاده شده به دلیل داشتن لایه‌های رویی و میانی پلی‌استر، کاهش استحکام چندانی در اثر عملیات تکمیل نداشتند، در حالی که نتایج پژوهش‌ها حاکی از آن است که پارچه‌های پنبه‌ای خالص در اثر تکمیل آسیب بیشتری خواهند دید که با افزایش غلظت DMDMH در حمام تکمیل اول، کاهش استحکام قابل ملاحظه‌تر می‌شود.

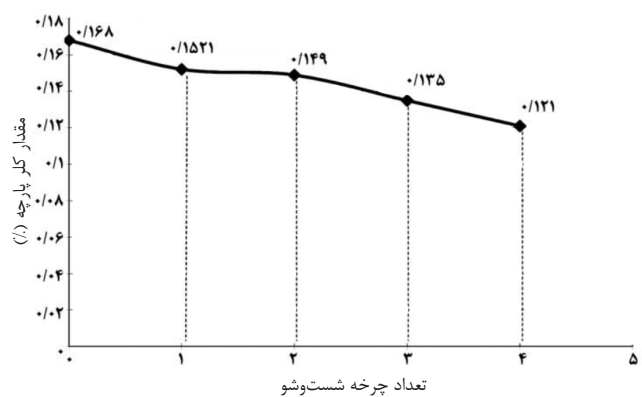
بررسی پارچه به روش طیف‌سنجی

برای بررسی و تحلیل دقیق‌تر اتصال پیش‌ماده DMDMH و تأیید پیوند کووالانسی، طیف IR پارچه پیش و پس از عملیات تکمیل بررسی شد که طیف IR مربوط به پارچه پنبه‌ای پیش و پس از تکمیل در شکل‌های ۶ و ۷ نشان داده شده است. همان‌طور که در شکل ۶ نیز آشکار است، پنبه خالص فاقد پیک در محدوده $1700-1800 \text{ cm}^{-1}$ است. ترکیبات هیدانتوئین، بر اثر سختی حلقه و ساختار رزونانسی، دو پیک مهم در محدوده 1720 و 1770 cm^{-1} دارند که پیک‌های مزبور به دلیل وجود دو گروه کربونیل در حلقه هیدانتوئین است. اختلاف موقعیت و شدت این دو پیک، به علت متفاوت بودن گروه‌های اطراف هر یک از گروه‌های کربونیل در حلقه است. گروه کربونیل پیک در محدوده 1720 cm^{-1}

جدول ۱۲- اثر غلظت حمام تکمیل اول بر استحکام پارچه اسپیسر دارای ۳ جنس مختلف.

استحکام کششی پارچه (N)	DMDMH (%)		
	پنبه	پنبه- پلی‌استر	ویسکوز- پلی‌استر
۱۳۶/۸۵ (۴/۴)	۱۴۲/۳۴ (۵/۱)	۱۴۰/۷۳ (۳/۲)	۰
۱۱۸/۵۰ (۰/۷۶)	۱۳۹/۷۸ (۷)	۱۴۰/۷۲ (۲/۵)	۲
۱۱۴/۱۸ (۰/۴۲)	۱۳۶/۴۷ (۰/۹)	۱۴۰/۶۹ (۱/۳۵)	۴
۱۱۴/۰۲ (۰/۵۴)	۱۳۳/۰۶ (۰/۳)	۱۴۰/۵۲ (۳/۷)	۶
۱۱۳/۱۱ (۰/۶۱)	۱۲۸/۳۴ (۴/۷)	۱۴۰/۵۱ (۲/۱)	۱۰

اعداد داخل پرانتز ضریب تغییرات را نشان می‌دهد.



شکل ۵- اثر چرخه‌های شست‌وشو روی درصد کالر پارچه تکمیل شده اسپیسر ویسکوز - پلی‌استر در حمام محتوی ۴٪ DMDMH نسبت به حجم حمام و حمام تکمیل دوم محتوی ۰/۲٪ کالر فعال نسبت به حجم حمام.

از غلظت زیاد کالر است که البته این ویژگی در پارچه‌های یک‌رو پنبه به دلیل اکسایش گروه‌های سلولوزی بیشتر نمایان است. نتیجه پژوهش‌های Xu [۱۹] و Sun [۲۶] نیز نشان‌دهنده ثبات شست‌وشوی زیاد این ترکیبات است. پژوهش‌های این پژوهشگران نشان‌دهنده پیوند شیمیایی بین الیاف سلولوز و DMDMH به سبب تشکیل پیوند کووالانسی بین هیدانتوئین و سلولوز است که بسیار پایدار است و فرایند شست‌وشوی خانگی متداول به این پیوندها آسیبی نمی‌رساند، فقط محتوای کالر پارچه هر بار کمی کاهش می‌یابد که این کاهش به‌طور یقین قابل بازیابی است.

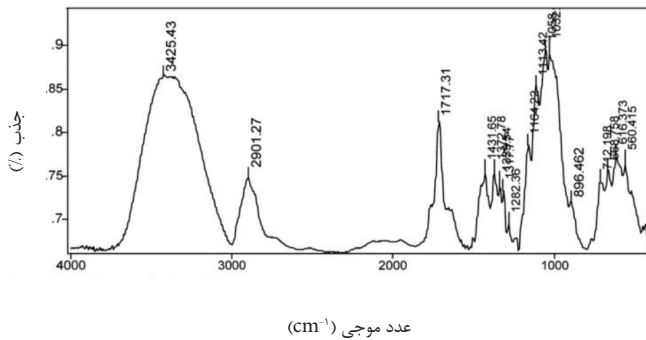
بررسی استحکام کششی نمونه پارچه‌های تکمیل شده

تغییر در استحکام پارچه یکی از موضوعات مهم و مورد توجه در تکمیل کالاست. چرا که پارچه تکمیل شده، بدون استحکام مناسب، شاید فاقد خواص کاربردی لازم است و محصول، نامرغوب محسوب شود. این ارزیابی به وسیله دستگاه ژوئیک انجام شد که نیروی پارگی (F) منسوجات با استفاده از روش سرعت ثابت ازدیاد طول (CRE) از داده‌های خروجی آن است که بر حسب نیوتن بیان می‌شود. شایان ذکر است، برای هر نمونه، ۵ مرتبه آزمون تکرار شده است.

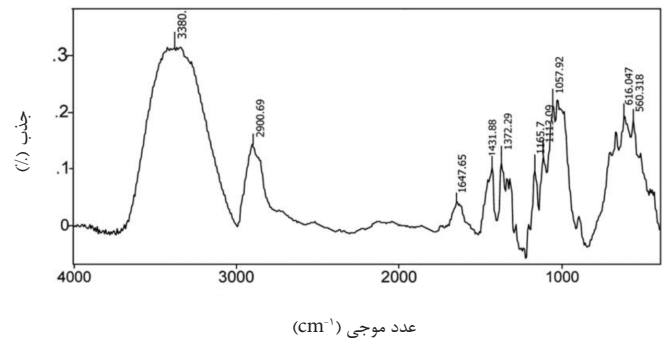
در جدول ۱۲ نتایج اثر غلظت حمام تکمیل با درصدهای مختلف ۲، ۴، ۶ و ۱۰ درصد DMDMH، بر استحکام پارچه‌های اسپیسر دارای سه جنس مختلف آمده است. گفتنی است، در این بررسی، pH حمام تکمیل ۶ است و از کاتالیزور MgCl_2 استفاده شده است. پخت به مدت ۵ min در دمای 160°C انجام شده است.

جدول ۱۱- ارزیابی کاهش اثر ضدباکتری در پارچه اسپیسر پس از چهار چرخه شست‌وشو.

مقدار کالر فعال در حمام (%)	کاهش اثر ضدباکتری (%)		
	پنبه‌ای	پنبه- پلی‌استر	ویسکوز- پلی‌استر
۰/۰۱	۹۹/۹	۹۷	۹۸/۱
۰/۲۵	۸۸/۷	۹۶/۸	۸۹/۷



شکل ۷- طیف FTIR پارچه پنبه‌ای تکمیل شده با حمام محتوی ۲٪ DMDMH.



شکل ۶- طیف FTIR پارچه پنبه‌ای تکمیل نشده.

گرم مثبت استافیلوکوکوس اورئوس و باکتری گرم منفی *E. coli*، به روش تکمیل دومرحله‌ای ایجاد شد که این اثر با روش استاندارد AATCC 100-1993 بررسی شده است. ثبات شست‌وشویی تکمیل ضدباکتری قابل قبول است و می‌تواند با محلول‌های رقیق کلر شارژ و بازیابی شود. همچنین، تکمیل ضدباکتری بسیار خوبی روی پارچه‌های اسپیسر دارای جنس لایه زیری پنبه، پلی‌استر-پنبه و پلی‌استر-ویسکوز مشاهده شد. تکمیل مزبور، تکمیلی نسبتاً پایدار است. این ویژگی را می‌توان به پیوند کووالانسی بین ترکیب هیدانتوئین و سلولوز نسبت داد که همواره می‌توان با اضافه کردن کلر به ساختار هیدانتوئین، اثر ضدباکتری را در پارچه تولید یا بازیابی کرد. مقایسه طیف IR مربوط به پارچه پنبه‌ای پیش و پس از تکمیل نشان‌دهنده اتصال کووالانسی پیش‌ماده DMDMH به عنوان عامل ایجاد اثر ضدباکتری، پس از عملیات تکمیل است.

دارد. به دلیل وجود دو جفت الکترون غیرپیوندی N و ضعیف‌تر شدن پیوند دوگانه کربنی در موقعیت دو حلقه، پیک ظاهرشده گروه کربوکسیل ایمید در اعداد موجی کمتری ظاهر می‌شود. بنابراین، وجود پیک 1720 cm^{-1} ناشی از ارتعاش یا نوسان گروه کربوکسیل ایمید و پیک 1780 cm^{-1} مربوط به گروه کربوکسیل امید است که مجموع این دو پیک بیانگر اتصال حلقه هیدانتوئین و شرط کافی وجود این ماده در ساختار پارچه است.

نتیجه‌گیری

اثر ضدباکتری بسیار خوبی در پارچه‌های اسپیسر در برابر دو باکتری

مراجع

1. Cho U., *Antimicrobial Textile*, PhD Thesis, Auburn University, 2003.
2. Silver S. and Phungle T., Silver as biocides in burn and wound dressings and bacterial resistance to silver compounds, *J. Ind. Microbiol. Biotechnol.*, 33, 627-634, 2006.
3. Hong K.H., Park J.L., Sul I.H., Youk J.H., and Kang T.J., Preparation of antimicrobial poly(vinyl alcohol) nano fibers containing silver nano particles, *J. Polym. Sci. B.*, 44, 2468 – 2474, 2006.
4. Nakashima T., Sakasami Y., Ito H., and Matsuo M., Antibacterial activity of cellulose fabrics modified with metallic salts, *Text. Res. J.*, 71, 688 – 694, 2001.
5. Senthikummar S., Functionalized nano finishing to cotton fabrics by sol-gel process, *Melliand Int.*, 2, 110 - 111, 2008.
6. Cai Z.S. and Sun G., Antimicrobial finishing of acrilan fabrics with cetylpyridinium chloride, *J. Appl. Polym. Sci.*, 94, 243-247, 2004.
7. Kim Y.M. and Sun G., Functional finishing of acrylic and cationic dyeable fabrics: Intermolecular Interaction, *Text. Res. J.*, 72, 1052 -1056, 2002.
8. Zhv P. and Sun G., Antimicrobial finishing of wool fabrics using quaternary ammonium salts, *J. Appl. Polym. Sci.*, 93, 1037-1041, 2004.
9. Son Y.A., Kim B.S., Reticular K., and Lee S.G., Imparting durable antimicrobial properties to cotton fabrics using quaternary ammonium salts through 4-aminobenzenesulfonic acid - chloro-triazine adduct, *Eur. Polym. J.*, 42, 3059-3067, 2006.
10. Payne J.D., Antimicrobial treatment of textile materials, *US Pat. 5700742*, 1997.
11. Payne J.D. and Yates J.E., Fibres treated with antimicrobial

- agents, *Eur. Pat. 1697577(A1)*, 2006.
12. Cazzaniga A., Serralta V., Davis S., Orr R., Eaglstein W., and Mertz P. M., The effect of an antimicrobial gauze dressing impregnated with 0.2% polyhexamethylene biguanide as a barrier to prevent *Pseudomonasa aerusinos* wound invasion, *Wound, Compend, clin Res. Prac.*, 14, 169-176, 2002.
 13. Kawabata A. and Taylir J.A., Effect of reactive dyes upon the uptake and antibacterial action of poly(hexamethylene biguanide) on cotton part 1: effect of bis(mono chlorotriazinyl) dyes, *Color: Technol.*, 120, 213-214, 2004.
 14. <http://www.archchemicals.com/fed/Bio/products/Brand/repute.htm>, 2007.
 15. Eberhardt D.M., *Antibacterial and Laundering Properties of AMS and PHMB as Finishing Agents for Healthcare Workers Uniforms*, PhD Thesis, Faculty of the Virginia Polytechnic Institute, 2004.
 16. Jones R.D., Jampani H.B., Newman J.L., and Lee A.S., Triclosan: A review of effectiveness and safety in health care setting, *Am. J. Infect. Control*, 8, 184-196, 2000.
 17. Yazdankhah S.P., Scheie A.A., Høiby E.A., Lunestad B.T., Heir E., Fotland T.Ø., Naterstad K., and Kruse H., Triclosan and antimicrobial resistance in bacteria: An over view, *Microb. Drug Resist. Mech. Epidemiol. Dis.*, 12, 83-90, 2006.
 18. Kalyon B.D. and Olgun V., Antibacterial efficacy of triclosan-incorporated polymers, *Am. J. Infect. Control*, 9, 124-125, 2001.
 19. Xu X., *Antibacterial Finishing of Cellulosic Clothing Materials*, PhD Thesis, California University, 2002.
 20. Hou Q., Liu W., Liu Z., and Bai L., Characteristics of antimicrobial fibers prepared with wood periodate oxycellulose, *Carbohyd. Polym.*, 74, 235 - 240, 2008.
 21. Chung Y.S., Durable press and antimicrobial finishing of cotton fabrics with a citric acid and chitosan treatment, *Text. Res. J.*, 68, 772 - 775, 1998.
 22. Tsukada M., Katoh H., Wilson D., Shin B.S., Arai T., Murakami R., and Freddi G., Production of antimicrobially active silk proteins by use of metal-containing dyestuffs, *J. Appl. Polym. Sci.*, 86, 1181-1188, 2002.
 23. Sun G. and Xu X.J., Durable and regenerable antibacterial finishing of fabrics: biocidal properties, *Text. Chem. Color.*, 30, 26-30, 1998.
 24. Eknoian M.W., Worley S.D., Bickert J., and Williams J.F., Novel antimicrobial N-halamine polymer coating generated by emulsion polymerization, *Polym. Eng. Sci.*, 40, 1367-1371, 1999.
 25. Liu S. and Sun G., Functional modification of poly(ethylene terephthalate) with an allyl monomer: chemistry and structure characterization, *Polymer*, 49, 5225-5232, 2008.
 26. Sun Y.Y. and Sun G., Novel regenerable N-halamine polymeric biocides III. Grafting hydantion – containing monomers onto synthetic fabrics, *J. Appl. Polym. Sci.*, 81, 1517-1525, 2001.
 27. Morshed M., Sandstrom A., and Sun G., Biocidal aramide fabrics for emergency responders: formation and properties of aramide halamine, *Text. Res. J.*, 1-6, 2007.
 28. Ren X., Kou L., Kocer H.B., Zhu C., Worley S.D., and Broughton R.M., Antimicrobial coating of an N-halamine biocidal monomer on cotton fibers via admicellar polymerization colloid and surface, *Colloid Surface A: Physicochem. Eng. Aspects*, 317, 711-716, 2008.

A Study on Rechargeable Antibacterial Finishing of Spacer Knitted Fabrics by N-Halamine Compounds

H. Hasani^{1,*}, Sh. Bahador Najafabadi¹, M. Morshed¹ and S.H. Hekmati Moghadam²

1. Department of Textile Engineering, Isfahan University of Technology, P.O. Box: 84156-83111, Isfahan, Iran
2. Faculty of Paramedical, Shahid Sadooghi University of Medical Sciences, P.O. Box: 8916188-35, Yazd, Iran

Revised 8 August 2011; Accepted 1 November 2011

Abstract

Studies were conducted on durable and rechargeable antibacterial properties of spacer knitted fabrics. To achieve a durable and rechargeable antibacterial properties, spacer fabrics made of cotton, polyester-cotton (65-35) and polyester-viscose (25-75) were treated with dimethylol dimethyl hydantoin (DMDMH), followed by chlorine bleaching. The methylol groups on DMDMH can either form cross-links with cellulose with both functional sites reacted or grafted onto cellulose with only one reactive site consumed. In each test, cotton, polyester cotton, polyester viscose spacer was separately exposed to treatment baths in two stages. Different concentrations of DMDMH in primary and chlorine in secondary finishing bath, pH, temperature, in both baths were optimized. The biocidal efficacy of such spacer fabrics is high against *Staphylococcus aureus*, a gram-positive bacterium and *Escherichia coli*, a gram-negative bacterial according to AATCC test method 100-1993. The findings show that the washing fastness of antibacterial finishing is acceptable and the biocidal effect persists through at least 50 machine washing cycles and can be regenerated by exposure to diluted chlorine solutions. A comparison between the FTIR tests after and before antibacterial finishing shows the covalent bonds between dimethylol dimethyl hydantoin (DMDMH) and spacer fabrics.

Keywords

antibacterial finishing,
N-halamine,
spacer knitted fabrics

(* Address Correspondence to H. Hasani, Email: h_hasani@cc.iut.ac.ir