مجله علوم و فناوری نساجی
سال دوم، شماره ۲، شماره پیاپی ۳
صفحه ۸۰-۷۱، ۱۳۹۱
ISSN: ۲۱۵۱-۷۱۶۲

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 حکمتی‌مقدم[۲]

۱- اصفهان، دانشگاه صنعتی اصفهان، دانشکده مهندسی نساجی، صندوق پستی ۸۳۱۱۱-۸۴۱۵۶
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 کلردارکردن 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. کولای* با روش تکمیل دومرحله‌ای 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.

کلمات کلیدی
تکمیل ضدباکتری،
N-هالامین،
پارچه اسپیسر حلقوی

مقدمه

منسوجات شرایط ایده‌آلی را برای سکونت و رشد میکروارگانیسم‌ها فراهم می‌کنند. بنابراین نیازی اساسی به تکمیل‌های ضدباکتری و ضدمیکروبی 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 بین‌رفتن یا توقف رشد باکتری‌ها می‌شوند. این مواد به سه گروه معدنی، آلی و طبیعی دسته‌بندی می‌شوند. با توجه به رشد بسیار سریع میکروب‌ها، مواد ضدمیکروبی باید بسیار سریع عمل کنند تا مؤثر واقع شوند [۱].

عملیات ضدباکتری با کاربرد مواد شیمیایی ضدباکتری در مرحله تکمیل کالای نساجی یا ترکیب مواد ضدمیکروبی، حین عملیات ریسندگی الیاف مصنوعی انجام می‌شود. از جمله موادی که امروزه به عنوان مواد ضدباکتری به‌کار می‌روند، عبارت‌اند از: فلزات و نمک‌های فلزی [۵-۲]، ترکیبات آمونیوم چهارتایی [۹-۶]، پلی‌هگزا متیلن‌بیگوآنید [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

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

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].

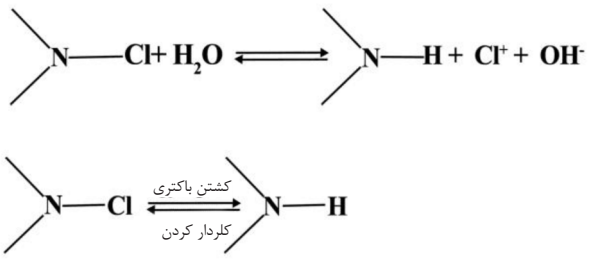
یکی از روش‌های بسیار بادوام برای تکمیل ضدباکتری و میکروبی، ایجاد تکمیل‌های قابل بازیابی، با استفاده از ترکیبات N- هالامین است. N- هالامین‌ها، ترکیبات آلی حاوی کلر و برم فعال متصل به نیتروژن هستند که ماهیت ضدباکتری آنها به کلر و برم آزادشده و فعال نسبت داده می‌شود.

سازوکار دقیق از بین‌بردن باکتری با هالوژن‌های کلر و برم، چندان مشخص نیست و بهترین نظریه، پذیرش ماهیت اکسیدکنندگی کلر و برم است که باعث متلاشی‌شدن دیواره سلولی باکتری و ایجاد اختلال در غشای سلولی می‌شود. حین غیرفعال‌کردن 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 ضدمیکروبی نامحلولN - هالامین پلی (۵،۳،۱-تری‌کلرو-۶- متیل-۶- ('۴-وینیل فنیل) ۵،۳،۱- تری‌آزین- ۴،۲- دی‌اُن) و پلی(۳،۱- دی‌کلرو-۵- متیل-۵- ('۴- وینیل فنیل)- هیدانتوئین) را تهیه کردند که این مواد، با اتصال به پلیمرها خاصیت ضدمیکروبی 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. Sun و Liu [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 ۶،۴،۲- تری‌اُن (TATAT) به روش کوپلیمرشدن پیوندی به الیاف مصنوعی متصل کرده‌اند.



طرح ۱- غیرفعال‌سازی باکتری با هالامین [۲۳].

مرشد و همکاران [۲۷]، کاربرد موادN - هالامین را در الیاف کارآمد (متا-آرامید) بررسی کرده‌اند. Ren و همکاران [۲۸]، با ایجاد پوششی از سیلوکسان روی پنبه و سپس کلردارکردن 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 میکروبی‌نبودن آنها، در این پژوهش تکمیل ضدباکتری با استفاده از مواد ضدمیکروبN – 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.

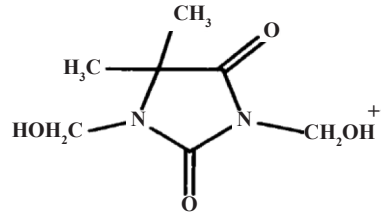
بسیاری از ترکیبات ضدباکتری زمان اثر طولانی دارند و برای بروز اثر ضدباکتری باید فرصت داده شود، درحالی‌که ترکیباتN - هالامین، آنی عمل می‌کنند که این موضوع به‌طور خاص در کاربردهای بیمارستانی و به‌ویژه در اتاق‌های عمل جراحی، اهمیت بسیار زیادی دارد.

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 ($Na_2S_2O_3.5H_2O$) و سدیم کربنات همگی محصول شرکت Merck، مایع سفیدگری سدیم هیپوکلریت ساخت شرکت داروگر، نوترینت براث (nutrient broth، B.N) که محتوی ۱g/L از Lab-Lemco-powder، yeast extract ۲g/L، peptone ۵g/L و ۵g/L سدیم کلرید است، نوترینت آگار (nutrient agar) که علاوه بر داشتن کلیه محتویات نوترینت براث، ۱۵ g/L آگار نیز در ترکیب خود دارد، سالین نرمال (soline normal) که محتوی۸۵ g/L نمک طعام در آب مقطر است، باکتری گرم منفی



طرح ۲- ساختار شیمیایی پیش‌ماده ضدباکتری DMDMH [۲۱].

Escherichia coil (E. coil) با مشخصه ATCC25922، باکتری گرم مثبت *Staphylococcus aureus (S. aureus)* با مشخصه ATCC25923 و پیش‌ماده ضدباکتری ۳،۱- دی‌هیدروکسی متیل ۵،۵- دی‌متیل 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- پلی‌استر (۳۵-۶۵) و ویسکوز- پلی‌استر (۷۵-۲۵) با نمره ۳۰ انگلیسی و نیز تک‌رشته میانی پلی‌استری ۱۵۰ دنیری روی ماشین دورو سیلندر شرکت Mayer & Cie با گیج ۱۸ و تعداد ابزار ۹۶ بافته شد. مشخصات پارچه‌های اسپیسر استفاده شده در جدول ۲ آمده است.

دستگاه‌ها و روش‌ها

برای از بین‌بردن 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 ۱-۰/۵ g/L شوینده غیریونی در دمای ۳°C ±۶۰ و L:R برابر ۱:۴۰ 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 پیش‌ماده ضدباکتری DMDMH به پارچه در شرایط اسیدی و

ب- شست‌وشوی پارچه با حمام سفیدگری کلر برای کلردارکردن کالا. عملیات اتصال پیش‌ماده ضدمیکروب 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)
تک رشته‌ای پلی‌استر نوع فلت	۱۵۰	پلی‌استر- پنبه (۳۵/۶۵)	۳۰
		پلی‌استر- ویسکوز (۷۵/۲۵)	۳۰
		پنبه خالص	۳۰

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

ویژگی	جنس لایه زیری پارچه		
	پنبه خالص	پلی‌استر- ویسکوز	پلی‌استر- پنبه
ضخامت پارچه (mm)	۱/۳۳	۱/۲۰۳	۱/۳۰۲
گرم بر متر مربع پارچه	۳۲۳	۲۹۰	۳۲۲
تعداد حلقه در سانتی‌متر مربع پارچه (SD)	۱۴×۲۰	۱۵×۲۱	۱۵×۲۴
عبورپذیری هوا ($mL/s.cm^2$)	۶۰/۵۱۰	۷۰/۰۶	۶۳/۶۹۴
استحکام کششی پارچه (N) با Zwick	۱۴۲/۳۴۱	۱۳۶/۸۵۹	۱۴۰/۷۳۰
درجه پرزدهی تا ۳۰۰۰ دور	۴-۵	۴-۵	۴-۵

به شرح زیر انجام شد:

کالای اسپیسر در محلول تکمیل حاوی DMDMH، کاتالیزور و شوینده به مدت 5 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 استنتر از پیش‌گرم‌شده، به مدت 10 min در 80 °C خشک شد. کالا در دمای 160 °C به مدت 5 min پخت شد. پارچه‌های

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

DMDMH* (٪)	جنس لایه زیری پارچه اسپیسر	کاتالیزور $MgCl_2$ (g/mol)	سطح فعال غیریونی (g/mol)
۲	پنبه	۰/۴	۰/۱
۴	پنبه	۰/۸	۰/۱
۶	پنبه	۱/۲	۰/۱
۱۰	پنبه	۲	۰/۱
۲	پنبه - پلی‌استر	۰/۴	۰/۱
۴	پنبه - پلی‌استر	۰/۸	۰/۱
۶	پنبه - پلی‌استر	۱/۲	۰/۱
۱۰	پنبه - پلی‌استر	۲	۰/۱
۲	ویسکوز - پلی‌استر	۰/۴	۰/۱
۴	ویسکوز - پلی‌استر	۰/۸	۰/۱
۶	ویسکوز - پلی‌استر	۱/۲	۰/۱
۱۰	ویسکوز- پلی استر	۲	۰/۱

* نسبت به حجم حمام.

تکمیل‌شـــده برای از دست‌دادن هر نوع ماده شـــیمیایی فاقد اتصال کووالانســـی مطابق روش اســـتاندارد BS 26330:1993-No:3A شسته شدند. در نهایت، پارچه‌های شسته‌شده 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 شـــدند و عملیات اتصال پیش‌مـــاده ضدمیکروب DMDMH به کالای اسپیســـر طبق مراحل بیان شـــده، انجام شد. شایان ذکر اســـت، مقدار کاتالیزور باید با توجه به درصد پیش‌ماده 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 ضدباکتری، pH حمام تکمیل و نوع کاتالیزور استفاده شده طبق جدول ۴، متغیر درنظر گرفته شده است. در مرحله دوم تکمیل، کلردارکردن پارچه‌های تکمیل‌شده 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 می‌شـــود و در حالت تعادل حاوی عوامل فعال OCl^- و HOCl 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 اســـیدی به وسیله سدیم تیوسولفات ۰/۱ نرمال سنجیده می‌شود.

$$HOCl \longleftrightarrow H + OCL \quad (۱)$$

$$HOCl + H^+ + Cl \longleftrightarrow Cl_2 + H_2O \quad (۲)$$

جدول ۴- شرایط متغیر در مرحله تکمیل مقدماتی پارچه‌های اسپیسر با پیش‌ماده DMDMH.

شرایط و متغیرها	مقدار
غلظت پیش‌ماده DMDMH (٪) در حمام تکمیل نسبت به حجم حمام	۲ ۴ ۶ ۱۰
اسیدیته حمام تکمیل (غلظت ٪۴ DMDMH نسبت به حجم حمام)	۲ ۴ ۶ ۱۰
کاتالیزور استفاده شده (غلظت ٪۴ DMDMH نسبت به حجم حمام)	بدون کاتالیزور ($MgCl_2$ ۰/۴ g/۱۰۰ mL) ($ZnSO_4$ ۰/۴ g/۱۰۰ mL)

جدول ۵- شـــرایط ثابـــت در کلردارکردن پارچه‌های تکمیل‌شـــده بـــا پیش‌ماده DMDMH.

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

جلوگیری از رشد باکتری، به دلیل وجود کلر در پارچه‌های تکمیل‌شده اســـت. بنابراین، درصـــد کلر فعـــال پارچه نمایانگر مقـــدار خاصیت ضدمیکروبی پارچه اســـت. غلظت کلر در پارچه، به روش یدســـنجی 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 به‌سرعت همزده شد. هنگامی که رنگ محلول از زرد روشن به آبی روشن تبدیل شد، چند قطره محلول ۱ درصد نشاسته به آن اضافه شـــد و تیترکردن تا بی‌رنگ‌شـــدن کامل محلول و پارچه ادامه یافت. درصد کلر پارچه به کمک معادله (۳) محاسبه شد[۱۸]:

$$Cl\% = (mL\ of\ Na_2S_2O_3 \times 0.0050\ N \times 0.0355) \times 100/gram\ of\ fabric \quad (۳)$$

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

- اســـتریل‌کردن 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 ۲۴-۱۸ h در دمای ۳۷°C،
- انتقال ۱ mL از نوترینت براث انکوبه‌شـــده به ظرف کشت محتوی نوترینت آگار استریل‌شده 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 ۰/۳-۰/۲ و طول موج ۵۸۰ nm به وسیله طیف‌نورسنج انتقالی اسپکترونیک ۷۰۰. سپس، انتقال ۱ mL از محلول با غلظت ۱۰۰۰ Cfu/mL^3 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، ســـپس انتقال ۱ mL از این محلول به ظرف کشت محتوی ۲۵ mL نوترینت آگار استریل و در نهایت انتقال آنها به داخل انکوباتور

به مدت ۲۴ h در دمای ۳۷°C.
- شمارش باکتری‌های زنده با دستگاه کلونی کانتر.
درصد کاهش باکتری به کمک معادله (۴) محاسبه شد:

$$\text{Reduction rate } (\%) = (A-B) / A \times ۱۰۰ \quad (۴)$$

A و B به ترتیب تعداد کلونی باکتری روی نمونه‌های عمل‌آوری‌نشده و عمل‌آوری‌شده 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 ۰/۰۱درصد 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-پلی‌استر و ویسکوز-پلی‌استر باشد. نتایج جدول ۷ نشان می‌دهد، در یک نگاه کلی، خواص ضدباکتری پارچه‌ها، تحت تأثیر غلظت پیش‌ماده ضدباکتری به‌کار رفته است.

شایان ذکر است، پارچه‌های اسپیسر از طریق بخش سلولوزی ساختار 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.

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

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

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

* در حمام تکمیل اول pH = ۴.

پارچه‌های ویسکوز- پلی‌استر (۷۵- ۲۵) و به مراتب بیش از پارچه‌های پنبه- پلی‌استر (۳۵- ۶۵) 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. درحالی‌که 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. همان‌طورکه 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

اســـتفاده از استیک اســـید)، در غلظت ثابت ۴ درصد DMDMH تهیه شـــد و پس از کلردارکردن پارچه‌های اسپیسر تکمیل‌شده دارای ۳ جنس متفاوت در حمامـــی با غلظت ۰/۲ درصد کلر، مقدار کاهش خاصیت ضدباکتری ارزیابی شـــد. 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 اسیدی‌بودن حمام بیشتر باشد، اثر ضدباکتری بهتری ملاحظه می‌شـــود. این موضوع به جذب بیشـــتر کلر در مرحله کلردارکردن به علت آبکافت بیشـــتر موقعیت N-H یا آمید در شرایط اسیدی‌تر 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 بیشـــتر و افزایش گروه‌های N-H در این ترکیب، در نهایت طی فرایند کلردارکردن، N-Cl بیشتری ایجاد می‌شود. مقدار کلر پارچه تکمیل‌شده، تعیین‌کننده ظرفیت کشتن باکتری است. مقدار جذب کلر پارچه‌های عمل‌آوری‌شده در pHهای مندرج در جدول ۸، در حمامی با غلظت ۰/۲ درصد کلر فعال اندازه‌گیری شـــد. 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 بیان‌شده را تأیید می‌کند. پنبه به علت داشتن گروه‌های سلولوزی بیشتر، نسبت به پلی‌استر- پنبه (٪۶۵-٪۳۵) و پلی‌استر- ویسکوز (٪۲۵-٪۷۵)، گروه‌های واکنش‌پذیر بیشتری برای واکنش با پیش‌ماده DMDMH و در نتیجه موقعیت‌های N-H بیشـــتری برای تبدیل به هالامیـــن (N-Cl) دارد. پس مقدار کلر روی پارچه‌های پنبه‌ای پس از تکمیل ضدباکتری، تقریباً با مقدار کلر پارچه پلی‌استر- ویسکوز تکمیل‌شده یکســـان و از کلر پلی‌استر- پنبه بیشتر

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

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

جدول ۹- درصد کلر روی پارچه‌ها پـــس از کلردارکردن در pHهای مختلف حمام تکمیل اول.

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

خواهد بود. همان‌طور که در جدول ۹ مشاهده می‌شود، با افزایش اسیدیته حمام تکمیل اول، مقدار جذب کلر در حمام کلردارکردن به علت تجزیه بیشتر همی‌استال و ایجاد موقعیت‌های N-H بیشتر، افزایش یافته است. درضمن، در محیط قلیایی به دلیل تشکیل‌نشدن پیوند N-H (موقعیتی برای نگه‌داری کلر) کلر روی 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 حمـــام تکمیل برای اتصـــال پیش‌ماده DMDMH به ســـلولوز 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. شـــایان ذکر اســـت، حمام‌های تکمیل مربوط به این آزمون‌ها با غلظت ۴ درصد از DMDMH در pH برابر ۴ و یکسان‌بودن سایر شرایط تهیه شد و کلردارکردن 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 اســـتفاده از کاتالیزورهـــای $MgCl_2$ و $ZnSO_4$)، باید به واکنش‌های بین ســـلولوز و هیدانتوئین توجـــه کرد. برای ایجاد موقعیت‌هـــای N-H در ترکیب هیدانتوئین محیط واکنش تکمیل باید اســـیدی باشـــد. هر چه کاتالیزور استفاده شـــده pH کمتری در حمام تکمیل برای اتصال پیش‌ماده هیدانتوئین به سلولوز ایجاد کند، گروه‌های

جدول ۱۰- اثر کاتالیزور بر مقدار کاهش باکتری.

کاتالیزور (۰/۴ g/۱۰۰ mL)	جنس لایه زیری پارچه اسپیسر	مقدار کاهش باکتری (٪)	
		E. coli	*S. aureus*
-	پنبه	۹۸/۹	۹۱/۷
	پنبه- پلی‌استر	۸۸	۷۴/۴
	ویسکوز- پلی‌استر	۹۸/۷	۹۱/۳
$MgCl_2$	پنبه	۹۹/۹	۹۴/۳
	پنبه- پلی‌استر	۹۷	۹۱
	ویسکوز- پلی‌استر	۹۹/۹	۹۳
$ZnSO_4$	پنبه	۱۰۰	۹۸/۲
	پنبه- پلی‌استر	۹۹/۹۹	۹۵/۱
	ویسکوز- پلی‌استر	۱۰۰	۹۷/۷

NCH_2OH بیشتری تجزیه شده و موقعیت‌های N-H زیادتری ایجاد می‌شود. N-H در حقیقت به عنوان موقعیتی برای نگه‌داشتن کلر عمل می‌کند. کاتالیزور $ZnSO_4$، آزادکننده H_2SO_4 است که نسبت به HCl که به وسیله $MgCl_2$ آزاد می‌شود، اسید قوی‌تری است. درنتیجه، pH حمام تکمیل با به‌کارگیری $ZnSO_4$ 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.

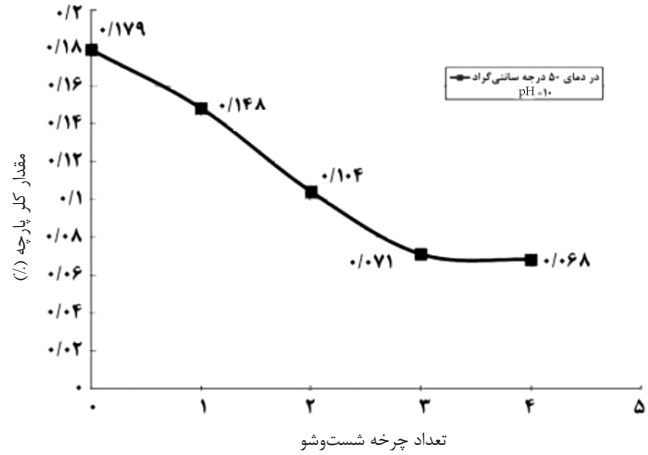
ارزیابی ثبات شست‌وشویی تکمیل ضدباکتری

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

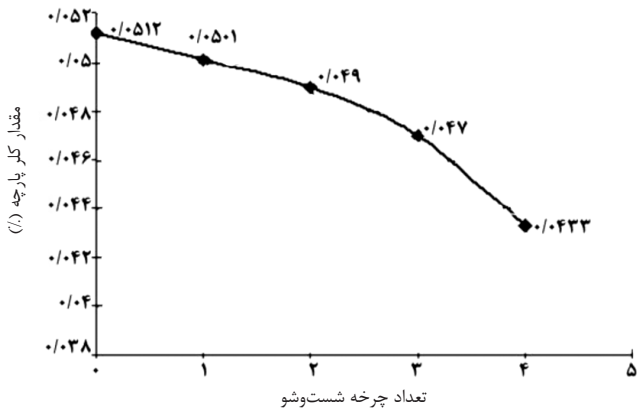
شکل‌های ۳ تا ۵ محتوای کلر پارچه تکمیل‌شده را پس از شست‌وشوهای مکرر نشان می‌دهند. گفتنی است، پارچه‌ها با محلول ۴ درصد DMDMH در pH برابر ۴ تکمیل شده و با محلول ۰/۲ درصد کلر فعال در pH برابر ۱۰ و دمای ۵۰°C، کلردار شده‌اند. شکل‌های ۳ تا ۵ شاهد بر این ادعاست که پیوند کووالانسی محکمی بین سلولوز و پیش‌ماده نگه‌دارنده کلر، در ساختار پارچه به‌وجود آمده است. اگر این ماده پیوند محکمی با پارچه نداشته باشد، مقدار کلر پارچه در شست‌وشو خیلی سریع افت می‌کند. آزمون‌های تعیین کلر پارچه در چرخه‌های شست‌وشو بیانگر این مطلب است که مقدار افت کلر پارچه‌ها در شست‌وشو ناچیز است و تکمیل ضدباکتری ثبات زیادی دارد.

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

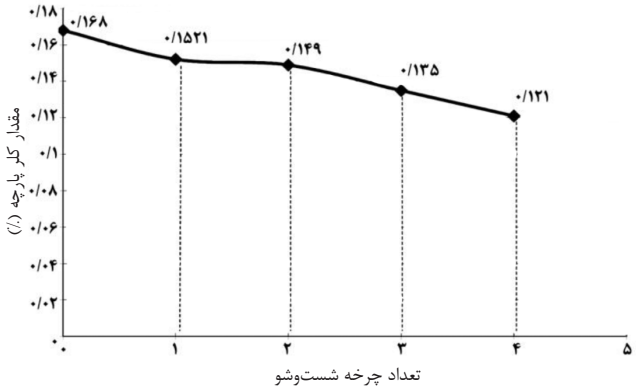
برای مطالعه گسترده‌تر در این زمینه، پارچه اسپیسر پنبه‌ای تکمیل شده، در حمامی محتوی ۰/۰۱ درصد کلر فعال و بخشی دیگر از پارچه با استفاده از حمامی محتوی ۰/۲۵ درصد کلر فعال کلردار شد. هر دو پارچه تکمیل‌شده در چهار چرخه شست‌وشو قرار گرفتند و پس از آن مقدار کاهش باکتری در هر دو پارچه با آزمون ضدباکتری بررسی شد. این عملیات برای پارچه پلی‌استر- 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 کلر، فعال‌سازی شده، بهتر



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



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



شـــکل ۵- اثر چرخه‌های شست‌وشـــو روی درصد کلر پارچه تکمیل‌شده اسپیسر ویسکوز- پلی‌استر در حمام محتوی ٪۴ DMDMH نسبت به حجم حمام و حمام تکمیل دوم محتوی ٪۰/۲ کلر فعال نسبت به حجم حمام.

از غلظت زیاد کلر است که البته این ویژگی در پارچه‌های یک‌رو پنبه به دلیل اکسایش گروه‌های سلولوزی بیشتر نمایان است.

نتیجـــه پژوهش‌های Xu [۱۹] و Sun [۲۶] نیز نشـــان‌دهنده ثبات شست‌وشـــوی زیاد این ترکیبات اســـت. پژوهش‌های این پژوهشگران نشان‌دهنده پیوند شیمیایی بین الیاف سلولوز و DMDMH به سبب تشکیل پیوند کووالانســـی بین هیدانتوئین و ســـلولوز است که بسیار پایدار است و فرایند شست‌وشوی خانگی متداول به این پیوندها آسیبی نمی‌رساند، فقط محتوای کلر پارچه هر بار کمی کاهش می‌یابد که این کاهش به‌طور یقین قابل بازیابی است.

بررسی استحکام کششی نمونه پارچه‌های تکمیل‌شده

تغییر در استحکام پارچه یکی از موضوعات مهم و مورد توجه در تکمیل کالاست. چرا که پارچه تکمیل‌شده، بدون استحکام مناسب، شاید فاقد خواص کاربردی لازم است و محصول، نامرغوب محسوب شود. این ارزیابی به وسیله دســـتگاه زوئیک 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 ۱۲نتایج 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 ۱۶۰°C انجام شده است.

جـــدول ۱۱- ارزیابی کاهش اثر ضدباکتری در پارچه اسپیســـر پس از چهار چرخه شست‌وشو.

مقدار کلر 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

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

داده‌های جدول ۱۲، گویای این واقعیت اســـت 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 پلی‌اســـتری پارچه تعیین و تأمین‌کننده استحکام پارچه‌ای اســـت 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 ســـهم 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، درحالی‌کـــه نتایج پژوهش‌ها حاکی از آن اســـت که پارچه‌های پنبه‌ای خالص در اثر تکمیل آســـیب بیشتری خواهند دید که با افزایش غلظت DMDMH در حمام تکمیل اول، کاهش اســـتحکام قابل ملاحظه‌تر می‌شود.

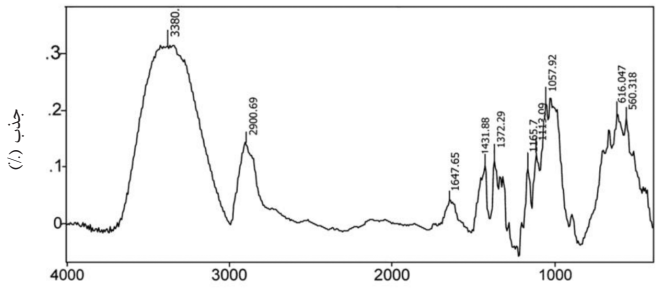
بررسی پارچه به روش طیف‌سنجی

برای بررسی و تحلیل دقیق‌تر اتصال پیش‌ماده DMDMH و تأیید پیوند کووالانســـی، 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 cm^{-1} ۱۷۰۰-۱۸۰۰ است. ترکیبات هیدانتوئین، بر اثر سختی حلقه و ساختار رزونانسی، دو پیک مهم در محدوده ۱۷۲۰ و cm^{-1} ۱۷۷۰ دارند که پیک‌های مزبور به دلیل وجود دو گروه کربونیل در حلقه هیدانتوئین اســـت. اختلاف موقعیت و شدت این دو پیک، به علت متفاوت بودن گروه‌های اطراف هر یک از گروه‌های کربونیل در حلقه اســـت. گروه کربونیل پیکی در محدوده cm^{-1} ۱۷۲۰

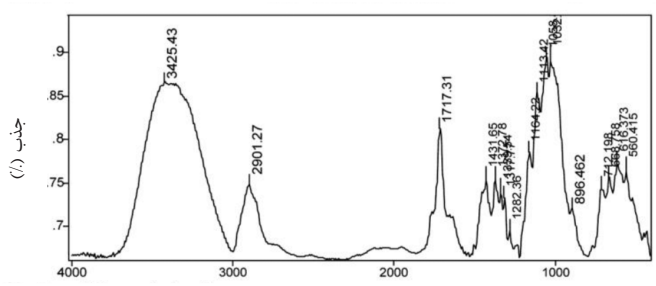
جدول ۱۲- اثر غلظت حمام تکمیل اول بر استحکام پارچه اسپیسر دارای ۳ جنس مختلف.

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

اعداد داخل پرانتز ضریب تغییرات را نشان می‌دهد.



شکل ۶- طیف FTIR پارچه پنبه‌ای تکمیل‌نشده.



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

دارد. به دلیل وجود دو جفت الکترون غیرپیوندی N و ضعیف‌ترشدن پیوند دوگانه کربنی در موقعیت دو حلقه، پیک ظاهرشده گروه کربوکسیل ایمید در اعداد موجی کمتری ظاهر می‌شود. بنابراین، وجود پیک cm^{-1} ۱۷۲۰، ناشی از ارتعاش یا نوسان گروه کربوکسیل ایمید و پیک cm^{-1} ۱۷۸۰ مربوط به گروه کربوکسیل آمید 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 گرم مثبت *استافیلوکوکوس اورئوس* و باکتری گرم منفی *E. کولای*، به روش تکمیل دومرحله‌ای ایجاد شد که این اثر با روش استاندارد AATCC100-1993 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 اضافه‌کردن 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.

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. Microbial. 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 fiberes containg 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 - choloro-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 aerusinosa 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.

Journal of
Textile Science
and Technology
Vol. 2, No.2, 71-80
Summer 2012
ISSN: 2151-7162

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

H. Hasani[1,*], Sh. Bahador Najafabadi[1], M. Morshed[1] and S.H. Hekmati Moghadam[2]

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 aurous*, 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