



وزارت علم و تحقیقات و فناوری  
موسسه پژوهشی علوم و فناوری رنگ و پوشش

## مروری بر الیاف پنبه‌ای ضدبacterی

زهره کرمی<sup>۱\*</sup>، آتشه سلیمانی گرگانی<sup>۲\*</sup>

- ۱- کارشناس ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد جنوب، تهران، ایران، صندوق پستی: ۱۱۳۶۵-۴۴۳۵  
۲- استادیار، گروه پژوهشی علوم و فناوری چاپ، موسسه پژوهشی علوم و فناوری رنگ و پوشش، تهران، ایران، صندوق پستی: ۱۶۷۶۵-۶۵۴

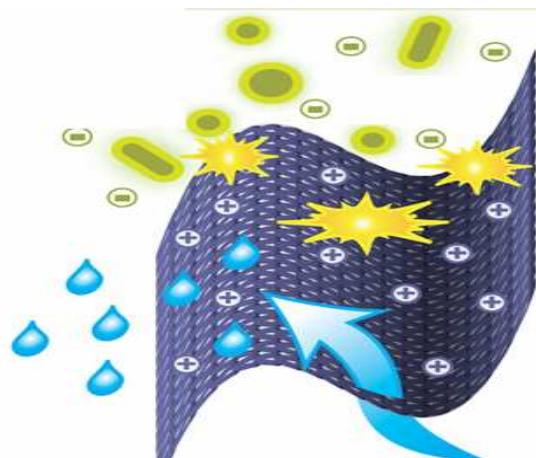
تاریخ دریافت: ۹۲/۴/۹ تاریخ بازبینی: ۹۲/۵/۱۶ تاریخ پذیرش: ۹۲/۶/۴

### چکیده

باکتری‌ها مهم‌ترین دلیل اگزما‌پستی و همچنین بوی بد لباس‌ها می‌باشند که این بوی بد ناشی از تولید آمین‌ها و اسیدهای آلی می‌باشد. پنبه از نوع الیاف طبیعی است که نسبت به الیاف مصنوعی بیشتر در معرض رشد باکتری‌ها در ساختار خود می‌باشد. در این مقاله سعی بر این است که مروری بر مواد ضدبacterی مورد استفاده روی پنبه داشته باشیم. کلاس‌های مختلفی از مواد ضدبacterی مانند نمک‌های فلزات نظری مس و جیوه به‌طور معمول بر روی منسوجات برای ایجاد خواص ضدبacterی استفاده می‌شوند. در حال حاضر از نظر اقتصادی موادی نظری اسیدهای آلی، بایگونایدها و ترکیبات چهار طرفیتی آمونیوم بسیار رایج هستند و به صورت عوامل ضدبacterی تجاری در صنعت نساجی به کار رفته مانند مشتقات نیتروژن-هالومین و مشتقات کیتوسان می‌باشند که در حال پیشرفت هستند. برخی از رنگارها نیز خواص ضدبacterی ضعیفی از خود نشان داده‌اند. ترکیبات نانوکره نیز به عنوان نسل جدیدی از مواد ضدبacterی هستند که کاربردهای فراوانی در صنایع گوناگون دارند.

### واژه‌های کلیدی

الیاف سلولزی، ضدبacterی، نانوکره، کیتوسان، اسیدهای آلی



\*Corresponding author: [asoleimani@icrc.ac.ir](mailto:asoleimani@icrc.ac.ir)

A review on antibacterial cotton fibers, Z. karami, A. soleimani-gorgani

## ۱- مقدمه

کولی<sup>۳</sup> میکروارگانیسم دیگری است که موجب بوی بد و زخم بر روی پوست می‌گردد. فارچی مانند آسپرژیلوس نیجر<sup>۴</sup> باعث تضعیف ساختار و استحکام پارچه و بی‌رنگ کردن آن می‌شود. همچنین کپک و برفک‌های ایجاد شده در اثر باکتری‌ها می‌توانند ایجاد لکه کنند. از آنجایی که میکروارگانیسم‌ها معمولاً به مواد موجود بر منسوج تکمیل شده حمله می‌کنند، در محصول نهایی که برای تولید آن هزینه صرف شده تغییرات رنگی و کاهش خواص مکانیکی رخ می‌دهد که این بسیار نامطلوب است. میکروارگانیسم‌ها همچنین می‌توانند فرآیندهای تولید، رنگرزی، تکمیل و عملیات چاپ را به وسیله کاهش گرانزوی خمیر چاپ، تخمیر و در نهایت تشکیل کپک، تخریب کنند. آلوگی میکروبی را در بسیاری از موارد حتی با چندین بار شستشو نیز نمی‌توان از بین برد و تنها شستشو در دمای جوش موثر است. در فرآیند ضدباکتری ساختن منسوجات به وسیله عوامل ضدمیکروبی باید توجه داشت که از انتشار عفونت به وسیله میکروارگانیسم‌های بیماری‌زا جلوگیری کرد و بدین ترتیب آلوگی میکروبی را کنترل کرد. متابولیسم و عملکرد میکروارگانیسم‌ها به منظور کاهش بوی بد و حفاظت از منسوجات از لکه‌گذاری، تغییر رنگ و کاهش کیفیت باید کنترل شود. بسیاری از عوامل ضدباکتری که در صنعت نساجی استفاده می‌شوند در صنایع غذایی نیز کاربرد زیادی داشته و شناخته شده هستند. این مواد در بستر منسوجات در غلظت‌های پایین گنجانده می‌شوند. باید توجه داشت که این مواد علاوه بر اینکه به صورت کامل موثر می‌باشند بلکه باید با پوست انسان و محیط نیز سازگاری داشته باشند.

<sup>3</sup> Escherichia Coli  
<sup>4</sup> Aspergillus Niger

اولین تولید صنعتی منسوجات ضدباکتری در اوخر دهه ۱۹۳۰ می‌باشد که به منظور استفاده در البسه نظامی سربازان آمریکایی و آلمانی با استفاده از نمک‌های چهار ظرفیتی آمونیوم<sup>۱</sup> برای جلوگیری از عفونت و بوی بد تولید شد. میکروارگانیسم‌ها به خصوص باکتری‌ها می‌توانند بر زمینه منسوجات رشد پیدا کنند. پنهانه از الیاف طبیعی است که نسبت به الیاف مصنوعی بیشتر در معرض رشد باکتری‌ها در ساختار خود می‌باشد، زیرا ساختار متخلخل آب دوستی دارد که آب، اکسیژن و مواد ریز را در خود نگه داشته و بدین ترتیب محیطی مناسب برای رشد باکتری‌ها ایجاد می‌کند. پوشک نظیر لباس‌های ورزشی، لباس‌های زیر، جوراب، منسوجات بیمارستانی مانند ملحفه‌ها، پرده‌ها، گان‌ها، حوله‌ها، دستکش‌ها و گازهای پاسمنان، پوشک صنعتی مانند البسه نظامی محیط‌های بسیار مناسبی برای رشد باکتری‌ها و قارچ‌ها می‌باشند (شکل ۱)، زیرا آنها محیط گرم و مرطوبی ایجاد کرده و بهترین شرایط رشد را برای میکروارگانیسم‌ها ایجاد می‌کنند. این تجمع میکروبی پیامدهای ناخوشایند بسیاری دارد. یکی از این مشکلات بوی بسیار بدی است که ناشی از تبدیل تعرق انسانی به بعضی از مواد ایجاد کننده بوی بد مانند کربوکسیلیک اسیدها، آلدھیدها و آمین‌ها می‌باشد. میکروبی شدن منسوجات می‌تواند باعث ایجاد بیماری در مصرف کننده منسوج شود برای مثال باکتری بسیار شایعی مانند استافیلوکوکوس آرئوس<sup>۲</sup> بر روی البسه زیر ایجاد بوی بد و عفونت شدید در بدن انسان می‌کند، اشرشیا

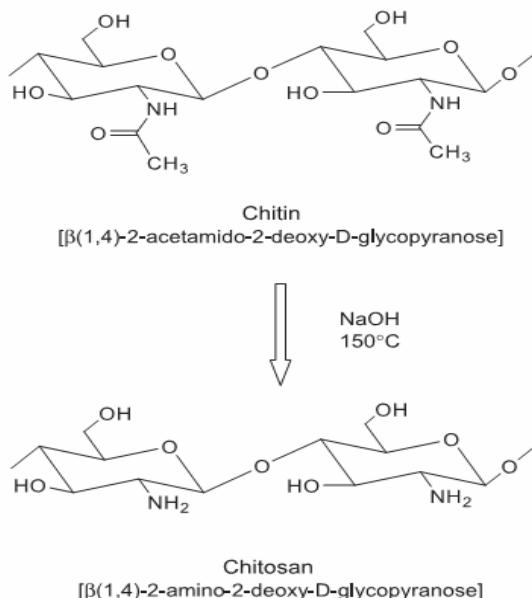
<sup>1</sup> Quaternary ammonium compounds  
<sup>2</sup> Staphylococcus



شکل ۱- نمونه‌هایی از البسه ضدباکتری.

# مقاله

مولکولی سلولز شکسته شده و پیوندهای هیدروژنی سلولز-کیتوسان تشکیل می‌شود. برای بهبود اتصال کیتوسان بر روی سطح الیاف پنبه از یک عامل پیونددهنده مانند گلوتاریک دی آلدید<sup>۸</sup> می‌توان استفاده کرد و بدین ترتیب ثبات شستشویی با دوام بالایی داشت [۱۰]. ترکیب کیتوسان و سلولز می‌تواند به دلیل دارا بودن خواص آنتی باکتریال خود به عنوان یک بستر مناسب در پانسمان جراحت‌ها استفاده می‌شود [۱۱]. مشتق محلول در آبی از کیتوسان تهیه شده و از آن برای اصلاح پارچه پنبه‌ای به منظور بهبود چاپ جوهرافشان بر پایه رنگدانه آبی و همچنین بهبود خواص ضدمیکروبی پارچه پنبه‌ای استفاده کردند. نیتروژن-۲-هیدروکسی پروپیل-۳-تری متیل آمونیوم کیتوسان کلراید<sup>۹</sup> (HTCC) از واکنش کیتوسان و گلیسیدیل تری متیل آمونیوم کلراید<sup>۱۰</sup> (GTMAC) تهیه می‌گردد. در یک واکنش جانشینی (GTMAC) با گروه‌های آمینو<sup>۱۱</sup> کیتوسان پیوند می‌خورد. تصاویر میکروسکوپ الکترونی نشان می‌دهد که (HTCC) بر روی سطح پارچه پنبه‌ای چسبیده است و یک ساختار فیلم مانند، تشکیل داده است. نمونه‌های اصلاح شده نسبت به نمونه شاهد پارچه پنبه‌ای ثبات شستشویی و ثبات سایشی بالاتری داشتند. همچنین بازده رنگی نیز بهبود یافته است، اما زیردست پارچه پنبه‌ای اصلاح شده مطلوب نبوده و اندکی کاهش یافت [۱۲].



شکل ۲- واکنش دی استیلاسیون کیتین به کیتوسان.

<sup>8</sup> Glutaric dialdehyde

<sup>9</sup> N-(2-hydroxy) propyl-3-trimethylammonium chitosan chloride (HTCC)

<sup>10</sup> Glycidyl Trimethyl Ammonium Chloride (GTMAC)

<sup>11</sup> Amino

## ۲- مواد ضدباکتری مصرفی در منسوجات سلولزی

مواد ضدباکتری مورد مصرف در منسوجات سلولزی را می‌توان به دو گروه آبی و غیر آبی تقسیم کرد. ترکیبات آبی مانند ترکیبات چهار ظرفیتی آمونیوم، بایگونایدها<sup>۱</sup>، کیتوسان<sup>۲</sup> و نیترو هالومین‌ها<sup>۳</sup> را می‌توان نام برد. این مواد میکرووارگانیسم‌ها را به غشاء سلولی خود متصل کرده و ساختار آن‌ها را تخربی کرده و در نهایت باعث نابودی میکروب می‌گردد. همچنین مواد طبیعی گیاهی و رنگ‌ها نیز می‌توانند در تکمیل‌های ضدباکتری استفاده شوند. یک منبع فوق العاده از گیاهان رنگزا و دارویی با خواص ضد میکروبی وجود دارند که می‌توانند عوامل موثری در ایجاد خواص ضد میکروبی در منسوجات باشند. اخیراً کاربردهایی از این مواد به عنوان عوامل ضدباکتری بر روی الیاف چوبی گزارش شده است [۱-۴]. ترکیبات غیر آبی مانند ترکیبات فلزی بر پایه فلزاتی نظری کادمیم<sup>۵</sup>، نقره<sup>۶</sup>، مس<sup>۷</sup> و جیوه<sup>۸</sup> مراکز فعل آنزیم‌ها را مهار می‌کند (مهار متابولیسم). در بین آن‌ها ترکیبات نقره بسیار محبوب هستند و در حال حاضر در تهیه پارچه‌های ضدمیکروبی استفاده می‌شوند [۵, ۶].

### ۲-۱- ترکیبات آبی ضدباکتری

#### ۲-۱-۱- کیتوسان

کیتوسان یک پلیمر طبیعی و غیر سمی می‌باشد که زیست سازگر است و از دی استیلاسیون کیتین که ماده اصلی موجود در پوسته خارجی سخت پوستان مانند میگو و خرچنگ می‌باشد، به دست می‌آید (شکل ۲). خاصیت ضدباکتری کیتوسان در pH اسیدی گزارش شده است، و در pH بالای ۵، ۶ انحلال پذیری آن بسیار کاهش می‌یابد و این خود یک محدودیت در استفاده از آن ایجاد می‌کند [۷].

سازوکار ضدمیکروبی به طور کامل مشخص نیست اما به طور کلی پذیرفته شده است که گروه‌های آمین اولیه بارهای مثبت ایجاد کرده که با بارهای منفی موجود بر روی سطح سلول و نفوذ پذیری سلول واکنشی باعث تغییرات گسترهای در سطح سلول و نفوذ پذیری سلول می‌گردد و در نهایت منجر به نشت مواد داخل سلولی می‌شود [۸]. توانایی ضدمیکروبی کیتوسان همراه با عدم سمیت، زیست تخربی پذیری، زیست سازگاری و تسهیل کاربرد منجر به استفاده روزافرون آن در صنایع غذایی، کشاورزی، پزشکی، داروسازی و نساجی گشته است [۹, ۱۰]. در محلول‌های اسیدی گروه‌های آمینو در کیتوسان به گروه‌های آمونیوم چهار ظرفیتی تبدیل شده و باعث کاهش رشد باکتری‌ها می‌شود. میزان فرآیند ضدباکتریایی به وزن مولکولی و درجه دی استیلاسیون کیتوسان وابسته است. دوام این خاصیت ضدمیکروب الیاف پنبه‌ای که توسط کیتوسان اصلاح شده‌اند، بالاست. در حقیقت پیوندهای هیدروژنی درون

<sup>1</sup> Biguanides

<sup>2</sup> Chitosan

<sup>3</sup> Nitrogen-halomine

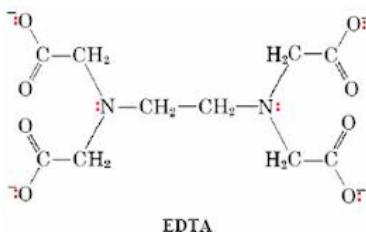
<sup>4</sup> Cadmium

<sup>5</sup> Silver

<sup>6</sup> Copper

<sup>7</sup> Mercury

که تنها با یکبار شستشو می‌تواند بسیاری از گونه‌های باکتریایی را از بین ببرد [۱۴].

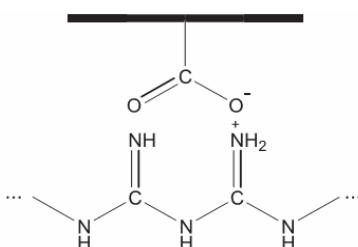


شکل ۳- آتیلن دی آمین تترا استیک اسید [۱۴]

یک ترکیب کیلیت‌کننده<sup>۸</sup> فلزی بی خطر و اقتصادی می‌باشد که کاتیون‌های دو ظرفیتی (به ویژه کلسیم و منیزیم) را جدا می‌کند و با ایجاد واکنش‌های الکترواستاتیک بین پروتئین‌ها و لیپو پلی ساکاریدها<sup>۹</sup> منجر به پایداری غشای خارجی باکتری‌های گرم منفی<sup>۱۰</sup> می‌گردد. علاوه بر این مقدار زیادی لیپو پلی ساکاریدهای گرم منفی را از غشای خارجی جدا کرده و فسفو لیپیدهای آب‌گریز<sup>۱۱</sup> را ایجاد می‌کند که میزان حساسیت به عوامل تخریب‌کننده دیواره سلولی و آب‌گریز را افزایش می‌دهد. این عملکرد خواص ضدمیکروبی مواد مختلف مانند نیسین را در برابر باکتری‌های گرم منفی بهبود می‌بخشد [۱۷].

### ۳-۲-۳- پلی هگزا متیلن بایگوناید<sup>۱۲</sup>

پلی هگزا متیلن بایگوناید (PHMB) یک ماده ضدبacterی است که قادر به کنترل و جلوگیری از رشد باکتری‌ها و قارچ‌ها می‌باشد که در ضدعفونی کننده‌ها و شستشو دهنده‌های دهانی برای از بین بدن پلاک‌ها و تجمعات میکروبی استفاده می‌شود. با توجه به خاصیت ضدمیکروبی بالای این ماده و سمیت کم آن در ضدبacterی کردن الیاف سلولزی نیز از این ماده استفاده می‌شود [۱۸]. PHMB در دمای اتاق و در pH (۸-۹) می‌تواند با سلولز واکنش دهد. این ماده با توجه به خاصیت کاتیونی خود به گروه‌های آنیونی کربوکسیل موجود بر لیف سلولزی که عمدهاً در اثر باز شدن حلقه‌های گلوكز اکسید شده در حین فرآیندهایی مانند سفیدگری و مرسریزاسیون ایجاد شده‌اند، متصل می‌شود (شکل ۴) [۱۹].



شکل ۴- اتصال پلی هگزا متیلن بایگوناید به گروه‌های کربوکسیل سلولز [۱۹].

<sup>8</sup> Chelator

<sup>9</sup> Lipo-polysaccharides

<sup>10</sup> Gram-negative bacteria

<sup>11</sup> Hydrophobic phospholipids

<sup>12</sup> Polyhexamethylene Biguanide

### ۲-۲-۲- اسیدهای آلی

اسید سیتریک بر روی منسوج پنهانی اثر ضدبacterی دارد. اسید سیتریک یک اسید آلی ضعیف و از دسته اسیدهای پلی کربوکسیلیک می‌باشد و ماده‌ای بی خطر در فرآیند تولید و همچنین در استفاده نهایی می‌باشد که می‌توان آن را به سهولت بر روی منسوجات به کار برد و از نظر اقتصادی نیز به صرفه است [۱۳]. سدیم هیپوفسفیت مونوهیدرات<sup>۱</sup> به عنوان یک کاتالیزور و اسید فسفریک<sup>۲</sup> به عنوان یک عامل همکاری کننده به همراه اسید سیتریک استفاده می‌شوند [۱۴]. اسید سیتریک توسعه پیوندهای شیمیایی به سطح لیف اتصال می‌یابد. در حقیقت اسید سیتریک پیوندهای استری با هیدروکسیل سلولز برقرار کرده و انیدرید ایجاد می‌کند. بدین ترتیب انتظار ثبات شستشویی قابل قبول در محصولات مورد نظر می‌رود. حتی پس از ۱۰ مرتبه شستشو نیز اثر ضدبacterی قابل قبول مشاهده می‌شود. اثر ضدبacterی اسید آلی وابسته به کاهش pH است. به نظر می‌رسد که اسید آلی پیوند شیمیایی با سطح لیف ایجاد کرده و باعث کاهش pH داخلی سلول میکروبی می‌شود. این امر به علت یونیزه شدن مولکول‌های اسید آلی، اختلال در انتقالات سوبسترا به علت تغییر در نفوذپذیری غشای سلولی می‌باشد، به صورتی که نمک‌های ایجاد شده در این واکنش با پروتوبلاسم‌های بار منفی میکروارگانیسم‌ها در تماس قرار گرفته و غشای سلولی را از بین می‌برد و در نهایت تخریب ساختار مولکولی میکروارگانیسم‌ها را موجب می‌شود. از این روش ضدمیکروب کردن می‌توان برای منسوجات یک بار مصرف (ماسک‌ها، گان‌ها و دستبندهای مورد استفاده در اندازه‌گیری فشار خون) و همچنین منسوجات با ثبات شست و شویی استفاده کرد. از ایرادات این روش خشن شدن زیردست پارچه و همچنین افزایش اندیس زردی در محصول نهایی می‌باشد. خواص ضدمیکروبی سدیم هیپوکلریت<sup>۳</sup>، کلروهگزدین گلوكونات<sup>۴</sup>، یدین پتانسیم یدید<sup>۵</sup> و اتیلن دی آمین تترا استیک اسید<sup>۶</sup> را بر روی سه میکروارگانیسم استافیلوكوکوس آرقوس، اشرشیا کولی و اس. پیوژن<sup>۷</sup> ارزیابی شد و اثر ضدمیکروبی آنها را مقایسه کردند. نتایج آزمایشات نشان داد که اتیلن دی آمین تترا استیک اسید در مقایسه با سایر مواد اثر ضدمیکروبی بهتری داشته است [۱۵]. اتیلن دی آمین تترا استیک اسید (EDTA) به عنوان یک ترکیب شیمیایی لایه اولده را از بین برد و اثر ضدمیکروبی خود را اعمال می‌کند. از EDTA نظر اقتصادی نیز ماده‌ای مناسب است که به عنوان شستشودهنده ضدمیکروب در دندانپزشکی استفاده می‌شود. در مقایسه با اسیدهای آلی مانند اسید سیتریک نیز اثر ضدمیکروبی بالاتری دارد. بر اساس نتایج این مطالعه EDTA را می‌توان به عنوان یک ماده ضدمیکروب استفاده کرد

<sup>1</sup> Sodium hypophosphite monohydrate

<sup>2</sup> Phosphoric acid

<sup>3</sup> Sodium hypochlorite

<sup>4</sup> Chlorhexidine gluconate

<sup>5</sup> Iodine potassium iodide

<sup>6</sup> Ethylene diamine tetra acetic acid

<sup>7</sup> S. pyogenes

# مقاله

عنوان ضدعفونی کننده استفاده می‌شدند. این ترکیبات در حالت محلول یک بار الکتریکی مثبت روی اتم نیتروژن ایجاد کرده و اثرات مخربی بر روی میکروب‌ها ایجاد می‌کند، مانند آسیب به غشای سلولی به صورتی که پروتئین‌ها شکلی غیر طبیعی یافته و در نهایت تخریب ساختار سلولی میکروارگانیسم ایجاد می‌شود [۲۲]. در فرآیند غیرفعال کردن سلول‌های باکتریایی، ترکیب چهارظرفیتی آمونیوم دست نخورده باقی می‌ماند و قابلیت ضدمیکروبی خود را مادامی که متصل به منسوج است، حفظ می‌کند [۲۳]. اتصال این دسته از ترکیبات به بستر منسوج بر پایه اتصال یونی است بدین صورت که ترکیبات آمونیوم چهارظرفیتی با بار مثبت به سطح الیاف سلولزی که بار منفی یافته است، متصل می‌شوند [۲۴، ۲۵]. در الیاف سلولزی توسط ۴-آمینو بنزن سولفونیک اسید کلرو تری آزین<sup>۲</sup> می‌توان مکان‌های آنیونی بیشتری بر روی سطح لیف ایجاد کرد و واکنش این ترکیبات با لیف سلولزی را بهبود بخشید (شکل ۶) [۲۵].

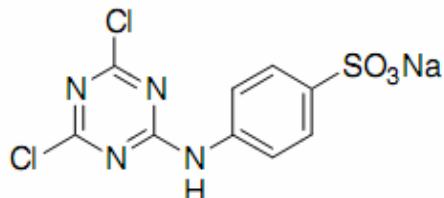
<sup>2</sup> 4-aminobenzenesulfonic acid-chloro-triazine

سازوکار ضدمیکروبی PHMB بدین گونه است که در عملکرد کلی غشای سلولی ایجاد اختلال می‌کند و فعالیت ضدمیکروبی آن با افزایش درجه پلیمریزاسیون این ماده افزایش می‌یابد به طوری که هر چه غلظت این ماده بالاتر باشد عملکرد ضدباکتری بهتری مشاهده می‌گردد. مقاومت PHMB باکتریایی به ندرت مشاهده شده است [۲۰]. جذب PHMB توسط سلولز، زمانی که پارچه سلولزی توسط رنگ‌آهای راکتیو آنیونی رنگ شده باشد، افزایش می‌یابد. در حقیقت مکان‌های سولفونیک اسید ایجاد شده که PHMB با آنها واکنش می‌دهد. هر چند این واکنش به دوام این ماده بر روی لیف می‌افزاید اما باعث کاهش خاصیت ضدباکتری آن می‌شود که نامطلوب است [۲۱].

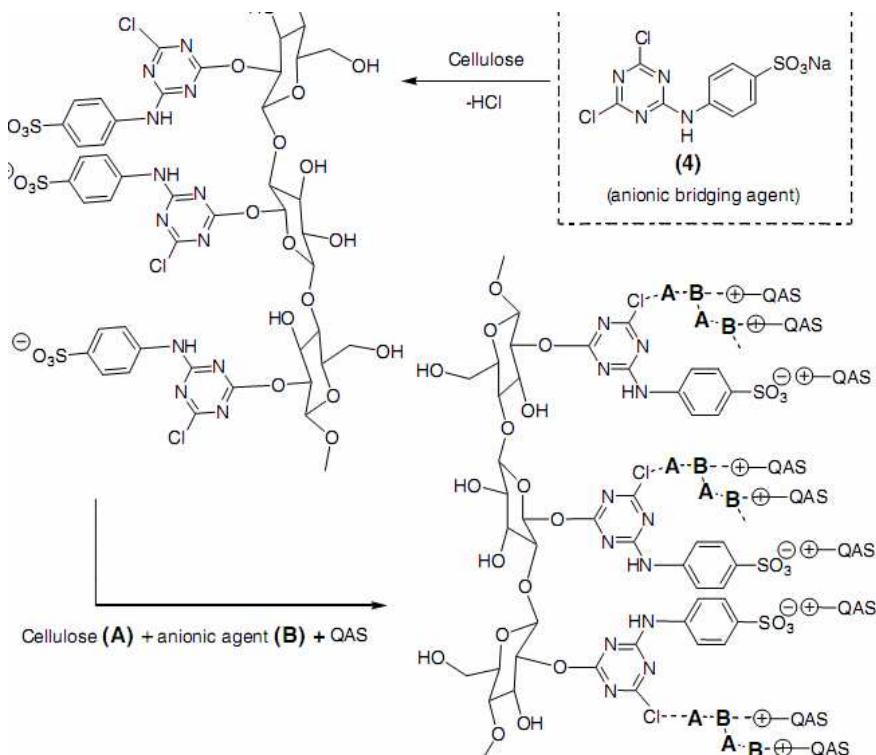
## ۴-۲-۲- ترکیبات چهارظرفیتی آمونیوم

ترکیبات چهارظرفیتی آمونیوم (QACs)<sup>۱</sup> به خصوص ترکیبات شامل زنجیره کربنی شامل ۱۲-۱۸ اتم کربن به صورت عمده و از دیربارز به

<sup>1</sup> Quaternary Ammonium Compounds



شکل ۵- آمینو بنزن سولفونیک اسید کلرو تری آزین.



شکل ۶- واکنش QAS با لیف سلولزی به کمک یک عامل آنیونی [۲۵].

دوباره در پارچه پنهایی ایجاد می‌شود [۲۷]. بدین ترتیب این روش ضدمیکروب راوم شست و شویی بالایی دارد، اما مقداری از ترکیبات هالوژن دار مانند کلر بر روی پارچه باقی مانده و موجب بوی نامطبوع و بی‌رنگ کردن پارچه می‌شود که این مورد مشکل در استفاده از این عامل ضدمیکروب در صنعت نساجی ایجاد می‌کند گرچه به تازگی را حلی پیدا شده که توسط یک واکنش احیا با سدیم سولفیت<sup>۱۰</sup> این ترکیبات کلر باقیمانده روی سطح لیف را می‌توان زدود [۲۸].

## ۶-۲-۲- مواد ضدباکتری طبیعی

مواد ضدباکتری طبیعی و بر پایه گیاهی امروزه به طور فزآیندهای برای ضدمیکروب کردن الیاف مهم شده‌اند زیرا با کاربرد آنها محصول نهایی امن، غیرسمی و سازگار با پوست و محیط زیست می‌باشد. این مواد ضدباکتری که عمدها از گیاهان به دست می‌آیند و حاوی ترکیباتی مانند فنولیک‌ها<sup>۱۱</sup>، پلی‌فنول‌ها<sup>۱۲</sup>، آلکالوئیدها<sup>۱۳</sup>، پلی‌پیپتیدها<sup>۱۴</sup> و پلی‌استیلن‌ها<sup>۱۵</sup> می‌باشند. از آنجا که بسیاری از ترکیبات استخراج شده از گیاهان رنگی هستند از آنها می‌توان به عنوان رنگزایها و رنگدانه‌های<sup>۱۶</sup> طبیعی ضدمیکروب برای الیاف طبیعی استفاده کرد [۲۹].

<sup>10</sup> Sodium sulfite

<sup>11</sup> Phenolics

<sup>12</sup> Poly phenols

<sup>13</sup> Alkaloids

<sup>14</sup> Polypeptides

<sup>15</sup> Polyacetylenes

<sup>16</sup> Pigment

از این نوع ترکیبات ضدباکتری می‌توان ۳-تری متوكسیسلیل پروپیل دی متیلوکتادسیل آمونیوم کلراید<sup>۱</sup> را نام برد که با نام تجاری AEM استفاده می‌شود و علاوه بر عملکرد ضدمیکروبی دارای دوام بسیار مناسبی بر روی پارچه می‌باشد که حتی پس از ده مرتبه شست و شو نیز خاصیت آنتی باکتریال خود را حفظ کرده است [۲۶].

## ۲-۲-۵- نیترو هلامین<sup>۲</sup>

نیترو هلامین‌ها ترکیبات آلی هتروسیکل<sup>۳</sup> حاوی یک یا دو پیوند کووالانسی تشکیل شده بین نیتروژن و یک هالوژن<sup>۴</sup> (N-X) می‌باشند که هالوژن به کار رفته معمولاً کلر<sup>۵</sup> می‌باشد. در این ترکیبات پیوندهای N-Cl با ثبات‌های مختلف را می‌توان از کلرینه کردن گروه‌های آمین، آمید<sup>۶</sup> یا ایمید<sup>۷</sup> در سدیم هیپوکلریت<sup>۸</sup> رقیق تشکیل داد [۲۷]. نیترو هلامین‌ها از دسته مواد میکروب‌کش‌ها هستند که در برابر طیف گسترده‌ای از باکتری‌ها، قارچ‌ها و ویروس‌ها فعال هستند. سازوکار ضدمیکروبی آنها برپایه جانشینی الکتروفیلی<sup>۹</sup> کلر با هیدروژن در پیوند N-Cl است، این واکنش را می‌توان در حضور آب انجام داد و در نتیجه انتقال یون‌های کلر است که می‌تواند به مناطق پذیرنده آن روی میکروارگانیسم‌ها متصل شود و بدین ترتیب موجب اختلال در فرآیندهای آنزیمی و سوخت و ساز شده که منجر به تخریب میکروارگانیسم‌ها می‌شود. پیوند N-H تشکیل شده در واکنش جانشینی خواص ضدمیکروبی ندارد، قرار گرفتن در معرض هیپوکلریت سدیم رقیق برای بازسازی فعالیت ضدمیکروبی آن نیاز است. همان‌گونه که در شکل ۸ نشان داده است در فرآیند شست و شو با محلول سفیدکننده حاوی کلر این خاصیت ضدمیکروبی

<sup>1</sup> 3-trimethoxysilylpropylmethyloctadecyl ammonium chloride (AEM 5700)

<sup>2</sup> N-Halamine

<sup>3</sup> Heterocyclic

<sup>4</sup> Halogen

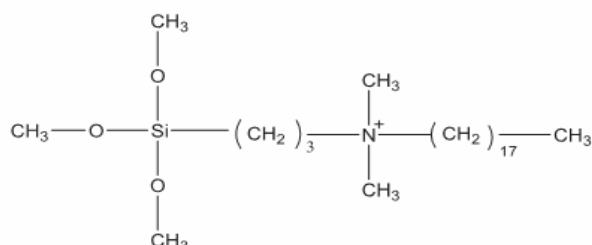
<sup>5</sup> Chlorine

<sup>6</sup> Amide

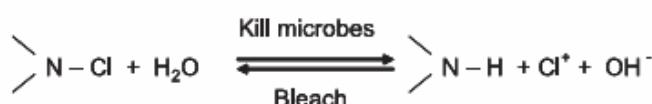
<sup>7</sup> Imide

<sup>8</sup> Sodium hypochlorite

<sup>9</sup> Electrophilic



شکل ۷-۳- تری متوكسیسلیل پروپیل دی متیلوکتادسیل آمونیوم کلراید.



شکل ۸- واکنش بازیابی نیترو هلامین.

# مقاله

سازگار شوند و یا مقاومت پیدا کنند. امروزه به مدد فناوری نانو ساخت ذرات نقره در ابعاد نانو میسر گشته است، ذرات نانو نقره به ما این امکان را می‌دهند که با کمترین غلظت خاصیت ضدبیکروبی بسیار قوی را از فلز نقره شاهد باشیم. در میان سازوکارهای متعددی که از فلز نانو نقره شناخته شده است، دو سازوکار به صورت بارز در نظر گرفته می‌شود که به شرح زیر است. دو سازوکار عمده نانو نقره‌ها عبارتند از: ۱. سازوکار کاتالیستی: تولید اکسیژن فعال توسط نقره، این سازوکار بیشتر در مورد کامپوزیت‌های نانو نقره‌ای صدق می‌کند که روی پایه‌های نیمه‌هادی مانند  $TiO_2$  یا  $SiO_2$  قرار گرفته می‌شود. در این وضعیت ذره مانند یک پیل الکتروشیمیابی عمل می‌کند و با اکسید کردن اتم اکسیژن، یون اکسیژن و با آبکافت کردن آب، یون هیدروکسیل تولید می‌کند که هر دو از بنیان‌های فعال و از قوی‌ترین عاملین ضدبیکروبی نیز می‌باشند. ۲. سازوکار یونی: دگرگون ساختن میکروارگانیسم به وسیله تبدیل پیوندهای SH - به SAg - در این سازوکار ذرات نانو نقره فلزی به مرور زمان یون‌های نقره از خود ساطع می‌کنند. این یون‌ها طی واکنش جانشینی، پیوندهای -SH را در جداره میکروارگانیسم به پیوندهای -واکنش تلفشدن میکروارگانیسم‌ها است [۳۲-۳۵]. ثرات ضدباکتری نقره شناخته شده هستند. با این حال، مقاله‌های مختلف نتایج متناقضی در مورد اثر ضدباکتری نانوذرات نقره از جمله در مورد سمیت بالقوه نانوذرات نقره هنگامی که در تعامل با باکتری‌های مختلف قرار می‌گیرند، ارائه داده‌اند. این تفاوت معنی‌دار بین نتایج ممکن است مربوط به قابلیت‌های متفاوت باکتری‌های مختلف در برابر نانوذرات نقره باشد [۳۶]. گرچه نانوذرات نقره به دلیل داشتن خواص ضدباکتری دارای کاربردهای زیادی در صنعت هستند، اما از سوی دیگر تاثیرات منفی آنها را نیز باید در نظر گرفت. مقالات زیادی درباره آزاد شدن یون نقره و تاثیر منفی آن روی میکروارگانیسم‌ها نظری باکتری‌ها، فارچه‌ها و جلکه‌ها به چاپ رسیده است. در صورت رهاسازی پساب‌های آلوده به محیط زیست، میکروارگانیسم‌های خاک نیز دچار آسیب می‌شوند. یک گروه تحقیقات بین‌المللی مقادیر نانوذرات نقره را در پساب‌ها مورد بررسی قرار دادند. وجود نانوذرات نقره حتی در مقدار کم نیز می‌تواند روحی ماهی‌ها تاثیرگذار باشد [۳۷].

در این صورت می‌توان هم‌زمان با رنگرزی الیاف به خواص ضدباکتری نیز دست یافت. رنگرزایی به نام بربرین<sup>۱</sup> که دارای گروه‌های آمونیوم چهار ظرفیتی می‌باشد، یک رنگرزای طبیعی است که خاصیت ضدباکتری با بازده بالا و با دوامی دارد و بر روی الیاف سلولزی استفاده می‌شود [۳۰].

## ۲-۲- ترکیبات غیرآلی ضدباکتری

خواص ضدبیکروبی پارچه سلولزی اصلاح شده با نمک‌های فلزی نیز بررسی شده است. بدین منظور دو نمونه از پارچه‌های سلولزی با نمک‌های فلزی سولفات مس<sup>۲</sup> و سولفات روی<sup>۳</sup> عمل شدند. میزان خواص ضدبیکروبی در برابر میکروارگانیسم‌های مورد آزمایش استافیلوکوکوس آرئوس و پنومونیه<sup>۴</sup> به میزان یون مس با روی جذب شده توسط پارچه وابسته است. هر چه میزان یون جذب شده بیشتر باشد، خواص ضدبیکروبی بهتری حاصل می‌شود. یک عملیات تکمیل ابتدایی روی پارچه پنبه‌ای انجام شد که در نتیجه آن گروه‌های هیدروکسیل تولید میکروارگانیسم بهتری حاصل شده که یون فلزی از طریق این گروه‌ها به پارچه متصل می‌شود. ثبات شستشویی بسیار مهم است زیرا پارچه‌ها در طول عمر خود با رها شسته می‌شوند. بدین منظور نمونه‌ها در ماشین لباس‌شویی خانگی ده مرتبه شسته شدند و سپس خواص ضدبیکروبی اندازه گرفته شدند که نشان داد حتی پس از چند چرخه شستشویی همچنان خواص ضدبیکروبی حفظ شده است [۳۱].

نانوذرات فلزی به علت اندازه کوچک خود دارای خواص متفاوتی بوده و کاربردهای مختلفی در صنایع گوناگون از جمله زیست‌پزشکی دارند. به طور ویژه نقره در غیرفعال سازی میکروارگانیسم‌ها بسیار مشهور است. دانشمندان سازوکارهای متفاوتی را برای تبیین اثر گذاری نقره بر میکروب‌ها یافته‌اند. به دلیل همین تعدد سازوکارها است که میکروب‌ها نمی‌توانند نسبت به نقره

<sup>1</sup> Berberine

<sup>2</sup> CuSO<sub>4</sub>

<sup>3</sup> ZnSO<sub>4</sub>

<sup>4</sup> Pneumonia

<sup>5</sup> Succinic anhydride

<sup>6</sup> Carboxyl



شکل ۹- کاربردهایی از پوشاس ضدباکتری نانو نقره.

گوناگونی برای ضدباکتری ساختن الیاف پنبه وجود دارد که می‌توان آن‌ها را به دو دسته آبی و غیر آبی تقسیم کرد. از ترکیبات آبی می‌توان اسیدهای آبی، کیتوسان، نیترو هلامین‌ها، ترکیبات چهار ظرفیتی آمونیوم، بایگونایدها به ویژه پلی هنگرا متیلن بایگوناید را نام برد. ترکیبات غیر آبی نیز می‌توان نانوذرات فلزی را نام برد. هر یک از این مواد ضدباکتری سازوکار ضدمیکروب منحصر به خود را را نام برد. هر یک از این مواد نظر به کار می‌روند. در حالی که دارند و با توجه به محصول نهایی مورد نظر به کار می‌روند. در حالی که پارچه‌های ضدمیکروبی در حفظ بهداشت، کنترل بو و حفاظت پارچه از حمله میکروبی مفید هستند اما می‌توانند برای بدن انسان و محیط زیست آسودگی ایجاد کنند. از این رو محققان همواره در پی روش‌هایی هستند که از نظر اقتصادی به صرفه بوده و آسیب‌های کمتری برای بدن انسان و محیط زیست داشته باشد.

پیوست ۱: فهرست برخی از مواد ضدباکتری تجاری مورد استفاده برای الیاف سلولزی /۲۸/.

مشتق شده از ترکیبات	کارخانه تولیدکننده	نام محصول تجاری آنتی باکتریال
نانو نقره	اسمیت <sup>۱</sup>	اکتیکوت <sup>۲</sup>
۳-تری متوكسیسلیل پروپیل دی متیلوکتادسیل آمونیوم کلراید	آ.ز.ای.اس میکروب <sup>۳</sup>	آ.ای.ام. <sup>۴</sup>
PHMB	صناعی شیمیایی آرک <sup>۵</sup>	رپوتکس <sup>۶</sup>
نمکهای چهار ظرفیتی آمونیوم	توبیوبو <sup>۷</sup>	بیوسیل <sup>۸</sup>
PHMB	شیمر و شوارز <sup>۹</sup>	بیوباک زد.اس. <sup>۱۰</sup>
۳-تری متوكسیسلیل پروپیل دی متیل وکتادسیل آمونیوم کلراید	کلایانت <sup>۱۱</sup>	سنیتی زد <sup>۱۲</sup>
PHMB	زنکتا <sup>۱۳</sup>	ونتسیل <sup>۱۴</sup>
۳-تری متوكسیسلیل پروپیل دی متیل وکتادسیل آمونیوم کلراید	سیشیلد تکنولوژی <sup>۱۵</sup>	سیس ای.ام. <sup>۱۶</sup>
کیتوسان	یونیتیکا <sup>۱۷</sup>	ازی <sup>۱۸</sup>
نمکهای غیر آبی	رو دلف شیمی <sup>۱۹</sup>	روکو-باک آ.ز.ال. <sup>۲۰</sup>
فنولهای هالوئنه	سیپا <sup>۲۱</sup>	تینوسان <sup>۲۲</sup>
ترکیبات چهار ظرفیتی آمونیوم	صناعی شیمیایی ال.ان <sup>۲۳</sup>	سینگارد <sup>۲۴</sup>
ذرات بسیار ریز نقره	مرکز تحقیقاتی تامسون <sup>۲۵</sup>	سیلپور <sup>۲۶</sup>

- <sup>1</sup> Smith
- <sup>2</sup> Acticoat
- <sup>3</sup> AEGIS Microbe
- <sup>4</sup> AEM 5700
- <sup>5</sup> Arch Chemical
- <sup>6</sup> Reputex 20™
- <sup>7</sup> Toyobo
- <sup>8</sup> Biosil
- <sup>9</sup> Zschimmer & Schwarz
- <sup>10</sup> Biobac ZS
- <sup>11</sup> Clariant
- <sup>12</sup> Sanitized
- <sup>13</sup> Zeneca Ltd.
- <sup>14</sup> Vantocil IB
- <sup>15</sup> SiShield Technologies, Inc
- <sup>16</sup> SiS AM500
- <sup>17</sup> Unitika
- <sup>18</sup> Eosy®

- <sup>19</sup> Rudolf Chemie
- <sup>20</sup> Ruco-Bac AGL;
- <sup>21</sup> Ciba
- <sup>22</sup> Tinosan®
- <sup>23</sup> L.N.Chemical Industries
- <sup>24</sup> Sanigard
- <sup>25</sup> Thomson Research Center

#### ۴- مراجع

1. C. Romanovicz, "Structural investigations of microbial cellulose produced in stationary and agitated culture", *Cellulose*, 11, 403-411, **2004**.
2. T. L. Vigo, *Textile Processing and Properties*, Elsevier: Amster-dam, 252, **1994**.
3. M. P. Sathianarayanan, N. V. Bhat, "Antibacterial finish for cotton fabric from herbal products", *Indian J. fiber Text. Res.*, 35, 50-58, **2010**.
4. M. Montazer, M. Gorbanali Afjeh, "Simultaneous X-Linking and Antimicrobial Finishing of Cotton Fabric", *J. Appl. Polym. Sci.*, 103, 178-185, **2007**.
5. Ch .Chen, Ch .Chiang, "Preparation of cotton fibers with antibacterial silver nanoparticles", *Mater. Lett.* 62, 3607-3609, **2008**.
6. M. Rai, A. Yadav, "Silver nanoparticles as a new generation of antimicrobials", *Biotechnol. Adv.* 27, 76-83, **2009**.
7. D. Alonso, "Cross-linking chitosan into UV-irradiated cellulose fibers for the preparation of antimicrobial-finished textiles", *Carbohydr. Polym.* 77, 536-543, **2009**.
8. S. H. Lim, S. M. Hudson, "Review of Chitosan and its Derivatives as Antimicrobial Agents and Their uses as Textile Chemicals", *J. Macromol. Sci. Polymer Rev.* 43, 223-269, **2003**.
9. Z. Zhang, L .Chen, "Antibacterial Properties of Cotton Fabrics Treated with Chitosan", *Textile Res. J.* 73(12), 1103-1106, **2003**.

# مقاله

10. K. F. El-tahlawy, "The antimicrobial activity of cotton fabrics treated with different crosslinking agents and chitosan", *Carbohydr. Polym.* 60, 421-430, **2005**.
11. Y. Wu, "Preparation and characterization on mechanical and antibacterial properties of chitosan/cellulose blends", *Carbohydr. Polym.* 57, 435-440, **2009**.
12. G. Bu, "Water-soluble cationic chitosan derivative to improve pigment-based Inkjet printing and antibacterial properties for cellulose substrates", *J. Appl. Polym. Sci.*, 125, 1674-1680, **2012**.
13. L. Červenka, Z. Malíková, I. Zachová, J. Vytřasová, "The effect of acetic acid, citric acid, and trisodium citrate in combination with different levels of water activity on the growth of *Arcobacter butzleri* in culture", *Czech J. Food Sci.* 21, 203-209, **2003**.
14. S. Hashemikia, M. Montazer, "Sodium hypophosphite and nano TiO<sub>2</sub> inorganic catalysts along with citric acid on textile producing multi-functional properties", *Appl. Catal. A: General*, 417-418, 200-208, **2012**.
15. B. Vukušić, "Cotton textiles modified with citric acid as efficient anti-bacterial agent for prevention of nosocomial infections", *Croat. Med. J.* 52: 68-75, **2011**.
16. T. Sivaroban, N. S. Hettiarachchy, M. G. Johnson, "Physical and antimicrobial properties of grape seed extract, nisin, and EDTA incorporated soy protein edible films", *Food Res. Int.* 41, 781-785, **2008**.
17. M. Gördusys, B. Tuncel, "Antimicrobial effects of various endodontic irrigants on selected microorganisms", *Clin. Dent. Res.*, 35 (1): 41-46, **2011**.
18. A. Kawabata, J. A. Taylor, "The effect of reactive dyes upon the uptake and antibacterial efficacy of poly (hexamethylene biguanide) on cotton. Part 3: Reduction in the antibacterial efficacy of poly (hexamethylene biguanide) on cotton, dyed with bis(monochlorotriazinyl) reactive dyes", *Carbohydr. Polym.* 67, 375-389, **2007**.
19. R. S. Blackburn, A. L. Harvey, L. Kettle, J. D. Payne, S. J. Russell, "Sorption of poly (hexamethylenebiguanide) on cellulose: Mechanism of binding and molecular recognition", *Langmuir*, 22, 5636-5644, **2006**.
20. J. H. Chen-Yu, D. M. Eberhardt, D. H. Kincade, "Antibacterial and laundering properties of AMS and PHMB as finishing agents on fabric for health care workers' uniforms", *cloth. & Textiles Res. J.* 25, 258-272, **2007**.
21. A. Kawabata, J. A. Taylor, "Effect of reactive dyes upon the uptake and antibacterial action of poly (hexamethylene biguanide) on cotton. part 1: effect of bis (monochlorotriazinyl) Dyes", *Color. Technol.* 120, 213-219, **2004**.
22. G. McDonnell, A. D. Russell, "Antiseptics and disinfectants: activity, action, and resistance", *Clin. Microbiol. Rev.* 12, 147-179, **1999**.
23. A. D. Russell, "Bacterial adaptation and resistance to antiseptics, disinfectants and preservatives is not a new phenomenon", *J. Hosp. Infect.* 57, 97-104, **2004**.
24. Y. Gao, R. Cranston, "Recent advances in antimicrobial treatments of textiles", *Text. Res. J.* 78(1), **2008**.
25. Y. A. Son, B. S. Kim, K. Ravikumar, S. G. Lee, "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**.
26. A. D. Russell, "Introduction of biocides into clinical practice and the impact on antibiotic resistance", *J. Appl. Microbiol.* 92, 121S-135S, **2002**.
27. S. Liu, G. Sun, "Durable and regenerable biocidal polymers: acyclic N-halamine cotton cellulose", *Ind. Eng. Chem. Res.* 45 (19), 6477-6482, **2006**.
28. B. Simoncic, B. Tomsic, "Structures of novel antimicrobial agents for textiles - A review", *Text. Res. J.* 80(16), **2010**.
29. D. Gupta, S. K. Khare, A. Laha, "Antimicrobial properties of natural dyes against gram-negative bacteria", *Color. Tec hnol.* 120, 167-171, **2004**.
30. T. K. Kim, Y. A. Son, "Effect of reactive anionic agenon dyeing of cellulosic fibers with a berberine colorant- part 2: anionic agent treatment and antimicrobial activity of a berberine dyeing", *Dyes Pigm.*, 64, 85-89, **2005**.
31. T. Nakashima, Y. Sakagami, "Antibacterial activity of cellulose fabrics modified with metallic salts", *Textile Res. J.* 71, 8, 688-694, **2001**.
32. F. Zhang, "Application of nano-silver in antibacterial finishing of cotton fabrics", *Fibers Polym.*, 10, 4, **2009**.
33. L. C. S. Maria, A. L. C. Santos, Ph. C. Oliveira, A. S. S. Valle, H. S. Barud, Y. Messaddeq, "Preparation and antibacterial activity of silver nanoparticles impregnated in bacterial cellulose", *Ciência e Tecnologia*, 20, 1, 72-77, **2010**.
34. C. Marambio-Jones, E. M. V. Hoek, "A review of the antibacterial effects of silver nanomaterials and potential implications for human health and the environment", *J. Nano part. Res.* 12, 1531-1551, **2010**.
35. H. S. Barud, Y. Messaddeq, "Antimicrobial bacterial cellulose-silve nano particles composite membranes", *J. Nano Mater.*, 8, Article ID 721631, pages doi:10.1155/2011/721631, **2011**.
36. A. A. Ashkarran, M. Ghavami, H. Aghaverdi, P. Stroeve, M. Mahmoudi, "Bacterial effects and protein corona evaluations: crucial ignored factors in the prediction of bio-efficacy of various forms of silver nanoparticles", *J. Chem. Res. Toxicol.*, 25 (6), 1231-1242, **2012**.
37. I. Sur, M. Altunbek, "The influence of the surface chemistry of silver nanoparticles on cell death", *Nanotechnol.* 23 375102 doi:10.1088/0957-4484/23/37/375102, **2012**.