Archive of SID

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

available online @ www.jcst.icrc.ac.ir
نشریه علمی- پژوهشی علوم و فناوری رنگ/ ۱۱ (۱۳۹۶)، ۲۴۴-۲۳۹

نشریه علمی پژوهشی علوم و فناوری رنگ
Journal of Color Science and Technology
www.jcst.icrc.ac.ir

مقایسه اثر سولفات مس و نانو ذرات مس در خواص رنگی کالای پنبه‌ای با ماده رنگزای مستقیم

شیرین نوربخش[1*]، شیوا ایرانفر[2]

۱ـ استادیار، گروه نساجی، دانشکده فنی و مهندسی، واحد یادگار امام خمینی(ره) شهر ری، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران، صندوق پستی: ۱۴۴- ۱۸۱۵۵
۲ـ کارشناس ارشد، گروه نساجی، دانشکده فنی و مهندسی، واحد یادگار امام خمینی(ره) شهر ری، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران، صندوق پستی: ۱۴۴- ۱۸۱۵۵

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱/۱۳ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۵/۲۱ در دسترس به صورت الکترونیکی از: ۱۳۹۶/۱۰/۲۵

چکیده

سولفات مس و نانو مس نه تنها به عنوان ماده ضدعفونی‌کننده در مقابل عفونت‌های قارچی و باکتریایی مورد استفاده قرار می گیرند بلکه باعث تنوع رنگ در رنگرزی، بهبود ثبات نوری و شستشویی بسیاری از مواد رنگزای مستقیم می‌گردند. در این تحقیق پارچه پنبه‌ای با ماده رنگزای مستقیم آبی ۱۵ رنگرزی شده و سپس سولفات مس و نانو ذرات مس بر روی هر یک به صورت مجزا تکمیل شدند. خصوصیات رنگی (قدرت رنگ) نمونه‌ها توسط طیف‌سنجی انعکاسی، ثبات شستشویی و نوری هریک طبق روش‌های استاندارد AATCC مورد اندازه‌گیری قرار گرفتند. بررسی جذب اتمی برای اندازه‌گیری مقدار غلظت فلز مس و آزمایش ضدباکتری طبق روش استاندارد AATCC ۱۰۰ توسط دو باکتری اشرشیا کولای و استافیلو کوکوس اورئوس بر روی نمونه‌های آغشته شده به نانو مس و سولفات مس انجام شد. در مقایسه نتایج سولفات مس و نانوذرات مس، نانو ذرات مس با غلظت بسیار کمتری نسبت به سولفات مس، خصوصیاتی نزدیک به آن را نشان داد. نتایج نشان داد که با افزایش غلظت سولفات مس و نانو مس از یک مقدار مشخص، قدرت رنگ تقریبا ثابت می‌شود. تکمیل با هر دو ماده سولفات و نانو مس، پس از شستشوی مکرر، افزایش دوام شستشو را نشان نداد. ثبات نوری نیز کاهش قدرت رنگ پس از مجاورت در نور را نشان داد. ولی در غلظت‌های بیشتر، ثبات نوری بهتری مشاهده شد که به نظر می‌رسد با افزایش غلظت، ثبات نوری بهتر خواهد شد.

واژه‌های کلیدی: سولفات مس، نانو مس، ماده رنگزای مستقیم، پنبه، ثبات نوری، ثبات شستشویی.

Comparison Between Copper Sulfate and Copper Nano Particles on Dyeing Properties of Cotton Fabric With Direct Dye

Sh. Nourbakhsh*, Sh. Iranfar
Textile Department, Islamic Azad University, Yadegar-e-Imam Khomeini (RAH) Shahre Rey Branch, P.O. Box: 18155-144, Tehran, Iran.
Received: 02-04-2017 Accepted: 12-08-2017 Available online:15-01-2018

Abstract

Metal salts such as copper not only cause a variety of colors in dyeing, but also improve wash and light fastnesses of direct dyes. Copper sulfate and copper nano-particles are used as disinfectant against fungal and bacterial infections. In this paper, cotton fabric was dyed with direct dye, then copper sulfate and copper nano-particles were used on dyed fabrics. The color characteristics of the samples, light and wash fastnesses were measured. Atomic absorption analysis was taken to measure the amount of copper ions, and antibacterial test was carried out for antibacterial properties of nano-copper and copper sulfate impregnated samples. Nano-copper resulted neighboring properties to copper sulfate in lower concentrations. So that a concentration of 1% copper sulfate showed close results to concentration 0.0001 % of the copper nano particles. The results showed that at higher concentrations up to 1% copper sulfate and 0.0001 % for nano copper, color yield was constant and wash-fastness was reduced. Light fastness indicated reducing color yield after exposure to light. However, at higher concentrations, better light fastness was observed that appear with increasing concentration, light fastness will be improved. J. Color Sci. Tech. 11(2018), 239-244©. Institute for Color Science and Technology.

Keywords: Copper sulfate, Copper nano particles, Direct dye, Cotton, Light fastness, washes fastness.

***Corresponding author: nourbakhsh.sh@gmail.com**

www.SID.ir

Archive of SID

۱ـ مقدمه

نمک‌های فلزی مانند کرم، آهن و مس نه تنها باعث تنوع رنگ در رنگرزی می‌شوند، بلکه ثبات نوری و شستشویی بسیاری از مواد رنگزای مستقیم را بهبود می‌بخشند. تحقیقات زیادی در اصلاح ثبات نوری مواد رنگزای مستقیم بر روی منسوجات انجام شده است و استفاده از نمک‌های فلزی از جمله سولفات مس از اهمیت تجاری بسیاری برخورداراست [۸-۱]. علاوه بر این، سولفات مس به عنوان ماده ضدعفونی کننده در مقابل عفونت‌های قارچی و درمان عفونت‌های باکتریایی مورد استفاده قرار می‌گیرد [۸-۶]. سرعت استفاده و سنتز نانو ذرات [۱۰، ۹] و همچنین نانوذرات مس و اکسید مس در محصولات مختلف در حال گسترش است [۱۲، ۱۱]. نانوذرات مس در کاربردهای مختلف از جمله خاصیت ضدمیکروبی و افزایش هدایت سیالات و پلیمرها استفاده می‌شود [۱۳]. تحقیقات متعددی در زمینه استفاده نانوذرات مس بر منسوجات انجام شده است. باجپای و همکارانش خواص ضدباکتری پارچه پنبه‌ای تکمیل شده توسط الجینات سدیم و نانوذرات مس را بررسی کردند و دریافتند که پارچه تکمیل شده خواص ضدباکتری مناسبی از خود نشان می‌دهد [۱۴]. همچنین در تحقیقات دیگری سنتز نانوذرات مس توسط احیاء حرارتی صورت گرفت. در این تحقیق اثر سطح فعال غیر یونی در اندازه ذرات نانو مورد بررسی قرار گرفت و نتایج نشان داد که بسته به نوع سطح فعال مورد استفاده، سنتز نانو ذرات مس با قطر بین ۸ تا ۲۰ نانو متر انجام می‌شود [۱۵]. سنتز نانوذرات و پایداری آن در محلول توسط گروه دیگری از محققان انجام و نانوذرات مس تولید شده بر روی پارچه پنبه‌ای اعمال شد. تکمیل محلول کلوئیدی نانومس روی پنبه نه تنها خواص ضدباکتری را افزایش داد بلکه بر روی خواص استحکام کششی پارچه اثر مثبت گذاشت. تکمیل سبب افزایش عمق رنگی و ثبات مواد رنگزای مستقیم روی پارچه شد [۱۷، ۱۶]. کمیلی و همکارانش کامپوزیت نایلون/ نانومس را با استفاده از اسکوربیک اسید و CTAB سنتز کردند و دریافتند که پارچه تکمیل شده با نانوذرات مس استحکام کششی بیشتر، طول خمش کمتر و خواص ضدباکتری مناسبی را از خود نشان می‌دهد [۱۸]. در تحقیقی دیگر خواص ضدمیکروبی الیاف کربن در ترکیبات فلزی مورد آزمایش قرار گرفت و محققان نشان دادند که خواص ضدباکتری نانوذرات مس کمتر از نانو ذرات نقره است [۱۹]. همچنین لایه‌نشانی نانوذرات مس بر منسوج نبافته پلی‌پروپیلن برای اصلاح خواص محافظت در برابر پرتو فرابنفش و افزایش هدایت الکتریکی به کار رفته است به طوری که نتایج رشد نانوساختار مس روی سطح الیاف را نشان داد که تاثیر مثبتی بر هدایت الکتریکی آن داشته است [۲۰]. نانوذرات مس از نمک مس به همراه سدیم بوروهیدرید تهیه گردیده و بر روی کالای پنبه‌ای به کار رفته است و خواص ضدباکتری، جذب رنگ و ثبات رنگی آن بررسی شده است، محققان به اندازه نانوذرات مس از ۶۰ تا ۱۰۰ نانومتر دست یافتند. تکمیل با نانومس نه تنها خواص ضدمیکروبی را اصلاح کرد بلکه بر روی استحکام کششی پنبه اثر مثبت گذاشت. عمق رنگی و خواص ثبات پارچه‌های رنگرزی شده بهبود یافت [۲۱].

در این تحقیق پارچه پنبه‌ای با مواد رنگزای مستقیم رنگرزی شده، سولفات مس و نانوذرات مس بر روی هر یک به صورت مجزا به کاررفته است. سپس خصوصیات رنگی نمونه‌ها، ثبات شستشویی و نوری هریک مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. آنالیز جذب اتمی برای اندازه‌گیری میزان یون فلز مس و آزمایش ضدباکتری برای بررسی خواص ضدباکتری نمونه‌های آغشته شده به نانومس و سولفات مس انجام شد.

۲ـ بخش تجربی

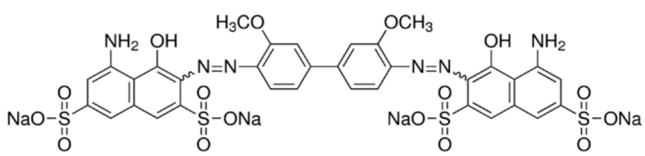
۲ـ۱ـ مواد

در این تحقیق پارچه ۱۰۰ ٪ پنبه‌ای با وزن ۱۲۳٫۳ gr/m^2 و تراکم تار و پود ۲۵ و۲۱ در سانتی‌متر به کار رفت. محلول کلوئید نانوذرات مس ساخت ایران، شرکت نانو پارس، سولفات مس از شرکت رومیل[1] انگلیس و ماده رنگزای مستقیم C.I direct blue 15 (شکل ۱) از شرکت ریفا[2] کره جنوبی، اسید نیتریک اپلی‌کم[3] آلمان، صابون استاندارد SDC بدون سفید کننده نوری (انگلیس) تهیه گردید.

1- Romil
2- RIFA
3- Applichem

جدول ۱: مشخصات رنگزای مستقیم آبی ۱۵.

نام ماده رنگزای مستقیم	شرکت سازنده	وزن مولکولی	طول موج بیشینه جذب
Rifa Direct blue 5B	کره جنوبی- RIFA	۹۹۲٫۷۹۱ g/mol	۶۰۷ nm



شکل ۱: ساختار شیمیایی ماده رنگزای مستقیم آبی ۱۵.

www.SID.ir

Archive of SID

۲ـ۲ـ روش‌ها

پارچه پنبه‌ای با ماده رنگزای مستقیم (Rifa Direct C.I direct blue 15 blue 5B) با غلظت ۲٪ نسبت به وزن کالا در حمامی با غلظت نمک g/l ۲۰ و حجم حمام نسبت به وزن کالا ۱:۵۰ به مدت ۴۵ دقیقه رنگرزی گردید و سپس شستشو و خشک شد. پس از رنگرزی هر نمونه به طور جداگانه در حمام تکمیل و آغشته‌سازی با سولفات مس و محلول کلوئیدی نانومس قرار گرفت. آغشته‌سازی با سولفات مس در غلظت‌های متفاوت در دمای جوش به مدت ۳۰ دقیقه و با حجم حمام نسبت به وزن کالا ۱:۲۰ انجام شد و سپس خشک گردید. آغشته‌سازی با محلول کلوئیدی نانومس در شرایطی مشابه انجام شد. غلظت‌های سولفات مس نسبت به وزن کالا به ترتیب ۰٫۰۱، ۰٫۰۳، ۰٫۰۵، ۰٫۱، ۰٫۲، ۰٫۵، ۱ و نانوذرات مس به ترتیب $۰٫۱\times۱۰^{-۵}$، $۰٫۳\times۱۰^{-۵}$، $۰٫۵\times۱۰^{-۵}$، ۱×۱۰^{-۵}، ۲×۱۰^{-۵}، ۵×۱۰^{-۵}، $۱۰^{-۴}$ در نظر گرفته شد. غلظت‌های انتخاب شده برای نانوذرات مس براساس نتایج نزدیک به سولفات مس انتخاب شده است. آزمایش‌های ثبات نوری و شستشویی برای بررسی پایداری شستشویی و مقاومت در برابر نور خورشید به ترتیب براساس استانداردهای AATCC 16-1998 و AATCC 61-1996 انجام شد. مشخصه‌های رنگی نمونه‌ها بعد از رنگرزی و بعد از آزمایش ثبات شستشو و نوری مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. طیف‌سنجی انعکاسی Color eye 7000A به این منظور با مشاهده کننده استاندارد ۱۰ درجه و نور روز (D_{65}) به کار رفت و قدرت رنگی ($\frac{K}{S}$) در طول موج ۶۰۷ nm براساس رابطه ۱ محاسبه شد.

$$\frac{K}{S}=\frac{(1-R)^2}{2R} \qquad (۱)$$

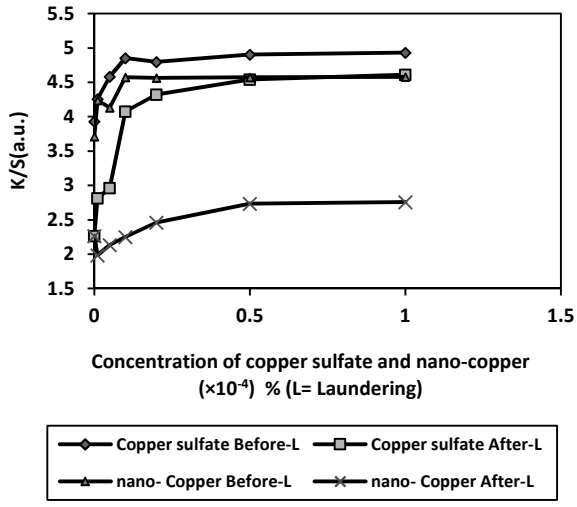
برای محاسبه میزان یون فلز مس آنالیز توسط دستگاه جذب اتمی PG- 990 ساخت انگلیس انجام شد. هر یک از نمونه‌ها با وزن مشخص در داخل کوره آزمایشگاهی در دمای ۶۰۰ ºC به مدت یک ساعت قرار گرفت، سپس توسط اسید نیتریک و آب مقطر به حجم مشخصی رسیده و در دستگاه جذب اتمی میزان جذب و غلظت محلول اندازه‌گیری شد و در نهایت غلظت فلز مس در صد گرم از پارچه محاسبه گردید.

آزمایش ضدباکتری طبق استاندارد AATCC 100 توسط دو باکتری اشرشیا کولای و استافیلو کوکوس اورئوس انجام شد. تعداد کلونی باکتری پس از گذشت ۲۴ ساعت اندازه‌گیری شد و درصد کاهش باکتری طبق رابطه ۲ محاسبه شد. در این رابطه C تعداد کلونی نمونه پنبه خالص، A تعدادکلونی نمونه‌ها و R کاهش باکتری را نشان می‌دهد [۲۲].

$$R\%=\frac{(C-A)}{C}\times 100 \qquad (۲)$$

۳ـ نتایج و بحث

شکل ۲ نتایج قدرت رنگی نمونه‌های رنگرزی شده با ماده رنگزای مستقیم پس از تکمیل با سولفات مس و نانومس، قبل و بعد از شستشوی ثبات رنگی کالا را نشان می‌دهد. غلظت نانومس در این آزمایش به نسبت سولفات مس بسیار کم است. در حالی که مشاهده می‌شود برخلاف غلظت کم، مقدار قدرت رنگی در شرایط نزدیک و اندکی کمتر به نمونه‌های تکمیل شده با سولفات مس است. با افزایش غلظت سولفات مس و نانو مس در تمام نمونه‌ها قدرت رنگی افزایش می‌یابد و پس از آن به یک مقدار ثابت می‌رسد. در تحقیقی که توسط عابدی و همکارانش بر روی الیاف اکریلیک توسط ماده رنگزای مستقیم آبی ۱۶۸ و سولفات مس انجام شد، افزایش غلظت سولفات مس تا ۲٪ بیشترین میزان ضدباکتری و ثبات شستشوی مناسب را نتیجه داد [۲۳]. تکمیل ماده رنگزای مستقیم آبی ۱۵ با سولفات مس سبب شکستن پیوند گروه‌های متیل شده و تشکیل کمپلکس را می‌دهد [۱]. در هر دو مورد مشاهده می‌شود که پس از شستشوی مکرر، میزان K/S یا قدرت رنگی کاهش می‌یابد و آن‌طور که به نظر می‌رسد، میزان این کاهش در نمونه‌های تکمیل شده با نانوذرات مس بیشتر است. در تحقیقی که توسط محققان صورت گرفت، در رنگرزی با ماده رنگزای مستقیم، روی پارچه پنبه‌ای تکمیل شده با نانوذرات مس، قدرت رنگی و ثبات شستشو افزایش یافت. این در حالی است که در تحقیق مذکور اشاره‌ای به غلظت نانوکلوئید مس نشده است [۱۷]. همان‌طور که در بالا ذکر شد غلظت نانوذرات مس مصرفی نسبت به سولفات مس چندین برابر کمتر در نظر گرفته شده و احتمال این وجود دارد که در غلظت‌های بیشتر از نانو مواد افزایش در ثبات شستشو مشاهده گردد.



شکل ۲: تاثیر شستشو در قدرت رنگی نمونه‌های تکمیل شده با سولفات و نانو مس.

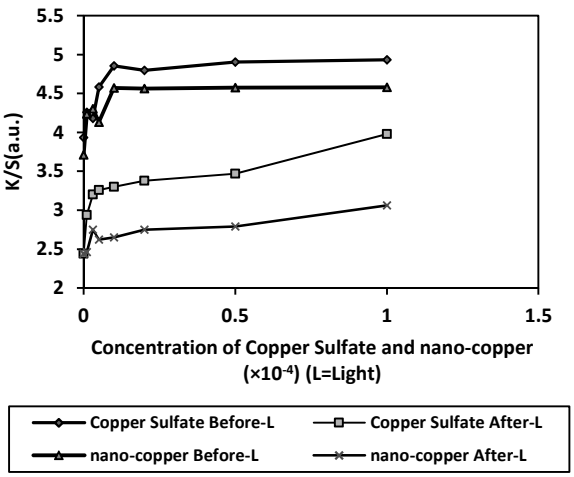
www.SID.ir

Archive of SID

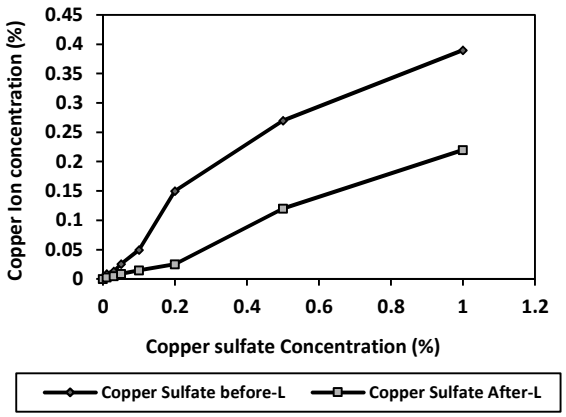
نتایج قدرت رنگی در غلظت صفر مربوط به نمونه‌هایی است که بدون سولفات مس یا نانومس در حمامی در شرایط یکسان تکمیل قرار گرفته‌اند که در این شرایط مقداری از ماده رنگزا از سطح کالا خارج شده و به حمام مهاجرت می‌نماید. بنابراین می‌توان این‌طور نتیجه گرفت که در حمام تکمیل با نانومس و سولفات مس، ذرات ماده رنگزا به داخل حمام مهاجرت کرده و این ذرات با یون مس کمپلکس ایجاد کرده و بنابراین هنگامی که روی سطح کالا می‌نشیند، قدرت رنگی را افزایش می‌دهند. به نظر می‌رسد که این مهاجرت ماده رنگزا و کمپلکس ایجاد شده روی سطح لیف می‌نشیند لذا پس از شستشو از سطح لیف برداشته می‌شود. در نمونه‌های تکمیل شده با نانوذرات مس، پس از شستشو ذرات بیشتری ازسطح برداشته می‌شود و این نانوذرات دوام شستشوی کمتری را نشان می‌دهد.

شکل ۳ نتایج قدرت رنگی نمونه‌های تکمیل شده با دو ماده سولفات مس و نانو مس را قبل و بعد از نوردهی نشان می‌دهد. هر دو نمونه تکمیل شده با سولفات مس و نانو مس پس از مجاورت در مقابل نور کاهش قدرت رنگی را نشان می دهند. ماده رنگزای مستقیم آبی ۱۵ دارای ثبات نوری کمی می‌باشد و تکمیل با فلز مس چندان در ثبات نوری آن موثر نبوده است. در غلظت صفر قدرت رنگی قبل از مجاورت در برابر نور ۳,۹۳ و پس از مجاورت در برابر نور به ۲,۴۴ می‌رسد. با افزایش غلظت سولفات مس و نانو مس در غلظت ۱٪ ثبات نوری بهبود می‌یابد. بطوری که منحنی قبل از نوردهی با افزایش غلظت شیب کم در حالی که پس از نوردهی با افزایش غلظت شیب افزایش می‌دهد و نشان می‌دهد در غلظت‌های بیشتر نتایج ثبات نوری موثرتر خواهد بود.

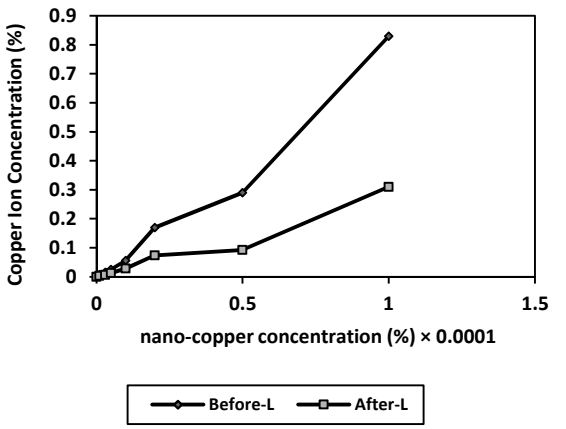
به منظور بررسی میزان یون فلز مس و اثر آن بر روی تکمیل، هریک از نمونه‌ها توسط جذب اتمی آزمایش گردید. شکل ۴ الف و ب به ترتیب غلظت فلز مس در تکمیل با سولفات مس و نانو مس را نشان می‌دهد. محور افقی مقدار غلظت سولفات مس یا نانو مس استفاده شده برحسب درصد وزنی پارچه و محور عمودی مقدار یون فلز موجود در ۱۰۰ گرم پارچه پنبه‌ای است. در هر دو حالت مشاهده می‌شود که با شستشوی مکرر غلظت فلز مس بر روی ۱۰۰ گرم کالا کاهش می‌یابد. این نتایج مطابق با نتایج ثبات شستشوی رنگی است (شکل ۲) که در آن نیز کاهش ثبات شستشو مشاهده می‌شود و به دلیل جدا شدن ذرات فلز مس از سطح کالاست و می‌توان گفت ذرات مس چه به صورت نانو و چه غیر آن اتصال با ثباتی بر روی کالا ایجاد نمی‌نماید. همچنین مشاهده می‌شود که با افزایش مصرف سولفات و یا نانو مس در تکمیل، غلظت یون فلز مس در سطح کالا افزایش می‌یابد. در حالی که جذب بیشتر یون مس بر روی کالا مشاهده می‌شود، قدرت رنگی طبق شکل‌های ۲ و ۳ از یک غلظت مشخص ثابت می‌ماند و افزایش مشاهده نمی‌شود که می‌تواند به علت عدم ایجاد کمپلکس مس و ماده رنگزا در غلظت‌های بالاتر مس باشد.



شکل ۳: تاثیر ثبات نوری در قدرت رنگی نمونه‌های تکمیل شده با سولفات و نانو مس.



(الف)

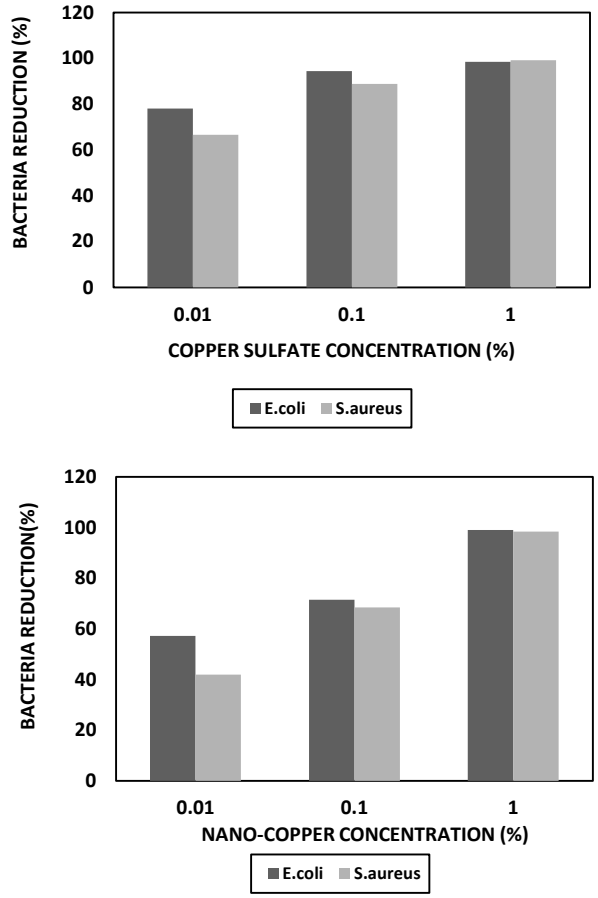


(ب)

شکل ۴: نتایج حاصل از جذب اتمی، غلظت فلز مس در ۱۰۰ گرم پارچه (الف) سولفات مس و (ب) نانو مس.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۵: درصد کاهش باکتری توسط (الف) سولفات مس و (ب) نانو مس.

شکل ۵ نتایج درصد کاهش باکتری‌های اشرشیا کولای و استافیلوکوکوس در نمونه‌های تکمیل شده به ترتیب با سولفات مس و نانو مس در شکل‌های الف و ب را نشان می‌دهد. در هر دو نمونه با افزایش غلظت سولفات مس و نانو مس در محلول، درصد کاهش باکتری افزایش می‌یابد و حداکثر آن در غلظت ۱ ٪ از سولفات مس و ۱×۱۰^{-۴} ٪ از نانو مس نسبت به وزن کالا حاصل می‌شود. این نتایج با نتایج جذب اتمی که با افزایش غلظت سولفات مس و نانو مس در محلول غلظت یون فلز مس بر روی کالا افزایش می‌یابد هماهنگ است. همچنین نتایج قدرت رنگی نمونه‌ها نیز، قدرت رنگی بیشتر دراین غلظت‌ها را نشان داد. نتایج تحقیق محققان نیز نشان داد که در بررسی خصوصیات ضدباکتری الیاف اکریلیک رنگرزی شده با چند ماده رنگزای مستقیم و نمک فلزات (سولفات مس و روی)، در یکی از مواد رنگزای مستقیم، سولفات مس نه تنها ثبات شستشوی بهتر بلکه خواص ضد باکتری بهتری را فراهم کرده است [۲۲].

۴ـ نتیجه‌گیری

استفاده از سولفات مس و نانو مس بعنوان ماده ضدباکتری بر روی پنبه و همچنین بهبود خصوصیات رنگی ماده رنگزای مستقیم می‌تواند مفید باشد. در این تحقیق دو ماده مذکور بر روی کالای پنبه‌ای مورد بررسی قرارگرفت. ترکیب نانو مس با غلظت به نسبت بسیار کمتری از سولفات مس خصوصیاتی نزدیک به آن را نتیجه داد. به طوری که غلظت ۱ ٪ از سولفات مس با غلظت ۰/۰۰۰۱ ٪ از نانو مس نتایج ضدباکتری نزدیک به هم را نشان داد. بر این اساس خصوصیات رنگی ماده رنگزای مستقیم پس از تکمیل با دو غلظت متفاوت از سولفات مس و نانومس بررسی شد. نتایج نشان داد که در غلظت‌های بالاتر تا ۱ ٪ برای سولفات مس و ۰,۰۰۰۱ ٪ برای نانو مس، قدرت رنگی تقریبا ثابت می‌شود و در هر دو ماده دوام رنگی پس از شستشو کاهش می‌یابد. ثبات نوری نیز کاهش قدرت رنگی پس از مجاورت در نور را نشان داد. ولی در غلظت‌های بالاتر، ثبات نوری بهتری مشاهده شد که به نظر می‌رسد با افزایش غلظت ثبات نوری بهتر خواهد شد.

۵ـ مراجع

1. J. Bae, H. S. Freeman, copper salts in the post-metallization of non-genotoxic direct dyes. *Fiber. Polym*. 3(2002), 147-152.
2. J. M. Matthews, Application of dyestuffs. John Wiley, New York. 1947, 53, 166, 281.
3. K. Venkataraman, The chemistry of synthetic dyes. Academic Press, New York. 1952, 557, 601.
4. E. R. Trotman, Dyeing and chemical technology of textile fibers. 5th Ed., Charles Griffin, London. 1975, 45.
5. H. Zollinger, Color chemistry; syntheses, properties and application of organic dyes and pigments. VCH, New York. 1991, 149.
6. G. Isani, M. L. Falcioni, G. Barucca, D. Sekar, G. Andreani, E. Carpene, G. Falcioni ,Comparative toxicity of CuO nanoparticles and $CuSO_4$ in rainbow trout. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 97(2013), 40–46.
7. B. R. Griffin, A. J. Mitchell, Susceptibility of channel catfish, Ictalurus punctatus (Rafinesque) to Edwardsiella ictaluri challenge following copper sulphate exposure. *J. Fish Dis*. 30(2007), 581–585.

۸. ز. کرمی، آ. سلیمانی گرگانی، مروری بر الیاف پنبه‌ای ضدباکتری. *نشریه علمی ترویجی مطالعات در دنیای رنگ*. (۱۳۹۲)۳، ۵۱-۴۳.

9. M. M. Salehi, M. Ataeefard, S. Moradian, The effect of nanoclay, pp and pp-g-MA type on dyeing properties of pp/clay nano composite with various dyes: A way to investigate the dyeability mechanism. *Prog. Color Colorant Coat.* 10 (2017)73-84.

۱۰. ا. رضوانی مقدم، م. خطیب‌زاده، روش‌های مختلف سنتز نانوذرات مس قابل استفاده در جوهرهای رسانا: عوامل موثر بر سنتز نانوذرات. *نشریه علمی*

www.SID.ir

Archive of SID

ترویجی مطالعات در دنیای رنگ. (۱۳۹۳)۴، ۶۲-۴۹.

۱۱. م. پروین زاده، س. مرادیان، ا.س. رشیدی، م. ا. یزدانشناس،بررسی تاثیر نوع نانوسیلیس بر خواص رنگرزی نانوکامپوزیت پلی‌اتیلن ترفتالات/سیلیس. *نشریه علمی پژوهشی علوم و فناوری رنگ*. (۱۳۹۱)۶، ۲۰۹-۲۲۲.

۱۲. ب. کاتوزیان، ا. کیومرثی، ا. س. رشیدی، بهبود رنگپذیری چرم با استفاده از نانو رنگدانه در محیط مافوق‌صوت. *نشریه علمی پژوهشی علوم و فناوری رنگ*. (۱۳۸۸)۳، ۵۱-۴۳.

13. H. L. Karlsson, P. Cronholm, Y. Hedberg, M. Tornberg, L. D. Battice, S. Svedheme, I. O. Wallinder, Cell membrane damage and protein interaction induced by copper containing nanoparticles-Importance of the metal release process. *Toxicology*. (2013), 1–11.
14. S. K. Bajpai, M. Bajpai, L. Sharma, Copper nanoparticles loaded alginate-impregnated cotton fabric with antibacterial properties. *J. Appl. Poly. Sci*. 126(2012), E318–E325.
15. M. H. Habibi, R. Kamrani, R. Mokhtari, Fabrication and characterization of copper nanoparticles using thermal reduction: The effect of nonionic surfactants on size and yield of nanoparticles. *Microchim. Acta.* 171(2010), 91–95.
16. D. P. Chattopadhyay, B. H. Patel, Preparation, characterization and stabilization of nanosized copper particles. *Int. J. Pure Appl. Sci. Technol*. 9(2012), 1-8.
17. D. P. Chattopadhyay, B. H. Patel, Improvement in physical and dyeing properties of natural fibres through pre-treatment with silver nano particles. *Indian J. Fiber. Text. Res.* 34(2009), 368-373.
18. Z. Komeily-Nia, M. Montazer, M. Latifi, Synthesis of nano copper/nylon composite using ascorbic acid and CTAB. *Colloids Surf. A*. 439 (2013), 167–175.
19. H. L. Pape, F. S. Serena, P. Contini, C. Devillers, A. Maftah, P. Leprat, Evaluation of the anti-microbial properties of an activated carbon fibre supporting silver using a dynamic method. *Carbon*. 40 (2002), 2947–2954.
20. Q. Wel, L. Yu, N. Wu, S. Hong, Preparation and characterization of copper nanocomposite textiles. *J. Indus. Text.* 37(2008), 275–283.
21. D. P. Chattopadhyay, B. H. Patel, Effect of nanosized colloidal copper on cotton fabric. *J. Eng. Fiber. Fab*. 5(2010), 1-6.
22. M. Khajeh Mehrizi, S. M. Mortazavi, and D. Abedi, The antimicrobial characteristic study of acrylic fiber treated with metal salts and direct dyes. *J. Fiber. Polym*. 10(2009), 601-605.
23. D. Abedi, S. M. Mortazavi, M. Khajeh Mehrizi, Antimicrobial properties of acrylic fabrics dyed with direct dye and a copper salt. *Text. Res. J*. 78(2008), 311-319.

www.SID.ir