

阳离子改性剂对 pH 值响应型织物 耐久性的影响

朱文斌^a 姜文哲^a 马泽敏^a 王志新^a 许福军^a 俞建勇^{a,b}

东华大学 a. 纺织学院, b. 纺织科技创新中心, 上海 201620

摘要:从紫甘蓝中提取天然染料紫甘蓝色素对棉织物进行染色,制备 pH 值响应型织物。通过正交试验探究阳离子改性棉织物最优工艺参数,测定紫甘蓝色素的上染率和染色棉织物的色牢度。并针对提取的紫甘蓝色素及染色棉织物,开展不同 pH 值条件下的变色性能研究,同时探究 pH 响应型织物的变色耐久性。结果表明:阳离子改性棉织物的最优工艺参数为改性剂质量分数 20%、改性处理温度 40 ℃、改性处理时间 60 min、改性液 pH 值 10。改性后染色棉织物相较于直接染色棉织物,上染率提升了 3.77 倍及以上,耐洗色牢度和耐晒色牢度能达到 3 级,耐摩擦色牢度提升了 1~3 级。提取的紫甘蓝色素在 pH 值为 1~14 的宽范围内依次呈现粉红色到黄绿色的变化,显色反应灵敏。且最优工艺改性后染色棉织物在酸性条件下呈粉红色、在碱性条件下呈黄色,经 7 次酸碱处理后织物颜色趋于稳定,pH 值响应耐久性较好。

关键词:天然染料;紫甘蓝色素;阳离子改性;棉织物;染色;pH 值响应性;耐久性

中图分类号:TS193.6

文献标志码:A

文章编号:1004-7093(2025)07-0030-09

Effect of cation modifiers on the durability of pH-responsive fabrics

Zhu Wenbin^a, Jiang Wenzhe^a, Ma Zemin^a, Wang Zhixin^a, Xu Fujun^a, Yu Jianyong^{a,b}

a. College of Textiles, b. Innovation Center for Textile Science and Technology, Donghua University, Shanghai 201620, China

Abstract: The natural dye, purple cabbage blue pigment, extracted from purple cabbage was used to dye cotton fabrics, thereby preparing pH-responsive fabrics. The optimal process parameters for cation modified cotton fabric were explored through orthogonal experiments, and the dyeing rate of purple cabbage blue pigment and the color fastness of dyed cotton fabrics were determined. In addition, for the extracted purple cabbage blue pigment and the dyed cotton fabrics, the color-changing performance under different pH conditions was investigated, and the color durability of pH-responsive fabrics was also explored. The results showed that the optimal process parameters for cation modified cotton fabrics were the mass fraction of the cation modification agent at 20%, the modification treatment temperature at 40 ℃, the modification treatment time at 60 min, and the pH value of the modification solution at 10. The dyeing rate of the modified dyed cotton fabric was 3.77 times or more than that of the directly dyed cotton fabric. The color fastness to wash and to light could reach grade 3, and the color fastness to rubbing increased by 1~3 grades. The extracted

收稿日期:2025-02-18

作者简介:朱文斌,1988年生,在读博士研究生,主要研究方向为高耐久性的 pH 值响应型生物质智能变色纺织品,fzzwb0713@126.com

通信作者:俞建勇,中国工程院院士,教授,yujy@dhu.edu.cn

purple cabbage blue pigment exhibited a color change from pink to yellow-green within a pH range of 1 to 14, demonstrating sensitive color reaction. After optimal process modification, the dyed cotton fabric appeared pink under acidic conditions and yellow under alkaline conditions. After 7 cycles of acid or alkali treatments, the color of the fabric became stable, and the pH value response durability was good.

Keywords: natural dye; purple cabbage blue pigment; cation modification; cotton fabric; dye; pH value responsiveness; durability

随着人们生活质量和消费水平的提高,人们对纺织品的要求也逐步向绿色环保的方向发展^[1-2]。纺织品用染料主要分合成染料和天然染料 2 种。合成染料通过化学合成的方法制得,其色泽鲜艳,稳定性好,染色性能强,但环保性差,会对环境造成污染,且安全性存疑,长期接触可能会对人体健康造成不良影响^[3]。天然染料主要来源于植物、动物和矿物等自然资源,其生产和使用过程对环境污染较小,原料大多可生物降解,不会对生态环境造成长期危害,不含有害化学物质,对人体健康无害^[4]。甚至一些天然染料还具有一定的药用价值或保健功能^[5],如姜黄染料具有抗炎和抗氧化作用^[6]、茜草染料具有活血化瘀的功能^[7],适用于加工与人体直接接触的衣物、家纺等产品^[8]。但天然染料的颜色稳定性相对较差,容易受到光、热、酸、碱等因素的影响而褪色或变色,导致染色后产品颜色耐久性差,给生产和使用带来了一定的困扰^[9]。

紫甘蓝又称红甘蓝、赤甘蓝,俗称紫包菜,十字花科芸苔属植物,是甘蓝的一个变种,具有抗衰老、缓解湿疹等引发的皮肤瘙痒症状,增强机体免疫力,保护视力等功效^[10]。紫甘蓝色素由多种花色苷(如矢车菊素-3-葡萄糖苷)组成,还含有黄酮和单宁等物质,因此对酸碱变化敏感。花色苷具有 C₆-C₃-C₆ 的骨架结构,其颜色会根据苯环上羟基和甲氧基被

取代的位置及数目而变化,可用作纺织染料及变色指示剂等。当前,紫甘蓝色素仍存在提取操作复杂、无法大规模量产等问题^[11]。

天然棉纤维表面带负电荷(主要为羟基解离形成的 O⁻),而紫甘蓝色素通常呈阴离子状态,两者存在电荷斥力,结合率低,染色效果差,故紫甘蓝色素不能直接用于棉纤维染色^[12]。常见的改善方法有媒染法、阳离子改性法等^[13]。其中,阳离子改性可在棉纤维中引入带正电的基团,从而与紫甘蓝色素分子中的阴离子形成电荷吸引,提高吸附效率。

本研究将以市售新鲜紫甘蓝作为原料,利用水浴法提取紫甘蓝色素作为染色剂,并以棉织物为上染对象,设计正交试验优化阳离子改性棉织物工艺参数^[14],最后利用紫甘蓝色素上染阳离子改性棉织物,制备 pH 值响应型棉织物。研究紫甘蓝色素在不同酸碱条件下的颜色变化,以及染色棉织物对酸碱变化的响应耐久性,以期为紫甘蓝色素上染棉纺织品的开发和应用提供有益的实践参考。

1 试验

1.1 试验原料与仪器

试验所需原料与仪器如表 1 和表 2 所示。

表 1 试验原料

Tab. 1 Experimental materials

试验原料	生产厂家	规格
紫甘蓝	市售	—
纯棉织物	市售	—
阳离子改性剂	北京中纺化工股份有限公司	FK-316
氢氧化钠	上海阿拉丁生化科技股份有限公司	分析纯(AR),质量分数 96%
乙酸	上海阿拉丁生化科技股份有限公司	AR,质量分数 99.5%
无水乙醇	上海阿拉丁生化科技股份有限公司	AR

表 2 试验仪器

Tab. 2 Experimental Instruments

仪器名称	生产厂家	仪器型号
恒温水浴锅	群安科学仪器(浙江)有限公司	BHS-4
手持式色差仪	深圳市林上科技有限公司	LS171
紫外-可见分光光度计	上海精密仪器有限公司	722S
标准光源对色灯箱	深圳市天友利标准光源有限公司	T60(6)
氙灯日晒色牢度试验箱	标格达精密仪器广州有限公司	BGD 865F
染色摩擦色牢度仪	乐清市艾德堡仪器有限公司	Y517B

1.2 试验方法

1.2.1 紫甘蓝色素的提取

首先,称取 15 g 新鲜的紫甘蓝叶片,用去离子水洗净控干后剪成长宽均为 1 cm 的小片,加入装有 300 mL、60 °C 蒸馏水的水浴锅中,控制固液比为 1:20;然后,在 60 °C 条件下提取 60 min,其间间歇性搅动以确保叶片与蒸馏水完全接触;最后,自然冷却至室温,过滤除去紫甘蓝叶片后,即得到紫甘蓝色素。

1.2.2 棉织物直接染色

棉织物直接上染紫甘蓝色素:称取 1 g 棉织物,经 25 °C 蒸馏水皂洗 10 min 后烘干,放入 50 mL 已预升温至 40 °C 的紫甘蓝色素染液中,控制浴比为 1:50;接着,染液以 1 °C/min 的速率缓慢升温至 80 °C,并保温 40 min;最后,降至室温,取出染色浴中的棉织物,水洗去除表面浮色并烘干后,即得到紫甘蓝色素直接染色棉织物。

1.2.3 阳离子改性棉织物及紫甘蓝色素染色阳离子改性棉织物

本研究将采用正交试验法,探讨改性剂质量分

数、改性处理温度、改性处理时间和改性液 pH 值等因素对紫甘蓝色素染色阳离子改性棉织物的上染率的影响。阳离子改性棉织物制备的因素水平如表 3 所示。

表 3 阳离子改性棉织物制备的因素水平

Tab. 3 Factors and levels for preparation of cation modified cotton fabrics

水平	因素 A 改性剂质量 分数/%	因素 B 改性处理 温度/°C	因素 C 改性处理 时间/min	因素 D 改性液 pH 值
1	10	40	40	8
2	15	50	50	9
3	20	60	60	10

准备 9 块大小相同且质量皆为 1 g 的棉织物,分别用 50 mL 改性液(由阳离子改性剂和氢氧化钠溶液组成)对其进行改性处理,控制浴比在 1:50。改性处理过程如图 1 所示。改性液 pH 值通过氢氧化钠溶液调节。得到的阳离子改性棉织物再采用 1.2.2 节的方法进行紫甘蓝色素染色,得到阳离子改性后紫甘蓝色素染色棉织物。

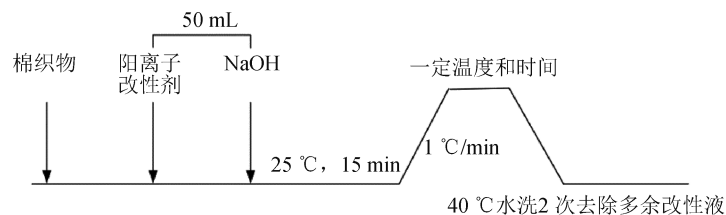


图 1 阳离子改性棉织物过程示意

Fig. 1 Schematic illustration of cationic modification process for cotton fabrics

以便于研究阐述,后文将紫甘蓝色素直接染色棉织物及阳离子改性后紫甘蓝色素染色棉织物,统称为染色棉织物。其中,前者简记为直接染色棉织物,后者简记为改性后染色棉织物。

1.3 测试内容

1.3.1 上染率

由于紫甘蓝色素的 λ_{max} 在 531 nm 处,故采用紫外-可见分光光度计测定染色前后棉织

物在该波长处的吸光度 A_0 和 A_1 , 并根据式 (1) 计算上染率 E :

$$E = \left(1 - \frac{A_1}{A_0}\right) \times 100\% \quad (1)$$

1.3.2 颜色特征值

CIELab 颜色空间是国际照明委员会 (CIE) 制定的一种均匀的颜色系统, 其中 L^* 表示明度 (数值在 0~100, 0 代表黑色, 100 代表白色), a^* 表示红绿色度 (正值表示偏红色, 负值表示偏绿色), b^* 表示黄蓝色度 (正值表示偏黄色, 负值表示偏蓝色), c^* 表示饱和度 (数值越大, 颜色越鲜艳), h 表示色调角^[15]。色差值 (ΔE) 计算式:

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2} \quad (2)$$

式中: ΔL 为被测物与标准物之间的明度差; Δa 、 Δb 分别为被测物与标准物之间红-绿对立色和黄-蓝对立色的色度差。

利用 LS171 手持式色差仪测试织物的 L^* 、 a^* 、 b^* 、 c^* , 利用 RGB 值表示织物颜色的深浅与饱和度。

1.3.3 染色牢度

按照 GB/T 3921—2008《纺织品 色牢度试验 耐皂洗色牢度》中的 C(3) 方法^[16] 测定织物的耐皂洗色牢度; 按照 GB/T 8427—2019《纺织品 色牢度试验 耐人造光色牢度: 氙弧》^[17] 测定织物的耐日晒色牢度; 按照 GB/T 3920—2008《纺织品 色牢度试验 耐摩擦色牢度》^[18] 测定织物的耐摩擦色牢度。

1.3.4 pH 值对紫甘蓝色素颜色的影响

分别用氢氧化钠溶液和乙酸溶液配制 pH 值为 2、4、6、7、8、10、12 和 14 的缓冲溶液。取 8 支试管, 每支各加入 3 mL 的紫甘蓝色素, 再分别向其中加入 3 mL 不同 pH 值的缓冲溶液。振荡摇匀后, 观察紫甘蓝色素的颜色变化并记录。

1.3.5 pH 值对染色棉织物颜色的影响

分别用氢氧化钠溶液和乙酸溶液配制 pH 值为 2、4、6、8、10、12 和 14 的缓冲溶液, 将染色棉织物裁剪出 7 块 30 mm×30 mm 的试样, 分别浸入配制的不同 pH 值的缓冲溶液中, 充分浸泡润湿后, 观察染色棉织物颜色的变化并记录。

1.3.6 染色棉织物对 pH 值的响应耐久性

选取 1.3.4 节得到的对紫甘蓝色素颜色影响显著的 pH 值对应的缓冲溶液, 展开染色棉织物对 pH

值的响应耐久性试验。将染色棉织物裁剪成 30 mm×30 mm 的试样, 浸入相应 pH 值的缓冲溶液中, 充分浸泡润湿后观察染色棉织物颜色变化并记录。然后, 洗去缓冲溶液并充分干燥, 再重复浸泡、观察、洗涤、烘干, 直至染色棉织物颜色稳定, 不再发生明显变化, 结束试验。

2 结果与讨论

2.1 阳离子改性对紫甘蓝色素上染率的影响

采用表 3 的因素水平对棉织物进行阳离子改性, 然后利用紫甘蓝色素进行染色, 得到的改性后染色棉织物 (1[#]~9[#]) 的上染率如表 4 所示, 其中 0[#] 为直接染色棉织物, 用于对比。RGB 值测试结果如图 2 所示, 其中 1[#]~9[#] 试样呈现出不同深浅的蓝绿色。

表 4 染色棉织物上染率

Tab. 4 Dyeing rates of dyed cotton fabrics

试样编号	因素				上染率/ %
	A	B	C	D	
0 [#]	—	—	—	—	2.79
1 [#]	10	40	40	8	15.85
2 [#]	10	50	50	9	14.54
3 [#]	10	60	60	10	13.31
4 [#]	15	40	50	10	20.98
5 [#]	15	50	60	8	17.44
6 [#]	15	60	40	9	14.55
7 [#]	20	40	60	9	22.84
8 [#]	20	50	40	10	21.22
9 [#]	20	60	50	8	13.62
K ₁	14.48	19.89	17.21	15.64	
K ₂	17.66	17.73	16.38	17.31	
K ₃	19.23	13.83	17.87	18.50	
极差 R	4.75	6.06	1.49	2.87	

从表 4 可以看出: 直接染色棉织物的上染率仅为 2.79%, 而经阳离子改性后用紫甘蓝色素染色的 1[#]~9[#] 试样的上染率在 13.31%~22.84%, 上染率相比直接染色棉织物提高了 3.77 倍及以上; 极差分析结果由小到大依次为因素 C、因素 D、因素 A、因素 B, 说明因素 B (改性处理温度) 对棉织物上染率的影响最大; K 值分析显示, 各因素对上染率影响最大的水平分别为 A₃、B₁、C₃、D₃。本研究 2.5、2.7、2.8 节将对最优工艺 (改性剂质量分数 20%、改性处



图2 染色棉织物照片及其 RGB 值

Fig. 2 Photos of dyed cotton fabrics and their RGB values

理温度 40 ℃、改性处理时间 60 min、改性液 pH 值 10) 改性后的染色棉织物展开研究。

2.2 阳离子改性对染色棉织物颜色特征值的影响

将直接染色棉织物(0#)及改性后染色棉织物(1#~9#)按照 GB/T 3921—2008《纺织品 色牢度试验 耐皂洗色牢度》中的 C(3)方法,皂洗 30 min 后去除浮色,烘干,再利用 LS171 手持式色差仪获取标准色织物和皂洗后染色棉织物的颜色特征值。本研究将未经过任何染色处理的白色棉坯布设置为标准色织物。测试结果如表 5 所示。烘干后染色棉织物照片及其 RGB 值测试结果如图 3 所示,其中 1#~9# 试样呈不同深浅的蓝绿色。

表 5 中,1#~9# 试样的 ΔE 值均大于 5.00。 ΔE 值越大,说明染色棉织物与标准色织物的色差越大。

表 5 标准色织物及染色棉织物皂洗后颜色特征值

Tab. 5 Color characteristic values of the standard color fabric and dyed cotton fabrics after soaping

试验号	L^*	a^*	b^*	c^*	h	ΔE
标准色织物	90.16	2.04	-0.76	2.17	-315.80	—
0#	88.72	1.22	-0.57	1.34	-320.41	1.67
1#	83.11	-1.37	2.66	2.99	117.25	8.55
2#	80.39	-4.98	8.17	9.56	121.36	14.98
3#	82.62	-1.68	5.19	5.45	107.93	10.30
4#	82.27	-2.56	4.67	5.32	118.73	10.63
5#	81.02	-3.62	6.22	7.19	120.19	12.82
6#	81.78	-3.75	6.55	7.54	119.79	12.54
7#	80.97	-3.01	7.20	7.80	112.68	13.17
8#	78.69	-6.34	8.68	10.74	126.14	17.06
9#	82.69	-4.53	5.85	7.39	127.75	11.94

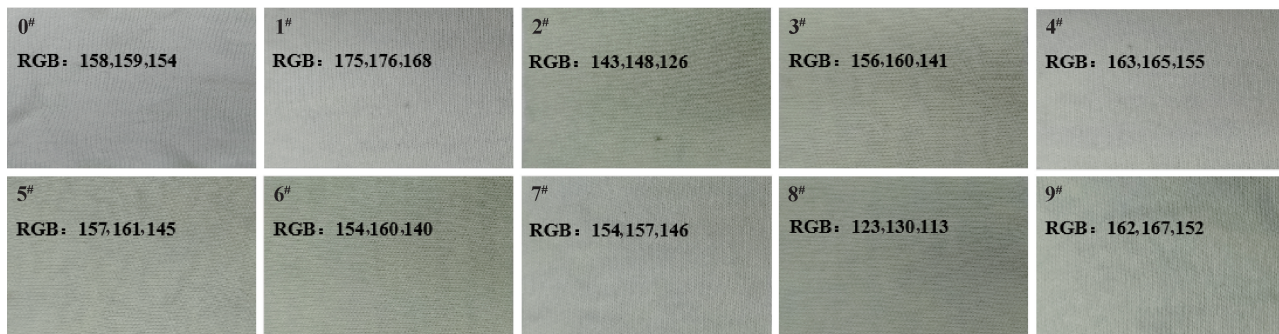


图3 染色棉织物皂洗后照片及其 RGB 值

Fig. 3 Photos of dyed cotton fabrics and their RGB values after soaping

图 3 中,1#~9# 棉织物呈现出不同深浅的蓝绿色,试样色差明显。表 6 也进一步确认了这种色差表现。且鉴于 2# 和 8# 试样色差较大,改性后染色棉织物的耐皂洗色牢度将采用 2# 和 8# 试样展开探究。

2.3 阳离子改性对改性后染色棉织物耐日晒色牢度的影响

采用经人造光源曝晒前后的改性后染色棉织物的色差值评定织物的耐日晒色牢度。参考 GB/T 8427—2008《纺织品 色牢度试验 耐人造光色牢度:

表 6 色差与人眼感觉色差程度的对应关系

Tab. 6 Correspondence between color difference and degree of color difference perceived by human eyes

ΔE	人眼感觉色差程度
$0 \leq \Delta E < 1.0$	肉眼无法分辨
$1.0 \leq \Delta E < 2.0$	肉眼可轻微察觉
$2.0 \leq \Delta E < 3.5$	肉眼能稍微清晰辨别色差
$3.5 \leq \Delta E < 5.0$	色差较明显
$\Delta E \geq 5.0$	色差明显,为两种颜色

氙弧》标准,测得改性后染色棉织物(1#~9#)曝晒前后的色差值如表 7 所示,1#~9#试样曝晒后色差表现如图 4 所示。

从表 7 和图 4 可以看出,曝晒时间达 8 h 时,棉织物颜色变化趋于平稳,此时与灰色样卡对比发现,织物耐日晒色牢度较好。

紫甘蓝色素的主要成分是花色苷,其分子结构中有多个酚羟基,对光线敏感(光照条件下易被氧

表 7 改性后染色棉织物曝晒前后 ΔE 值

Tab. 7 ΔE values of modified dyed cotton fabrics before and after exposure to artificial light

试样编号	曝晒时间/h								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8
1#	8.55	7.25	6.24	5.85	4.96	5.54	4.83	4.70	4.14
2#	14.98	12.09	10.27	9.75	8.91	8.93	9.09	8.18	7.86
3#	10.30	8.91	7.85	6.98	6.42	6.48	6.08	5.69	4.92
4#	10.63	8.62	6.80	6.59	6.07	6.40	5.54	5.26	4.70
5#	12.82	11.55	10.65	10.12	9.46	9.49	8.94	8.53	7.78
6#	12.54	9.43	8.48	7.48	6.68	7.04	6.51	6.21	5.54
7#	13.17	11.42	10.02	8.83	8.62	8.65	7.97	7.78	6.75
8#	17.06	14.28	12.14	11.48	10.78	10.83	10.08	9.38	8.42
9#	11.94	10.00	8.80	7.89	7.05	7.49	6.68	6.52	5.70

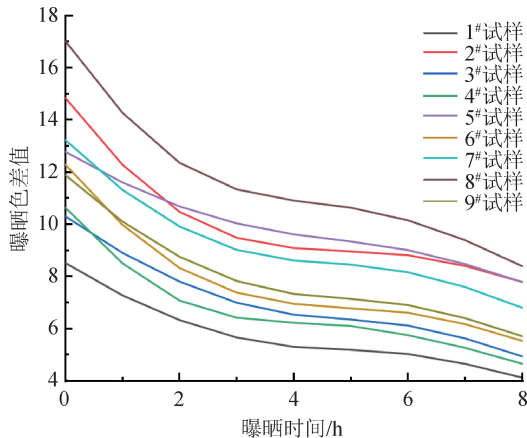


图 4 试样曝晒前后色差表现

Fig. 4 Color difference performance before and after samples exposure to artificial light

化),导致分子结构变化,进而使色素颜色改变或褪色。棉织物经阳离子改性后,其纤维表面引入了带正电荷的基团,能与紫甘蓝色素中的羧基等带负电荷的基团因静电吸引力而牢固结合,染色棉织物耐日晒色牢度得到显著提升。

2.4 改性后染色棉织物耐皂洗色牢度对比

以 2# 和 8# 试样为研究对象,按 GB/T 3921—2008《纺织品 色牢度试验 耐皂洗色牢度》中的 C(3)方法,测定阳离子改性后染色棉织物的耐皂洗色牢度。皂洗时,每次洗涤剂用量相等。每隔 0.5 h 取出织物,烘干后测定其色差值,然后继续皂洗、测试,直至颜色趋于稳定,结束测试。测试结果如表 8 所示。

经灰色标准样卡评定认为,2# 和 8# 试样的耐皂

表 8 2# 和 8# 试样皂洗前后 ΔE 值

Tab. 8 ΔE values of 2# and 8# samples before and after soaping

试样编号	皂洗轮次						
	0	1	2	3	4	5	6
2#	14.98	10.32	10.19	8.85	8.33	8.17	7.90
8#	17.06	13.39	11.09	10.77	9.06	8.28	8.02

洗色牢度达到 3 级,色牢度较好。

紫甘蓝色素与棉织物之间主要依靠范德华力、

氢键等分子间作用力形成物理吸附,结合力相对较弱。皂洗时,直接染色棉织物在机械外力造成的摩擦和洗涤剂的双重作用下,色素分子易从织物表面剥落进入洗涤液中。而阳离子改性后的棉织物因表面带正电荷,能与紫甘蓝色素中带负电荷的基团形成较强的静电吸引力,增强了色素与织物之间的结合力。这些力在皂洗时能够有效地抵抗洗涤剂和流水的冲刷作用,使染色更加牢固,不易褪色。

2.5 改性后染色棉织物耐摩擦色牢度

按照 GB/T 3920—1997《纺织品 色牢度试验 耐摩擦色牢度》标准,测试直接染色棉织物及 2.1 节最优工艺改性后染色棉织物的耐摩擦色牢度,结果见表 9。

表 9 染色棉织物耐摩擦色牢度

Tab. 9 Color fastness to rubbing of dyed cotton fabrics

染色棉织物	耐摩擦色牢度/级	
	干态	湿态
直接染色棉织物	2~3	2~3
改性后染色棉织物	4~5	4~5

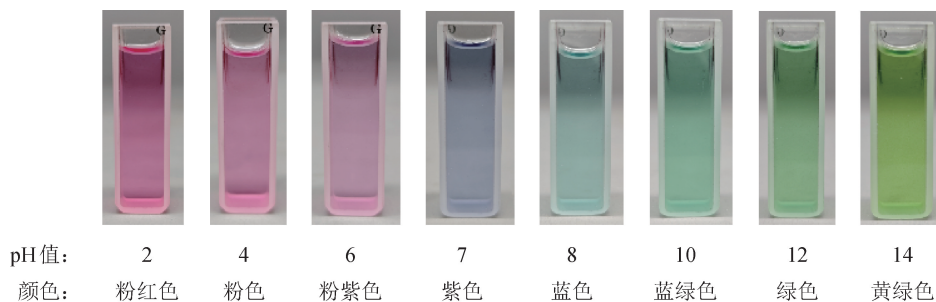


图 5 紫甘蓝色素在不同 pH 值缓冲液中的颜色

Fig. 5 Color of purple cabbage pigment in buffers with different pH values

表 10 不同 pH 值缓冲液中紫甘蓝色素颜色特征值

Tab. 10 Color characteristic values of purple cabbage pigment in buffers with different pH values

pH 值	L^*	a^*	b^*
2	42	35	-5
4	59	26	-5
6	62	17	-4
7	57	0	-7
8	64	-10	1
10	67	-19	9
12	62	-22	19
14	63	-25	37

碱性缓冲液使织物呈黄色,织物颜色在酸性和碱性条件下区分明显,其颜色特征值见表 11。

由表 9 可知,改性后染色棉织物耐摩擦色牢度比直接染色棉织物提高了 1~3 级,颜色保留度较高,且几乎不存在沾色现象,这说明紫甘蓝色素与改性棉纤维中的阳离子结合力更强,改性后染色棉织物具有较好的耐摩擦色牢度。

2.6 pH 值对紫甘蓝色素颜色的影响

按 1.3.4 节的步骤,取等量的紫甘蓝色素加入不同 pH 值的缓冲溶液中,结果如图 5 所示。缓冲溶液按 pH 值从低到高呈现出从粉红色到黄绿色的变化,颜色区分明显且显色反应灵敏,表明紫甘蓝色素具有较好的 pH 值响应变色能力。各缓冲溶液中紫甘蓝色素颜色特征值见表 10。

2.7 pH 值对最优工艺改性后染色棉织物颜色的影响

将最优工艺改性后染色棉织物分别浸入 1.3.5 节配制的缓冲溶液中,观察改性后染色棉织物的变色情况,结果如图 6 所示。从图 6 可以看出,在不同 pH 值的缓冲溶液的影响下,改性后紫甘蓝色素染色棉织物显色变化明显,酸性缓冲液使织物呈浅红色,

表 11 不同 pH 值缓冲溶液作用下的染色棉织物颜色特征值

Tab. 11 Color characteristic values of dyed cotton fabrics under action of buffers with different pH values

pH 值	L^*	a^*	b^*	ΔE
2	63	5	2	27.46
4	66	4	0	24.25
6	68	2	-1	22.23
8	65	-7	20	33.85
10	64	-6	23	36.24
12	61	-6	24	39.09
14	62	-5	26	39.48

2.8 最优工艺改性后染色棉织物在不同 pH 值条件下的颜色响应耐久性

最优工艺改性后染色棉织物分别经 pH 值为 4

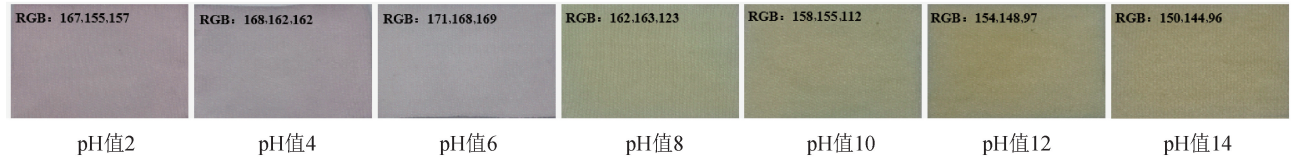


图 6 不同 pH 值缓冲溶液作用下的染色棉织物颜色

Fig. 6 Color of dyed cotton fabrics under action of buffers with different pH values

和 12 的缓冲溶液多轮次处理后,结果如图 7、图 8 和表 12、表 13 所示。

从图 7 和表 12 可以看出:织物第 1 次浸入 pH 值为 4 的缓冲溶液中,呈现较为明显的粉红色,之后随着洗涤次数和浸入轮次的增多,织物颜色逐渐变

浅,并在第 7 次之后逐渐稳定,变化不再明显。从图 8 和表 13 可以看出:织物第 1 次浸入 pH 值为 12 的缓冲溶液中,呈现较为明显的黄色,之后随着洗涤和浸入轮次的增多,织物颜色逐渐变浅,并也在第 7 次之后逐渐稳定,变化不再明显。

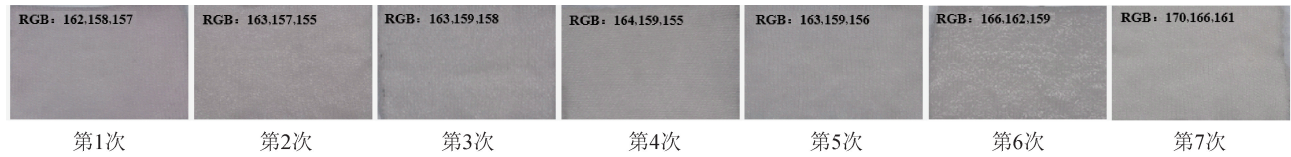


图 7 染色棉织物经 pH 值为 4 的缓冲溶液多轮次处理后的颜色

Fig. 7 Color of dyed cotton fabric after being treated multiple times with a buffer solution at pH 4

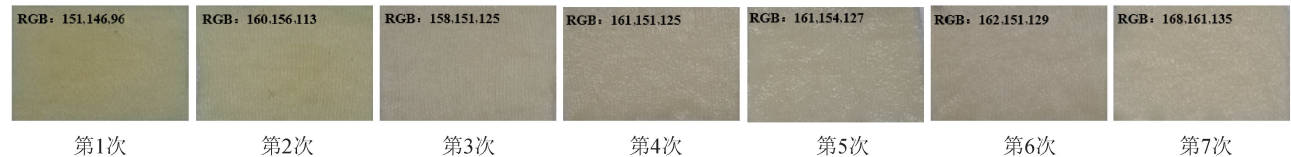


图 8 染色棉织物经 pH 值为 12 的缓冲溶液多轮次处理后的颜色

Fig. 8 Color of dyed cotton fabric after being treated multiple times with a buffer solution at pH 12

表 12 染色棉织物经 pH 值为 4 的缓冲溶液多轮次处理后的颜色特征值

Tab. 12 Color characteristic values of dyed cotton fabric after being treated multiple times with a buffer solution at pH 4

试验轮次	L^*	a^*	b^*	ΔE
1	64	3	1	26.32
2	64	1	1	26.24
3	65	0	2	25.39
4	65	1	2	25.33
5	65	0	1	25.31
6	67	1	1	23.25
7	69	0	3	21.59

表 13 染色棉织物经 pH 值为 12 的缓冲溶液多轮次处理后的颜色特征值

Tab. 13 Color characteristic values of dyed cotton fabric after being treated multiple times with a buffer solution at pH 12

试验轮次	L^*	a^*	b^*	ΔE
1	57	-6	25	42.75
2	63	-5	21	35.51
3	67	-2	17	29.46
4	65	-1	14	29.33
5	67	-1	13	27.11
6	67	0	13	27.02
7	68	-1	13	26.26

3 结论

本研究以新鲜紫甘蓝为原料,利用水浴法提取

紫甘蓝色素作为染色剂,然后设计阳离子改性棉织物正交试验,优化改性工艺参数,最后利用紫甘蓝色素上染阳离子改性棉织物,成功制备出 pH 值响应型棉织物。探究阳离子改性对紫甘蓝色素染色棉织

物颜色耐久性的影响,得到以下结论:

(1)相较于直接染色棉织物,改性后染色棉织物上染率从 2.79% 提升到 13.31% 以上,最高为 22.84%,提高了 3.77 倍及以上,染色效果显著改善。

(2)根据正交试验结果确定,阳离子改性剂对纯棉织物的最优改性工艺参数为改性剂质量分数 20%、改性处理温度 40 ℃、改性处理时间 60 min、改性液 pH 值 10。

(3)改性后染色棉织物的耐皂洗色牢度和耐日晒色牢度均能达到 3 级,耐摩擦色牢度相较直接染色棉织物能提升 1~3 级。棉织物阳离子改性后,紫甘蓝色素对其染色牢度提高。

(4)提取的紫甘蓝色素在 pH 值为 1~14 的条件下依次呈现粉红色到黄绿色的变化,显色反应灵敏。

(5)改性后染色棉织物在酸性条件下呈粉红色,在碱性条件下呈黄色,改性后染色棉织物具有一定的 pH 值响应性,多轮次浸入酸性或碱性溶液后,棉织物显色效果逐渐减弱,第 7 次之后颜色趋于稳定。



期刊采编平台

中国知网下载

参考文献

- [1] 刘杰. 八角茎叶提取物对羊毛和蚕丝上染的应用探讨[J]. 毛纺科技, 2016, 44(8): 40-43.
- [2] 李志刚, 张东海. 紫甘蓝天然染料的提取及对羊绒纤维的染色性能研究[J]. 印染助剂, 2019, 36(7): 56-59.
- [3] 白晓菲, 梁东明, 张艳红, 等. 紫甘蓝色素提取工艺优化及其酸碱指示剂性质[J]. 食品工业, 2022, 43(4): 67-71.
- [4] 张晨, 李之委, 蒋俊浩, 等. 棉织物的阳离子改性及其紫甘蓝色素的染色[J]. 盐城工学院学报(自然科学版), 2018, 31(2): 75-78.
- [5] 劳海晴, 蔡学军, 谢仁亮, 等. 乌拉草提取液上染纯棉非织造布的制备工艺研究[J]. 产业用纺织品, 2022, 40(7): 46-51.
- [6] 韦苏娟, 孙颖, 张瑞萍, 等. 基于姜黄染色 pH 响应型柔性传感棉织物的制备[J]. 棉纺织技术, 2021, 49(10): 1-7.
- [7] 黄连香, 王祥荣, 侯学妮, 等. 茜草色素对生物基聚酰胺 56 的染色性能[J]. 纺织学报, 2024, 45(7): 94-103.
- [8] 王小俊, 牛应买, 叶健, 等. 开发耐久性抗菌非织造布的可行性探讨[J]. 产业用纺织品, 2017, 35(4): 33-37.
- [9] 李珂, 张慧, 肖子逸, 等. 紫甘蓝色素的提取及对羊毛纤维的染色性能[J]. 印染, 2019, 45(15): 22-27.
- [10] 刘伟, 刘军海, 何敏. 超声波辅助提取紫甘蓝色素及稳定性研究[J]. 中国调味品, 2022, 47(8): 182-186.
- [11] 张正艳, 祝鸿浩, 陆英燕, 等. 紫甘蓝花色苷研究进展[J]. 现代食品, 2023, 29(9): 23-26.
- [12] 蔡凯. 改性棉织物的植物染色牢度的研究进展[J]. 辽宁丝绸, 2024(2): 26.
- [13] 李梦雅, 罗艳, 杜鹃, 等. 栀子黄化学改性及其对阳离子改性棉的染色[J]. 印染, 2016, 42(23): 19-22.
- [14] 李悦, 董伟伟, 王梦婷, 等. 黏胶织物的阳离子改性及活性染料无盐染色工艺[J]. 产业用纺织品, 2021, 39(10): 40-45.
- [15] 马春杰, 丁作伟, 崔志英, 等. 光热复合老化对消防服用织物性能的影响[J]. 产业用纺织品, 2016, 34(2): 18-25.
- [16] 中国纺织工业协会. 纺织品 色牢度试验 耐皂洗色牢度: GB/T 3921—2008[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008: 7.
- [17] 中国纺织工业联合会. 纺织品 色牢度试验 耐人造光色牢度: 氙弧: GB/T 8427—2019[S]. 北京: 中国标准出版社, 2019.
- [18] 中国纺织工业协会. 纺织品 色牢度试验 耐摩擦色牢度: GB/T 3920—2008[S]. 北京: 中国标准出版社, 2009: 6.

环保从我做起 公益从心开始