

# 艾绒提取物对蚕丝织物的染色和抗紫外性能研究

曹机良<sup>1</sup>, 冷国强<sup>2</sup>, 王甜梦<sup>1</sup>, 宋延玲<sup>1</sup>, 乔阳阳<sup>1</sup>, 许译元<sup>1</sup>

(1. 河南工程学院 材料与化学工程学院, 郑州 450007; 2. 中国人民解放军 61267 部队, 北京 101114)

**摘要:** 文章采用超声水浴提取法提取艾绒色素, 研究了染色 pH 值、温度、时间、艾绒色素质量分数对蚕丝织物染色和抗紫外性能的影响, 测量了染色织物的颜色特征值、紫外线防护因子 (UPF 值) 及紫外线 A (UVA) 和紫外线 B (UVB) 的透过率, 测定了染色蚕丝织物的耐洗、摩擦和日晒色牢度。研究表明: 蚕丝织物艾绒色素的较佳染色工艺为染色 pH3, 染色温度 100 °C, 保温染色时间 60 min, 当艾绒色素相对蚕丝织物质量 4% 时, 染色蚕丝织物具有较强的抗紫外线能力, 其 UPF 值达到 40 以上, 且艾绒色素直接染色蚕丝织物的耐洗、摩擦和日晒色牢度均在 4 级以上, 满足日常服用要求。

**关键词:** 艾绒; 抗紫外; 蚕丝; 染色; 天然色素

中图分类号: TS193.62

文献标志码: A

文章编号: 1001-7003(2019)01-0008-05

引用页码: 011102

## Dyeing and anti-UV performance of moxa extractive on silk fabrics

CAO Jiliang<sup>1</sup>, LENG Guoqiang<sup>2</sup>, WANG Tianmeng<sup>1</sup>, SONG Yanling<sup>1</sup>, QIAO Yangyang<sup>1</sup>, XU Yiyuan<sup>1</sup>

(1. Department of Materials and Chemical Engineering, Henan University of Engineering, Zhengzhou 450007, China; 2. Troop 61267 of People's Liberation Army, Beijing 101114, China)

**Abstract:** An ultrasonic water bath extraction method was used to extract the moxa pigment in this paper. The effect of dyeing pH value, dyeing temperature, dyeing time, mass fraction of moxa pigment on dyeing and anti-UV performance of silk fabrics was researched. The color characteristics value, UPF value, transmittance of UVA and UVB as well as washing, rubbing and light fastness of dyed silk fabrics were tested. The results showed that the optimal dyeing process of moxa pigment: pH3, dyeing temperature 100 °C and dyeing time 60 min. When the mass of moxa pigment was 4% relative to silk fabric, the dyed silk fabric had excellent anti-UV performance, with UPF value above 40. Besides, the washing, rubbing and light fastness of dyed silk fabrics reached above Level 4, meeting wearing requirements.

**Key words:** moxa; anti-UV performance; silk; dyeing; natural pigments

近年来,随着人们生活水平的日渐提高,人们对绿色、环保、健康的生活方式愈加重视,而部分合成染料因其在生产过程中造成环境污染,含有致癌物质等因素,引起了人们的普遍担忧<sup>[1-2]</sup>。天然染料凭借着无毒无害,具有可降解性、保健功能等优良性能越来越受到人们的喜爱<sup>[3-5]</sup>。目前天然植物染料在纺织品当中的运用愈加丰富,如研究人员用 Babool 皮染尼龙<sup>[5]</sup>,用天然染料进行染色的北京“铜牛牌”系列服装<sup>[6]</sup>,日本形染公司的“靛蓝印花”<sup>[6]</sup>等。在

当今人们崇尚绿色消费、健康消费的思想下,天然染料必将越来越受到人们重视,具有广阔的前景<sup>[7]</sup>。

蚕丝凭借着柔软的手感,柔和的色泽,良好的悬垂性等特点作为高档纺织纤维,一直深受国内外人士的喜爱,被誉为“纤维皇后”<sup>[8-11]</sup>。艾绒是中国古老的中草药,由艾叶捣碎而成,常用于针灸治病、枕套等床上用品,在染色方面鲜有报道,因此本文选用艾绒色素作为染料,对蚕丝织物进行染色,探究了艾绒色素在蚕丝织物上的染色和抗紫外性能。

收稿日期: 2018-04-11; 修回日期: 2018-12-06

基金项目: 河南省科技厅科技攻关计划项目(172102310466)

作者简介: 曹机良(1982—)男,副教授,博士,主要从事纺织品染整工艺与理论、纺织品功能整理的研究。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

织物: 蚕丝双绉平方米质量 40 g/m<sup>2</sup>(市售)。

色素:艾绒(市售)。

仪器:SW-12A 耐洗色牢度试验机(温州方圆仪器有限公司),高温高压红外线染色机(上海一派印染技术有限公司),Q-100E 超声波清洗器(昆山市超声仪器有限公司),JA2003N 电子天平(上海精密科学仪器有限公司),UV-2000F 紫外线透反射率分析仪(美国蓝菲光学仪器有限公司),风冷式日晒色牢度仪(宁波纺织仪器厂),CE 7000A 电脑测色配色仪(美国 X-Rite 爱色丽有限公司),M571B 耐摩擦牢度试验机(青岛山纺仪器有限公司)。

### 1.2 方法

#### 1.2.1 提取艾绒色素

将 40 g 艾绒放入烧杯中,加入 900 mL 去离子水后放入 Q-100E 超声波清洗器内,加热到 80 °C,超声提取 2 h,超声结束后对提取液进行抽滤,然后将滤液浓缩、冷冻干燥,得到艾绒提取物固体粉末备用。

#### 1.2.2 染色方法

艾绒提取物相对蚕丝织物质质量  $x\%$ ,浴比 1:40,调节染色 pH 值,常温下把蚕丝织物投入染液中,以 1 °C/min 升温至一定温度,保温处理一定时间后取出织物,水洗烘干,测试数据。

#### 1.2.3 测试方法

##### 1.2.3.1 抗紫外线性能

用 UV-2000F 紫外线透反射率分析仪对蚕丝织物进行抗紫外线性能的测定。在蚕丝织物的不同位置测试 8 次数据,取平均值,记录各样品的 UPF 值、UVA 和 UVB 透过率。

##### 1.2.3.2 颜色特征值

用 CE 7000A 电脑测色配色仪在织物的不同位置测试 4 次数据,记录实验中需测出各样品的明度  $L^*$ 、红绿指数  $a^*$ 、黄蓝指数  $b^*$ 、鲜艳度  $C^*$ 、色相角  $h^\circ$  的平均值,再根据下式计算织物的色深值( $\Delta E$ )。

$$\Delta E = ((L_1 - L_0)^2 + (a_1 - a_0)^2 + (b_1 - b_0)^2)^{0.5} \quad (1)$$

式中: $L_1$  为染色织物的明暗度; $L_0$  为未染色织物的明暗度; $a_1$  为染色织物的红绿色度; $a_0$  为未染色织物的红绿色度; $b_1$  为染色织物的黄蓝色度; $b_0$  为未染色织物的黄蓝色度。

##### 1.2.3.3 色牢度

摩擦色牢度按 GB/T 3920—2008《纺织品 色牢度试验 耐摩擦色牢度》进行测定;耐洗色牢度按 GB/T 3921.1—2008《纺织品 色牢度试验 耐皂洗色牢度》进行测定;日晒色牢度按 GB/T 8427—2008《纺织品

色牢度试验 耐人造光色牢度:氙弧》进行测定。

## 2 结果与分析

### 2.1 染色 pH 值对蚕丝织物染色和抗紫外性能的影响

艾绒提取物相对蚕丝织物质质量 4%,升温至 100 °C,保温 60 min 对蚕丝进行染色,探究染色 pH 值对蚕丝织物染色和抗紫外性能的影响,结果如表 1 和图 1 所示。

表 1 染色 pH 值对蚕丝织物染色性能的影响

Tab. 1 Effect of dyeing pH on dyeing properties of silk fabric

pH 值	$L^*$	$a^*$	$b^*$	$C^*$	$h^\circ$	$\Delta E$
2	66.80	4.25	20.05	20.50	78.03	29.72
3	71.76	3.08	17.88	18.15	80.24	24.33
4	74.05	2.60	17.31	17.51	81.45	22.16
5	77.92	1.98	16.35	16.47	83.09	18.64
6	77.69	1.71	15.14	15.23	83.55	17.91
7	78.23	0.55	13.64	13.65	87.69	16.41
8	79.57	1.35	13.85	13.92	84.42	15.65
9	80.07	0.86	13.11	13.14	86.24	14.72

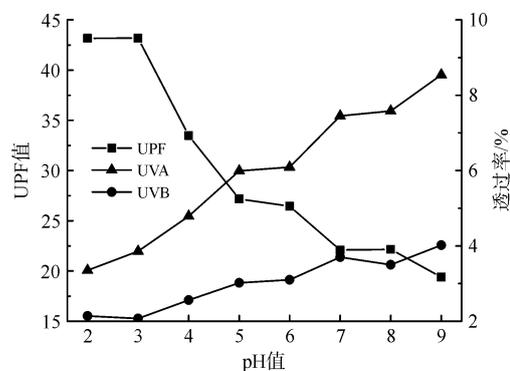


图 1 染色 pH 值对蚕丝织物抗紫外线性能的影响

Fig. 1 The influence of dyed pH on anti-ultraviolet properties of silk fabrics

由表 1 可得,随着染色 pH 值的增加,染色蚕丝织物的明度  $L^*$  逐渐增加, $a^*$ 、 $b^*$ 、 $C^*$  和  $\Delta E$  下降,说明随着染色 pH 值的增加,艾绒色素在蚕丝上的吸附逐渐减少。从表 1 的颜色特征值变化可知,染色 pH 值较小(pH 值为 2 或 3)时,染色蚕丝的色深值最大,蚕丝上吸附的艾绒色素越多,结合图 1 可得,艾绒色素染色蚕丝织物时 pH 值选 2 或 3 时可染得较深的颜色,获得较强的抗紫外效果。图 1 中染色 pH 值为 2 或 3 时蚕丝织物的 UPF 值大于 40,且 UVA 的透过率小于 5%,UVB 的透过率小于 3%,满足国家质检总局颁布的“防紫外线产品”指标,对抗紫外线产品的制作具有一定参考价值。由图 1 可知,随着染色

pH 值的升高,UPF 值下降,UVA 和 UVB 的透过率逐渐上升,这是因为随着染色 pH 值的升高,蚕丝织物上所带正电荷数目减少,使艾绒色素中带负电性的黄酮类、三萜类、桉叶烷类、苯丙素、有机酸化合物与蚕丝的静电引力结合减弱。艾绒色素中上述带负电性的化合物在酸性条件下与蚕丝的氨基可形成离子键结合,而艾绒色素中大多数化合物依据其与蚕丝亲和力的高低可与蚕丝的氨基、羟基等基团形成氢键和范德华力结合。将艾绒提取液稀释成不同质量分数,测试其紫外-可见吸收光谱曲线如图 2 所示。由图 2 可知,艾绒提取液在 290 nm 和 320 nm 处出现了最大吸收峰,该最大吸收峰处于 UVB 和 UVA 波段,结果验证了艾绒色素染色蚕丝织物对 UVA 和 UVB 具有很好的屏蔽效果。

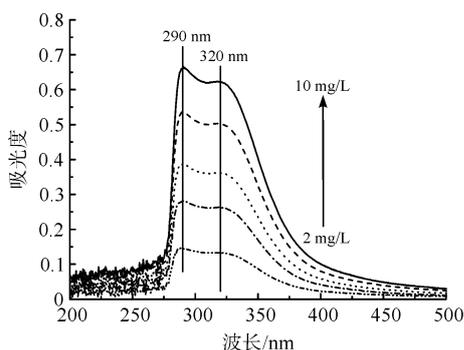


图 2 艾绒提取液的紫外-可见吸收光谱

Fig. 2 The UV-visible spectra of moxa extracting solution

### 2.2 染色温度对蚕丝织物染色和抗紫外性能的影响

艾绒提取物相对蚕丝织物质量 4% pH3,升温至不同温度,保温 60 min 对蚕丝进行染色,探究染色温度对蚕丝织物染色性能的影响,结果如表 2 和图 3 所示。

表 2 染色温度对蚕丝织物染色性能的影响

Tab.2 Effect of dyeing temperature on dyeing properties of silk fabric

染色温度/°C	$L^*$	$a^*$	$b^*$	$C^*$	$h^\circ$	$\Delta E$
40	76.59	2.98	20.41	20.62	81.68	22.41
50	74.77	3.53	21.07	21.36	80.50	24.14
60	74.33	3.32	20.03	20.30	80.58	23.63
70	72.63	4.02	21.00	21.38	79.17	25.60
80	71.17	4.28	20.87	21.31	78.42	26.58
90	70.09	4.47	21.39	21.85	78.21	27.74
100	68.20	4.45	20.00	20.49	77.45	28.29

从表 2 中  $L^*$ 、 $a^*$ 、 $\Delta E$  的变化可知随着染色温度的增加染色蚕丝织物的颜色不断变深,但织物的黄蓝指数  $b^*$  和鲜艳度  $C^*$  几乎没有变化,色相角  $h^\circ$  变化较小,说明染色蚕丝织物的色光不会受染色温度的变化而改变,只是色深值发生改变,即随着染色温

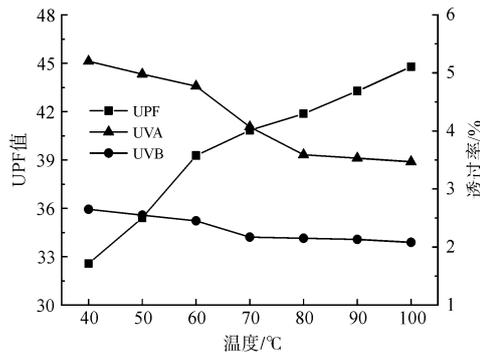


图 3 染色温度对蚕丝织物抗紫外性能的影响

Fig. 3 The influence of dyeing temperature on anti-ultraviolet properties of silk fabrics

度的增加,吸附在蚕丝上的艾绒色素用量增加。这是因为随着温度的升高,蚕丝的膨胀程度变大,再加上艾绒中色素分子的动能增加,有利于色素分子扩散到纤维内部。综合考虑,染色温度选为 100 °C 较为合适。由图 3 可知,UPF 值呈上升趋势,UVA 和 UVB 的透过率呈下降趋势,这同样是因为升高温度有利于具有抗紫外功能的色素分子向蚕丝纤维内部渗透。

### 2.3 保温时间对蚕丝织物染色和抗紫外性能的影响

艾绒提取物相对蚕丝织物质量 4% 的条件下染色 pH3,探究 100 °C 保温条件下保温时间对蚕丝织物染色性能的影响,结果如图 4 和表 3 所示。

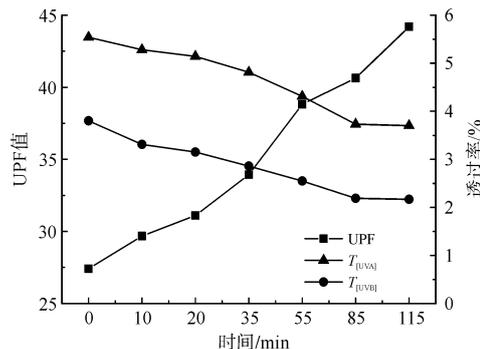


图 4 保温时间对蚕丝织物抗紫外性能的影响

Fig. 4 The influence of soaking time on anti-ultraviolet properties of silk fabrics

表 3 保温时间对蚕丝织物染色性能的影响

Tab.3 Effect of soaking time on dyeing properties of silk fabric

保温时间/min	$L^*$	$a^*$	$b^*$	$C^*$	$h^\circ$	$\Delta E$
0	74.72	1.89	17.57	17.67	83.85	19.60
10	74.61	2.01	17.86	17.97	83.59	19.92
20	73.60	2.32	17.33	17.49	82.39	20.10
35	71.75	2.77	18.11	18.32	81.29	21.90
55	71.70	2.65	17.40	17.60	81.35	21.38
85	69.33	3.52	18.44	18.78	79.19	23.85
115	68.57	3.70	18.56	18.92	78.74	24.48

由图 4 可得,随着保温染色时间的增加,UPF 值呈上升趋势,UVA 和 UVB 呈下降趋势,这是因为色素分子向纤维内部扩散是逐渐进行的过程,随着保温染色时间的延长,艾绒色素对蚕丝纤维的上染量增加。由表 3 可得,织物的明度  $L^*$  和色相角  $h^\circ$  呈下降趋势,  $a^*$  和  $\Delta E$  呈上升趋势, 艳度  $C^*$  无明显变化。观察这些颜色特征值变化可知,织物的上染量在不断增加,符合染色客观规律。由此可见,艾绒色素染色蚕丝织物在 100 °C 保温染色 60 min 左右,可获得满意的颜色深度。

### 2.4 色素质量分数对蚕丝织物染色和抗紫外性能的影响

pH3, 100 °C 保温染色 60 min, 探究色素质量分数对蚕丝织物染色性能的影响,结果如图 5 和表 4 所示。

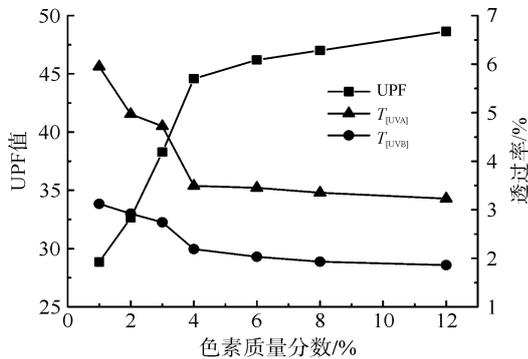


图 5 色素质量分数对蚕丝织物抗紫外线性能的影响

Fig. 5 The influence of pigment mass fraction on anti-ultraviolet properties of silk fabrics

表 5 艾绒色素染色蚕丝织物的质量指标

Tab.5 Quality index of moxa-dyed silk fabric

染色方法	耐洗色牢度/级		摩擦色牢度/级		日晒色牢度/级	抗紫外耐洗性(UPF)					
	沾色		褪色	干		湿	洗涤次数/次				
	棉	蚕丝					0	5	10	20	30
直接染色	5	4	4	4~5	4	44.58	42.62	41.81	41.14	40.53	

## 3 结 论

本文采用超声波提取法提取艾绒色素用于蚕丝织物的染色和抗紫外一浴加工整理,得到如下结论:

1) 蚕丝织物用丝绒色素染色的较佳染色工艺为染色 pH3, 染色温度为 100 °C, 保温染色时间 60 min, 该工序可同时实现蚕丝的染色和抗紫外整理。

2) 蚕丝织物在较佳染色工艺条件下用质量分数为 4% 的艾绒色素染色后具有优良抗紫外线能力, 染色织物的 UPF 值接近 45, 织物经 30 次洗涤后 UPF 值仍保持在 40 以上, 染色织物的摩擦、水洗和日晒

表 4 色素质量分数对蚕丝织物染色性能的影响

Tab.4 Effect of pigment mass fraction on dyeing properties of silk fabric

色素质量分数/%	$L^*$	$a^*$	$b^*$	$C^*$	$h^\circ$	$\Delta E$
1	75.56	1.83	15.47	15.57	83.25	17.33
2	71.62	3.43	18.97	19.28	79.76	22.67
3	69.36	1.64	15.93	16.01	84.12	21.80
4	69.78	3.09	18.05	18.31	80.27	23.14
6	68.98	3.18	18.60	18.87	80.31	24.08
8	67.90	3.63	19.48	19.82	79.44	25.52
12	66.95	3.36	18.76	19.06	79.86	25.66

由表 4 颜色特征值的变化可知,随着色素质量分数的增多,织物的色深值不断增加,说明色素质量分数越多吸附到蚕丝纤维上的艾绒色素越多。由图 5 可知,随着色素质量分数的增多,UPF 值上升,UVA 和 UVB 的透过率下降,这说明随着色素质量分数的增加艾绒色素分子具有抗紫外作用的色素吸附到纤维上的量增多。结合图 5 和表 4 可得,色素质量分数达到 4% 后蚕丝织物的抗紫外性能变化较小,织物的色深值的变化趋势变缓,这可能与艾绒色素对蚕丝的吸附接近饱和有直接关系。

### 2.5 艾绒色素染色蚕丝织物的质量指标分析

艾绒提取物相对蚕丝织物质量 4%, pH3, 100 °C 保温染色 60 min, 探究染色蚕丝织物的耐洗、摩擦和日晒色牢度及抗紫外性能,结果如表 5 所示。由表 5 可得,艾绒色素染色蚕丝的各项色牢度均在 4 级以上。蚕丝织物经 30 次洗涤后 UPF 指数仍保持在 40 以上,说明织物具有优良的耐久性抗紫外性能。

色牢度均在 4 级以上,符合服用要求。

### 参考文献:

[1] 陈美云,袁德宏,张玉萍. 真丝绸栀子黄色素微波染色研究[J]. 丝绸, 2010(8): 1-4.

CHEN Meiyun, YUAN Dehong, ZHANG Yuping. Microwave dyeing of silk fabric with gardenia yellow [J]. Journal of Silk, 2010(8): 1-4.

[2] 陈美云,袁德宏,张玉萍. 荷叶天然染料的提取及用于真丝绸染色[J]. 丝绸, 2012, 49(7): 19-24.

CHEN Meiyun, YUAN Dehong, ZHANG Yuping. Extraction of natural dye from lotus leaves and its application to dyeing

- of silk [J]. *Journal of Silk*, 2012, 49(7): 19-24.
- [3]曹机良,孟春丽,牛子联. 山竹壳提取液对锦纶染色和抗紫外整理[J]. *丝绸*, 2016, 53(8): 7-12.  
CAO Jiliang, MENG Chunli, NIU Zilian. Dyeing and anti-ultraviolet finishing of polyamide fabrics with the liquid extracted from mangosteen shell [J]. *Journal of Silk*, 2016, 53(8): 7-12.
- [4]周秋宝,余志成,陈莹. 紫草染料对真丝织物染色性能的研究[J]. *丝绸*, 2002(5): 22-24.  
ZHOU Qiubao, YU Zhicheng, CHEN Ying. Study on the dyeing performance of zicao to silk fabrics [J]. *Journal of Silk*, 2002(5): 22-24.
- [5]李辉芹,巩继贤. 天然染料的应用现状与研究新进展[J]. *染料与染色*, 2003 40(1): 36-38.  
LI Huiqing, GONG Jixian. The current application situation and developments of natural dyes [J]. *Dyestuffs and Coloration*, 2003 40(1): 36-38.
- [6]余静,贾丽霞. 天然染料的研究进展[J]. *针织工业*, 2005(4): 42-45.  
YU Jing, JIA Lixia. The developments of natural dyes [J]. *Knitting Industries*, 2005(4): 42-45.
- [7]陈美云,袁德宏,张玉萍. 樟树落叶天然染料的提取及用于真丝绸染色[J]. *丝绸*, 2012, 49(1): 5-10.  
CHEN Meiyun, YUAN Dehong, ZHANG Yuping. Extraction of natural dye from dry leaves of camphortree and its dyeing on silk fabric [J]. *Journal of Silk*, 2012, 49(1): 5-10.
- [8]马艳,李智,代方银等. 蚕丝及蚕丝织物的改性研究综述[J]. *蚕业科学*, 2016, 42(6): 1106-1112.  
MA Yan, LI Zhi, DAI Fangyin, et al. A review on modification of silk and silk fabrics [J]. *Science of Sericulture*, 2016, 42(6): 1106-1112.
- [9]曾科,王祥荣. 板栗壳色素对锦纶的染色性能研究[J]. *丝绸*, 2014, 51(1): 15-19.  
ZENG Ke, WANG Xiangrong. Study on dyeing property of chestnut shell pigment in nylon [J]. *Journal of Silk*, 2014, 51(1): 15-19.
- [10]张庆华,王琛,王梅. 蚕丝纤维及其制品改性的最新研究进展[J]. *丝绸*, 2012, 49(5): 16-20.  
ZHANG Qinghua, WANG Chen, WANG Mei. Progress of the latest research on modification of silk fiber and its products [J]. *Journal of Silk*, 2012, 49(5): 16-20.
- [11]王妍,杨孟楠,马志媛,等. 蒲黄对蚕丝的染色和抗紫外性能[J]. *成都纺织高等专科学校学报*, 2017, 34(3): 105-109.  
WANG Yan, YANG Mengnan, MA Zhiyuan, et al. Dyeing and anti-UV performance of cattail pollen pigment on silk fabric [J]. *Journal of Chengdu Textile College*, 2017, 34(3): 105-109.