

银杏叶染料的提取及其在棉织物染色中的应用

马梓星¹, 王迎坤¹, 林裕凯¹, 徐荷澜^{1,2}, 侯秀良^{*1}

(1. 江南大学生态纺织教育部重点实验室, 江苏无锡 214122; 2. 南京海关纺织工业产品检测中心, 江苏无锡 214101)

摘要:为开发天然绿色功能性植物染料, 采用银杏叶为原料, 利用乙醇与水制备提取液, 从中提取染料, 上染阳离子改性的棉织物, 并使用不同功率的超声波提升染料提取效率与染色效果。对提取温度、乙醇体积分数、染色 pH、超声波功率进行研究, 并测试染色织物的色牢度、抗紫外线性能、抗菌性能和防螨性能。结果表明: 当温度为 70 °C, 乙醇体积分数为 60%, 超声波功率为 360 W 时, 染料提取效果最佳, 染料得率为 25.7%; 当温度为 90 °C, pH 为 8, 超声波功率为 360 W 时, 染料染色效果最佳, 在该条件下染色织物的 K/S 值可达 8.85, 皂洗牢度与日晒牢度均达到 3~4 级, 紫外线防护系数从 9 提高到 340, 对大肠杆菌的抑菌率为 94.47%, 对金黄色葡萄球菌的抑菌率为 96.45%, 对螨虫的驱避率为 63.23%。

关键词: 银杏叶; 提取; 染色性能; 棉织物; 超声波

中图分类号: TS 190.641 文献标志码: A 文章编号: 2096-1928(2025)02-0095-06

Extraction of Ginkgo Leaf Dye and Its Application in Cotton Fabric Dyeing

MA Zixing¹, WANG Yingkun¹, LIN Yukai¹, XU Helan^{1,2}, HOU Xiuliang^{*1}

(1. Key Laboratory of Eco-Textile, Ministry of Education, Jiangnan University, Wuxi 214122, China; 2. Nanjing Customs Textile Industry Products Testing Center, Wuxi 214101, China)

Abstract: To develop natural green functional plant dyes, ginkgo leaves were used as raw materials to prepare extraction solutions using ethanol and water. The extracted dyes were applied to cation-modified cotton fabrics, and ultrasonic waves with different power levels were employed to enhance dye extraction efficiency and dyeing performance. The extraction temperature, ethanol volume fraction, dyeing pH and ultrasonic power were systematically investigated. The color fastness, ultraviolet protection performance, antibacterial properties and anti-mite performance of dyed fabrics were thoroughly tested. The results show that optimal dye extraction occurs at 70 °C with 60% ethanol volume fraction and 360 W ultrasonic power, achieving a dye yield of 25.7%. For optimal dyeing effects, the conditions of 90 °C, pH 8, and 360 W ultrasonic power produce dyed fabrics with a K/S value reaching 8.85. Under these conditions, the dyed fabrics demonstrate washing fastness and light fastness of grade 3~4, ultrasonic protection factor increases from 9 to 340, exhibits 94.47% inhibition rate against *Escherichia coli*, 96.45% against *Staphylococcus aureus*, and achieves 63.23% mite repellency rate.

Key words: ginkgo leaf, extraction, dyeing property, cotton fabric, ultrasonic wave

近年来,随着环境与健康问题的日益凸显,合成染料的发展逐渐受到限制,在此背景下,天然染料再度成为学术界与产业界的关注焦点^[1]。研究

发现,天然染料不仅可呈现鲜明的显色特性,还可赋予织物抗菌、抗紫外线、阻燃等功能^[2-4]。此外,还有研究表明,超声波可以促进染料分子分散,提

收稿日期: 2024-05-31; 修订日期: 2025-02-19。

基金项目: 国家自然科学基金面上项目(52303039)。

作者简介: 马梓星(2000—),男,硕士研究生。

*通信作者: 侯秀良(1968—),女,教授,博士生导师。主要研究方向为新型生物源纺织材料绿色制备理论及技术、功能植物染料制备与应用。Email: houxiuliang@163.com

升染料提取效率与染色效果^[5]。

银杏叶中含有多种对人体有益的成分,其色素类成分主要包括黄酮类、叶绿素类、类胡萝卜素类、花色苷类等生物活性物质^[6-7]。纺织领域关于银杏叶染料的研究已有一定成果,如 JANG Y J 等^[8]研究了银杏叶提取物与硅柔软剂处理天丝提花织物的工艺条件;刘文晶等^[9]探讨了明矾、硫酸铜两种媒染剂对银杏叶上染棉织物效果的影响;崔焯璇等^[10]探究了银杏叶染料上染锦氨织物的最适条件。但如果利用超声波促进染料分子分散,还可以取得更好的提取与染色效果。基于此,文中以乙醇/水为溶剂,从银杏叶中提取染料对阳离子改性的棉织物进行染色,探究不同功率的超声波对提取效率、染色效果的影响,并对染色织物的性能进行研究。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 原料 纯棉织物(线密度:经纱、纬纱均为 9.8 tex;密度:经纱 632 根/dm,纬纱 272 根/dm),华纺股份有限公司生产;阳离子醚化剂 3-氯-2-羟丙基三甲基氯化铵(3-chloro-2-hydroxypropyl trimethylammonium chloride, CHPTAC),北京伊诺凯科技有限公司生产;无水乙醇、醋酸、碳酸钠、氢氧化钠,均为分析纯,皆由国药集团化学试剂有限公司生产。

1.1.2 仪器 XO-SM200 超声-微波化学反应器,南京先欧仪器制造有限公司制造;EL20 实验室 pH 计,梅特勒-托利多国际贸易有限公司制造;Avanti J-E 离心机,美国 Beckman Coulter 公司制造;TU-1901 紫外可见分光光度计,北京普析通用仪器有限责任公司制造;IRDYER 红外线染色机,厦门瑞比精密机械有限公司制造;ColorEye7000A 电脑测配色仪,美国 Macbeth 公司制造;SW-12AII 耐洗色牢度试验机、YG(B)912E 纺织品紫外线测试仪,均由温州大荣纺织标准仪器厂制造;ATLAS-150S 日晒牢度仪,德国 ATLAS 有限公司制造;OPS-40IS 立式压力蒸汽灭菌器,上海史拓尔实业有限公司制造;SANYOC02 细胞培养箱,SANYO 日本三洋电机株式会社制造。

1.2 方法

1.2.1 银杏叶染料的提取 银杏叶中的色素成分包含脂溶性与水溶性的不同物质,故采用乙醇与水混合溶液对银杏叶染料进行提取^[11-12]。提取流程为:将银杏叶除去叶柄后研磨成粉末,并用 50 目的筛子过筛获得银杏叶原料。料液质量比为 1:30,升温速率为 3 °C/min,提取 30 min 后过滤,将所得液

体用离心机以 5 000 r/min 的转速离心 10 min,取上清液即为银杏叶提取液,利用提取液的吸光度曲线比较乙醇体积分数(20% ~ 80%)、温度(50 ~ 90 °C)对提取效率的影响。

1.2.2 染料和多酚得率计算

1)染料得率计算。选用最佳乙醇体积分数与温度条件,在提取的过程中用不同功率的超声波(120 ~ 480 W)辅助提取,通过提取液的吸光度曲线比较超声波功率对提取效率的影响。提取液浓缩烘干后析出的固体即为银杏叶染料,染料得率为

$$W = \frac{m}{m_0} \quad (1)$$

式中:W 为染料得率(%);m 为染料提取质量(g);m₀ 为投料质量(g)。

2)多酚得率计算。银杏叶色素成分中多酚类含量较多,故对提取液中多酚含量进行测试,具体流程为:精确称取没食子酸标准品,制备质量浓度为 7,14,21,28,35 mg/L 的没食子酸标准溶液各 10 mL,均滴加 1.5 mL 福林酚试剂,静置 6 min 后再滴加 4 mL 质量浓度为 100 g/L 的碳酸钠溶液,遮光反应 1.5 h 后测量吸光度。经显色反应后的没食子酸吸光度曲线在 760 nm 处存在峰值,故在此处绘制质量浓度与吸光度关系曲线,所得标准曲线为 $y = 0.0148x + 0.5448$,相关系数 $R^2 = 0.9998$,说明显色溶液在质量浓度为 7 ~ 35 mg/L 时基本满足朗伯-比尔定律,存在良好的线性关系。用相同方法配置银杏叶提取液的显色溶液,测量吸光度曲线,将所得结果代入标准曲线计算多酚得率^[13],以比较超声波功率对提取效率的影响。多酚得率计算公式为

$$W_1 = W \times A \quad (2)$$

式中:W₁ 为多酚得率(%);W 为染料得率(%);A 为染料中多酚的质量分数(%)。

1.2.3 棉织物的改性 棉织物与银杏叶染料的亲和力不足,未经处理的棉织物几乎不上色,需要进行改性。用 100 L 质量浓度 0.65 g/L 的 CHPTAC 溶液和 20 L 质量浓度 0.5 g/L 的氢氧化钠溶液组成混合液进行浸轧处理,具体参数为:速度 1.5 m/min,压力 1.5 MPa,带液率 100%。浸轧后立即将样品用保鲜膜包裹,以隔绝空气,在室温下存放 40 h。

1.2.4 棉织物的染色 使用红外染色机在不同条件下对棉织物进行染色,银杏叶染料质量分数为 0.167%,升温速率为 3 °C/min,保温 30 min,利用染色织物的 K/S 值比较不同染色温度(50 ~ 90 °C)、

pH值(5~9)以及超声波功率(120~480 W)对染色效果的影响。

1.3 染色织物的颜色及牢度测试

1.3.1 颜色特征值 将染色后的棉织物在标准大气压条件下平衡24 h,用电脑测配色仪测定样布的 L^* , a^* , b^* , C^* , h 及 K/S 值。样品折叠4次并随机改变测量位置,测量3次计算平均值。

1.3.2 色牢度

1)耐皂洗色牢度。参照GB/T 3921—2008《纺织品 色牢度试验 耐皂洗色牢度》^[14],将试样与贴衬布缝合放入500 mL皂液中(其中皂片2.5 g,碳酸钠1 g),在60℃下洗涤30 min后,在三级水中清洗、干燥,根据GB/T 250—2008《纺织品 色牢度试验 评定变色用灰色样卡》^[15]评定变色牢度,根据GB/T 251—2008《纺织品 色牢度试验 评定沾色用灰色样卡》^[16]评定沾色牢度。

2)耐日晒色牢度。参照GB/T 8427—2019《纺织品 色牢度试验 耐人造光色牢度:氙弧》^[17],将染色后的织物放入日晒牢度仪,与蓝色羊毛标样一起暴晒相同时间后,按照标准灰卡对测定试样的颜色变化情况进行评级。

1.4 染色织物性能测试

1.4.1 抗紫外线性能 参照GB/T 18830—2009《纺织品 防紫外线性能的评定》^[18]测定染色棉织物的抗紫外线性能,长波紫外线(ultraviolet A, UVA)、中波紫外线(ultraviolet B, UVB)透过率越低,紫外线防护系数(ultraviolet protection factor, UPF)越高,织物的抗紫外线性能越好^[19-20]。

1.4.2 抗菌性能 参照GB/T 20944.3—2008《纺织品 抗菌性能评价 第3部分:振荡法》^[21]测定染色织物的抗菌性能,比较对照样与抗菌织物试样的细菌生长情况。样品织物抗菌性能的计算公式为

$$Y = \frac{D - H}{D} \quad (3)$$

式中: Y 为抑菌率(%); D 为对照样活菌数(个); H 为试样活菌数(个)。若抑菌率 $\geq 70\%$,则可以认为样品对该菌种有抗菌效果^[21-22]。

1.4.3 防螨性能 参照GB/T 24253—2009《纺织品 防螨性能的评价》^[23]测定染色织物的防螨性能,比较对照样与染色样对螨虫的驱避情况。样品织物防螨性能的计算公式为

$$Q = \frac{B - T}{B} \quad (4)$$

式中: Q 为驱避率(%); B 为对照样螨虫数(只); T 为试样螨虫数(只)。若驱避率 $\geq 60\%$,则可以认为样品具有防螨效果^[23]。

2 结果与讨论

2.1 银杏叶染料提取条件优化分析

2.1.1 银杏叶提取液吸光度 将银杏叶提取液稀释50倍后,在室温条件下进行吸光度测试,所得曲线如图1所示。由图1可以看出,溶液在200~450 nm之间时对光有较强的吸收,在275 nm左右有一个弱吸收峰,符合棕黄色系染料对光的吸收规律。

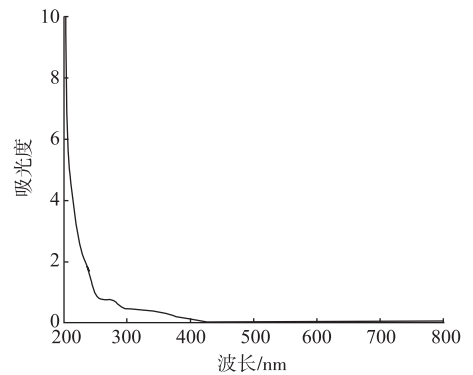


图1 银杏叶提取液吸光度曲线

Fig. 1 Absorbance curve of ginkgo leaf extract

2.1.2 乙醇体积分数对提取液吸光度的影响 乙醇体积分数对银杏叶提取液吸光度的影响如图2所示。由图2可以看出,随着乙醇体积分数的增加,提取液吸光度先上升后下降,乙醇体积分数为60%时吸光度最大。这是因为银杏叶染料的脂溶性较好,而乙醇体积分数过高会降低细胞壁结构的有效破坏率,阻碍色素的充分溶出,导致提取液吸光度值下降,故乙醇体积分数选60%为佳。

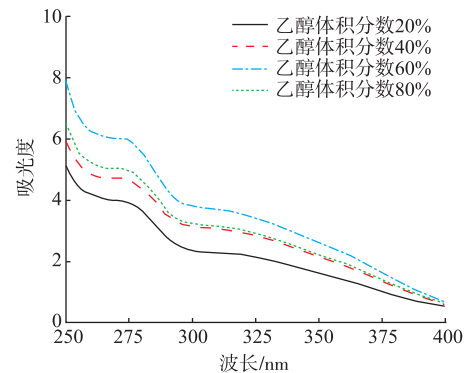


图2 乙醇体积分数对银杏叶提取液吸光度的影响

Fig. 2 Effect of ethanol volume fraction on the absorbance of ginkgo leaf extract

2.1.3 提取温度对提取液吸光度的影响 温度对银杏叶提取液吸光度的影响如图3所示。由图3可

以看出,温度越高,溶液吸光度也越高,这是因为高温条件下染料分子运动加剧,染料溶解度增加。而当温度高于 70 °C 时,温度对提取效果的影响不再明显,考虑到成本与安全问题,提取温度取 70 °C 为佳。

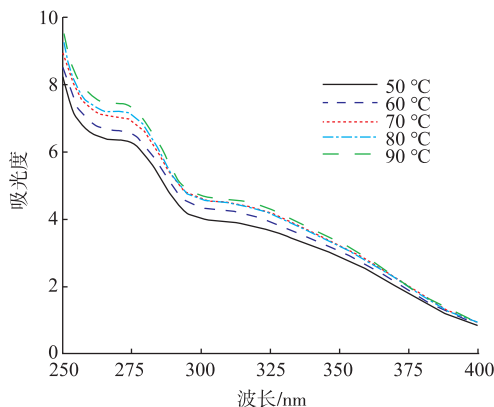


图 3 温度对银杏叶提取液吸光度的影响

Fig. 3 Effect of temperature on the absorbance of ginkgo leaf extract

2.1.4 超声波功率对染料提取效率的影响 超声波功率对银杏叶提取液吸光度的影响如图 4 所示。由图 4 可以看出,当超声波功率小于 360 W 时,提取液吸光度随功率的增大而增大,可能是因为超声波功率越大,破碎效果越强,使染料得以释放。当超声波功率大于 360 W 时,随着功率的增大,提取液吸光度有减小趋势,这是因为超声波功率过强会产生大量气泡造成声屏障,减弱远离声源处的粉碎效果,故选用 360 W 的超声波进行辅助提取最为合适。根据标准曲线 $y = 0.0148x + 0.5448$, 计算所得染料中多酚的含量,结果见表 1。由表 1 可以看出,超声波辅助提取使染料得率提高了 5.4%,多酚得率提高了 2.3%,染料中多酚质量分数提高了 6.0%。

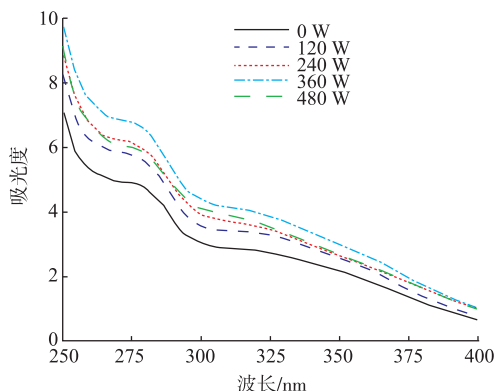


图 4 超声波功率对银杏叶提取液吸光度的影响

Fig. 4 Effect of ultrasonic power on the absorbance of ginkgo leaf extract

表 1 超声波对银杏叶染料得率的影响

Tab. 1 Effect of ultrasound on the dye yield of ginkgo leaves

超声波功率/W	染料得率/%	多酚得率/%	染料中多酚质量分数/%
0	20.3	2.8	13.8
360	25.7	5.1	19.8

2.2 染色工艺条件优化分析

2.2.1 温度对染色效果的影响 在不同温度下染色所得织物的 K/S 值结果见表 2。其中, L^* 表示明度; a^* 表示红绿色相值; b^* 表示黄蓝色相值; c^* 表示饱和度; h 表示色调角; K 为吸收系数, S 为散射系数, K/S 用于衡量量染色材料的颜色深度。由表 2 可以看出,染色织物 K/S 值随温度的增加而增加,这是因为温度升高,棉纤维分子链运动加剧,空隙增加,染料布朗运动加剧,使染料分子更容易渗透到纤维内部。

表 2 温度对染色织物 K/S 值的影响

Tab. 2 Effect of temperatures on K/S value of dyed fabrics

染色温度/°C	L^*	a^*	b^*	c^*	h	K/S
50	76.75	3.67	21.56	21.87	80.34	3.09
60	74.53	5.21	22.83	23.42	77.15	3.55
70	74.35	6.68	22.32	23.30	73.34	3.93
80	71.80	7.07	22.80	23.87	72.77	4.08
90	69.41	9.00	23.16	24.85	68.77	4.26

2.2.2 pH 值对染色效果的影响 在不同 pH 值下染色所得织物的 K/S 值见表 3。由表 3 可以看出,当 $pH = 8$ 时,染色织物的 K/S 值最高,说明在弱碱条件下,经过阳离子改性后的棉织物纤维素链上连接的季铵电荷可以更好地与银杏叶染料结合,而 pH 值过高可能会使染料中黄酮类物质开环,导致颜色变化,故在 pH 值为 8 时染色效果较佳。

表 3 pH 值对染色织物 K/S 值的影响

Tab. 3 Effect of pH on K/S value of dyed fabrics

pH	L^*	a^*	b^*	c^*	h	K/S
5	69.41	9.00	23.16	24.85	68.77	4.26
6	68.58	9.43	23.99	25.67	68.77	4.54
7	68.26	9.59	24.33	26.04	68.71	4.69
8	67.08	9.62	25.57	27.35	68.82	5.24
9	68.15	9.57	22.22	27.94	68.30	5.12

2.2.3 超声波功率对染色效果的影响 超声波功率对染色织物 K/S 值的影响见表 4。由表 4 可以看出,当超声波功率为 360 W 时染色效果最佳,当超声波功率大于 360 W 时,染色织物 K/S 值随超声波功率的增大而减小,这可能是由于高功率产生过多气泡造成声屏障,减弱分散效果。

表 4 超声波功率对染色织物 K/S 值的影响

Tab. 4 Effect of ultrasonic power on K/S value of dyed fabrics

超声波功率/W	L^*	a^*	b^*	c^*	h	K/S
0	68.08	9.52	24.57	26.35	68.82	5.24
120	70.59	5.36	20.10	21.12	77.00	5.30
240	70.03	6.49	23.24	23.85	72.11	6.14
360	67.16	10.49	26.46	28.47	68.38	8.85
480	68.96	8.72	27.41	28.76	72.36	6.31

2.3 染色织物的性能

2.3.1 色牢度 染色织物的色牢度测试结果见表 5。由表 5 可以看出,未经超声波处理的染色织物皂洗、日晒牢度达 3 级,超声波辅助染色织物的皂洗、日晒牢度提高到 3~4 级,且贴布未出现明显沾色。

表 5 染色织物的色牢度

Tab. 5 Color fastness of dyed fabrics

试样	皂洗牢度等级		日晒牢度等级
	原样变化等级	贴布变化等级	
染色织物	3	4~5	3
超声波辅助染色织物	3~4	4~5	3~4

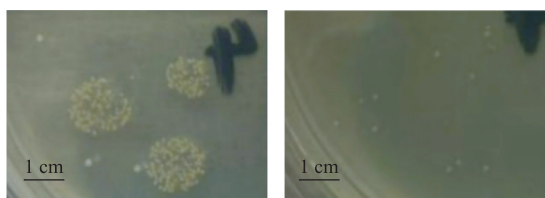
2.3.2 抗紫外线性能 染色织物的抗紫外线性能见表 6。由表 6 可以看出,染色后的棉织物抗紫外线性能显著增强,超声波辅助染色织物的 UPF 值由 9 提高到 340。

表 6 织物抗紫外线性能

Tab. 6 Ultraviolet resistance of fabrics

试样	UVA/%	UVB/%	UPF
原棉织物	15.54	9.76	9
染色织物	1.41	0.74	142
超声波辅助染色织物	0.73	0.05	340

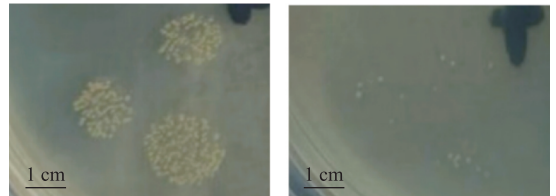
2.3.3 抗菌性能 银杏叶染料染色织物与未染色织物细菌生长对比情况如图 5 所示。由图 5 可以看出,染色后的织物对大肠杆菌与金黄色葡萄球菌的生长有明显抑制作用。根据式(3)计算得到染色织物对大肠杆菌的抑菌率为 94.47%,对金黄色葡萄球菌的抑菌率为 96.45%。



未染色织物

染色织物

(a) 大肠杆菌生长图



未染色织物

染色织物

(b) 金黄色葡萄球菌生长图

图 5 银杏叶染料染色织物与未染色织物细菌生长对比

Fig. 5 Comparison of bacterial growth between ginkgo leaf dyed fabric and undyed fabric

2.3.4 防螨性能 超声波辅助染色织物的防螨性能见表 7。根据式(4)计算得到染色织物对螨虫的驱避率达 63.23%,可以认为样品具有防螨作用。

表 7 织物防螨性能

Tab. 7 Anti-mite property of the fabric

检测项目	检测结果	纺织品性能评价标准 ^[23]	单项评定
		$\geq 95\%$, 样品具有极强的防螨效果;	
对螨虫的驱避率	63.23%	$\geq 80\%$, 样品具有较强的防螨效果;	样品具有防螨效果
		$\geq 60\%$, 样品具有一定的防螨效果	

3 结语

1) 采用乙醇与水混合溶液提取银杏叶染料的最佳乙醇体积分数为 60%,最适温度为 70 °C,采用超声波技术可以提高染料提取效率,超声波最佳功率为 360 W,在此条件下可以使染料得率增加 5.4%,多酚得率增加 2.3%。

2) 银杏叶染料上染改性棉织物的最适温度为 90 °C,最适 pH 值为 8,超声波可改善染色效果,超声波最佳功率为 360 W,在此条件下染色棉织物的 K/S 值可提高到 8.85,皂洗牢度达到 3~4 级,日晒牢度达到 3~4 级。

3) 银杏叶染料可以赋予棉织物诸多功能,染色后棉织物的抗紫外线性能显著提高,对大肠杆菌的抑菌率为 94.47%,对金黄色葡萄球菌的抑菌率为 96.45%;且具有防螨性能,对螨虫的驱避率为 63.23%。

参考文献:

- [1] 贾艳梅,于学智. 柞叶染料对柞蚕丝织物的染色及其吸附动力学研究[J]. 纺织学报, 2023, 44(3): 119-125.
JIA Yanmei, YU Xuezhi. Dyeing properties and adsorption kinetics of oak leaf extract on tussah silk[J]. Journal of Textile Research, 2023, 44(3): 119-125. (in Chinese)
- [2] GUO L, YANG Z Y, TANG R C, et al. Grape seed proanthocyanidins: novel coloring, flame-retardant, and antibacterial agents

- for silk[J]. *ACS Sustainable Chemistry and Engineering*, 2020, 8(15): 5966-5974.
- [3] KUMBHAR S, HANKARE P, SABALE S, et al. Eco-friendly dyeing of cotton with brown natural dye extracted from *Ficus amplissima* Smith leaves[J]. *Environmental Chemistry Letters*, 2019, 17(2): 1161-1166.
- [4] CHAKRABORTY L, PANDIT P, ROY MAULIK S. *Acacia auriculiformis*—a natural dye used for simultaneous coloration and functional finishing on textiles[J]. *Journal of Cleaner Production*, 2020, 245: 118921.
- [5] 李洋, 张元明, 姜伟, 等. 茜草植物染料染色莫代尔纤维的超声波处理[J]. *纺织学报*, 2019, 40(4): 83-89.
LI Yang, ZHANG Yuanming, JIANG Wei, et al. Ultrasonic treatment of Modal fiber dyed with madder[J]. *Journal of Textile Research*, 2019, 40(4): 83-89. (in Chinese)
- [6] 吴平, 姚芳, 祁兴普, 等. 银杏全资源主要成分与功能活性[J]. *食品工业科技*, 2022, 43(9): 447-455.
WU Ping, YAO Fang, QI Xingpu, et al. Main components and functional activities of ginkgo biloba[J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2022, 43(9): 447-455. (in Chinese)
- [7] 沈红, 张昌伟, 陈虹霞, 等. 银杏叶色素类化合物的提取分离及结构鉴定[J]. *林产化学与工业*, 2023, 43(1): 79-88.
SHEN Hong, ZHANG Changwei, CHEN Hongxia, et al. Extraction, isolation and structure identification of pigment compounds from ginkgo biloba leaves[J]. *Chemistry and Industry of Forest Products*, 2023, 43(1): 79-88. (in Chinese)
- [8] JANG Y J, LEE J S. Antimicrobial treatment properties of Tencel Jacquard fabrics treated with ginkgo biloba extract and silicon softener[J]. *Fibers and Polymers*, 2010, 11(3): 422-430.
- [9] 刘文晶, 潘力, 隋燕玲, 等. 天然染料银杏叶上染棉织物的媒染工艺研究[J]. *大连工业大学学报*, 2011, 30(3): 232-234.
LIU Wenjing, PAN Li, SUI Yanling, et al. Mordant process of ginkgo leaf natural dyestuff[J]. *Journal of Dalian Polytechnic University*, 2011, 30(3): 232-234. (in Chinese)
- [10] 崔烨璇, 籍鹭鹏, 郭婉茹, 等. 银杏叶天然染料对锦氨织物的浸染染色[J]. *针织工业*, 2019(11): 54-57.
CUI Yexuan, JI Lupeng, GUO Wanru, et al. Dip dyeing of nylon spandex fabric with ginkgo leaf natural dyes[J]. *Knitting Industries*, 2019(11): 54-57. (in Chinese)
- [11] 张育新, 刘伟毅, 杨骏, 等. 银杏叶提取物的制备工艺优化及质量控制[J]. *中国药师*, 2021, 24(1): 75-80.
ZHANG Yuxin, LIU Weiyi, YANG Jun, et al. Preparation technology optimization and quality control of ginkgo leaves extract[J]. *China Pharmacist*, 2021, 24(1): 75-80. (in Chinese)
- [12] 王善森, 姚铭毅, 王茹倩, 等. 槐米染色丝织品中色素的萃取工艺优化[J]. *现代纺织技术*, 2025, 33(4): 52-59.
WANG Shansen, YAO Mingyi, WANG Ruqian, et al. Optimization of pigment extraction process from silk fabrics dyed with pagoda tree buds[J]. *Advanced Textile Technology*, 2025, 33(4): 52-59. (in Chinese)
- [13] 罗祥敏, 雷芳, 陈伟, 等. 银杏叶提取物中组分定性检测及含量测定[J]. *化学试剂*, 2021, 43(2): 191-195.
LUO Xiangmin, LEI Fang, CHEN Wei, et al. Qualitative determination and content determination of components in ginkgo biloba extract[J]. *Chemical Reagents*, 2021, 43(2): 191-195. (in Chinese)
- [14] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. 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.
- [15] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. 纺织品 色牢度试验 评定变色用灰色样卡: GB/T 250—2008[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.
- [16] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. 纺织品 色牢度试验 评定沾色用灰色样卡: GB/T 251—2008[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.
- [17] 国家市场监督管理总局, 中国国家标准化管理委员会. 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] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. 纺织品 防紫外线性能的评定: GB/T 18830—2009[S]. 北京: 中国标准出版社, 2009.
- [19] 李明, 刘建伟, 徐建林, 等. 蓝莓色素对改性纯棉纱布的染色性能[J]. *现代纺织技术*, 2025, 33(1): 51-57.
LI Ming, LIU Jianwei, XU Jianlin, et al. Dyeing properties of blueberry pigment on modified cotton gauze[J]. *Advanced Textile Technology*, 2025, 33(1): 51-57. (in Chinese)
- [20] 姜健, 吴晓杰, 刘宇, 等. 抗紫外剂改性石榴皮色素及其功能性染色[J]. *丝绸*, 2023, 60(10): 45-52.
JIANG Jian, WU Xiaojie, LIU Yu, et al. Modification of pomegranate peel pigment with reactive UV-absorbent and its functional dyeing for silk[J]. *Journal of Silk*, 2023, 60(10): 45-52. (in Chinese)
- [21] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. 纺织品 抗菌性能的评价 第3部分: 振荡法: GB/T 20944.3—2008[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.
- [22] 王梦娣, 任泽华, 王婷霞, 等. 棉袜中微生物菌落结构分析及分离鉴定[J]. *服装学报*, 2024, 9(5): 377-383.
WANG Mengdi, REN Zehua, WANG Tingxia, et al. Analysis, isolation and identification of microbial colony structure in cotton socks[J]. *Journal of Clothing Research*, 2024, 9(5): 377-383. (in Chinese)
- [23] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. 纺织品 防螨性能的评价: GB/T 24253—2009[S]. 北京: 中国标准出版社, 2009.

(责任编辑:沈天琦)