

抗坏血酸对番茄红素染色性能的影响

卢声^{1,2}, 于颖^{1,2}, 侯江波^{1,2}, 宋明姝^{1,2}

(1.辽东学院 纺织服装学院, 辽宁 丹东 118000;

2.辽东学院现代纺织研究院, 辽宁 丹东 118000)

摘要:为研究番茄红素对织物的染色可行性,以抗坏血酸作为色素稳定剂,用番茄红素对涤纶仿真丝织物进行染色试验,并对染色织物的染色牢度进行评价。利用吸光度值讨论抗坏血酸对番茄红素色素稳定性的影响,根据染色织物的 K/S 值和 L^* 、 a^* 、 b^* 值研究了染色织物的染色性能,并测定染色织物的色牢度。结果表明:抗坏血酸能提高番茄红素色素的稳定性,对番茄红素起到护色作用;在染色过程中,抗坏血酸的加入能提高染色织物的 K/S 值,但过量的加入并不能起到增深的作用;染色织物具有一定的色牢度。

关键词:番茄红素;抗坏血酸;涤纶织物;染色

中图分类号:TS 193.5

文献标志码:B

文章编号:1000-4033(2024)08-0042-04

Effects of Ascorbic Acid on Fabric Lycopene Dyeing Properties

Lu Sheng^{1,2}, Yu Ying^{1,2}, Hou Jiangbo^{1,2}, Song Mingshu^{1,2}

(1.Textile and Garment Institute, Liaodong University, Dandong, Liaoning 118000, China;

2.Modern Textile Research Institute of Liaodong University, Dandong, Liaoning 118000, China)

Abstract:In order to study the dyeing feasibility of lycopene on fabric, the dyeing experiment of polyester imitation silk fabric with lycopene was carried out using ascorbic acid as pigment stabilizer, in which the dyeing fastness of the dyed fabric was evaluated. In the experiment, the absorbance value was utilized to discuss the effect of the ascorbic acid on the stability of lycopene pigment. The dyeing properties of the dyed fabric were studied according to K/S values and L^* , a^* , b^* values, and the fastness of the dyed fabrics was determined. The results show that ascorbic acid can improve the stability of lycopene pigment and protect the color of lycopene. In dyeing process, the K/S values of dyed fabrics can be improved by addition of ascorbic acid in lycopene dyeing liquor, but the depth values can not be enhanced with the excessive addition of ascorbic acid. The dyed fabrics have certain color fastness.

Key words:Lycopene; Ascorbic Acid; Polyester Fabric; Dyeing

番茄红素是食品中的染色剂和天然颜料,主要存在于番茄中。由于具有多种生物活性和对疾病的防治作用,番茄红素获得广大科研工作者的关注^[1-2]。番茄红素分子量为536.85,是含2个非共轭双键和11个共轭双键的非环状平面

多不饱和脂肪烃,环化后可形成 β -胡萝卜素,颜色为红色,具有脂溶性^[3]。番茄红素在自然界中以稳定的全反式构型存在^[2],加热和光照等处理会使番茄红素结构向顺式构型转变^[4]。

番茄红素分子中存在多共轭

双键,使其具有很强的抗氧化性^[5],其抗氧化性是 β -胡萝卜素的单线态氧物理猝灭速率常数的两倍^[6-7]。由于番茄红素具有不饱和碳碳双键,使其化学性质非常不稳定,光照和氧气等条件都易使番茄红素氧化,从而影响番茄红素的生理活

基金项目:辽宁省科学技术厅项目(2023-BSBA-170);辽东学院现代纺织研究院课题;2024年辽宁省教育厅基本科研项目——银杏黄素天然染料的结构改性与功能化染色研究。

作者简介:卢声(1971—),女,副教授,硕士。主要从事纺织品功能整理、染色和试剂制备及应用方面的研究。

性^[8],限制了番茄红素的使用范围。作为价格低廉和提取容易的一种天然染料,番茄红素应用还处在初级阶段,主要应用在医药、化妆品及食用色素3个方面^[9]。而由于其水不溶性、不稳定性和非反应性,限制了番茄红素在纺织品染色上的应用。

抗坏血酸,学名L-2-烯醇己糖酸内脂,又名维生素C,具有很强的还原性。番茄红素和抗坏血酸的分子结构如图1所示。

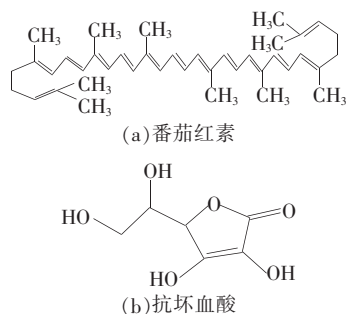


图1 番茄红素和抗坏血酸结构

在前期试验研究的基础上,开展对涤纶仿真丝织物番茄红素的染色研究,研究还原剂抗坏血酸对番茄红素稳定性及番茄红素对织物染色性能的影响,探讨番茄红素对织物染色的可行性,为番茄红素在织物染色上的应用提供一定的依据。

1 试验部分

1.1 材料

番茄红素色素粉(10%,陕西林洲生物科技有限公司),磷酸二氢铵(廊坊纳博化学技术有限公司),碳酸氢钠(北京鹏彩化学试剂有限公司),FDY涤纶仿真丝[克质量120 g/m²,丹东华星纺织品有限公司],抗坏血酸(山东德佳生物科技有限公司),丙酮,正己烷(天津市富宇精细化工有限公司),扩散剂NNO(广州利弘基化工有限公司),渗透剂JFC(南通十全化工有限公司)。

1.2 仪器与设备

LE303E102型精密电子天平(上海析平科学仪器有限公司),T6型紫外可见光光度计(北京谱析通用仪器有限公司),Y571A型摩擦色牢度仪(浙江温州纺织仪器厂),76-1型恒温水浴锅(上海昌吉地质仪器有限公司),XWZ-DR型低噪振荡式染样机(靖江市新旺染整设备厂),SW-12A216型耐洗色牢度试样机(温州大莱纺织仪器有限公司),pHS-29型数显pH计(上海精密科学仪器有限公司),7000A型台式分光光度计(美国爱色丽公司)。

1.3 试验方法

1.3.1 番茄红素提纯

将10 g番茄红素色素粉按料液比1:3加入由丙酮和正己烷组成的浸提液(丙酮:正己烷体积比为3:1),在35℃、pH值=6条件下浸提4 h,浸提2次,抽滤、干燥得到番茄红素^[10]。

1.3.2 番茄红素吸收光谱的测定

用丙酮-正己烷溶液作为溶剂溶解番茄红素,稀释一定倍数下,用空白溶剂作为参比,在400~600 nm下测定了番茄红素的吸光度曲线。

1.3.3 涤纶仿真丝织物的预处理

织物浸入0.5%~1.0%合成洗涤剂 and 3.00 g/L纯碱溶液,80~90℃下处理30 min左右,然后热水洗,冷水洗,悬挂晾干。

1.3.4 番茄红素对涤纶仿真丝织物的染色

温度25℃、浴比1:30,织物浸入含有10.00 g/L番茄红素、12 mL/L二氯甲烷、2.40 g/L卵磷脂乳化剂、2.00 g/L渗透剂JFC、2.00 g/L磷酸二氢铵、2.00 g/L抗坏血酸的染液中,逐渐升温至60℃,保温浸染60 min,然后水洗,皂洗,自然晾干。

1.3.5 番茄红素染色涤纶仿真丝织物的色牢度

a. 耐洗色牢度

按照GB/T 3921.3—2008《纺织品 色牢度试验 耐洗色牢度》中的试验方法C(3)进行测试。5.00 g/L皂片和2.00 g/L碳酸钠混合均匀到水洗溶液。背部缝有羊毛的染色织物试样(4 cm×10 cm)浸入水洗溶液,浴比1:50、温度60℃、时间30 min,在耐洗色牢度检测仪上测试,通过比色卡比对评定耐洗色牢度级别。

b. 耐日晒色牢度

参考GB/T 8429—1998《纺织品 色牢度试验 耐气候色牢度:室外曝晒》中的方法1,并稍加修改进行测试。染色织物在无任何保护条件下露天暴晒,然后对照蓝色羊毛标准进行比对,评定色牢度。

c. 耐摩擦色牢度

根据GB/T 3920—2008《纺织品 色牢度试验 耐摩擦色牢度》对织物耐摩擦色牢度进行测试,用灰色样卡评定摩擦位置的干湿摩擦变色级数。

2 结果与讨论

2.1 番茄红素的稳定性

2.1.1 番茄红素的可见光谱及最大吸收波长

番茄红素对可见光的稳定性较好,但紫外光等不可见光对番茄红素的稳定性影响较大。番茄红素在常温和低温条件下较稳定,升高温度番茄红素的稳定性有所下降,温度高于90℃稳定性急剧下降,碱对番茄红素的影响作用要弱于酸,番茄红素在弱碱条件下具有较好的稳定性^[11]。

为了研究番茄红素的稳定性,测定番茄红素在400~600 nm波长范围内的吸光度,得到番茄红素的吸光度与波长的关系曲线,如图2

所示。

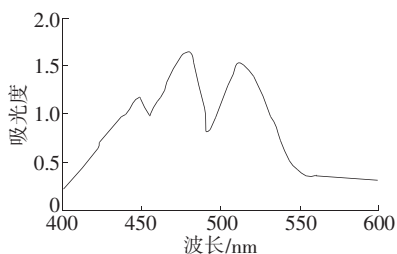
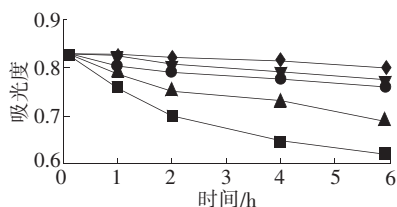


图 2 番茄红素的吸光度与波长关系曲线

由图 2 可知,番茄红素在 449、480、512 nm 处分别有吸收峰,在 480 nm 处吸收峰值最大,但在 474 nm 处有 β -胡萝卜素的干扰^[12],因此选取 512 nm 为最大吸收波长。

2.1.2 抗坏血酸对番茄红素稳定性的影响

番茄红素结构中含有大量不饱和基团,结构不稳定,受温度、光和环境的影响较大。抗坏血酸结构中含有多羟基,具有还原性,常被用作还原剂。为了提高番茄红素色素的稳定性,在番茄红素溶液中加入抗坏血酸,测试不同抗坏血酸加入量对番茄红素稳定性的影响,测试结果如图 3 所示。



注: λ_{max} 为 512 nm, 温度为 60 ℃; ■: 0; ▲: 0.05 g/L; ◆: 0.10 g/L; ▼: 0.15 g/L; ●: 0.20 g/L。

图 3 番茄红素吸光度值随时间的变化曲线

由图 3 可知,对于番茄红素溶液,随着放置时间增加,溶液吸光度值逐渐降低,说明番茄红素色素稳定性不是很好。番茄红素溶液中加入抗坏血酸,溶液的吸光度值明显增加,提高了番茄红素的稳定性。抗坏血酸加入量为 0.10 g/L 时,番茄红素的吸光度值在 6 h 之内几乎没有变化,稳定性很好。当抗血

酸加入量从 0.10 g/L 提高到 0.20 g/L,番茄红素的吸光度值反而下降,说明过量的抗坏血酸对番茄红素的稳定性可能会产生不利影响。其原因在于番茄红素耐酸性较差,在酸性条件下会快速降解^[13]。由上述试验结果可知,适量的抗坏血酸对番茄红素色素具有一定的增稳护色作用,因此以下番茄红素染色试验,主要研究染色过程中添加抗坏血酸对番茄红素染色的影响。

2.2 抗坏血酸对番茄红素染色涤纶仿真丝织物染色性能影响

非环状多不饱和脂肪烃平面结构的番茄红素不含亲水性和极性基团,不溶于水,不易上染棉、毛和麻等纤维,可通过扩散吸附作用上染涤纶纤维。基于番茄红素在较高温度条件下颜色不稳定,采用低温下分散染料的涤纶乳液染色方法。根据文献介绍,将少量的二氯甲烷用超声波分散进入水中,用卵磷脂稳定,可使涤纶的非晶区在乳液中产生膨化,染料扩散进纤维,实现涤纶织物的低温染色^[14]。

固定其他染色条件,改变染液中抗坏血酸的加入量,对涤纶仿真丝织物进行染色,测试染色织物在 510 nm 处的 K/S 值和 L^* 、 a^* 、 b^* 值,并对测试结果进行分析,探讨染色过程中添加抗坏血酸对番茄红素染色织物颜色稳定性的影响。

图 4 是抗坏血酸浓度和番茄红素染色织物 K/S 值的关系图。由图 4 可知,在所选染色温度条件下,加入抗坏血酸可明显提高染色织物的 K/S 值,抗坏血酸加入量从 0 增加到 1.00 g/L,染色织物的 K/S 值从 2.833 增加到 3.412,织物表面的色深度提高。随着抗坏血酸加入量增加,番茄红素色素的稳定性增加,染色织物的 K/S 值也增加,番茄红素的染色效果得到改善。当抗

坏血酸的加入量增加到一定量时会影响番茄红素的稳定性,使染色织物的 K/S 值降低。在试验条件下,当抗坏血酸用量为 3.00 g/L 时,染色织物的 K/S 值最大,继续增加抗坏血酸的用量到 4.00 g/L 染色织物的 K/S 值不增反降。

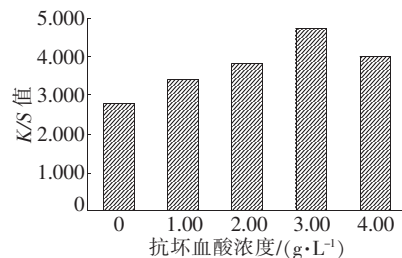


图 4 不同抗坏血酸浓度条件下番茄红素染色织物的 K/S 值

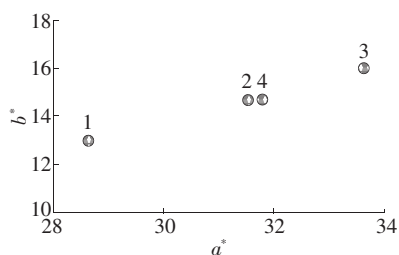
图 5 表示抗坏血酸不同用量条件下,染色织物的 a^* 、 b^* 值和 L^* 值。由图 5a 可知,随着抗坏血酸用量增加,染色织物的 a^* 值和 b^* 值均增加,织物颜色向红黄偏移。在抗坏血酸浓度为 3.00 g/L 时, a^* 、 b^* 值最大,但总体变化不大,染色织物的色度坐标在较小的区域波动。对图 5b 进行分析可知,随着抗坏血酸用量增加,染色织物的 L^* 值降低,意味着染色织物的颜色加深,在抗坏血酸浓度为 3.00 g/L 时, L^* 值达到最低值。

从染色织物的 K/S 值和 L^* 、 a^* 、 b^* 值可知,增加抗坏血酸用量,可显著改善染色织物的上染率,但对染色织物的色相没有明显影响,这有利于控制染色织物的色差。

2.3 染色织物的色牢度

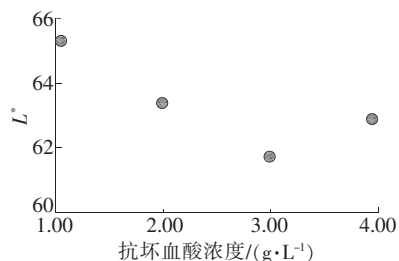
为衡量染色织物的色牢度,测试染色织物(抗坏血酸用量为 1.00 g/L)的耐洗色牢度、耐摩擦色牢度和耐日晒色牢度并进行评估,测试结果如表 1 所示。

由表 1 可知,使用抗坏血酸可提高染色织物的色牢度,特别是耐日晒色牢度改善明显,耐洗色牢度也有所提高。在试验过程可以观察



注：数值1—4分别对应抗坏血酸加入量为1.00~4.00 g/L。

(a) a^* 值与 b^* 值曲线



(b) 抗坏血酸浓度与 L^* 值曲线

图5 不同抗坏血酸浓度条件下番茄红素染色织物的颜色指标值

到,染液中未加抗坏血酸的染色织物经过72 h暴晒就足以让其褪色50%,而加抗坏血酸的染色织物暴晒72 h后,织物并未发生明显的褪色情况。

3 结束语

在番茄红素染液中添加抗坏血酸可增加番茄红素在溶液中的稳定性,但过量的抗坏血酸并不能增加番茄红素的稳定性。在番茄红素染液中加入抗坏血酸,可使染色织物的颜色更深,色泽更加鲜艳。

经番茄红素染色的涤纶织物的耐日晒色牢度较差,在染浴中添加抗坏血酸可以使染色后织物的耐日晒色牢度大幅度提升。

参考文献

- [1]唐传核.植物功能性食品[M].北京:化学工业出版社,2004.
- [2]NGUYEN M, SCHWARTZ S J. Lycopene: chemical and biological properties[J].Food Technology, 1999;53(2):38-45.
- [3]NOBRE B P, PALAVRA A F, PES-SOA F L P, et al. Supercritical CO₂ ex-

表1 染色织物的色牢度

染色织物	耐日晒色牢度/级	耐洗色牢度/级	耐摩擦色牢度/级	
			干摩	湿摩
未加抗坏血酸	2	4	5	5
加抗坏血酸(1.00 g/L)	4	5	5	5

traction of trans-lycopene from Portuguese tomato industrial waste[J].Food Chemistry, 2009, 116(3):680-685.

[4]李毅琳,胡敏予,瞿树林,等.番茄红素简便测定方法的应用与分析[J].食品科学, 2007, 28(3):268-270.

[5]TOPAL U, SASAKI M, GOTO M, et al.Extraction of lycopene from tomato skin with supercritical carbon dioxide: effect of operating conditions and solubility analysis[J].Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2006, 54(15):5604-5610.

[6]刘鑫,熊武,张耀华,等.番茄红素的提取工艺探讨[J].食品研究与开发, 2011, 32(10):46-50.

[7]张丽靖,杨郁.微生物发酵生产番茄红素的研究进展[J].生物技术通报, 2006(4):59-66.

[8]PERKINS V P, COLLINS J K, PAIR S. Watermelon: lycopene content changes with ripeness stage, germ-plasm, and st-

orage[J].Cucurbitaceae, 2002(3):427-430.

[9]毛跟年,徐牡丹.功能食品生理特性与检测技术[M].北京:化学工业出版社, 2004.

[10]王校冬.番茄红素的提取、分离、纯化及其产品开发[D].杭州:浙江工商大学, 2009.

[11]苏亚洲.番茄皮中番茄红素的提取分离及稳定性研究[D].乌鲁木齐:新疆农业大学, 2010.

[12]高丽.番茄红素提取及其稳定性的研究[J].中国调味品, 2018, 43(8):16.

[13]赵文红,严婷婷,尹文婷,等.溶液pH对番茄红素稳定性及其降解动力学研究[J].现代食品科技, 2020, 36(1):1-7.

[14]陈英,宋心远.低温涤纶染色:分散染料的染色动力学[J].国外纺织技术, 1997, 2:233-238.

收稿日期 2023年10月2日

信息直通车

欢迎访问《针织工业》网上平台

请登录: www.knittingpub.com

《针织工业》网上平台为广大作者及读者搭建了与我刊更紧密沟通的桥梁,为您提供更多服务:

•注册作者,运用远程投稿系统,更快捷地处理您的来稿,使您随时了解自己稿件的情况;

•注册读者,在线阅读期刊内容,学习行业相关知识,掌握前沿技术资料;

•点击登录网上平台,及时了解行业新闻和企业动态。