

俞所银,李 杰,李越华,等. 豌豆泥护色效果研究[J]. 江苏农业科学,2014,42(1):221-224.

# 豌豆泥护色效果研究

俞所银,李 杰,李越华,任 青,包建强

(上海海洋大学食品学院,上海 201306)

**摘要:**为解决豌豆泥易褐变以及护色剂(碳酸氢钠)引起的口感问题,通过对柠檬酸、维生素 C、L-半胱氨酸的单一因素试验、正交试验和多指标试验数据进行极差分析,对护色效果进行综合选优。结果表明:在 100 ℃沸水中烫漂 1 min,0.02 mL 10% 柠檬酸+0.02 mL 10% 维生素 C+0.08 mL 10% L-半胱氨酸处理 20 min 复合处理,豌豆泥总色差  $\Delta E^*$  为 0.33(微小色差,感觉轻微,5 分),pH 值为 6.01(4 分),感官评价为新鲜豆香带生味(5 分)、生涩味(5 分)、豆绿色(5 分),总分为 24 分,整体品质优于对照组,具有良好的护色效果。

**关键词:**豌豆泥;护色剂;pH 值;总色差;感官评价

**中图分类号:** TS205 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2014)01-0221-04

豌豆(*Pisum sativum* L.)别称青豆、荷兰豆(snow pea)、回鹬豆等。我国是世界上最大的豌豆种植国,2000 年产量达到 500 万 t,占世界总产量的 40.7%<sup>[1]</sup>。据美国农业部基本报告显示,豌豆富含蛋白质、脂肪、碳水化合物、膳食纤维、钙、磷、钾、锌、铁、维生素 A、胡萝卜素、维生素 C、维生素 E 等营养物质<sup>[2]</sup>。

豌豆富含酚类物质,磨成豌豆泥后暴露在空气中极易变色<sup>[3-5]</sup>,出现“黄衰”现象<sup>[6]</sup>。目前对豌豆护色工艺的研究不多,直接对豌豆泥护色工艺的研究未见报道。为克服豌豆泥在空气中出现黄衰现象,本试验开展了豌豆泥护色效果研究,为生产应用提供理论依据。

## 1 材料与与方法

收稿日期:2013-05-08

基金项目:上海市科委工程中心建设项目(编号:11DZ2280300)。

作者简介:俞所银(1986—),男,江苏兴化人,硕士研究生,研究方向为食品冻藏。E-mail:yusuoyin@163.com。

通信作者:包建强,教授,研究方向为食品冷冻冷藏。E-mail:baojq@shou.edu.cn。

[4]王 瑞,福山爱保. 香花崖豆藤化学成分的研究[J]. 中草药,1989,20(2):2-3.

[5]王 瑞,耿培武. 香花崖豆藤化学成分的研究(Ⅱ)[J]. 中草药,1990,21(9):5-7.

[6]宋建兴,胡旺云,罗士德. 香花崖豆藤化学成分的研究[J]. 西南林学院学报,1992,12(1):40-43.

[7]巩 婷,王洪庆,陈若芸. 香花崖豆藤中异黄酮类化合物的研究[J]. 中国中药杂志,2007,32(20):2138-2140.

[8]曾 瞻. 丰城鸡血藤与香花崖豆藤的鉴定区别[J]. 井冈山医学报,2005,12(1):79.

[9]吴素萍. 黑米色素的提取及稳定性研究[J]. 中国调味品,2011,36(12):106-110.

[10]陈 杰,李进伟,张连富. 紫甘薯色素的提取及稳定性研究[J]. 食品科学,2011,32(18):154-158.

[11]吕丽爽,孙美玲. 何首乌色素稳定性研究[J]. 食品科学,2009,

## 1.1 材料

某品牌冻藏豌豆,保鲜袋密闭包装,放入内置冰袋的隔热泡沫箱内立即带回实验室,冰箱-18 ℃下冻藏。维生素 C、柠檬酸、L-半胱氨酸均为分析纯,购于国药集团化学试剂有限公司;蒸馏水。

## 1.2 仪器设备

电子天平,赛多利斯科学仪器(北京)有限公司生产;JJ-2 组织捣碎匀浆机,江苏金坛精达仪器制造厂生产;加热器——美的电磁炉,产地为广东省佛山市顺德区北滘镇;100~1 000  $\mu$ L 移液枪,大龙医疗设备(上海)有限公司生产;便携式 pH 计,梅特勒-托利多仪器(上海)有限公司生产;ZE2000 ColorMeter 色差仪,上海过望化工有限公司提供;低温冰箱,型号 TCL BD/BC-257。

## 1.3 方法

1.3.1 试验操作流程 样品解冻→筛选→清洗→不烫漂/100 ℃烫漂、清水冲洗处理→沥干→加入 50% 蒸馏水→研磨成泥→测定原始样品 pH 值、色泽、感官评定→添加护色液→均质→每隔 20 min 测定样品 pH 值、色泽、感官评定→确定单一护色剂最佳添加量→正交试验→确定最佳复合护色组合→最佳复合护色组合与原始豌豆泥指标比较→验证最佳复

30(15):67-70.

[12]郭立强,黄礼德,文全泰,等. 鸡骨草色素的超声提取及稳定性研究[J]. 化学世界,2012,53(7):396-399.

[13]陶亮亮,李 鹏,田晓婷,等. 紫甘蓝紫色素萃取工艺条件研究[J]. 中国调味品,2011,36(11):105-108.

[14]郑洁虹,杨静文,马乃良,等. 炮仗花色素提取工艺优化及其色素稳定性研究[J]. 现代食品科技,2010,26(6):614-618.

[15]许正虹,高彦祥,石素兰,等. 微波辅助萃取紫甘薯色素的研究[J]. 食品科学,2005,26(9):234-239.

[16]李云雁,宋光森. 超声波协助提取板栗壳色素的研究[J]. 食品科技,2003(8):57-58,65.

[17]李辛雷,李纪元,范正琪. 红花檉木叶片花色素提取及其性质研究[J]. 食品科学,2011,32(20):57-62.

[18]陈运中. 天然色素的生产及应用[M]. 北京:中国轻工业出版社,2007:21.



合护色组合。

1.3.2 烫漂与否试验 分为 2 组。未烫漂组:称取解冻、清洗、沥干后的豌豆 200 g,加 100 mL 蒸馏水研磨成泥,(40 ± 0.001) g/份×7 份(平行),测定 pH 值和总色差值;烫漂组:称取解冻、清洗、烫漂 1 min、沥干后的豌豆 200 g,加 100 mL 蒸馏水研磨成泥,(40 ± 0.001) g/份×7 份(平行),测定 pH 值和总色差值。

1.3.3 单一护色剂添加量的筛选 选用配制 10% 的柠檬酸、维生素 C、L-半胱氨酸作为护色剂,分别按 7 个体积量(表 1)加入到(40 ± 0.001) g 豌豆泥中,测定步骤参考“化妆品通用试验方法 色泽三刺激值和色差 ΔE\* 的测定”<sup>[7]</sup>,根据 pH 值、总色差 ΔE\* 值、感官评分值进行评判。

表 1 豌豆泥护色剂单因素试验方案

护色剂	体积量(mL)
10% 柠檬酸	0.02,0.04,0.06,0.08,0.10,0.12,0.14
10% 维生素 C	0.02,0.04,0.06,0.08,0.10,0.12,0.14
10% L-半胱氨酸	0.02,0.04,0.06,0.08,0.10,0.12,0.14

1.3.4 复合护色剂最佳配比的筛选 根据单因素试验筛选结果,并结合烫漂时间,进行 L<sub>9</sub>(3<sup>4</sup>) 正交试验(表 2),以不加护色剂的豌豆泥颜色为对照色,在 25 ℃ 下放置,以 pH 值、总色差 ΔE\*、感官评价作为评价指标,筛选最佳护色剂组合及剂量。

1.4 评价指标

1.4.1 pH 值评价 以接近人的唾液 pH 值 6.7 ~ 6.9 为基准,同时参考张懋平的研究<sup>[6]</sup>:pH 值为 6.5 ~ 7.2 时,豌豆色泽稳定性最佳;pH 值 ≥ 8.5 时,因豌豆组织中酰胺水解产生

表 2 豌豆泥护色正交试验 L<sub>9</sub>(3<sup>4</sup>) 因素与水平

水平	A:柠檬酸 (mL)	B:维生素 C (mL)	C:L-半胱 氨酸(mL)	D:烫漂时间 (min)
1	0.06	0.02	0.06	1
2	0.04	0.04	0.08	5
3	0.02	0.06	0.10	10

氨味、少量脂肪的水解和氧化而变哈,另外,豌豆因 pH 值过高,易滋生肉毒梭状芽孢杆菌,且维生素 C 等易被破坏。具体评分标准见表 3。

1.4.2 总色差 ΔE\* 评价 根据国际通用的测色标准 CIE1976 L\*a\*b 色空间系统分析<sup>[8-11]</sup> 及总色差公式<sup>[12]</sup>,将测得的 L<sub>2</sub>\* 与 L<sub>1</sub>\*、a<sub>1</sub>\* 与 a<sub>2</sub>\*、b<sub>1</sub>\* 与 b<sub>2</sub>\* 代入公式,求得总色差,按照美国国家标准局(NBS)单位色差值 ΔE\* 与颜色差别感觉程度进行评分(表 3)。总色差公式如下:

$$\Delta E_{ab}^* = \sqrt{(L_1^* - L_2^*)^2 + (a_1^* - a_2^*)^2 + (b_1^* - b_2^*)^2}$$
$$= \sqrt{(\Delta L)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2}$$

注:明度差:ΔL\* = L<sub>1</sub>\* - L<sub>2</sub>\*,L<sub>1</sub>\* 代表不加护色剂豌豆泥明亮度值,L<sub>2</sub>\* 代表加护色剂明亮度值;正值表示样品色比原样色浅,负值表示样品色深,明度低。色品差:Δa\* = a<sub>1</sub>\* - a<sub>2</sub>\*,正值表示样品色比标准色偏红,负值表示样品色偏绿;Δb\* = b<sub>1</sub>\* - b<sub>2</sub>\*,正值表示样品色比标准色偏黄,负值表示样品色偏蓝。

1.4.3 感官评价 由 10 人组成的感官评价小组,对豌豆泥颜色、气味、口感 3 项进行感官评价,3 项评分之和作为最终感官评分,评分介于 0 ~ 15 分。具体评分标准见表 3。

表 3 豌豆泥 pH 值、色差值及感官评分标准

项目	评分				
	5 分	4 分	3 分	2 分	1 分
pH 值	6.5 ~ 7.2	6.0 ~ 6.4 或 7.1 ~ 7.6	5.5 ~ 5.9 或 7.7 ~ 8.0	5.0 ~ 5.4 或 8.1 ~ 8.5	<5.0 或 >8.5
ΔE* 值	0 ~ 0.50,微小色差,感觉极微	0.51 ~ 1.50,小色差,感觉极微	1.51 ~ 3.00,较小色差,感觉明显	3.01 ~ 6.00,较大色差,感觉很明显	>6.00,大色差,感觉强烈
色泽	豆绿色	豆绿色偏黄	绿色	黄绿色	枯黄色
气味	新鲜豆香,带生味	新鲜豆香味	豆香味	熟豆香味	淡豆香,带熟味
口感	生涩味	淡涩味	涩味	涩带微酸	微涩

1.5 数据统计

试验数据利用 Excel 软件进行统计分析、绘图。

2 结果与分析

2.1 烫漂对豌豆泥 pH 值和色泽的影响

大多数食物 pH 值为 5.0 ~ 6.5,人的唾液 pH 值为 6.7 ~ 6.9。当食物与唾液相近时不觉得有酸味感,食物 pH 值 < 5.0 才产生酸感,pH 值 < 3.0,强酸,人体不适应。由图 1 可见,经烫漂之后,豌豆泥 pH 值从 6.95 下降到 6.85 左右,下降趋势明显(在 0.02 ~ 0.04 区域);烫漂后,整体 pH 值在 6.7 ~ 6.9,与唾液 pH 值相似,适于食用。

由图 2 可见,烫漂后豌豆泥前后色差值 ΔE\* 整体在 0.2 以下,色泽突变时间由 20 min 延缓至 60 min,且色变程度明显减缓,这主要是通过烫漂,使酶钝化,抑制酶促褐变,这一结

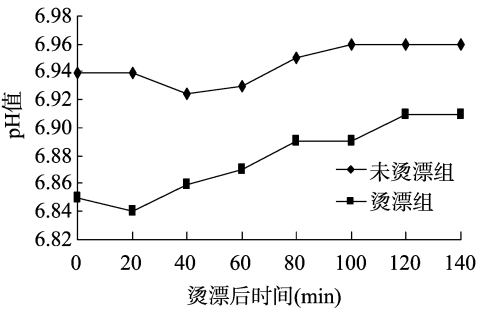


图1 烫漂后豌豆泥 pH 值随时间的变化

果与谭兴和等的研究结果类似<sup>[13]</sup>,因此,建议在护色前采用烫漂。

2.2 单一护色剂添加量的筛选

从图 3 可以看出,以 L-半胱氨酸护色效果最佳,其次是



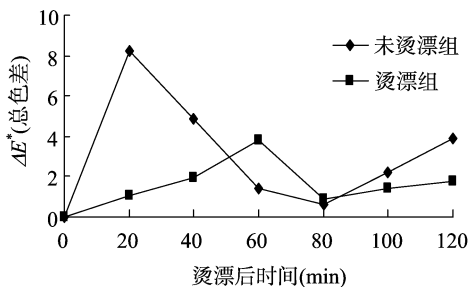
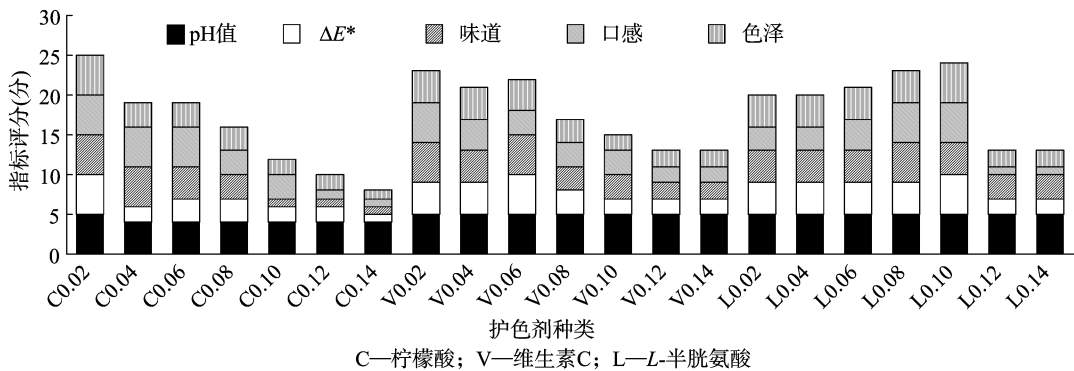


图2 烫漂后豌豆泥总色差随时间的变化

维生素 C、柠檬酸;柠檬酸对豌豆泥的护色效果,在一定范围内,随着添加量的增大效果降低,从 0.02 mL 评价 25 分到 0.14 mL 的 8 分,主要原因是豌豆泥 pH 值从 6.66 降到 6.04,



C—柠檬酸; V—维生素C; L—L-半胱氨酸  
图3 单一护色剂对豌豆泥的护色效果

2.3 3 种护色剂配比的正交试验

由表 4 可见,影响豌豆泥色泽因素的主次顺序为:烫漂时间 > 柠檬酸 > L-半胱氨酸 > 维生素 C;通过多指标评分,确

呈一定强度的酸性,而叶绿素对酸性异常敏感,极易失去镁原子,生成黄褐色的脱镁叶绿素<sup>[3]</sup>;维生素 C 护色效果与柠檬酸效果相类似,在 0.02 ~ 0.06 mL 添加量时整体评分相对较高,在最佳添加量下,维生素 C 全部作用于多酚氧化酶,使得抑制褐变效果最佳,过量或过低则被氧化产生脱氢维生素 C,导致脱氢维生素 C 浓度升高,与氨基酸反应,加深褐变<sup>[14-15]</sup>; L-半胱氨酸对豌豆泥的最佳护色在 0.06 ~ 0.10 mL,这可能是适量的多酚氧化酶通过加成反应,将醌类物质生成无色稳定化合物,导致其不能形成黑色素,能保持原有的豆绿色,这与王相友等的报道一致<sup>[14]</sup>。

结合总体评分,柠檬酸、维生素 C 均选择 0.02、0.04、0.06 mL 进行正交试验, L-半胱氨酸选择 0.06、0.08、0.10 mL 进行正交试验。

定豌豆泥护色效果最佳的水平组合为 A<sub>3</sub>B<sub>1</sub>C<sub>2</sub>D<sub>1</sub>,即在烫漂 1 min 中制成的豌豆泥中,添加 10% 柠檬酸 0.02 mL、10% 维生素 C 0.02 mL、10% L-半胱氨酸 0.08 mL。

表 4 3 种护色剂配比正交试验结果

试验号	因素				指标值							总分
	A:柠檬酸 (mL)	B:维生素 (mL)	C:L-半胱 氨酸(mL)	D:烫漂时 间(min)	pH 值		总色差(ΔE*)		感官评价			
					值	得分	值	得分	评价结果	得分		
1	1	1	3	2	5.46	2	6.79	1	新鲜豆香、淡涩味,枯叶黄	10	13	
2	1	2	1	1	5.39	2	2.43	3	新鲜豆香、涩味,绿色	10	15	
3	1	3	2	3	5.22	2	7.76	1	熟豆香味、涩带微酸,枯叶黄	5	8	
4	2	1	2	1	5.78	3	1.03	4	新鲜豆香味、淡涩味,豆绿色偏黄	13	20	
5	2	2	1	3	5.57	3	6.59	1	熟豆香味、涩带微酸,枯叶黄	5	9	
6	2	3	3	2	5.47	2	6.40	1	豆香味、涩味,枯叶黄	7	10	
7	3	1	1	3	6.03	4	2.20	3	熟豆香味、涩带微酸,绿色	7	14	
8	3	2	2	2	5.91	3	0.61	4	新鲜豆香带生味、生涩味,豆绿色偏黄	15	22	
9	3	3	3	1	5.84	3	0.73	4	新鲜豆香带生味、淡涩味、豆绿色偏黄	14	21	
k <sub>1</sub>	12.00	15.67	12.67	18.67								
k <sub>2</sub>	13.00	15.33	16.67	15.00								
k <sub>3</sub>	19.00	13.00	14.67	10.33								
R	7.00	2.67	4.00	8.34								
较优水平	A <sub>3</sub>	B <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	D <sub>1</sub>								

2.4 最佳复合护色剂对豌豆泥护色效果的验证

由表 5 可见,未经护色液处理的豌豆泥,随着贮藏时间的延长,其评分总体呈下降趋势,总色差 ΔE\* 基本在 3 以上,属于较大色差,感觉很明显,经感官色泽评定,发现豌豆泥色泽随时间变化巨大,经过 140 min 后,豌豆泥色泽从豆绿色变为枯黄色;经最佳复合护色剂处理过的豌豆泥,140 min 后 pH 值为 6.01、总色差 ΔE\* 为 0.33,具有新鲜豆香带生味,口感生

涩,色泽依旧保持豆绿色,整体品质优于前者,与正交试验结果吻合,这说明最佳复合护色剂的确能很好地保持豌豆泥的色泽。

3 结论

在研磨豌豆前增加烫漂环节,对维持豌豆泥颜色有明显效果。烫漂条件为:100 ℃ 烫漂 1 min。



表 5 最佳复合护色剂护色效果

最佳复合组 (min)	pH 值	pH 值评分	$\Delta E^*$	$\Delta E^*$ 评分	感官评定						总分
					味道	味道评分	口感	口感评分	色泽	色泽评分	
0	6.42	4	3.07	2	新鲜豆香带生味	5	生涩味	5	豆绿色	5	21
20	6.30	4	0.68	4	新鲜豆香带生味	5	生涩味	5	豆绿色	5	23
40	6.21	4	0.64	4	新鲜豆香带生味	5	生涩味	5	豆绿色	5	23
60	6.20	4	0.55	4	新鲜豆香带生味	5	生涩味	5	豆绿色	5	23
80	6.17	4	0.50	5	新鲜豆香带生味	5	生涩味	5	豆绿色	5	24
100	6.16	4	0.58	4	新鲜豆香带生味	5	生涩味	5	豆绿色	5	23
120	6.01	4	0.49	5	新鲜豆香带生味	5	生涩味	5	豆绿色	5	24
140	6.01	4	0.33	5	新鲜豆香带生味	5	生涩味	5	豆绿色	5	24
原始组 (min)	pH 值	pH 值评分	$\Delta E^*$	$\Delta E^*$ 评分	感官评定						总分
					味道	味道评分	口感	口感评分	色泽	色泽评分	
0	6.66	5	3.25	2	新鲜豆香带生味	5	生涩味	5	豆绿色	5	22
20	6.62	5	5.41	2	新鲜豆香带生味	5	生涩味	5	豆绿色偏黄	4	21
40	6.69	5	8.21	1	新鲜豆香带生味	5	生涩味	5	绿色	3	19
60	6.73	5	6.74	1	新鲜豆香味	4	生涩味	5	黄绿色	2	17
80	6.87	5	7.04	1	新鲜豆香味	4	生涩味	5	枯黄色	1	16
100	6.93	5	5.63	2	新鲜豆香味	4	生涩味	5	枯黄色	1	17
120	6.93	5	4.35	2	豆香味	3	淡涩味	4	枯黄色	1	15
140	6.93	5	4.02	2	豆香味	3	淡涩味	4	枯黄色	1	15

筛选确定了护色单剂最佳添加量:10% 柠檬酸 0.02、0.04、0.06mL,10% 维生素 C 0.02、0.04、0.06 mL,10% *L* - 半胱氨酸 0.06、0.08、0.10 mL。

确定了豌豆泥最佳护色组合:10% 柠檬酸 0.02 mL、10% 维生素 C 0.02 mL、10% *L* - 半胱氨酸 0.08 mL,此时,豌豆泥总色差  $\Delta E^*$  为 0.33,pH 值为 6.01,新鲜豆香带生味,口感生涩、外观成豆绿色,整体品质最优。

经对比试验验证,在 25℃ 处理 140 min,使用最佳复合护色剂的豌豆泥整体评价远胜于原始豌豆泥(总色差  $\Delta E^*$  为 4.02,pH 值为 6.93,豆香味,淡涩味,枯黄色)。

参考文献:

[1] 罗仓学. 速溶豌豆加工工艺的研究[J]. 食品科学,2000,21(10):32-33.

[2] USDA. National Nutrient Database for Standard Reference Release 26 [EB/OL]. [http://ndb.nal.usda.gov/ndb/foods/show/3119? fg = &man = &facet = &format = &count = &max = 25&offset = &sort = &qlookup = Pisum + sativum](http://ndb.nal.usda.gov/ndb/foods/show/3119?fg=&man=&facet=&format=&count=&max=25&offset=&sort=&qlookup=Pisum+sativum).

[3] Arogundade L A, Mu T H. Influence of oxidative browning inhibitors and isolation techniques on sweet potato protein recovery and composition[J]. Food Chemistry,2012,134(3):1374-1384.

[4] Barbagallo R N, Chisari M, Caputa G. Effects of calcium citrate and ascorbate as inhibitors of browning and softening in minimally processed ‘Birgah’ eggplants[J]. Postharvest Biology&Technology, 2012(73):107-114.

[5] Iyidogan N F, Bayındır A. Effect of *L* - cysteine, kojic acid and 4 - hexylresorcinol combination on inhibition of enzymatic browning in Amasya apple juice[J]. Journal of Food Engineering,2004,62(3):

299-304.

[6] 张懋平. 豌豆速冻工艺研究[J]. 制冷学报,1993(4):33-38.

[7] 上海市日用化学工业研究所. GB/T 13531.2—1992 化妆品通用试验方法 色泽三刺激值和色差  $\Delta E^*$  的测定[S]. 国家技术监督局,1992.

[8] Chang S T, Wu J H. Green-color conservation of ma bamboo(*Dendrocalamus latiflorus*) treated with chromium-based reagents[J]. Journal Wood Science,2000,46(1):40-44.

[9] Chung M J, Cheng S S, Chang S T. Environmentally benign methods for producing green culms of ma bamboo (*Dendrocalamus latiflorus*) and moso bamboo (*Phyllostachys pubescens*) [J]. Journal Wood Science,2009,55(3):197-202.

[10] Wu J H, Chung M J, Chang S T. Evaluation of the effectiveness of alcohol - borne reagents on the green colour protection of makino bamboo (*Phyllostachys makinoi*) [J]. Polymer Degradation and Stability,2004,83(3):473-479.

[11] Wu J H, Chung M J, Chang S T. Green colour protection of bamboo culms using one - step alkali - pretreatment - free process[J]. Wood Science,2005,51(6):622-627.

[12] 吕新广. 包装色彩学——CIE1976  $L^*a^*b^*$  色度空间[EB/OL]. 2002-03-22[2013-08-30]. <http://www.cgan.net/book/books/print/packcolor/link/5-4-3.html>.

[13] 谭兴和, 夏延斌, 柳建良, 等. 热烫条件对速冻黄花草颜色和脆度的影响[J]. 农业工程学报,2004,20(4):176-179.

[14] 王相友, 石启龙, 王 娟, 等. 双孢蘑菇护色保鲜技术研究[J]. 农业工程学报,2004,20(6):205-208.

[15] 钱 和, 刘长虹, 张 添. 芦荟制品的酶促褐变及其控制措施[J]. 食品工业科技,2002(10):36-39.