

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 ΔE^* 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%^[1]。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^[2]。

豌豆富含酚类物质,磨成豌豆泥后暴露在空气中极易变色^[3-5],出现“黄衰”现象^[6]。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。

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 μ 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

[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,

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”^[7],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 $L_9(3^4)$ 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^[6]: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 $L_9(3^4)$ 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,易滋长肉毒梭状芽孢杆菌,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^[8-11]及总色差公式^[12],将测得的 L_2^* 与 L_1^* 、 a_1^* 与 a_2^* 、 b_1^* 与 b_2^* 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: $\Delta L^* = L_1^* - L_2^*$, L_1^* 代表不加护色剂豌豆泥明亮度值, L_2^* 代表加护色剂明亮度值;正值表示样品色比原样品色浅,负值表示样品色深,明度低。色品差: $\Delta a^* = a_1^* - a_2^*$,正值表示样品色比标准色偏红,负值表示样品色偏绿; $\Delta b^* = b_1^* - b_2^*$,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

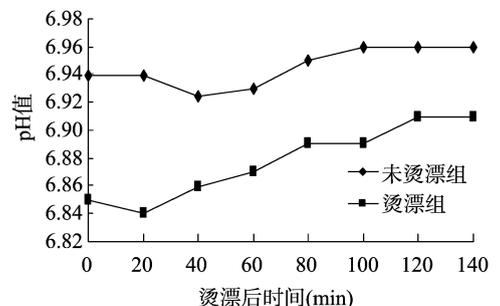


图1 烫漂后豌豆泥pH值随时间的变化

果与谭兴和等的研究结果类似^[13],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

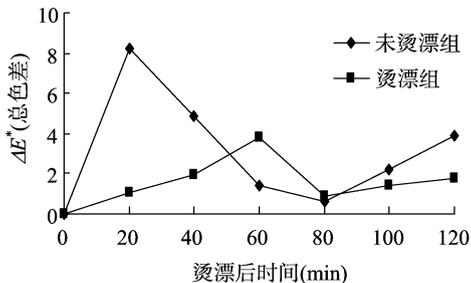
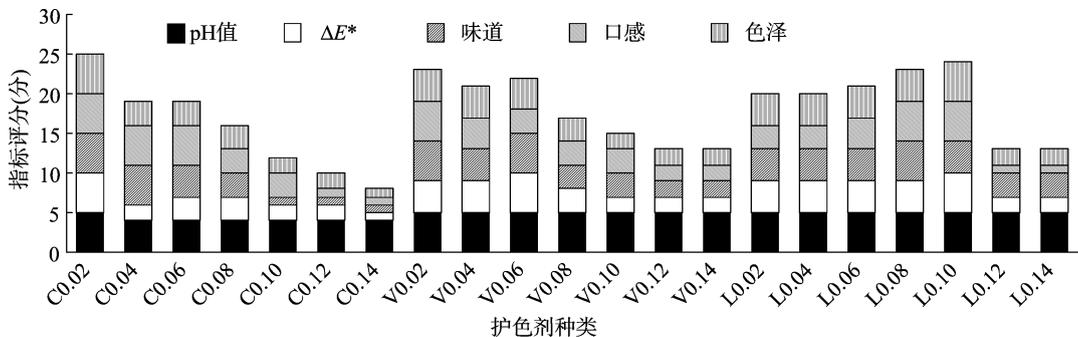


图2 烫漂后豌豆泥总色差随时间的变化

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^[3];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^[14-15];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^[14]。

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A₃B₁C₂D₁,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C (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 ₁	12.00	15.67	12.67	18.67								
k ₂	13.00	15.33	16.67	15.00								
k ₃	19.00	13.00	14.67	10.33								
R	7.00	2.67	4.00	8.34								
较优水平	A ₃	B ₁	C ₂	D ₁								

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	ΔE^*	ΔE^* 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	ΔE^*	ΔE^* 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、0.06 mL, 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 ΔE^* 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 °C 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 ΔE^* 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. 速冻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] 张慰平. 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 ΔE^* 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 mosobamboo (*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菜颜色和脆度的影响 [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.