

鲜切雪莲果护色效果的研究

蔡文韬, 夏延斌

(湖南农业大学食品科学技术学院, 湖南长沙 410128)

摘要: 研究不同褐变抑制剂对鲜切雪莲果护色效果, 通过正交试验并运用多指标试验设计综合加权评分法对多种抑制剂护色效果的进行综合选优。试验结果表明: 采用0.5%柠檬酸+0.5%抗坏血酸+0.05%焦亚硫酸钠浸泡10 min的复合处理, 试验综合加权评分值为97.6414。雪莲果的PPO活性为0.007、褐变度为3.62、感官品质为7, 在10 d内抑制褐变效果最好。

关键词: 鲜切雪莲果; 护色剂; 褐变; 多酚氧化酶

文章编号: 1673-9078(2012)3-274-277

Study on Color Protective Treatment of Fresh-cut Yacon

CAI Wen-tao, XIA Yan-bin

(College of Food Science and Technology, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China)

Abstract: The effects of different inhibitors on fresh-cut yacon were studied. It was optimized comprehensively for a variety of protect color inhibitors through orthogonal experiment and using multi-index experimental design and weighted score. The results showed that the optimum combination treatment was 0.5% citric acid +0.5% ascorbic acid +0.05% sodium pyrosulfite, and the optimum time for the fresh-cut yacon dipping in the solution was 10 min. After the treatment, the value of f_i was of 97.6414; the PPO activity was of 0.007; BD value was of 3.62; the quality of appearance was of 7; and the best color protective effect was found within 10d.

Key words: fresh-cut yacon; inhibitor; browning; polyphenol oxidase (PPO)

雪莲果原来盛产于南美洲的安第斯山脉, 是当地印第安人的一种传统根茎食品。雪莲果集果、菜、药于一体, 食用方法也多种多样^[1]。鲜切雪莲果近年来在国外的消费量巨增, 特别受到欧美、日本等国家消费者的喜爱。但我国目前有关鲜切水果加工与研究方面的报道较少, 鲜切果蔬因具有品质新鲜、使用方便和营养卫生的特点, 鲜切产品的开发与生产前景在中国十分诱人。

目前, 国内对雪莲果的研究开发主要集中在深加工方面。雪莲果被制成饮料、果汁、雪莲果片等^[2]。其中鲜切雪莲果的褐变问题成为雪莲果深加工过程中影响其品质的关键问题^[3]。鲜切雪莲果极易发生褐变, 主要与多酚氧化酶催化酚类物质氧化聚合为黑色物质有关。如何控制鲜切雪莲果褐变是鲜切雪莲果保鲜的首要问题。本试验研究了三种天然食品添加剂及其复合使用对鲜切雪莲果的褐变抑制效果, 采用多指标实验设计综合加权评分法对多种抑制剂护色效果的综合选优, 以期深入研究鲜切雪莲果的生理生化变化提供理论依据和技术参数。

1 材料和方法

收稿日期: 2011-11-14

通讯作者: 夏延斌

1.1 材料

供试材料: 新鲜、大小均匀、无病虫害和机械损伤的雪莲果;

包装材料: 包装材料: 食品用聚乙烯保鲜膜(PE), 塑料托盘;

试剂和仪器: 抗坏血酸(Ascorbic acid, AA)、柠檬酸(Citric acid, CA)、焦亚硫酸钠、UV-2000型紫外可见分光光度计离心机、梅特勒AL204/01型电子天平。

1.2 方法

1.2.1 样品的制备以及工艺流程

雪莲果经清洗去皮, 切成块状(1~2 cm厚), 分别通过不同护色处理后, 取出、沥干, 真空包装后置于4℃下贮藏。

原料选择和前处理→切分→漂烫处理→清水冲洗→护色液浸泡→沥干→脱水→真空包装→4℃冷藏

1.2.2 指标测定

褐变度(BD)的测定: 采用消光度值法^[4,5];

多酚氧化酶(PPO)活性的测定^[5-9]: 采用邻苯二酚法;

感官评价标准^[10-13]: 1~3分: 不可食, 外观极差, 变色很严重, 质地口感差; 3~5分: 变色严重, 口感差; 5~7分: 稍许变色较脆, 口感较好; 8~10分: 微

变色或未变色, 口感好, 清甜干脆。

1.2.3 褐变抑制剂对雪莲果护色效果影响

将新鲜雪莲果分别置于焦亚硫酸钠 (0、0.02‰、0.04‰、0.06‰、0.08‰)、柠檬酸 (0、0.5%、1.0%、1.5%、2.0%)、抗坏血酸 (0、0.5%、1.0%、1.5%、2.0%) 浸泡 10 min, 固液比为 1:1.5, 沥干, 检测 PPO 活性, 并将样品置于 4 °C 下冷藏, 每隔 2 d 检测褐变度, 比较其对褐变度的影响, 以蒸馏水浸泡作对照。

1.2.4 复合褐变抑制剂对鲜切雪莲果护色效果影响

根据不同褐变抑制剂对雪莲果PPO活性的抑制、褐变度、感官品质的影响效果, 选用焦亚硫酸钠、柠檬酸、抗坏血酸, 并结合浸泡时间进行L₉(3⁴)正交试验 (表5)。将处理好的样品用食品用聚乙烯保鲜膜 (PE) 于4 °C 下贮藏10 d后, 以褐变度、PPO活性、以及感官评价为指标, 确定最佳优化条件。

1.2.5 复合抑制剂护色效果多指标综合加权评优

运用Matlab7.0软件, 根据多指标实验设计综合加权法建立数学模型^[14]。

$$\text{综合加权评分值 } f_j = \sum_{i=1}^m w_j Z_{ij} (i=1,2,\dots,n)$$

2 结果与讨论

2.1 柠檬酸对雪莲果 PPO 活性以及褐变度的影响

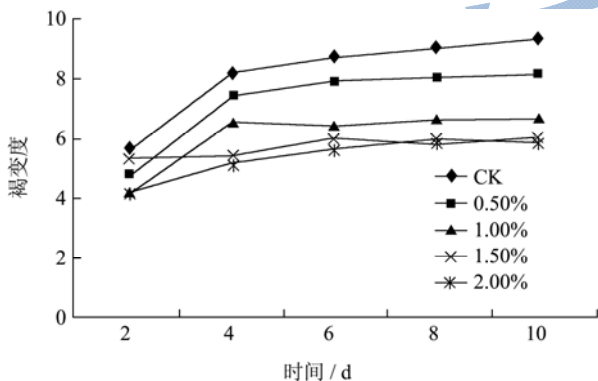


图1 柠檬酸对雪莲果褐变度的影响

Fig.1 Effect of citric acid on browning of yacon

表1 柠檬酸对雪莲果 PPO 活性的影响

Table1 Effect of citric acid on PPO activity of yacon

浓度/%	0	0.50	1.00	1.50	2.00
PPO/(U/mL)	0.698	0.327	0.318	0.243	0.239

由图1和表1可以看出, 柠檬酸处理的褐变度明显低于对照, 说明柠檬酸对鲜切雪莲果褐变有较好抑制作用。且浓度在 1.5%和 2.0%时, 抑制褐变的效果相似且稳定, 1.5%的柠檬酸贮藏 10 d 可以保持雪莲果不变色。

柠檬酸浓度大于 0.5%时, 其抑制 PPO 活性的作用随浓度的增加而增强, 大于 1.5%时抑制程度趋于平

缓, 这是因为柠檬酸对底物是竞争性抑制, 两者同时竞争酶的活性中心, 说明柠檬酸与酶结合成无活性的二元复合物, 它不能生成酶催化产物, 而底物与酶结合的二元复合物不会再与柠檬酸结合成三元复合物^[2]。

2.2 抗坏血酸对雪莲果护色效应

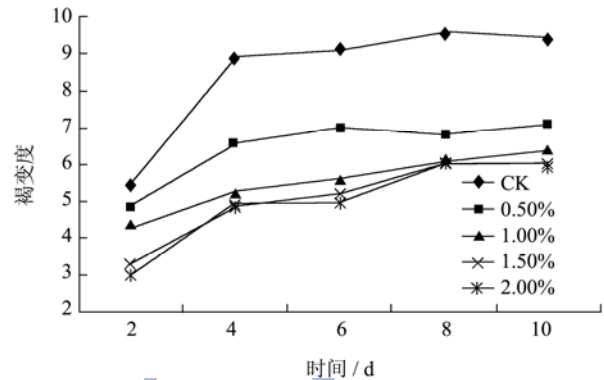


图2 抗坏血酸对雪莲果褐变度的影响

Fig.2 Effect of ascorbic acid on browning of yacon

表2 抗坏血酸对雪莲果PPO活性的影响

Table 2 Effect of ascorbic acid on PPO activity of yacon

浓度/%	0	0.50	1.00	1.50	2.00
PPO/(U/mL)	0.732	0.581	0.274	0.273	0.374

由图表可知, 1.5%浓度以前, PPO 活性一直保持随浓度的增加而增强, 当浓度超过 1.5%时, PPO 活性反而增高。添加量过多, 由于氧化后形成的酮化合物与氮化合物发生非酶褐变, 会加剧果蔬的变色^[10]。因此, 1.5%的抗坏血酸对鲜切雪莲果 PPO 活性的抑制效果最佳。抗坏血酸溶液的浓度在 1.0%以上时对褐变的抑制效果已较为稳定, 及 1.0%的护色剂可以使护色效果达到最佳。抗坏血酸具有较强的还原性, 对氧化褐变反应中氧分子有很强的结合能力, 可降低褐变反应过程中的氧分子浓度, 进一步抑制褐变反应速率, 强化了护色作用。

2.3 焦亚硫酸钠对雪莲果护色效果

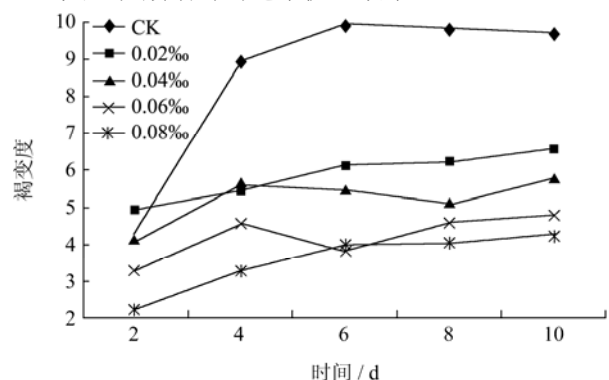


图3 焦亚硫酸钠对雪莲果褐变度的影响

Fig.3 Effect of sodium pyrosulfite on browning of yacon

由图3、表3可知, 雪莲果在贮藏期间, 对照褐变

度明显高于其他组,说明焦亚硫酸钠对雪莲果褐变度有一定的抑制作用。使用不同浓度的焦亚硫酸钠处理样品效果不同。BD的变化趋势与PPO活性相似,及浓度的增大变化值降低。亚硫酸盐中能释放出二氧化硫是农产品加工中原料预处理中护色的重要方法,其对产品的漂白作用和抑制多酚氧化酶效果比较理想;但过高浓度的亚硫酸氢钠溶液会增加SO₂的残留量过多,因此须按卫生标准添加。

表3 焦亚硫酸钠对雪莲果PPO活性的影响

Table 3 Effect of sodium pyrosulfite on PPO activity of yacon

浓度/‰	0	0.02	0.04	0.06	0.08
PPO/(U/mL)	0.874	0.439	0.235	0.244	0.221

2.4 抗褐变抑制剂复合处理对雪莲果的抗褐变效果
不同褐变抑制剂复合处理对鲜切雪莲果褐变的影响见表4。

表4 正交实验结果直观分析

Table 4 Intuitionistic analysis of orthogonal experimental design

试验号	因素				指标值		
	A(焦亚硫酸钠/‰)	B(柠檬酸/%)	C(抗坏血酸/%)	D(时间/min)	PPO/(U/ML)	褐变度/BD	感官评价
1	1(0.07)	1(0.5)	3(1.5)	2(5)	0.328	6.21	3
2	1	2(1.0)	1(0.5)	1(0)	0.225	5.45	3
3	1	3(1.5)	2(1.0)	3(10)	0.124	4.36	5.5
4	2(0.06)	1	2	1	0.24	5.17	6
5	2	2	1	3	0.037	4.09	6.5
6	2	3	3	2	0.043	5.32	4.5
7	3(0.05)	1	1	3	0.007	3.62	7
8	3	2	2	2	0.129	5.83	4
9	3	3	3	1	0.027	4.1	6.5
PPO	K ₁	0.23	0.19	0.09	0.16		
	K ₂	0.11	0.13	0.16	0.17		
	K ₃	0.05	0.06	0.13	0.06		
	R	0.18	0.13	0.07	0.11		
BD	K ₁	5.34	5.00	4.80	4.91		
	K ₂	4.86	5.12	4.97	5.79		
	K ₃	4.52	4.59	4.80	4.02		
	R	0.82	0.53	0.17	1.77		
感官评价	K ₁	3.8	5.3	4.8	5.2		
	K ₂	5.7	4.5	5.2	3.8		
	K ₃	5.8	5.5	5.3	5.3		
	R	0.1	1.0	0.5	1.5		

根据1.2.5中多指标实验设计综合加权评分方法,运用Matlab 7.0软件,进行数据结果分析得:

$$Y = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 3.0000 \\ 0.1030 & 0.7600 & 3.0000 \\ 0.2040 & 1.8500 & 5.5000 \\ 0.0880 & 1.0400 & 6.0000 \\ 0.2910 & 2.1200 & 6.5000 \\ 0.2850 & 0.8900 & 4.5000 \\ 0.3210 & 2.5900 & 7.0000 \\ 0.1990 & 0.3800 & 4.0000 \\ 0.3010 & 2.1100 & 6.5000 \end{bmatrix}$$

$$Z = (Z_{ij}) = \begin{bmatrix} 0 & 21.3246 & 43.6829 \\ 32.0872 & 29.3436 & 0 \\ 63.5514 & 71.4286 & 62.5000 \\ 27.4143 & 40.1544 & 75.0000 \\ 90.6542 & 81.8533 & 87.5000 \\ 88.7850 & 34.3629 & 37.5000 \\ 100.0000 & 87.4756 & 100.0000 \\ 61.9938 & 14.6718 & 25.0000 \\ 93.7695 & 81.4672 & 87.5000 \end{bmatrix}$$

$$h_j = -(\ln n)^{-1} \sum_{i=1}^n P_{ij} \ln P_{ij} = (0.9097, 0.8832, 0.8488)^T$$

$$\beta_j = \frac{1-h_j}{\sum_{j=1}^n P_{ij} \ln P_{ij}} = (0.3385, 0.3338, 0.3277)^T$$

试验方案i的综合加权评分值为式(2)

将综合加权评分值通过极差分析 $R_A=37.51$ 、 $R_B=35.82$ 、 $R_C=30.88$ 、 $R_D=10.03$ 。

各处理组指标经模糊数学转换成综合得分, 从得分可以明显看出, 在所有试验处理中, 7号处理对雪莲果护色效果及外观商品性最好, 其次为9号处理。三种抗褐变剂组合后效果明显优于单一抗褐变剂。根据雪莲果要求, 褐变度越低越好, 感官得分越高越好, PPO 越低越好。从实验结果中按级差大小以及排列出各指标下各因素的主次顺序为:

试验指标: 主→次

$$\omega = [\mu\alpha_1 + (1-\mu)\beta_1, \mu\alpha_2 + (1-\mu)\beta_2, \dots, \mu\alpha_m + (1-\mu)\beta_m]^T = (0.40310, 0.32028, 0.27662)^T \dots \dots (1)$$

注: 上式中 $0 < \mu < 1$ 。

$$f_j = \sum_{j=1}^m w_j Z_{ij} = [21.6837, 22.3325, 65.7835, 44.6579, 86.9629, 57.1682, 97.6414, 36.6043, 88.0951]^T \dots \dots (2)$$

3 结论

3.1 本实验研究发现: 不同浓度褐变抑制剂处理后的鲜切雪莲果PPO活性与褐变度在同一时间无直接相关, 有关两者关系有待进一步研究。1.5%柠檬酸、1.0%抗坏血酸、0.6%的焦亚硫酸钠对鲜切雪莲果褐变抑制作用较佳。0.6%的焦亚硫酸钠对鲜切苹果的褐变抑制作用优于1.5%柠檬酸、1.0%抗坏血酸, 1.5%褐变效果褐变抑制效果最差。

3.2 褐变抑制剂单一使用时效果不如复合使用好, 复合抑制剂中各组分由于抑制褐变机理不同, 既可抑制褐变底物酚类物质氧化, 又可抑制引起酚类物质氧化的酶活性, 还可以改变反应环境的pH值, 同时可降低单一褐变抑制剂使用浓度, 大大降低生产成本。

3.3 鲜切雪莲果抗褐变处理最佳工艺参数为: 0.05%焦亚硫酸钠+0.5%柠檬酸+0.5%抗坏血酸, 浸泡10 min, 所得鲜切雪莲果于4℃贮藏10 d后仍可保持较好品质, 抗褐变效果较好。

参考文献

- [1] 李卓亚. 雪莲果化学成分及其药理研究作用进展[J]. 食品与药品, 2007, 6: 41-43
- [2] 李亦翎. 雪莲果果汁饮料的研制[J]. 食品工业科技, 2007, 4: 186-187

PPO (U/g FW): ABCD

褐变度: DABC

感官评分: DBCA

各指标综合加权评分值按单指标试验设计计算方法进行分析, 由极差R可知各影响因素主次顺序ABCD, 从直观分析来看, 第7号试验综合加权评分值 $f_7=97.6414$ 最好, 最优水平组合为 $A_3B_1C_1D_3$; 0.05%焦亚硫酸钠+0.5%柠檬酸+0.5%抗坏血酸的保鲜液中浸泡10 min, 抗褐变效果较好, 但由表5的K1、K2、K3的平均值及综合评分与因素水平的关系可以看出最佳水平组合为 $A_3B_3C_3D_2$, 含该最优组合不在正交实验中, 可做此组合的补充试验, 测得PPO活性为0.015 U/mL, 褐变度为4.89; 感官得分为5, 没有前者效果好。

- [3] 王庆国, 雪莲果及其鲜切产品贮藏技术的初步研究[J]. 现代食品科技, 2010, 26(6): 585-587
- [4] 陈洁, 王春. 鲜切甘蓝保鲜工艺的研究[J]. 保鲜研究, 2008, 4: 23-26
- [5] 杨波, 杨光, 陈佳雯. 鲜切雪莲果护色保鲜工艺的研究[J]. 食品工业科技, 2009, 30(4): 237-242
- [6] 谢岩黎, 李富丽. 鲜切马铃薯褐变控制方法的研究[J]. 开发与研究, 2008, 5: 13-16
- [7] 张京芳. 鲜切莲藕酶褐变的控制方法[J]. 资源开发, 2005, 21(2): 89-93
- [8] 周伟伟, 杨抚林, 郑轶恒. 正交试验法优化鲜切莴笋的护色工艺研究[J]. 现代食品科技, 2010, 26(5): 527-528
- [9] 王文光, 袁唯. 雪莲果加工过程中绿褐变原因初探[J]. 中国食品添加剂, 2009, 23: 92-96
- [10] S. Graefea, M. Hermannb. Effects of post-harvest treatments on the carbohydrate composition of yacon roots in the Peruvian Andes [J]. Field Crops Research. 2003, 8: 156-160
- [11] 鲜切“翠冠”梨涂膜保鲜研究[J]. 食品科学, 2004, 25(11): 318-320
- [12] 鲜切苹果保鲜性能的研究[J]. 食品科技, 2009, 34(2): 43-44
- [13] 魏效玲, 赵立新, 任建华. 多指标试验设计综合加权评分值的确定[J]. 河北建筑科技学院学报, 2003, 20(4): 68-72
- [14] 胡晓丹, 卢黎明, 谢笔钧. 莲藕酶促褐变的研究[J]. 江苏食品与发酵, 1996, 6: 1-41