

# 柠檬汁对梨汁褐变作用的研究

周会玲, 柏广玲, 张 欢, 张 雯, 蔡雪燕, 王艳祎

(西北农林科技大学 园艺学院, 陕西 杨凌 712100)

**摘 要:**采用单因素试验设计,研究了柠檬汁不同添加量、不同添加时期、温度和 pH 对梨汁褐变的抑制效果;同时采用  $L_9(3^4)$  正交实验设计,对抑制梨汁褐变的柠檬汁与亚硫酸钠、草酸、EDTA 的最佳复配组合进行研究。结果表明:柠檬汁对梨汁褐变有一定的抑制作用,且以浓度为 4.5% 时、压榨过程中添加柠檬汁、pH 为 4 时抑制褐变效果最佳,温度对柠檬汁抑制褐变作用无明显影响;正交实验结果表明 0.24% 亚硫酸钠、0.4% 草酸、0.05% EDTA 与 3% 柠檬汁共同作用对梨汁褐变抑制效果最佳。

**关键词:**梨汁;褐变;柠檬汁

**中图分类号:**TS 255.44 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2013)03-0149-03

梨果实中含有丰富的 B 族维生素、可溶性糖、有机酸、维生素以及铁、磷、钙等人体健康所不可缺少的多种营养物质<sup>[1]</sup>,具有保护心脏、减轻疲劳、增强心肌活力、降低血压、祛痰止咳等功能,另外经研究发现,饮用鲜梨汁对脑卒中后便秘有预防作用。新鲜梨汁呈乳白色,口感稍粘稠,味道香甜可口,深受人们喜爱。然而梨汁在加工过程中会发生酶促褐变,引起酶促褐变的主要是多酚氧化酶(PPO),PPO 催化组织里的酚类物质与空气中的氧气生成醌类物质,进而生成褐色物质。发生褐变不仅影响色泽,风味和营养物质也易发生变化,因此严重影响梨汁的品质和商品价值<sup>[2]</sup>。

柠檬是世界上有药用价值的水果之一,富含维生素、糖类、矿物质、烟酸、奎宁酸、柠檬酸、苹果酸、橙皮苷、柚皮苷等多种营养物质,对人体健康十分有益。同时富含大量维生素 C 以及小分子物质,对果汁褐变有一定抑制作用<sup>[3]</sup>。现对柠檬汁对梨汁褐变的抑制作用以及多种添加剂与柠檬汁复合的作用效果进行研究,从而得到柠檬汁对梨汁褐变抑制作用的最优方法,为寻找高效、经济、无公害的褐变抑制剂研究提供新的思路,同时也为柠檬汁在梨汁生产上的应用提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

试验所用的梨和柠檬均购自杨凌示范区国贸市

场,挑选新鲜、大小均匀、成熟度一致、无机械伤、无病虫害的果实于 4℃ 条件下贮藏备用。柠檬酸、亚硫酸钠、EDTA、草酸、磷酸二氢钾、氢氧化钠,均为分析纯。UV-1700 紫外可见分光光度计, PB-10 型 pH 计,赛多利斯科学仪器有限公司; LL23 型恒温水浴锅,江苏金坛正基仪器有限公司; CDE-280 型榨汁机,天津市达康电器有限公司。

### 1.2 试验方法

1.2.1 柠檬汁的制备 将柠檬洗净、切片后,压榨取汁,果汁于 12 000 r/min 离心 15 min,取上清液备用。

1.2.2 梨汁的制备 将梨果洗净、去皮后,切成 2 cm×2 cm×1 cm 的小块,经柠檬汁处理后,压榨取汁,果汁于 12 000 r/min 离心 15 min,取上清液备用。

1.2.3 褐变率的测定 取梨汁上清液,放置 15 min 后抽滤,滤液用分光光度计于 420 nm 比色,以吸光值大小表示褐变率。

1.2.4 单因素试验 以吸光值( $A_{420}$ )为指标,分别研究柠檬汁添加量(2.5%、3.0%、3.5%、4.0%、4.5%、5.0%)、添加时间(榨汁前添加、榨汁时添加、压榨取汁以后添加)、温度(常温 26℃、0℃、45℃)、pH(2、3、4、5)对梨汁褐变率的影响。

1.2.5 正交实验 根据单因素试验结果,确定柠檬汁的最佳添加量,再选择常用的亚硫酸钠、抗坏血酸、EDTA 褐变抑制剂与柠檬汁复配,采用  $L_9(3^4)$  因素水平表进行正交实验(表 1),重复 3 次,以吸光值( $A_{420}$ )为指标,得出柠檬汁与其它几种抑制剂对梨汁褐变抑制的最佳工艺组合。

**第一作者简介:**周会玲(1969-),女,博士,副教授,现主要从事园艺产品采后生理与贮藏保鲜等研究工作。E-mail:zhouhuiling@nwsuaf.edu.cn.

**基金项目:**大学生创新性试验计划资助项目(091071206)。

**收稿日期:**2012-10-24

表 1 正交实验因素水平表

Table 1 The table of the levels and factors of orthogonal experiment

水平	亚硫酸钠(A)/%	草酸(B)/%	EDTA(C)/%	柠檬汁(D)/%
1	0.24	0.1	0.05	5
2	0.40	0.2	0.1	3
3	0.56	0.4	0.5	1

## 2 结果与分析

### 2.1 单因素试验

2.1.1 柠檬汁添加量对梨汁褐变率的影响 由图 1 可知,新鲜梨汁在贮藏过程中因发生褐变反应,其吸光值呈上升趋势。所有处理中,以对照的吸光值最大,褐变最为严重,添加柠檬汁对梨汁褐变有一定的抑制作用,但随着添加量的不同,抑制褐变效果差异较大。添加量在 3.5%~5.0%之间时,抑制褐变效果较好,当添加量少于 3.0%时,不能较好地抑制梨汁贮藏后期褐变。综合比较,以柠檬汁添加量为 4.5%时曲线变化趋势最小,褐变程度较轻,效果最好。

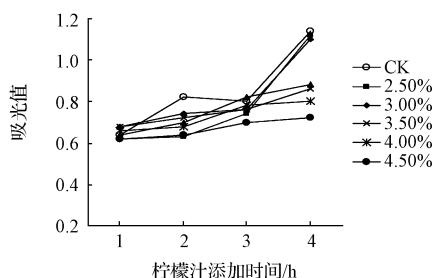


图 1 柠檬汁添加量对梨汁褐变率的影响

Fig.1 Effect of the lemon juice amounts on the browning of pear juice

2.1.2 柠檬汁添加时间对梨汁褐变率的影响 由图 2 可知,柠檬汁添加时间不同,对梨汁的褐变抑制作用不同。压榨过程中添加柠檬汁,梨汁褐变程度最轻,取汁后再添加柠檬汁,梨汁褐变最为严重,破碎时添加,效果居于两者之间。可能是因为压榨过程中梨果肉组织被破坏,细胞内物质流出,此时加入柠檬汁能更加充分地与其中的多酚氧化酶作用,抑制酶的活性,从而减轻褐变;而取汁后再加入柠檬汁,此时梨汁中的酶促褐变已经发生,故作用不明显。

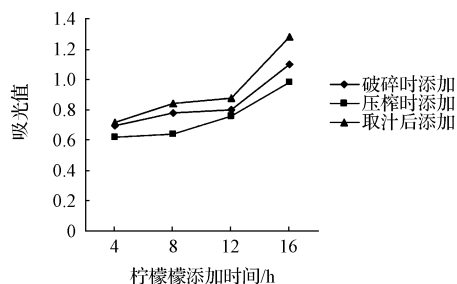


图 2 柠檬汁添加时间对梨汁褐变率的影响

Fig.2 Effect of adding time on the browning of pear juice

2.1.3 温度对柠檬汁抑制梨汁褐变作用的影响 由图 3 可知,将柠檬汁进行不同温度预处理后再加入梨汁中,对褐变影响不大。经方差分析,各处理差异不显著 ( $F_A < F_{0.05} < F_{0.01}$ )。说明温度预处理对柠檬汁抑制梨汁褐变没有显著影响,可能是因为常温、0℃和 45℃对柠檬汁中褐变抑制因子的活性基本没有作用,有关高温是否会影响柠檬汁的抑制褐变作用有待进一步研究。

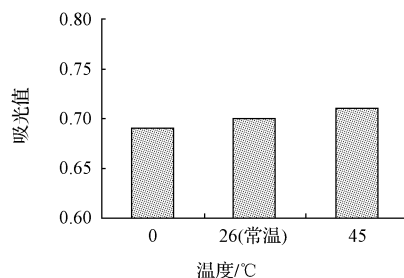


图 3 温度对柠檬汁抑制梨汁褐变率的影响

Fig.3 Effect of temperature on the browning of pear juice

2.1.4 pH 值对柠檬汁抑制梨汁褐变作用的影响 由图 4 可知,pH 高低对柠檬汁抑制梨汁的褐变作用影响较大,当 pH 为 4 时,梨汁的吸光值最低,说明在该 pH 下,柠檬汁里的褐变抑制因子活性最高,而过高或过低的 pH,均不利于诱发褐变抑制因子的活性。

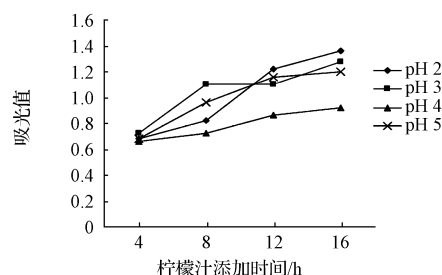


图 4 pH 对柠檬汁抑制梨汁褐变率的影响

Fig.4 Effect of pH on the browning of pear juice

## 2.2 正交实验

根据柠檬汁(D)与亚硫酸钠(A)、草酸(B)、EDTA(C)正交实验表可知,影响梨汁吸光度的主次因素为  $C > A > D > B$ ,最优水平为  $A_2 B_3 C_1 D_2$ ,其中 EDTA 对梨汁吸光度影响最大,其次为亚硫酸钠和柠檬汁,草酸的影响最小。考虑到亚硫酸钠的使用会引起  $SO_2$  残留,并影响果汁口感,结合生产实际,选取  $A_1 B_3 C_1 D_2$  组合为适宜组合,即柠檬汁对梨汁褐变适宜添加量为:亚硫酸钠 0.24%,草酸浓度为 0.4%,EDTA 浓度为 0.05%,柠檬汁为 3%。

## 3 讨论与结论

影响褐变的因素主要有氧气、温度和 pH,生产中通常通过控制这些条件减轻褐变。柠檬酸、草酸可以调节果汁 pH,降低酶的活性,减慢褐变反应;抗坏血酸、亚硫

表 1  $L_9(3^4)$  正交实验结果Table 1 Results of  $L_9(3^4)$  orthogonal experiment

试验号	亚硫酸钠(A) /%	草酸(B) /%	EDTA(C) /%	柠檬汁(D) /%	吸光值 ( $A_{420}$ )
1	1(0.24)	1(0.1)	1(0.05)	1(5)	0.8051
2	1	2(0.2)	2(0.1)	2(3)	0.8712
3	1	3(0.4)	3(0.5)	3(1)	1.0900
4	2(0.40)	1	2	3	0.7497
5	2	1	2	3	0.9658
6	2	3	1	2	0.6120
7	3(0.56)	1	3	2	0.7664
8	3	2	1	3	0.7527
9	3	3	2	1	0.7046
$T_1$	2.7663	2.3213	2.1698	2.4755	
$T_2$	2.3275	2.5897	2.3255	2.2496	
$T_3$	2.2237	2.4066	2.8222	2.5924	
$t_1$	0.9221	0.7737	0.7233	0.8252	
$t_2$	0.7758	0.8632	0.7752	0.7499	
$t_3$	0.7412	0.8022	0.8407	0.8641	
R	0.1809	0.0895	0.2174	0.1142	

酸氢钠<sup>[7]</sup>具有还原性,可以将醌类物质还原为酚类物质,又可以直接不可逆地作用于酶,降低其作用于酚类物质的活性,并且可以降低氧气的浓度,从而抑制褐变;螯合剂如 EDTA、EDTA-2Na,可以螯合 PPO 等氧化酶中的金属离子<sup>[8]</sup>,降低酶活性,减慢酶促褐变速率;巯基化合物如半胱氨酸,其可以同醌类物质反应生成稳定的无色溶液;盐类物质如氯化钠可以降低果汁中的溶氧量,使得底物与氧气接触速率降低减缓褐变。

从该试验正交结果可以看出,随着亚硫酸钠浓度增加,其褐变抑制效果增加;随着草酸浓度的增加,其褐变抑制作用先减小后增加;随着 EDTA 浓度增加其作用减弱;柠檬汁浓度的增加其效果增加,超过一定浓度后作用又降低,是因为柠檬汁中含有抗坏血酸,在一定浓度

时可以争夺酚类物质与氧气接触的机会<sup>[5]</sup>,又可以还原醌类物质,抑制褐变,但当其添加量超过一定范围后,氧化后形成的酮化合物与胺化合物也会发生非酶褐变,同样加剧褐变。

柠檬汁本身是一个酸性溶液,通过调节其 pH,降低氧化酶的活性;从而抑制梨汁的褐变,同时,柠檬汁中富含对人体有益的营养物质,将其作为褐变抑制,还有助于增加梨汁营养价值,改善口味的作用。虽然柠檬汁抑制梨汁褐变的机理尚不十分清楚,但 Kim 等<sup>[9]</sup>和乔勇进等<sup>[3]</sup>认为,柠檬中所含的某些小分子物质对褐变有一定的抑制作用,当然其有效成分还有待进一步研究。

### 参考文献

- [1] 赵佳丽,乔进春,李惠卓,等.河北省鸭梨主产区梨果内在品质的综合评价[J].北方园艺,2010(16):33-35.
- [2] 纪花,陈锦屏.梨汁酶褐变控制方法研究[J].食品工业,2002,2(4):17-18.
- [3] 乔勇进,徐芹,方强,等.萝卜提取液对杨山酥梨多酚氧化酶活性及梨汁褐变的抑制效应[C].中国园艺学会第八届青年学术讨论会暨现代园艺论坛,2008.
- [4] 赵坚华,郑玉淑,李官浩,等.苹果梨中多酚氧化酶抑制剂的抑制效果研究[J].食品科学,2010,3(2):277-279.
- [5] 胡云峰,胡明,邢亚阁,等.雪莲果汁褐变抑制条件的优化研究[J].食品科学,2009(6):92-96.
- [6] 胡燕,陈忠杰.果蔬加工贮藏中的酶促褐变现象及其研究进展[J].农产品加工,2009(12):53-55.
- [7] 卢影,郑建仙.复合护色液对鲜切苹果的防褐变研究[J].现代食品科技,2009,25(9):1024-1028.
- [8] 王伟,胡泳华,黄浩.亚硫酸氢钠在马铃薯切片过程中防褐变作用机理的研究[J].厦门大学学报(自然科学版),2009,49(2):256-259.
- [9] Kim M J, Kim C Y, Park I. Prevention of enzymatic browning of pear by onion extract[J]. Food Chemistry, 2005, 89:181-184.

## Study on Lemon Juice on the Browning of Pear Juice

ZHOU Hui-ling, BAI Guang-ling, ZHANG Huan, ZHANG Wen, CAI Xue-yan, WANG Yan-yi

(College of Horticulture, Northwest Agricultural and Forestry University, Yangling, Shaanxi 712100)

**Abstract:** By single factor experiment design, the inhibit effect of different added amounts, added time, temperature and pH on the browning of pear juice were studied, as well, the combination of lemon juice and sodium sulfite, oxalic acid and EDTA were studied by factors level orthogonal experimental design  $L_9(3^4)$ . The results showed that lemon juice had certain effect to inhibit pear juice browning, with the concentration of 4.5% when added to the squeezing process and the pH 4 had the best inhibition browning effect. The temperature had no significant effect on inhibitory the role of pear juice browning. Orthogonal experiment results showed that 0.24% sodium sulfite, 0.4% oxalic acid, 0.05% EDTA and 3% lemon juice was the best combination of pear juice browning inhibitory effect.

**Key words:** pear juice; browning; lemon juice