

4-己基间苯二酚对鲜切桃色泽相关生理的影响

郑林彦¹, 韩涛^{1*}, 李丽萍², 贾慧敏¹

(¹ 北京农学院食品科学系, 北京 102206; ² 北京工商大学化工学院, 北京 100037)

摘要: 以大久保桃 (*Prunus persica* L.) 为试材, 研究了 4-己基间苯二酚 (4-HR) 处理鲜切桃后在 0℃ 和 5℃ 下贮藏期间的色泽变化及其生理基础。结果表明: 0.01% 4-HR、0.01% 4-HR + 1% 柠檬酸 (CA)、0.01% 4-HR + 1% 抗坏血酸 (AsA)、0.01% 4-HR + 1% CA + 1% AsA 处理均不同程度地抑制了 Hunter L 值 (表示色泽深浅) 的下降和 Hunter a、b 值 (表示彩度) 的上升, 延缓了褐变, 抑制了多酚氧化酶 (PPO)、过氧化物酶 (POD) 的活性, 保持了总酚含量。另外, 单一 0.01% 4-HR 处理效果不明显。

关键词: 桃; 4-己基间苯二酚; 褐变; 贮藏

中图分类号: S 662.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 0513-353X (2007) 06-1367-06

Role of 4-Hexylresorcinol (4-HR) in Color Related Physiological Parameters in Fresh-cut Peach

ZHENG Lin-yan¹, HAN Tao^{1*}, LI Li-ping², and JIA Hui-min¹

(¹ Department of Food Science, Beijing Agricultural College, Beijing 102206, China; ² College of Chemical & Environmental Engineering, Beijing Technology & Business University, Beijing 100037, China)

Abstract: The changes in Hunter L, a, b or browning index and activities of polyphenoloxidase (PPO) and peroxidase (POD), total phenol content in fresh-cut peach (*Prunus persica* L.) treated by 4-hexylresorcinol (4-HR) were measured during storage at 0℃ and 5℃. The results showed that treatments with 0.01% 4-HR, 0.01% 4-HR + 1% citric acid (CA), 0.01% 4-HR + 1% ascorbic acid (AsA) and 0.01% 4-HR + 1% CA + 1% AsA reduced the decline of Hunter L and the increase of Hunter a or b, to a various extent, delayed the time in flesh browning, inhibited activities of PPO and POD, and maintained total phenol contents. However, inhibitory effect of the browning by 4-HR was not significant.

Key words: Peach; 4-hexylresorcinol; Browning; Storage

随着人们生活水平的提高和生活节奏的加快, 鲜切果蔬因其食用方便、卫生受到人们的喜欢。但桃果实经去皮、切割后易发生褐变, 影响了产品的外观品质。

4-己基间苯二酚 (4-HR) 是一种新型的抗氧化剂。1995 年, 世界卫生组织 (WHO) 将其列入准用的 C 类添加剂名单中。我国也已将 4-HR 纳入中国食品添加剂使用卫生标准。该抗氧化剂能有效抑制褐变, 安全性高 (程建军等, 2000)。4-HR 在鲜切苹果 (Maria et al., 2006)、梨 (Dong et al., 2000)、芒果 (Guerrero-Beltran et al., 2005)、马铃薯 (Reyes-Moreno et al., 2002)、萝卜 (Gonzalez-Aguilar et al., 2001) 等产品中表现出良好的抗褐变效果。

本研究中以大久保桃为试验材料, 探讨了 4-HR 处理及其复合配剂对鲜切桃贮存期间色泽的影响

收稿日期: 2007-03-19; 修回日期: 2007-05-24

基金项目: 北京市属市管高校人才强教计划项目 (0014-05-1671); 北京市属市管高校中青年骨干教师培养计划项目 (PXM2007-014207-044539)

* 通讯作者 Author for correspondence (E-mail: taolhan@yahoo.com.cn)

及其相关生理基础,为 4-HR 在鲜切产品中的应用提供依据。

1 材料与方法

试验材料大久保桃 (*Prunus persica* L.) 购自北京昌平一果园。

选择无腐烂,无机械损伤,体积大小、色泽、成熟度均一的果实,经清洗,去皮,切块后分别在清水(对照),0.01% 4-HR (A),0.01% 4-HR + 1% 柠檬酸 (B),0.01% 4-HR + 1% 抗坏血酸 (C),0.01% 4-HR + 1% 柠檬酸 + 1% 抗坏血酸 (D) 中浸泡 5 min,捞出沥干后,装入聚乙烯自封袋,排出袋中空气,封口。每袋装 10 块,3 个重复,分别贮存于 0℃ 和 5℃ (模拟货架期) 的冷库中。本试验中 4-HR 浓度是根据 Dong 等 (2000) 和苏新国等 (2003) 分别对鲜切梨和鲜切莲藕的研究结果以及我们对鲜切桃预试验结果确定的。

贮存期间每 2 d 随机取样,测定与色泽有关的指标。

使用 DC-P₃ 自动色差仪测定色泽,结果以 Hunter L 及 Hunter a、b 值表示。Hunter L 值表示桃块表面的颜色深浅,L 值越大,表示颜色越浅,表面越有光泽;反之,L 值越小,表示颜色越深,果实表面暗淡无光泽。Hunter a 值表示红绿的程度:a 值为“+”时表示红的程度;a 值变大,表示红色加重。Hunter b 值表示黄蓝的程度:b 值为“+”时,表示黄的程度;b 值变大,黄色加深。

褐变测定采用消光值法(郁志芳等,2003)。待测桃块按 1:10 (质量比) 加预冷过的蒸馏水,低温 (0~4℃) 下匀浆 2 min,过滤后取滤液于 25℃ 保温 5 min,在波长 410 nm 处测定其吸光值 A,结果以 $A_{410} \times 10$ 表示褐变度。

多酚氧化酶 (PPO)、过氧化物酶 (POD) 活性测定参照陈建勋和王晓峰 (2002) 的方法,相对活力单位定义为每分钟 A 值变化 0.001 为一个活力单位 (U)。

总酚含量测定参照朱广廉等 (1990) 的方法,以没食子酸作标准曲线。

2 结果与分析

2.1 4-HR 及其复配剂对鲜切桃 Hunter L 值的影响

各处理的 Hunter L 值随贮藏期延长呈逐渐下降趋势(图 1),0℃ 下 4-HR 处理的 Hunter L 值高于对照,处理效果明显的是 D 和 C 处理,其次是 B 处理;而 A 处理(仅 4-HR) 效果不明显。在模拟货架期的 5℃ 条件下,对照 Hunter L 值下降的幅度大。各处理的 Hunter L 值变化趋势与对照相似,明显高于对照,处理效果最明显的是 C 处理。

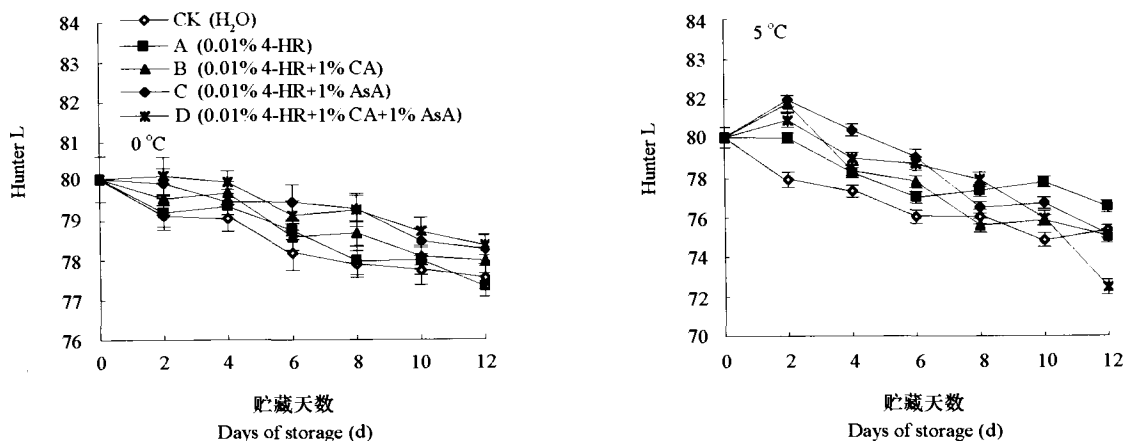


图 1 4-HR 及其复配剂处理鲜切桃后 Hunter L 值的变化

Fig. 1 Changes of Hunter L in fresh-cut peach treated with 4-HR during storage at 0°C and 5°C

上述结果表明, 在不同温度下桃块表面颜色变深是相似的, 较低的温度贮藏可保持桃块颜色; 另外, 在较高温度下, 4-HR 及其复配剂对桃块颜色变深的影响更为明显。

2.2 4-HR 及其复配剂对鲜切桃 Hunter a 值的影响

在 0℃ 下, 对照桃块的 Hunter a 值在前 8 d 略有上升, 变化平稳, 随后呈快速上升趋势, 表明表面红色程度加重 (图 2)。各处理的 Hunter a 值与对照变化几乎同步, 但均低于对照处理, 其中, 4-HR 复配剂的 Hunter a 值一直明显低于对照 ($P < 0.05$)。在 5℃ 下, 不同处理与对照的 Hunter a 值变化趋势和幅度与 0℃ 下的相似或接近, 以 D 处理最为明显。可以看出, 4-HR 及其复配剂对抑制桃块在贮存期间果肉 Hunter a 值的上升或果肉变红有较明显的效果。

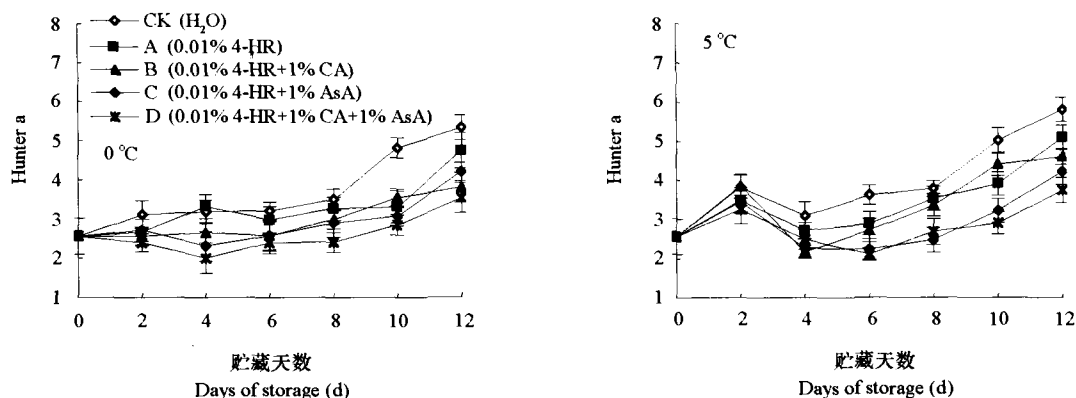


图2 4-HR 及其复配剂处理鲜切桃后 Hunter a 值的变化

Fig. 2 Changes of Hunter a in fresh-cut peach treated with 4-HR during storage at 0℃ and 5℃

2.3 4-HR 及其复配剂对鲜切桃 Hunter b 值的影响

0℃ 和 5℃ 下, 未经处理的对照 Hunter b 值均呈逐渐上升趋势 (图 3); 4-HR 及其复配剂处理的 Hunter b 值几乎一直明显低于对照, 其中 D 和 C 处理最为明显。总体上, 在 5℃ 下 Hunter b 值略高于 0℃。4-HR 及其复配剂对抑制桃块在贮存期间果肉 Hunter b 值的上升或果肉黄色的加深效果较明显。

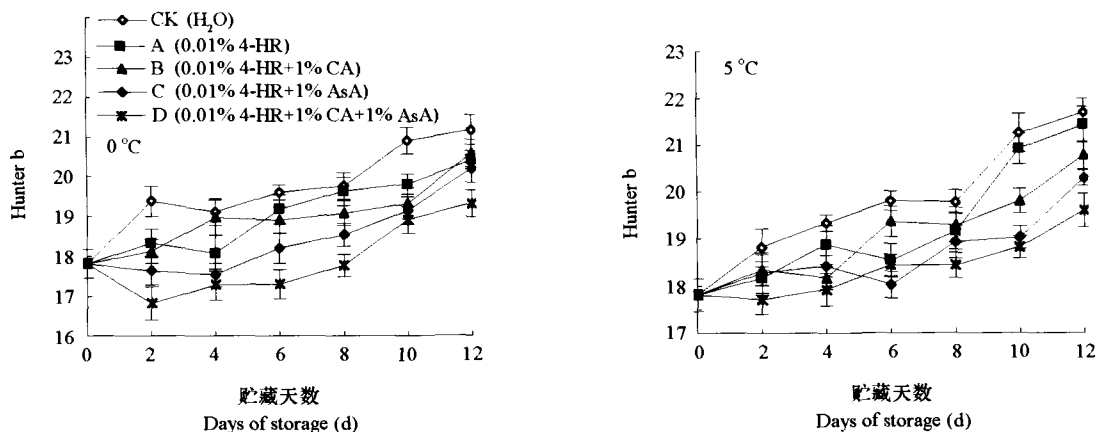


图3 4-HR 及其复配剂处理鲜切桃后 Hunter b 值的变化

Fig. 3 Changes of Hunter b in fresh-cut peach treated with 4-HR during storage at 0℃ and 5℃

2.4 4-HR 及其复配剂对鲜切桃褐变度的影响

在 0℃ 和 5℃ 的贮存期间, 鲜切桃的褐变度几乎呈直线上升趋势 (图 4), 其中在 5℃ 下的数值稍

高于 0℃。4-HR 及其复配剂对鲜切桃的褐变度有不同程度的抑制作用,效果最明显的为 D 处理。这一结果与 Hunter L 及 Hunter a、b 值的变化趋势相一致,表明鲜切桃随着贮藏时间的延长,光泽变暗,色泽加深,褐变加重。

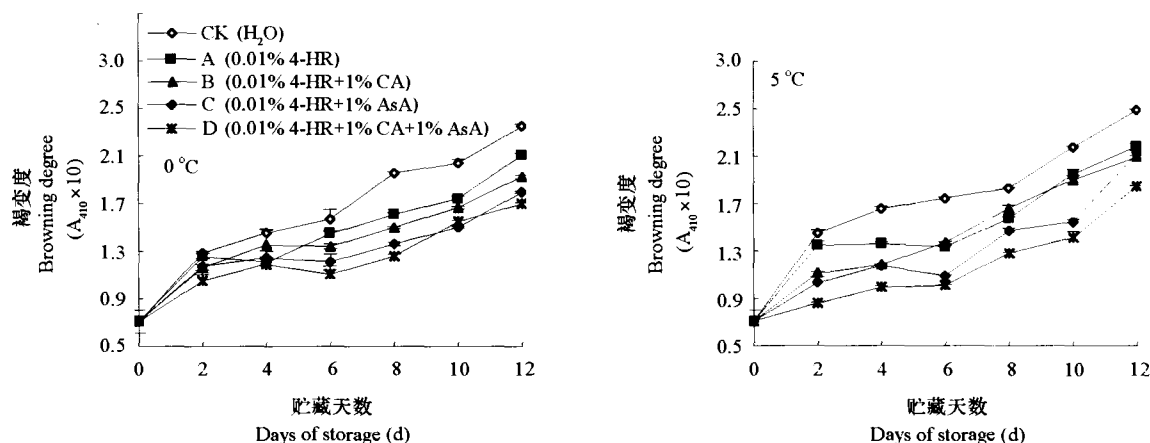


图4 4-HR 及其复配剂处理鲜切桃后褐变度的变化

Fig. 4 Changes of browning degree in fresh-cut peach treated with 4-HR during storage at 0°C and 5°C

2.5 4-HR 及其复配剂对鲜切桃 PPO 活性的影响

PPO 是影响酶促褐变的关键酶,在氧存在的情况下能催化酚类物质氧化成醌,并进一步聚合成黑色素,导致组织褐变。无论在 0℃ 还是 5℃ 下,鲜切桃的 PPO 活性在贮存期间均有相似的变化趋势和相近的变化幅度(图 5),即先上升后下降,在第 6 天达到最大值。4-HR 及其复配剂的 PPO 活性均低于对照,大部分情况明显低于对照 ($P < 0.05$),D 处理效果最明显。

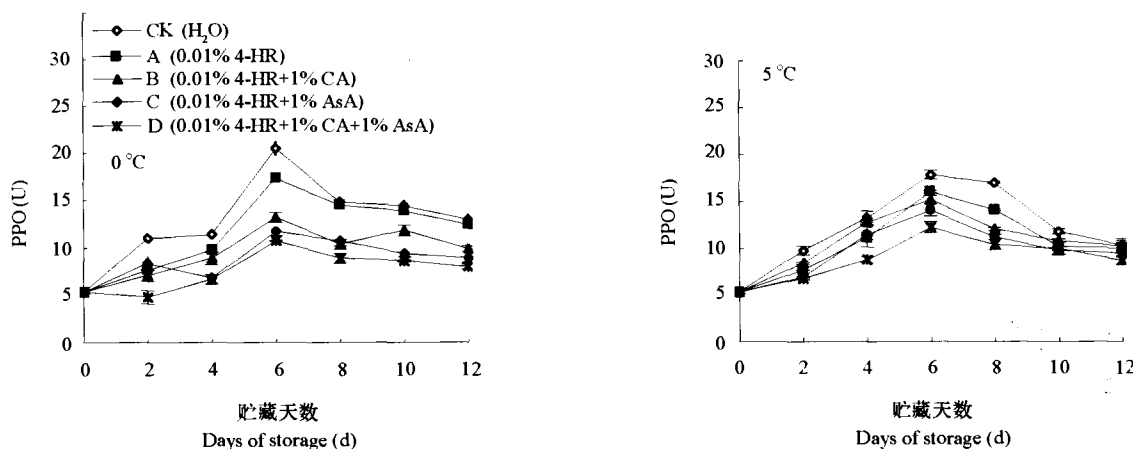


图5 4-HR 及其复配剂处理鲜切桃后 PPO 活性的变化

Fig. 5 Changes of PPO activity in fresh-cut peach treated with 4-HR during storage at 0°C and 5°C

2.6 4-HR 及其复配剂对鲜切桃 POD 活性的影响

POD 也是影响褐变的酶,能催化一些酚类物质的氧化。

在 0℃ 下,鲜切桃 POD 活性在前 4 d 变化平稳,随后快速上升(图 6);在 5℃ 下,POD 活性一直平稳增加;不同处理的 POD 活性变化趋势相似。4-HR 及其复配剂处理能明显降低两个温度下的 POD 活性 ($P < 0.05$),D 和 C 处理效果明显。温度对鲜切桃 POD 活性的抑制作用主要表现在贮存前 6 d。

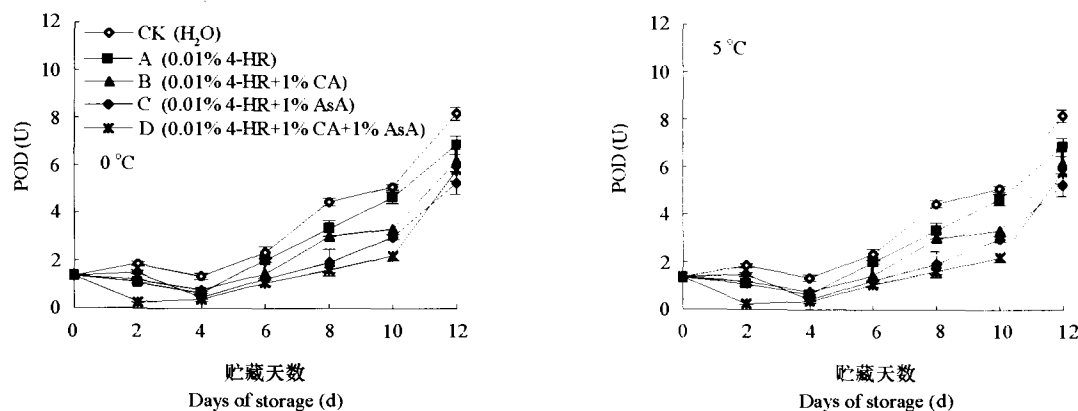


图6 4-HR 及其复配剂处理鲜切桃后 POD 活性的变化

Fig. 6 Changes of POD activity in fresh-cut peach treated with 4-HR during storage at 0°C and 5°C

2.7 4-HR 及其复配剂对鲜切桃总酚含量的影响

在 0℃ 下, 鲜切桃的总酚含量在前 6 d 快速下降, 随后变化平缓 (图 7); 而在 5℃ 下, 总酚含量则是稳步下降。4-HR 及其复配剂处理后的总酚含量明显高于未经处理的对照 ($P < 0.05$), 以 D 处理最高。5℃ 的总酚含量总体上低于 0℃, 表明温度影响总酚含量, 与对 PPO、POD 活性的影响相似。

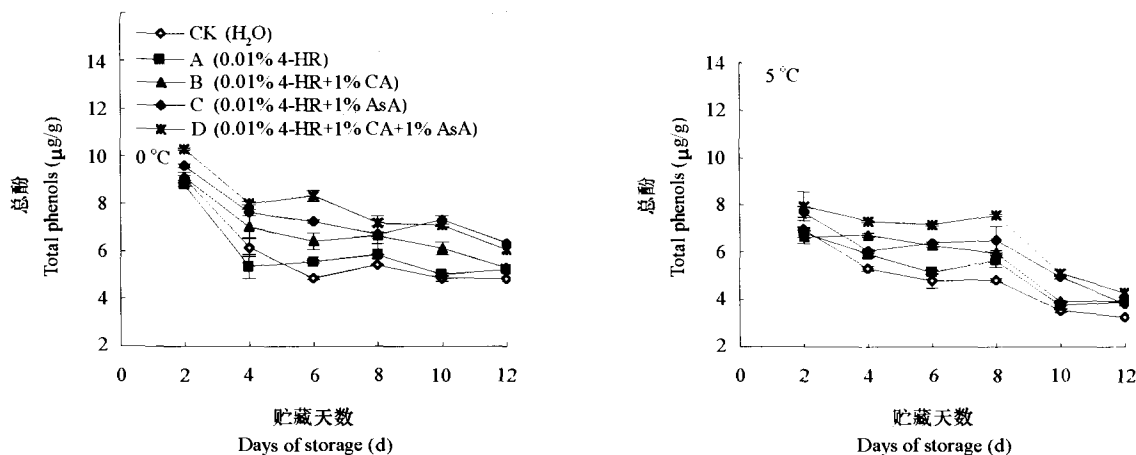


图7 4-HR 及其复配剂处理鲜切桃后总酚含量的变化

Fig. 7 Changes of total phenols compound in fresh-cut peach treated with 4-HR during storage at 0°C and 5°C

3 讨论

桃果实经切割后果肉组织中多酚类物质与空气中的氧接触, 在氧化酶类的参与下被氧化成褐色物质, 即发生了褐变, 直接影响了鲜切桃的外观品质。

柠檬酸和抗坏血酸是鲜切产品上常用的有机酸, 可降低 pH 值, 抑制酶的活性; 同时柠檬酸具有 3 个羧基, 具有很强的螯合金属离子能力, 可以螯合 PPO 的 Cu^{2+} , 还能增强抗氧化剂的抗氧化作用 (韩涛 等, 2005); 抗坏血酸既可以作为醌的还原剂, 又可以被 PPO 直接氧化, 起到竞争性抑制的作用, 也可以先和产品或环境中的氧发生反应, 消耗了氧, 从而阻止了底物的酶促反应, 是酶促褐变较理想的抑制剂。4-HR 主要用作抗氧化剂、色素稳定剂和护色剂, 以及 PPO 的抑制剂。它通过竞争性结合至还原性化合物结合的部位, 从而起到抑制作用 (Fennema, 2003)。

4-HR 使鲜切苹果 14 d 颜色不变 (Maria et al., 2006); 4-HR 结合半胱氨酸或抗坏血酸 (AsA) 在 3℃ 贮藏, 抑制了芒果褐变, 保持了色泽稳定性 (Guerrero-Beltran et al., 2005); 经 0.01% 4-HR + 0.5% AsA + 1.0% 乳酸钙处理的鲜切梨在 2~5℃ 下能保持 15~30 d 货架期 (Dong et al., 2000); 4-HR + AsA 保持了马铃薯块的色泽, 防止了褐变 (Reyes-Moreno et al., 2002); 4-HR + 山梨酸钾 + 半胱氨酸处理的鲜切萝卜在 10℃ 下 18 d 不褐变 (Gonzalez-Aguilar et al., 2001)。4-HR 对多种鲜切果蔬产品能有效地保持色泽, 抑制褐变。

本试验中, 桃块处理初期, 总酚含量较高, 酶反应底物充足, 酶活性升高, 桃块发生褐变, 褐变度上升, 桃块表面失去光泽, Hunter L 值下降, Hunter a、b 值上升; 后期酚类物质消耗减少, 底物不足, 酶活性降低。PPO 和 POD 的变化趋势不同, 可能是 PPO 占主导地位, 且与底物的结合能力较强的原因。

4-HR 单一处理和结合柠檬酸、抗坏血酸的复合剂均能抑制 PPO、POD 的活性, 控制了褐变, 保持了较好的色泽; 但单一的 0.01% 4-HR 处理的效果并不明显, 这和 4-HR 抑制鲜切莲藕褐变的研究 (苏新国等, 2003) 一致。另外, 0.01% 4-HR + 1% CA 的处理效果不如 0.01% 4-HR + 1% AsA、0.01% 4-HR + 1% CA + 1% AsA 的处理; 而在 0℃ 时抑制褐变的效果则较好。

References

- Chen Jian-xun, Wang Xiao-feng. 2002. Plant physiology experiment. Guangzhou: South China University of Technology Press. (in Chinese)
- 陈建勋, 王晓峰. 2002. 植物生理学实验指导. 广州: 华南理工大学出版社.
- Cheng Jian-jun, Ren Yun-hong, Yang Yong-li, Li Mei, Gao Chan. 2000. Recent progress in inhibition of enzymatic browning of fruit and vegetable. Journal of Northeast Agricultural University, 31 (4): 406-410. (in Chinese)
- 程建军, 任运宏, 杨咏丽, 李梅, 高蝉. 2000. 果蔬酶褐变控制的研究进展. 东北农业大学学报, 31 (4): 406-410.
- Dong X, Wrolstad R E, Sapers D. 2000. Extending shelf-life of fresh-cut pears. Journal of Food Science, 65 (1): 181-186.
- Fennema O R. 2003. Food chemistry. Wang Zhang, Xu Shi-ying, Jiang Bo, Yang Rui-jin, Zhong Fang, Ma Jian-guo trans. Beijing: China Light Industry Press. (in Chinese)
- Fennema O R. 2003. 食品化学. 王璋, 许时婴, 江波, 杨瑞金, 钟芳, 麻建国译. 北京: 中国轻工业出版社.
- Gonzalez-Aguilar G A, Wang C Y, Buta J G. 2001. Inhibition of browning and decay of fresh-cut radishes by natural compounds and their derivatives. Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie, 34 (5): 324-328.
- Guerrero-Beltran J A, Swanson B G, Barbosa Canovas G V. 2005. Inhibition of polyphenoloxidase in mango puree with 4-hexylresorcinol, cysteine and ascorbic acid. Lebensmittel-Wissenschaft und-Technologie, 38 (6): 625-630.
- Han Tao, Li Li-ping, Zhao Jia. 2005. Color changes of fresh-sliced yam during storage and effect of anti-staling agents on it. Science and Technology of Food Industry, 26 (1): 175-177. (in Chinese)
- 韩涛, 李丽萍, 赵佳. 2005. 切割山药片在贮存期间的色泽变化及护色工艺研究. 食品工业科技, 26 (1): 175-177.
- Maria A, Rojas-Graue, Angel Sobrino-Lopez, Maria Soledad Tapia, Olgamartin-Belloso. 2006. Browning inhibition in fresh-cut 'Fuji' apple slices by natural anti-browning agents. Journal of Food Science, 71 (1): 59-65.
- Reyes-Moreno C, Parra-Inzunza M A, Milan-Carrillo J, Zazueta-Niebla J A. 2002. A response surface methodology approach to optimise pretreatments to prevent enzymatic browning in potato (*Solanum tuberosum* L.) cubes. Journal of the Science of Food and Agriculture, 82 (1): 69-79.
- Su Xin-guo, Jiang Yue-ming, Li Yue-biao, Lin Wen-bin. 2003. Effects of 4-hexylresorcinol (4-HR) on browning and quality of fresh-cut lotus. Food Science, 24 (12): 142-145. (in Chinese)
- 苏新国, 蒋跃明, 李月标, 林文彬. 2003. 4-HR 对鲜切莲藕褐变以及贮藏品质的影响. 食品科学, 24 (12): 142-145.
- Yu Zhi-fang, Peng Gui-xia, Xia Zhi-hua, Kang Ruo-yi. 2003. Enzymatic browning mechanism of fresh-cut yams. Food Science, 24 (5): 44-49. (in Chinese)
- 郁志芳, 彭贵霞, 夏志华, 康若玮. 2003. 鲜切山药酶促褐变机理的研究. 食品科学, 24 (5): 44-49.
- Zhu Guang-lian, Zhong Hai-wen, Zhang Ai-qin. 1990. Plant physiology experiment. Beijing: Peking University Press. (in Chinese)
- 朱广廉, 钟海文, 张爱琴. 1990. 植物生理学实验. 北京: 北京大学出版社.