

减压对冬枣采后生理生化变化的影响

薛梦林^{1,2}, 张继澍¹, 张平², 王莉²

(¹西北农林科技大学生命科学学院, 杨凌 712100; ²国家农产品保鲜工程技术研究中心, 天津 300384)

摘要:以冬枣果实为试材,研究了减压对枣果贮藏生理生化变化的影响。结果表明,减压有效地保持了枣果的硬度和 V_C 含量,降低了果肉中乙醇、乙醛含量和枣果呼吸强度,抑制了抗坏血酸氧化酶和乙醇脱氢酶的活性,减慢了内源乙烯的释放速率。但是,减压对阻止果肉褐变无明显效果。

关键词:冬枣;减压贮藏;采后生理生化

Effect of Hypobaric Storage on Physiological and Biochemical Changes of Dong Jujube Fruit During Cold Storage

XUE Meng-lin^{1,2}, ZHANG Ji-shu¹, ZHANG Ping², WANG Li²

(¹ College of Life Science, Northwest Sci-Tech University of Agriculture and Forestry, Yangling 712100;

² National Engineering and Technology Centre for Agricultural Products Fresh-keeping, Tianjin 300384)

Abstract: The effect of hypobaric storage on physiological and biochemical changes of Dong jujube fruit was studied. The results showed that hypobaric storage significantly kept firmness and vitamin C content, reduced acetaldehyde and alcohol contents in pulp and respiratory intensity of jujube fruit, inhibited ascorbic acid oxidase and alcohol dehydrogenase activities, slowed down the rate of ethylene production in fruit. The effect of hypobaric storage on flesh browning was not obvious.

Key words: Dong jujube; Hypobaric storage; Postharvest physiology and biochemistry

枣果含糖量高,组织结构特殊,采后自然条件下极易发生软化、酒化、褐变,并伴有 V_C 大量损失,导致枣果腐烂变质^[1,2]。近年来,有关科研人员对冬枣的保鲜做了大量的研究工作,包括冷藏、涂膜、气调、冷冻处理等等,在一定程度上延长了冬枣的保鲜期,但仍未获得突破性进展,满足不了国内外市场对冬枣贮藏保鲜的产业化要求。

一些研究结果表明,减压处理可使密封室内的氧气含量迅速减少,消除二氧化碳中毒的可能性,能够大大加速组织内乙烯以及其它各种挥发性代谢产物,如乙醛、乙醇等向外扩散,从而减少内源乙烯的含量,避免组织内乙醛、乙醇等有毒物质的积累。减压后,果蔬的后熟仍比较缓慢,带来了较长的货架寿命。这些作用对防止果蔬组织的完熟衰老和开拓市

场是非常有利的^[3]。减压贮藏保鲜,国内外报道较多的是在番茄、香蕉等果实以及其它一些蔬菜(如菠菜、生菜、青豆、青葱、蘑菇等)上的应用^[4,5]。但在枣果保鲜上的应用以及对枣果贮藏中生理生化效应的研究,尚未见报道。本研究旨在利用减压贮藏的方法延长冬枣保鲜期,满足国内外市场需求,同时探讨减压对冬枣软化、酒化、褐变的影响,以为冬枣减压贮藏技术提供一定的理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

试验材料为冬枣,于2001年10月12日采自天津市大港区。试材选择半红期采收,挑选大小均匀、成熟度相对一致、无虫、无伤果。采收当日入冷库

($-1 \pm 0.5^\circ\text{C}$) 预冷 2 d, 贮于国家农产品保鲜工程技术研究中心(简称保鲜中心,天津)研制的微型减压贮藏容器(有加湿系统,真空度 $0.01 \sim 0.03$ MPa);对照用保鲜中心研制生产的无毒聚氯乙烯(PVC)调气透湿打孔袋贮藏,每袋 2.5 kg,内放保鲜中心研制的 CT_2 保鲜剂 3 袋。减压装置与对照均置于冷藏库($-1 \pm 0.5^\circ\text{C}$)中,定期测定。

1.2 方法

1.2.1 硬度测定 用国产 GY-1 型果实硬度计,测头直径 3.5 mm,重复 5 个枣果;每个枣果对称取 2 点,测定部位去果皮。

1.2.2 呼吸速率测定 每次从冷藏库取枣果 1 kg,置 $18 \pm 0.5^\circ\text{C}$ 恒温室,24 h 后用气流法测定^[6],气体流速 $0.4 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1}$,设置 2 次重复。

1.2.3 V_C 的测定 用碘液滴定法^[6]。

1.2.4 抗坏血酸氧化酶和多酚氧化酶(PPO)活性的测定 用碘液滴定法^[7]。

1.2.5 乙醛的测定 用对羟基联苯比色法^[6]。

1.2.6 乙醇的测定 用氧化还原滴定法^[6]。

1.2.7 乙醇脱氢酶的测定 用苯甲基磺酰氟(P-MSF)比色法^[8]。

1.2.8 呼吸商(RQ)的测定 取 1 kg 枣果置真空干燥器内,在恒温室($18 \pm 0.5^\circ\text{C}$)密闭 24 h 后,用奥氏气体分析仪测定^[6]。

1.2.9 乙烯释放速率的测定 取 1 kg 枣果密封于 2 500 ml 玻璃瓶中,置恒温室($18 \pm 0.5^\circ\text{C}$)45 h 后取气样,用美国产惠普 6890 型气相色谱仪测定,重复 3 次取平均值,氢火焰离子化检测器,三氧化二铝填充柱,进样口温度 250°C ,检测温度 250°C ,炉温 150°C ,外标法定量。

1.2.10 所有的试验数据用 SPSS 软件进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 减压对冬枣硬度的影响

由图 1 可知,减压与对照的枣果硬度,在贮藏前期缓慢下降,贮藏后期迅速下降,但减压下硬度下降比对照较为平缓。方差分析可知,处理和对照的果肉硬度与贮藏时间呈极显著负相关($P < 0.01$),相关系数分别为 $r_1 = -0.8769$, $r_2 = -0.8518$;在整个贮藏阶段,减压下的果肉硬度均高于对照,两者差异达显著水平($P < 0.05$)。当贮藏 96 d 时,减压与对照的枣果硬度分别为 $9.95 \text{ kg} \cdot \text{cm}^{-2}$ 和 $7.70 \text{ kg} \cdot \text{cm}^{-2}$,与采后贮前枣果硬度($12.59 \text{ kg} \cdot \text{cm}^{-2}$)相比,减压比对照枣果硬度的下降减少 18%。因此,减压

对保持枣果硬度有明显效果。

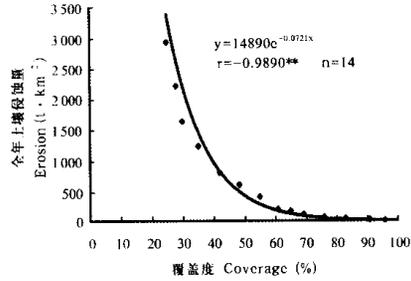


图 1 减压对冬枣硬度的影响

Fig.1 Effect of hypobaric storage on firmness of Dong jujube fruit

2.2 减压对冬枣 V_C 含量和抗坏血酸氧化酶活性的影响

冬枣采后贮藏中, V_C 含量前期略有上升,然后开始下降(图 2),这可能是冬枣在贮藏前期有进一步成熟和营养转化的过程^[9]。处理和对照鲜果 V_C 含量与贮藏时间呈极显著负相关($P < 0.01$),相关系数分别为 $r_1 = -0.9407$, $r_2 = -0.9725$;减压下 V_C 含量总是高于对照,两者差异达极显著水平($P < 0.01$)。减压下第 24 天 V_C 含量达到最大值,而对照在 12 d 时就达到最大值,说明减压使冬枣 V_C 含量最大值的出现推迟 12 d。至第 96 天时,对照与减压枣果的 V_C 含量分别为 $58.08 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1} \text{FW}$ 和 $104.63 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1} \text{FW}$,减压比对照高出 $46.55 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1} \text{FW}$ 。这说明减压有效地保持了枣果 V_C 含量,提高了枣果的食用品质。

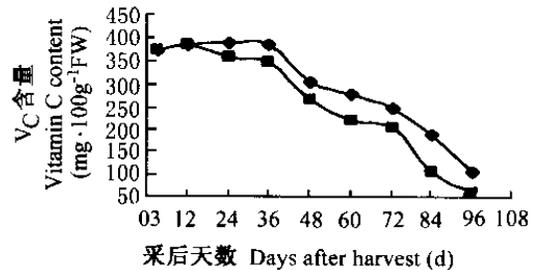


图 2 减压对冬枣 V_C 含量的影响

Fig.2 Effect of hypobaric storage on vitamin C content of Dong jujube fruit

图 3 显示,枣果抗坏血酸氧化酶活性,在贮藏前期较高,随后开始下降,这也许是因为温度与酶的活性表达有关。在贮藏期间,减压下酶的活性始终比对照低,两者呈显著差异($P < 0.05$)。由于抗坏血酸氧化酶活性与 V_C 含量呈负相关^[10],这与图 2 显示的 V_C 含量变化趋势相一致。

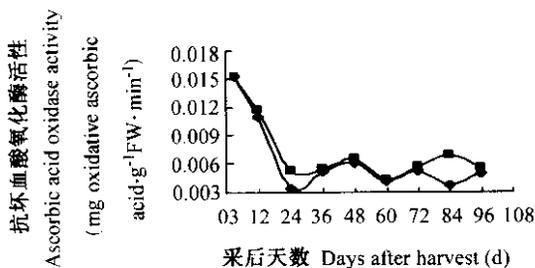


图3 减压对冬枣抗坏血酸氧化酶活性的影响
Fig.3 Effect of hypobaric storage on activity of ascorbic acid oxidase of Dong jujube fruit

2.3 减压对冬枣褐变的影响

果蔬在贮藏过程中,其褐变程度也是影响贮藏品质的关键理化指标之一。由于酶促褐变是由于PPO将底物酚氧化成醌,由醌聚合形成有色化合物所致^[11],所以,PPO活性的高低可以反映出枣果发生褐变的程度。采后3 d,PPO活性较高,12 d后维持在低水平。图4显示,贮藏前期,减压下PPO活性高于对照,贮藏后期,减压下PPO活性略低于对照,但差异不显著,说明减压对抑制枣果多酚氧化酶活性没有明显效果。

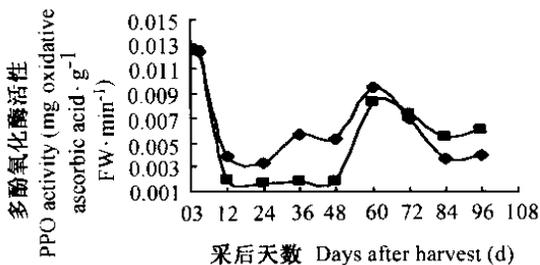


图4 减压对冬枣PPO活性的影响
Fig.4 Effect of hypobaric storage on PPO activity of Dong jujube fruit

2.4 减压对冬枣酒化的影响

枣果采后乙醛、乙醇的含量均较低,这与陈祖钺等在枣果上的研究结果相似^[12]。在贮藏过程中,处理、对照的果肉乙醛和乙醇含量与贮藏时间都呈极显著正相关($P < 0.01$),相关系数分别为 $r_1 = 0.9017$, $r_2 = 0.9028$ 和 $r_1 = 0.8972$, $r_2 = 0.9100$;处理果肉的乙醛、乙醇含量总是低于对照,处理与对照间两者的差异均显著($P < 0.05$)。当贮藏60 d和96 d时,减压的乙醛含量分别为 7.68 、 $17.62 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{FW}$,而对照的分别为 9.48 、 $25.38 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1} \text{FW}$,减压下果肉乙醛含量的增加比对照减少了38%(图5)。60 d和96 d时,减压的乙醇含量分别为

0.0617 、 $0.105 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1} \text{FW}$,而对照的分别为 0.0782 、 $0.1178 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1} \text{FW}$,减压下乙醇含量分别比对照降低了21%和11%(图6)。图7显示,乙醇脱氢酶活性在贮藏前期,处理与对照差异不明显;贮藏中后期,减压下乙醇脱氢酶活性一直低于对照,两者差异显著($P < 0.05$)。84 d测定减压下酶的活性比对照降低0.027酶单位($\Delta 0.001 \text{ A340} \cdot \text{g}^{-1} \text{FW} \cdot \text{min}^{-1}$)。

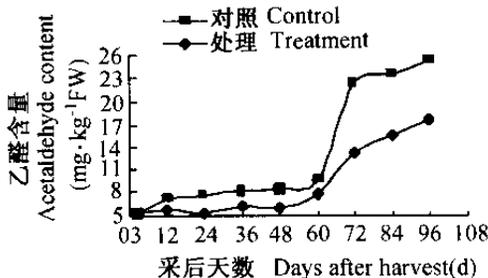


图5 减压对冬枣乙醛含量的影响
Fig.5 Effect of hypobaric storage on acetaldehyde content of Dong jujube fruit

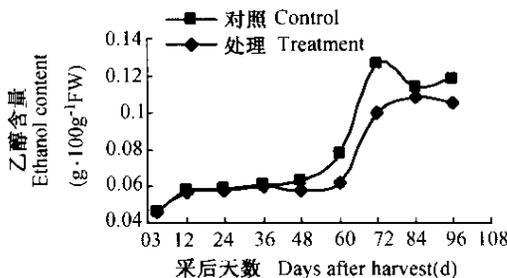


图6 减压对冬枣乙醇含量的影响
Fig.6 Effect of hypobaric storage on alcohol content of Dong jujube fruit

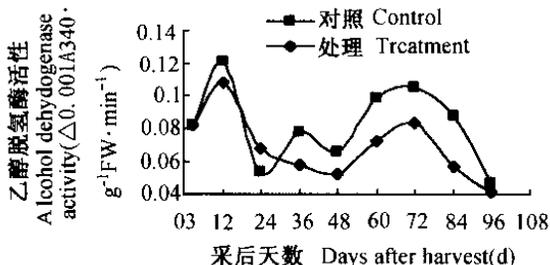


图7 减压对冬枣乙醇脱氢酶活性的影响
Fig.7 Effect of hypobaric storage on alcohol dehydrogenase activity of Dong jujube fruit

从图8可知,枣果贮藏期间,减压和对照的呼吸商(RQ)与贮藏时间呈显著正相关($P < 0.05$),相关系数分别为 $r_1 = 0.8823$, $r_2 = 0.8628$;减压下RQ值

始终低于对照,两者差异显著($P < 0.05$)。结果说明,冬枣贮藏后期,无氧呼吸加强,减压可以降低冬枣无氧呼吸的程度,对抑制枣果酒化起到了一定的作用。

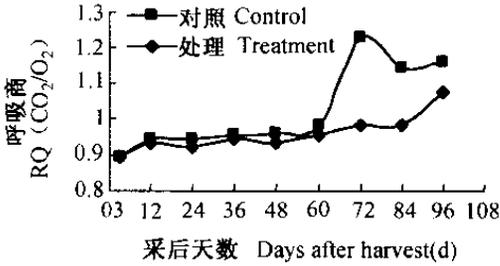


图 8 减压对冬枣呼吸商(RQ)的影响

Fig. 8 Effect of hypobaric storage on RQ of Dong jujube fruit

2.5 减压对冬枣呼吸强度及乙烯释放速率的影响

从图 9 和图 10 可以看出,冬枣在采后贮藏中,有呼吸高峰和乙烯高峰的出现,冬枣可能为呼吸跃变果实。相关分析可知,减压下呼吸强度和乙烯释放速率总是低于对照,两者呼吸强度差异极显著($P < 0.01$),乙烯释放速率在贮藏中后期差异显著($P < 0.05$)。所以,减压可以降低冬枣的呼吸强度及乙烯释放量,但对呼吸高峰和乙烯高峰出现的时间无影响。

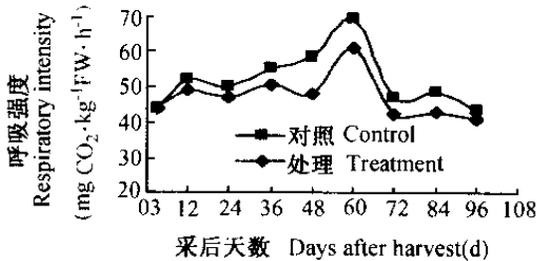


图 9 减压对冬枣呼吸强度的影响

Fig. 9 Effect of hypobaric storage on respiratory intensity of Dong jujube fruit

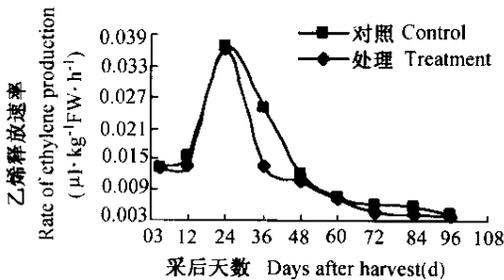


图 10 减压对冬枣乙烯释放速率的影响

Fig. 10 Effect of hypobaric storage on the rate of ethylene production of Dong jujube fruit

3 讨论

(1) 大枣中 V_C 含量高达 $400 \sim 600 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1} \text{ FW}^{[13]}$, 比素以 V_C 含量高著称的猕猴桃高 $4 \sim 6$ 倍。因此,把 V_C 损失率作为检验大枣贮藏品质的重要指标之一。许多研究认为,枣果在贮藏中,果肉由青转红尚未变软之前, V_C 含量略有上升,随后缓慢下降^[12,14~16]。本研究结果基本与此观点一致。试验结果也说明,减压可以抑制枣果硬度的下降以及抗坏血酸氧化酶活性,对保存枣果 V_C 含量,提高枣果的营养价值具有一定的作用。

(2) 有研究认为,减压贮藏主要是创造了一个低氧条件,从而达到类似气调贮藏的作用^[3]。一般认为,组织结构内气体向外扩散的速度,与该气体在组织内外的分压差及其扩散系数成正比,扩散系数又与外部的压力成反比。所以,减压贮藏能够大大加速组织内气体向外扩散,减少内源乙烯的含量,降低乙醛、乙醇等有毒挥发性物质的积累。本研究结果说明,减压条件能明显抑制乙醛、乙醇的积累,降低冬枣无氧呼吸的强度。但对阻止冬枣褐变无明显效果,这说明酒化与褐变并不是直接关联的,与张维一等在苹果上的研究结果类似^[17]。从果肉乙醛、乙醇含量变化的一致性,以及乙醇脱氢酶的活性可以看出,果实进行无氧呼吸的第一个代谢产物乙醛在乙醇脱氢酶的作用下可以转化为乙醇,这一结果田世平在樱桃果实上已有报道^[18]。

(3) 本研究结果表明,减压可以抑制枣果的硬度下降、保持枣果新鲜度、降低枣果的呼吸强度和乙烯释放量、一定程度上抑制酒化现象发生的处理,主要是通过调节枣果的生理代谢过程实现的。有人设想该处理是减压贮藏使乙烯合成的激活剂的生成减少,或者使成熟的抑制因素活化了,这还有待于进一步深入研究。

References

- [1] 王春生,李建华,王永勤. 鲜枣采后生理及贮藏研究进展. 果树科学, 1999, 16(3): 219-223.
Wang C S, Li J H, Wang Y Q. Advances of research on postharvest physiology and storage of fresh jujube. *Journal of Fruit Science*, 1999, 16(3): 219-223. (in Chinese)
- [2] 寇晓虹,王文生,吴彩娥. 鲜枣果实解剖结构与其耐藏性关系的研究. 食品科技, 2001(5): 67-69.
Kou X H, Wang W S, Wu C E. Study on the relationship between anatomical structure and storage life of fresh jujube. *Food Science and Technology*, 2001(5): 67-69. (in Chinese)

- [3] 王 莉 张 平 王世军. 果蔬减压保鲜理论与技术研究进展. 保鲜加工, 2001 (5) 3 - 6.
Wang L, Zhang P, Wang S J. Advances in research on theory and technology for hypobaric Storage of fruit and vegetable. *Storage and Process*, 2001 (5) 3 - 6. (in Chinese)
- [4] William J. Use of hypobaric conditions for refrigerated storage of meats, fruits and vegetables. *Food Technology*, 1980 (3) : 64 - 71.
- [5] Donald H S, William F R. Low pressure storage of limes. *J. Soc. Hort. Sci.* 1976, 101(40) 367 - 370.
- [6] 莱阳农学院. 果蔬贮藏技术实验指导. 莱阳: 莱阳农学院出版社, 1990 : 14 - 34.
Laiyang Agricultural College. *Experimental Guidebook of Storage Technology in Fruits and Vegetables*. Laiyang: Laiyang Agricultural College Press, 1990 : 14 - 34. (in Chinese)
- [7] 高俊凤. 植物生理实验技术. 西安: 世界图书出版公司, 2000 : 89 - 92.
Gao J F. *Experimental Technology on Plant Physiology*. Xi ' an: World Book Publishing Corporation, 2000 : 89 - 92. (in Chinese)
- [8] 上海植物生理研究所. 现代植物生理学实验指南. 北京: 科学出版社, 1999 : 313.
Institute of Shanghai Plant Physiology. *Experimental Guidebook of Modern Plant Physiology*. Beijing: Science Press, 1999 : 313. (in Chinese)
- [9] 刘孟军 彭建营 刘新云. 鲜枣贮藏及酒制过程中营养成分的变化. 河北农业大学学报, 1996, 19(1) 36 - 39.
Liu M J, Peng J Y, Liu X Y. Variations of nutrient Components of fresh Chinese jujube during storage and strong wine treatment. *Journal of Hebei Agricultural University*, 1996, 19(1) 36 - 39. (in Chinese)
- [10] 寇晓虹 王文生 吴彩娥. 鲜枣冷藏过程中生理生化变化的研究. 中国农业科学, 2000, 33(6) 44 - 49.
Kou X H, Wang W S, Wu C E. Study on the changes of physiological-biochemical changes of fresh jujube during cooling storage. *Scientia Agricultura Sinica*, 2000, 33(6) : 44 - 49. (in Chinese)
- [11] Coseteng M Y, Lee C Y. Changes in apple polyphenoloxidase and polyphenol concentrations in relation to degree of Browning. *J. Food Sci.* 1987, 52 : 985 - 986.
- [12] 陈祖钺 祁寿椿 王如福. 鲜枣贮藏的初步研究(I). 山西农业大学学报, 1983, 3(2) 48 - 52.
Chen Z Y, Qi S C, Wang R F. Preliminary studies on the storage of Chinese jujube in fresh state(I). *Journal of Shanxi Agricultural University*, 1983, 3(2) 48 - 52. (in Chinese)
- [13] 甘 霖 谢永红 吴正琴. 嘉平大枣果实发育过程中糖、酸及维生素 C 含量的变化. 园艺学报, 2000, 27(5) 317 - 320.
Gan L, Xie Y H, Wu Z Q. Variation Pattern of sugar, acid and vitamin C content during fruit development in jujube. *Acta Horticulturae Sinica*, 2000, 27(5) 317 - 320. (in Chinese)
- [14] 王淮洲 陈志远 李志媛. 鲜枣中抗坏血酸的含量及其利用. 营养学报, 1956, 1(1) : 15 - 23.
Wang H Z, Chen Z Y, Li Z Y. Employment and content of ascorbic acid in fresh jujube. *Journal of Nutrition*, 1956, 1(1) : 15 - 23. (in Chinese)
- [15] 曲泽洲 李三凯 武元苏. 枣贮藏保鲜试验技术研究. 中国农业科学, 1987, 20(2) 86 - 91.
Qu Z Z, Li S K, Wu Y S. Studies on the storage and fresh-keeping of Chinese jujube. *Scientia Agricultura Sinica*, 1987, 20(2) 86 - 91. (in Chinese)
- [16] Kader A, Li Y, Chordas A. Postharvest respiration, ethylene production and compositional changes of Chinese jujube fruits. *Hort. Sci.* 1982, 17(4) 678 - 679.
- [17] 张维一 张之菱 张友杰. 苹果气调贮藏中高 CO₂ 的生理效应. 园艺学报, 1982, 9(1) : 19 - 26.
Zhang W Y, Zhang Z L, Zhang Y J. Physiological effects of high carbon dioxide treatment on controlled atmosphere storage of apples. *Acta Horticulturae Sinica*, 1982, 9(1) : 19 - 26. (in Chinese)
- [18] 田世平. 冷藏条件下超低氧处理对甜樱桃果实中乙醇、乙醛和甲醇含量的影响. 植物生理学通讯, 2000, 36(3) 201 - 204.
Tian S P. Effects of ultra-low oxygen treatment on ethanol, acetaldehyde and methanol contents of sweet cherries during low temperature storage. *Plant Physiology. Communications*, 2000, 36(3) 201 - 204. (in Chinese)

(责任编辑 王红艳)