

文章编号:1001-1498(2005)03-0236-05

# 高 CO<sub>2</sub> 和纯 N<sub>2</sub> 冲击处理对板栗货架期品质变化的影响

梁丽松, 王贵禧\*

(中国林业科学研究院林业研究所, 国家林业局林木培育重点实验室, 北京 100091)

**摘要:**以‘燕昌’板栗为试材,研究了经 180 d 冷藏的板栗出库前分别用 50 %CO<sub>2</sub> 和纯 N<sub>2</sub> 冲击处理对板栗货架期品质的影响。结果表明:50 %CO<sub>2</sub> 和纯 N<sub>2</sub> 处理对板栗货架期内糖代谢有显著影响,对蛋白质代谢影响不大。50 %CO<sub>2</sub> 处理 5 d 以及纯 N<sub>2</sub> 处理 5 d 和 10 d 有利于板栗淀粉的保存。50 %CO<sub>2</sub> 处理可明显降低板栗的发芽率和腐烂率,货架期结束时,冲击处理 5 d 和 10 d 的板栗发芽率分别为 2.07 %和 3.65 %,显著低于对照(18.06 %),腐烂率均为 2.67 %,显著低于对照(5.33 %),而纯 N<sub>2</sub> 处理则显著促进板栗发芽,且不能有效控制腐烂的发生。研究证明:50 %CO<sub>2</sub> 冲击处理 5 d 既能使板栗保持较好的货架期品质,又能显著抑制发芽及腐烂。

**关键词:**板栗;货架期;贮藏保鲜;冲击处理;高 CO<sub>2</sub>;纯 N<sub>2</sub>

中图分类号:S664.2 文献标识码:A

## Effect of 50 % CO<sub>2</sub> and 100 % N<sub>2</sub> Shock Treatment on the Quality Changes of Chinese Chestnut (*Castanea mollissima* Blume) during Shelf-life

LIANG Li-song, WANG Gui-xi

(Research Institute of forestry, CAF; Key Laboratory of Tree Breeding and Cultivation, State Forestry Administration, Beijing 100091, China)

**Abstract:** Chinese chestnut (*Castanea mollissima* Blume, cv. Yanchang) stored 180 days at 0 °C were treated with 50 %CO<sub>2</sub> or 100 %N<sub>2</sub> for 5 days or 10 days to investigate the quality changes of chestnut during shelf-life. The result indicated that compared with other treatments, 50 %CO<sub>2</sub> shock treatment decreased the sprouting rate and rot rate of chestnut significantly, and maintaining quality during shelf-life. High N<sub>2</sub> treatment increased the sprouting rate of chestnut, and can not control chestnut decay effectively during shelf-life. Chestnut treated with 50 %CO<sub>2</sub> or 100 %N<sub>2</sub> showed higher content of starch and lower content of soluble sugar than control, but there was no significant effect on protein content. Chestnut with shock treatment in 50 % CO<sub>2</sub> for 5 days had the better quality during shelf-life.

**Key words:** chestnut; shelf-life; storage; shock treatment; 50 % CO<sub>2</sub>; 100 % N<sub>2</sub>

关于板栗贮藏期保鲜技术的研究较多,通常以冷藏为基础,在低温条件下进行自发气调(MA)贮藏、人工气调(CA)贮藏以及采后结合化学处理方法进行长期贮藏保鲜,保鲜期可达 8 个月以上,甚至

可以做到周年贮藏<sup>[1~5]</sup>;但当其从低温环境进入较高的室温环境时,温度的升高使板栗呼吸作用显著升高,休眠解除,生理代谢旺盛。板栗在货架期内极易发芽、腐烂、失水,营养物质迅速消耗,造成品质严

收稿日期:2004-10-26

基金项目:国家林业局“948”项目:“板栗等果品贮藏保鲜技术引进”的部分内容

作者简介:梁丽松(1972—),女,硕士,助理研究员,从事林果采后生理、病理与保鲜技术研究。

\*通讯作者

重下降,降低食用价值和商品价值。因此,研究板栗货架期保鲜技术十分迫切。本文以‘燕昌’板栗为试材,研究了冷藏板栗出库前分别用体积分数为 50% CO<sub>2</sub> 和纯 N<sub>2</sub> 冲击处理对货架期品质变化的影响,为提高板栗货架期保鲜效果提供理论和技术指导。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

2002 年 9 月 26 日板栗采收于北京市昌平区下庄,品种为“燕昌”板栗,采后即入 -2~0℃ 冷库预冷 48 h 后,装入打孔聚乙烯塑料薄膜(PE)保鲜袋中冷藏至次年 5 月上旬。出库前分别用 50% CO<sub>2</sub> 和纯 N<sub>2</sub> 进行冲击处理。

### 1.2 货架期前冲击处理

处理在 0℃ 冷库进行,试验设 50% CO<sub>2</sub> (其余为 N<sub>2</sub>) 和 100% N<sub>2</sub> 2 个气体浓度。将冷藏板栗置于 20 000 mL 广口瓶中。分别由进气口通入已配制好的气体,出气口与大气相通。板栗在 50% CO<sub>2</sub> 和 100% N<sub>2</sub> 2 个气体条件下分别处理 5 d 和 10 d。每个处理用果量 10 kg,3 次重复。处理结束后将板栗取出,装入打孔 PE 袋于常温(26~28℃)下进行货架期研究;以不做任何处理的板栗为对照。

### 1.3 调查项目和测定指标

1.3.1 腐烂率 随机取 30 粒板栗,除去内外种皮后,统计腐烂率(以出现腐烂斑点即视为腐烂发生)。

1.3.2 发芽率 随机取 30 粒板栗,以胚芽萌动即视为发芽,统计发芽率。

1.3.3 淀粉含量和可溶性糖含量 3,5-二硝基水杨酸法<sup>[6]</sup>。

1.3.4 可溶性蛋白含量 考马斯亮蓝 G250 比色法<sup>[6,7]</sup>。

### 1.4 数据处理

本实验数据用 SPSS 软件进行统计处理,采用 ANOVA 进行邓肯氏多重差异分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 高 CO<sub>2</sub> 和纯 N<sub>2</sub> 冲击处理对板栗货架期品质变化的影响

2.1.1 高 CO<sub>2</sub> 和纯 N<sub>2</sub> 冲击处理对可溶性糖含量的影响 高 CO<sub>2</sub> 和纯 N<sub>2</sub> 处理对板栗糖代谢有显著影响(图 1)。由图 1 可看出,50% CO<sub>2</sub> 和纯 N<sub>2</sub> 处理后的 9 d 内,所有处理的可溶性糖含量均显著低于对

照( $P < 0.01$ ),其中纯 N<sub>2</sub> 处理 5 d 的值最低。在货架期 6 d 时,对照板栗可溶性糖含量急剧升高,达  $115.6 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ ,显著高于各处理( $P < 0.01$ );在货架期 12 d 时,各处理的可溶性糖含量均显著升高,各处理间及各处理与对照之间均没有显著差异( $P > 0.05$ ),但仍低于对照。纯 N<sub>2</sub> 处理 5 d 的板栗可溶性糖含量低于处理 10 d 的值;50% CO<sub>2</sub> 处理 5 d 的板栗可溶性糖含量在前 6 d 低于处理 10 d 的值,而第 9 天时则显著高于处理 10 d 的值。总体看来,经高 CO<sub>2</sub> 和纯 N<sub>2</sub> 处理后,板栗的可溶性糖含量明显减小,并且处理 5 d 的低于处理 10 d 的值,但在货架期 9 d 后,各处理的可溶性糖含量均上升,至 12 d 时与对照没有显著差异。由于可溶性糖是淀粉水解的产物,又是呼吸代谢的底物,其含量变化与板栗的生理代谢有关。

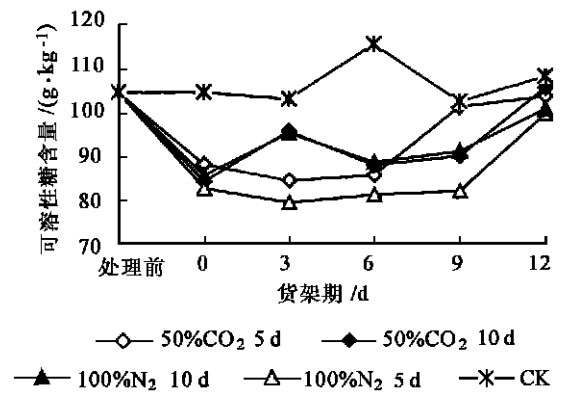


图 1 板栗货架期可溶性糖含量变化

2.1.2 高 CO<sub>2</sub> 和纯 N<sub>2</sub> 冲击处理对淀粉含量的影响 淀粉是板栗的主要贮藏物质,当呼吸代谢旺盛时,淀粉水解速率加快,含量显著降低。从表 1 可见,各处理和对照板栗的淀粉含量随货架期的延长逐渐降低。50% CO<sub>2</sub> 和纯 N<sub>2</sub> 处理 5 d 的板栗淀粉含量在货架期前 3 d 下降较快,且在前 6 d 均低于相应处理 10 d 的值;从第 3 天以后直到货架期结束,其淀粉含量几乎维持不变,二者没有显著性差异( $P > 0.05$ )。50% CO<sub>2</sub> 和纯 N<sub>2</sub> 处理 10 d 的板栗与对照在前期板栗淀粉水解速率较慢,淀粉含量相当;在第 6 天以后,50% CO<sub>2</sub> 处理 10 d 的板栗与对照板栗的淀粉水解速率加快,淀粉含量显著降低;而纯 N<sub>2</sub> 处理 10 d 的板栗淀粉含量仍缓慢降低。货架期结束时,50% CO<sub>2</sub> 处理 10 d 的板栗和对照板栗的淀粉含量相当,显著低于其它处理( $P < 0.05$ )。

表1 板栗货架期淀粉含量的变化

g kg<sup>-1</sup>

处理	处理前	货架期/ d				
		0	3	6	9	12
CK	293.2	293.2a	303.0b	285.7b	258.6a	246.8a
50%CO <sub>2</sub> -5 d	293.2	301.9a	268.2a	272.1a	278.2b	271.0b
50%CO <sub>2</sub> -10 d	293.2	300.8a	291.3b	289.6b	266.5a	247.1a
100%N <sub>2</sub> -5 d	293.2	292.0a	267.5a	274.9a	274.1b	275.3b
100%N <sub>2</sub> -10 d	293.2	302.8a	301.7b	288.0b	278.2b	273.5b

注:小写字母表示  $p = 5\%$  差异显著(以下同)。

2.1.3 高 CO<sub>2</sub> 和纯 N<sub>2</sub> 冲击处理对蛋白质含量的影响 蛋白质是板栗的主要营养成分之一。从表 2 可见,板栗可溶性蛋白质含量在货架期内变化不大,各

处理组之间没有显著差异 ( $P > 0.05$ ),说明高 CO<sub>2</sub> 和纯 N<sub>2</sub> 处理对板栗货架期的蛋白质代谢没有明显影响。

表2 板栗货架期蛋白质含量的变化

g kg<sup>-1</sup>

处理	处理前	货架期/ d				
		0	3	6	9	12
CK	75.4	75.4a	74.0a	71.9a	80.5a	77.0a
50%CO <sub>2</sub> -5d	75.4	77.7a	77.4a	76.0a	74.0a	80.9a
50%CO <sub>2</sub> -10d	75.4	77.2a	79.8a	74.9a	76.0a	74.2a
100%N <sub>2</sub> -5d	75.4	79.0a	77.4a	71.1a	71.5a	73.1a
100%N <sub>2</sub> -10d	75.4	79.6a	75.9a	74.8a	75.3a	75.0a

## 2.2 高 CO<sub>2</sub> 和纯 N<sub>2</sub> 冲击处理对板栗货架期贮藏效果的影响

2.2.1 高 CO<sub>2</sub> 和纯 N<sub>2</sub> 冲击处理对发芽率的影响 板栗货架期期间,常因发芽而降低商品价值,因此抑制货架期发芽是提高板栗质量的重要措施。如图 2 可见,50%CO<sub>2</sub> 和纯 N<sub>2</sub> 处理对发芽率有较大影响。纯 N<sub>2</sub> 处理板栗的发芽率在货架期 3 d 时快速升高,而对照板栗的发芽率在前 6 d 虽然低于纯 N<sub>2</sub> 处理,但明显高于高 CO<sub>2</sub> 处理的值。第 6 天以后,各处理和对照板栗的发芽率均不再增加。在货架期 12 d 时,50%CO<sub>2</sub> 处理 5 d 和 10 d 的板栗发芽率分别为 2.07% 和 3.65%,二者无显著差异,与对照相比分别降低了 88.54% 和 79.79%;纯 N<sub>2</sub> 处理 5 d 和 10 d 的板栗发芽率分别为 45.04% 和 39.69%,二者差异显著 ( $P < 0.05$ ),与对照相比分别升高了 149.39% 和 119.77%。结果表明:50%CO<sub>2</sub> 处理能明显降低板栗的发芽率,对发芽有显著的抑制作用;而纯 N<sub>2</sub> 处理则显著促进了板栗的发芽。

2.2.2 高 CO<sub>2</sub> 和纯 N<sub>2</sub> 冲击处理对腐烂率的影响 由图 3 可见,高 CO<sub>2</sub> 冲击处理对降低板栗在货架期的腐烂率有明显效果。货架期结束时,50%CO<sub>2</sub> 处理 5 d 和 10 d 的板栗腐烂率最低,均为 2.67%,比对照降低了 49.91%,差异显著 ( $P < 0.01$ ),且显著低于纯 N<sub>2</sub> 处理的值 ( $P < 0.01$ )。纯 N<sub>2</sub> 处理 5 d 和 10 d 的板栗腐

烂率分别为 4.67% 和 6.67%,与对照 (5.33%) 相当,说明纯 N<sub>2</sub> 处理不能控制板栗货架期腐烂。

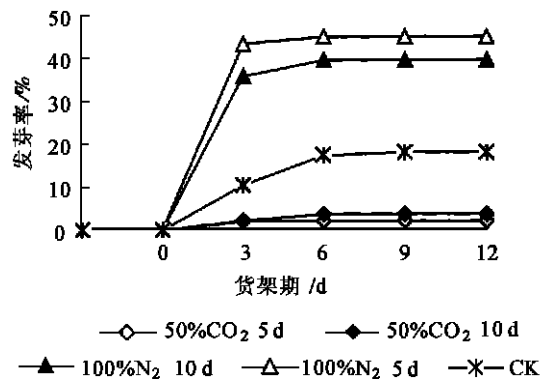


图2 板栗货架期发芽率的变化

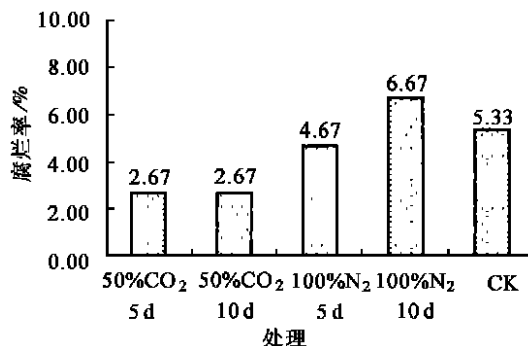


图3 不同处理板栗在货架期第12天时的腐烂率

### 3 讨论

在环境胁迫下各种糖类化合物在植物细胞内分解或累积。在不同逆境下,植物代谢反应的总趋势是一致的,即水解作用增强,合成作用减弱,从而使植物体内淀粉、蛋白质等大分子化合物降解为可溶性糖、肽及氨基酸等物质<sup>[8]</sup>。高 CO<sub>2</sub> 和纯 N<sub>2</sub> 处理使板栗可溶性糖含量显著降低,且降低了板栗淀粉的降解速率,说明在高 CO<sub>2</sub> 和纯 N<sub>2</sub> 条件下,糖代谢发生了改变。糖代谢的变化与相关酶活性以及呼吸代谢密切相关。通过对淀粉酶活性、呼吸作用的研究(结果另文发表)以及对萌芽的作用结果发现,板栗呼吸强度的变化与糖代谢的变化趋势相吻合。在冲击处理时,呼吸作用增强,同时可溶性糖含量显著降低,货架期期间呼吸作用降低,可溶性糖含量升高,说明板栗糖含量的变化主要是由呼吸代谢的变化引起。同时,经高 CO<sub>2</sub> 和纯 N<sub>2</sub> 处理后,板栗淀粉酶活性显著降低,说明冲击处理是通过降低淀粉酶的活性来降低淀粉的水解速率,从而有利于淀粉的保存,这与本文的研究结果一致。

不同果实对低 O<sub>2</sub> 和高 CO<sub>2</sub> 的耐受力不同。板栗对低 O<sub>2</sub> 和高 CO<sub>2</sub> 有较强的适应性,作者先期研究发现,一定强度范围内的低 O<sub>2</sub> 或高 CO<sub>2</sub> 处理对板栗生理代谢的影响是可逆的,即在解除逆境后的贮藏过程中生理代谢可以逐步恢复到正常水平;但若超过这样的强度,则对生理代谢的影响是不可逆转的,这种逆境会使板栗代谢异常从而导致板栗自身的抗性降低,加速衰老和腐烂,品质急剧下降<sup>[9,10]</sup>。关于高 CO<sub>2</sub> 可以有效降低腐烂发生,已在一些果蔬的研究中得到证实<sup>[11~13]</sup>。板栗腐烂主要是由于病原菌的潜伏侵染造成的<sup>[14]</sup>,适当的高 CO<sub>2</sub> 处理除对病原菌有一定的直接抑制作用外<sup>[13]</sup>,板栗因发酵产生适量的乙醇对病原菌也有抑制作用,但若积累的乙醇浓度过高,板栗因中毒使抗病性降低,会进一步遭受微生物的侵染而发生腐烂。

高 CO<sub>2</sub> 和纯 N<sub>2</sub> 冲击处理对板栗货架期发芽有显著影响,前者可显著降低板栗的发芽率,后者则对板栗发芽有明显的促进作用。目前,关于高 CO<sub>2</sub> 和纯 N<sub>2</sub> 处理对种子发芽的作用机理尚在研究中。人们对植物激素的研究表明,激素的对抗作用是调节生物过程的重要因素,其种类和数量对种子的休眠和萌芽起着决定性作用<sup>[15]</sup>。赤霉素(GA)和脱落酸(ABA)的相互作用是调节从种子形成到萌发的生长

过程转变的重要因素<sup>[16]</sup>。越来越多的证据显示,在植物体中存在一个逆境反应系统。ABA 作为一种重要的胁迫激素的观点已被人们广泛接受。在逆境下植物启动 ABA 合成系统,合成大量 ABA,增强植株抵抗逆境的能力<sup>[17~19]</sup>。研究发现,低浓度 CO<sub>2</sub> 处理有利于板栗胚内 ABA 相对含量升高,从而达到抑制萌芽的作用<sup>[20]</sup>;冷藏期板栗在未萌动、萌动和发芽时胚内 ABA 含量依次下降<sup>[21]</sup>。李全宏等<sup>[3,22]</sup>认为萌芽抑制物的消失和必要的营养物质积累等综合条件的变化是决定板栗萌芽的关键。作者在研究中发现,板栗中 GA<sub>3</sub> 和 ABA 的水平共同影响板栗的萌芽,高 CO<sub>2</sub> 冲击处理明显提高了板栗胚芽中 ABA 含量以及 ABA/GA<sub>3</sub> 比值,而纯 N<sub>2</sub> 冲击处理则使板栗胚芽中 ABA 含量下降和 ABA/GA<sub>3</sub> 比值降低(结果另文发表)。纯 N<sub>2</sub> 对萌芽的影响可能主要通过抑制 ABA 的合成,降低 ABA/GA<sub>3</sub> 比值从而促进板栗发芽,但具体作用机理需要进一步研究。

#### 参考文献:

- [1] 王贵禧,梁丽松,宗亦臣. 板栗贮藏保鲜条件及品质变化研究[J]. 林业科学研究,2000,13(2):118~122
- [2] 王贵禧,梁丽松,宗亦臣. 贮藏板栗休眠与萌芽的温度调控[J]. 林业科学,1999,35(3):29~33
- [3] 李全宏,胡小松,田彩琴,等. 提高板栗长期冷藏效果的研究[J]. 莱阳农学院学报,1995,12(3):202~205
- [4] 王文生. 板栗贮藏保鲜综述[A]. 食品科学论文集[C]. 北京:北京农业大学出版社,1994:62~66
- [5] 章继华. 国内外板栗科学研究进展及其发展趋势[J]. 世界林业研究,1999,12(2):7~12
- [6] 李合生. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京:高等教育出版社,2001
- [7] Meng S H. Changes of peroxidase activity and protein and relationship between respiration and ethylene of Chinese gooseberries during controlled atmosphere storage[J]. Acta Horticulturae Sinica, 1982,9(1):27~30
- [8] 喻方圆,徐锡增. 植物逆境生理研究进展[J]. 世界林业研究,2003,16(5):6~11
- [9] 王贵禧,梁丽松. 板栗采后低 O<sub>2</sub> 处理对贮藏品质和耐藏性的影响[J]. 园艺学报,2004,31(2):173~177
- [10] 梁丽松,王贵禧,孙晓珍. 板栗采后高 CO<sub>2</sub> 冲击处理对品质和耐藏性的影响[J]. 林业科学,2004,40(6):91~96
- [11] Colelli G, Michell F G, Kader A A. Extension of postharvest life of 'Mission' figs by CO<sub>2</sub>-enriched atmospheres[J]. Hbr Science, 1991, 26(9):1193~1195
- [12] Colelli G, Kader A A, EcCher Zerbinì P, et al. CO<sub>2</sub>-enriched atmospheres reduce postharvest decay and maintain good quality in highly perishable fruits. COST 94. The post-harvest treatment of fruit and vegetables: controlled atmosphere storage of fruit and vegetables[A]. Italy: Proceedings of a Workshop, Milan, 1993

- [13] 梁丽松, 王贵禧. 低 O<sub>2</sub>、高 CO<sub>2</sub> 冲击处理对板栗风味及其病原菌生长的影响[J]. 果树学报, 2004, 21(1): 21 ~ 26
- [14] 梁丽松, 王贵禧. 不同产区板栗病原菌的种类及其致病力研究[J]. 林业科学研究, 2003, 16(3): 284 ~ 288
- [15] Powell L P. The hormone control of bud and seed dormancy in woody plant[A]. In: Davis P J. Plant Hormones and Their Role in Plant Growth and Development[M]. The Netherlands Dordrecht Martinus Nijhoff Publisher, 1987: 539 ~ 552
- [16] David Ho T h, Aurelio G C, Rodolfo Z, et al. Crosstalk between gibberellin and abscisic acid in cereal aleurone [J]. J Plant Growth Regulation, 2003, 22: 185 ~ 194
- [17] Wang X Q, Ullah H, Jones A M, et al. Gprotein regulation of ion channels and abscisic acid signaling in *Arabidopsis* guard cells[J]. Science, 2001, 292: 2070 ~ 2072
- [18] Jia W S, Zhang J H, Liang J S. Initiation and regulation of water deficit induced abscisic acid accumulation in maize leaves and roots: cellular volume and water relations[J]. J Exp Bot, 2001, 52(355): 295 ~ 300
- [19] 王少先, 彭克勤, 萧浪涛, 等. 逆境下 ABA 的积累及触发机制[J]. 植物生理学通讯, 2003, 39(5): 413 ~ 419
- [20] 吴琦, 韩继成, 何钟佩. 冷藏期间板栗胚内激素含量的变化[J]. 北京农业大学学报, 1993, 19(4): 11 ~ 14
- [21] 王三根. 细胞分裂素与植物种子发育和萌发[J]. 种子, 1999(4): 35 ~ 37, 42
- [22] 李全宏, 胡小松, 王兴人, 等. 板栗冷藏过程中 CO<sub>2</sub> 对抑制萌芽的效果[J]. 莱阳农学院学报, 1993, 10(3): 193 ~ 197