

# 板栗湿冷臭氧水处理贮藏保鲜研究

张倍宁, 朱晓燕, 赖 健\*

(仲恺农业工程学院轻工食品学院, 广东 广州 510225)

**摘 要:** 研究臭氧水水浴处理及套袋处理对板栗贮藏保鲜效果的影响。以封开油板栗为实验材料, 采用不同质量浓度(1.0、0.5、0.25mg/mL)臭氧水水浴处理结合套袋处理, 在温度( $0 \pm 1$ )℃、湿度 90%~95% 条件下贮藏 180d, 对板栗贮藏过程中品质和生理指标的变化进行研究。结果表明: 臭氧水水浴处理结合套袋处理能有效的抑制板栗果实贮藏期间呼吸强度和淀粉酶的活性, 延缓淀粉和糖的变化, 降低板栗果实的质量损失率和腐烂率, 提高了过氧化氢酶的活性。研究表明: 1.0mg/mL 臭氧水水浴处理结合套袋处理果实贮藏 180d 后烂果率为 3%, 质量损失为 1.1%, 并且板栗果实具有较高的品质。

**关键词:** 板栗; 臭氧水; 品质; 套袋; 贮藏

## Effect of Ozone Water Treatment on Preservation of Chinese Chestnut Fruits during Storage

ZHANG Bei-ning, ZHU Xiao-yan, LAI Jian\*

(College of Light Industry and Food Technology, Zhongkai Agriculture and Engineering University, Guangzhou 510225, China)

**Abstract:** In this paper, the effect of ozone water treatment coupled with bag package on the preservation of Chinese chestnut fruits during storage was investigated. Fengkai Chinese chestnut fruits were immersed in ozone water solution of various concentrations (1.0, 0.5 mg/mL and 0.25 mg/mL). After ozone water treatment, the Chinese chestnut fruits were packaged with plastic bags and stored in an environment at ( $0 \pm 1$ ) °C and 90%—95% relative humidity (RH) for 180 days. The changes of quality and physiological indices of Chinese chestnut fruits during the storage period were examined. The results indicated that ozone water treatment coupled with bag package could effectively inhibit the respiration intensity and amylase activity, postpone the change of starch and sugar, reduce the weight loss and decay rate, and improve the catalase activity of Chinese chestnut fruits. Meanwhile, Chinese chestnut fruits treated with 1 mg/mL ozone water coupled with bag package had a decay rate of 3% and a weight loss of 1.1%. Therefore, ozone water treatment coupled with bag package can greatly improve the quality of Chinese chestnut fruits.

**Key words:** Chinese chestnut; ozone water; quality; bag package; storage

中图分类号: TS255.36

文献标识码: A

文章编号: 1002-6630(2011)16-0361-04

板栗(*Castanea mollissima* Blume)属壳斗科(Fagaceae)栗属(*Castaneda* Mill)<sup>[1]</sup>。板栗营养丰富, 味美香甜, 俗称“木本粮食”, 深受国内外消费者喜爱<sup>[2]</sup>。然而, 板栗在贮藏过程中极易出现失水、腐烂、石灰化、生虫、发芽等现象, 因此针对板栗保鲜贮藏的研究显得尤为重要。目前, 关于板栗果实采后保鲜的研究报道较多, 主要有沙藏、气调贮藏、冷藏、保鲜剂贮藏等<sup>[3]</sup>。

臭氧作为一种强氧化剂, 以其强杀菌及对乙烯的分解作用, 并且无任何残留, 应用起来简便灵活, 在近几年的果蔬贮藏保鲜中得到了广泛的研究<sup>[4-5]</sup>。臭氧水的杀菌能力远强于臭氧气<sup>[6]</sup>, 而且一旦达到所需浓度便可

以瞬时杀菌<sup>[7]</sup>。湿冷系统(humid cool system, HCS)能把果蔬快速冷却到贮藏温度, 并维持在该温度, 同时结合臭氧等协同作用, 使果蔬处于低温高湿环境中, 果蔬的生命活动维持在最低状态, 但不会受到霉菌的危害, 是近年来发展应用较广泛的一种果蔬保藏方法<sup>[8]</sup>。本实验利用小型湿冷库进行板栗的贮藏研究, 研究不同质量浓度臭氧水处理结合套袋处理对板栗湿冷贮藏的保鲜效果, 旨在为板栗采后保鲜贮藏提供理论基础。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

板栗为封开油板栗, 采收自广东省封开县; 0.04mm

收稿日期: 2010-09-29

基金项目: 广东省教育厅自然科学重点项目(K4071402)

作者简介: 张倍宁(1986—), 男, 硕士研究生, 研究方向为农产品加工与贮藏。E-mail: 447005133@qq.com

\* 通信作者: 赖健(1957—), 男, 教授, 学士, 研究方向为农产品加工与贮藏。E-mail: jianlai338@yahoo.com.cn

厚的聚乙烯(PE)保鲜袋 市售;专用带孔水果塑料箱 市售;不同浓度臭氧水的制备:臭氧水由ZA-SY型臭氧水处理器(广州市正奥公司)制备,其原理是通过电晕法产生臭氧,并将臭氧气体通入蒸馏水中,控制臭氧通入时间来制备不同浓度的臭氧水<sup>[9]</sup>。

贮藏库为湿冷果蔬保鲜库,由本课题组在仲恺农业工程学院轻工食品学院原冷库的基础上自行设计改造。

## 1.2 方法

### 1.2.1 板栗果实保鲜处理

选取优质板栗,剔除病果、虫果、未熟果及小果预冷48h后对产品进行如下5个处理:A:板栗果实用1.0mg/L臭氧水浸泡10min,果实沥干水分后装入水果箱并套袋;B:板栗果实用0.5mg/L臭氧水浸泡10min,果实沥干水分后装入水果箱并套袋;C:板栗果实用0.25mg/L臭氧水浸泡10min,果实沥干水分后装入水果箱并套袋;D:板栗果实用蒸馏水浸泡10min,果实沥干水分后装入水果箱并套袋;E:板栗果实用1.0mg/L臭氧水浸泡10min,该部分内容可以整理、简化,果实沥干水分后装入水果箱不套袋。各处理用板栗果实3箱,每箱果实质量5kg,设3次重复。以上所有处理后的果实置于 $(0 \pm 1)^{\circ}\text{C}$ ,相对湿度90%~95%贮藏库中贮藏180d。

### 1.2.2 测定指标与方法

臭氧水质量浓度:采用DPD(*N,N*-二乙基对苯二胺)臭氧测定试剂盒进行;烂果率:每处理随机取出100个果实,观察外观并切开果实,以出现腐烂斑点即视为腐烂发生,测定烂果率;质量损失率:采用称质量法测定;呼吸强度:采用气流法测定<sup>[10]</sup>,以 $\text{mg CO}_2/(\text{kg} \cdot \text{h})$ 表示;淀粉含量:采用酸水解法<sup>[11]</sup>测定;可溶性糖含量:采用斐林试剂法<sup>[12]</sup>测定;过氧化氢酶(CAT)活性:采用碘量法<sup>[13]</sup>测定,以 $\text{H}_2\text{O}_2 \text{ mg}/(\text{g} \cdot \text{min})$ 表示;淀粉酶活性:采用3,5-二硝基水杨酸法<sup>[14]</sup>测定,以 $\text{mg}/(\text{g} \cdot 5\text{min})$ (每5min、1g样品中酶催化作用下产生麦芽糖的质量)表示;每30d取板栗样品1次,测定上述指标,重复测定3次,取平均值。

$$\text{烂果率}/\% = \frac{\text{腐烂果数}}{\text{总果数}} \times 100$$

$$\text{质量损失率}/\% = \frac{\text{贮前质量} - \text{贮后质量}}{\text{贮前质量}} \times 100$$

## 1.3 数据分析

差异显著性分析:采用SPSS软件,进行邓肯氏新复极差测验。用Excel 2007软件进行数据处理。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同处理对板栗贮藏效果的影响

由表1可知,板栗样品在贮藏60d时,样品处理C、D、E有烂果出现,随着贮藏时间的延长板栗果实的烂果率和质量损失率都不同程度的有所增加,在贮藏120d时各处理样品均有烂果出现。在贮藏180d后处理D和处理E的腐烂率分别为13%和11%,明显高于处理A的腐烂率3%,差异极显著( $P < 0.01$ )。处理A的腐烂率低于处理B和处理C的腐烂率,并且差异显著( $P < 0.05$ )。不同处理对板栗的质量损失率也有一定的影响,在180d贮藏过程中处理A的质量损失率仅为1.1%远低于处理D和处理E,差异极显著( $P < 0.01$ )。以上各指标分析可知,臭氧水处理和套袋处理对板栗的腐烂均有抑制作用,且臭氧水质量浓度越大抑制腐烂效果越明显;套袋处理可显著降低板栗果实的质量损失率,而臭氧水处理也可通过抑制果实呼吸代谢,一定程度上降低板栗的质量损失率。

表1 不同处理对板栗贮藏效果的影响

Table 1 Effects of different treatment methods on quality of Chinese chestnut fruits during storage period

试验号	贮藏60d		贮藏120d		贮藏180d	
	烂果率/%	质量损失率/%	烂果率/%	质量损失率/%	烂果率/%	质量损失率/%
A	0	0.25	1.0	0.35	3.0	1.10
B	0	0.23	2.0	0.40	5.0*	1.75
C	1.0	0.32	7.0*	0.57	8.0*	2.10
D	3.0	0.59	9.0*	1.35*	13.0**	4.51**
E	2.0	1.45*	5.0*	2.51*	11.0**	6.52**

注:\*.差异显著( $P < 0.05$ );\*\*.差异极显著( $P < 0.01$ )。

### 2.2 不同处理对板栗呼吸强度的影响

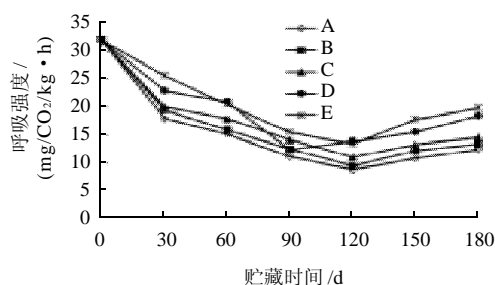


图1 不同处理对板栗呼吸强度的影响

Fig.1 Effects of different treatment methods on respiration intensity of Chinese chestnut fruits

呼吸作用强弱是板栗生理状态的重要标志<sup>[15]</sup>。由图1可知,随着贮藏时间的延长板栗的呼吸强度迅速降低,并在贮藏120d时达到最低值,之后随着板栗果实休眠的解除呼吸强度逐渐增大。在贮藏180d后处理E的

呼吸强度最大为  $25.8 \text{ mg CO}_2/(\text{kg} \cdot \text{h})$  与经套袋处理的果实呼吸强度差异显著 ( $P < 0.05$ ), 处理 A、B、C 的呼吸强度均显著低于处理 D 的呼吸强度, 且处理 A 的呼吸强度最低为  $14.5 \text{ mg CO}_2/(\text{kg} \cdot \text{h})$ 。说明套袋处理和臭氧水处理对板栗的呼吸强度都有显著的抑制作用, 且抑制效果与臭氧水质量浓度有关  $1.0 \text{ mg/L}$  的臭氧水处理对呼吸强度的抑制作用最明显。

### 2.3 不同处理对板栗淀粉含量的影响

淀粉是板栗的主要成分, 在贮藏期间不断被水解, 含量逐渐降低。由图 2 可知, 板栗果实在贮藏开始时淀粉含量高达 41%, 随着贮藏时间的延长板栗中淀粉含量大幅降低, 经 180d 贮藏后处理 D 淀粉含量下降到 10.5%, 显著 ( $P < 0.05$ ) 低于其他处理。而处理 A 淀粉含量和处理 E 淀粉含量差异不显著, 处理 A、B、C 中以处理 A 淀粉含量最高为 15.9%, 说明板栗经臭氧水处理有利于贮藏期间淀粉含量的保持, 而套袋处理对板栗贮藏期间淀粉含量的变化影响不显著。

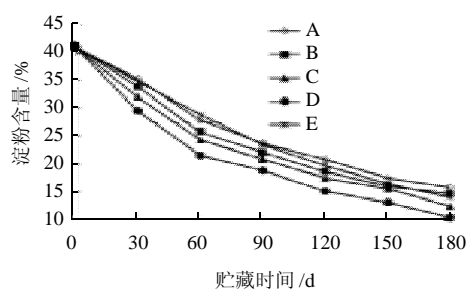


图2 不同处理对板栗淀粉含量的影响

Fig.2 Effects of different treatment methods on starch content of Chinese chestnut fruits

### 2.4 不同质量浓度臭氧水处理对板栗可溶性糖含量的影响

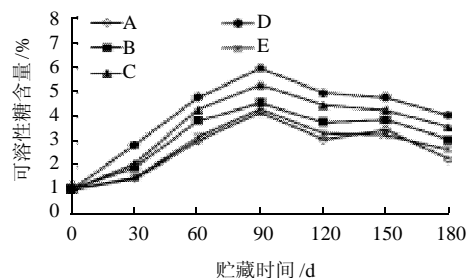


图3 不同处理对板栗可溶性糖含量的影响

Fig.3 Effects of different treatment methods on soluble sugar content of Chinese chestnut fruits

由图 3 可知, 板栗在贮藏初期, 板栗生理代谢比较旺盛, 淀粉水解快, 造成可溶性糖含量显著增加,

在贮藏 90d 时出现最高峰值, 之后板栗逐渐进入休眠期, 板栗的可溶性糖含量降低。经贮藏到 180d 后, 处理 A 与处理 D 之间差异达到极显著水平 ( $P < 0.01$ ), 处理 A、B、C 之间差异也达到显著水平 ( $P < 0.05$ ), 处理 A 和处理 E 差异不显著。从各处理板栗中可溶性糖含量的比较来看, 处理 A 的可溶性糖含量最低为 2.3%, 处理 D 的可溶性糖含量最高为 4.1%, 这一结果与板栗淀粉含量的变化一致。

### 2.5 不同处理对板栗过氧化氢酶活性的影响

CAT 是清除  $\text{H}_2\text{O}_2$  的一种关键酶, 在植物受到伤害或衰老时, 体内积累的  $\text{H}_2\text{O}_2$  含量增加, 使 CAT 的活性上升<sup>[16]</sup>。由图 4 可知, 板栗在贮藏期间 CAT 活性整体呈现先升后降的趋势, 在贮藏达 60d 时各处理样品 CAT 活性均达到最大值, 随后 CAT 活性逐渐降低, 在贮藏 180d 后处理 A 样品 CAT 活性为  $11.3 \text{ H}_2\text{O}_2 \text{ mg}/(\text{g} \cdot \text{min})$  极显著 ( $P < 0.01$ ) 高于处理 B、C、D, 但与处理 E 相比差异不显著。以上结果表明, 臭氧水水浴处理有利于保持板栗 CAT 活性, 且随着臭氧水浓度越高效果越明显; 套袋处理对板栗 CAT 活性影响不显著。

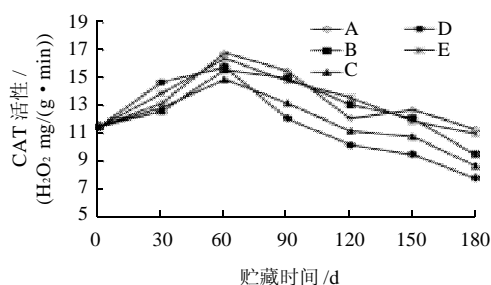


图4 不同处理对板栗CAT活性的影响

Fig.4 Effects of different treatment methods on catalase activity of Chinese chestnut fruits

### 2.6 不同处理对板栗淀粉酶活性的影响

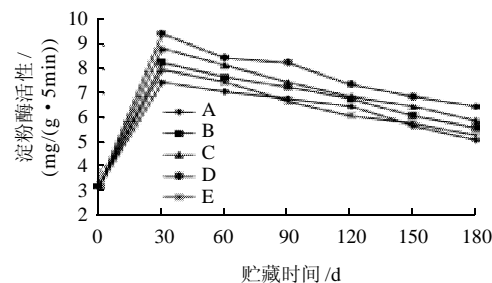


图5 不同处理对板栗淀粉酶活性的影响

Fig.5 Effects of different treatment methods on amylase activity of Chinese chestnut fruits

由图 5 表明, 不同处理的板栗样品在贮藏一个月后淀粉酶的活性均出现最高峰, 随着贮藏时间的延长淀粉

酶活性又逐渐降低。在贮藏 180d 后处理 A 样品中淀粉酶活性为  $5.1\text{mg}/(\text{g} \cdot 5\text{min})$ ，极显著( $P < 0.01$ )低于处理 D 并且显著( $P < 0.05$ )低于处理 B 和处理 C，但是处理 A 与处理 E 之间淀粉酶活性的差异不显著。以上分析表明，臭氧水水浴处理对板栗贮藏过程中淀粉酶活性的变化影响较显著，且臭氧水浓度与板栗淀粉酶活性呈负相关；套袋处理对板栗贮藏过程中淀粉酶活性变化影响不显著。

### 3 讨论与结论

#### 3.1 讨论

李莉杰等<sup>[17]</sup>报道了臭氧在食品冷库中具有良好的消毒杀菌作用。本实验研究结果表明，采用臭氧水水浴处理结合套袋处理，在温度为  $(0 \pm 1)^\circ\text{C}$ ，相对湿度 90%~95% 的冷藏库中贮藏可明显降低板栗贮藏期间的腐烂率和质量损失率，对板栗具有很好的保鲜贮藏效果。

板栗的呼吸强度不仅受外界环境条件的影响，还受组织内部生理状态的控制。本实验研究结果表明，臭氧水水浴处理和套袋处理对板栗在贮藏期间的呼吸强度均有显著的抑制作用，这可能是由于臭氧能够氧化许多饱和及不饱和的有机物质，一定质量浓度的臭氧可有效地降低和消除贮藏库中乙烯<sup>[18]</sup>，从而抑制板栗的呼吸作用。

板栗的淀粉和可溶性糖含量是衡量其品质优劣的重要指标。板栗中的糖分是由淀粉降解产生的，是代谢的中间产物，同时又作为呼吸底物而被消耗。本实验结果表明，经臭氧水水浴处理后，淀粉酶活性受到明显抑制，淀粉转变为糖的过程延缓，从而延长了贮藏期。

过氧化氢酶类可清除细胞内的氧自由基从而保护细胞膜不受伤害，而膜的受害程度关系到板栗的贮藏性，因此通过酶活性的变化可反映出板栗的生理状态和贮藏性<sup>[19]</sup>。从实验结果可以看出贮藏过程中经臭氧水水浴处理的板栗过氧化氢酶的活性变化比未经臭氧水水浴处理的板栗的过氧化氢酶活性变化较缓慢，说明臭氧水水浴处理有利于板栗的贮藏保鲜。

潘磊庆等<sup>[20]</sup>认为臭氧水浓度过大会对果蔬中的 VC 等营养成分产生破坏性作用，杨晓光等<sup>[21]</sup>也报道了臭氧水浓度过大而导致臭氧的强氧化性破坏了果皮的组织结构。本实验使用臭氧水的浓度最高为  $1 \times 10^{-6}$ ，更高质量浓度臭氧水对板栗保鲜的效果还需要作进一步的研究。

#### 3.2 结论

试验结果表明，在温度  $(0 \pm 1)^\circ\text{C}$ 、湿度 90%~95% 条件下，用  $1.0\text{mg}/\text{mL}$  臭氧水水浴处理结合套袋处理能有效的抑制板栗果实贮藏期间呼吸强度和淀粉酶的活性，延缓淀粉和糖的变化，提高了过氧化氢酶的活性，板栗在贮藏 180d 后，烂果率为 3%，质量损失为 1.1%，并且板栗果实具有较高的品质。

#### 参考文献：

- [1] 傅立国, 陈潭清. 中国高等植物: 第四卷[M]. 青岛: 青岛出版社, 2000.
- [2] 蒋依辉, 陈金印, 徐小彪, 等. 板栗贮藏技术及采后生理研究进展[J]. 江西农业大学学报, 2001, 23(3): 401-405.
- [3] 李艳, 张有林, 程忠国, 等. 臭氧处理对板栗采后生理效应研究[J]. 河北农业大学学报, 2006, 29(1): 50-53.
- [4] 陆胜明, 孔繁春. 臭氧对鲜切青花菜品质的影响[J]. 食品科技, 2003, 18(8): 34-36.
- [5] 余世望, 叶保平. 水果的臭氧保鲜试验[J]. 食品科学, 1994, 15(9): 64-65.
- [6] 代淑艳, 张可畏, 王慧明, 等. 臭氧气体与臭氧水灭菌效果分析[J]. 中国生物制品学, 2004, 17(5): 320-321.
- [7] 綦翠华. 臭氧杀菌及其在食品工业中的应用[J]. 食品科技, 1998, 23(6): 49-50.
- [8] 王群, 江明能. 湿冷系统运行特性及其在果蔬预冷保鲜中的应用研究[J]. 农业工程学报, 1996, 12(3): 181-185.
- [9] 曾文谨. 芒果贮藏保鲜研究[D]. 南宁: 广西大学, 2008: 38-39.
- [10] 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: 61-65.
- [11] 韩雅珊. 食品化学试验指导[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 1996: 21-25.
- [12] 李家庆. 果蔬保鲜手册[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2003: 368.
- [13] 曹建康, 姜微波, 赵玉梅. 果蔬采后生理生化实验指导[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2007: 101-103.
- [14] 王宪泽. 生物化学试验技术原理和方法[M]. 北京: 中国农业出版社, 2002: 77-80.
- [15] 高俊凤. 植物生理学实验技术[M]. 西安: 世界图书出版社, 2000: 1-10.
- [16] MENG Shenghua, ZHANG Sumei, SHENG Chichao, et al. Changes of peroxidase activity and protein and relationship between respiration and ethylene of Chinese gooseberries during controlled atmosphere storage [J]. Acta Horticultureae Sinica, 1982, 9(1): 27-30.
- [17] 李莉杰, 张玉雷. 臭氧保鲜水果微生物存活观察[J]. 冷藏技术, 1999(1): 9-11.
- [18] ICKSON R G, LAWS E, KYAS S J, et al. Abatement of ethylene by ozone treatment in controlled atmosphere storage of fruits and vegetables [R]. Nashville, US: International Winter Meeting of America Society Agricultural Engineering, 1992: 1-9.
- [19] 王清章, 严守雷, 彭光华, 等. 板栗贮藏方法对比研究[J]. 农业工程学报, 2002, 18(4): 127-130.
- [20] 潘磊庆, 屠康, 贾明敏, 等. 臭氧水处理对芹菜保鲜效果的研究[J]. 安徽农业大学学报, 2004, 31(3): 348-352.
- [21] 杨晓光, 张子德, 刘晓军, 等. 臭氧水冷激处理对冬枣保鲜品质的影响[J]. 食品科技, 2009, 34(10): 28-31.