

# 高压静电场和亚精胺处理对“北京 14 号”桃采后生理的影响

王 颀, 李里特, 丹 阳

(中国农业大学东校区食品学院, 北京 100083)

**摘 要:** 以“北京 14 号”桃果实为原料, 研究了 100 kV/m 高压静电场处理和 50 mg/L 亚精胺处理对果实呼吸强度、细胞膜透性和果肉硬度变化的影响。试验结果表明, 100 kV/m 高压静电场处理和 50 mg/L 亚精胺处理对果实呼吸强度、果肉硬度下降和果实细胞膜透性的增强具有显著的抑制作用。

**关键词:** 桃; 高压静电场; 多胺; 采后生理

**中图分类号:** S379.2; S662.1

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1002-6819(2003)03-0178-04

## 1 引言

桃的成熟过程被划分为两个阶段。第一阶段, 硬度降低缓慢, 第二阶段果肉硬度迅速下降伴随着多半乳糖醛酸酶活性的迅速增加<sup>[1,2]</sup>。桃是典型的跃变型果实, 呼吸跃变出现伴随着果肉硬度下降, 可溶性固形物增加和总酸含量下降<sup>[3~5]</sup>。果实呼吸跃变出现后, 其商品价值迅速下降。为了抑制果实呼吸跃变出现, 生产上采用的主要方法是冷藏。

高压脉冲电场 (PEF) 作为一种非加热保藏食品方法的研究已经有 30 多年的历史, 其研究领域涉及利用 PEF 实现冷杀菌<sup>[6~8]</sup>, 抑制酶的活性<sup>[9]</sup>。高压静电场在果品蔬菜贮藏保鲜方面的研究也有报道<sup>[10]</sup>。多胺在调节乙烯合成, 控制果实成熟衰老和抑制水果冷害方面有很多研究<sup>[11~13]</sup>, 但在促进水果成熟方面的报道是有争议的。鳄梨、苹果和青椒果实成熟期间游离多胺含量下降<sup>[14~16]</sup>; 而柑橘和南美番荔枝在成熟过程中游离多胺含量增加<sup>[17,18]</sup>。

本文以“北京 14 号”桃为原料, 研究了高压静电场和亚精胺处理对果实呼吸强度、果肉硬度和细胞膜透性的影响, 旨在为桃的贮藏运输提供理论依据, 并为高压静电场和多胺在果品蔬菜贮藏保鲜方面的应用奠定理论基础。

## 2 材料与方法

### 2.1 材料

“北京 14 号”桃 (*Prunus Persica* L. cv.) 果实于 2001 年 8 月 4 日采自北京西郊香山果园, 于中国农业大学试验冷库进行贮藏。采收时果实可溶性固形物含量 10.7%, 果皮组织相对电导率 0.34%, 呼吸强度 10.56 CO<sub>2</sub> mL/(kg·h)<sup>-1</sup>, 果肉硬度 1776.7 kPa。

### 2.2 试验方法

#### 2.2.1 试验设计

设 3 个处理, 分别为 100 kV/m 高压静电场处理,

50 mg/L 亚精胺处理和 0 对照 (CK), 每处理用果实 30 个, 将果实放入 0, 相对湿度 (RH) 为 90% 的冷藏库贮藏。电场处理每天处理 1h, 亚精胺处理将亚精胺配成 50 mg/L 的溶液, 把桃果实放入亚精胺溶液中浸泡 5 min, 取出后晾干入库。

电场处理每天处理 1h。电场发生器为北京互感器厂生产, 型号 TDM 2.5/60。试验用铁丝网做成平行极板产生负高压静电场, 两极板间距离可以调节。电场强度等于极板间电压与极板间距离比值 (电场试验设备如图 1 所示)。

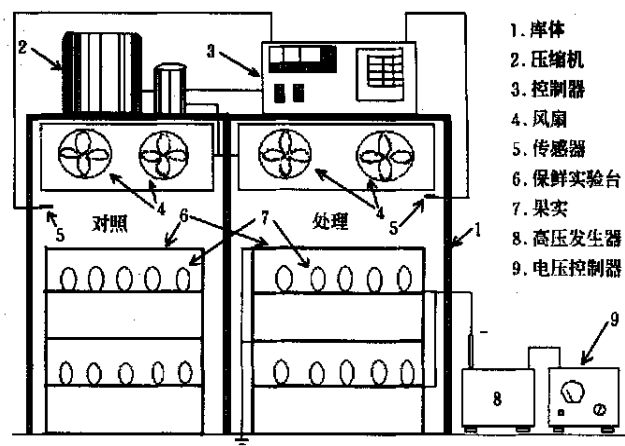


图 1 高压静电场保鲜设备示意图

Fig 1 Diagram of high voltage static electric field

#### 2.2.2 测定方法

果实贮藏过程中, 每 7 d 测定 1 次呼吸强度、果皮细胞相对电导率和果肉硬度。

**呼吸强度的测定。**从每个处理中取 5 个果实, 准确称质量, 在玻璃真空干燥器中放置 2 h 后, 用排水集气法抽取气样 50 mL 于取气袋中待测。用岛津 GC-8A 气相色谱, TCD 检测器测定 CO<sub>2</sub>, 检测器温度 120, 柱温 80, 载气为氦气, 重复 3 次, 取平均值, 果实呼吸强度用 CO<sub>2</sub> mL/(kg·h)<sup>-1</sup> 表示。取完气样后, 将果实取出, 用于测定果肉硬度和果皮细胞电导率。

**测定果实硬度时,**在果实中部薄薄地削去一层果皮, 然后将果实放于 RT-2002D 型流变仪 (日本 RHEOTECH 公司产品) 载物台上测定果肉硬度, 重复

收稿日期: 2002-05-20

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (30170665)

作者简介: 王 颀 (1959-), 河北农业大学食品学院教授, 中国农业大学在读博士, 北京市清华东路 17 号 中国农业大学东校区食品学院 113 号信箱, 100083

5次,取平均值。压头直径3 mm,载物台上行速度6 cm/min,用Yokogawa记录仪记录试验结果,果肉硬度用kPa表示。

果皮细胞相对电导率参照冯双庆方法<sup>[19]</sup>。从果实中部用直径14.5 mm的打孔器打孔,取果皮圆片30片,质量5 g。放入100 mL三角瓶中,加100 mL双蒸水,充分搅拌后放入真空干燥器中,在真空度为0.04 MPa条件下抽空1 h,然后将水倒掉,在三角瓶中重新加入100 mL双蒸水,振荡1 h后用CEH-12型电导仪测定初始电导值。测完初始电导值后的样品,加热至100℃,并保持5 min,迅速冷却后测定其终电导值。相对电导率=(初始电导值/终电导值)×100%。

### 3 结果分析

#### 3.1 高压静电场和亚精胺处理对果实呼吸强度的影响

果实采收时呼吸强度为10.56 CO<sub>2</sub> mL/(kg·h)<sup>-1</sup>。贮藏7 d时,高压静电场处理、亚精胺处理和CK的呼吸强度分别为6.73、5.18 CO<sub>2</sub> mL/(kg·h)<sup>-1</sup>和10.19 CO<sub>2</sub> mL/(kg·h)<sup>-1</sup>;贮藏14 d时,高压静电场处理、亚精胺处理和CK的呼吸强度分别为9.82、8.81 CO<sub>2</sub> mL/(kg·h)<sup>-1</sup>和11.25 CO<sub>2</sub> mL/(kg·h)<sup>-1</sup>;贮藏21 d时,高压静电场处理、亚精胺处理和CK的呼吸强度分别为9.45、13.45 CO<sub>2</sub> mL/(kg·h)<sup>-1</sup>和10.56 CO<sub>2</sub> mL/(kg·h)<sup>-1</sup>;至贮藏28 d时,CK的呼吸强度达到63.08 CO<sub>2</sub> mL/(kg·h)<sup>-1</sup>,出现了呼吸跃变,而高压静电场处理和亚精胺处理呼吸强度只有36.70 CO<sub>2</sub> mL/(kg·h)<sup>-1</sup>和30.51 CO<sub>2</sub> mL/(kg·h)<sup>-1</sup>(见图2)。试验结果表明,电场处理和亚精胺处理对桃果实的呼吸强度具有明显的抑制作用,其抑制作用表现在明显的降低峰值,而不改变呼吸高峰出现的早晚。

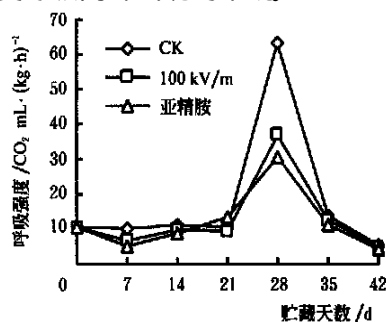


图2 不同处理对桃呼吸强度的影响

Fig 2 Effect of different treatments on respiration rate of peach

#### 3.2 高压静电场和亚精胺处理对果肉硬度的影响

采用高压静电场处理和亚精胺处理的果肉硬度同对照相比,在贮藏7~14 d时变化幅度很小,从贮藏28 d开始,高压静电场处理和亚精胺处理的果肉硬度显著高于对照。采收时果肉硬度为1776.7 kPa。贮藏14 d时,高压静电场处理、亚精胺处理和CK的果肉硬度分别为1665.6 kPa、1728.2 kPa和1668.8 kPa。贮藏28 d时,高压静电场处理、亚精胺处理和CK的果肉硬

度分别为1596.2 kPa、1642.5 kPa和1451.9 kPa,即在贮藏28 d时高压静电场处理和亚精胺处理果肉硬度显著高于对照(图3)。贮藏35 d和42 d时,高压静电场处理和亚精胺处理的果肉硬度也显著高于对照。

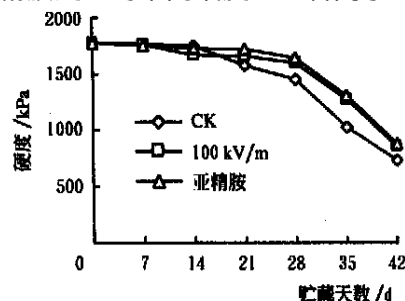


图3 不同处理对桃果肉硬度的影响

Fig 3 Effect of different treatments on firmness of peach

#### 3.3 高压静电场和亚精胺处理对果实细胞膜透性的影响

果皮组织的相对电导率是衡量果实细胞膜透性的主要指标。果实趋向衰老时,细胞膜透性增强,相对电导率增加。桃果实采收时的相对电导率为0.24%。贮藏7 d时,高压静电场处理、亚精胺处理和CK的相对电导率分别为0.28%、0.26%和0.27%;贮藏21 d时,高压静电场处理、亚精胺处理和CK的相对电导率分别上升到0.35%、0.28%和0.39%;至贮藏28 d时,CK的相对电导率达到0.45%,而高压静电场和亚精胺处理相对电导率只有0.38%和0.36%(见图4)。试验结果表明,高压静电场处理和亚精胺处理果皮组织的相对电导率从采收后第21 d起同对照组就有显著差异,即电场处理和亚精胺处理可以抑制果实相对电导率的增加,对桃果实的成熟衰老具有一定的抑制作用。

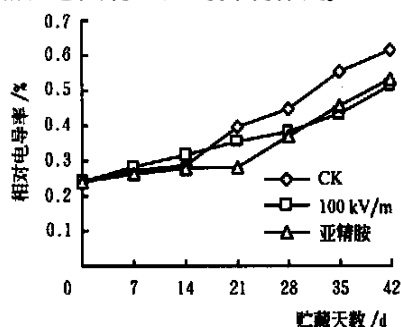


图4 不同处理对桃细胞膜透性的影响

Fig 4 Effect of different treatments on membrane permeability of peach

### 4 讨论

多胺对保持水果蔬菜的采后质量具有明显的效果。研究表明,气调贮藏的苹果、南瓜和中国甘蓝<sup>[23]</sup>同在大气中贮藏相比,多胺含量明显增加,温度预处理抑制了南瓜冷害的发生伴随着多胺的累积,红元帅苹果采收以后用精胺处理可以抑制果肉软化<sup>[20~23]</sup>。长期贮藏的番

茄果肉的软化同腐胺的含量密切相关<sup>[24]</sup>。采用 0.25~1.0 mm 的精胺处理可以明显抑制金冠苹果和旭苹果的软化<sup>[25]</sup>。虽然多胺在调节乙烯合成,控制果实成熟衰老和抑制水果冷害方面有很多报道,但在促进水果成熟方面的报道是有争议的<sup>[11~18]</sup>。

贮藏期间硬度变化结果表明,“北京 14 号”桃可以在 0 条件下贮藏 5 周,其果肉硬度从 1776.7 kPa 下降到 1025.3 kPa;而每天用 100 kV/m 高压静电场处理,在 0 条件下贮藏 5 周的桃,果肉硬度为 1281.5 kPa;采用 50 mg/L 亚精胺浸果 5 min,在 0 条件下贮藏 5 周的桃,果肉硬度为 1304.8 kPa(图 3)。贮藏至第 6 周时,仍然具有商品价值。0 对照、100 kV/m 高压静电场处理和亚精胺处理果实的硬度分别为 730.1 kPa、851.3 kPa 和 879.1 kPa。试验结果表明,“北京 14 号”桃贮藏 4 周以后,采用亚精胺处理的果实同对照相比,呼吸强度差异显著,采用 50 mg/L 亚精胺处理的果实呼吸强度为 30.51 CO<sub>2</sub> mL/(kg·h)<sup>-1</sup>,而对照果实呼吸强度为 63.08 CO<sub>2</sub> mL/(kg·h)<sup>-1</sup>,相差 1 倍多。本研究结果和前人的研究结果一致,采用亚精胺处理,可以明显抑制“北京 14 号”桃果实的软化。亚精胺处理对果实呼吸强度的抑制作用可能与亚精胺抑制乙烯的合成有关,但果实成熟衰老过程中其内源多胺含量的变化有待进一步研究。

高压静电场在果品蔬菜贮藏保鲜方面的研究曾有报道<sup>[10]</sup>。高压静电场对北京 14 号桃果实的呼吸作用和果肉硬度影响差异极显著 ( $P < 0.01$ ),与高压静电场抑制了与果实成熟衰老有关酶类的活性有关,这方面的研究报道较少,其机理有待进一步研究。

高压静电场处理能耗很小,亚精胺处理成本较高,综合考虑成本和贮藏效果,采用高压静电场处理较好。

## 5 结 论

1) 桃属于呼吸跃变型果实,具有典型的呼吸高峰,100 kV/m 高压静电场处理和 50 mg/L 亚精胺处理不能使呼吸跃变推迟出现,但明显降低了呼吸高峰的峰值,同对照相比,其呼吸高峰的峰值分别只有对照的 57.5% 和 48.4%,对贮藏保鲜是有利的。

2) 高压静电场处理和多胺处理有利于保持果实的硬度。

3) 高压静电场处理和多胺处理可以控制果实相对电导率的增加,对桃果实的成熟衰老具有一定的抑制作用。

## 【参 考 文 献】

- [1] Downs C C, Brady C J, Gooley A. Exopolysaccharonase protein accumulates large in peach fruit ripening [J]. *Physiol Plant*, 1992, 85: 133~140
- [2] Orr G, Brady C J. Relationship of endopolysaccharonase activity to fruit softening in a freestone peach [J]. *Postharvest Biol Technol*, 1993, 3: 121~130
- [3] Miller A N. Whole-fruit ethylene evolution and ACC content of peach pericarp and seeds during development [J]. *J*

*Am Hort Sci*, 1988, 113: 119~124

- [4] Amorós A, Serrano M. Levels of ACC and physical and chemical parameters in peach development [J]. *J Hort Sci*, 1989, 64: 673~677
- [5] Tonutti P, et al. Fruit firmness and ethylene biosynthesis in three cultivars of peach [J]. *Hortic Sci*, 1996, 71: 141~147
- [6] Hamilton W A, Sale A J H. Effect of high electric fields on microorganisms II. Mechanism of action of the lethal effect [J]. *Biochimica et Biophysica Acta*, 1967, 148: 789~800
- [7] McDonald C J, Lloyd S W, Vitale M A, et al. Effects of pulsed electric fields on microorganisms in orange juice using electric field strengths of and 50 kV/m [J]. *J of Food Science*, 2000, 65(6): 984~989
- [8] Su Yeon Kim. Sterilization of yakju (Rice wine) using a batch-type high voltage pulsed field system [J]. *Korean Journal of Food Science and Technology*, 1999, 31(5): 1247~1253
- [9] Hye Won Yeom. Inactivation of papain by pulsed electric fields in a continuous system [J]. *Food Chemistry*, 2001, 67: 53~59
- [10] 李里特等. 高压静电场下黄瓜和豇豆的保鲜试验研究 [J]. *中国农业大学学报*, 1998, 3(6): 107~110
- [11] Gonzalez Aguilar G A, Zacarias L, Perez Amador M A, et al. Polyamine content and chilling susceptibility are affected by seasonal changes in temperature and by conditioning temperature in cold-stored 'Fortune' mandarin fruit [J]. *Physiologia Plantarum*, 2000, 108(2): 140~146
- [12] Hirofumi Terai, Keiichi Hayashi, Masashi Mizuno, et al. Comparison of changes in ethylene and polyamines of water convolvulus and chingensai exposed to chilling stress [J]. *Food Science and Technology Research*, 1999, 5(1): 64~68
- [13] Munoz M T, Aguado P, Ortega N, et al. Regulation of ethylene and polyamine synthesis by elevated carbon dioxide in cherimoya fruit stored at ripening and chilling temperatures [J]. *Australian Journal of Plant Physiology*, 1999, 26(3): 201~209
- [14] Winer L, Apelbaum A. Involvement of polyamines in the development and ripening of avocado fruits [J]. *J Plant Physiol*, 1986, 126: 223~233
- [15] Biasi, et al. Endogenous polyamines in apple and their relationship to fruit set and fruit growth [J]. *Physiol Plant*, 1988, 73: 201~205
- [16] Serrano M, et al. Polyamine accumulation in cold stored peppers [J]. *Acta Horti*, 1995, 312: 127~133
- [17] Hasdai D, et al. Chemical and morphological characteristics of developing fruits from old clone cv. nucellar Shamouti orange trees [J]. *J Hort Sci*, 1986, 61: 389~395
- [18] Escribano M I, Merodio C. The relevance of polyamine levels in cherimoya fruit ripening [J]. *J Plant Physiol*, 1994, 143: 207~212
- [19] 冯双庆. 果品蔬菜贮藏运输学实验指导 [M]. 北京, 1993, 53~55

- [20] Kramer G F, Wang C Y, Sconway W. Correlation of reduced softening and increased polyamine levels during low-oxygen storage of "McIntosh" apple[J]. J Amer Soc Hort Sci, 1989, 114: 942~ 946
- [21] Kramer G F, Wang C Y. Correlation of reduced chilling injury and oxidative damage with increased polyamine levels in zucchini squash[J]. Physion Plant, 1989, 76: 479 ~ 484
- [22] Wang C Y, Ji Z L. Effect of low oxygen storage on chilling injury and polyamines in zucchini squash[J]. Scientia Hort, 1988, 39: 1~ 7.
- [23] Wang C Y, Kramer G F. Effect of low oxygen storage on polyamine levels and senescence in Chinese cabbage, zucchini squash and McIntosh apple[A]. Fifth Proc Intl Controlled Atmosphere Res Conf [C]. Vol 2 Wenatchee, Wash, 1989, 19~ 27.
- [24] Dibble A R G, Davies P J, Mutschler M A. Polyamine content of long-keeping alcobaca tomato fruit[J]. Plant Physiol, 1988, 86: 338~ 340
- [25] Kramer G F, Wang C Y. Inhibition of softening by polyamine application in golden delicious and mcintosh apple[J]. J Amer Soc Hort Sci, 1991, 116(5): 813~ 817.

## Effect of high-voltage static electric field and spermidine treatments on post-harvest physiology of 'Beijing 14' Peach

Wang Jie, Li Lite, Dan Yang

(Food College, China Agricultural University, Beijing 100083, China)

**Abstract:** In this paper, effect on respiration rate, membrane permeability and pulp firmness of 'Beijing 14' peach using 100 kV/m high-voltage static electric field (HVEF) and 50 mg/L spermidine, were studied. The results show that 100kV/m high-voltage electric static field and 50 mg/L spermidine can inhibit the increase of respiration rate and membrane permeability and control the decrease of pulp firmness.

**Key words:** peach; high-voltage electric field; polyamines; post-harvest physiology