

# 采后处理方法对果蔬口感品质的改良研究进展

郑 杨, 生吉萍\*, 申 琳

(中国农业大学食品科学与营养工程学院, 北京 100083)

**摘 要:** 果蔬产品具有营养价值高、口感脆嫩、含水量高、易腐烂变质的特点。本文从机理上对影响果蔬产品采后口感的因素进行分析, 概述有利于提高果蔬产品口感的采后处理方法, 并总结未来可以致力于提高果蔬产品食用品质的研究新方向。

**关键词:** 采后果蔬; 口感; 1-MCP; 壳聚糖; 钙

## Postharvest Treatment Methods for Improving Quality of Fruits and Vegetables: A Review

ZHENG Yang, SHENG Ji-ping\*, SHEN Lin

(College of Food Science and Nutritional Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China)

**Abstract:** Fruit and vegetable products have high nutritional value, sweet taste and crisp mouth feeling, and high water content but they are putrescible. The factors which impact the taste and mouth feeling of postharvest fruits and vegetables are analyzed in this paper. In addition, the postharvest treatment methods and new approaches which have been used to improve the edible quality of fruits and vegetable products are summarized.

**Key words:** postharvest fruit and vegetable; taste; 1-MCP; chitosan; calcium

中图分类号: TS201.2

文献标识码: A

文章编号: 1002-6630(2009)13-0276-04

果蔬产品营养丰富, 含有丰富的碳水化合物、有机酸、维生素及无机盐, 因而成为人类重要的营养源和生活中不可缺少的食品。果蔬产品的食用品质主要包括营养成分和食用口感两个方面。但是由于生产的季节性、地域性和产品的易腐性, 给果蔬的贮藏保鲜带来了极大困难。特别是在果蔬的生产中, 由于贮藏不善往往导致大量果蔬的口感下降, 营养成分损失, 甚至腐烂不可食用。因此, 对果蔬产品进行采后处理, 维持其良好的食用品质, 降低采后损失是目前急需解决的问题。

以提高果蔬食用品质为出发点, 总结近年来对于提高采后果蔬口感的技术方法, 并探讨其相关机制与原理, 旨在为果蔬产品贮藏保鲜上的应用提供更多的理论依据和实践价值。

## 1 影响果蔬口感的因素

### 1.1 水分蒸发

由于果蔬组织中含有丰富的水分, 使其显现出新鲜

饱满和嫩的状态, 显示出鲜亮的光泽, 并具有一定的弹性和硬度。因此, 水分含量是影响果蔬产品口感的主要因素。在采收前, 由于蒸发而损失的水分可以通过根系从土壤中得到补偿, 采收之后, 则无法继续得到补偿。因此采摘后果蔬过分失水对果蔬的品质是不利的。

#### 1.1.1 影响果蔬采后水分蒸发的因素

影响果蔬采后水分蒸发的因素主要包括: 果蔬种类、品种和成熟度; 果蔬比表面积; 果蔬表面机械损伤以及细胞的保水力。叶片类蔬菜, 比表面积大的果蔬类以及受到机械损伤的部位失水情况要更严重。另外, 外界温度对于果蔬水分损失也有一定的影响。

#### 1.1.2 失水对果蔬的影响

失水会引起产品失鲜, 即质量方面的损失。一般情况下, 易腐果蔬失水 5%, 就会出现萎蔫和皱缩。通常在温暖、干燥的环境中几小时, 大部分果蔬就会出现萎蔫。有些果蔬虽没有达到萎蔫程度, 但失水已影响到果蔬的口感、脆度、颜色和风味; 对于黄瓜、萝卜来讲, 过分失水就会造成内部“糠心”现象<sup>[1]</sup>。过

收稿日期: 2009-02-26

基金项目: 国家自然科学基金项目(30671471; 30571291); 中澳合作 ACIAR 项目(PHT/1999/081);

国家公益性行业(农业)科技专项项目(200803033)

作者简介: 郑杨(1984—), 女, 博士研究生, 主要从事果蔬采后生理与生物技术研究。E-mail: tomato0901@gmail.com

\* 通讯作者: 生吉萍(1967—), 女, 副教授, 博士, 主要从事食品生物技术与果蔬采后贮藏保鲜研究。

E-mail: pingshen@cau.edu.cn

度的失水还会加速果蔬成熟衰老的进程。

## 1.2 采后果实的成熟衰老

采后果蔬产品的成熟衰老包括了一系列复杂的生理生化过程,有多种物质与酶的参与。其中果实软化使果实肉质变软,硬度降低,直接影响了果实的品质。这个过程受多种酶、植物激素及贮藏环境条件的影响。

### 1.2.1 果蔬后熟软化机理

大多数研究认为果实软化的最初原因是细胞壁内部结构的破坏。植物细胞壁主要由纤维素、半纤维素、木质素和果胶质组成。由于果胶的活动,胞间层逐渐溶解,大量细胞壁结构消失,细胞支撑作用减弱。苹果<sup>[2]</sup>、梨<sup>[3]</sup>、枣<sup>[4]</sup>等果实成熟过程中微细结构观察结果表明,随着果实的软化,细胞壁构造发生了明显的变化,细胞壁中胶层的基质明显崩溃。这些结果充分表明了细胞壁结构变化与果实后熟软化之间有紧密的关系。

### 1.2.2 后熟软化过程中物质的变化

果胶物质是构成细胞初生壁和中胶层的主要成分,由原果胶、果胶酸甲酯和果胶酸组成<sup>[5]</sup>。对苹果<sup>[6]</sup>、火柿<sup>[7]</sup>、猕猴桃<sup>[8]</sup>、梨<sup>[3]</sup>、桃<sup>[9]</sup>的研究结果表明,随着果实的成熟软化,果肉硬度明显下降,原果胶含量显著降低,而水溶性果胶含量增加。纤维素和半纤维素在果胶降解的同时也发生变化。贮藏过程中,半纤维素发生显著的变化:条件越有利于果实软化,半纤维素降解越快。淀粉在果实成熟软化过程中发生降解,王贵禧等研究认为淀粉的快速水解是造成猕猴桃果实在第一阶段硬度下降的主要原因<sup>[8]</sup>。

## 2 有助于提高果蔬产品口感的常用采后处理方法

### 2.1 低温高湿处理

果蔬产品在采后受到较高环境温度影响,会引起果实和叶片水分大量蒸腾,导致果实重量减轻,形态萎缩,外观品质降低;同时,还会由于环境温度高,呼吸代谢加速,营养成分大量消耗,降低食用品质。因此常常利用预冷处理,达到维持果蔬产品良好品质的目的,并取得了一定的成效。预冷处理(precooling treatment)是将准备冷藏、冷运的果实在采收后立即进行冷却处理,以减少果实在田间受热时间。预冷要求达到的温度,一般略高于该果实冷藏最适温度。李永才等利用预冷处理对甘蓝、大白菜和花椰菜进行研究发现,预冷处理能很好的保持蔬菜的品质,可将叶菜失水率控制在2%以下,并能较好的保持叶绿素和VC含量,且蔬菜鲜嫩爽口,新鲜度高,腐烂程度低,品质优良<sup>[10]</sup>。

新鲜果品的含水量一般在85%~90%,蔬菜含水量

在90%~95%,果蔬保鲜的目的从一个角度来理解,可认为是“保水”,因此,多数果蔬贮藏期间要求较高的相对湿度。低温条件下,在一定范围内,湿度越高越有利于蔬菜保鲜。闵锦忠等的研究表明,在低温高湿的条件下,鲜重指数下降缓慢,贮藏期延长<sup>[11]</sup>。同时还发现,当温度大于5℃以上时,湿度(95%~100%)较大时,菜秧的鲜重指数还有回升的现象。对于芒果<sup>[12]</sup>、龙眼<sup>[13]</sup>、杨桃<sup>[14]</sup>的研究均表明在“湿冷”的环境下,能够有效地抑制呼吸和蒸腾作用,延缓成熟衰老,保持果实原有的风味和新鲜程度,尤其适合于热带、亚热带果蔬保鲜。

### 2.2 光照处理

光照条件对果蔬保鲜效果有显著影响。在强光条件下的腐烂速率较弱光和黑暗条件下明显偏高。在黑暗和弱光条件下失水率比强光下平均低10%~30%<sup>[11]</sup>。因为在强光条件下,植物的气孔张开,水分通过气孔蒸腾作用大量散失,造成细胞膨压下降、体表皱缩、萎蔫、水解酶活动旺盛,大量水解,造成细胞的膜结构破坏,最终导致蔬菜硬度下降,食用品质降低,萎蔫腐烂。因此,果蔬产品在贮藏保鲜过程中应尽可能避免光照。谢晶等将弱光光源引入冷藏中,使果蔬在贮藏的同时还在进行光合物质积累,达到既保持果蔬的良好品质,又延长其货架寿命的目的<sup>[15]</sup>。

目前,将紫外线光照照射(UVC)用于果蔬保鲜的研究也比较多。毕阳综述了短波紫外线照射控制果蔬采后腐烂的方法、剂量、影响因素和作用机制,提出大量证据表明,该处理将有可能成为一种新的替代化学药物防腐的新技术<sup>[16]</sup>。用UVC处理新鲜草莓可延长货架期4~5d,除了紫外光可杀灭草莓表面微生物的原因外,研究还发现UVC处理的果实的呼吸作用降低,果实的硬度也比未处理的要高<sup>[17]</sup>。将番茄用UVC处理后,现其中细胞壁降解酶(聚半乳糖酶、果胶甲酯酶、纤维素酶、木聚糖酶和蛋白酶等)的活性明显降低,硬度也相应的得到保持。番茄的呼吸峰和产乙烯时间也推后7~9d,所以,UVC处理可减慢番茄的熟化和腐烂进程,从而达到保鲜的目的<sup>[18]</sup>。

### 2.3 钙处理

钙是植物生长发育必需营养元素之一,在植物生理活动中,既起着结构成分的作用,也具有酶的辅助因素功能。近年来,钙与果蔬采后生理的关系逐渐被揭示。钙对于提高果实采后品质、延长贮藏寿命有重要作用。一般来说,缺钙果实不宜贮藏<sup>[19]</sup>。在许多研究报道中,多数人认为钙在形成细胞壁的多糖和蛋白质复合物起黏合作用,增强细胞的稳定性,同时由于钙固着于原生质表面和细胞壁交换点上,降低了细胞壁的渗透性,提高了果实硬度,从而提高了果实品质,延长

了贮藏寿命。

钙处理可以有效地延长果蔬贮藏寿命和货架期,提高果蔬品质。人们已研究了不同方法增补果实钙含量,一般采用根部施肥、叶面喷施、采后浸果与采前调节树体钙分配四种方法,目前以采后钙溶液浸渗果最常用,钙溶液有  $\text{CaCl}_2$ 、 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  或  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 、 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 、 $\text{Ca}(\text{Ac})_2$  等溶液。浸果常用方法有温差法、低压渗透法、加压渗透法、常温常压法和真空浸渗法,它们各有优缺点,具体的浸泡浓度和时间因果实种类和品种而定。付永琦等对于猕猴桃果实的研究表明氯化钙处理能抑制乙烯生成,与其维持质膜完整性,保持其正常功能有密切关系<sup>[20]</sup>。尤瑞琛等证明,用 8%  $\text{Ca}^{2+}$  处理荔枝果实,在贮藏期间其品质维持良好且稳定<sup>[21]</sup>。

#### 2.4 壳聚糖涂膜处理

壳聚糖(chitosan),又称为脱乙酰甲壳素,是甲壳素脱乙酰基的降解产物。此外,壳聚糖已经被证明是一种食物纤维类似物,对人的身体健康有益<sup>[22]</sup>。因此,壳聚糖在实际中研究和应用较多。壳聚糖化学性质稳定,可溶于大多数稀酸,如盐酸、醋酸、酒石酸溶液中。它具有无毒、无味,来源广泛,可生物降解,对环境无污染,可成膜抑菌,营养保健等特性,并且因具有良好的成膜性,能够较好地保持果蔬采后品质并防止病害的发生,已作为一种成膜剂广泛应用于果蔬的采后保鲜中。

壳聚糖可通过浸泡,在果实表面形成一层薄膜,对  $\text{CO}_2$  和  $\text{O}_2$  有选择渗透的作用,具体的浸泡时间和浓度与果蔬产品的品种有关。壳聚糖涂膜处理的草莓<sup>[23]</sup>、桃<sup>[24]</sup>、龙眼<sup>[25]</sup>在整个贮藏期间都表现出较好地保持了果实的贮藏品质和营养水平。此外,有研究表明 1.5% 的壳聚糖涂膜能够显著地抑制芒果果皮色泽的转变,减少果实腐烂发生与水分散失,保持较高的果实硬度和 VC 含量。同时壳聚糖涂膜阻止了可溶性糖积累和可滴定酸降解,从而延缓了芒果的后熟进程<sup>[26]</sup>。

#### 2.5 1-MCP 处理

1-MCP(1-甲基环丙烯)是近年来发现的一种新型乙烯受体抑制剂,在常温下性质稳定,是一种结构相对简单的有机化合物,具有无毒、低量、高效等优点。1-MCP 与乙烯受体的结合是不可逆的,正是这种特性,使得经 1-MCP 处理过的果蔬仍能完成后熟,从而满足消费者对果蔬品质的需求<sup>[27]</sup>。因此,以 1-MCP 处理果树产品,延长其后熟软化进程,提高其贮藏品质具有重要的意义。

1-MCP 的商品称为安喜培,是一种粉、片剂,1-MCP 气体被吸收固定在粉末、片剂中。在使用时,只需根据所处理园艺产品种类和密闭容器的体积,把一定量的制剂溶解于缓冲液或 40℃ 左右的水中,1-MCP 气

体就会立即释放出来,因此应立即封闭该容器。魏建梅等研究表明,常温下,1-MCP 处理嘎拉果实 20d 后硬度仅仅下降 3.81%,1-MCP 处理能显著抑制淀粉转化的速度,从而推迟果实的软化进程。同时 1-MCP 处理可以显著地降低细胞壁物质的降解速率,抑制不溶性果胶向水溶性果胶转化<sup>[28]</sup>。对桃果实<sup>[29]</sup>、芒果<sup>[30]</sup>、梨果实<sup>[31]</sup>的研究也得出了类似的结论。

### 3 展 望

#### 3.1 利用转基因技术保鲜果蔬

生物技术在贮藏保鲜上的应用,体现在利用遗传基因进行果蔬保鲜方面。首例限制乙烯生物合成的转基因工作已于 20 世纪 90 年代初在英国试验成功。之后,许多国家相继开展了类似的工作。我国也积极开展番茄基因工程的研究工作,转基因番茄呈现极不正常的成熟衰老模式,在整个贮藏期中,果实的代谢水平极低,果实颜色由绿转黄,如果不用乙烯催熟,果实将一直保持黄色<sup>[32]</sup>。转基因番茄的成功为生物技术在果蔬贮藏保鲜上的应用展示了美好的前景。目前,国内外均在开展以限制乙烯为目标的耐贮苹果、桃、猕猴桃及甜瓜的研究工作。

多聚半乳糖醛酸酶(PG)是从果实成熟中分离较早的一种酶,在果实成熟过程中,细胞壁中果胶物质的降解是果实成熟软化的主要因素,PG 被认为参与果胶的降解,从而 PG 在果实成熟软化过程中起重要作用<sup>[33]</sup>。纯化的 PG 酶蛋白可在体外促进番茄果皮软化。但是反义 PG 基因的转入抑制了番茄中 PG 的活性,起到延缓果实衰老的效果,但并不能阻止果实的软化。因此,利用分子生物学方法进一步认识果实软化机制,可以更好地解决果实的保鲜问题提供理论依据。

#### 3.2 天然果蔬保鲜剂的开发利用

利用植物提取物对果蔬进行保鲜与目前大量使用的化学合成保鲜剂相比具有更多的优点。植物提取物具有良好的天然杀菌作用,对人体和环境不会造成危害,增加了果蔬食用的安全性,减少了废弃物的处理,并且在果蔬保鲜上也取得了很好的效果。段翰英等<sup>[34]</sup>选用金银花、大黄、高良姜三种中草药提取液对黄瓜进行保鲜,结果表明:用这三种中草药提取液浸泡过的黄瓜在感官品质、VC 保存率、保水性方面都比空白组好得多,可见用中草药保鲜黄瓜有明显的效果。特别是用“金银花+高良姜”处理过的黄瓜,效果最好,失重率小、VC 变化小、保存时间也较长、颜色保持得最好。从长远来看,果蔬保鲜剂的研究方向应该向着天然、安全、有效的方向发展。因此,天然植物提取物代替化学合成保鲜剂用于果蔬的贮藏保鲜有着广阔的

发展前景。

我国果蔬贮藏保鲜产业已经实质性地参与到国际化激烈竞争的新形势下,其竞争本质是科技竞争。目前,很多致力于果蔬贮藏保鲜的研究者,在物理方法、化学方法及生物方法方面均进行了大量的工作,相信在不久的将来在这一领域将会有很大的突破。

#### 参考文献:

- [1] 孟振农, 范爱荣, 张思晨. 影响萝卜产品器官口感品质的内部结构因素[J]. 山东大学学报, 1998, 33(4): 463-467.
- [2] 吴明江, 张忠恒, 于萍, 等. 苹果软化过程中质壁互作的生理和结构研究[J]. 园艺学报, 1995, 22(2): 181-182.
- [3] 林河通, 席芳, 陈绍军. 黄花梨果实采后软化生理基础[J]. 中国农业科学, 2003, 36(3): 349-352.
- [4] 梁小娥, 王三宝, 赵迎丽, 等. 枣采后果肉软化的生化和细胞超微结构的变化[J]. 园艺学报, 1998, 25(4): 333-337.
- [5] 朱广廉. 果实成熟的基因工程研究[J]. 生物学通报, 1995, 30(11): 1-4.
- [6] 关军锋, 马智宏. 苹果果实软化与果胶含量、质膜透性和钙溶性的关系[J]. 果树学报, 2001, 18(1): 11-14.
- [7] 田建文, 贺普超, 许明宪. 火柿后熟中各理化指标间的关系研究[J]. 园艺学报, 1994, 21(1): 41-46.
- [8] 王贵禧, 韩雅珊, 于梁. 浸钙对猕猴桃果实硬度变化影响的生化机制[J]. 园艺学报, 1995, 22(1): 21-24.
- [9] 阚娟, 金昌海, 汪志君, 等.  $\beta$ -半乳糖苷酶及多聚半乳糖醛酸酶对桃果实成熟软化的影响[J]. 2006, 27(3): 76-80.
- [10] 李永才, 毕阳, 麻和平. 蔬菜预冷保鲜技术研究[J]. 保鲜与加工, 2006, 6(6): 23-25.
- [11] 闵锦忠, 王传海, 何都良, 等. 微气象条件对蔬菜保鲜效果的影响[J]. 中国农学通报, 2004, 20(10): 250-252.
- [12] 杨文领, 关文强, 李昀, 等. 湿冷系统在芒果保鲜中的应用[J]. 广西农业科学, 2002(3): 2-4.
- [13] 杨文领, 何锦凤, 刘立红, 等. “湿冷系统”在龙眼保鲜中的应用研究[J]. 食品科学, 2001, 22(8): 79-81.
- [14] 杨文领, 王群, 李碧晴, 等. 湿冷系统在杨桃保鲜中的应用[J]. 保鲜与加工, 2001(4): 22-23.
- [15] 谢晶, 蔡楠, 韩志. 弱光照射对果蔬冷藏品质的影响[J]. 食品科学, 2008, 29(3): 471-474.
- [16] 毕阳. 采后短波紫外线照射对果蔬腐烂的控制[J]. 食品科学, 1996, 17(12): 58-61.
- [17] BAKA M, MERCIER J, CORCUFF R, et al. Photochemical treatment to improve storability of fresh strawberries[J]. Journal of Food Science, 1999, 64(6): 1068-1072.
- [18] MAHARAJ R, ARUL J, NADEAU P. Effect of photochemical treatment in the preservation of fresh tomato (*Lycopersicon esculentum* cv. Capello) by delaying senescence[J]. Postharvest Biology and Technology, 1999, 15 (1): 13-231.
- [19] 吴友根, 蒋依辉, 陈金印, 等. 钙与果品贮藏关系的研究进展[J]. 江西农业大学学报, 2001, 23(3): 6-9.
- [20] 付永琦, 饶松勇, 陈金印.  $\text{CaCl}_2$  处理对美味猕猴桃果实保鲜效果的研究[J]. 景德镇高专学报, 2006, 21(2): 3-7.
- [21] 尤瑞琛, 林丽榕, 陈丽璇, 等. 钙处理对贮藏过程中的荔枝品质的影响[J]. 山东师大学报, 1997, 12(4): 414-417.
- [22] Van der LUBBEN I M, VERHOEF J C, BORUHGARD G, et al. Chitosan and its derivatives in mucosal drug and vaccine delivery[J]. European Journal of Pharmaceutical Sciences, 2001, 14: 201-207.
- [23] 水茂兴, 马国瑞, 陈美慈, 等. 草莓采后壳聚糖处理对其耐贮性的影响[J]. 浙江农业学报, 2001, 13(2): 81-85.
- [24] LI H, YU T. Effect of chitosan on incidence of brown rot, quality and physiological attributes of postharvest peach fruit[J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2001, 81: 269-274.
- [25] JINANG Y, LI J, JIANG W. Effects of chitosan coating on shelf life of cold-stored litchi fruit at ambient temperature[J]. Lebensmittel Wissenschaft und Technologie, 2005, 38: 757-761.
- [26] 弓德强, 马蔚红, 王松标, 等. 壳聚糖涂膜对芒果常温保鲜效果的影响[J]. 保鲜与加工, 2005, 5(5): 23-25.
- [27] 刘红霞, 姜微波, 罗云波. 1-甲基环丙烯在果蔬采后保鲜中的作用[J]. 北方园艺, 2003(3): 74-75.
- [28] 魏建梅, 朱向秋, 袁军伟, 等. 1-MCP 对采后嘎拉苹果果实淀粉及细胞壁成分变化的影响[J]. 华北农学报, 2008, 23(增刊): 121-124.
- [29] 段玉权, 冯双庆, 赵玉梅. 1-甲基环丙烯(1-MCP)对桃果实贮藏效果的影响[J]. 食品科学, 2002, 23(9): 105-108.
- [30] 胡美姣, 高兆银, 李敏, 等. 热水和 1-MCP 处理对芒果贮藏效果的影响[J]. 果树学报, 2005, 22(3): 243-246.
- [31] 颜志梅, 蔺经, 盛宝龙, 等. 1-MCP 处理对梨常温贮藏效果的影响[J]. 江苏农业学报, 2004, 20(3): 189-193.
- [32] 罗云波, 郝四平, 生吉萍. 反义 ACS 转基因乙烯缺陷型番茄的生理特性[J]. 中国农业大学学报, 2000, 5(3): 13-17.
- [33] 生吉萍, 罗云波, 申琳. PG 和 LOX 对采后番茄果实软化及细胞超微结构的影响[J]. 园艺学报, 2000, 27(4): 276-281.
- [34] 段翰英, 何永佳. 中草药提取物在黄瓜保鲜上的应用研究[J]. 现代食品科技, 2006, 22(1): 95-96.