

文章编号: 1671-4513(2012)03-0065-04

# 预冷技术在果蔬采后保鲜中的应用研究

李健<sup>1,2</sup>, 姜微波<sup>2</sup>

(1. 北京工商大学食品学院/食品添加剂与配料北京高校工程研究中心/食品风味化学北京市重点实验室, 北京 100048; 2. 中国农业大学食品科学与营养工程学院, 北京 100083)

**摘要:** 预冷是在低温贮运或冷冻加工前利用低温水或空气等介质迅速降温除去田间热的过程。预冷技术具有无毒, 无残留和易操作等特点, 已经应用到众多果蔬的保鲜中。综述了预冷在果蔬流通领域中的作用, 并介绍了几种常见的预冷方式。

**关键词:** 预冷; 果蔬; 保鲜

**中图分类号:** TS255.3

**文献标志码:** A

我国果蔬在采后流通过程中损失十分严重, 据估计, 每年腐烂损耗的果蔬几乎可以满足我国2亿人口的基本营养需求<sup>[1]</sup>。温度过高是造成果蔬加速损失的重要原因, 研究发现, 菠菜等一些蔬菜的维C及其他营养成分含量在30℃中存放24h后就会减少90%<sup>[2-3]</sup>。低温贮藏可有效抑制新鲜果蔬的呼吸作用, 较好地保持果蔬的新鲜度<sup>[3]</sup>。因此, 果蔬采后迅速冷却至低温并贮藏是保持其品质的关键。

预冷是指采收后的果蔬在贮藏或运输之前, 迅速将其温度降低至规定温度的作业<sup>[4]</sup>。果蔬采后入库预冷间隔时间越短越有利于其品质的保持<sup>[5]</sup>。研究表明, 在整个冷藏链中, 不经预冷处理的蔬菜在流通中损失约为25%~30%, 而预冷蔬菜的损失率仅为5%~10%<sup>[6]</sup>。

## 1 预冷在果蔬贮运中的作用

### 1.1 抑制乙烯产生, 降低产品的呼吸强度

预冷能有效抑制果蔬乙烯的产生, 降低高峰期乙烯生成量, 研究发现, 经预冷的青花菜小花乙烯释放量明显低于未预冷者<sup>[7]</sup>。预冷还可能一定程度上改变组织对乙烯感受模式, 推迟乙烯跃变峰出现<sup>[8]</sup>。

果蔬采后携带的田间热及采收过程中的机械伤会促使其呼吸作用加快, 释放出大量的呼吸热, 果蔬

温度迅速升高, 升高的温度会进一步加强呼吸作用。因此, 在采收后几小时内迅速预冷是降低呼吸强度的一个有效途径<sup>[9]</sup>。实验表明, 风预冷可抑制“黑宝石”和“安哥诺”李的呼吸作用<sup>[10]</sup>, 真空预冷能显著降低芦笋<sup>[11]</sup>和白蘑菇<sup>[12]</sup>的呼吸强度。

### 1.2 延缓果蔬品质下降

预冷处理能有效抑制乙烯的产生, 降低贮藏期的呼吸强度, 从而能减少果蔬自身有机物的消耗, 有利于其品质的保持。快速预冷能减缓贮藏期杨梅果肉硬度的下降速度, 减少可溶性总糖、可滴定酸和维生素C的损失, 显著延缓贮藏期品质的下降<sup>[13]</sup>。刘升等<sup>[14]</sup>通过对绿芦笋预冷的研究发现, 预冷处理可以减少绿芦笋的失重率和顶端鳞片松散率, 而且能减少其可溶性固形物、维生素C和糖含量的损失。预冷还可以锻炼果实抗低温冲击的能力, 减轻或推迟冷害症状的发生<sup>[4]</sup>, 进而延缓果实品质的下降。

### 1.3 控制包装袋内结露现象, 抑制微生物生长

果蔬若不预冷直接扎口码垛存放冷库, 这时果蔬内部温度很高, 呼吸强度与蒸发速度迅猛, 袋内蒸汽压迅速上升。经冷却后, 袋内温度逐渐降低, 当达到袋内蒸汽露点温度后, 过饱和水蒸汽在袋内或果蔬表面形成结露, 并产生大量冷凝结露水, 为微生物繁殖创造了有利条件<sup>[15]</sup>。预冷则可以使果蔬温度迅速下降, 因而形成的过饱和水蒸汽会扩散到预冷

收稿日期: 2011-11-17

作者简介: 李健, 男, 讲师, 博士, 主要从事食品科学与工程方面的研究;

姜微波, 男, 教授, 博士, 主要从事果蔬衰老机理与控制技术方面的研究。通讯作者。

库中,预冷结束后,再扎口,则不会出现结露现象,果蔬表面的微生物繁殖就会受到抑制.李国锋等<sup>[3]</sup>指出压差预冷可以很好抑制花椰菜发生腐烂.同样,刘升等<sup>[14]</sup>也发现预冷能减少绿竹笋的腐烂率.

#### 1.4 减少设备制冷负荷

果蔬采后携带田间热相当大,如1 t绿叶蔬菜的温度由25℃降到贮藏温度0℃,释放 $10 \times 10^4$  kJ以上热量<sup>[16]</sup>,这需要制冷设备具有较大的制冷量,才能使果蔬迅速降温.而果蔬在贮藏过程中保持恒定温度,所需制冷量较低,此时会造成设备部分制冷量的浪费<sup>[17]</sup>.果蔬经特定预冷库预冷后,可降低蔬菜在流通和贮藏过程中对设备冷源的要求.另外,预冷还可避免不同温度果实贮藏到同一个冷库引起库温波动,从而起到减少设备制冷负荷的作用.

## 2 常见预冷方式

### 2.1 冰预冷

冰冷是将冰块连同果蔬一起放入包装箱中,或将冰水混合物直接注入包装箱中,利用冰融化吸收热量,对果蔬进行预冷的一种方法.冰预冷方法简单、成本低廉,适合于需要在田间立即进行预冷的产品.冰冷的缺点是:冷却不均匀,温度不易控制,在盛冰容器表面冷凝的水会加速果蔬微生物的繁殖,此外,冰占据大量体积,一般占据25%~50%,减少货物的装载容量<sup>[18]</sup>.因此,现在加冰冷却主要应用在短途运输过程中产品低温的保持上<sup>[19]</sup>.

### 2.2 冷水预冷

冷水预冷是以水为介质,将产品直接浸没于冷水中,或用冷水对货物喷淋冷却的一种方法.由于水的换热系数比空气大,所以冷水比冷风冷却速度快,有研究发现,在相同的流速和温差下,冷水冷却速度是冷风的15倍<sup>[4]</sup>.冷水预冷还不会引起果蔬失水干耗,适合预冷雨中采摘的产品和根菜类产品,但不适合叶菜类的预冷,因叶片残留的水分很难去除.由于冷水是循环使用,所以其可能被病原菌污染,从而引起果蔬腐败,造成商品价值损失<sup>[20]</sup>.另外,冷水预冷还会造成产品水溶性营养成分流失.

### 2.3 强制通风预冷

强制通风预冷是将果蔬放置在冷库内,利用通风机产生的空气对流带走热量的冷却方法.该法简单可行,费用低,是国外最早使用的一种冷却方式<sup>[18]</sup>,适用于不包装且不易腐败的产品.但若有包

装箱,冷风不易从箱的开口穿过,冷却时间长.研究显示,鲜切花不经包装,20 min就能冷却,而包装后需要2 d或更长时间才能预冷到贮藏温度<sup>[4]</sup>.

### 2.4 压差预冷

压差预冷是利用包装箱一侧的轴流风机的抽吸作用在其两侧形成压力差,迫使冷空气从包装箱两侧的开口进入箱内,与产品充分接触,进行强烈的热交换,从而达到冷却产品的目的<sup>[21]</sup>.差压预冷是通过加大冷空气流经果蔬表面的速度,提高果蔬与冷空气间的热交换来实现快速降温<sup>[22]</sup>,差压预冷所用的时间一般只占普通冷却时间的1/4~1/10<sup>[23]</sup>.差压预冷在降低蔬菜温度的同时,也会增加蔬菜表面水分的流失,一般失水3%~5%就出现萎蔫和皱缩,引起产品鲜度的降低.此外,压差预冷需要增加差压风机等设备,投资比强制通风预冷略高.

### 2.5 真空预冷

真空冷却是利用抽真空的方法,使物料内水分在低压状态下蒸发,水在蒸发过程中要消耗较多热量的基本原理<sup>[24]</sup>,从而使食品的品温快速下降的一种冷却方式<sup>[25]</sup>.真空预冷对于单位质量表面积较大的叶菜类果蔬特别有效,其冷却速度远大于其他预冷方法,一般20~30 min就可以使温度降至4~5℃,而其他冷却方法达到同样效果需要几个小时甚至几十个小时<sup>[26]</sup>.而且在真空环境下冷却,可以杀灭果蔬中躲藏的害虫和致病菌,因而可以起到良好的保鲜效果.失水是在进行真空预冷操作时需要面对的一个严峻问题,研究表明,果蔬产品从25℃真空预冷到1℃,将会失水4%左右<sup>[27]</sup>.另外,真空预冷设备的投资大、成本高<sup>[18]</sup>,且对单位质量表面积较小的果菜类和根菜类来说,冷却效果不太理想<sup>[26]</sup>,这也是目前影响其普遍使用的最大障碍.

## 3 预冷方式的选择

在进行预冷方式的选择时,首先要考虑果蔬的种类.叶菜类产品适宜选用真空预冷和压差预冷,根茎类产品如马铃薯、木薯等可采用冷水和强制通风进行预冷,蘑菇类和草莓类产品可以使用真空预冷和压差预冷,苹果、梨和葡萄等以包装箱包装的产品最好采用压差预冷.一般来说,同一种产品可能有几种适宜的预冷方式,需要考虑自身的实际情况,根据资金情况和市场需求确定合适的预冷方式<sup>[17]</sup>.

## 4 总结与展望

预冷可降低产品的呼吸作用,减缓果实的新陈代谢和成熟衰老速度,还可抑制微生物繁殖,从而减少果实因腐烂而造成的损失。预冷已经成为果蔬流通过程中保证质量的首要措施<sup>[28]</sup>。现如今,欧美、日本等国家已经把预冷作为果蔬采摘后必不可少的工序。我们应该重视预冷在果蔬贮藏中的重要作用,建立完善的冷链系统,要针对不同的产品特点,选择不同的预冷方式,最终达到提高产品质量的目的。

由于预冷过程是复杂的传热过程,在对产品预冷规律进行研究时,应通过实验和数学模拟的方法,确定果蔬预冷过程的传热规律。另外,影响预冷的因素很多,包括预冷介质的温度和速度、产品的堆码方式、包装箱的开口率和开口形状等,应结合预冷效率、产品质量和预冷能耗确定预冷过程的最佳工艺参数,设计出合理的预冷装置。

### 参考文献:

- [1] 卢立新, 王志伟. 果品运输中的机械损伤机理及减损包装研究进展[J]. 包装工程, 2004, 25: 131-135.
- [2] 翟家佩, 蒋伟. 冷水冷却式果蔬预冷装置设计[J]. 食品研究与开发, 2001(1): 55-59.
- [3] 李国锋, 冯毓琴, 李梅, 等. 花椰菜实用预冷保鲜技术研究[J]. 安徽农业科学, 2009, 22: 10667-10669.
- [4] Brosnan T, Sun D W. Precooling techniques and applications for horticultural products a review [J]. International Journal of Refrigeration, 2001, 24: 154-170.
- [5] 赵晓芳, 王贵禧, 梁丽松, 等. 不同包装及延时预冷处理对模拟冷链贮运及货架期期间桃果实品质的影响[J]. 食品科学, 2009(6): 275-278.
- [6] 王强, 刘晓东. 实施蔬菜产地预冷, 完善低温冷藏链[J]. 制冷, 2001(1): 40-44.
- [7] 王然, 王成荣, 秦斐斐, 等. 青花菜预冷后乙烯生成特性及受体基因的表达分析[J]. 园艺学报, 2008(6): 879-884.
- [8] 刘芬. 青花菜真空预冷工艺及保鲜效果的研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2010.
- [9] Jones S. When time is of the essence [J]. Progressive Grocer, 1996(2): 105.
- [10] 胡花丽, 李鹏霞, 王炜. 预冷方式对李果实呼吸强度、乙烯生成量及贮藏品质的影响[J]. 西北林学院学报, 2009(2): 80-83.
- [11] 陈杭君, 郜海燕, 毛金林, 等. 预冷方式及 MAP 贮藏对芦笋采后生理变化的影响[J]. 中国食品学报, 2007(4): 85-90.
- [12] Tao F, Zhang M, Yu H Q, et al. Effects of different storage conditions on chemical and physical properties of white mushrooms after vacuum cooling [J]. Journal of Food Engineering, 2006, 77: 545-549.
- [13] 陈文烜, 郜海燕, 房祥军, 等. 快速预冷对杨梅采后生理和品质的影响[J]. 中国食品学报, 2010(3): 169-174.
- [14] 刘升, 武田吉弘, Hori S. 绿芦笋压差预冷和冷藏试验研究[J]. 制冷学报, 2006(2): 55-58.
- [15] 范梅红, 李阳. 真空预冷叶菜的食品安全、营养与经济价值[J]. 现代食品科技, 2010(11): 1256-1258.
- [16] 杨少松. 果蔬采后预冷 - 不可或缺的环节[J]. 农产品加工, 2006(3): 28-29.
- [17] 高丽朴. 蔬菜采后预冷与保鲜[J]. 中国蔬菜, 2001(1): 53-54.
- [18] 苗玉涛, 邹同华, 黄健. 压差预冷技术的研究现状与发展趋势[J]. 制冷空调与电力机械, 2005(6): 14-18.
- [19] Gillies S L, Toivonen P M A. Cooling method influences the postharvest quality of broccoli [J]. HortScience, 1995, 30: 313-315.
- [20] 翟家佩, 蒋伟. 冷水冷却式果蔬预冷装置设计[J]. 食品研究与开发, 2001(1): 55-59.
- [21] 陈刚, 王兰菊, 任凝辉, 等. 果蔬差压预冷的研究进展[J]. 安徽农业科学, 2005(8): 1491-1492.
- [22] Ferrua M J, Singh R P. Improved airflow method and packaging system for forced-air cooling of strawberries [J]. International Journal of Refrigeration, 2011, 34: 1162-1173.
- [23] 郑淑芳, 高丽朴, 李武, 等. 蔬菜差压预冷失水控制方法研究[J]. 长江蔬菜, 2006(9): 42-43.
- [24] McDonald K, Sun D W. Vacuum cooling technology for the food processing industry: a review [J]. Journal of Food Engineering, 2000, 45: 55-65.
- [25] 陶菲, 张慙, 余汉清, 等. 不同真空预冷终温对双孢蘑菇保鲜的影响[J]. 食品与生物技术学报, 2005(2): 39-43.
- [26] 杜建通, 张荣玲. 果蔬真空预冷装置的技术发展前景[J]. 真空与低温, 1999(3): 175-179.
- [27] Kader A A. Prevention of ripening in fruits by use of controlled atmosphere [J]. Food Technology, 1980, 34: 50-54.
- [28] Kumar R, Kumar A, Murthy U N. Heat transfer during forced air precooling of perishable food products [J]. Biosystems Engineering, 2008, 99: 228-233.

## Application of Precooling Technique on Preservation of Fruits and Vegetables After Harvest: a Review

LI Jian<sup>1,2</sup>, JIANG Wei-bo<sup>2</sup>

(1. School of Food and Chemical Engineering/Beijing Higher Institution Engineering Research Center of Food Additives and Ingredients/Beijing Key Laboratory of Food Flavor Chemistry, Beijing Technology and Business University, Beijing 100048, China;

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

**Abstract:** The process of precooling is a rapid method to remove field heat by low temperature water, air or other media, prior to storage, transportation or handling. Precooling technique is non-toxic, non-residual and easy to operate, having been applied on the preservation of many fruits and vegetables. The effects of precooling on the storage and transportation of fruits and vegetables were reviewed in this paper, various different precooling methods also being introduced.

**Key words:** precooling; fruits and vegetables; preservation

(责任编辑: 檀彩莲)

---