



全国农业中等职业学校“百万中专生计划”教材

水果 蔬菜 花卉 贮藏保鲜技术

农业部农民科技教育培训中心 组编
中央农业广播电视学校

 中国农业出版社

全国农业中等职业学校“百万中专生计划”教材

水果蔬菜花卉贮藏 保鲜技术

农业部农民科技教育培训中心 组编
中央农业广播电视学校

中国农业出版社

图书在版编目(CIP)数据

水果蔬菜花卉贮藏保鲜技术/农业部农民科技教育培训中心, 中央农业广播电视学校组编. —北京: 中国农业出版社, 2007. 5

全国农业中等职业学校“百万中专生计划”教材

ISBN 978-7-109-11608-5

I. 水… II. ①农…②中… III. ①园艺作物—贮藏—专业学校—教材②园艺作物—保鲜—专业学校—教材
IV. S609

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 055060 号

中国农业出版社出版发行

(北京市朝阳区农展馆北路 2 号)

(邮政编码 100026)

责任编辑 杨锡庆

中国农业出版社印刷厂印刷

2007 年 5 月第 1 版 2007 年 5 月北京第 1 次印刷

开本: 720mm×960mm 1/16 印张: 11.5

字数: 199 千字 印数: 1~5 000 册

定价: 16.00 元

凡本版教材出现印刷、装订错误, 请向中央农业广播电视学校教材处调换

联系地址: 北京市朝阳区来广营甲 1 号 邮政编码: 100012

电话: 010-84904997

网址: www.ngx.net.cn

编写说明

根据全国农业中等职业学校“百万中专生计划”中等现代种植技术专业指导性教学计划要求，农业部农民科技教育培训中心和中央农业广播电视学校精心设计了文字教材，该套教材包括《植物生产与环境》、《植物病虫害诊断与防治基础》、《生态农业与庭院经营》、《农业生产经营管理》、《农业推广概论》、《设施园艺》、《水果蔬菜花卉贮藏保鲜技术》、《种子生产与应用》、《粮油贮藏与加工技术》、《种植新技术》、《农村机电应用》、《园林设计与观赏植物》、《实用装饰园艺》等。

《水果蔬菜花卉贮藏保鲜技术》主要讲授水果和蔬菜的采后生理变化，产品的采后商品化处理，产品的贮藏运输方式和设施，部分切花的保鲜方法等。该书力求通俗易懂，深浅适宜，并安排有插图和表格，章后附有本章小结和复习思考题，教材后附有本门课程的教学辅导大纲。配合文字教材制作了声像教材。

本教材由冯双庆任主编，由中央农业广播电视学校常青任指导教师，负责组织编写并按照中等职业学校教学要求对教材进行审定。

热忱希望广大读者对教材中不妥之处提出宝贵意见，以期进一步修订和完善。

农业部农民科技教育培训中心

中央农业广播电视学校

2007年1月

目 录

编写说明

第一章 水果和蔬菜的采后生理变化及其对品质的影响 1

- 第一节 水果和蔬菜的化学组成及其变化 1
- 第二节 水果和蔬菜的呼吸作用及其对贮藏寿命的影响 3
- 第三节 水果和蔬菜的失水与减少失水的方法 5
- 第四节 水果和蔬菜的冷害、冻结及其他生理伤害 9
- 第五节 乙烯与水果和蔬菜的成熟和衰老 15
- 第六节 休眠在蔬菜贮藏中的应用 17

第二章 水果和蔬菜采后的商品化处理 19

- 第一节 水果和蔬菜的商品化处理 19
- 第二节 水果和蔬菜的采收和分级 20
- 第三节 水果和蔬菜的包装 25
- 第四节 水果和蔬菜的预冷 27
- 第五节 水果和蔬菜的其他采后处理 29

第三章 水果和蔬菜的贮藏方式与管理方法 36

- 第一节 水果和蔬菜的自然降温贮藏 36
- 第二节 水果和蔬菜的机械冷藏 48
- 第三节 水果和蔬菜的气调贮藏 55
- 第四节 减压贮藏 63

第四章 水果的贮藏保鲜技术 65

- 第一节 苹果的贮藏保鲜技术 65
- 第二节 梨的贮藏保鲜技术 67
- 第三节 葡萄的贮藏保鲜技术 69
- 第四节 猕猴桃的贮藏保鲜技术 71

第五节	板栗的贮藏保鲜技术	72
第六节	柑橘的贮藏保鲜技术	74
第七节	柿子的贮藏保鲜技术	76
第八节	桃和油桃的贮藏保鲜技术	78
第九节	草莓和樱桃的贮藏保鲜技术	80
第十节	石榴的贮藏保鲜技术	82
第十一节	芒果的贮藏保鲜技术	83
第十二节	香蕉的贮藏保鲜技术	86
第十三节	西瓜的贮藏保鲜技术	88
第十四节	哈密瓜的贮藏保鲜技术	89
第十五节	枇杷的贮藏保鲜技术	90
第五章	蔬菜的贮藏保鲜技术	93
第一节	蒜薹的贮藏保鲜技术	93
第二节	大白菜的贮藏保鲜技术	95
第三节	结球甘蓝(洋白菜)的贮藏保鲜技术	96
第四节	花椰菜(菜花)的贮藏保鲜技术	97
第五节	芹菜的贮藏保鲜技术	99
第六节	菠菜的贮藏保鲜技术	101
第七节	生菜和菊苣的贮藏保鲜技术	103
第八节	番茄的贮藏保鲜技术	105
第九节	黄瓜的贮藏保鲜技术	107
第十节	青椒的贮藏保鲜技术	109
第十一节	萝卜的贮藏保鲜技术	111
第十二节	马铃薯的贮藏保鲜技术	113
第十三节	洋葱的贮藏保鲜技术	115
第十四节	大葱和大蒜的贮藏保鲜技术	117
第十五节	姜的贮藏保鲜技术	119
第十六节	蘑菇的贮藏保鲜技术	121
第十七节	莴笋的贮藏保鲜技术	123
第六章	切花采后处理与保鲜技术	126
第一节	切花的采后处理	126
第二节	常见切花采后处理及贮藏技术	144

第七章 水果和蔬菜的运输和流通	149
第一节 水果和蔬菜的流通特性	149
第二节 水果和蔬菜的运输环境条件	150
第三节 水果和蔬菜的运输方式	159
教学辅导大纲	167
主要参考文献	172

第一章 水果和蔬菜的采后生理变化及其对品质的影响

第一节 水果和蔬菜的化学组成及其变化

各种水果和蔬菜的化学组成及其含量不同，赋予了它们各自独特的色、香、味、质地和营养。并且采后化学成分和含量的变化还会影响水果蔬菜的品质和贮藏寿命。水果和蔬菜的化学成分主要有：

(一) 水分 大多数果蔬的含水量为 75%~90%，某些瓜果还可达 90%~95% 以上。含水量对水果蔬菜的新鲜度和风味有重要影响，水果蔬菜的含水量高，则外观饱满挺拔、色泽鲜亮，口感脆嫩。采后水果蔬菜失去了水分的来源，随着贮藏期的延长，会逐渐失水，造成萎蔫、失重，鲜度下降，使其商品价值下降；失水严重时还会造成代谢紊乱，使贮藏期缩短。

(二) 碳水化合物 碳水化合物是干物质中的主要成分，包括低分子量的糖和高分子量的多聚物，其中又以可溶性糖最重要，通常称为可溶性固形物。

1. 糖类 糖类存在于后熟果蔬中，含糖量一般为 10%~20%，主要有蔗糖、葡萄糖和果糖，不同水果由于含糖量及种类不同而有不同程度的甜味。贮藏期间糖作为呼吸基质被消耗而逐渐减少，如果贮藏条件适宜，糖分就消耗得慢，果蔬贮藏品质好，贮藏时间也可延长。

2. 淀粉 淀粉主要存在于未成熟的果实和根茎类蔬菜中，在后熟中淀粉转化为可溶性糖，甜度逐渐增加，如未成熟的苹果含淀粉 12%~16%，成熟后下降为 1%~2%。含淀粉较高的果蔬有：板栗和枣为 16%~40%，马铃薯为 14%~25%，藕为 12%~19%，豌豆为 6%。

3. 纤维素 纤维素、半纤维素和果胶物质均不能被人体消化吸收，它们是构成细胞壁和中胶层的主要成分，与果蔬质地密切相关。果实后熟过程中，纤维素水解及果胶物质的变化会影响果实的硬度。在未成熟果实中，果胶物质以原果胶的形式存在于细胞壁中，并与纤维素和半纤维素结合，不溶于水，将细胞紧密黏结，组织坚硬；成熟时原果胶逐渐水解而与纤维素分离，转变成果

胶渗入细胞液中，细胞之间失去黏结，组织松散，硬度下降，果实变软，如青番茄变红后果实变软就是果胶物质变化引起的。

(三) 有机酸 有机酸与果蔬的风味有关，有机酸的种类、数量及其存在形式不同，其风味亦各具特色。几乎所有果实中均含苹果酸，柠檬酸在柑橘类果实中最多，葡萄以酒石酸为主，此外，水果蔬菜中还有草酸、琥珀酸、 α -酮戊二酸。决定果蔬酸味的主要是可滴定酸，即游离酸的含量。果实中，有机酸多以游离的形式存在，而蔬菜，如叶菜中，常是有机酸盐占优势，且酸含量也少，因此水果都比蔬菜酸味浓。果实成熟时含酸量会增加，长期贮藏后由于呼吸作用而减少，风味变淡，品质下降。

(四) 色素 多种色素的存在构成了水果蔬菜的不同颜色，色泽是确定果蔬采收期和品质的重要指标。

1. 花青素 花青素是非常不稳定的水溶性色素，一般在果实成熟时合成，存在于表皮中。花青素在酸性溶液中呈红色，因此，许多有酸味的果实都有红色；花青素在中性溶液中为淡紫色，在碱性溶液中为蓝色，与金属离子结合时会呈现各种颜色，因此我们看到的果蔬色彩缤纷。一般含糖量高的花青素也多，红色果实色泽越深就越甜。花青素可抑制有害微生物，因此红色品种的苹果比黄色或绿色品种的抗病力更强，着色好的果实通常较耐贮藏。

2. 类胡萝卜素 类胡萝卜素不溶于水，使水果蔬菜呈现红色、黄色、橙红色。类胡萝卜素常与叶绿素并存，当叶绿素分解时，它们才显示出各自的颜色。

3. 叶绿素 有叶绿素a和叶绿素b，两者一般以3:1比例存在，叶绿素a呈蓝绿色，叶绿素b呈黄绿色。未成熟的果实和叶菜都含有大量叶绿素，含叶绿素的部位同时含有维生素C，因而含叶绿素多的蔬菜一般含维生素C也较多。采收后的水果蔬菜中叶绿素在酶的作用下易分解，在氧存在和日光下极易被破坏，从而使它失去绿色。

(五) 维生素和矿物质 果蔬是人体所需维生素和矿物质的主要来源之一，人体所需90%的维生素C和约40%的维生素A和维生素B均来自果蔬。果实成熟阶段维生素C含量增加，贮藏中易被氧化分解，失去生理活性；在温度高和氧供给充足的条件下均会使采收后的果蔬维生素C损失加快。果蔬中含有的许多矿物质，如钙、磷、铁、硫、镁、钾、铜等也是人体所必需的营养成分。

此外，果蔬中的单宁具有涩味，多种挥发性芳香物质赋予其特有的香味。果蔬中还含有许多酶参与采后生命活动。

第二节 水果和蔬菜的呼吸作用及其对贮藏寿命的影响

一、呼吸作用的基本概念

(一) 呼吸作用的类型 水果和蔬菜采收以后仍然是一个活体，还会不断进行呼吸，通过呼吸作用将体内的复杂有机物分解为简单物质，并释放出能量。呼吸作用制约着果蔬采后的生理生化变化，影响其成熟、衰老、耐贮性、抗病性以及整个贮藏寿命。因此，在维持果蔬正常生命活动的前提下，应该尽量使呼吸进行得缓慢一些。

1. 有氧呼吸 果蔬的呼吸作用分为有氧呼吸和无氧呼吸，有氧呼吸是主要的呼吸方式，是在有氧条件下，将底物彻底分解为二氧化碳和水的过程。

2. 无氧呼吸 在无氧条件下，水果和蔬菜也可进行短暂的无氧呼吸。无氧呼吸过程中，乙醇和乙醛及其他有害物质会在细胞里累积，使细胞中毒，而且消耗同样的呼吸底物，释放的能量比有氧呼吸少。

一般情况下，水果和蔬菜采后贮运过程中不会产生无氧呼吸，但是在气调贮藏和塑料薄膜包装中贮藏时，若供氧不足，果蔬组织就开始无氧代谢，产生酒精味。因此，贮藏过程中要注意通风换气。

(二) 呼吸强度及相关术语 呼吸强度是衡量果蔬呼吸强弱和组织新陈代谢快慢的一个重要指标 [表示单位为 CO_2 或 $\text{O}_2 \text{ mg (mL) / (kg} \cdot \text{h)}$]，呼吸强度越大，营养物质消耗得

越快，贮藏寿命越短。在果实发育过程中，呼吸作用的强弱并不是始终如一的，根据呼吸曲线变化模式不同，可以将果实分为两类。

1. 跃变型果实 这类果实在开始成熟时呼吸强度突然上升，达到呼吸高峰时，风味品质最佳，然后呼吸强度下降，果实衰老。如苹果、香蕉、芒果、鳄梨、番茄、杏、桃、猕猴桃、柿、无花

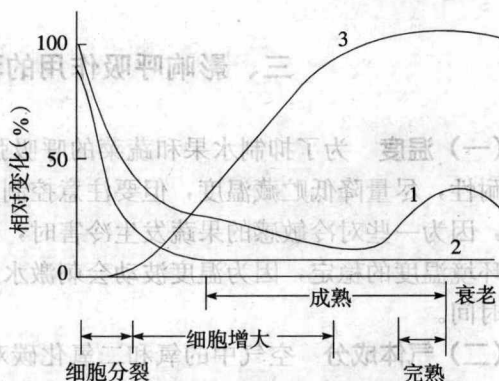


图 1-2-1 果实生长曲线和呼吸曲线

1. 高峰型果实呼吸曲线 2. 非高峰型果实呼吸曲线

3. 果实生长曲线

果、番石榴、西番莲等成熟时都表现出类似的呼吸高峰。

2. 非跃变型果实 这类果实发育过程中不出现呼吸跃变现象,如葡萄、柑橘、菠萝、黄瓜、草莓、荔枝、柠檬等。

图 1-2-1 为果实生长曲线和呼吸曲线。

3. 呼吸热 呼吸过程中产生的能量有一部分以热的形式散发出来,称作呼吸热。呼吸热会使周围环境温度不断增高,所以果蔬采收后必须配备适当的制冷设备,及时排除呼吸热,保持果蔬所需要的最适温度。

二、影响呼吸作用的自身因素

(一) 种类和品种 不同种类和品种的果蔬呼吸强度差异很大,如萝卜、马铃薯等根和块茎类蔬菜的呼吸强度较小,耐贮藏,而菠菜和石刁柏、绿菜花等叶菜和花菜的呼吸强度最大,不耐贮藏,果菜类的呼吸强度介于根菜类和叶菜类之间,浆果类果实呼吸强度大于柑橘类和仁果类果实,早熟品种的呼吸强度大于晚熟品种。

(二) 发育阶段 在果蔬个体发育和器官发育过程中,呼吸强度也在变化,跃变型果实成熟时呼吸强度增大,高峰过后呼吸强度下降,果实就不耐贮藏了。幼嫩蔬菜,表皮保护组织尚未发育完善,组织内细胞间隙也较大,便于气体交换,呼吸强度较高,很难贮藏保鲜。老熟的瓜果和其他蔬菜,新陈代谢缓慢,表皮组织和蜡质、角质保护层加厚,呼吸强度降低,耐贮藏;块茎、鳞茎类蔬菜在田间生长期间呼吸强度不断下降,进入休眠期呼吸降至最低点,休眠结束呼吸再次升高。

三、影响呼吸作用的环境因素

(一) 温度 为了抑制水果和蔬菜的呼吸强度,应该根据各种果蔬对低温的忍耐性,尽量降低贮藏温度,但要注意控制这种低温,不使果蔬产生冻害和冷害,因为一些对冷敏感的果蔬发生冷害时,呼吸强度反而上升。而且要保持贮藏环境温度的稳定,因为温度波动会刺激水果和蔬菜呼吸,增加消耗,缩短贮藏时间。

(二) 气体成分 空气中的氧和二氧化碳对果蔬的呼吸作用、成熟和衰老有很大的影响,适当降低氧浓度和提高二氧化碳浓度,可以抑制呼吸作用。当氧浓度低于 10% 时,呼吸强度明显降低,氧浓度低于 2% 有可能产生无氧呼吸。二氧化碳浓度大于 20% 时,容易产生无氧呼吸,使乙醇、乙醛物质积累,

并对组织产生不可逆的伤害。对于大多数水果和蔬菜来说比较合适的氧浓度为2%~5%，二氧化碳浓度为1%~5%。氧和二氧化碳浓度的临界值取决于果蔬种类、温度和持续时间。乙烯气体可以刺激呼吸跃变型果实提早出现呼吸跃变，促进成熟。

(三) 湿度 贮藏环境湿度对果蔬的呼吸强度有影响。例如大白菜、柑橘采后要稍稍晾晒，因为产品轻微的失水有利于降低呼吸强度；较湿润的环境条件可促进柑橘类果实的呼吸作用，造成枯水或所谓的浮皮；低湿不仅有利于洋葱的休眠，还可抑制其呼吸强度。然而有些薯芋类蔬菜却要求高湿，干燥会促进呼吸，产生生理伤害。

(四) 机械伤和微生物侵染 机械伤可刺激呼吸，果蔬受伤后，造成开放性伤口，可利用的氧增加，呼吸强度加大，不利于贮藏。果蔬表皮上的伤口，给微生物的侵染开辟了方便之门，微生物在产品上生长发育，促进了呼吸作用，也不利于贮藏。因此，在采收、分级、包装、运输、贮藏各个环节中，应尽量避免果蔬受机械损伤，减少微生物侵染的机会。

(五) 田间热 田间热是指果蔬从田间带到贮藏库的潜热，随着果蔬体温的下降而散发出来的热量。田间热虽不是果蔬呼吸释放的热量，但在果蔬贮藏初期，也会增加贮藏场所的温度，促进呼吸，影响贮藏效果。贮藏的果蔬在凉爽的早晨采收，贮藏前进行预贮，都是为了减少田间热导致贮藏场所温度升高的重要措施。

第三节 水果和蔬菜的失水与减少失水的方法

一、失水对水果和蔬菜的影响

新鲜果蔬的含水量为65%~96%，在采收后逐渐失水萎蔫，不仅使产品重量下降，而且还会引起产品失鲜。果蔬失水5%就出现萎蔫和皱缩，有些虽然没有达到萎蔫程度，但口感、脆度、颜色和风味都欠佳。萎蔫还会引起果蔬代谢失调，组织过度失水会刺激乙烯合成，加速器官的衰老和脱落，降低水果和蔬菜的耐藏性和抗病性。总之，组织脱水萎蔫的程度越大，越容易遭受微生物侵染，抗病性下降得越快。

因此，在水果和蔬菜的采后处理及贮藏、运输过程中应尽量控制失水。但是也有一些例外情况，如洋葱、大蒜在贮藏前要进行适当晾晒，加速鳞片的干燥，促进产品休眠，大白菜适度晾晒使叶片轻度失水，可以降低冰点，提高抗寒能力，同时减少机械伤。

二、与失水有关的基本概念

(一) 绝对湿度 绝对湿度是水蒸气在空气中所占比例的百分数。如果将水置于密闭的干空气中，水分子就会不断进入气相，直到空气变得饱和为止。空气的饱和水蒸气压受温度和压力的影响，水分的蒸发是一个需要能量的物理过程。

(二) 相对湿度 相对湿度 (RH) 是人们用来表示空气湿度的常用名词术语，它表示空气中的水蒸气压与该温度下饱和水蒸气压的比值，用百分数表示。因此，饱和空气的相对湿度就是 100%。水果和蔬菜处于空气中时，空气中的含水量会因产品的失水增加，或随产品吸水而减少，当进出空气的水分子数相等时，湿度达到平衡，此时的相对湿度叫做平衡相对湿度，纯水的平衡相对湿度为 100%。

水果和蔬菜的细胞中含水量很高，大部分游离水容易蒸发，小部分结合水不易蒸发，还因为水中含有不同溶质，所以它们的水蒸气压不会是 100%，也不能使周围的空气变得饱和，大部分产品与环境空气达到平衡的相对湿度为 97%。

(三) 饱和湿度及饱和差 饱和湿度是空气达到饱和时的含水量，它随温度的升高而增大。饱和差是饱和湿度与绝对湿度的差值，它直接影响产品的蒸腾作用。饱和差越大，空气从产品吸水能力就越强。在生产实践中常以测定相对湿度来了解空气的干湿程度，由于相对湿度不能单独表明饱和差的大小，还要看温度的高低，所以测定相对湿度的同时，还应该测定空气温度，这样才能正确估计出产品在该温度下蒸腾作用的大小。例如， 1m^3 容积的空气中含有 7g 水蒸气，当温度为 15°C 时，空气要达到饱和的水蒸气为 13g，那么该空气在 15°C 时的相对湿度为 $\text{RH}=7\div13\times100\%=54\%$ ，如果空气中的含水量不变，而温度由 15°C 降至 5°C ，此时空气达到饱和只需要 7g 水蒸气，那么空气的相对湿度就变为 $7\div7\times100\%=100\%$ 了。

三、影响失水的因素

(一) 果蔬的自身因素

1. 表面积比 表面积比是水果和蔬菜器官的表面积与其重量或体积之比。从纯物理角度看，当表面积比值高时，水果和蔬菜蒸发失水较多，叶子的表面积比大，失水要比果实快，而小个的果实、根或块茎要比那些个大的果蔬容易

萎蔫。

表 1-3-1 不同种类水果和蔬菜表面积比

(W. G. Burton, 1982)

表面积/体积 (cm^2/cm^3)	果 蔬 种 类
50~100	食用叶菜
10~15	较小的软果实
5~10	较小的软果实
2~5	豆类果实、坚果 (椰子除外)、葱、大个软果实 (草莓)
0.5~1.5	块根、块茎、仁果、柑橘类、香蕉、洋葱、葫芦科果实 (南瓜除外)
0.2~0.5	萝卜、山药、芜菁、椰子

2. 种类、品种和成熟度 水果和蔬菜中水分的蒸发主要是通过表皮层上的气孔和皮孔进行的, 不同种类、品种和成熟度的水果和蔬菜表面的气孔、皮孔和表皮层的结构不同, 因此失水的快慢不同。叶菜极易萎蔫是因为叶面上气孔多, 保护组织差; 幼嫩器官表皮层发育尚不完善, 主要为纤维素, 容易透水, 随着器官的成熟, 角质层加厚, 失水减慢; 许多果实和贮藏器官只有皮孔而无气孔, 水分蒸发的速度就取决于皮孔的数目、大小和蜡层的性质。在成熟的果实中, 皮孔被蜡质和一些其他的物质堵塞, 因此水分的蒸发和气体的交换只能通过角质层扩散。

3. 机械伤 水果和蔬菜的机械伤破坏了表面的保护层, 使皮下组织暴露在空气中, 会加速产品失水, 所以收获和采后操作时要尽量避免损伤。当表面组织遭到虫害和病害时也会造成伤口, 增加水分的损失。

(二) 环境因素

1. 温度 温度越高, 空气的饱和湿度越大, 当环境中的绝对湿度不变而温度升高时, 产品与空气之间的饱和差增加, 空气中可以容纳的水蒸气量增加, 此时水果和蔬菜的失水也会增加。相反, 在绝对湿度不变而温度下降时, 饱和差减小, 当温度下降到饱和蒸气压等于绝对蒸气压时, 就发生结露现象, 此时产品上会出现凝结水, 即所谓“发汗”。在贮藏果蔬的冷库中, 空气湿度很高, 温度的波动很容易出现结露现象。产品表面的凝结水益于微生物活动, 会加速产品的腐烂。因此, 水果和蔬菜堆放时, 要加强通风排湿, 减少垛内外温差, 避免果蔬“发汗”现象。温度除了影响饱和差外, 还影响水分蒸发的速度, 温度高时水分子运动得快, 失水也快。

2. 风速 空气在果蔬表面流动时可将产品的热量带走, 但同时也会增加产品的失水, 因为产品周围空气的含水量与产品本身的含水量几乎达到平衡,

空气流动时会将这一层湿空气带走,空气的流速越大,这一层空气的厚度就减少得越多,这样就增加了产品附近和空气中的水蒸气压差,因此增加失水。风在水果和蔬菜的表面流动得越快,产品失水就越多,在贮藏过程中控制产品周围的空气流动,就可以减少产品失水。

3. 空气湿度 当新鲜水果和蔬菜放到一个环境中时,周围的空气不会变得完全饱和,因为果蔬中有溶质和结合水存在,大部分的新鲜产品与周围环境达到平衡时的相对湿度为97%。如果空气中的湿度高,与产品中的含水量达到平衡,那么产品就不会失水。如果空气干燥,湿度较低,水果和蔬菜就容易失水。

四、防止果蔬采后失水的措施

(一) 包装、打蜡或涂膜 减少果蔬失水的最简单方法是用塑料薄膜或用其他防水材料将产品包起来或罩起来,也可将产品装在袋子、箱子或纸盒中。聚乙烯薄膜是较好的防水水材料。但是必须注意的是包装在减少产品失水的同时也降低了产品的冷却速度。此外,包装材料的吸水能力也不可忽视,用复合蜡或松香处理包装可防止包装吸水,虽然造价较高,但在商业上有实用价值。另外还可以在产品表面打蜡或涂料,然后再加上适当的包装,防止产品失水。

(二) 增加空气湿度 减少水果和蔬菜失水的另一个有效方法是增加空气的相对湿度,然而高湿又对霉菌生长有利,造成产品腐烂,可配合使用杀菌剂。增加空气湿度可用自动加湿器向库内喷雾或喷蒸气,也可以在地面洒水或在库内挂湿草帘;或者适当提高蒸发器冷凝管的温度,使其维持在低于贮藏温度 $2\sim 3^{\circ}\text{C}$ 的范围内。总之,将库内的相对湿度保持在95%左右,就可以避免产品失水。

(三) 适当通风 不管是使用机械冷库还是自然通风,库中足够的通风量是必须的,它可以将库内的热负荷带走,防止库内温度不均,但是风速要尽量低, $0.3\sim 3\text{m/s}$ 的风速对产品水分蒸发的影响不大。

(四) 使用夹层冷库 夹层冷库的库体由两层墙壁组成,中间有冷空气循环,外层墙既隔热又防潮,内层墙不隔热,将蒸发器放置在两层墙之间,通过传导作用与库内进行热交换。由于蒸发器不在库内,不会夺取产品中的水分而结霜,库内的湿度很高,可防止产品失水。

(五) 使用微风库 微风库内的冷风经过库顶上的多孔送入库内,或使冷空气先经过加湿再送到库中,可以有效地防止失水。

第四节 水果和蔬菜的冷害、冻结及其他生理伤害

一、低温伤害

低温是保存水果和蔬菜的最好方法，但是它们的起源地不同，对低温的适应性也不一样，贮运过程中，如果低温使用得不适当，就会导致水果和蔬菜发生冷害，造成严重的采后损失。而且，大部分的冷害症状在低温环境或冷库内不会立即表现出来，当果蔬升温后或销售时才显现出来。因此，冷害所引起的采后损失往往比我们所预料得到的更加严重。有些批发市场和冷库的经营者将多种果蔬混装在同一温度的货架上或同一温度的冷库中，容易使冷敏产品产生冷害。

(一) 冷害

1. 冷害 冷害是水果和蔬菜组织在冰点以上的不适低温下造成的伤害，大部分起源于热带的水果和蔬菜在温度低于 12.5°C 、但高于 0°C 的温度下会发生冷害。所有的冷敏植物或其部分器官在生长发育的各个阶段都可能发生冷害，而且各个阶段所受的冷害有累积作用，即生长发育过程中、贮藏及采后流通环节中受到的冷害损伤会累积表现出来。

2. 冷害的症状 冷害的表现症状常随果蔬种类而异，最常见的是表皮凹陷，随着冷害的发展，凹陷斑点会连接成大块洼坑；果肉组织的褐变也是一种常见的冷害症状，褐变多呈棕色、褐色或黑色的斑块或条纹，褐变可发生在外部或内部组织中，有些褐变在低温下就表现出来，有些褐变则需在升温后才表现；未成熟的果实采后受到冷害将不能正常成熟或着色不均匀，不能达到食用标准。另一种冷害症状是叶菜上和有些果实上出现的水浸状斑点；果蔬的迅速腐烂也是冷害发生后的一个明显症状，其实腐烂并不是冷害的直接结果，但是冷害削弱了组织的抗病能力，并使细胞崩溃，为微生物的入侵提供了方便条件。

(二) 防止和减轻冷害的措施

1. 适温下贮藏 防止冷害的最好方法是掌握果蔬的冷害临界温度，不要将水果和蔬菜置于临界温度以下的环境中贮藏。

2. 温度调节和温度锻炼 将水果和蔬菜放在略高于冷害临界温度的环境中一段时间，可以增加果蔬的抗冷性，但是也有研究表明，有些水果和蔬菜在临界温度以下经过短时间的锻炼，然后置于较高的贮藏温度中，可以防止或减轻冷害。

3. 间歇升温 间歇升温是在水果和蔬菜贮藏过程中用一次或多次短期升温处理来中断其冷害的方法, 苹果、柑橘、黄瓜、桃、油桃、李、番茄、甘薯、秋葵贮藏中用中间升温的方法都可延长贮藏寿命, 增加对冷害的抗性。

4. 变温处理 变温处理是水果和蔬菜在贮藏过程中使用不同的贮藏温度, 如鸭梨贮藏早期发生的黑心病是由于采后突然将温度降到 0°C 引起的冷害症状, 若将其入贮温度提高到 10°C , 然后采取缓慢降温的方式, 在 30~40d 内, 将贮藏温度降至 0°C , 则可减少黑心病的发生。贮前逐步降温效应与果实的代谢类型有关, 只有高峰型的果实才有反应, 非高峰型的果实, 如柠檬和葡萄柚逐步降温对减轻冷害无效。

5. 气调贮藏 气调贮藏是降低贮藏环境中氧气的浓度, 提高二氧化碳浓度的一种贮藏方法, 气调是否有减轻冷害的效果还没有一致的结论, 气调贮藏有利于减轻鳄梨、葡萄柚、秋葵、番木瓜、桃、油桃、菠萝、西葫芦的冷害, 但气调贮藏会加重黄瓜、石刁柏和甜椒的冷害。气调贮藏对减轻冷害的作用是不稳定的, 而气调贮藏减轻冷害症状依赖于果蔬种类、 O_2 、 CO_2 浓度, 甚至与处理时期、处理的持续时间及贮藏温度的影响也有关系。在有些果实中, 气调对冷害的作用还与水果和蔬菜的采收期有关。

6. 湿度的调节 接近 100% 的相对湿度可以减轻冷害症状, 相对湿度过低会加重冷害症状。用塑料袋包装可减轻冷害症状, 其原因是: 一方面是袋内的温度较高, 另一方面可能是袋内湿度较高的缘故。实际上高湿并不能减轻低温对细胞的伤害, 高湿并不是减轻冷害的直接原因, 只是环境的高湿度降低了水果和蔬菜的蒸腾作用。同样, 涂了蜡的葡萄柚和黄瓜的凹陷斑之所以减少也是因为抑制了水分的蒸发。

7. 化学处理 有些化学物质可以增加水果和蔬菜对冷害的忍受力, 有效地减轻冷害。如贮藏前用氯化钙处理, 可以减少鳄梨维管束发黑, 减少苹果和梨的内部败坏, 也可减轻番茄、秋葵的冷害, 但不影响其成熟。用乙氧基喹和苯甲酸钠处理黄瓜和甜椒, 可减轻其冷害。贮藏前用二甲基聚硅氧烷、红花油和矿物油处理香蕉, 可减轻香蕉的失水和防止表皮变黑。此外, 一些杀菌剂如噻苯唑、苯并咪唑、抑迈唑等, 可减少柑橘果实腐烂及对冷害的敏感性。

8. 激素控制 用脱落酸进行预处理可以减轻葡萄柚、南瓜的冷害, 用乙烯处理甜瓜可以减轻贮藏期间的冷害。用外源多胺处理可减少南瓜、苹果冷害。

(三) 冻害 凡是那些贮藏温度在 0°C 附近的水果和蔬菜容易发生冻害, 例如大白菜、花椰菜、萝卜、苹果、梨等, 果蔬长时间处于其冰点以下的温度, 会发生冻害。轻微的冻伤, 不至于影响果蔬品质, 但是严重的冻害不仅使