上篇 果品蔬菜贮藏保鲜部分

需要全本请访问 www.ertongbook.com

第一章　果品蔬菜贮藏保鲜的基本原理

果品蔬菜采收之前，靠发达的根系从土壤中吸收水分和无机成分，利用绿色的叶片将二氧化碳和水合成碳水化合物并贮藏起来，从而使果品蔬菜含有丰富的营养成分并具有优良的色、香、味和食用品质。果实采收以后，来自根系和叶片的养分供给完全中断了，但果品仍然是有生命的，在运输、贮藏过程中，还会继续进行一系列生理生化过程和代谢作用，因而对不良环境和致病微生物具有不同程度的抵抗性，即耐贮性和抗病性。另一方面，由于果品蔬菜的呼吸作用、其他生理生化变化和微生物侵染，将不断消耗自身贮藏物质而逐渐衰老，从而降低其耐贮性和抗病性。

所谓耐贮性，就是果品蔬菜在贮藏期间保持其品质（包括外观、风味、质地和营养价值），减少损耗的特性；所谓抗病性，就是果品蔬菜抵抗微生物侵染的特性。耐贮性和抗病性是互相依赖，互相制约的。抗病性弱的，耐贮性也较弱；耐贮性弱的，一般抗病性也较差。

果品蔬菜的耐贮性和抗病性既同果品蔬菜种类、品种有关，又同栽培条件和成熟度有关，还受采后处理和运输、贮藏条件的制约和影响。因此，要搞好果品蔬菜贮藏，除了选用耐贮品种，采用适宜的栽培技术和适时采收外，还应注意

采后处理及控制适宜的贮运条件。

果品蔬菜的贮藏保鲜，主要是根据果品蔬菜本身的生物学特性，使贮藏场所维持适宜的温度、湿度和气体成分，尽可能控制有害微生物的活动，适当地抑制果品蔬菜自身的生命活动，延缓其成熟、衰老过程，以便较长时间地保持果品蔬菜的耐贮性和抗病性，达到延长贮藏寿命、保持食用品质、减少贮藏损失的目的。

一、果品蔬菜的呼吸作用

果品蔬菜收获后，光合作用停止，呼吸作用成为新陈代谢的主导过程，呼吸作用与果品蔬菜的各种生理生化变化有着密切的关系，并制约着这些过程，从而影响到果品蔬菜采后贮运过程中质和量的变化，影响到耐贮性、抗病性的变化和整个贮藏寿命。

1. 有氧呼吸与无氧呼吸

果品蔬菜采收以后具有生命活动的重要标志是进行呼吸作用。

呼吸作用是果品蔬菜采收后最主要的代谢过程，它制约与影响其他生理生化过程。呼吸作用是生物有机体在一系列酶的催化作用下，把复杂的有机物质逐步分解成二氧化碳和水等简单物质，同时释放能量的过程。

在呼吸过程中被消耗的有机物质如糖和有机酸等被称为呼吸底物，呼吸作用释放的能量一部分以 ATP 的形式供给果品蔬菜自身生命活动所需，另一部分以热量的形式释放到周围贮藏环境中去，这部分热量称呼吸热。

果品蔬菜的呼吸作用可分为有氧呼吸和无氧呼吸两种类型。有氧呼吸是在有氧气参加的情况下，果品蔬菜中的呼吸底物被彻底氧化成二氧化碳和水，同时释放出大量能量的过程。可以用反应式表示如下：

$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \longrightarrow 6CO_2 + 6H_2O + 2822$ 千焦耳

葡萄糖　氧气　二氧化碳　水　能量

无氧呼吸是在缺氧的情况下进行的，呼吸底物的氧化不彻底，产生酒精、乙醛等，同时放出少量能量的过程。可以用下式表示：

$C_6H_{12}O_6 \longrightarrow 2C_2H_5OH + 2CO_2 + 101$ 千焦耳

葡萄糖　乙醇　二氧化碳　能量

无氧呼吸就是发酵，由于有乙醇产生而具有酒精味。例如鲜枣放一段时间产生酒精味。

果品蔬菜为了维持生命活动所需要的能量必须通过消耗更多的贮藏营养物质（如葡萄糖）来满足。无氧呼吸不仅能提供能量，同时还产生大量的乙醛和乙醇。乙醛和乙醇的大量积累必然引起毒害作用，使果实的品质变劣，缩短贮藏寿命。因此，可以说长时间的无氧呼吸对于果品蔬菜的长期贮藏是不利的。

许多果实在其发育、成熟和衰老的过程中有一种特殊的呼吸漂移模式，即果实在发育定型之前，呼吸强度一直是在不断下降的，在开始成熟时呼吸突然上升，到达一个高峰后又重新下降，直到果实衰老解体，这就是呼吸跃变。习惯上把开始成熟时出现呼吸上升的果实称为跃变型果实，如苹果、梨、香蕉等。把采收后呼吸持续缓慢下降而不表现有暂

需要全本请访问 www.ertongbook.com

时上升的果实称为非跃变型果实，如柑橘、葡萄等。

呼吸强度的大小一般以单位重量的果品蔬菜组织在单位时间内呼吸作用放出的二氧化碳的毫克数来表示，即CO_2mg/kg/小时。呼吸强度的大小可以用碱液吸收法或微量二氧化碳测定仪测定法测定。呼吸强度的大小直接影响到果品蔬菜的贮藏寿命和质量。一般呼吸强度较大的种类品种，由于其呼吸消耗较大，耐贮性相对较差。

2. 影响呼吸作用的因素

果品蔬菜采收后呼吸强度的变化除因种类品种和成熟度不同而有很大差别外，还受到贮藏环境和内在因素的影响，如温度、湿度、气体成分和机械伤害等。

(1) 温度　呼吸强度的大小与温度关系十分密切。在一定范围内，温度升高，呼吸增强；如果降低温度，呼吸强度就大大减弱。因此，贮藏果品蔬菜的普遍措施就是尽可能维持较低的温度，将果品蔬菜的呼吸作用抑制到较低限度。

降低贮藏温度虽然可以减弱呼吸强度，延长贮藏时间，但是不是温度越低越好。不同品种的果品蔬菜对低温的适应能力各不相同，但都有一定限度。一般来说，在北方生长的果品蔬菜较耐低温，贮藏温度可以适当低一些；原产热带、亚热带的果品蔬菜对低温的耐受力较差，贮藏温度应适当高一些。

温度过高过低都会影响到果品蔬菜正常的生命活动，甚至会阻碍正常的后熟过程，造成生理伤害，以致死亡。因此，在贮藏中一定要选择最适当的贮藏温度。

贮藏温度要恒定，因为温度的起伏变化会刺激果品蔬菜

的呼吸作用增强，增加物质消耗。综合有关资料，苹果的呼吸强度（$mgCO_2/kg$/小时，下同），在0℃～2℃时约为4～9，在20℃时约为12～20。鸭梨的呼吸强度，在0℃～2℃时约为3～7，在20℃时约为11～15。如果使用塑料薄膜包装果实，温度的波动会增加袋内结露水，不利于果品蔬菜的贮藏保鲜。

(2) 湿度　湿度和温度相比是一个次要因素，但仍会对果品蔬菜的呼吸作用产生影响。一般轻微的干燥可以抑制呼吸强度。但如果贮藏环境中的相对湿度过低，会刺激果品蔬菜内部的水解酶的活性增强，使呼吸底物增加从而刺激呼吸作用增强。

(3) 气体成分　正常空气中含氧气21%，二氧化碳0.03%，其余为氮气。适当降低贮藏环境中的氧气浓度、提高二氧化碳浓度，可以抑制果品蔬菜的呼吸作用。

降低贮藏环境中氧气的浓度，果品蔬菜的呼吸强度会受到抑制，但通常要使氧气浓度降至5%～7%，果品蔬菜的呼吸强度才会有明显的降低。氧气含量过低，又会促进无氧呼吸，积累乙醇和乙醛等物质，造成低氧伤害。

提高贮藏环境中二氧化碳浓度，呼吸也受到抑制，但二氧化碳浓度过高会造成二氧化碳中毒。不同种类品种的果品蔬菜对二氧化碳的耐受能力应该通过试验测定。

贮藏环境中的乙烯虽然含量很少，但对呼吸作用的刺激是巨大的。乙烯是果实成熟过程中产生的一种促进成熟的物质，凡是可以促进成熟的因子都可刺激乙烯的生成。为了减轻乙烯对呼吸的促进作用，一方面要尽量降低贮运温度，另

一方四要加强贮藏坏境的通风换气。

（4）机械伤害和病虫害　任何机械伤害，即使是轻微的挤伤和压伤，也会引起呼吸加强，因而会大大缩短贮藏时间，加快果品蔬菜的成熟和衰老。果品蔬菜受到机械伤害以后，还容易受到病原微生物的侵染而引起腐烂损失。微生物在果品蔬菜上生长发育，更加促进果实的呼吸。因此，在采收、分级、包装、运输和贮藏过程中要尽量避免受到机械伤害，这也是保障果品蔬菜贮藏质量的重要前提。

（5）种类品种　不同种类品种的果品蔬菜呼吸强度有很大差异。较耐贮藏的仁果类果实（如苹果、梨）和葡萄等，呼吸强度较低；不耐贮藏的核果类果实如桃、杏、李等的呼吸强度中等；最不耐贮藏的浆果类（不包括葡萄）呼吸强度最高。

就同一种类不同品种来说，一般晚熟品种的呼吸强度高于早熟品种，但晚熟品种耐贮，这是由于晚熟品种主要以有氧呼吸为主，早熟品种无氧呼吸占的比例较大的缘故。

（6）果实的成熟度　果实在生长发育和成熟衰老过程中的呼吸作用可以分为强烈呼吸期、呼吸降落期、呼吸升高期和呼吸衰败期。强烈呼吸期是指果实处于细胞分裂的幼果阶段，这一阶段果实的呼吸代谢极为旺盛。呼吸降落期是指果实细胞增大阶段，随着果实的生长发育，呼吸强度迅速下降。从果实开始成熟到进入完熟阶段，呼吸强度迅速上升，进入呼吸升高期，开始出现呼吸跃变。呼吸衰败期是指果实进入呼吸跃变后的下降期，呼吸强度由高峰下降，这时果实进入衰老阶段，耐贮性和抗病性下降，品质变差。

有的果实如葡萄、柿子等，在树上随着果实的生长发育与成熟，其呼吸强度逐步下降；采收后，其呼吸强度一般是平稳下降，有的在末期有所上升。在正常情况下，这类果实不出现呼吸跃变现象。

3. 呼吸作用同贮藏保鲜的关系

作为果品蔬菜采收后最主要的生命活动，呼吸作用同果品蔬菜的贮藏保鲜有着密切的关系。

(1) 呼吸热对贮藏的影响　果品蔬菜在呼吸代谢过程中不断产生能量，除少量用做代谢过程中的能源供给本身的生命活动所需外，大部分以热能的形式释放到周围环境中去，这部分热量称为呼吸热。各种果品蔬菜在不同条件下释放的呼吸热有所不同，同一种类不同品种间也有差异。呼吸热的大量释放必然要使贮运环境的温度升高，在果品蔬菜的贮运过程中要考虑到这种影响并设法加以消除。在贮藏库的设计中要充分考虑到这个影响库温的重要因素。果品蔬菜贮藏时要码成花垛，也是为了消除呼吸热的影响，有利于通风散热。

(2) 呼吸消耗对贮藏的影响　呼吸作用不断地消耗着果品蔬菜的干物质。据试验测定，苹果和梨等仁果类果实经 6 个～7 个月的冷藏，果实的呼吸消耗约为果实重量的 1.2%～2.4%。果实所含的糖、酸等物质都可以作为呼吸底物被消耗掉。随着贮藏期的延长，果实的甜味和酸味逐渐变淡就是这个缘故。

(3) 呼吸跃变对贮藏的影响　对于苹果、梨、香蕉等有呼吸跃变的果实，呼吸跃变的出现就意味着果实衰老的开

始。所以，在贮运期间应通过对环境条件的调节控制来尽量延缓呼吸跃变的到来。

（4）呼吸代谢失调对贮藏的影响　当果品蔬菜正常的呼吸代谢受到干扰、破坏时，常常会引起生理失调，导致生理病害，从而缩短果品蔬菜的贮藏寿命。当无氧呼吸不正常增强时，就会使乙醛、乙醇在果实内积累，产生酒味和其他异味，甚至丧失商品价值或腐烂变质。

（5）呼吸作用对果品蔬菜耐贮性、抗病性的影响　正常地、适当地抑制果品蔬菜的呼吸作用，有利于延长果品蔬菜的贮藏寿命。同时，正常的呼吸代谢，特别是活泼的氧化系统对果品蔬菜抵抗病虫害侵染和机械伤害有着积极作用。

了解果品蔬菜的呼吸作用和影响呼吸作用的因素，目的是在果品蔬菜的贮藏过程中，调节好温度、湿度和气体成分，抑制果品蔬菜的呼吸作用，减少消耗，从而达到延长贮藏期，保证贮藏质量的目的。

二、果品蔬菜水分蒸腾、萎蔫和结露现象

果品蔬菜采收后，来自根系的水分供给被切断，但果品蔬菜仍然向外蒸腾水分，这是造成果品蔬菜自然损耗的主要原因。随着水分蒸腾，果品蔬菜细胞膨压降低，逐渐导致萎蔫。果品蔬菜在贮藏中也常常发生结露现象。

1. 果品蔬菜的蒸腾作用

水在果品蔬菜生长发育过程中一直处在不断变化中。一方面，果品蔬菜的根系不断从土壤中吸收水分，另一方面，

体内的水分又不断从地上部分蒸腾出去。水分不断的吸收转移和蒸腾，也就促进了果品蔬菜对养分的吸收和转移，这对于果品蔬菜的正常生理活动有着重要意义。但是，果品蔬菜采收后，切断了水源，但未中止水分蒸腾。这样，新鲜的果品蔬菜就会因此减少重量，造成直接的损失。而且还会使果品蔬菜的光泽消失，出现皱缩，失去商品价值。若不调节和控制贮藏环境中的相对湿度也会降低某些品种的耐贮性，出现一些生理病害，如柑橘枯水，苹果裂果，梨的干巴及某些生理伤害。

2. 影响蒸腾作用的因素

果品蔬菜的蒸腾作用受到许多内外因素的影响，不同的种类品种组织结构不同，水分的蒸腾作用相差很大。在贮运期间环境条件对果品蔬菜的蒸腾作用也有很大影响。影响果品蔬菜蒸腾作用的内外因素主要有以下几个方面：

(1) 表面积比　表面积比指果品蔬菜单位重量（或体积）所占表面积的比率（cm^2/g）。果品蔬菜蒸腾作用的物理过程是水分蒸发，蒸发是在表面进行的。从这一点来说，果品蔬菜的表面积比越大，蒸腾作用越强。同一品种果实，个头越小，表面积比就越大。叶菜类具有较大的表面积比，最容易失水萎蔫。

(2) 表面保护结构　果实的表皮中含有能阻止水分蒸发的角质及蜡质。角质层及蜡质层的厚度因果实种类品种的不同而不同，随着果实趋向成熟，角质层及蜡质层逐渐加厚，结构更加完整。

(3) 细胞的保水力　果品蔬菜细胞的原生质亲水胶体可

需要全本请访问 www.ertongbook.

溶性固形物的含量高，会使细胞具有较强的保水力。

（4）空气湿度　直接影响果品蔬菜蒸腾作用的环境条件是空气的湿度饱和差。空气从含水物体中吸收水分的能力，决定于湿度饱和差的大小，饱和差越大，吸水力越强。

空气湿度达到饱和时的含水量称饱和湿度，空气中的实际含水量称绝对湿度。饱和湿度与绝对湿度之差是湿度饱和差；绝对湿度占饱和湿度的百分率是相对湿度。相对湿度一般用 RH 来表示，可以用干湿球温度计、毛发湿度计快速测定。空气的绝对湿度决定着空气的相对湿度和饱和差。生产实践中常用测定相对湿度的方法来了解空气的干湿程度。

果品蔬菜的水分蒸发是以水气的状态移动的，与其他气体一样，水气是从密度高处向密度低处移动。果品蔬菜内部的空气相对湿度最少是 99%，因此，当果实贮藏在一个相对湿度低于 99%的空气环境中时，水分就会从果实中蒸发到贮藏环境中去，贮藏环境越干燥，水气的流动就越快，也就是果品蔬菜的水分损失越快。当果品蔬菜内部空气的水气压力大于周围空气中的水气压力时，必然要进行蒸发，只要还存在着这种水气压力的差别，蒸发就会继续进行。果品蔬菜内部和周围环境中水气压力的差值称为水气压力差。

除少数例外，果品蔬菜入贮初期仍在继续降温期间，同周围环境的水气压力差最大，水分损失也最严重。表 1列出了不同果温、库温条件下的水气压力差。

从表 1可见，果品蔬菜入冷库的初期，处在降温阶段，果温和库温的差别越大，延续的时间越长，失水越严重，管这时候库内的相对湿度也有一定的影响，但关键在于果实

的温度。

当果温已降到与库温一致，并且这个温度是该果品的最适贮温，不能再低时，则影响果实水分蒸发的决定因素是库内的相对湿度。

表 1　　不同果温、库温条件下的水气压力差

项　　目	相对湿度(%)	水气压力(kPa)
甜橙,果温 21.1℃	100	2.47
冷库内 0℃下的空气	100	0.6
水气压力差		1.87
甜橙,果温 0℃	100	0.6
冷库内 0℃下的空气	50	0.3
水气压力差		0.3
甜橙,果温 2.2℃	100	0.71
库温 2.2℃	90	0.64
水气压力差		0.07
甜橙,果温 0℃	100	0.6
库温 0℃	90	0.54
水气压力差		0.06
甜橙,果温 21.1℃	100	2.47
库温 21.1℃	90	2.22
水气压力差		0.25

鸭梨贮藏需要逐渐降温，为了减少水分损失，降温阶段库内的相对湿度最好处于饱和状态。贮藏库内空气的流动速

度也会影响到水分的蒸发，流动的空气把果实周围空气中的水分带走，使果实不断地处在一个相对湿度较低的环境中。果实入贮初期，处在降温阶段，因空气流动速度同冷却速度密切相关，它还不是影响水分蒸发的主要因素。

综上所述，提高贮藏环境中的相对湿度可以有效地控制果品蔬菜的水分蒸腾，避免由于萎蔫产生的各种不良效应。但是，也不是所有果品蔬菜都适宜于高湿贮藏。如温州蜜柑在高湿条件下易产生“枯水”现象，果肉内的水分和其他成分向果皮运转，果实外表虽较饱满，但果肉干缩，风味淡薄，果皮几乎没有重量损失，严重时，果皮重量反而增加。

3. 蒸腾和结露与贮藏保鲜的关系

(1) 失重和失鲜　果品蔬菜在贮藏中由于不断的蒸腾失水所引起的最明显的现象是失重和失鲜。失重即所谓自然损耗，包括水分和干物质两方面的损失。失鲜是质量方面的损失，表现为形态、结构、色彩、光泽、风味等多方面的变化，综合地影响到食用品质和商品品质。

(2) 破坏正常的代谢过程　水分的蒸发作用主要包括水分子从蒸发表面进入周围大气，水从产品的内部组织向表面组织以及水从细胞内向细胞间隙移动这三个过程。水分蒸发直接影响到细胞脱水。如果仅是轻度脱水，可以使冰点降低，提高抗寒能力，且细胞脱水后使组织较为柔软，有利于减少运输和贮藏时的机械损伤。严重脱水，会使正常的代谢过程遭到破坏。

(3) 降低耐贮性、抗病性　果品蔬菜失水萎蔫，使酶的活动趋向水解作用，从而使呼吸底物增多，导致呼吸作用加

强。更为重要的是由于失水使细胞液的浓度提高，一些物质和离子的浓度可能增高到有害的程度，引起细胞中毒；同时，细胞原生质大量脱水后，原生质透性增强，细胞内的物质外渗，这些都会破坏正常的代谢作用，使果品蔬菜出现生理失调，从而导致耐贮性、抗病性降低。

在贮藏过程中，有时果品蔬菜表面和库顶、墙壁等处凝结水珠，这就是结露现象，俗称“出汗”。出现结露对果品蔬菜的安全贮藏是不利的，因为液态水附着或滴落在果品蔬菜表面，就为微生物的侵染创造了良好的条件。

出现结露现象的原因是由于温度下降到露点温度的缘故。以下几种情况容易出现结露现象：一是贮藏库内不同部位温差较大。一般说来，不同部位的温差超过5℃，就会出现结露现象；二是贮藏初期果品蔬菜蒸腾大量水分，库温又下降较快；三是贮藏库通风时，库内外温差较大；四是冷藏的果品蔬菜出库后，放置在气温较高的场所。

为了防止结露现象的出现，一是要消除或尽量缩小贮藏库内各部位的温差，例如注意合理堆放产品，盛装果实的容器不宜过大，贮藏库的隔热效能应达到规定标准等；二是贮藏库进行通风时，库内外的温差不要超过5℃；三是冷藏的果品蔬菜出库前应逐步升温；四是采用塑料薄膜包装果品蔬菜时，应将其预冷到适宜贮温后再封闭包装。

三、低温伤害

对果品蔬菜进行贮藏保鲜的重要手段之一，就是通过控制适宜的低温，使果品蔬菜进行缓慢而正常的代谢作用，以

延缓其成熟衰老进程，同时抑制微生物的活动。不同种类品种的果品蔬菜适宜的贮藏温度不同，低于这个贮藏温度，就会引起低温伤害——冻害和冷害。

1. 冻害

冻害是指果品蔬菜在其冰点以下的低温条件下由于冻结所出现的伤害。

果品蔬菜含水量很高，细胞液的冰点（植物组织开始冻结时的温度）一般在 $-1.5℃ \sim -0.7℃$ 的范围内，如环境温度低于冰点，组织内部就会结冰。果品蔬菜的冰点温度（见表 2、表 3）随其种类、细胞可溶性固形物的含量及环境温度而异。

表 2　　一些蔬菜组织的冰点

种　类	冰点(℃)	种　类	冰点(℃)
绿熟番茄	−0.6	草　莓	−0.8
完熟番茄	−0.5	莴　苣	−0.2
黄　瓜	−0.5	菠　菜	−0.3
茄　子	−0.8	芹　菜	−0.5
青　椒	−0.7	龙须菜	−0.6
秋　葵	−1.8	荷兰芹	−1.1
青豌豆	−0.6	洋　葱	−0.8
扁　豆	−0.7	大　蒜	−0.8
甜玉米	−0.6	胡萝卜	−1.4
花椰菜	−0.8	南　瓜	−0.8
花茎甘蓝	−0.6	马铃薯（秋天收）	−0.6
甘蓝（春天收）	−0.9	马铃薯（春天收）	−0.6
甘蓝（秋天收）	−0.9	蘑　菇	−0.9

表 3　　一些水果组织的冰点

种　类	冰点（℃）	种　类	冰点（℃）
苹果	－1.5	柿	－2.2
桃	－0.9	草莓	－0.8
杏	－1	菠萝	－1.1
李	－0.8	香蕉（绿熟）	－0.8
樱桃	－1.8	油桃	－0.9
葡萄(欧洲)	－2.2	木瓜	－0.9
葡萄(美洲)	－1.3	柠檬	－1.4

当贮藏场所温度不断下降时，果品蔬菜的温度不断下降，首先在细胞间隙形成许多小冰晶，在缓慢冻结的情况下，水分不断从原生质和细胞液中脱出，通过细胞膜进入细胞间隙，与冰晶体相遇而结冰，冰晶体从而越来越大，而且水冻结成冰时体积又增大 9%，这样大的冰晶体，致使细胞组织结构以致原生质遭受机械损伤，这是在解冻后果品蔬菜大量流汁的原因。

果品蔬菜遭受冻害的程度决定于受冻的温度和时间的长短，例如苹果处于稍低于其冰点下的温度几天的时间，遭受的伤害是轻微的，但是如果暴露在－6℃以下的温度下，只要几小时，即会受到严重伤害。

大部分果品蔬菜，让其静止不动，通常可以冷却到其冰点以下几度仍未冻结，这在物理学上称为过度冷却。果品蔬菜可以保持在过度冷却的状态下几个小时。但是，倘若在这

需要全本请访问 www.ertongbook.