

农村实用科技与技能培训丛书

主编：崔富春



果品蔬菜 贮藏技术

GUOPINSHUCAIZHUCANGJISHU

王如福 孙碧玲 编著

果品蔬菜贮藏技术介绍了我国主要果品的贮藏技术，主要包括果品蔬菜贮藏的基本原理、主要果品的贮藏技术和主要蔬菜的贮藏技术几部分内容。



农村实用科技与技能培训丛书

主编 崔富春

果品蔬菜贮藏技术

王如福 孙碧玲 编著

 中国社会科学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

果品蔬菜贮藏技术/王如福, 孙碧玲编著. —北京:

中国社会出版社, 2006. 9

(农村实用科技与技能培训丛书/崔富春 主编)

ISBN 7-5087-1124-6

I. 果... II. ①王... ②孙... III. ①水果—食品贮藏
②蔬菜—食品贮藏 IV. ①S660.9②S630.9

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 099001 号

丛 书 名: 农村实用科技与技能培训丛书

主 编: 崔富春

书 名: 果品蔬菜贮藏技术

编 著 者: 王如福 孙碧玲

责任编辑: 王紫千 陈创业

出版发行: 中国社会出版社 邮政编码: 100032

通联方法: 北京市西城区二龙路甲 33 号新龙大厦

电话: (010) 66051698 电传: (010) 66051713

邮购部: (010) 66060275

经 销: 各地新华书店

印刷装订: 北京市宇海印刷厂

开 本: 140mm×203mm 1/32

印 张: 5.75

字 数: 132 千字

版 次: 2006 年 9 月第 1 版

印 次: 2006 年 9 月第 1 次印刷

定 价: 9.00 元

(凡中国社会出版社图书有缺漏页、残破等质量问题, 本社负责调换)

建设社会主义新农村书屋

总顾问：回良玉

编辑指导委员会

主 任：李学举

副主任：翟卫华 柳斌杰 胡占凡 窦玉沛

委 员：詹成付 吴尚之 涂更新 王英利

李宗达 米有录 王爱平

农村实用科技与技能培训丛书编辑委员会

主 任：崔富春

副主任：左义河 宗颖生 弓永华

成 员：（按姓氏笔画为序）

王金胜 孙泰森 邢国明 李生才

李生泉 李宏全 李国柱 杨 鹏

郭晋平 郭玉明 郝利平 武星亮

蔺艮鼎 薛孝恩

总序 造就新农民 建设新农村

李学举

党的十六届五中全会作出了建设社会主义新农村的战略部署。在社会主义新农村建设过程中，大力发展农村文化事业，努力培养有文化、懂技术、会经营的新型农民，既是新农村建设取得进展的重要标志，也是把社会主义新农村建设不断推向前进的基本保证。

为落实中央的战略部署，中央文明办、民政部、新闻出版总署、国家广电总局决定，将已开展三期的“万家社区图书室援建和万家社区读书活动”由城市全面拓展到农村，“十一五”期间计划在全国三分之一以上的村委会开展农村图书室援建和读书活动，使两亿多农民由此受益，让这项造福城市居民的民心工程同时也造福亿万农民群众。中央领导同志对此十分重视，中共中央政治局委员、国务院副总理回良玉同志作出重要批示：“发展农村文化事业是新农村建设的重要内容，也是农村发展中一个亟待加强的薄弱环节。在农村开展图书室援建和读书活动，为亿万农民群众送去读得懂、用得上的各种有益书刊，对造就有文化、懂技术、会经营的新型农民，满足农民全面发展的需求，将发挥重要作用。对这项事关农民切身利益、事关社会主义新农村建设的重要活动，要精心组织，务求实效。”

中共中央政治局委员、中央书记处书记、中宣部部长刘云山

同志也作出重要批示。他指出：“万家社区图书室援建和万家社区读书活动，是一项得人心、暖人心、聚人心的活动，对丰富城市居民的文化生活、推动学习型社区建设发挥了重要作用。这项活动由城市拓展到农村，必将对丰富和满足广大农民群众的精神文化生活，推动社会主义新农村建设发挥积极作用。要精心组织，务求实效，把这件事关群众利益的好事做好。”

为了使活动真正取得实效，让亿万农民群众足不出村就能读到他们“读得懂、用得上”的图书，活动的主办单位精心组织数百名专家学者和政府相关负责人，编辑了“建设社会主义新农村书屋”。“书屋”共分农村政策法律、农村公共管理与社会建设、农村经济发展与经营管理、农村实用科技与技能培训、精神文明与科学生活、中华传统文化道德与民俗民风、文学精品与人物传记、农村卫生与医疗保健、农村教育与文化体育、农民看世界等10大类、1000个品种。这些图书几乎涵盖了新农村建设的方方面面。“书屋”用农民的语言、农民的话，深入浅出，使具有初中文化水平的人就能读得懂；“书屋”贴近农村、贴近农民、贴近农村生活的实际，贴近农民的文化需求，使农民读后能够用得上。

希望农村图书室援建和农村读书活动深入持久地开展下去，使活动成为一项深受欢迎的富民活动，造福亿万农民。希望“书屋”能为农民群众提供一个了解外界信息的窗口，成为农民学文化、学科技的课堂，为提高农民素质，扩大农民的视野，陶冶农民的情操发挥积极作用。同时，也希望更多有识之士参与这项活动，推动农村文化建设，关心支持社会主义新农村建设。

值此“新农村书屋”付梓之际，以此为序。

二〇〇六年九月

目 录

一、果品蔬菜贮藏的基本原理

- (一)果品蔬菜的呼吸作用 /1
- (二)乙烯对果蔬成熟和衰老的影响 /11
- (三)果蔬的失水与环境湿度 /14
- (四)果蔬贮藏过程中发生的生理失调 /22
- (五)休眠在果蔬贮藏中的应用 /34

二、主要果品的贮藏技术

- (一)苹果 /39
- (二)梨 /48
- (三)柑橘 /52
- (四)香蕉 /59
- (五)葡萄 /70
- (六)山楂 /75
- (七)猕猴桃 /78
- (八)枣 /82
- (九)桃、李 /85
- (十)板栗 /88
- (十一)核桃 /91

- (十二)荔枝 /93
- (十三)柿子 /98
- (十四)石榴 /100
- (十五)草莓 /102
- (十六)西瓜 /105

三、主要蔬菜的贮藏技术

- (一)番茄 /111
- (二)黄瓜 /119
- (三)菜豆 /125
- (四)菠菜 /129
- (五)芹菜 /132
- (六)花椰菜 /137
- (七)蒜薹 /141
- (八)甘薯 /148
- (九)马铃薯 /153
- (十)大白菜 /158
- (十一)甘蓝 /162
- (十二)辣椒 /164
- (十三)茄子 /166
- (十四)萝卜和胡萝卜 /167
- (十五)洋葱和大蒜 /170

参考文献 /174

后记 /175

一、果品蔬菜贮藏的基本原理

（一）果品蔬菜的呼吸作用

1. 呼吸的基本概念

果品蔬菜（简称果蔬）采收以后，失去了水和无机物的来源，光合作用基本停止，但仍然是活体，其主要生理活动是呼吸作用。呼吸是呼吸底物即碳水化合物等在一系列酶参与下的生物氧化过程，此过程包括许多中间环节，逐步将果蔬组织中的复杂有机物质分解为简单物质，并释放出化学能。呼吸底物在氧化分解中形成各种中间产物，其中一些是合成其他新物质的原料，而新物质的合成及细胞结构和功能维持所需要的能量，可由呼吸作用中形成的高能化合物 ATP 随时提供。呼吸作用同各种果蔬的生理生化过程有着密切的联系，并制约着生理生化变化，因此呼吸作用必然会影响果蔬采后的品质、成熟、抗病性、耐贮性以及贮藏寿命。呼吸作用越旺盛，各种生理生化过程进行得越快，采后寿命就越短。因此，我们在果蔬采后贮藏和运输过程中要设法抑制呼吸作用，在维持产品正常的生命过程前提下，尽量使呼吸作用进行得缓慢一些。

2. 糖的有氧降解和能量的释放

果蔬有两种不同性质的呼吸类型，即有氧呼吸和无氧呼吸。正

常情况下,果蔬利用周围环境中的氧气进行有氧呼吸,而当周围环境中缺乏氧气时则会进行无氧呼吸。

有氧呼吸是果蔬主要的呼吸方式,它是从空气中吸收氧,将糖、有机酸、淀粉等其他物质氧化分解为二氧化碳和水,同时放出能量的过程。在这个生物氧化过程中会释放出能量,一部分是化学能;另一部分以热量的形式散发出来,果蔬会因此而提高自身的体温,也会提高环境的温度。

糖的生物氧化分解成二氧化碳和水要经过多个化学反应步骤,每个步骤都需要一种专门的酶催化。所有的步骤可以分为两个部分:第一部分叫做糖酵解,是糖的磷酸化衍生物形成的过程,将己糖转化为两个分子丙酮酸;第二部分叫做三羧酸循环,将丙酮酸氧化为二氧化碳和水。

在缺氧的条件下,果蔬就会进行无氧呼吸,丙酮酸会变成乙醛、乙醇和乳酸等物质。

无氧呼吸至少有两个缺点:(1)它释放的能量比有氧呼吸少,1克分子葡萄糖无氧呼吸只能产生 87.8J 的热,为有氧呼吸的1/32,因此为了获得能量则会消耗更多的呼吸底物。(2)在无氧呼吸过程中,乙醇和乙醛及其他有害物质会在细胞累积,并扩散到组织其他部分,使细胞中毒。

普通空气中氧是充足的,但在果蔬的气调贮藏和塑料薄膜包装中,若操作管理不当供氧不足时,则不能保证充分有氧呼吸,组织就开始无氧呼吸。因此,要注意通风换气,避免无氧呼吸。不同果蔬开始无氧呼吸时的 O_2 浓度,则因果蔬的种类、品种、成熟度及温度而异。因此,气调贮藏时要注意 O_2 的临界值,避免无氧呼吸的发生。

除了葡萄糖以外，其他碳水化合物也可以作为呼吸底物，贮藏后期的水果甜度降低与此有关。

3. 呼吸强度和呼吸系数

(1) 呼吸强度

呼吸强度是衡量呼吸作用强弱的一个指标，在一定的温度下，用单位时间内单位重量果蔬产品吸收的 O_2 或放出的 CO_2 的量表示，常用单位为 $mg (ml) / kg \cdot h$ ，也可称为呼吸速率。呼吸强度是表示果蔬组织新陈代谢的一个重要指标，是我们估计产品贮藏能力的依据，呼吸强度越大说明呼吸作用越旺盛，营养物质消耗得越快，会加速产品衰老，缩短贮藏寿命。

(2) 呼吸系数

呼吸系数也称呼吸商，它是植物呼出的 CO_2 与吸进的 O_2 之容积比，用 RQ 表示，在一定程度上可以根据呼吸商来估计呼吸的性质，底物的种类。各种呼吸底物有着不同的 RQ 值。

呼吸是一个很复杂的过程，它可以同时有几种氧化程度不同的底物参与反应，并且可以同时进行几种不同方式的氧化代谢，因而测得的呼吸强度和呼吸商只能综合反映出呼吸的总趋势，难以准确表明呼吸的底物种类或无氧呼吸的程度。而且有时所测得的数据常常不是 O_2 和 CO_2 在呼吸代谢中的真实数值，由于一些理化因素的影响，特别是 O_2 和 CO_2 的溶解度和扩散系数不同，会使测定数据发生偏差。此外， O_2 和 CO_2 还可能其他的来源，或者呼吸产生的 CO_2 又被固定在细胞内或合成为其他物质。例如，有人发现苹果、梨等在呼吸跃变期有一个加强的、呼吸循环以外的苹果酸、丙酮酸的脱羧作用，生成额外的二氧化碳，因而使呼吸商增大。也有人发现成

熟果实的周缘组织甚至内层组织，都仍然有一定程度的光合活性，使得呼吸释放的一部分 CO_2 又重新被固定，而光合反应生成的 O_2 则部分地抵消了呼吸作用从空气中吸收的 O_2 。这些都会影响所测呼吸强度和呼吸系数的准确性。又如当伏令夏橙或华盛顿脐橙处于 $0^\circ\text{C} \sim 25^\circ\text{C}$ 时，果实的 RQ 值接近 1 或等于 1，但是当温度提高到 38°C ，伏令夏橙的 RQ 接近 1.5，华盛顿脐橙的 RQ 接近 2.0，这种现象表明，在高温下可能存在有机酸的氧化或者无氧呼吸占了上风，或者两者兼而有之。此外，有些果实的果皮透气性不良，无氧呼吸会在果实内进行。

4. 呼吸温度系数 Q_{10} 、呼吸热和呼吸高峰

(1) 呼吸温度系数

果蔬的呼吸作用涉及多种酶反应，在生理温度范围内，这些反应的速率随温度的升高按指数规律增大，并可以用温度系数 Q_{10} 以数学方式表示，温度每升高 10°C ，化学反应的速率增大一倍左右： $Q_{10} = (R_2/R_1) 10 / (t_2 - t_1) = \text{常数}$ ，约等于 2， t_2 和 t_1 是摄氏温度， R_2 和 R_1 是反应速率，用这个公式可以计算出任何温度差的 Q_{10} 或某一未知速率。但是，对于生物学过程， Q_{10} 并不是在整个生理学范围内都保持恒定，而是温度的函数。

(2) 呼吸热

果蔬的呼吸作用中会有一部分能量以热的形式散发出来，这种释放的热叫做呼吸热，会使贮藏环境的温度增高，为了降低库温或运输车温，必须计算出呼吸热，以使用适当的制冷设备加以排除，从而保持果蔬所需要的适温。

呼吸热通常以 B. t. u (英国热量单位) 表示，一个 B. t. u (即

252cal) 等于将一磅 (454g) 的水升高华氏一度。呼吸热的计算方法如下: 每一日 (24 小时) 产品放出的 B. t. u 应该等于每千克产品每小时所放出的二氧化碳的毫克数乘以 220 这个系数 (220 由 2.55×86.3 得来, 是一常数, 它把卡/千卡·小时转化为 B. t. u / 吨·天)。用这个简单方法计算的呼吸热与用热量计测定的呼吸热很接近。如果要换算成千卡, 则乘以 0.252, 或直接用每千克每小时产品所放出的二氧化碳的毫克量乘以 55.44, 就得到呼吸热的千卡数。

每天每吨果实呼吸热的千卡数的计算方法为, 用果实的呼吸强度乘以 61.27 (2.553×24), 已知 $1\text{mlCO}_2 = 1.96\text{mg}$, 可以把呼吸强度中 CO_2 的毫升数换算成毫克数进行计算。例如甘蓝在 5°C 的呼吸强度为 $24.8\text{mg CO}_2/\text{kg} \cdot \text{h}$, 则 1 吨甘蓝的呼吸热为 $61.27 \times 24.8 = 1519.5\text{kcal}$, 如果这些热能全部积蓄而不散失, 那么会使甘蓝的体温在 24 小时内升高 1.7°C (甘蓝的比热按 0.9 计算)。

(3) 呼吸高峰

在果实发育过程中, 呼吸作用的强弱不是始终如一的, 根据呼吸曲线的变化模式不同, 可以将果实分为两类, 一类叫做跃变型果实, 其幼嫩果实的呼吸旺盛, 随着果实细胞的膨大呼吸强度逐渐下降, 开始成熟时呼吸强度突然上升, 果实完熟时达到呼吸高峰, 此时果实的风味品质最佳, 然后呼吸强度下降, 果实衰老死亡。如苹果、香蕉、芒果、鳄梨、番茄、杏、桃、猕猴桃、柿、无花果、番石榴、西番莲等成熟时都能表现出类似的呼吸高峰。另一类果实发育过程中却没有呼吸跃变现象, 这类果实叫做非跃变型果实, 如葡萄、柑橘、菠萝、黄瓜、草莓、荔枝、柠檬等。

5. 影响呼吸强度的因素

果蔬在贮藏过程中的呼吸强度与产品的消耗是紧密联系着的,

呼吸强度越大所消耗的营养物质越多。因此，在不妨碍果蔬正常生理活动的前提下，尽量降低它们的呼吸强度，减少营养物质的消耗，这是关系果蔬贮藏成败的关键。为了控制果蔬呼吸强度，延长果蔬贮藏寿命，就必须了解影响果蔬呼吸强度的有关因素。

(1) 果蔬本身因素

① 种类、品种

在相同的温度条件下，不同种类、品种的果蔬呼吸强度差异很大，这是由它们本身的特性所决定的。一般说来，夏季成熟的果蔬比秋季成熟的呼吸强度要大，南方生长的比北方生长的呼吸强度大，而早熟品种的呼吸强度又大于晚熟品种。贮藏器官，如根和块茎类蔬菜的萝卜、马铃薯呼吸强度较小；而营养器官，如叶和分生组织（花）的新陈代谢旺盛，呼吸强度最大，菠菜和其他叶菜呼吸强度的大小与易腐性成正比。石刁柏、绿菜花、葱的呼吸强度也很大。果菜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。

② 发育年龄与成熟度

在果蔬的个体发育和器官发育过程中，幼龄时期呼吸强度最大，随着年龄的增长，呼吸强度逐渐下降。幼嫩蔬菜处于生长旺盛时期，各种代谢过程都很活跃，而且表皮保护组织尚未发育完善，组织内的细胞间隙也较大，便于气体交换，内层组织能获得较充足的氧气，因此，呼吸强度较高，很难长期保鲜。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；有一些果实，如番茄在成熟时细胞壁中胶层分解，组织充水，细胞间隙因被堵塞而变小，因此阻碍气体的交换，使呼吸强度下降。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。跃变型果实的幼果呼吸旺盛，随果实的增大，呼吸强度下降，果实成熟时呼吸强度增大，高峰过后呼吸强度又下降，因此跃变前期采收果实，可以人为地推迟呼吸高峰的到来，可以延长贮藏寿命。

总之，不同发育年龄的果蔬，细胞内原生质发育的程度不同，内在各细胞器的结构及相互联系不同，酶系统及其活性和物质的积累情况也不同，所有的这些差异都会影响果蔬的呼吸强度。

③同一器官的不同部位

果蔬的皮层组织呼吸强度大，果皮、果肉、种子的呼吸强度都不同，柑橘果皮的呼吸强度大约是果肉组织的 10 倍，柿子的蒂端比果顶的呼吸强度大 5 倍，这是因为不同部位的物质基础不同，氧化还原系统的活性及组织的供氧情况不同而造成的。

(2) 环境因素

①温度

温度是影响果蔬采后寿命的最重要因素。温度影响着许多生理活动，其中包括呼吸作用。

在一定温度范围内，随温度升高，酶活性增强，呼吸强度增大。当温度超过 35°C 时，呼吸强度反而下降，这是因为呼吸作用中各种酶的活性受到抑制或破坏的缘故。此外温度升高果蔬呼吸加快，会使得外部的氧向组织内扩散的速度赶不上呼吸消耗的速度，而导致内层组织缺氧，同时呼吸产生的二氧化碳又来不及向外扩散，累积在细胞内危害代谢，这说明高温不仅引起呼吸的量变，还会引起呼吸的质变。对于跃变型果实，高温将促进其呼吸高峰的到来。

低温抑制呼吸强度，但是贮藏温度并非越低越好，而应该根据各种果蔬对低温的适应性，尽量降低贮藏温度，又不致产生冷害。

冷敏感的果蔬在冷害温度下，糖酵解过程和细胞线粒体呼吸的速度相对加快，这就使它们的呼吸强度比非冷害温度时增大。当果蔬从冷害温度转移到非冷害温度中时呼吸强度急剧上升，这可能是为了修复冷害下膜和细胞结构的损伤，或代谢掉冷害温度下积累的有害中间代谢物质。

贮藏环境的温度波动会刺激水果和蔬菜中水解酶的活性，促进呼吸，增加消耗，缩短贮藏时间。如将马铃薯置于 $-20^{\circ}\text{C}\sim 0^{\circ}\text{C}\sim 20^{\circ}\text{C}$ 中变温贮藏，其呼吸强度在低温一段时间后，再升温到 20°C 时呼吸强度会比原来在 20°C 下增加许多倍，因此贮藏水果和蔬菜时要尽量保持温度恒定避免库温波动。

②气体成分

空气中 O_2 和 CO_2 对果蔬的呼吸作用、成熟和衰老有很大的影响，适当降低 O_2 浓度，提高 CO_2 浓度，可以抑制呼吸，但不会干扰正常的代谢。当 O_2 为10%时，呼吸强度明显降低， O_2 低于2%时就可能产生无氧呼吸，乙醇、乙醚大量积累，造成缺氧伤害。 O_2 和 CO_2 的临界浓度取决于果蔬种类、温度和低氧的持续时间。例如在 20°C 时，菠菜和菜豆 O_2 的临界浓度为1%，豌豆、胡萝卜为4%。据有关资料表明，胡萝卜在5% O_2 气体中的呼吸强度是正常空气中的70%~75%，在1% O_2 的气体中的呼吸强度是空气中的20%。当 O_2 的含量由5%下降到1%时，呼吸系数由0.82增加到3.5。诱发果蔬无氧呼吸的 O_2 浓度，还与产品的发育阶段有关，在3%~4% O_2 浓度下幼小的果实就开始无氧呼吸。

提高空气中的 CO_2 浓度，也可以抑制呼吸，对于大多数水果和蔬菜来说比较合适的 CO_2 浓度为1%~5%， CO_2 浓度过高会造成中毒，有人报道，当 CO_2 达到10%时，有些果实的琥珀酸脱氢酶和烯

醇式磷酸丙酮酸羧化酶的活性会受到显著的抑制，有人认为所有的脱氢酶对 CO_2 都比较敏感，由于 CO_2 过高时会抑制呼吸酶活性，而引起代谢失调。 CO_2 浓度大于 20% 时，无氧呼吸明显地增加，乙醇、乙醛物质积累，对组织产生不可逆的伤害，它的危害甚至比缺氧伤害更加严重。其损伤程度取决于果蔬周围 O_2 和 CO_2 的浓度、温度和持续时间。 O_2 和 CO_2 之间有拮抗作用， CO_2 伤害可因提高 O_2 浓度而有所减轻，在低 O_2 中， CO_2 的伤害则更严重，在 O_2 浓度较高时，较高的 CO_2 对呼吸仍然能起到抑制作用。在氧耗尽的情况下，提高 CO_2 就会抑制正常呼吸的脱羧反应，使三羧酸循环减慢，导致发生生理病害。

有些化合物如氰化物、氟化物、一氧化碳、二硝基苯酚等都会抑制果蔬的呼吸作用。

乙烯气体可以刺激高峰型果实提早出现呼吸跃变，促进成熟。一旦跃变开始，再加入乙烯就没有任何影响了。用乙烯来处理非跃变型的果蔬时也会产生一个类似的呼吸高峰，而且有多次反应。其他的碳氢化合物如丙烷、乙炔等具有类似乙烯的作用。

一些不良条件或逆境如冷害、缺氧等也都会刺激呼吸强度增高。

③湿度

湿度对呼吸的影响还缺乏系统的研究，但是贮藏环境的空气湿度也会影响果蔬的呼吸强度，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；对柑橘类果实较湿润的环境条件有促进呼吸的作用，在过湿的条件下，由于果皮部分的生理作用旺盛，果汁很快消失，造成枯水或所谓的浮皮；低湿贮藏洋葱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。有报道说，香