

果蔬的 采后生理 及保鲜

李卓杰 编著



中山大学出版社

果蔬的采后生理及保鲜

李卓杰 编著

中山大学出版社
· 广州 ·

(粤)新登字 11 号

版权所有 翻印必究

图书在版编目(CIP)数据

果蔬的采后生理及保鲜/李卓杰 编著. —广州:中山大学出版社, 1995. 6

ISBN 7-306-00989-3

I. 果… II. 李… III. ①水果-食品保鲜②蔬菜-食品保鲜
IV. TS255.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(95)第 03437 号

中山大学出版社出版发行

(广州市新港西路 135 号)

乐昌市印刷厂印刷 广东省新华书店经销

787×1092 毫米 32 开本 11.5 印张 25.4 万字

1995 年 6 月第 1 版 1995 年 6 月第 1 次印刷

印数: 1—1000 册 定价: 12.00 元

内 容 提 要

果品、蔬菜营养丰富，但容易腐烂，不耐贮藏。果蔬采后生理是水果、蔬菜贮藏保鲜的重要理论基础。近十年该领域发展迅速，已成为一门新兴学科，是指导果蔬贮藏保鲜技术的重要理论依据。

本书从果蔬采后的生理生化变化出发，阐明了果蔬的气调贮藏保鲜、温度与贮藏保鲜、化学保鲜、空气放电及电离辐射保鲜的基本原理与方法，并详述了常见的果蔬贮藏保鲜技术。

本书可供综合性大学、师范院校生物系，农、林大专院校师生使用，可供农、林、园艺、蔬菜等科研人员参考。

本书也可作为普通家庭果蔬贮藏保鲜之参考。

前 言

果品、蔬菜营养丰富，是人们重要的副食品之一。发展果蔬生产，保障果蔬供应，对于改善人民生活具有十分重要的意义。但由于果蔬采收不当，贮藏不善而招致腐烂与损失，经常达到10%甚至超过20%以上。因此果蔬的贮藏保鲜技术是当前急待解决的重要问题。

果蔬的采后生理是果蔬贮藏保鲜的重要理论基础。近十年来，果蔬采后生理的领域发展迅速，已经成为一门蓬勃发展的新兴学科。它运用近代精密的科学仪器，采用现代的细胞和亚细胞水平的研究技术，探讨果实的微观世界，研究果蔬采后的化学和物理的变化和过程，包括调节这些变化和过程的方法，从而指导了果蔬贮藏保鲜的应用技术，成为果蔬采后气调贮藏，化学处理以及产品处理及包装等一系列技术措施的理论根据，因此丰富和发展了果蔬贮藏保鲜的科学内容。在发达国家，果蔬保鲜是商业贸易的重要项目，在保鲜、运输、贮存、销售等环节投入大量资金。美国园艺学会(ASHS)有个采后园艺学部(WGPH)，国际制冷学会(IIR) C₂委员会(食品科学和技术专业委员会)的主要工作就是果蔬的贮藏加工科学。在国内许多研究所和高等院校都有研究果蔬贮藏保鲜课题，保鲜在国家星火计划中占重要地位。

在贮藏保鲜方法上，从研究果实内部乙烯的发生过程以及乙烯对果实的致熟作用，创造了减压贮藏技术，将果蔬保鲜推到一个新阶段。这一科学成果的运用，在生产实践上又创造了减压运输车 and 小型贮藏保鲜库，用以运输和贮藏新鲜

果品、蔬菜和鲜花，取得了前所未有的好效果。所有这些理论的建立和发展，使果蔬贮藏保鲜的应用更加广泛和深入。

近年果蔬采后生理和贮藏保鲜技术发展迅速，内容丰富而广泛。由于篇幅和作者本人水平所限，书中错漏之处在所难免，敬请读者不吝指正，以便今后修订。

编著者

1994年10月于中山大学

目 录

第一章 果蔬成熟时形态结构及化学成分的变化.....	(1)
一、果蔬的概念及其植物学来源.....	(1)
二、果蔬成熟时化学成分的变化.....	(3)
三、果蔬成熟时形态结构的变化	(43)
四、果蔬后熟作用与保鲜的关系	(50)
五、果蔬品种对贮藏保鲜的影响	(53)
第二章 果蔬采后的生理变化	(59)
一、果蔬采后水分的变化	(59)
二、呼吸与果蔬保鲜的关系	(71)
三、乙烯与果蔬保鲜的关系	(94)
第三章 果蔬气调的生理生化变化.....	(121)
一、气调贮藏的条件.....	(122)
二、气调对呼吸代谢的作用.....	(130)
三、气调对乙烯生物合成的作用.....	(132)
四、气调对有机酸、碳水化合物和其他物质 的作用	(134)
五、气调对酶系统及其活性的作用.....	(139)
六、气调对挥发性化合物的作用.....	(141)
七、气调对糖酵解和嫌气代谢的作用.....	(142)
八、气调对生理失调的作用	(144)
九、气调对各种成熟过程的影响.....	(146)
十、气调贮藏的方法.....	(149)

第四章 温度与果蔬的保鲜	(165)
一、低温与果蔬的保鲜.....	(165)
二、温度对果蔬休眠进程的影响.....	(185)
三、果蔬的冻害.....	(189)
四、果蔬的冷害.....	(193)
五、低温冷藏保鲜的方法.....	(205)
第五章 果蔬的化学保鲜	(218)
一、延迟成熟和衰老的化合物.....	(218)
二、延长休眠、抑制发芽的化学物质.....	(224)
三、钙对贮藏保鲜的作用.....	(231)
四、化学药物在果蔬保鲜上的应用.....	(239)
五、涂膜保鲜方法.....	(248)
第六章 空气放电、电离辐射与果蔬保鲜	(258)
一、空气放电处理.....	(258)
二、电离辐射.....	(261)
第七章 各种果品的保鲜方法	(274)
一、柑桔的贮藏保鲜.....	(274)
二、苹果和梨的贮藏保鲜.....	(285)
三、香蕉的贮藏保鲜.....	(294)
四、柿的贮藏保鲜.....	(304)
五、荔枝的贮藏保鲜.....	(306)
六、葡萄的贮藏保鲜.....	(314)
七、桃和李的贮藏保鲜.....	(318)
八、板栗的贮藏保鲜.....	(320)
九、核桃的贮藏保鲜.....	(323)
十、菠萝的贮藏保鲜.....	(324)
十一、芒果的贮藏保鲜.....	(325)

十二、番木瓜的贮藏保鲜.....	(326)
第八章 各种蔬菜的保鲜方法.....	(327)
一、大白菜的贮藏保鲜.....	(327)
二、马铃薯的贮藏保鲜.....	(329)
三、萝卜和胡萝卜的贮藏保鲜.....	(332)
四、洋葱的贮藏保鲜.....	(334)
五、番茄的贮藏保鲜.....	(336)
六、大蒜和大葱的贮藏保鲜.....	(338)
七、青椒的贮藏保鲜.....	(339)
八、南瓜、冬瓜、黄瓜、甜瓜的贮藏保鲜	(340)
九、生姜的贮藏保鲜.....	(342)
十、花椰菜的贮藏保鲜.....	(343)
十一、芋头和莲藕的贮藏保鲜.....	(345)
参考文献.....	(346)

第一章 果蔬成熟时形态结构 及化学成分的变化

一、果蔬的概念及其植物学来源

水果的一般概念是具有香甜味的植物产品。商业上统称的可食肉质水果包含花的子房扩张产生的果肉肉质部分，也包括子房以外的其它结构生成的肉质部分。例如从花托长出来的苹果和草莓及从花苞或花序梗长出的菠萝。坚果、谷粒和豆类等干果虽然在植物学上属于果实，但却不在水果这一概念的范畴。

普通水果产生于子房和其周围组织，图 1.1 表示各种主要水果的植物学来源。果实某些部分的特殊发育大部分是天然形成的。某些水果的无籽品种的产生即是品种改良的结果。近代果树育种发展结果，培育出了不少高产、抗逆性强、品质优良的新品种，完全改变了其原始野生的不良性状，新西兰猕猴桃新品种的选育与生产就是一个突出的例子。

蔬菜是可以做菜吃的草本植物。多数用作蔬菜的植物都是只取其整体植物中的某一特定部位，但蔬菜并不代表植物学上的任何组合，不同种类的食用部分不同。萝卜、胡萝卜、根用芥菜、甜菜头等用肥大植根为菜；凉薯、甘薯食用其块根；茎类作蔬菜的有莴苣、茭白、榨菜、球茎甘蓝、马铃薯、

芋头、洋葱、大蒜、百合等；叶菜类是人们最常食用的蔬菜，种类也很多，如大白菜、油菜、菠菜、甘蓝、葱、韭菜、芹菜等；花椰菜、紫菜薹、韭菜花、黄花菜则以植物花作蔬菜

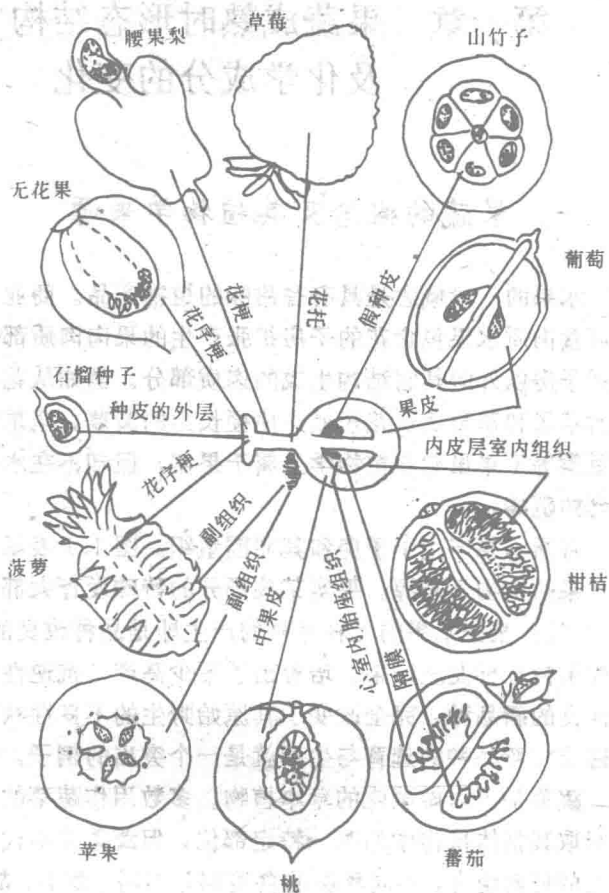


图 1.1 主要水果的植物学组织来源

用；瓜果及豆类如黄瓜、冬瓜、南瓜、番茄、茄子、辣椒、扁豆、豇豆、豌豆等则是食用植物的果实；木耳、蘑菇属于食用菌，其整个植物体都可食用。图 1.2 表示某些蔬菜的植物学来源，可以看出整个植物体都可用来作蔬菜的种类，但大部分蔬菜都只是植物体的一个特殊部位。通过改良，很多专作蔬菜用的植物结构比原植物的结构有较大的改进，食用部位所占的比例也大大提高了。

二、果蔬成熟时化学成分的变化

1. 果蔬化学成分的变化

果蔬是由各种化学成分所组成的复杂综合体。这些化学物质在果蔬生长发育、成熟和贮藏中都会发生一系列物理的、化学的及生化的变化，从而引起果蔬在食用品质和营养价值方面的改变。

果蔬中的化学成分大致可分为两类：

水溶性物质：糖、有机酸、果胶、单宁、部分含氮物质、花青素、部分维生素和无机盐类。

非水溶性物质：矿物质、淀粉、纤维素、半纤维素、原果胶、脂肪、叶绿素、部分含氮物质、部分维生素和有机盐类。

(1) 碳水化合物

在成熟的桃、李、杏、樱桃和油桃的果实中，葡萄糖是主要的碳水化合物，其次是果糖、蔗糖和山梨糖醇（桃的山梨糖醇很少）。樱桃、李、油桃含有肌醇。成熟的无花果和葡萄含有葡萄糖、果糖和蔗糖。但葡萄以葡萄糖为主，无花果以

果糖为主。成熟的苹果、梨和枇杷，以果糖为主，也含有葡萄糖、山梨糖醇和蔗糖；此外，梨也含有肌醇。柿以葡萄糖

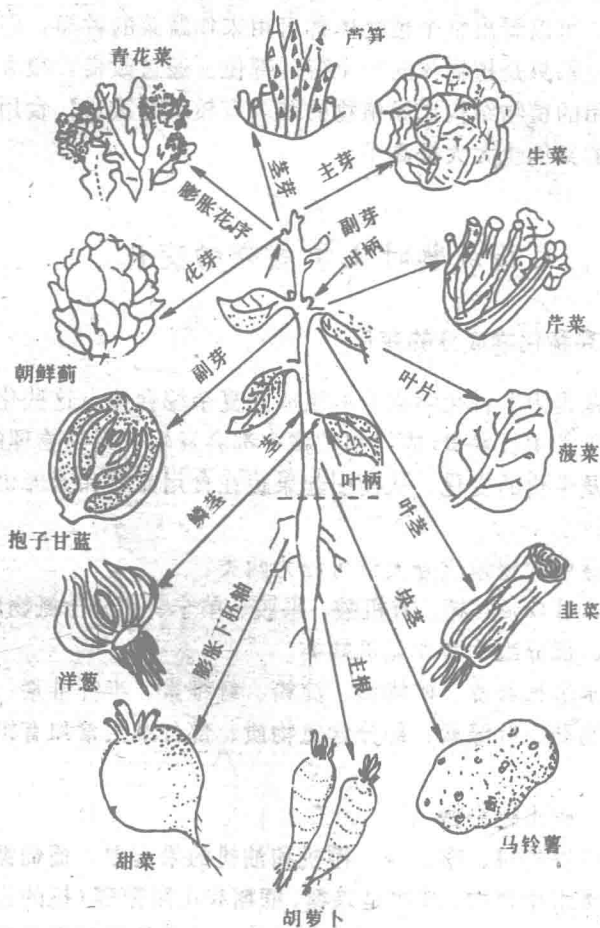


图 1.2 主要蔬菜的植物学组织来源

为主，也含有果糖和蔗糖。成熟的柑桔（橙、柑、温州蜜柑和葡萄柚）以葡萄糖为主，也含有蔗糖、果糖和肌醇。成熟的香蕉、木瓜、芒果、荔枝、龙眼、菠萝、猕猴桃含有葡萄糖、果糖及蔗糖，芒果和猕猴桃含有肌醇；其中芒果及菠萝的糖分以蔗糖为主，其余几种以葡萄糖为主。

大多数蔬菜含有的糖分比果品少。番茄和甘蓝中主要含葡萄糖，甜瓜和胡萝卜主要含蔗糖，西瓜主要含果糖（表 1.1）。

表 1.1 某些成熟水果的含糖量 糖 $\text{g}/100\text{g}^{-1} \cdot \text{FW}^*$

水 果	葡 萄 糖	果 糖	蔗 糖
苹 果	2	6	4
香 蕉	6	4	7
櫻 桃	5	7	0
枣 子	32	24	8
葡 萄	8	8	0
橙 汁	2	2	3
桃	1	1	7
梨	2	7	1
菠 萝	2	1	8
番 茄	2	1	0

* FW 为鲜重

水果蔬菜中所含糖分的主要形式有三种，葡萄糖、蔗糖和果糖。这三种糖的甜度差别很大，不同种类的果实，因含

糖类的比例不同，甜度也不一样。

苹果和梨所含的碳水化合物在成熟期，呼吸高峰期与衰老期都经历很明显的变化。未熟青色的果实内含有大量淀粉，而可溶性糖很少，成熟后糖显著增加，淀粉减少。一般认为这是由于淀粉转化为糖。但休姆 (Hulme) 研究布瑞母里苹果，发现其所损失的淀粉与所增加的蔗糖及还原糖并不相等。同时巴内尔 (Barnell) 也发现成熟中香蕉的淀粉逐步减少，但糖分有的增加，有的却减少，如表 1.2 所示：

表 1.2 可食期的香蕉果内的碳水化合物 (10^{-2} FW)

甲、85/10 ⁻³ 饱满度在热带气温下成熟				
收割后日数	淀 粉	全 糖	蔗 糖	配糖葡萄糖
7	1.56	13.450	3.660	0.344
9	0.654	12.770	1.700	0.277
11	0.357	12.600	0.990	0.209
乙、85%饱满度、在 11.7℃放置 14d，在 20℃下催熟				
收割后日数	淀 粉	全 糖	蔗 糖	配糖葡萄糖
19	7.52	6.586	1.888	1.241
21	3.67	10.210	2.241	0.630
24	1.62	11.245	2.356	0.656

巴内尔, 1940

表 1.2 甲表明淀粉、全糖、蔗糖及配糖葡萄糖四者都在成熟至追熟中减少。而乙表与甲表正相反。淀粉含量随着成熟而减少，全糖、蔗糖、与配糖葡萄糖都有所增加。可见果

实里的淀粉及糖分的转化是一种很复杂的过程。在苹果与梨的果实里蔗糖、葡萄糖、果糖都很重要，尤以果糖含量为最多。

柑桔果实的固形物主要是可溶性碳水化合物的糖类和不可溶性碳水化合物的多糖类。一般文献里所报告的果汁与果渣的分析结果，是以整个柑桔果实所压出的果汁及余下部分为分析根据的，所以这些数字看不出自然状态下果实各部分的比例。下面是分别测得的伏令夏橙各部分的比例数（表 1.3）。

表 1.3 伏令夏橙各部分的比例

成 分	全 果 的 %
果 汁	49
皮	20
砂 瓤	10
裹 壁	20
种 子	1

柑桔汁的甜味来自葡萄糖、果糖和蔗糖。糖的甜味若以蔗糖为 100，那么，D-半乳糖为 32，D-木糖为 40，D-葡萄糖为 74，D-果糖为 173，转化糖为 130，鼠李糖为 32.5，麦芽糖为 32.5，棉子糖为 22.6。伏令夏橙的主要糖分是，2：1：1 的蔗糖、葡萄糖和果糖。麦克里迪 (Mc Cready 1950) 用纸上层析法也只获得这些糖。但是热纳瓦 (Geneyois 1955) 分析到甘露糖，威廉斯 (Williams) 又分析到庚糖。图 1.3 为香蕉、大蕉和粉蕉后熟过程中糖含量的变化情况。

在树上成熟的早熟和中熟柑桔果实，累积的糖分主要是蔗糖。伏令夏橙的成熟期在初夏，日平均温度逐渐增加，呼吸也加强，所以蔗糖积累不甚显著，但其他冬季成熟的柑桔，糖分的增加主要依靠蔗糖。这两个季节成熟的柑桔的糖分变化，如表 1.4：

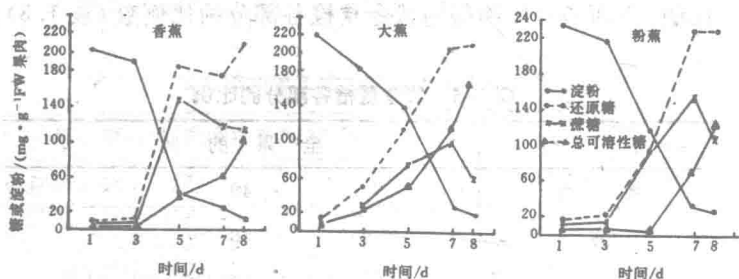


图 1.3 香蕉、大蕉、粉蕉后熟过程中淀粉、总可溶性糖、蔗糖和还原糖的变化
(李为为, 1988)

蔬菜中淀粉含量较高，马铃薯为 14%~25%，藕为 12.77%，豌豆为 6%，荸荠、芋头、玉米等含量也较多。果品中香蕉的淀粉含量为 4.69%，而苹果仅为 1%~1.5%。

淀粉与稀酸共热或在淀粉酶作用下能分解成葡萄糖。未成熟的果实多含有淀粉，在后熟时，由于淀粉酶的作用转化为糖，甜味逐渐增加。如香蕉在后熟过程中淀粉由 26%降低至 1%，而糖则由 1%增至 19.5%。因此淀粉含量高的果实（香蕉、洋梨等）在采收后，应进行贮藏催熟，但淀粉含量不