

“十一五”国家重点图书出版规划项目



服务三农·农产品深加工技术丛书

果蔬贮藏实用技术

李延云/主编



中国轻工业出版社

“十一五”国家重点图书出版规划项目
服务三农·农产品深加工技术丛书

果蔬贮藏实用技术

主 编 李延云
副 主 编 沈 瑾 聂宇燕 刘春和
参加编写 蔡学斌 赵 毅 高逢敬 周丹丹
 谢奇珍

 中国轻工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

果蔬贮藏实用技术/李延云主编. —北京: 中国轻工业出版社, 2010. 7

(服务三农·农产品深加工技术丛书)

“十一五”国家重点图书出版规划项目

ISBN 978-7-5019-7606-5

I. ①果… II. ①李… III. ①水果—食品贮藏
②水果加工 IV. ①TS255.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 066468 号

责任编辑: 马 妍 责任终审: 张乃柬 封面设计: 锋尚设计
版式设计: 王超男 责任校对: 李 靖 责任监印: 马金路

出版发行: 中国轻工业出版社 (北京东长安街 6 号, 邮编: 100740)

印 刷: 北京华正印刷有限公司

经 销: 各地新华书店

版 次: 2010 年 7 月第 1 版第 1 次印刷

开 本: 850 × 1168 1/32 印张: 9.25

字 数: 240 千字 插页: 1

书 号: ISBN 978-7-5019-7606-5 定价: 18.00 元

邮购电话: 010-65241695 传真: 65128352

发行电话: 010-85119835 85119793 传真: 85113293

网 址: <http://www.chlip.com.cn>

Email: club@chlip.com.cn

如发现图书残缺请直接与我社邮购联系调换

80282K1X101ZBW

前 言

保持果蔬质量与鲜度是人们追求的重要目标之一，是在果蔬贮存、运输、流通过程中必须解决的问题，其方式由最初的盐腌、熏烤、蒸煮、酸渍等，发展到今天采取各种形式的科学保鲜技术。

我国是世界果蔬产量的第一大国。蔬菜年产量 4.4 亿 t，水果年产量已愈 6000 万 t，两者相加已超过粮食总产量。但是我国每年的果蔬产品由于贮藏设施、技术及管理方面的因素导致的损耗率在 30% 以上，浪费了果蔬生产和流通环节的大量人力和物力。经过 20 多年来的研究和攻关，我国在果蔬贮藏场所及设施、采后生理及保鲜技术、加工等方面，已取得了较大的进展和突破，并获得了许多研究成果，但目前的果蔬贮运保鲜及加工技术还远远满足不了果蔬生产发展的需要，同发达国家相比，尚有较大的差距。大部分果蔬基本是“季产季销”、“地产地销”，“贮不进，运不出”已成为“卖果难、卖菜难”的主要症结之一。大力发展果蔬贮藏保鲜技术已势在必行。

要保证果蔬的质量，必须从果蔬的基本特性来考虑，比如：必须有营养功能（蛋白质、氨基酸、维生素和微量元素等）和安全性；还要有功能的特性如感官性（色、香、味、形等）和具有调节生理功能特性（抗病、保健等）。此外，果蔬的保鲜还要考虑价格合理、经济等因素。影响果蔬鲜度的主要因素有微生物因素、物理因素和化学因素等，保鲜技术应针对不同因素和保鲜目的而有所不同。

目前，国内外普遍采用的成熟的果蔬贮藏技术可以分为以下几

大类。

1. 低温贮藏保鲜技术

低温贮藏保鲜技术是以控制温度条件为主来抑制果蔬生理活性的贮藏方法，依靠低温的作用，抑制微生物的繁殖，并减缓果蔬的呼吸作用。这种方式可分为自然温度和人工冷却贮藏法。目前果农普遍采用的沟藏、窖藏等属于第一种方法，它是利用自然温差来调节控制贮藏环境较低的温度条件。使用冷库属于第二种方法，其设备一般是冷藏库配上氨压缩机以及相应的辅助设备进行制冷，并根据果蔬不同品种所要求的贮藏温度，自动调节库内温度和湿度。目前我国采用此法占 2/3。

2. 气调贮藏保鲜技术

气调贮藏保鲜技术在国内外发展较快，其原理是通过控制贮藏环境的气体成分来抑制果蔬生理活性。如灌注 CO_2 或 N_2 、化学脱氧、硅气窗袋（用硅胶做透气窗）、塑料气调帐（用 0.075mmPE 薄膜）、塑料薄膜包装（用 20 ~ 25 μm PVC 薄膜）等都是气调保鲜的有效方法。

气调贮藏通常是降低 O_2 浓度和提高 CO_2 浓度，即将 O_2 含量由 21% 降至 3%，而 CO_2 则由 0.03% 提高到 3% 以上，以限制果蔬呼吸作用，延缓衰老和变质的过程。可分为快速法和自然法。快速法采用充氮降氧法、燃烧法、催化燃烧器法或硅酮膜来降低氧含量，通过充入压缩 CO_2 、CO 来增加 CO_2 或 CO 含量。气调法贮藏环境是封闭的，应对环境气体成分定期测量、调控，尤其对于自然法来说，一般所采用的聚乙烯材料存在着透气性不足、透湿性较差、易产生结露等问题。因此，要选择适宜厚度的包装材料，避免由于透气性不足而引起的低 O_2 或高 CO_2 伤害。必要时可以采用在塑料袋上扎小孔或开硅窗的办法来改善透气性和透湿性，也可以采用改性聚乙烯薄膜、聚乙烯醇薄膜等来达到好的气调效果。

目前，我国已确定了气调贮藏保鲜苹果、梨、香蕉等果实的最佳气体比例和最适合气调贮藏温度，如苹果为 O_2 2% ~ 4%、 CO_2 3% ~ 5%，贮藏 8 个月，硬度保持在 $5 \times 10^5 \text{Pa}$ 以上，损耗率在

3% 以内；梨为 O_2 3% ~ 5%、 CO_2 3% ~ 4%；香蕉为 O_2 3%、 CO_2 0 ~ 2%。

3. 低压贮藏保鲜技术

低压贮藏保鲜技术是在贮存物上施加一个小的从外向内的压力，使贮存物外部大气压高于其内部蒸汽压，形成一个足够的从外向内的压差，即正压。选择施加的正压范围因贮存物而异。把贮存环境气压降至 6500Pa 左右，温度降至 $-1 \sim 13^\circ C$ ，相对湿度在 90% ~ 100%，在贮藏过程中气压周期性地循环回升到大气压，由此限制了微生物的繁殖，保持了果蔬最低限度的呼吸需要，从而达到保鲜的目的。

4. 辐射贮藏保鲜技术

利用电离能辐射保藏食品是一种发展很快的新技术，这是原子能和平利用的一个重要方面。经过辐射处理后的果蔬可以延缓其果实后熟，并具有杀虫、杀菌、消毒、防腐作用，既不破坏外形，又能保持食品原有的色、香、味及营养成分，在常温下保存期长。

辐射源主要有 3 种，即 ^{60}Co 和 ^{137}Cr 核裂变产生的 γ 射线、由电子加速器产生的 β 射线和 X 射线。

5. 高压电场贮藏保鲜技术

高压电场贮藏保鲜技术的主要原理是利用高压放电装置，通过高压直流电场中电晕放电或辉光放电制造臭氧 - 空气介质，这种混合气体可削弱和消灭密闭空间中的微生物，通过气体选择薄膜，以加快密闭空间的气体交换过程和产物与大气进行交换的过程。然后，对装有贮存物的容器施加固定磁场，促使其较快地制造长期贮存用的介质，同时从容器表面和贮存物表面除去剩余电荷，加速扩散那些充满微生物的新陈代谢产物、被杀死的微生物本身的气溶微粒和复合离子，以促使过滤器迅速而有效地吸收容器内混合气体中的杂质。

这种装置由贮存容器和带孔的盖子组成，盖子上有气体选择表面和吸附表面很大的过滤吸附器，从孔中充入臭氧 - 空气混合气体，使之发生作用，然后再对容器施加一个固定磁场，具体磁场强

度根据贮存物的种类来定。

6. 涂膜贮藏保鲜技术

由于新鲜果蔬采后仍会进行旺盛的呼吸作用和蒸腾作用，当失重超过5%时就会出现枯萎。涂膜保鲜是将蜡、天然树脂、脂类、明胶、淀粉等成膜物质制成适当浓度的水溶液或乳液，采用涂抹、喷洒、浸渍等方法涂布于果蔬表面，抑制水分散失、呼吸作用和外源微生物侵入，从而达到保鲜的目的。该法用于刚采摘的有新鲜伤口的果蔬，则效果更明显，如菠萝、柑橘、芒果等蒂头处或全果包涂。

7. 化学贮藏保鲜技术

果蔬变质的原因有多种，其中微生物引起的病害是重要的原因之一，据报道，水果腐烂的30%是由青霉属菌引起的。化学保鲜贮藏就是利用一些化学物质，通过脱氧、杀菌、防腐、防霉等作用，防止病菌繁殖和蔓延，减少果蔬腐烂损失。单纯的化学处理不能代替良好的贮藏环境，因为这些物质很少影响果蔬的生理活性，因此化学贮藏保鲜技术一般要与其他保鲜方法结合，才能发挥更大的作用。

在果蔬的贮藏中，先后采用过多种保鲜剂，如 CuSO_4 、 SO_2 、 NH_3 及氨化合物、联苯、邻苯基苯酚钠、仲丁胺、挥发烃和氯硝氨等，这些是第一代保鲜剂，其作用是防止病原体微生物从果皮损伤部位侵入果实而控制防腐，但不能穿透果皮表面杀灭早已进入果实内部的微生物。后来，噻菌灵、苯菌灵、多菌灵、甲基托布津等内吸性保鲜剂被广泛应用，它们可以穿透寄主表面渗透到被传染的每个部位，具有长久的杀菌效果，其缺点是残留量高。以上各种保鲜剂都有局限性，可以通过多种保鲜剂的配合使用和交替使用得到克服。杀菌剂的使用方法有喷雾、洗涤、熏蒸和浸渍等。在应用有关保鲜剂时，品种、用量和使用范围必须是《食品添加剂使用卫生标准》所允许的。

吸附型保鲜剂主要有吸氧剂、乙烯吸附剂和二氧化碳吸附剂。乙烯吸附剂一般由沸石、铝、过氧化钙、高锰酸钾等组成，可控制外源乙烯含量，消除乙烯的自我催化作用。水果腐烂主要与微生物

及本身的一系列生物化学反应有关,而这些反应又与氧的存在有关。如能将水果包装内的氧气除去,便可抑制果实的变质,延长保鲜期。自1925年世界上第一种由铁粉和硫酸制成的吸氧剂问世以来,吸氧剂在日本、美国和欧洲等国家已得到广泛应用,我国是从20世纪80年代才开始这方面的研究。吸氧剂的主要成分有抗坏血酸、铁粉和亚硫酸氢盐等,它与含水食品共存可迅速吸氧,并吸收氧化反应所放出的气体和水分,对抑制需氧性细菌繁殖、降低呼吸强度和新陈代谢、防止虫害和色素氧化、抑制褐变、保持食品的颜色香味及营养成分均具有良好的作用。二氧化碳吸附剂主要有活性炭、消石灰、氯化镁和焦炭分子筛,其中焦炭分子筛既可吸收氧、二氧化碳,又可吸收乙烯。

8. 天然保鲜剂贮藏保鲜技术

用于果蔬保鲜的天然物很多,如树木的干馏物、植物种子提取物、香料植物提取物、矿物质、含还原酶的天然物、谷维素、蛋白黑素、多糖和天然抗氧化剂等;磷脂、甘露聚糖、树木灰化后的矿物质粉末、岩盐提取物;中草药——高良姜、桉叶、花椒根皮、丁香花蕾提取物以及蒜液等保鲜效果更为理想,如用高良姜蒸液处理甜橙,贮存130d后,总腐果率为0,干疤果率为0.3%。

果蔬贮藏保鲜将是今后果蔬业发展的一个重要环节,会逐渐受到各方面的重视。果蔬贮藏保鲜将由大宗产品转向品种的多样化,特别是一些珍稀果蔬会成为今后保鲜的热点。鉴于我国的科技与经济现状,果蔬的贮藏保鲜方法在今后的一段时间内仍会以传统方法为主。但目前的任何一种单一保鲜方法都存在自身的弱点,保鲜效果不是很理想,不能完全解决问题。随着果蔬保鲜基础研究的不断深入,以及扩大流通的需求,一些更新、更好的综合保鲜方法将不断涌现并成为主流。

主编李延云先生是农产品加工专业的研究员,教授高级工程师,一直从事农产品加工方面的研究。本书是为适应我国果蔬贮藏保鲜的需要编写的,编写中参考了大量的文献资料,除了正式出版的书籍外,还得到了一些企业提供的样本、设计单位提供的图纸等

技术资料。本书力求理论联系实际，内容全面，知识面广，技术性强。可供广大菜农和蔬菜运销、加工专业户阅读；也可供从事果蔬生产、贮运、加工、经营、管理以及从事果蔬研究、推广、教学工作的人员参考。

由于作者水平有限，书中错误和疏漏之处在所难免，恳请广大读者不吝赐教，批评指正。

编 者

目 录

第一章 果蔬采后生理	(1)
第一节 果蔬采后变化	(1)
第二节 果蔬的呼吸作用	(9)
第三节 果蔬的蒸腾作用	(21)
第四节 果蔬的休眠	(31)
第五节 乙烯对果蔬成熟的影响	(36)
第二章 影响果蔬贮藏的因素	(44)
第一节 自身因素	(44)
第二节 采前因素	(48)
第三节 贮藏环境因素	(63)
第三章 果蔬贮藏方法	(68)
第一节 常温贮藏	(69)
第二节 机械冷库贮藏	(91)
第三节 气调贮藏	(107)
第四节 减压贮藏	(132)
第五节 微型冷库贮藏	(134)
第六节 自然冷能贮藏	(140)
第七节 果蔬贮藏的辅助措施	(143)
第四章 果品贮藏	(149)
第一节 苹果贮藏	(149)
第二节 梨贮藏	(154)
第三节 柑橘贮藏	(159)
第四节 香蕉贮藏	(166)
第五节 葡萄贮藏	(170)

第六节	猕猴桃贮藏	(175)
第七节	枣贮藏	(180)
第八节	核果类贮藏(桃、油桃和李)	(184)
第九节	坚果类贮藏(板栗、核桃)	(187)
第十节	热带和亚热带果品贮藏	(192)
第十一节	哈密瓜贮藏	(200)
第五章	蔬菜贮藏	(203)
第一节	叶菜类贮藏	(203)
第二节	果菜类贮藏	(212)
第三节	花菜类贮藏	(218)
第四节	根茎类贮藏	(222)
第五节	瓜类贮藏(冬瓜、南瓜、佛手瓜)	(230)
第六节	食用菌类贮藏	(234)
第六章	果蔬贮藏保鲜新技术	(238)
第一节	乙烯脱除剂保鲜技术	(238)
第二节	防腐保鲜剂保鲜技术	(239)
第三节	涂被保鲜剂保鲜技术	(240)
第四节	气体发生剂保鲜技术	(241)
第五节	湿度调节剂保鲜技术	(243)
第六节	生理活性调节剂	(243)
第七节	保鲜包装材料	(244)
第七章	果蔬产品理化指标的测定	(245)
第一节	干物质与水分的测定	(245)
第二节	水果、蔬菜可溶性糖的测定	(247)
第三节	水果和蔬菜冷库中物理条件定义和测量	(251)
第四节	可溶性固形物含量的测定(折射仪法)	(256)
第五节	含酸量的测定(中和法)	(261)
第六节	维生素 C 含量的测定	(264)
第七节	果蔬呼吸强度的测定(气流法)	(270)
参考文献		(274)

第一章 果蔬采后生理

第一节 果蔬采后变化

各种果蔬都具有特殊的色、香、味、质地和营养素，这是由它们的化学成分及其含量不同所决定的。化学成分的性质、含量及其采后的变化与果蔬的品质和贮藏寿命密切相关。我们在贮藏和运输过程中要最大限度地保存这些化学成分，使其接近新鲜产品。

采摘后的果蔬虽然不能再从株体上摄取营养和水分，但仍继续进行一系列的复杂生命活动，成为一个独立生存的有机体。呼吸作用是它生命活动中显著的标志，呼吸作用产生并为细胞提供赖以生存的能量，这些能量来源于果实内糖、酸等内含物质的分解。

酶是一种具有生理活性的蛋白质，普遍存在于生物体内，它具有催化生物化学反应速度的功能，凡与生命活动相关的生物化学反应都需要酶的催化。酶具有专一性和可逆性的特性，即某种酶只能催化特定的生物化学反应，而生物化学反应在不同条件下可以逆转进行。但也有少数生物化学反应过程是不可逆的，酶在这些生化反应中具有关键性的作用。贮藏期间果蔬软化与细胞壁中的多聚半乳糖醛酸酶、果胶甲酯酸酶的活性变化有关；淀粉水解与淀粉酶的活性变化有关；果实褐变与多酚氧化酶、细胞色素氧化酶的活性变化有关；乙烯合成与蛋氨酸腺苷转移酶和 ACC 合成酶的活性变化有关。在这些众多的酶系活动下，果蔬品质相应地发生变化。但是这些酶都不是孤立的，它们在果蔬成熟和衰老过程中发挥专一性作用，相互间存在有机的联系，同时也会受到外界因素的影响。

在果实生命活动过程中，酶控制着细胞内一切生物化学变化，每一种酶负责控制一种特定的生化反应步骤。在每个果实细胞中含有几百种不同的酶，它们彼此相互协调并选择性地控制整个果实的生理生化过程。一旦果实衰老解体，呼吸停止，果实即腐烂，生命终止。

此外，在果蔬中含有单宁和多种挥发性芳香物质，分别构成了涩味及不同品种特有的香味。果蔬中还含有许多酶，也参与采后生命活动。

在成熟衰老过程中，与果蔬的颜色、风味、气味和质地等密切相关的化学成分会发生一系列的转变，表现出特有的风味与颜色，达到最佳的食用状态。果蔬的成熟不只是一个物质分解的过程，同时还有合成过程发生，二者交织在一起。

虽然果蔬的化学成分在成熟衰老过程中发生一系列的变化，但要准确地界定各阶段的生化或生理参数是困难的，因为不同果蔬的特性和变化时间是不同的。

一、水 分

果蔬的含水量很高，不同种类和品种间的含水量差异很大。大多数为 85% ~ 95%，如葡萄、梨、苹果、白菜的含水量都在 90% 以上，马铃薯的含水量为 85%，大蒜和山楂的含水量较低，为 65%。一般来说，幼嫩的、生长旺盛的器官或组织含水量高。

水分不仅是物质完成生命活动的必要条件，而且对果蔬的新鲜度和风味有重要影响，含水量高的果蔬外观饱满挺拔、色泽鲜亮，口感脆嫩。产品的实际含水量是由收获时组织中的原有水分决定的，如果采收时气温较高，产品的含水量就较低，因此，我们应该在清晨或傍晚采收，使产品的含水量最高，特别是叶菜，受环境条件的影响最大，极易失水萎蔫。

采后的果蔬失去了水分的来源，随贮藏期的延长而发生不同程度的失水，造成果蔬萎蔫、失重，鲜度下降，使其商品价值受到影响；失水严重时会造成代谢失调，贮藏期缩短。因此，失水常作为

果蔬保鲜的一个重要指标。当然，由于果蔬的含水量高，而其本身的保护组织又差，因此果蔬在采收、采后处理、运输和销售过程中很容易受到机械损伤。

二、碳水化合物

除水分外的干物质中，碳水化合物是主要的成分，包括低分子质量的糖类和高分子质量的多聚物，其中又以可溶性糖最重要，通常也称可溶性固形物。下面介绍几种重要的碳水化合物。

（一）糖类

随着果实的成熟，果实的甜度逐渐增加，酸度减少。对于在生长过程中以积累淀粉为主的果实来说，在果实成熟时碳水化合物成分发生明显的变化，果实变甜。例如，绿色香蕉果肉含淀粉达20%~25%，当果实成熟后，淀粉几乎完全水解，而含糖量从1%~2%迅速增至15%~20%。对于以可溶性糖类为主或不积累淀粉的果实来说，在成熟过程中可溶性糖类的变化并不显著。若果实是在树上成熟，由于有机物还继续输入，其可溶性糖类往往会继续增加，如果果实未达到一定成熟度就采收，由于断绝从外界输入有机物，加上呼吸作用的消耗，含糖量会逐渐减少。果实的可溶性糖类主要是蔗糖、葡萄糖和果糖，这三种糖类的比例在成熟过程中经常发生变化。在柑橘果实内，蔗糖、葡萄糖和果糖的比例约为2:1:1，当果实成熟后，蔗糖含量的增加往往超过葡萄糖和果糖。如苹果和梨主要含果糖，浆果类主要含葡萄糖，杏、桃、柑橘和甜瓜主要含蔗糖。上述三种糖类的甜度不同，如以葡萄糖为100，那么果糖为220，蔗糖为145。果蔬的甜味不仅与含糖量及种类有关，而且也受有机酸的影响，糖/酸比值越大越甜。果蔬的含糖量虽然不高，但作为呼吸基质却可为果蔬提供维持生命活动的能量。果蔬贮藏期间，糖类会被消耗而逐渐减少，糖类消耗慢，则说明贮藏条件适宜。

（二）淀粉

淀粉主要存在于未熟果实及根茎类蔬菜中，如青香蕉淀粉含量

为20%，成熟后淀粉转化为糖，果肉变软、变甜。未成熟的苹果含淀粉12%~16%，成熟后下降为1%~2%，淀粉转化为可溶性糖，甜度增加。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%。在贮藏期间，淀粉逐渐转化为糖。马铃薯在0℃中贮藏，淀粉会转化为糖，吃时味甜，不易煮烂，加工时产品易褐变。

（三）纤维素、半纤维素和果胶物质

纤维素、半纤维素和果胶物质三者均是不被人体吸收消化的多聚物，是构成细胞壁和中胶层的主要成分，与果蔬质地密切相关。幼嫩植物组织的细胞壁中是含水纤维素，食用时口感细嫩；贮藏中组织老化后，纤维素则木质化和角质化，使蔬菜品质下降，不易咀嚼。果实后熟时纤维素的水解和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；成熟时原果胶在酶的作用下逐渐水解而与纤维素分离，转变成果胶渗入细胞液中，细胞间即失去黏结，组织松散，硬度下降。因此，生产上常用硬度计测定果实硬度，从而判断果实品质和成熟程度。

三、有 机 酸

有机酸与果实风味有关，在不同果蔬中因所含的种类、数量及其存在的形式不同，而构成独特风味。几乎一切果实中均含苹果酸；柠檬酸分布也很广，但在柑橘类果实中最普遍；葡萄中以酒石酸为主，酸味最强。除这三种主要有机酸外，果蔬中常见的还有草酸、琥珀酸、 α -酮戊二酸。决定酸味的主要是可滴定酸，即游离酸的含量，而不是酸的总含量。在果实中，有机酸多以游离的形式存在，如叶菜中，常是有机酸占优势。果实成熟时一般含酸量增加，长期贮藏后由于呼吸作用而减少，使风味变淡，品质下降。

果蔬的这些有机酸主要贮存在液泡中。不同的果蔬所含有有机酸

的种类和比例不同。部分果蔬的有机酸种类及含量见表 1-1。

表 1-1 几种果实中有机酸种类及含量

果实种类	pH	总酸量/%	柠檬酸/%	苹果酸/%	草酸/%
苹果	3.0~5.0	0.2~1.6	+	+	-
梨	3.2~3.95	0.1~0.5	0.24	0.12	0.03
杏	3.4~4.0	0.12~2.6	0.1	1.3	0.14
桃	3.2~3.9	0.1~1.0	0.2	0.5	-
李		0.4~3.5	+	0.36~2.9	0.06~0.12
甜樱桃	3.2~3.95	0.3~0.8	0.1	0.5	-
葡萄	2.5~4.5	0.3~2.1	0	0.22~0.9	0.08
草莓	3.8~4.4	1.3~3.0	0.9	0.1	0.1~0.8

注：+表示存在，-表示微量。

苹果的有机酸主要是苹果酸，在呼吸跃变期，果肉和果皮的苹果酸含量均下降。梨（巴梨品种）的有机酸含量变化与苹果相似，在呼吸跃变期，苹果酸的消耗也增加。苹果酸和糖是作为主要的呼吸底物而被消耗。菠萝在成熟初期，总酸量继续增加，但在成熟后期下降。固酸比是园艺学特别是在柑橘栽培学上作为果实品质或成熟度常用的参考指标之一。这里的“固”是指可溶性固形物，通常可用手持糖量计测定，操作简便。由于糖的测定较为复杂，而果汁的可溶性固形物主要是糖，因此，在生产上通常用可溶性固形物的测定值作为糖含量的参考数据。由于果实成熟时糖含量逐渐增加而酸含量逐渐减少，所以固酸比往往随果实的成熟而逐渐增高，用固酸比可作为果实成熟的指标之一。如美国加州规定甜橙果汁的固酸比达 8:1 时即达到成熟。我国规定外销和内销柑橘的固酸比不能低于 8:1。

涩味是一些果实风味的重要组成部分，如有些柿子或未熟苹果的涩味很明显。涩味来源于可溶性单宁，单宁与口腔黏膜上的蛋白质作用，当口腔黏膜蛋白凝固时，会引起收敛的感觉，也就

是涩味，使人产生强烈的麻木感和苦涩感。许多幼果都有涩味，成熟时有些果实会自然脱涩，其机理一般是通过化学反应或物理变化使可溶性单宁凝固成不溶性单宁物质。柿子在生产上往往需进行脱涩处理，常用的处理方法有 40℃ 温水浸 10 ~ 15h、高浓度 (50%) CO_2 密闭处理数日、喷洒乙醇或乙醛、石灰水浸泡等，这些处理导致无氧呼吸，其产物中的一些低级醛、酮能使单宁缩合而脱涩。

四、色 素

许多色素的存在共同构成果蔬特有的颜色，它们是决定产品采收期，鉴定产品品质的重要指标，色泽在果蔬成熟过程中变化最显著，是人们从外观上判断果蔬是否成熟的主要依据之一。果蔬内的色素可分为脂溶性色素和水溶性色素两大类。脂溶性色素包括叶绿素和类胡萝卜素，叶绿素使果蔬呈现绿色，类胡萝卜素呈现黄、橙、红等颜色。水溶性色素主要是花色素苷。主要有以下几种。

1. 叶绿素

在未成熟的果皮细胞内含有叶绿体，其中含有叶绿素。当果蔬成熟时，伴随着叶绿素降解，叶绿体的片层也受到破坏，果蔬逐渐褪绿。环境因素和植物激素可影响某些果蔬的褪绿。例如，香蕉褪绿转黄的适宜温度在 20℃ 左右，25℃ 以上的高温抑制香蕉的褪绿，即使果肉变软成熟了，果皮也不能正常褪绿转黄，俗称“青皮熟”。乙烯可诱导叶绿素的降解，乙烯处理促进柑橘的褪绿，叶绿素酶活力显著升高，它可能在分解叶绿素中起作用。赤霉素和 2, 4-D 可抑制叶绿素的分解。

2. 类胡萝卜素

果蔬中类胡萝卜素的种类很多，一般存在于叶绿体中。类胡萝卜素颜色的呈现有两种情况：一是在成熟衰老过程中不继续合成类胡萝卜素，如苹果、梨、香蕉等果实，当叶绿素分解后，原来已存在的类胡萝卜素的颜色便显现出来并成为优势颜色；二是在成熟时