

果蔬贮运基础知识

【教学目标】明确果蔬贮藏的任务是使采收后的果蔬尽可能长时间地保持特有的新鲜品质；懂得果蔬良好的品质与耐贮性是采收之前形成的生物学特性。果蔬贮藏就是依据果蔬产品自身化学特性及其采后生理特性，采取一切可能措施，延长采后果蔬的生命，保持果蔬新鲜品质。

贮藏的果蔬产品是植物体的一部分或一个器官，采收之后仍然是个有生活体，在商品处理、运输、贮藏等过程中，继续进行着各种生理活动，向衰老、败坏方面变化，直至生命活动停止。进行果蔬贮藏保鲜，就是要采取一切可能的措施，去减缓这种变化的速度，延长采后果蔬的生命，尽可能长时间地保持其特有的新鲜品质。

果蔬新鲜品质的保持能力决定于果蔬自身的品质与耐贮性。果蔬的品质与耐贮性是在果蔬采收之前形成的生物学特性，是受遗传因子控制的，还受果蔬采收环境、栽培技术等因素影响。所以，在贮藏之前应选择品质优良耐贮性好的原料才会有完满的贮藏效果。果蔬的品质与耐贮性还受采后处理、运输、贮藏与管理技术等的影响。由此可见，果蔬贮藏保鲜是一项系统工程，采前因果蔬自身化学特性、采后生理等均影响着果蔬的品质与耐贮性。做好每一项环节，才能够有效抑制果蔬的呼吸，延缓衰老，延长贮藏寿命，较长期保持良好的品质。表 1-1 显示了果蔬产品从收获到消费过程中的贮运保鲜处理环节及其所需的基础知识支持。

表 1-1 贮运保鲜处理技术环节的质量问题与知识基础

技术环节	可能出现的质量问题	相关的基础知识支持
选择贮藏对象	果蔬产品质量不符合贮运保鲜的要求	采前遗传、生态、农业技术因素对果蔬贮藏特性的影响，果蔬中的化学成分及贮藏特性
采收	成熟度不适宜，机械伤	呼吸生理，蒸发生理，成熟与衰老生理，休眠生理呼吸生理
采后处理	机械伤，高温或低温伤害，失水	蒸发生理，成熟与衰老生理，低温伤害生理，休眠生理
运输	机械伤，病害，失水	呼吸生理，蒸发生理，低温伤害生理
贮藏保鲜	温度逆境、湿度逆境、气体逆境等伤害，生理病害	呼吸生理，蒸发生理，成熟与衰老生理，低温伤害生理，休眠生理
流通销售	温度、湿度逆境伤害，机械伤	呼吸生理，蒸发生理，低温伤害生理

1.1 采前因素与果蔬质量的关系

果蔬贮藏保鲜是为果蔬流通服务的,对消费者来说,优质果蔬应具有自然外观特征、质地风味和营养功能等品质特性;对贮藏工作者而言,优质果蔬应同时具有优秀的耐贮性。耐贮性是果蔬在采收后保持其品质(包括外观和质地、风味、营养)缓变、抵抗病原微生物感染致病的特性,是活体果蔬特生命状态的标志。所以,在我们学习讨论的范畴内,果蔬质量是指果蔬的品质和耐贮性。果蔬采收后的生命活动,是采收前生长发育过程的延续,采收前的生命活动是决定果蔬质量的前提(图 1-1)。在进行果蔬贮藏时,必须首先了解各种采收前的因素对果蔬质量尤其是与果蔬耐贮性的关系,这是成功进行果蔬贮藏的先决条件。

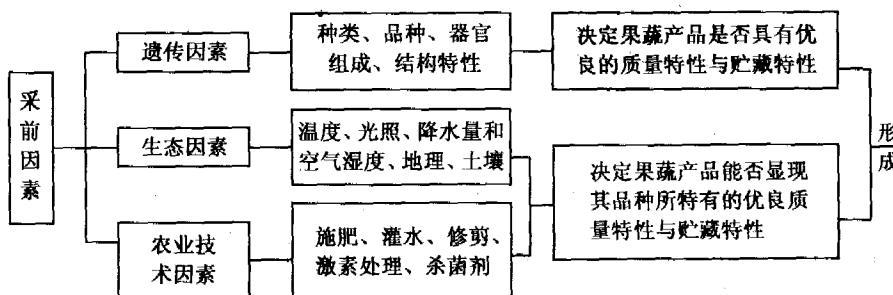


图 1-1 采前因素对果蔬贮藏质量特性的影响

1.1.1 遗传因素

果蔬种类繁多,就其供食用部分来看,可分根、茎、叶、花、果实、种子(图 1-2, 图 1-3),各有不同的组织结构,各种类品种间的贮藏差异性较大。

1. 种类和品种

果蔬种类品种不同,生物学特性不同,新陈代谢的强弱不同,表现出贮藏特性也不同。

(1) 种类 起源于热带、亚热带地区的水果柑橘、香蕉、荔枝、枇杷、菜番茄、茄子、辣椒、黄瓜、冬瓜、菜豆等,一般不耐长期贮藏;但在深成成熟的柑橘、南瓜、冬瓜等,耐藏性相对较强。起源于温带地区的水果梨、桃、杏等,蔬菜白菜、甘蓝、萝卜、胡萝卜、大葱、洋葱、大蒜等,器官的形成正是深秋凉爽之时,有些果蔬采收后即进入休眠期,生命活动缓慢,耐藏性较强,但在夏季成熟的苹果,大部分的桃、杏等不耐贮藏。蔬菜是用秋菜在春季栽培时,成熟期在高温季节,耐藏性差。



图 1-2 主要水果的植物学组织来源



图 1-3 主要蔬菜的植物学组织来源

果品中仁果类如苹果、梨、海棠、山楂等，大多耐贮藏；核果类如李等不耐贮藏；浆果类如草莓、无花果不耐贮藏，但在深秋成熟的葡萄、比较耐贮藏。中国柑橘类果品种类较多，其耐贮性表现为：柚、柠檬最橙、柑次之，宽皮橘类耐藏性较差。

蔬菜类可食器官多种多样，耐藏性不一致。马铃薯、洋葱、大蒜、萝卜等根茎类蔬菜，由于有明显的休眠期，其新陈代谢缓慢，所以比较耐贮藏。黄瓜、丝瓜、番茄、菜豆、青椒等果菜类大多产于热带、亚热带地区，新旺盛，易失水，比较难贮藏；而冬瓜、南瓜耐藏性较强。菠菜、茼蒿、芹菜、不结球白菜等绿叶菜类，可食器官生命活动极为旺盛，极易萎蔫，耐藏性差。

(2) 品种 在同一种类不同品种果蔬之间耐贮性也往往有较大差异。说，不同品种的果蔬以晚熟品种最耐贮藏，中熟品种次之，早熟品种最不耐贮藏。仁果类较耐贮藏，但苹果中的黄魁、祝光、伏锦等早熟品种耐藏性差的巴梨、茄梨、鸭广梨等不做长期贮藏；柑橘中的红橘、早橘不耐贮藏；甜瓜、西瓜不耐贮藏，但晚熟品种如绿化9号大冬桃的耐藏性较强。大白菜品种类型一般中、晚熟品种比早熟品种耐贮藏，青帮比白帮耐藏。

晚熟品种耐贮藏的原因是：晚熟品种生长期长，成熟期间气温逐渐下降，组织致密、坚挺，有一定的硬度和弹性，外皮组织致密、坚固的、纤维较多

保护组织如蜡质层、蜡粉和茸毛等发育完好，防止微生物侵染和抵抗机械损伤能力强。晚熟品种营养物质积累丰富，抗衰老能力强，一般有较强的氧化系统，对低温适应性好，在贮藏时能保持正常的生理代谢作用。特别是当果蔬处于逆境时，呼吸很快加强，有利于产生积极的保卫反应。

可见，只有了解不同种类果蔬以及相同种类中不同品种的特性，才能对不同的产品做出合理的贮藏安排，从而获得最佳的贮藏效果。

2. 大小、形状与结构

同一种类和品种的果蔬，果实大小形状与其耐贮性密切相关。一般中等大小或中等偏大的果实最耐贮藏。研究发现，苹果采后生理病害的发生与果实直径大小呈正相关。如大个苹果在贮藏期间发生虎皮病、苦痘病和低温伤害病比中等个果实严重，硬度下降也快。这种现象同样也表现在梨果实上，大个的鸭梨和雪花梨采后容易出现果肉褐变与黑心。大个的蕉柑往往皮厚、汁少，在贮藏中容易发生水肿和枯水病。就形状而言，直筒型白菜比圆球型耐贮藏，扁圆形洋葱比凸圆形耐贮藏；尖叶形菠菜比圆叶形耐贮藏。果蔬器官的表面保护层如蜡质层、蜡粉和茸毛等均有助于贮藏，凡是蜡层、果粉较厚的果蔬，如苹果、梨、葡萄、南瓜、冬瓜等都比较耐贮藏。

此外，植物的叶片是新陈代谢最活跃的营养器官，不耐贮藏，但叶球类已成为养分的贮藏器官，比较耐贮。花和果实是繁殖器官，以幼嫩的果实为食用部分以及早熟品种就难以贮藏，老熟的果实就较耐贮。块茎、球茎、根菜类蔬菜，以及需要后熟方可食用的果品，多数具有生理休眠或强制休眠状态，这些果蔬最耐贮藏。

1.1.2 生态因素

1. 温度

气温差异会使果蔬产品特性发生变化，果蔬生长期的平均温度，采收前4~6周的气温和昼夜温差与果蔬的品质、耐贮性密切相关。温度高，生长快，果蔬产品组织柔嫩，可溶性固形物含量低；昼夜温差大，生长发育良好，果蔬产品可溶性固形物含量高；同一种类或品种的果蔬，秋季收获的耐贮性优于夏季收获的，如秋末收获的番茄、苹果等都较夏季收获的耐贮藏。不同种类果蔬生长所需的温度条件也有差异，柑橘类、瓜类和茄果类喜欢温暖气候，白菜类、根菜类及仁果类果品喜欢冷凉的环境。

2. 光照

光照是果蔬生长发育获得良好品质的重要条件之一，光照直接影响果蔬的干

物质积累、风味、颜色、质地及形态结构，从而影响果蔬的品质和耐贮性。的光照时间，生长发育快，营养状况良好，耐贮性增强。光照充足时，果蔬物质含量明显增加，但过强的光照，至番茄等普遍日灼，严重影响耐贮性。光照时间和强度外，光质也有一定影响，在强光下，一般短波和紫外线对果色和耐贮性有利。

3. 降水量和空气湿度

降水多少关系着土壤水分、土壤 pH 及土壤可溶性盐类的含量，从而影响果蔬的化学组成、组织结构与耐贮性。高湿多雨，会使番茄干物质含量减少，是接近采收季节阴凉多雨时，常使果实的含糖量低，酸味重，味淡，颜色及差，不耐贮藏。干旱少雨，影响果蔬对营养物质的吸收，正常生长发育受阻易产生生理病害。在阳光充足又有适宜降水量的年份，生产的果蔬耐贮性好。

4. 地理条件

同一种类的果蔬，生长在不同的纬度和海拔高度，其质量和耐藏性有明显差异。山地或高原地区，海拔高、日照强，特别是紫外线增多，昼夜温差大利于红色苹果花青素的形成和糖的积累，果蔬中的糖、色素、维生素 C、蛋等都比平原地区有明显的增高，表面保护组织也较发达。同一品种的苹果，纬度地区生长的比在低纬度地区生长的耐贮性要好。一般河南、山东一带生多数苹果品种，耐贮性远不如辽宁、山西和陕西北部生长的果实。在高纬度生长的蔬菜，其保护组织比较发达，体内有适宜于低温的酶存在，适宜在较温度贮藏。

5. 土壤

土壤的理化性状、营养状况、地下水位高低等直接影响果蔬根细分布产量、化学组成、组织结构，进而影响果蔬的品质和耐贮性。不同种类、品果蔬，对土壤有不同要求。苹果适宜在质地疏松、通气良好、富含有机质的到酸性土壤上生长。柑橘要求疏松的土壤，以沙壤土、黏壤土、壤土较好，以 5.5~6.5 为宜，土壤中空气含氧 3%~8%，低于 1.5%，常造成烂根，品质差，也不耐贮藏。甘蓝在黑钙土壤中蛋白质含量高，沙土中纤维素和抗酸含量高，因而耐贮藏。轻沙土大大加强了西瓜果皮的坚固性，使它的耐贮耐运输能力增强。土壤中含硫高，洋葱的香精油含量高，这样的洋葱较耐贮所以，因“地”制宜种植果蔬，是提高果蔬产量、增进果蔬品质、增强果蔬性的经济而有效的措施。

1.1.3 农业技术因素

1. 施肥

肥料是影响果蔬发育的重要因素，最终将关系到果蔬的化学成分、产量、质和耐贮性。

氮肥是果蔬生长和保证产量不可缺少的矿物质营养元素，然而过量施用肥，产品耐贮性常常明显降低。含钙量高，则可抵消这些不良影响。增施钾肥能明显促使果实产生鲜红的颜色和芳香。缺钾时，苹果颜色发暗，成熟差，含糖量低，贮藏中易萎蔫皱缩；过多施用钾肥，又会使果肉变松，产生苦痘病和果褐变等生理病害。而土壤中缺磷时，果实色泽不鲜艳，果肉带绿色，含糖量低，在贮藏中易发生果肉褐变和烂果等生理病害。

施肥过量或者在某些地区土壤条件下施入肥料的比例不恰当，对果蔬产品耐贮性有不良影响。同样土壤中植物所必需的营养元素含量不足，因其产品发育良，也会降低果蔬耐贮性。施用有机肥料，土壤中微量元素缺乏的现象较少，以应重视有机肥的应用。在果蔬贮藏中，因生理失调导致的贮藏损失最为严重其主要原因是矿物质营养的不适宜，如Ca、N、P、K、Mg和B的元素的含及其比例不当。因此，应特别注意施肥管理与果蔬贮藏密切结合，运用科学的肥技术增进果蔬的耐贮藏能力。

2. 灌溉

土壤水分供给状况也是影响果蔬的生长、产品大小、品质及耐贮性的重要因素之一。增加灌水量可以提高果蔬产品的产量，产品个大，含水量增高，含糖降低，不耐贮藏。灌水量少的果蔬产品产量较低，但产品风味浓，糖分高，耐贮藏。

灌水与贮藏的关系，中国农民很早就有了了解，并能分别根据果蔬的特性贮藏需求掌握灌水。如对贮藏的叶菜，注意控制生长期灌水，避免水分过多引徒长，植株柔嫩，含水量高而不耐贮藏；严格控制在采收前一周内不浇水。大菜蹲苗期，土壤若干旱缺水，土壤溶液浓度高，阻碍了钙的吸收，常大量发生烧心病。桃在采收前几周内对水分要求特别敏感。此时干旱，桃的个头小，品质也差。如果供水太多，又会延长果实的生长期，果实大而颜色差，不耐贮藏。蔬在生长期中雨水不足时灌溉是必需的，但灌溉应适当，尤其是采收前的灌溉大大降低果蔬的耐贮性。

3. 病虫害防治

病虫害不仅可以造成果蔬产量降低，而且对果蔬品质与耐贮性也有不良

响,因此病虫害防治是保证果蔬高产优质的重要措施。许多病害在田间侵后在贮藏中才发病、扩散,从而造成果蔬大量腐烂。

目前,杀菌剂与杀虫剂种类很多,在防治病虫害时,使用药剂的种类和配方均会影响果蔬的品质,因此,必须注意使用药剂对果蔬产品安全响,以免污染果蔬产品,造成不良后果。

4. 品质管理

果树的修剪、果蔬的人工授粉、疏花疏果、套袋栽培、摘叶转果、铺等技术措施,都能够提高果蔬产品的质量,使果实形状端正、果个均匀、丽、可溶性固形物含量提高,农药残留减少,果蔬的抗逆性增强,对于延的耐藏性,改善商品性,提高果农和菜农的经济效益有着重要意义。

5. 植物生长调节剂

使用植物生长调节剂,在提高果蔬产量、品质,以及在果蔬贮藏中保色、保味上都有明显的效果。

萘乙酸和 2, 4-D 能防止苹果、葡萄和柑橘的采前落果,推迟果实的成还能防止国光苹果的裂果;矮壮素可增加果实含糖量,减少裂果;赤霉素柑橘果蒂脱落,延迟衰老的作用;青鲜素能抑制马铃薯、洋葱、大蒜、胡萌芽。据报道,用含氨基酸多糖生长调节剂 CT, 80 倍浸果 10min, 贮藏使金冠苹果的好果率比对照提高 30%~53.5%, 可溶性固形物含量比对照 1.70%~2.54%, 硬度比对照提高了 1.27~5.71kg/cm²。

1.2 果蔬中的化学特性与品质鉴定

果蔬是由许多的化学物质构成的,形成了其特有的色、香、味、质地特性。同时,水果蔬菜中所含的各种维生素和某些碱性矿物质,是维持人生理机能,保持人体健康不可缺少的物质,又形成了果蔬的营养功能品(1-2)。各种化学物质在果蔬贮藏过程中,都会发生量和质的变化,这些变蔬的品质、贮藏寿命密切相关。

1.2.1 果蔬的化学组成

果蔬中所含的化学成分,总的可分为两部分:水分和干物质。根据化在果蔬品质形成中的作用,果蔬中的化学物质又可分为风味物质、营养物质和构成质地的物质。

表 1-2 果蔬中的化学物质及其在形成果蔬品质中的作用

新鲜果蔬 品质评价指标	果蔬化学成分与果蔬品质的关系	
	化学成分	形成品质
色	叶绿素	绿色
	类胡萝卜素	橙色、黄色
	花青素	红色、紫色、蓝色
	类黄酮素	白色、黄色
香	芳香物质	各种芳香气味
味	糖	甜味
	酸	酸味
	单宁	涩味
	杏仁	苦味
	氨基酸、核苷酸、肽	鲜味
营养	辣味物质	辣味
	糖类	一般
	脂类	次要品质
	蛋白质	次要品质
	矿物质	重要品质
	维生素	重要品质
质地	果胶物质	致密度、成熟度、硬度
	纤维素	粗糙、细嫩
	水	脆度
残毒	亚硝酸盐、硝酸盐	有害
	重金属 (Pb、Hg 等)	有害
	农药残留	有害

1. 风味物质

(1) 甜味物质 可溶性糖是果蔬中的主要甜味物质，主要是葡萄糖、果糖和蔗糖，其次是阿拉伯糖、甘露糖以及山梨醇、甘露醇等。果糖和葡萄糖是还原糖，蔗糖是双糖，水解产物称作转化糖。果蔬的含糖量反映了果蔬的品质，根据果实成熟期含主要糖类成分，可将果蔬分成三种类型：①蔗糖型，如桃、香蕉、柑橘、甜瓜、胡萝卜等；②葡萄糖型，如樱桃、梅子、甘蓝、番茄；③果糖型，如苹果、梨、西瓜（表 1-3）。各种糖的甜度不一，以蔗糖的甜度为 100，则果糖为 173.3，葡萄糖为 74.3。

果蔬甜味的浓淡与含糖总量有关，也与含糖种类有关，同时还受其他物质如有机酸、单宁的影响，在评定果蔬风味时，常用糖酸比值（糖/酸）来表示。

(2) 酸味物质 果蔬中的有机酸含量（0.05%~0.10%）是构成新鲜果蔬及其加工品风味的主要成分，果蔬中含有多种有机酸，主要有柠檬酸、苹果酸、酒石酸和草酸（表 1-4），在这些有机酸中，酒石酸的酸性最强，并有涩味，其次是苹果酸、柠檬酸。柑橘类、番茄类含柠檬酸较多；苹果、梨、桃、杏、樱桃、莴苣

表 1-3 主要果蔬含糖种类和含量

果蔬种类	果糖	葡萄糖	蔗糖	总糖
苹果	6.5~11.8	2.5~5.5	1.0~5.3	8.6~14.6
桃	2.3~4.4	3.3~6.9	3.3~10.7	8.9~12.4
葡萄	6.3~12.0	4.5~13.0	0~1.5	12.5~25.0
樱桃	1.7	4.8	0.5	7.7
甜橙	1.9	1.2	4.2	7.5
番茄				1.5~4.2
甘蓝				2.0~5.7
西瓜				5.5~9.8
甜瓜				4.0~11.9

表 1-4 果蔬中主要有机酸

种类	主要有机酸	种类	主要有机酸
苹果	苹果酸、少量柠檬酸	桃	苹果酸、柠檬酸、奎宁
洋梨	柠檬酸、苹果酸	梨	苹果酸、果心含柠檬酸
葡萄	酒石酸、苹果酸	樱桃	苹果酸
杏	苹果酸、柠檬酸	梅	柠檬酸、苹果酸、草酸
温州蜜橘	柠檬酸、苹果酸	夏橙	柠檬酸、苹果酸、琥珀
柠檬	柠檬酸、苹果酸	菠萝	柠檬酸、苹果酸、酒石
甜瓜	柠檬酸	番茄	柠檬酸、苹果酸

等含苹果酸较多；葡萄含酒石酸较多；草酸普遍存在蔬菜中，果品中含量很

果蔬酸味的强弱不仅同果蔬含酸量、缓冲效应及其他物质存在有关，更的是同其组织中的 pH，即氢离子的解离度有关，pH 越低，氢离子的浓度酸味越浓。此外，氢离子解离度随温度升高而加大，同时高温促使果蔬中蛋白变性，失去缓冲作用，使酸味增强，因此，酸味会随温度升高而增强。

(3) 涩味物质 果实中的涩味成分主要是单宁物质，即多酚类化合物，茶酚和无色花青素为主，在果实中普遍存在，在蔬菜中含量很少。

单宁具有涩味，引起涩味的机制是味觉细胞的蛋白质遇到单宁后凝固而的一种收敛感。单宁有水溶性和不溶性两种形式。水溶性单宁是有涩味的，成熟的果蔬中含水溶性单宁较多，会降低甜味，并引起涩味，如番茄、柿经自然成熟或人工催熟以后，水溶性单宁发生凝固成为不溶性单宁，即可适于食用。单宁与糖和酸以适当的比例配合，能表现良好的风味。

(4) 鲜味物质 果蔬的鲜味主要来自一些具有鲜味的氨基酸、酰胺和肌氮物质，其中，L-谷氨酸、L-天冬氨酸、L-谷氨酰胺和 L-天冬酰胺最为广泛存在于果蔬中，在梨、桃、葡萄、柿子、番茄中含量较为丰富。果蔬中物质虽少，但其对果蔬及其制品的风味有着重要的影响。其中影响最深的是酸（表 1-5）。有些氨基酸是具有鲜味的物质，谷氨酸钠是味精的主要成分。

表 1-5 几种果蔬的必需氨基酸组成

单位: mg/100kg

种类	必需氨基酸							
	异亮氨酸	苏氨酸	色氨酸	蛋氨酸	赖氨酸	亮氨酸	缬氨酸	苯丙氨酸
桃 (大久保)	0.5	4.0	—	—	—	0.1	0.9	0.5
柿 (富有)	6.3	6.6	—	0.1	0.2	6.0	6.2	6.4
矮脚香蕉	1.3	5.1	—	—	0.9	28.9	24.0	1.0
葡萄 (无核)	1.0	9.7	—	0.6	0.4	2.6	3.9	1.4
梅 (白加贺)	1.1	2.2	—	—	0.2	0.9	2.1	0.4
温州蜜柑	—	—	—	—	1.4	—	—	2.1
胡萝卜	23	20	9	9	21	35	40	24
马铃薯	70	71	32	30	93	113	113	81
菠菜	102	143	55	48	136	203	180	124
花椰菜	95	102	26	34	127	158	149	96
蘑菇	80	100	40	20	170	140	90	80

(5) 香味物质 果蔬的香味来源于果蔬中各种不同的芳香物质, 是决定果蔬品质的重要因素之一。芳香物质是成分繁多而含量极微的油状挥发性混合物, 其中包括醇、酯、酸、酮、烷、烯、萜等有机物质。各种果蔬的芳香物质成分组成不同, 就表现出各自特有的芳香 (表 1-6)。

表 1-6 果蔬中芳香物质及主要成分

种类	香料名称	含油种类 (种)	主要成分
苹果	苹果油	250	醇、醛、酯
香蕉	香蕉油	170	乙酸、戊酸、酯、醇类
菠萝	菠萝油	120	己酸、甲酯、乙酯
桃	桃油	70	γ -癸内酯
葡萄	葡萄油	280	牻牛乙醇为主萜类衍生物
草莓	草莓油	300	乙醛、醋酸酯、丁酸酯
大蒜	大蒜油	—	顺式-3-己烯-1醇
番茄	番茄油	—	二硫化二丙烯酯

在同一种果蔬中, 不同部分芳香物质含量不同。核果类果实种子中含量较多, 其他果实芳香物质主要存在果皮中, 果肉中极少。在蔬菜中, 分别存在于根 (萝卜)、茎 (大蒜)、叶 (香菜)、种子 (芥菜) 中。

多数芳香物质具有抗菌杀菌作用, 能刺激食欲, 在果蔬贮藏过程中, 芳香物质具有催熟作用, 应及时通风换气, 把果蔬中释放的香气脱除, 延缓果蔬衰老。

2. 色素物质

果蔬的色泽是人们感官评价其质量的一个重要指标, 在一定程度上反映了果实新鲜程度、成熟度和品质的变化, 因此, 果蔬的色泽及其变化是评价果蔬品质

和判断成熟度的重要外观指标。果蔬呈现各种色泽，是由于多种色素混合的结果。随着生长发育阶段环境条件的不同，果蔬的颜色也会发生变化。

(1) 叶绿素 果蔬植物的绿色，是由于叶绿素的存在。叶绿素不溶于水，溶于乙醇、乙醚等有机溶剂中，叶绿素不耐光、不耐热。叶绿素主要存在于绿色蔬菜中，在未成熟的果实中也含有较多的叶绿素，随着果实成熟，叶绿素在酶的作用下水解生成叶绿醇等溶于水的物质，绿色逐渐消退，而显现出其他色素的黄色或橙色。

(2) 类胡萝卜素 是一大类脂溶性的黄橙色色素，表现为黄、橙黄、橙红等。主要由胡萝卜素、番茄红素及叶黄素组成。类胡萝卜素对热、酸、碱等都具有稳定性，但光和氧却能引起类胡萝卜素的分解，使果蔬褪色。

在果蔬中，杏、黄桃、番茄、胡萝卜表现的橙黄色都是类胡萝卜素。胡萝卜素在胡萝卜根中含量丰富，在动物体内转化为维生素 A，称为维生素 A 原。

(3) 花青素 花青素称花色素，通常以花青苷的形式存在于果、花或其他植物组织的组织细胞液中，是形成果蔬红、蓝、紫等颜色的色素。苹果、葡萄、櫻桃、草莓、杨梅、李子、桃以及某些品种的萝卜在成熟时呈现的红紫色，都是由花青素所致。花青素普遍存在于果蔬中，是维生素 P 的组成成分。

花青素是一种感光色素，它的形成必须要阳光，在遮阴处生长的果蔬，它的呈现就不够充分。但在贮藏中，照光则不利，能加快其变为褐色。

3. 质地物质

果蔬是典型的鲜活易腐品，人们希望果蔬新鲜饱满、脆嫩可口，果蔬的质地主要体现为脆、绵、硬、软、细嫩、粗糙、致密、疏松等。果蔬在生长发育的不同阶段，质地会有很大变化，因此，质地又是判断果蔬成熟度、确定采收期的重要参考依据。

(1) 水分 水分是影响果蔬新鲜度、脆度和口感的重要成分，与果蔬的品质也密切相关。一般新鲜果品含水量为 70%~90%，新鲜蔬菜含水量为 75%~95% (表 1-7)。

水分的存在是植物完成全部生命活动过程的必要条件；同时，水分通过影响果蔬的膨胀力或刚性，赋予其饱满、新鲜而富有光泽的外观；水分也是维持果蔬生命活动的限制因素；同时，水分为微生物与酶的活动创造了有利条件，就是说，新鲜的水果蔬菜易腐烂变质。所以，进行果蔬贮藏时，必须考虑到水分的存在和影响，加以必要的控制。

(2) 果胶物质 果胶物质主要存在于果实、块茎、块根等植物器官中，其种类不同，果胶的含量 (表 1-8) 和性质也不相同。水果中的果胶一般是高甲氧基果胶，蔬菜中的果胶为低甲氧基果胶。

表 1-7 几种果品蔬菜的水分含量

单位: %

名 称	水 分	名 称	水 分
苹果	84.60	辣椒	92.40
梨	89.30	冬笋	88.10
桃	87.50	萝卜	91.70
梅	91.10	白菜	95.00
杏	85.00	洋葱	88.30
葡萄	87.90	甘蓝	93.00
柿	82.40	姜	87.00
荔枝	84.80	芥菜	92.00
龙眼	81.40	马铃薯	79.90
无花果	83.60	蘑菇	93.30

表 1-8 几种果蔬的果胶含量

单位: % (以干物计)

果品类	果胶含量	蔬菜类	果胶含量
山楂	6.40	胡萝卜	8.0~10.0
柑橘 (白皮层)	1.50~3.00	成熟番茄	2.0~2.9
苹果	1.00~1.91	甜瓜	1.7~5.0
梨	0.50~1.40	甘蓝	5.0~7.5
桃	0.56~1.25	甜菜	3.8
杏	0.50~1.20	南瓜	7.0~17.0
李	0.20~1.50	马铃薯	0.20~1.50
草莓	0.70	芜菁	11.9

果胶物质以原果胶、果胶和果胶酸三种形式存在于果蔬组织中。原果胶多存在于未成熟果蔬的细胞壁的中胶层中,不溶于水,常和纤维素结合,使细胞彼此黏结,果实呈脆硬的质地。随着果蔬的成熟,在果胶酶作用下,原果胶分解为果胶,果胶溶于水,黏结作用下降,使细胞间的结合力松弛,果实质地变软。成熟的果蔬向过熟期变化时,在果胶酶的作用下,果胶转变为果胶酸,失去黏结性,使果蔬呈软烂状态。

(3) 纤维素和半纤维素 纤维素、半纤维素是植物细胞壁的主要构成成分,是植物的骨架物质,起支持作用。果品中纤维素含量为 0.2%~4.1%,半纤维素含量为 0.7%~2.7%;蔬菜中纤维素的含量为 0.3%~2.3%,半纤维素含量为 0.2%~3.1%。

纤维素在皮层特别发达,与木素、栓质、角质、果胶物质等形成复合纤维素,对果蔬有保护作用,对果蔬的品质和贮藏有重要意义。纤维素老时产生木素与角质,因而坚硬粗糙,吃起来有多渣、粗老的感觉,影响果蔬质地品质。

4. 营养物质

(1) 维生素 维生素是人和动物为维持正常的生理机能而必须从食物中获得的一类微量有机物质。果蔬所含的维生素及其前体很多(表 1-9), 是人体所必需维生素的基本来源。其中以维生素 A 原(胡萝卜素)、维生素 C(抗坏血酸)最重要。据报道人体所需维生素 C 的 98%, 维生素 A 的 57% 左右来源于果蔬。

表 1-9 几种果蔬中维生素的含量

单位: mg/100g

名称	胡萝卜素	硫胺素	抗坏血酸	名称	胡萝卜素	硫胺素	抗坏血酸
苹果	0.08	0.01	5	枣	0.01	0.06	30
杏	1.79	0.02	7	番茄	0.31	0.03	10
山楂	0.82	0.02	89	青椒	1.56	0.04	10
葡萄	0.04	0.04	4	芦笋	0.73	17	10
柑橘	0.55	0.08	30	青豌豆	0.15	0.54	10

① 维生素 A 新鲜果蔬含有大量的胡萝卜素, 在动物的肠壁和肝脏中转化为具有生物活性的维生素 A。1 分子 β -胡萝卜素在人体内可产生两分子维生素 A, 而 1 分子 α -胡萝卜素和 1 分子 γ -胡萝卜素只能形成 1 分子维生素 A。胡萝卜素又被称为维生素 A 原。维生素 A 不溶于水, 碱性条件下稳定, 在酸性条件下, 于 120°C 下经 12h 加热无损失。贮存时应注意避光, 减少与空气接触。

② 维生素 C(抗坏血酸) 维生素 C 易溶于水, 很不稳定。在酸性条件下比在碱性条件下稳定, 贮藏中, 注意避光, 保持低温, 低氧环境中, 减缓维生素 C 的氧化损失。

(2) 矿物质 果蔬中含有钙、磷、铁、硫、镁、钾、碘等矿物质(表 1-10)。其中, 矿物质的 80% 是钾、钠、钙。果蔬中的矿物质进入人体后, 与呼吸的 HCO_3^- 离子结合, 可中和血液中的 H^+ 离子, 使血浆的 pH 增大, 因此又被称为“碱性食品”。人体从果蔬中摄取的矿物质是保持人体正常生理机能必不可少的物质, 是其他食品难以相比的。

矿物质元素对果品的品质有重要的影响, 必需元素的缺乏会导致果品品质劣, 甚至影响其采后贮藏效果。金属元素通过与有机成分的结合能显著影响

表 1-10 果蔬中主要矿物质含量

单位: mg/100g

种类	钠	钾	钙	铁	磷
苹果	20	1 120	70	1.0	60
葡萄	60	1 630	130	8.0	820
杏	30	1 000	90	3.0	130
番茄	1 200	3 100	430	9.0	410
菠菜	700	7 500	800	30.0	1 650

的颜色，而微量元素是控制采后产品代谢活性的酶辅基的组分，因而显著影响果蔬品质的变化。如，在苹果中，钙和钾具有提高果实硬脆度、降低果实贮期的软化程度和失重率，以及维持良好肉质和风味的作用。在不同果蔬品种中，果实的钙钾含量高时，硬脆度高，果肉密度大，果肉致密，细胞间隙率低，贮期软化进度慢，肉质好，耐贮藏；果实中锰铜含量低时，韧性较强；锌含量对果实的风味、肉质和耐贮性的影响较小，但优质品种含锌量相对较低。

(3) 淀粉 淀粉又称多糖，是 α -葡萄糖聚合物。虽然果蔬不是人体所需淀粉的主要来源，但某些未熟的果实如苹果、香蕉以及地下根茎菜类含有大量的淀粉。

果蔬中的香蕉(26%)、马铃薯(14%~25%)、藕(12.8%)、荸荠、芋头等淀粉含量较高。其次是豌豆(6%)、苹果(1%~1.5%)，其他果蔬含量较少。

淀粉是糖源。未成熟的果实含淀粉较多，在后熟时，淀粉转化为糖，含量逐渐降低，使甜味增加，如香蕉在成熟过程中淀粉由26%降至1%，而糖由1%增至19.5%。

凡是以淀粉形态作为贮存物质的种类大多能保持休眠状态而有利于贮藏。

1.2.2 各种化学成分在果蔬贮运中的变化

采收后的果蔬在贮藏运输过程中，其化学成分仍会发生一系列变化，由此引起果蔬耐贮性、食用品质和营养价值等的改变。为了合理地组织运销、贮藏，充分发挥果蔬的经济价值，了解果蔬化学成分在贮运中的变化规律，以控制采后果蔬化学成分的变化是十分必要的。

1. 风味物质变化

构成风味化学成分在贮运过程中不断发生着变化，导致果蔬在贮藏过程中风味发生变化。

(1) 糖 果蔬在贮藏过程中，其糖分会因生理活动的消耗而逐渐减少。贮藏越久，果蔬口味越淡。

有些含酸量较高的果实，经贮藏后，口味变甜。其原因之一是含酸量降低比含糖量降低更快，引起糖酸比值增大，实际含糖量并未提高。

选择适宜的贮藏条件，降低糖分消耗速率，对保持采后果蔬质量具有重要意义。

(2) 有机酸 在果蔬贮运中，有机酸由于呼吸作用的消耗而逐渐减少，特别是在氧气不足的情况下，消耗得就更多。如以气调法贮藏果蔬，有机酸消耗大，引起果蔬品质逐渐变化，如苹果、番茄等贮藏后由酸变甜。

酸分的变化会影响到果蔬的酶活动、色素物质变化和抗坏血酸的保存。

(3) 单宁 单宁物质在贮运过程中的变化主要是易发生氧化褐变,生成暗红色的根皮鞣红,影响果蔬的外观色泽,降低果蔬的商品品质。果蔬在采收、贮运中受到机械伤,或贮藏后期,果蔬衰老时,都会出现不同程度的褐变。因此,在采收前后应尽量避免机械伤,控制衰老,防止褐变,保持品质,延长贮藏寿命。

(4) 芳香物质 多数芳香物质是成分繁多而含量极微的油状挥发性混合物。在果蔬贮运过程中,随着时间的延长,所含芳香物质由于挥发和酶的分解而降低,进而香气降低。而散发的芳香物质积累过多,具有催熟作用,甚至引起某些生理病害,如苹果的“烫伤病”与芳香物质积累过多有关。故果蔬应在低温下贮藏,减少芳香物质的损失;及时通风换气,脱除果蔬贮藏中释放的香气,延缓果蔬衰老。

2. 色素物质变化

色素物质在贮运过程中随着环境条件的改变而发生一些变化,从而影响果蔬外观品质。

蔬菜在贮藏中叶绿素逐渐分解,而促进类胡萝卜素、类黄酮色素和花青素显现,引起蔬菜外观变黄。叶绿素不耐光、不耐热,光照与高温均能促进贮藏蔬菜体内叶绿素的分解。

光和氧能引起类胡萝卜素的分解,使果蔬褪色。在果蔬贮运中,应采取避光和隔氧措施。

花青素不耐光、热、氧化剂与还原剂的作用,在贮藏中,光照能加快其变褐色。

3. 质地物质变化

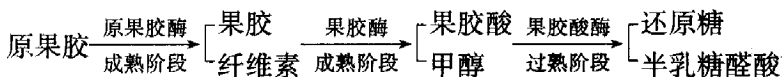
构成果蔬质地的化学成分的变化,则引起贮藏中果蔬质地的变化。

(1) 水分 水分作为果蔬中含量最多的化学成分,在果蔬贮运过程中的主要表现为游离水容易蒸发散失。由于水分的损失,新鲜果蔬中的酶活动会趋于水解方向,从而为果蔬的呼吸作用及腐败微生物的繁殖提供了基质,以致造果蔬耐贮性降低;失水还会引起果蔬失鲜,变得疲软、萎蔫,食用品质下降。此,在果蔬贮运过程中,为了保持果蔬的鲜嫩品质,必须关注水分的变化,一方面要保持贮藏环境较大的湿度,防止果蔬水分蒸发,另一方面还必须采取一系列控制微生物繁殖的措施。

大部分果蔬如苹果、梨、香蕉、菠菜、萝卜等采后进行涂蜡、涂被剂、塑薄膜包装等措施,保持果蔬水分。在果蔬贮藏过程中进行地面洒水、喷雾、挂帘等提高贮藏环境的相对湿度,保持果蔬的含水量,维持果蔬的新鲜状态,延长贮藏寿命。

少部分果蔬，如柑橘、葡萄、大马铃薯等，可适当降低含水量，降低果皮细胞的膨压，减少腐烂，延长寿命。

(2) 果胶物质 在果蔬贮运过程中，果胶物质形态变化是导致果蔬硬度变化的主要原因：



果胶物质分解的结果，使果蔬变得软烂状态，耐贮性也随之下降。贮藏中可溶性果胶含量的变化，是鉴定果蔬能否继续贮藏的标志。所以，为保证果蔬的食用品质和适应远运与久藏的要求，采收的果蔬应避免过于成熟，并保持良好的硬度。

霉菌和细菌都能分泌可分解果胶物质的酶，加速果蔬组织的解体，造成腐烂，贮运中必须加以注意。

(3) 纤维素和半纤维素 幼织的细胞壁中有含水纤维素，食用时口感细嫩；贮藏过程中组织逐渐老化后，纤维素则发生木质化和角质化，使蔬菜品质下降，不易咀嚼。

4. 营养物质变化

贮运中的果蔬由于自身的呼吸消耗、营养物质稳定性等原因的影响，营养物质变化的总趋势是向着减少与劣变的方向发展。

如果蔬中的淀粉含量在贮藏期间会由于淀粉酶的活性加强，淀粉逐渐变为麦芽糖和葡萄糖，致使某些果蔬（香蕉、烟台梨等）的甜味增强，改善食用质量。但果蔬的耐贮性也随着淀粉水解的加快而减弱，而马铃薯出现甜味，还说明其食用质量下降。因此，在果蔬贮运过程中，必须创设低温、高湿条件，抑制淀粉酶的活性，控制淀粉的水解。

1.2.3 果蔬的品质鉴定

随着人民生活水平的不断提高，人们在消费果蔬产品时，越来越看重其品质特性。从市场调查结果来看，凡品质优、质量高的果蔬不仅畅销，而且价格也高；相反，价格低廉的劣质果蔬则难以销售。果蔬产品不论是内销或是外销，都面临着挑战，其竞争的焦点就是果蔬品质。所以，只有重视提高生产、贮运、流通各环节果蔬品质，才能获得良好的经济效益。

1. 果蔬品质的概念

果蔬品质是指果蔬满足某种使用价值全部有利特征的总和，主要是指食用时果蔬外观、风味和营养价值的优越程度。根据不同用途，果蔬品质可分为鲜食品

质、内部品质、外部品质、营养品质、销售品质、运输品质、加工品质和桌面等。果蔬品质是个复合的概念，包括许多不同而相关的方面。对不同种类或品种果蔬均有具体的品质要求或标准。因此，品质要求有其共同性，也有其差异性。

2. 果蔬品质的属性

果蔬品质特征可归为两大类，即感官属性和生化属性。

(1) 感官属性 感官属性是指人们通过视觉、嗅觉、触觉和味觉等感觉所感觉和认识到的属性，它又可分为表观属性、质地属性和风味属性等。

消费者对果蔬品质的感觉，首先是外观品质。外观品质是引起消费者期望的直接因素，但不是唯一因素。在判断果蔬质量时，除了目测评价外，经口腔品尝进行判断也是一种重要的检验方法，但因不同人的爱好不同而有差异，所以必须建立评味组，将评味组每个人的主观评价综合起来，以得到客观的结果，这样才能获得有意义的风味品质评价信息。有时为了更正确地消费者对某一果蔬风味的偏好性，还需要通过消费者代表进行大范围的试验。

① 表观属性 表观属性是指人们能通过视觉所认识的属性，包括果蔬小、形状、色泽、光泽和缺陷（指病害、虫害和机械伤害）等外观品质，因决定果蔬产品质量的主要因素，也是决定果蔬产品市场价格的最重要因素。

色泽 是果蔬很重要的表观属性。果蔬只有在达到一定成熟度时，才能固有的内在品质，即优良的风味、质地和营养等，同时表现典型的色泽，也说理想的风味和质地常与典型颜色的显现分不开，所以，果蔬的外表色彩可果蔬综合品质是否达到理想程度的外观指标，是果蔬分级的重要标准之一。又是给予人们的第一个感觉，能直接刺激消费者的购买欲望，所以，色泽常消费者决定购买某种果蔬的基础。

大小 消费者通常对大部分果蔬的大小及其整齐度有明确的选择。产品小进行分级时，通常是将同样大小的果蔬包装在一起。

形状 果蔬具有其特征的形状是很重要的表观属性，异常形状的果蔬很人们接受。消费者认为，缺少特征形状的果蔬价值要低一些。

状态 状态是涉及果蔬产品新鲜与否的质量特征。有损于果蔬表观的有：菜叶的枯萎或水果的皱缩；碰伤、擦伤和切口等表皮缺陷；表面的各种等。状态不好的果蔬往往使消费者失去购买欲望，也就很难获得较高的价格。

② 质地属性 质地属性包括果蔬内在和外表的某些特征，如手感特征人们在消费过程中所体验到的质地上的特征。一般指那些能在口中凭触觉感特性。质地的复杂特性是以许多方式表现出来的，其中最有意义的用来描述特征的术语有硬度、脆度、沙性、绵性、汁性和纤维性等。理想质地的总印

成为鉴别产品被接受程度的内在标准。

③ 风味属性 风味包括口味和气味，主要是由果蔬组织中的化学物质的味觉和嗅觉而产生的。口味是由于某些可溶性和挥发性的成分通过口柔软的表面及舌头上的腺膜抵达味蕾而产生的。果蔬最重要的口味感觉有即甜、酸、苦、涩，它们分别是由糖、有机酸、苦味物质和鞣酸物质产生。口味对总体风味的形成影响较大，是由于挥发性物质到达鼻腔内的受体并后，人就感觉到气味了，它可给人以愉悦或难受的感觉。有些水果和蔬菜时大量产生这种化合物。

(2) 生化属性 生化属性指以营养功能为主的果蔬内在属性，是果蔬生物物质的营养功能综合形成的果蔬内在品质特性。

果蔬作为人类食物的一部分，除可满足人们消费时所带来的感官享受更主要的是给人们带来营养并增进健康。果蔬的最大营养价值是富含各类维生素及矿物质，此外，某些果蔬还具药用价值。因此，从其使用价值的角度考虑，营养品质是果蔬产品更重要的一个方面。影响果蔬品质的生物物质很多，主成分、碳水化合物、有机酸、蛋白质、脂类、色素、维生素、矿物质、酶、芳香物质等。

1.3 采后生理对果蔬贮运的影响

果蔬从生长到成熟，经过完熟到衰老，是一个完整的生命周期。采收后的果蔬属于生命周期的一部分，在处理、运输和贮藏中，仍然继续进行着生长和衰老的各种生理过程。这些过程既与采前的变化相连接，又与生长时的变化有着明显的差别。采收后的果蔬来自根的营养物质被切断，光合作用停止，生物化学过程以合成为主改变为以水解为主。果蔬的贮运技术，则是以调控果蔬采后生理为基础的应用技术。

1.3.1 呼吸生理

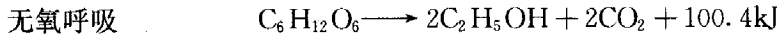
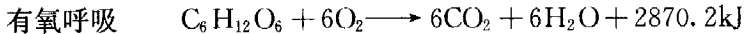
果蔬收获后，呼吸作用成为有机体新陈代谢的主要过程。呼吸是生活细胞呼吸底物在一系列酶系统的参与下，经过许多中间环节，逐步从复杂形态分解成简单形态，同时释放出蕴藏在其中的能量。呼吸底物在氧化分解中产生多种中间产物，其中有些是再合成新物质的原料。维持细胞结构和功能的完整及再合成新物质，都是需能反应，这些能是由呼吸释放而暂时贮备在 ATP 高能化合物随时提供。可见，呼吸同各种生理生化过程都有着密切联系，并影响着这些过程，这就显然会影响到果蔬采收后全部质和量的变化，影响到耐贮藏性和整个贮藏寿命。

1. 呼吸代谢

呼吸作用标志着果蔬生命的存在, 果蔬采后的呼吸作用是一个营养消耗过程, 消耗果蔬体内的干物质而使果蔬逐渐丧失新鲜度, 直至衰老死亡, 耐贮性随之丧失。因此果蔬采后应使其呼吸强度降低, 以减缓营养物质消耗, 从而延长果蔬寿命。但一味降低果蔬的呼吸作用, 又会影响果蔬的正常生理代谢, 从而出现生理病害, 削弱果蔬的耐贮性。由此可见, 呼吸作用强弱与果蔬组织的生化变化、果蔬的贮藏寿命密切相关, 在保持采后果蔬产品正常呼吸过程基础上降低呼吸作用, 是新鲜果蔬采后贮藏、运输的基本原则。

1) 呼吸的基本概念

(1) 有氧呼吸和无氧呼吸 植物的呼吸作用有两种类型, 即有氧呼吸和无氧呼吸。有氧呼吸必须从空气中吸收分子态氧, 呼吸底物最终彻底氧化分解成二氧化碳和水, 同时释放出能量。无氧呼吸不从空气中吸收氧气, 呼吸底物不能彻底氧化, 生成乙醛、酒精等物质。以己糖为呼吸底物时, 两种呼吸总的化学方程式为



在正常的情况下, 有氧呼吸是植物细胞进行的主要代谢类型。有氧呼吸有赖于氧的参与, 呼吸底物氧化得彻底, 释放的能量多。从有氧呼吸到无氧呼吸主要取决于环境中氧的浓度, 一般在 1%~5%。高于这个浓度进行有氧呼吸, 低于这个浓度进行无氧呼吸。无氧呼吸使呼吸底物氧化得不彻底, 产生的乙醛、乙醇物质过多会毒害植物细胞, 所释放的能量较低, 为了获得同等数量的能, 要消耗更多的呼吸底物。从这些方面来看, 无氧呼吸是不利的或是有害的。无氧呼吸是植物在逆境中所形成的一种适应能力, 使植物在缺氧条件下不会死亡。在这种情况下为了获得生命活动所必需的能量, 就需要进行无氧呼吸。就是要消耗更多的贮藏养分, 因而加速果蔬的衰老过程, 缩短贮藏时期。无氧呼吸的加强, 都被认为是果蔬正常代谢的干扰、破坏, 对贮藏都是不利的。

(2) 呼吸强度和呼吸商

呼吸强度 衡量呼吸作用的数量水平, 是指在单位时间内、单位质量的果蔬, 吸收氧或放出二氧化碳的量。通常以 1kg 重的果蔬在 1h 内吸收氧或释放二氧化碳 mg (mL) 数来表示, 即 CO_2 或 O_2 mg/(kg·h) 或 mL/(kg·h)。

呼吸强度只能反映呼吸作用的量, 而不能反映呼吸作用的性质。

呼吸商(呼吸系数) 是指一定质量的果蔬, 在一定时间内所释放的二氧化碳同所吸收氧气的体积比, 即

$$RQ = CO_2/O_2$$

呼吸商在一定程度上可以用来估计呼吸的性质——底物的种类、呼吸反应的彻底性，以及需氧和缺氧过程的程度及其比例。各种呼吸底物有着不同的 RQ 值，以糖为呼吸底物时， $RQ=1.0$ ；以有机酸（苹果酸）为底物时， $RQ=1.3>1.0$ ；以脂肪为呼吸底物时， $RQ=0.69<1.0$ 。在正常情况下，以糖为呼吸底物，当 $RQ>1$ 时，可以判断出现了缺氧呼吸，这是因为无氧呼吸只释放 CO_2 而不吸收 O_2 ，因此整个呼吸过程的 RQ 就要增大。

(3) 呼吸消耗、呼吸热和田间热

呼吸消耗 呼吸要消耗呼吸底物，大部分果蔬的呼吸底物主要都是糖。呼吸底物的消耗是果蔬在贮运过程中发生失重（自然损耗）和变味的重要原因之一。从呼吸强度可以计算出呼吸底物的消耗量。果蔬贮藏时，应尽可能降低其呼吸强度，以减少呼吸底物的消耗。

呼吸热 是指果蔬呼吸过程中所释放的热量。呼吸消耗呼吸底物，同时释放热能，有氧呼吸每消耗 1 分子葡萄糖，释放的能总共达 2 870.2kJ；每产生 1mg CO_2 同时释放 10.69J (10.69J/mg CO_2) 的能。这些能只有一小部分用于维持维持生命活动及合成新物质，大部分都以热能的形态释放至体外，称呼吸热，使果蔬体温和环境温度升高。所以贮藏时，必须随时排除果蔬释放的呼吸热，才能保持贮藏库内恒定的温度。

田间热 是指果蔬从田间带到贮藏库的潜热，是随着果蔬体温的下降而散发出来的热量。

田间热 = 果蔬重量 (kg) × 果蔬比热容 [kJ/(kg·K)] × 果蔬温差 (°C)
果蔬比热容 [kJ/(kg·K)] = 4.18 (0.2 + 0.8 × 含水量%)

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，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。

(4) 呼吸跃变现象 有些种类的果蔬在生长发育过程中呼吸强度不断下降，达到一个最低点，在果蔬成熟过程中，呼吸强度又急速上升直至最高点，随果实衰老再次下降。一般将果实呼吸的这种变化称为“呼吸跃变”（图 I-4）。具有呼吸跃变特性的果实称为跃变型果实。

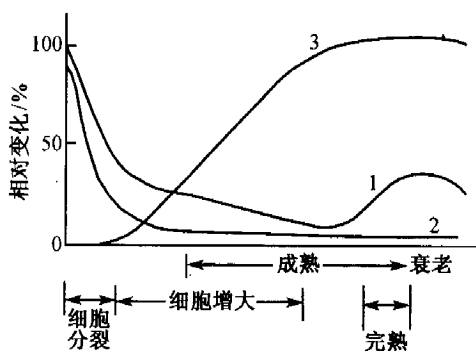


图 1-4 果实生长曲线和呼吸曲线

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

属于这种类型的果实有苹果、梨、香蕉、番茄、芒果、网纹甜瓜等。有些果实采收后，呼吸强度持续缓慢下降，不表现有暂时上升现象，称为非跃变型果实。属于非跃变型的种类有柑橘、葡萄、菠萝等。

跃变型果实的跃变高峰始点，与果实体积达到最大值几乎同步。完熟期间所持有的一切其他变化，也正是发生在跃变期内。非跃变型果实不显示跃变高峰，在完熟期间所有的变化比跃变果实缓慢得多。呼吸跃变是果实生命中的一个临界期，它标志果实从成熟到衰老的转折。对跃变型果实而言，跃变上升期正是它的贮藏期，必须设法推迟呼吸高峰的到来，才能延长贮藏期。

(5) 呼吸失调 在正常呼吸代谢过程中，各个反应环节和能量转移系统之间是前后协调平衡的。当细胞进入衰老阶段或遭受到破坏，细胞结构和酶促作用的平衡受到破坏，物质转化和能量转移受控或中断，正常生理代谢发生紊乱，称为呼吸失调。

呼吸失调的产生是由于催化某一环节酶的活性被促进或抑制，就与前后反应失去协调，使得整个反应链发生紊乱，致使某种氧化不完全的中间产物积累，细胞受害。如冷害引起原生质凝固，使原来与膜结合的酶活性降低，而非膜上酶的活性相对活跃起来，这种不平衡代谢，造成 ATP 短缺和丙酮酸、乙醛、乙醇等有害物质积累，使细胞受害。又如，贮藏环境中的高浓度二氧化碳，能抑制线粒体内琥珀酸过氧化物酶系统，引起琥珀酸、乙醛和乙醇的积累，使细胞中毒。因此，呼吸失调，必然引起生理障碍，它是生理病害发生的根本原因。

(6) 呼吸保卫反应 呼吸保卫反应是指植物在逆境（冷害、干旱、病菌侵染、机械伤等）条件下，呼吸迅速加强，抑制微生物所分泌的酶活性，防止积累有害的中间产物加强合成新细胞的成分，加速伤口愈合的现象。果蔬采收后，呼吸作用在整个生命代谢中居主导地位，当其遭受微生物和机械伤时，能产生保卫反应。主要表现为：当植物体受机械伤时，在伤口周围迅速产生并积累大量的酚类衍生物，在多酚氧化酶的作用下，酚不断氧化成醌，醌再形成褐色的聚合物，积累在伤口周围，保护伤口不受微生物的感染；同时促进愈伤组织的形成。

2) 影响呼吸强度的因素

影响呼吸强度的因素主要是果蔬本身的生物学特性和生理状态，其次，外界环境条件也关系密切。当确定了某一种类果蔬为贮藏对象时，环境因素则成为影响果蔬呼吸强度的主要因素。

(1) 内在因素

种类和品种 不同种的果蔬呼吸强度相差很大（表 1-11）。在果实中较耐贮藏的仁果类、葡萄等，呼吸强度较低；不耐贮藏的核果类，呼吸强度较大，草莓最不耐贮藏，呼吸强度最大。蔬菜中耐藏性依次为根菜类、茎菜类 > 果菜类 > 叶菜类。其呼吸强度依次为根菜类、茎菜类 < 果菜类 < 叶菜类。在品种之间，呼吸

强度也有差别，一般晚熟品种呼吸强度小于早熟品种。陕西省仪祉农业学校测定了4个苹果蔬种的呼吸强度，以金冠、红星较高，秦冠次之，小国光最低。

表 1-11 几种蔬菜在 0~2℃ 时的呼吸强度 (CO₂) 单位:mg/(kg·h)

种类	呼吸强度	种类	呼吸强度
石刁柏	44	胡萝卜	5.4
豌豆	14.7*	番茄	18.8
甜玉米	30	洋葱	2.4~4.8
菠菜	21	马铃薯	1.7~8.4
生菜	11	甘蓝	6
菜豆	20	甜瓜	5

注:有*号者为5℃下的呼吸强度。

果蔬部位不同,气体交换程度不同,呼吸作用有很大差异。从橘子不同部位的呼吸作用(表1-12)可以明显看到这种差异。

表 1-12 橘子不同部位的呼吸作用

部位	呼吸强度/[mg/(kg·h)]		呼吸商
	O ₂	CO ₂	
外果皮	61.9	59.3	0.95
内果皮	23.1	19.7	0.85
果肉	10.5	18.6	1.75

发育年龄和成熟度 发育年龄和成熟度不同,呼吸强度也有很大差别。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。幼嫩果蔬呼吸强是因为正处在生长最旺盛的阶段代谢过程都最活跃;还因为这时期表层保护组织尚未发育,或者结构还不完全,组织内细胞间隙也较大,便于气体交换。成熟的果蔬,新陈代谢降低,表皮组织和蜡质、角质保护层加厚并变得完整;一些果实在成熟时细胞壁中胶层溶解,组织充水,细胞间隙被堵塞而体积减小,这些都会阻碍气体交换,使得呼吸强度下降。

(2) 环境条件

①**温度** 温度是影响呼吸作用最重要的环境因素。在一定范围内,温度升高,酶活性增强,呼吸强度随之增大。一般在5~35℃范围内,温度每上升10℃呼吸强度增加的倍数,称为温度系数(Q₁₀)。大部分果蔬的温度系数(Q₁₀)=2~2.5。但不同种类和品种以及同一品种成熟度不同或环境条件不同,温度系数(Q₁₀)也不同(表1-13)。

从表1-13可以看出,多数果蔬的温度系数在低温范围内要比高温范围内大。这一特性表明,果蔬在低温贮藏时应严格控制好适宜稳定的低温,因为这时环境温度仅为0.5~1℃的变化也会使呼吸有相当明显的增强。

表 1-13 几种果品 Q_{10} 与温度范围的关系

种类	温度范围/℃				
	0~10	11~21	16.6~26.6	2.2~26.6	33.3~43.3
草莓	3.45	2.0	2.20		
桃子	4.10	3.15	2.10		
柠檬	3.95	1.70	1.95	2.00	
佛灵橙	3.95	2.15	1.60	1.50	1.95
葡萄柚	3.35	2.00	1.45	1.65	2.50

每一种果蔬都有其最适的贮藏温度。当温度高于贮藏适温时，呼吸作用成倍增加，当温度超出果蔬正常生活范围时，呼吸强度表现初期上升之后大幅度下降直到零。这主要是因为催化呼吸反应的酶系统受高温破坏，失去活力，使呼吸不能正常进行；同时外部的氧向组织内部渗透速度赶不上呼吸消耗的速度，增加了内层组织的缺氧程度，内层组织的二氧化碳来不及向外渗透，在细胞内积累到危害代谢的程度，加重了缺氧呼吸。对跃变型果实，高温还会促使呼吸高峰提早出现。当贮藏温度低于适宜温度时，轻者出现冷害，重者出现冻害。各种果蔬适贮低温不同，原产温带地区的果蔬大多数适宜 0°C 左右低温贮藏保鲜，其低温界限应在其冰点以上，以不冻结为准，温度越低，保鲜效果越好。如苹果、梨、葡萄、大白菜、甘蓝、芹菜等。原产热带、亚热带的果蔬不适宜于 0°C 左右低温贮藏，要求在 10°C 左右较低温度下贮藏。这类果蔬会因不适低温造成“冷害”。如柑橘、香蕉、青椒、菜豆等。

贮藏温度的稳定同样是十分重要的，贮藏温度上下波动 $1\sim 1.5^{\circ}\text{C}$ ，对细胞原生质有强烈的刺激作用，使呼吸相应加强。如洋葱贮藏在 5°C 时，呼吸强度为 $9.9\text{mg}/(\text{kg}\cdot\text{h})$ ，若每隔一天浮动 $2\sim 8^{\circ}\text{C}$ ，呼吸强度增加为 $11.4\text{mg}/(\text{kg}\cdot\text{h})$ ，温度的浮动，会促进呼吸，增加呼吸底物消耗，成熟衰老加快，不利于贮藏。

所以果蔬贮藏时，应力求贮藏库的温度适宜稳定，避免经常波动或较大波动。

② 空气成分 空气成分也是影响呼吸作用的重要环境因素。降低空气中氧浓度，呼吸就会受到抑制并推迟一些果蔬跃变高峰的出现。但氧浓度过低，又促进缺氧呼吸。这种氧的临界浓度，不同种类果蔬有所不同。据试验，在 20°C 时菠菜、菜豆、苹果、香蕉的氧临界浓度为 1% ；豌豆、胡萝卜为 4% ，低于临界浓度就会出现缺氧呼吸。

提高空气中二氧化碳浓度，呼吸也受到抑制。多数果蔬适宜的二氧化碳浓度为 $1\%\sim 5\%$ 。二氧化碳达 10% 时，一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受到抑制，引起代谢失调，严重时出现二氧化碳中毒。不过氧和二氧化碳之间有拮抗作用：一方面二氧化碳毒害可因提高氧浓度而有所减轻；另一方面，较高浓度的氧伴随有较高浓度的二氧化碳，对植物的呼吸仍能起到明显的抑制作用。因此，氧和二氧化碳对呼吸作用的影响以及两种气体之间的拮抗作

用为气调贮藏提供了理论依据。

贮藏环境中，常常有乙烯等香气的积累，脱除乙烯，有利于贮藏。

③ 空气湿度 贮藏环境对湿度的要求，以轻度干燥为宜。湿度过低，果蔬失水，易发生萎蔫，其结果是酶的活性增强，水解作用加快，呼吸强度增加，呼吸底物消耗增多。但贮藏环境的湿度过高，为病菌侵染提供温床，造成果蔬的腐烂，不利于贮藏。

机械损伤与病虫害 任何机械伤，即使是轻微的挤伤或压伤，也会引起呼吸加强。刺伤、压伤、摔伤、碰伤等创伤影响呼吸的机制可能是：损伤破坏了完好的细胞结构，加速了气体交换，提高了组织内氧的含量，同时增加了组织中酶与作用底物接触的机会。

病虫害与机械伤影响相似。果蔬受到病虫侵害时，呼吸作用明显加强。此外机械损伤给微生物侵染创造了条件。

鉴于机械损伤与病虫害的危害，在果蔬采收、运输、贮藏各环节中，要尽量避免机械损伤和病虫害的侵染。控制机械伤和病虫害有利于贮藏。

植物激素 植物激素有两大类：一类是生长激素，如生长素、赤霉素、细胞分裂素等有抑制呼吸、防止衰老的作用；另一类是成熟激素，如乙烯、脱落酸，有促进呼吸，加速成熟的作用。在贮藏中控制乙烯生成，排除降低乙烯含量，是减缓成熟、降低呼吸强度的有效方法。

综上所述，影响呼吸强度的因素是多方面的、复杂的。这些因素之间不是孤立的，而是相互联系、相互制约的。由于果蔬贮藏中，外界环境多种因素同时共同作用于果蔬，影响果蔬的呼吸强度，所以，在贮藏中不能片面强调哪个条件，而要综合考虑各种条件的影响，抓住关键，采取正确而灵活的保鲜措施，才能达到理想的贮藏效果。

2. 乙烯代谢

乙烯是一种不饱和烃类化合物，是一种植物体本身存在的引起果实成熟的内源植物激素（表 1-14）。它以极微量的作用阈值影响着果蔬的呼吸生理和成熟与衰老，从而影响着果蔬在贮藏期间的生理及品质变化。

1) 乙烯对果蔬品质的影响

(1) 乙烯的生成 所有的果实在发育期间都产生微量的乙烯，结合众多前人的研究成果，发现 1-氨基环丙烷-1-羧酸（ACC）是乙烯的直接前体，从而确定了植物体内乙烯生物合成途径（图 1-5）： $\text{Met} \rightarrow \text{SAM} \rightarrow \text{ACC} \rightarrow \text{C}_2\text{H}_4$ 。而乙烯生物合成的关键步骤是 $\text{SAM} \rightarrow \text{ACC}$ ，催化这个反应的酶是 ACC 合成酶，因为该酶的出现能使 ACC 在果实中大量生成，并进而氧化生成乙烯。果蔬一旦产生少量乙烯，就会反过来诱导 ACC 合成酶的活性，启动乙烯的迅速合成。

表 1-14 几种跃变型与非跃变型果实内源乙烯含量

单位: $\mu\text{L/L}$

呼吸类型	果实	乙烯	果实	乙烯
跃变型	苹果	25~2500	香蕉	0.05~2.1
	梨	80	芒果	0.04~3.0
	桃	0.9~20.7	西番莲果	466~530
	油桃	3.6~602	李	0.14~0.23
	鳄梨	28.9~74.2	番茄	3.6~29.80
非跃变型	柠檬	0.11~0.17	橙	0.13~0.32
	酸橙	0.30~1.96	菠萝	0.16~0.40

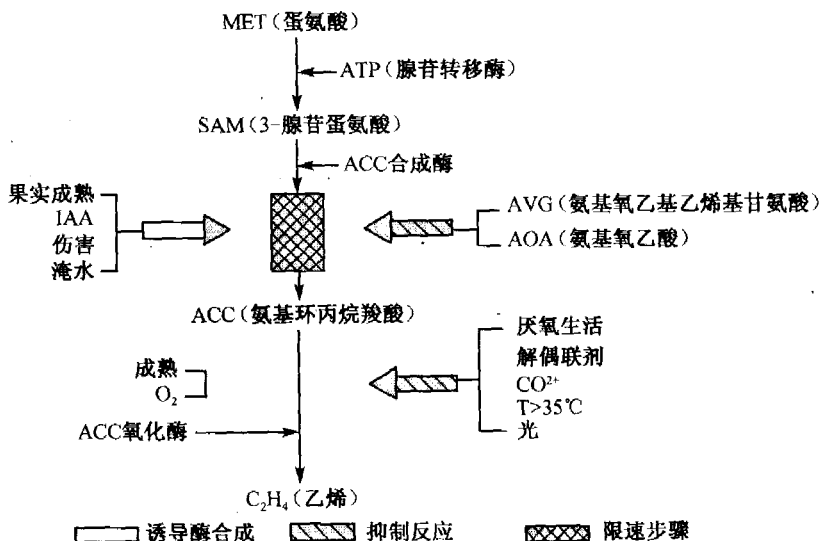


图 1-5 乙烯生物合成途径及调节 (Adams 和 Yang, 1981)

不同的果实自身内源乙烯的生成量不同, 在完熟期内, 跃变型果实产生的乙烯要比非跃变型果实产生的乙烯多得多。

(2) 乙烯对呼吸作用的影响 果实成熟时可以自身产生乙烯并向外释放, 空气中乙烯浓度增大, 又反过来促进果实的呼吸代谢。若采用贮藏措施抑制了乙烯的产生, 呼吸跃变就可被推迟, 后熟衰老得以延缓, 果实贮藏期延长。空气中的外源乙烯能刺激进入成熟阶段的跃变型果实的呼吸高峰提前到来, 提前的时间与乙烯浓度有关, 在一定范围内乙烯浓度越大, 呼吸跃变出现得越早。

(3) 乙烯对果蔬品质的影响 乙烯除刺激呼吸作用外, 对果蔬品质有很大影响。乙烯促进淀粉转化为可溶性糖, 果实变甜, 使淀粉含量下降; 促进果胶酶的活性增加, 使原果胶含量下降, 水溶性果胶含量增加, 果实变软; 使叶绿素减少, 有色物质增加。此外, 乙烯对非跃变型植物组织也有不利影响, 可使绿叶菜和食用嫩绿果失绿、失鲜。

2) 影响乙烯作用的因素

(1) 成熟度 具有呼吸跃变的果实未成熟时乙烯生成量很低,成熟的果实内部乙烯浓度增加,达到 0.1mg/L (0.1×10^{-6})时就促进呼吸,导致呼吸高峰到来。用于贮运的果蔬成熟度要一致,避免因成熟果实大量释放乙烯而启动未成熟的果实很快成熟衰老。

(2) 温度 在 0°C 左右,乙烯合成能力极低,随温度上升,乙烯生成加快。因此采用尽可能低的温度可以控制乙烯的合成。

(3) 气体成分 乙烯是细胞的氧化代谢产物,组织合成乙烯($\text{ACC} \rightarrow \text{C}_2\text{H}_4$)必须有 O_2 ,缺 O_2 则减少乙烯的合成量或停止合成作用。因此降低贮藏环境中的 O_2 浓度,可减少乙烯的合成。低 O_2 (1%)还会抑制乙烯对新陈代谢的刺激作用。适当提高贮藏环境中的 CO_2 浓度也会抑制乙烯的生成以及乙烯对新陈代谢的刺激作用,认为可能是在受体的特定位置上, CO_2 与乙烯有竞争作用,也可能是 CO_2 阻止了乙烯的形成。

(4) 机械损伤、病虫害 这类果蔬不但呼吸旺盛、传染病害,还可产生较多的乙烯,会启动未成熟的果实成熟,缩短贮藏期。在贮运果蔬中要严格去除此类果蔬,在各项商品化处理环节中要避免产生机械损伤。

(5) 产品混贮 将自身释放乙烯少的非跃变型果实或其他蔬菜与大量释放乙烯的果实混合贮藏,就会受到乙烯的不良影响。所以,在贮藏中要注意将上述果蔬分开贮藏。更严格来讲,每一种果蔬都不能在同一场所贮藏,以减少风味物质的相互影响。

乙烯对果实特别是跃变型果实的贮藏寿命起决定性的作用,因此在贮藏中一方面要创造适宜的低温、低 O_2 、高 CO_2 环境抑制乙烯的生成,同时要及时排除贮藏库内果蔬自身产生的乙烯。

1.3.2 蒸发生理

新鲜果蔬含水量很高,达65%~96%。由于水分充足,膨压大,使其外观显得充实、坚挺,饱满有弹性,富有光泽,给人以新鲜脆嫩的感觉。若贮运过程中,由于环境湿度低,缺少包装,往往会使果蔬产品体内水分蒸发散失,使其感官上显得萎蔫、皱缩、疲软、光泽消退,使产品逐渐失去鲜度,并带来一系列的不良影响。当贮藏环境湿度过高或果蔬成大堆散放时,有时可见表层的产品潮润或有凝结水珠,影响果蔬的安全贮藏。

1. 蒸发与结露对贮藏的影响

1) 蒸发对贮藏的影响

(1) 失重和失鲜 果蔬在贮藏中由不断的蒸发脱水所引起的最明显的表现是

失重和失鲜。失重即所谓“自然损耗”，是果蔬在贮藏中数量方面的损失。据试验，苹果普通贮藏自然损耗在5%~8%。失鲜是质量方面的损失，表现为形态、结构、色彩、光泽、质地、风味等多方面的劣变，综合地影响到果蔬食用品质和商品品质的降低。

(2) 降低耐贮性 果蔬萎蔫在造成失重失鲜的同时，还会引起正常的代谢作用被破坏，显然会影响果蔬的耐贮性。病菌趁机而入，腐烂率增加。

2) 果蔬结露对贮藏的影响

当空气水蒸气的绝对含量不变，温度降到某一定点时，空气的水蒸气达到饱和而凝结成水珠，这种现象称为结露。如在贮藏窖、库中堆大堆，或者采用200~300kg装的大箱贮藏，有时可以看到堆或箱的表层产品湿润或有凝结水珠；采用塑料薄膜帐、袋封闭气调贮藏果蔬时，有时 would 看到薄膜内壁面有凝结水珠。

结露后，附着或滴落到果蔬表面的液态水，有利于微生物孢子的传播、萌发和侵入，特别是受机械伤的果蔬更易引起腐烂。所以，结露必然导致增加腐烂损失。

2. 影响蒸发与结露的因素

1) 影响蒸发的因素

蒸发的程度与果蔬的种类、品种、组织结构及理化特性等内在因素有关，同时与贮藏环境的温度、湿度及空气流速有关。

(1) 内在因素

表面积比 表面积比是指单位重量或体积的物体所占表面积的比率 (cm^2/g)。所以蔬菜中的叶菜类表面积比最大，其最易蒸发脱水；果蔬类，个头小的表面积比大，蒸发脱水快。

表面保护结构 植物器官水分蒸发通过两个途径，即表皮层和自然孔（皮孔气孔）。幼嫩器官，表皮层不发达，主要是纤维素，易蒸发脱水，如多数以幼嫩器官为产品的蔬菜。随着器官的成熟，角质层开始发育、加厚，有些表面还有蜡层、蜡粉或油，这种结构特征都有利于保持水分，减少蒸发，减轻萎蔫。苹果、梨、南瓜等表皮有较厚的保护层，不易萎蔫，金冠表面保护层薄，易萎蔫。马铃薯采后经愈伤，在伤面形成完好的周皮组织和木栓层，洋葱经晾晒使外层鳞片膜质化，都利于防止水分损失。

细胞持水力 细胞中亲水胶体和可溶性固形物的含量同细胞的持水力有关。果蔬中原生质亲水性胶体多，可溶性固形物含量高，细胞具有较高的渗透压，有利于保持水分。

(2) 环境因素

空气湿度 空气湿度是影响果蔬蒸发的最主要的因素。与空气湿度相关的几

个概念如下：绝对湿度——空气中实际含水量；饱和湿度——空气湿度达饱和时的含水量；相对湿度——绝对湿度占饱和湿度的百分率。生产实践中常以测定相对湿度来了解空气的干湿程度： $\text{相对湿度}(\%) = \text{绝对湿度} / \text{饱和湿度} \times 100$ 。

相对湿度越小，果蔬中的水分越易蒸发，果蔬越易萎蔫。

温度 由于空气的饱和湿度是随温度而变化的。温度升高，饱和湿度增大，在绝对湿度不变的情况下，空气的相对湿度变小，则果蔬中的水分易蒸发。所以，贮藏环境的低温有利于抑制果蔬水分的蒸发。

温度固定，相对湿度则随着绝对湿度的改变而成正相关变动，贮藏环境加湿，就是通过增加绝对湿度达到提高环境的相对湿度的目的。

空气流动 空气流动会改变空气的相对湿度，空气流动越快，果蔬蒸腾越强。

2) 影响结露的因素

结露是空气相对湿度大于100%的表象。在空气绝对湿度不变的情况下，相对湿度会随着环境温度的改变而发生变化。当环境温度降低到其所对应的饱和湿度与空气绝对湿度相等时，相对湿度即达到100%，此时的温度就是露点温度；温度继续下降，就会出现结露现象。

贮藏中的果蔬产品之所以会产生结露现象，是环境中温湿度的变化引起的。大堆或大箱中贮藏的果蔬会因产品呼吸放热，堆、箱内不易通风散热，使其内部温度高于表面温度，形成温度差，这种温暖湿润的空气向表面移动时，就会在堆、箱表面遇到低温达到露点而结露；采用薄膜封闭贮藏时，会因封闭前果蔬产品预冷不透，内部产品的田间热和呼吸热使薄膜内的温度高于外部，这种冷热温差便会造成薄膜内结露；果蔬保鲜要求贮藏环境具有较高的相对湿度，在这种环境条件下，库内温度的少量波动就会导致达到露点而在冷却产品的表面结露。可见，温差是引起果蔬结露的根本原因。温差越大，凝结水珠也相对越大、越多。

3. 蒸发与结露的控制因素

1) 控制蒸发的措施

控制贮藏中果蔬产品蒸发失水速率的方法主要在于改善贮藏环境，对果蔬失水增加障碍。

(1) 严格控制果蔬采收成熟度，使保护层发育完全。

(2) 增大贮藏环境的湿度。减少果蔬失水的有效方法是提高空气的相对湿度，可通过喷雾等方式增大空气相对湿度。

(3) 采用涂被剂，增加商品价值，减少水分蒸发。

(4) 采用塑料薄膜等包装材料包装，保持贮藏环境的相对湿度。

2) 控制结露的措施 控制结露的最有效方法是避免温差的出现，具体措施

如下。

(1) 果蔬入库前需充分预冷，设法消除或尽量缩小库温与品温的温差，防止贮藏库内温度的急剧变化。

(2) 塑料薄膜气调冷藏的果蔬，需充分预冷后才能装袋、封帐，防止袋、帐内外出现较大温差。

(3) 贮藏过程中要尽量避免库温较大或较频繁的波动，维持稳定的低温状态，保持相对平稳的相对湿度。

(4) 在果蔬包装容器周围设置“发汗层”。

(5) 堆藏果蔬时，不要堆得过高等，并留有通风孔和必要的空间，保证具有良好的通风条件，以利于自然通风散热。

(6) 果蔬出库时应逐渐升温，尽量减小与外界环境温度的温差。一旦果蔬“结露”时，应采取适当措施，除去过多的水分。

1.3.3 成熟衰老生理

果实的一生，在授粉以后可分为生长、成熟和衰老三个生理阶段。不同种类的果蔬，可食部分不同，需要在不同的生理阶段采收。处在不同生理阶段的果蔬，其色泽、质地和风味有很大差异，且采收后各生理阶段的代谢活动仍然继续进行，直到最后机体衰老、死亡。能够控制果蔬的成熟和衰老生理，就能延长果蔬的贮藏寿命（图 1-6）。



图 1-6 果蔬成熟与衰老控制

1. 成熟衰老

(1) 生长 指从授粉开始至果实生长达到品种应有的大小。包括细胞分裂、细胞膨大的过程，是肉质性果实鲜重增加的决定因素。一般鲜食的蔬菜需要此时采收，如黄瓜、西葫芦、菠菜、油菜等，只需细胞分裂结束，不需细胞完全膨大，食用时鲜嫩质脆。

(2) 成熟 从果实发育定型到生理上完全成熟的阶段。成熟的特征是绿色完

全消失, 显现出本品种特有的色彩和香气, 糖分增加, 酸度下降, 涩味减少, 果肉组织由硬变软, 种子颜色由浅褐变成深褐色。这一阶段, 种子仍以合成过程占优势, 果肉部分以分解过程为主导。由于果蔬种类不同, 成熟变化并非同步进行, 所以成熟又分为初熟、完熟和老熟。大部分果蔬是食用幼嫩的果实, 需在初熟阶段采收, 如苹果、梨、番茄、甜瓜和西瓜等; 充分成熟的食用价值高, 可在完熟时采收, 如葡萄; 冬瓜和南瓜可在老熟时采收, 这时生理上尚未进入明显的衰老阶段, 以后还有一段较长的“后熟”时期。有的果实如鳄梨、巴梨, 尽管已完全成熟, 但采收后仍不能食用, 质地硬, 含糖量低, 要经历一个后熟的过程才能食用, 这种采收后成熟的现象叫做后熟。对于长期贮藏的果蔬, 要适当控制温度、湿度和空气成分, 使后熟过程缓慢进行, 达到延长果蔬贮藏寿命的目的。

(3) 衰老 果蔬的衰老是指个体发育的最后阶段, 开始发生一系列不可逆的变化, 最终导致细胞崩溃及整个器官死亡。衰老的症状是果肉组织开始软化, 细胞逐渐自溶崩溃, 细胞间隙减小, 气体交换受阻, 正常的呼吸代谢被破坏, 缺氧呼吸比重增大, 组织内积累的乙醛、乙醇等有毒物质达到最高含量。这标志着果蔬的贮藏性、抗逆性已处在迅速衰降的过程中。有些果蔬成熟过渡到衰老是连续性的, 不能截然分开, 成熟是衰老的开始, 衰老意味着生命的终结。

一般果蔬在具有该品种固有的颜色、风味、质地和营养价值时采收 (图 1-7)。采收后, 物质积累停止, 干物质不再增加, 由于生命活动的需要, 体内物质不断转化, 使固有的色、香、味、质地及营养价值发生变化。表现在物质的转化、转移、分解和重组。

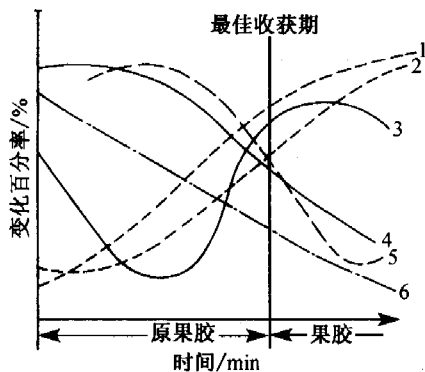


图 1-7 苹果采收前后物质转化 (Tonini, 1997)

1. 糖; 2. 颜色; 3. 风味;
4. 酸度; 5. 底色; 6. 淀粉

2. 成熟衰老机制

细胞内有许多因素对果蔬成熟与衰老起着调节作用, 首先是乙烯, 此外还有其他植物激素 (图 1-8) 和钙等。

不同种类的激素对果实成熟的作用不同。生长素低浓度可抑制叶绿素分解、果肉软化、呼吸上升及组织对乙烯的敏感性, 高浓度则可刺激乙烯的产生与果肉的成熟。细胞分裂素和赤霉素有延迟果实成熟和衰老的作用。近年来, 有些人认为脱落酸对果实的成熟起非常重要的促进作用, 甚至在有些果实上的作用比乙烯更大。越来越多的人认为植物激素对果实后熟的影响可能是通过体内平衡而起作

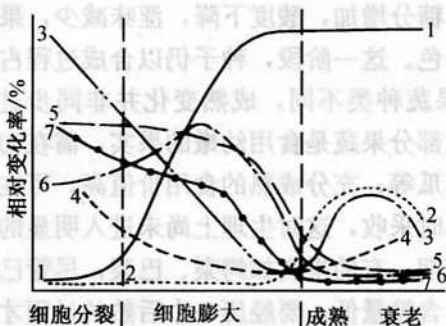


图 1-8 高峰型果实在生长、发育、成熟过程中激素平衡

1. 生长; 2. 乙烯; 3. 呼吸;

4. 脱落酸; 5. IAA; 6. GA; 7. 激动素

用的。

近年来的研究指出, 钙在调节呼吸和推延衰老方面, 以及在防止果蔬病害方面, 都有着重要作用。

研究发现, 含钙量低的苹果, 从跃变前到跃变后的呼吸强度都高于含钙量高的, 但跃变的时间不受含钙量的影响。氮量常促进果实的呼吸、衰老和腐烂, 钙量高则可抵消这些不良的影响。果实入衰老时合成活性常下降, 钙能使乙烯合成加强, 或使之保持在较高的水平。钙有助于维持细胞器膜的结构, 保持膜的完整性, 并控制一些酶的活性。采用

以钙盐浸渍, 可保持果肉硬度, 这是因为钙阻止了果胶酶破坏果胶物质。钙还有维持正常代谢, 防止或减轻一些生理病害的功能。如人们将苹果置于水中并浸于钙盐溶液中, 以强迫钙溶液进入苹果果肉内, 从而控制苦痘病和腐烂, 得了很好的效果。

3. 成熟衰老控制

在果蔬贮运过程中, 一般是通过控制由温度、相对湿度和空气成分三要素组成的综合环境, 采用一些辅助性处理措施来控制果蔬体内的物质转化和乙烯合成, 达到控制果蔬成熟与衰老的目的。

(1) 温度 采后的物质转化与环境温度有关。温度升高, 果蔬的呼吸、蒸发作用、水解作用、完熟老化作用等都加强; 并且, 缺氧呼吸的比重也增加。一些果实的跃变高峰提早出现。在适当的低温条件下, 果蔬的各种代谢可以维持在最低水平, 且仍然保持原有的协调平衡, 保持正常的生理活动, 从而有效地延缓果蔬的成熟与衰老过程。

(2) 相对湿度 果蔬在贮藏中, 水分仍在不断蒸发。一般果蔬损失原有水分的 5% 的水分时就明显地呈现萎蔫, 其结果不仅降低商品价值, 而且还使正常的呼吸作用受到破坏, 促进酶的活性, 加速水解过程, 促进了衰老。

(3) 气体组成 在一定范围内, 降低 O_2 浓度、升高 CO_2 浓度都有抑制呼吸, 延缓后熟老化过程等作用。同时控制 O_2 和 CO_2 两者的含量, 可以达到较好的效果。控制适当的气体组成, 即使温度较高, 也有比较明显的减少损耗、延缓衰老、延长贮期的效果。若同时控制贮藏温度, 则能获得更好的延缓成熟的效果。

(4) 辅助性处理

① 钙处理 目前进行钙处理的方法有田间增施钙肥或采前喷钙 (0.05% 的氯化钙), 采后用钙盐浸果等。

② 施用乙烯抑制剂 如 B_9 能延缓苹果的衰老, 可能是抑制了正常乙烯的产生。氨基乙氧基乙烯基甘氨酸 (AVG)、氨基氧乙酸 (AOA) 都能抑制乙烯的合成, 延缓衰老。

1.3.4 低温伤害生理

从降低贮运中果蔬产品的呼吸强度、抑制各种营养损失与水分蒸发、减缓成熟衰老过程等角度出发, 低温有利于果蔬保鲜。然而, 在果蔬贮运期间, 常常会出现因为低温管理不适宜, 使果蔬产品发生冷害或冻结等低温伤害, 造成重大的采后损失。

1. 冷害

冷害是指在冰点以上不适宜温度引起果蔬生理代谢失调的现象。一些原产热带和亚热带的果蔬, 如香蕉、柑橘、番茄、黄瓜、辣椒等, 由于系统发育长期处于高温多湿环境, 所以对低温特别敏感。若在低温下贮藏, 易遭受冷害。不同种类的果蔬遭受冷害的温度有差异 (表 1-15)。

表 1-15 各种果蔬发生冷害的临界温度及症状

种类	温度/℃	症 状
苹果	-1.5~2.2	橡皮病、烫害、果肉 (心) 褐变
梨 (部分品种)	5.0~8.0	果肉 (果心) 褐变
香蕉 (绿、黄果)	11.7~12.7	果皮变黑, 后熟不良
葡萄柚	10.0	烫害、果皮凹陷、水浸状斑点, 腐烂
橙 (品种各异)	2.8~5.0	表皮凹陷, 褐变
西瓜	4.4	凹陷、异味
黄瓜	7.2	表皮凹陷, 水浸状斑点, 果肉褐变、腐烂
茄子	7.2	表皮凹陷, 烫伤症状, 腐烂
甜椒	7.2	表皮水浸状凹陷, 种子、萼部变褐
南瓜	10.0	腐烂
甘薯	10.0	腐败凹陷, 水浸状软烂
番茄 (成熟果)	7.2~10.0	水浸状软化, 腐烂
番茄 (未熟果)	12.8~13.9	后熟不良, 腐烂
甜瓜	2.2~4.4	凹陷, 表面腐烂
马铃薯	3.3~4.4	褐变, 糖分增加
扁豆	7.2~10	凹陷, 变色

冷害在贮运中更容易发生, 而且经常发生。如果技术管理不当, 冷害带来的损失就会在某种程度上大于冻害, 故应当引起足够重视。

(1) 冷害症状 不正常成熟, 有异味; 表皮组织坏死, 变色或干缩; 果皮出现凹点或凹陷的斑块; 皮薄或组织柔软的果蔬, 出现水渍斑块; 果皮、果肉或果心褐变等。不同的果蔬冷害症状不同。香蕉受冷害果皮变暗灰色, 重者颜色加深, 以致全果变为灰黑色; 柑橘果皮颜色变淡而无光泽, 果肉微苦, 重者整个果皮淡白色, 局部果皮出现不规则的水渍状; 鸭梨会出现早期黑心病; 黄瓜为水浸状, 部分色泽变暗, 易感染灰霉病; 马铃薯还原糖增高, 味甜, 煮时褐变; 番茄不能正常成熟, 出现水浸状软烂, 易受交链孢霉侵染(表 1-22)。

(2) 冷害对果蔬贮运的影响

① 生理生化变化 组织结构改变, 如细胞膜由柔软的液晶态转变为固态胶体, 细胞膜透性增加, 电解质外渗, 汁液流失; 促进了酶的活性, 如果胶酶、淀粉酶, 使果胶及淀粉发生水解, 多酚氧化酶活性也大大加强了, 组织迅速褐变; 加强了呼吸作用, 刺激了乙烯的生成, 加速了组织成熟和衰老; 积累有毒物质乙醇、乙醛、丙二醛等, 使组织受伤致死。

② 对贮藏性状的影响 受冷害的果蔬新陈代谢紊乱, 果蔬的外观、质地和风味劣变, 贮藏性状明显下降, 各种抗逆性基本丧失, 极易被微生物浸染。如香蕉的腐生菌、黄瓜的灰霉菌、柑橘的青绿霉菌、番茄的孢链霉菌等, 使受冷害的果蔬迅速腐烂。因此果蔬一旦发生冷害应立刻终止其贮藏。

(3) 防止果蔬冷害的措施

① 采用变温贮藏 升温可以减轻冷害的原因, 可能是升温减轻了代谢紊乱的程度, 使组织中积累的有毒物质在加强代谢活性中被消耗, 或是在低温中衰竭了的代谢产物在升温时得到恢复。

② 低温锻炼 在贮藏初期, 对果蔬采取逐步降温的办法, 使之适应低温环境, 可避免冷害。

③ 提高果蔬成熟度 提高果蔬成熟度可以降低对冷害的敏感性。粉红色期的番茄在 0°C 下放置 6d 后, 在 22°C 下可以完全后熟而无冷害。而绿熟期的果实在 0°C 下贮藏 12d 则完全丧失风味。

④ 提高贮藏环境的相对湿度 在研究黄瓜的冷害与温度、湿度的关系时, 证明了在较高的相对湿度下, 冷害可以减轻。McColloch (1962) 观察到辣椒在 0°C 及相对湿度 88%~90% 中贮藏 12d, 有 67% 出现陷斑, 而在同样的时间和温度下, 在 96%~98% 的相对湿度中陷斑为 33%。结合施用杀菌剂, 调节相对湿度接近 100%, 可以减轻冷害。

采用塑料薄膜包装, 可以保持贮藏环境的相对湿度, 减轻冷害。

⑤ 气调气体组分 在贮藏过程中, 适当地提高二氧化碳浓度, 降低氧的浓度有利于减轻冷害。据报道, 7% 的氧是最能防止冷害的浓度。

⑥ 改良品种 将抗寒基因移入到对低温敏感的果蔬体内, 培育优良的抗寒

品种是防止冷害的根本措施。

2. 冻害

冻害是指在冰点以下不适宜的温度引起果蔬组织结冰所受到的低温伤害。不同果蔬的冰点温度不同，一般蔬菜为 $-1.5\sim-0.7^{\circ}\text{C}$ ，果品的冰点为 -2.5°C 以下。贮藏温度低于果蔬的冰点就会受冻。其症状是果蔬组织内的水分冻结成冰晶状（水泡状），组织呈现半透明或透明状，有的呈水烫状，色素降解，颜色变深、变暗，表面组织产生褐变，有异味。出库升温后，会很快腐烂变质。

果蔬受冻害的程度决定于受冻时的温度及持续的时间。环境温度不太低或持续时间并不长，组织的冻结程度轻，细胞结构还未遭到破坏，应缓慢回升库温，且不要搬动、翻动，解冻后有可能恢复正常状态。如若迅速回升温度，或搬到温暖处，会因组织细胞不能很快回吸水分，或因外力作用使冰晶刺破细胞，造成不可逆的伤害。

如若受冻温度较低，受冻时间较长，会造成永久性的生理损伤，出现组织细胞脱水、干萎，便无法解救。受冻的果蔬细胞就会受破坏而死亡，解冻后汁液流失，失去食用价值。

1.3.5 休眠生理

在果蔬贮藏过程中，有些处于休眠状态，有些则处于生长状态。休眠是植物为了渡过严冬、酷暑、旱涝等不良环境，在长期的系统发育中形成的生长发育暂时停止的现象。此期植物仍保持生命活力，但一切生理活动都降到最低水平，营养物质的消耗和水分蒸发都很少。休眠器官在经历一段时间后，又逐渐脱离休眠状态，这时如有适宜的环境条件，就可发芽生长。对果蔬贮藏来说，休眠是一种十分有利的生理作用。

1. 休眠类型

按果蔬休眠时的生理状态，休眠可分为强迫休眠和生理休眠。

强迫休眠是果蔬在完成营养生长以后，遇到不适宜的外界条件而引起的。如结球白菜和萝卜，当产品器官形成以后严冬已经来临，外界环境不适宜它们的生长而进入休眠，但春播的结球白菜和萝卜没有休眠。生理休眠的果蔬，即使有适宜的生长条件，仍能保持一段时间的休眠状态。如洋葱、大蒜、马铃薯等处 in 生理休眠阶段时，环境条件适宜也不会发芽。

显然，具有生理休眠的果蔬，比具有强迫休眠期的种类更耐贮藏。对具有强迫休眠期的果蔬，在采后整个贮运过程中，都要加强管理，创造不适宜生长的环境条件以使之延长休眠期，减少营养损耗，提高贮藏保鲜效果。

2. 休眠阶段

休眠期大致可划分为三个阶段：

第一休眠期即休眠诱导期（休眠前期），此时果蔬器官刚采收，发生生物学变化，表现为伤口部分形成木栓组织，角质层和皮层加厚或形成片，以减少水分蒸发，防止病菌的侵入。从生理上看，处于休眠准备阶段植物体内生理活动仍较旺盛，若环境条件适宜，就会结束休眠而发芽。

第二休眠期即生理休眠期（深休眠期），这时即使有适宜于生长的环境也不会发芽生长。此阶段植物的生命力下降到最低程度。生理休眠期的时间不同而不同，一般为2~3个月。

第三休眠期即休眠苏醒期（休眠后期），此时如外界条件不适宜还可长休眠期；若外界条件适宜，便迅速萌发生长。

因此，对于具有生理休眠的果蔬，贮藏的关键在于抓好休眠诱导期及的管理，使其在采收后很快进入休眠，贮藏后期延缓苏醒，延长休眠期。

3. 休眠的控制

休眠对贮藏有利，休眠一旦结束，即进入生长，表现为幼茎的伸长化、蔬菜的抽薹和开花、果肉变糠等，严重影响贮藏质量。因此，人们采取的技术措施，延长休眠期，且在休眠解除后，继续保持在强制休眠状态。

(1) 控制环境条件 控制休眠最有效、方便、安全的方法是低温贮藏有效地防止马铃薯和洋葱的发芽。在0℃贮藏，4~6个月不发芽。适当高CO₂和低湿也可延长休眠。同时采用低湿、低温和低O₂高CO₂能更抑制发芽。

(2) 植物激素处理 据研究，植物组织内脱落酸是一种强烈的生长物质。若脱落酸的水平降低，可以解除休眠。在采收前用0.25%的青鲜素喷洒植株，可使洋葱、大蒜贮藏8个月不发芽。

(3) 辐射处理 用γ射线照射马铃薯抑制发芽在生产上已广泛应用。期间，用80~100Gy的γ射线，使其常温3个月到1年不发芽。

实验实训一 果蔬呼吸强度的测定

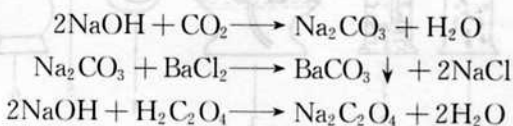
1. 目标原理

呼吸作用是果蔬采收后进行的重要生理活动，是影响果蔬耐藏性的因素。测定果蔬的呼吸强度，感受果蔬采收后的生命现象，了解果蔬采后

化,为低温和气调贮藏以及呼吸热计算提供必要的依据。通过实验,使学生掌握果蔬呼吸强度的测定方法。

呼吸强度的测定,一般采用定量碱液吸收果蔬在一定时间内呼吸所释放出来的二氧化碳量,再用已知浓度的酸滴定剩余的碱,用消耗酸的数量与对照数量之差,即可计算出呼吸所释放出的二氧化碳,求出其呼吸强度。表示单位为二氧化碳 $\text{mg}/(\text{kg}\cdot\text{h})$ 。

主要反应如下



2. 材料、用具、试剂

(1) 材料 苹果、梨、柑橘、番茄、菜豆等。

(2) 用具 真空干燥器、大气采样器,吸收管、滴定管架、25mL 滴定管、150mL 三角瓶、500mL 烧杯、 $\Phi 8\text{cm}$ 培养皿、小漏斗、10mL 移液管、洗耳球、100mL 容量瓶、万用试纸、台秤。

(3) 试剂 钠石灰、20% NaOH (氢氧化钠)、0.4mol/L NaOH (氢氧化钠)、0.1mol/L $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ (草酸)、饱和氯化钡溶液、酚酞指示剂、正丁醇、凡士林。

3. 操作步骤

(1) 滴定法 此法设备简单,测定方便。安装如图 1-9。

测定时,用一定体积的干燥器作为呼吸室,上接二氧化碳吸收管,内装有钠石灰,用它净化空气。在干燥器底部放装有定量碱液 (0.4mol/L NaOH) 的培养皿,放置隔板,装入 1kg 果蔬,封盖,呼吸 1h 后取出培养皿,把碱液移入烧杯,加饱和氯化钡 5mL,酚酞 2 滴,溶液变红色,用 0.1mol/L 草酸滴定红色完全消失,记录用 0.1mol/L 草酸的用量。

以同样方法做空白滴定,干燥器中不放果蔬样品。

(2) 气流法 其特点是使果实处在气流畅通的环境中进行呼吸,比较接近自然状态。可以在恒定的条件进行较长时间的多次连续测定。

① 安装 按图 1-10 安装,连接好大气采样器,暂不接吸收管,开动大气采

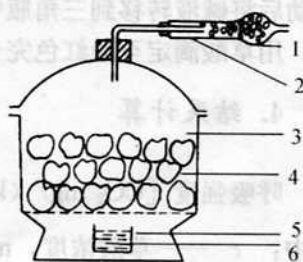


图 1-9 (滴定法)呼吸室装置

1. 钠石灰; 2. 二氧化碳吸收管;
3. 呼吸室; 4. 果实; 5. 培养皿;
6. 氢氧化钠

样器的空气泵，如果在装有 20% 氢氧化钠溶液的净化瓶中有连续不断的生，说明整个系统气密性良好，否则应检查接口是否漏气。

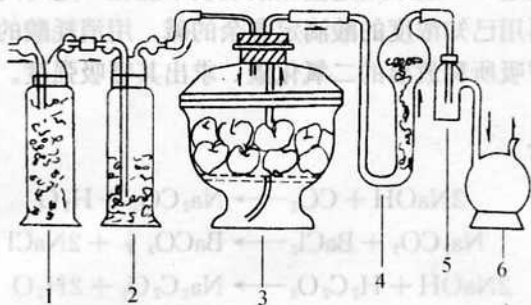


图 1-10 气流法呼吸室装置

1. 钠石灰; 2. 20%NaOH; 3. 呼吸室; 4. 吸收瓶; 5. 缓冲瓶; 6. 气泵

② 测定 称取果蔬 1kg，放入呼吸室，先将呼吸室与安全瓶连接，关，把流量调到 0.4L/min 处，定时 30min，先使呼吸室抽空平衡 0.5h，接接收管开始正式测定。

取一支吸收管装入 0.4mol/L 氢氧化钠 10mL，加一滴正丁醇，当抽空 0.5h 后，立即接上吸收管，调整流量 0.4L/min 处，定时 30min，待抽 0.5h，取下吸收管，将碱液移入三角瓶中，加饱和氯化钡 5mL，酚酞 2 滴后用 0.1mol/L 草酸滴定至粉红色完全消失即为终点，记下滴定时草酸空白滴定是取一支吸收管装入 0.4mol/L 氢氧化钠 10mL，加一滴正丁醇，摇动后将碱液转移到三角瓶中，用蒸馏水冲洗 5 次，加饱和氯化钡 5mL，滴，用草酸滴定至粉红色完全消失即为终点。

4. 结果计算

$$\text{呼吸强度 } [\text{CO}_2 \text{ mg}/(\text{kg} \cdot \text{h})] = \frac{(V_2 - V_1) c \times 44}{mh}$$

式中：c —— 草酸浓度，mol/L；

m —— 样品质量，kg；

h —— 测定时间，h；

44 —— 二氧化碳相对分子质量；

V_1 —— 样品滴定时所用草酸的毫升数，mL；

V_2 —— 空白滴定时所用草酸的毫升数，mL。

5. 作业

(1) 列表记录有关测定数据。

- (2) 根据所给公式计算所测果蔬的呼吸强度。
- (3) 对自己感兴趣的问题进行结果分析。

实验实训二 果蔬中可溶性固形物 含量的测定 (折光仪法)

1. 目标原理

果蔬样品中可溶性物质 (主要是可溶性糖) 的含量高低, 直接反映了果质和成熟度, 是判断适时采收和耐贮性的一个重要指标。生产上常使用手持折光仪来测定果蔬中可溶性固形物的含量。通过实验, 学会手持折光仪 (测糖仪) 使用方法及可溶性固形物含量的测定方法。

2. 材料用具

- (1) 材料 苹果、桃、梨、番茄、黄瓜等。
- (2) 用具 手持折光仪 (测糖仪)。

3. 操作步骤

(1) 仪器校正 手持折光仪的结构如图 2-2 所示。使用前先用蒸馏水对仪器进行校正。即掀开照明棱镜盖板, 用柔软的绒布 (或镜头纸) 仔细将折光仪棱镜拭净, 注意不能划伤镜面, 取蒸馏水或清水 1~2 滴于折光棱镜上, 合上盖板, 将仪器进光窗对向光源或明亮处, 调整校正螺丝, 将视场明暗分界线调节至中间处。然后把蒸馏水拭净, 准备测定样品。

(2) 取样 切取果肉一块, 挤出果汁或菜汁数滴于折光棱镜面上, 合上盖板, 使果汁遍布于棱镜表面。

(3) 测定 将进光窗对准光源, 调节目镜视度圈, 使视场内黑白分划线清晰可见, 于视场中所见黑白分界线相应的读数, 即果汁或菜汁中可溶性固形物含量百分数, 用以代表果实中含糖量。一般重复测定 3 次, 取其平均值, 以百分数计算。

注意: 测定时温度最好控制在 20℃, 或者接近 20℃ 左右范围内观测, 其准确性较好。

4. 作业

根据测定的数据综合分析果蔬可溶性固形物含量特点, 试根据可溶性固形物

含量对其品质与耐贮性进行评价。

实验实训三 果蔬含酸量的测定

1. 目标原理

果蔬中含有各种有机酸，主要有苹果酸、柠檬酸、酒石酸等。由于果不同，含有机酸的种类也不同；同一果蔬品种，其成熟度不同，有机酸的有很大差异。果蔬中含酸量的多少亦是衡量其品质优劣的一个重要指标，鲜果蔬及加工处理后成品的风味关系密切。因此，了解其含量对鉴定果蔬进行合理加工有重要作用。通过实验，使学生了解果蔬总酸量测定的原理并掌握果蔬含酸量测定的方法。

果蔬含酸量的测定是根据酸碱中和的原理，即用已知浓度的氢氧化钠定，并根据碱溶液用量，计算出样品的含酸量。所测出的酸又称总酸度或酸。还有少量的酸，由于受果蔬中缓冲物质的影响，不易测出。计算时以所含的主要酸来表示，如仁果类、核果类主要含苹果酸，以苹果酸计算，其质量为 0.067g；柑橘类以柠檬酸计算，其毫摩尔量为 0.064g；葡萄以计算，其毫摩尔量为 0.075g；蔬菜中主要含草酸，其毫摩尔量为 0.045g。

2. 材料、用具、试剂

(1) 材料 苹果、桃、葡萄、柑橘、菠萝，番茄、莴苣等。

(2) 用具 碱式滴定管，100mL 三角瓶，250mL 烧杯，200mL、100mL 容量瓶，10mL 移液管，漏斗、滤纸、研钵或组织捣碎器，电子天平，纱布，小刀等。

(3) 试剂 0.1mol/L 氢氧化钠标准溶液，1% 酚酞指示剂。

3. 操作步骤

(1) 称取均匀样品 20g，置研钵中研碎，注入 200mL 容量瓶中，加蒸馏水至刻度，混匀后，用脱脂棉花或滤纸过滤到干燥的 250mL 烧杯中。

(2) 吸取滤液 20mL 放入 100mL 三角瓶中，加酚酞指示剂 2 滴，用 0.1mol/L 氢氧化钠滴定，直至呈淡红色，15s 不褪色即为终点。记下氢氧化钠消耗量。重复滴定 3 次，取其平均值。

有些果实容易榨汁，而其汁含酸量能代表果实含酸量，榨汁后，取定量（5~10mL），稀释（加蒸馏水 20mL），直接用 0.1mol/L 氢氧化钠滴定。

4. 结果计算

$$\text{果实含酸量}(\%) = \frac{V \cdot c \cdot K}{W} \times \frac{B}{A} \times 100$$

式中：V——NaOH 溶液用量，mL；

B——样品液制成的总毫升数，mL；

W——滴定时吸取样品液毫升数（或用于测定的果蔬汁液的毫升数），mL；

K——换算系数，以果蔬主要含酸量种类计算，如苹果为 0.067，柑橘为 0.064；

c——NaOH 溶液浓度，mol/L；

A——样品克数，g。

5. 作业

(1) 将测定数据填入下表中。

样品名称	NaOH 浓度/ (mol/L)	NaOH 用量/mL	含酸量/%	以何种酸计

(2) 列出计算式的计算结果。

(3) 分析评价实验结果偏高、偏低、还是适宜？为什么？

实验实训四 果蔬硬度的测定

1. 目标原理

果蔬的硬度是鉴定果蔬成熟度、质地品质和耐贮性的重要指标。通过实验，学会硬度计的使用方法及果蔬硬度的测定方法。

硬度直接与果蔬细胞壁及其周围结构的成分有关。通过测定果品组织对外来压缩力的阻力程度来衡量硬度大小。

2. 材料、用具

(1) 材料 苹果、桃、梨等。

(2) 用具 硬度计。

3. 操作步骤

(1) 去皮 在果实胴部对应两面削去厚 2mm，直径为 1cm 的圆形果皮。

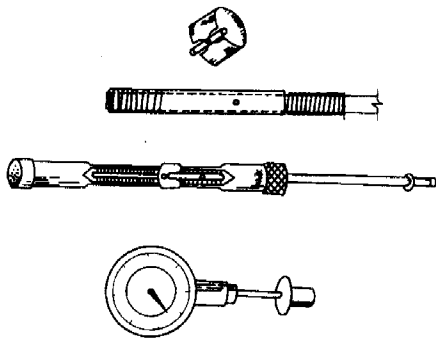


图 1-11 硬度计结构图

(2) 测定 硬度计结构如图 1-11, 用一手握住果实, 另一只手握住硬度计, 对准已削好的果面, 借助于臂力, 使测头顶端部分垂直压入果肉中即可。在标尺上读出游标所指的硬度。以每平方厘米面积上承受压力表示硬度 (lb/cm^2 或 kg/cm^2)。仪器回零后, 再次测定, 每一个果实测 2~4 次, 取其平均值。

4. 作业

(1) 列表记录。

(2) 分析试验结果, 试对测定的果蔬品质和耐藏性加以评价。

【复习思考】

1. 人们习惯上认为“来不及销售的果蔬产品就用于贮藏”, 谈谈你对此观点的看法。
2. 作为一名果蔬贮运技术工作者, 试阐述自己的果蔬产品质量观。
3. 什么是果蔬的耐贮性, 影响果蔬耐贮性的采前因素有哪些?
4. 果蔬中的主要化学成分有哪些? 是如何形成果蔬的品质特性的?
5. 如何评价果蔬的品质?
6. 控制采后果蔬的呼吸对果蔬贮藏有何意义? 影响果蔬呼吸强度的因素是什么? 在贮藏中怎样利用这一理论来延长果蔬的贮藏寿命?
7. 试述呼吸跃变型果实与非跃变型果实的特点及乙烯对其呼吸、成熟生理的影响。
8. 果蔬呼吸作用的保卫反应在果蔬贮藏上有什么意义?
9. 在果蔬贮运中如何实现果蔬的保鲜? “高湿有利于微生物滋生繁殖”, 如何应对?
10. 怎样避免果蔬贮运过程中的结露现象?
11. 以 1、2 种果蔬为例, 系统描述它们在生长、成熟、衰老期的变化。并提出控制这些变化过程的观点。
12. 何谓果蔬的冷害? 怎样控制果蔬冷害的发生?
13. 贮藏中如何利用果蔬的休眠特性?
14. 试分析果蔬贮运保鲜所需的内因、外因条件。