

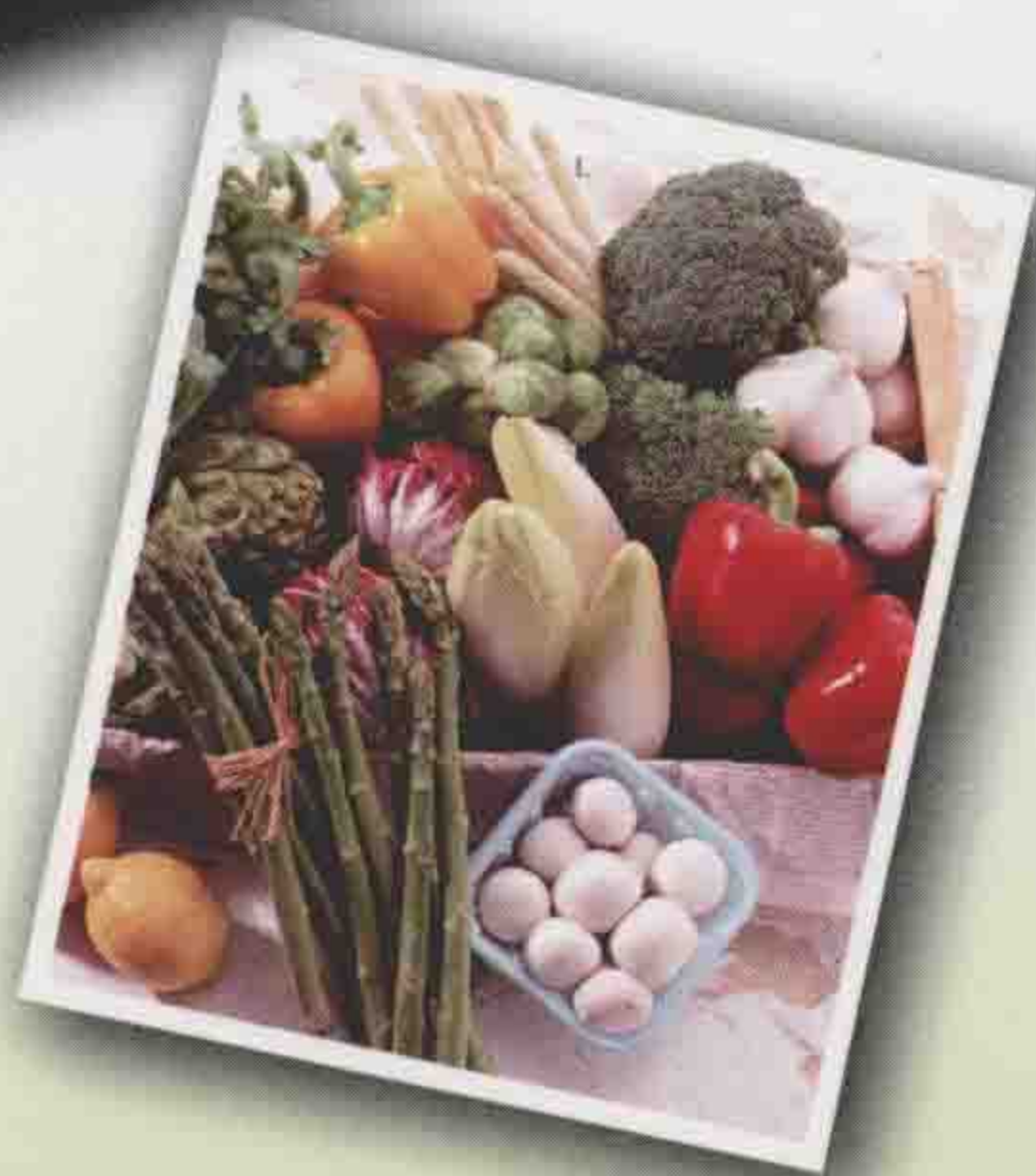
果蔬贮藏技术

GUOSHU ZHUCANG JISHU

主 审 孙学良

主 编 吕维成

副主编 申 江



果蔬贮藏技术

主 审 孙学良
主 编 吕维成
副主编 申 江
编 委 关文强 刘兴华
和晓楠 冯国庆

 江苏凤凰科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

果蔬贮藏技术 / 吕维成主编. —南京: 江苏凤凰
科学技术出版社, 2016. 8
ISBN 978-7-5537-6221-0

I. ①果… II. ①吕… III. ①果蔬保藏 IV.
①TS255. 3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 057437 号

果蔬贮藏技术

主 编 吕维成
项 目 策 划 凤凰空间/翟永梅
责 任 编 辑 刘屹立
特 约 编 辑 蔡伟华

出 版 发 行 凤凰出版传媒股份有限公司
江苏凤凰科学技术出版社
出版社地址 南京市湖南路 1 号 A 楼, 邮编: 210009
出版社网址 <http://www.pspress.cn>
总 经 销 天津凤凰空间文化传媒有限公司
总经销网址 <http://www.ifengspace.cn>
经 销 全国新华书店
印 刷 天津泰宇印务有限公司

开 本 787 mm×1 092 mm 1/16
印 张 20
字 数 627 000
版 次 2016 年 8 月第 1 版
印 次 2016 年 8 月第 1 次印刷

标 准 书 号 ISBN 978-7-5537-6221-0
定 价 88.00 元

图书如有印装质量问题, 可随时向销售部调换 (电话: 022—87893668)。

内 容 提 要

最近几年,国内部分技术人员做了一些试验,深入研究了一些果蔬的贮藏技术,研制了一批适合中国国情的气调设备,积极探索降低气调库造价的途径,为发展果蔬贮藏产业进行了有益的探索。本书就包含了国内最新的一些研究成果。该书几乎包括了我国常见的所有果蔬的贮藏保鲜技术,汇集了各家之长,又加入了编者的研究成果,既介绍了我国传统的贮藏方法,又介绍了现代化的气调贮藏技术,还编入了一些简单实用的贮藏窍门,基本代表了我国当今的贮藏水平。

本书前半部分阐述了果蔬贮藏所需要的基本技术理论,是贮藏应用技术的理论基础。中间部分分别讲述了茎菜、果菜、叶菜、根菜、其他蔬菜、北方水果、南方水果、瓜类等共计 69 个果蔬品种的具体贮藏保鲜技术和操作方法,最后还摘编了贮藏保鲜的基本技能和一些参考标准。本书具有较强的实用性和可操作性,对果蔬保鲜技术人员来说是一本不可多得的研究学习参考资料。

本书可以作为大专院校的产品贮藏专业、园艺专业、食品专业师生的教学参考书,也可供从事果蔬贮运的商业人员、农业技术推广人员、冷库工程技术人员参考阅读。

前言

果蔬产业应包括产前、产中的产品生产和产后的产品处理(清洗、分级、打蜡、包装)、贮藏、运输、加工和销售等环节。在计划经济时期,果蔬产品通常是就地消费或以原始、半原始的形式走向市场,从而把果蔬产业狭义化为产前农业。在新一轮产业结构调整中,果蔬产业在“质”与“量”的方面将有较大的发展。

贮藏能力的高低是水果产业化水平高低的重要指标。欧美发达国家遵循“三二制”原则,即从水果采摘到次年收获的八九个月时间,水果销售分为近、中、远三个时段,每个时段的销售量约占总产量的三分之一。这样使得水果常年持续平稳供应,满足市场需求的同时,有利于“待价而沽”。而我国好多水果销售“旺季”供大于求,价格难以实现“最优”,生产管理水平较低使我国水果的优质果率不高,产后处理水平的提高将会对果品增值非常有效。

下面以烟台苹果为例,据了解,烟台苹果在东南亚市场具有很强的竞争力,甚至超过了号称水果之王的美国蛇果。据介绍,烟台苹果竞争力高,除了果品本身的质量提高外,很重要的因素是保鲜搞得较好。烟台企业积极学习气调保鲜技术,兴建了一批标准较高的气调库,取得了良好的效果。据权威人士介绍,如果没有气调保鲜技术,再好的苹果从秋季采摘后,放到春节,品质和口感均会大大降低,外观也远不如刚采收时漂亮。而这时如果用于出口,将达不到出口标准。

果蔬气调贮藏有一定技术含量,但最关键的还是观念和投入问题。如果全国都下大力气提高贮藏能力和技术水平,即使生产管理水平不变,单水果行业就可以大大增值。因而,进行贮藏技术的研究推广是一项利国利民的重要工作。该书的编写无疑会对我国的果蔬贮藏产业水平的研究和发展起到积极的推动作用。

本书在编著过程中,得到了众多科研机构和专家及企业的大力支持,在此表示感谢。

由于作者实践经验和认识水平有限,书中难免有错误和不足之处,敬请批评指正。

编者

2016年7月

目 录

1	果蔬采后生理与保鲜	1
1.1	果蔬的主要化学成分与营养价值	1
1.2	果蔬采后的成熟、衰老及生理变化	4
1.3	果蔬的呼吸作用	12
1.4	贮藏温度与保鲜	18
1.5	湿度控制与保鲜	24
1.6	气体成分与保鲜	28
1.7	果蔬的休眠及利用	31
1.8	贮藏保鲜新技术	33
1.9	果蔬贮藏特性的相对性	38
2	采前因素对果蔬贮藏性能的影响	40
2.1	生物因素	40
2.2	生态因素	43
2.3	农业技术因素	47
3	果蔬气调贮藏的基本原理	51
3.1	气调贮藏的基本原理和特性	51
3.2	气调贮藏技术的应用	55
3.3	气调库的操作与管理	58
3.4	影响气调贮藏的其他因素	69
4	气调库的结构及建造	73
4.1	气调库的建筑组成	73
4.2	气调库建筑结构特点	74
4.3	气调库的制冷系统	76
4.4	气调库的气调系统	78
4.5	气调库的设计建造	81
4.6	大帐式气调库的建设	93
4.7	对我国气调库发展的认识和建议	97
5	贮藏前的准备工作和库房消毒	100
5.1	贮藏设施准备	100
5.2	入库前人员准备	104
5.3	入库前的调研工作	104

6 果蔬的采收及采后处理	105
6.1 采收及采后处理的基本原则	105
6.2 采收及采后处理的主要内容	105
6.3 运输	130
6.4 果蔬销售	135
7 茎菜类贮藏保鲜技术	136
7.1 蒜薹贮藏	136
7.2 莴笋贮藏	144
7.3 芦笋贮藏	145
7.4 竹笋贮藏	146
7.5 韭薹贮藏	147
8 果菜类贮藏保鲜技术	148
8.1 番茄贮藏	148
8.2 辣椒(青椒、彩椒)贮藏	154
8.3 黄瓜贮藏	157
8.4 茄子贮藏	160
8.5 菜豆贮藏	161
8.6 南瓜贮藏	163
8.7 冬瓜贮藏	165
8.8 苦瓜贮藏	167
8.9 西葫芦贮藏	168
8.10 毛豆贮藏	168
9 叶菜类贮藏保鲜技术	170
9.1 大白菜贮藏	170
9.2 结球甘蓝贮藏	174
9.3 芹菜贮藏	177
9.4 菠菜贮藏	180
9.5 香菜贮藏	182
9.6 生菜贮藏	185
9.7 香椿贮藏	186
10 根菜类贮藏保鲜技术	188
10.1 大蒜干藏和鲜藏	188
10.2 洋葱贮藏	189
10.3 胡萝卜贮藏	192
10.4 马铃薯贮藏	194
10.5 大葱贮藏	197

10.6	百合贮藏保鲜	198
10.7	山药贮藏保鲜	199
10.8	萝卜贮藏	201
10.9	芋头贮藏保鲜	202
10.10	生姜贮藏	203
11	其他蔬菜贮藏保鲜技术	206
11.1	菜花贮藏	206
11.2	绿菜花贮藏	209
11.3	莲藕贮藏	210
11.4	茭白贮藏	213
11.5	慈姑贮藏	215
11.6	鲜玉米贮藏	216
11.7	食用菌贮藏	219
12	北方果品的贮藏保鲜技术	226
12.1	苹果贮藏	226
12.2	梨的贮藏	234
12.3	葡萄贮藏	241
12.4	桃的贮藏	253
12.5	晚熟桃贮藏	256
12.6	李子贮藏	257
12.7	杏的贮藏	259
12.8	干枣贮藏	260
12.9	冬枣贮藏	261
12.10	石榴贮藏	265
12.11	核桃贮藏	267
12.12	草莓贮藏	269
12.13	板栗贮藏	271
12.14	樱桃贮藏	273
12.15	猕猴桃贮藏	275
12.16	无花果贮藏	278
12.17	柿子贮藏	278
12.18	山楂贮藏	280
13	南方果品的贮藏保鲜技术	284
13.1	香蕉贮藏	284
13.2	柑橘贮藏	289
13.3	荔枝贮藏	293

13.4	龙眼贮藏	295
13.5	芒果贮藏	298
13.6	菠萝贮藏	300
13.7	柠檬贮藏	302
13.8	枇杷贮藏	304
13.9	番木瓜贮藏	306
14	瓜类的贮藏保鲜技术	308
14.1	西瓜贮藏	308
14.2	白兰瓜贮藏	310
14.3	哈密瓜贮藏	311

1 果蔬采后生理与保鲜

1.1 果蔬的主要化学成分与营养价值

水果、蔬菜是由许多种化学物质构成的。采收后的贮藏过程中,这些化学物质的变化将引起水果、蔬菜品质的变化,同时,对果蔬的贮藏特性与抗病性也有很大影响。根据果实化学成分的变化规律,采取相应的技术措施,控制果实的变化,可使腐烂变质造成的损失减少到最低限度。

果蔬的颜色、香味、风味、质地和营养等都是由不同的化学物质组成的。既然果蔬中的化学成分对水果、蔬菜的品质与贮藏特性有那么密切的关系,那么它们的主要化学成分有哪些呢?

1.1.1 水分

新鲜的水果、蔬菜中,水占绝大部分。它是维持果蔬正常生理活性和新鲜品质的必要条件,也是果蔬的重要品质特性之一。果蔬含水量因其种类品种的不同而不同。一般果蔬的含水量在80%~90%之间。西瓜、草莓含水量达90%以上,葡萄含水量在77%~85%,含水量低的山楂为65%左右。大白菜含水量93%~96%,胡萝卜含水量86%~91%,黄瓜含水量94%~97%,大蒜70%左右。

果蔬采摘后,水分供应被切断,而呼吸作用仍在进行,带走了一部分水,造成了水果、蔬菜的萎蔫,从而促使酶的活力增加,加快了一些物质的分解,造成营养物质的损耗,并且减弱了果蔬的耐贮性和抗病性,引起品质劣变。为防止失水,贮藏室内应进行地面洒水、喷雾,或用塑料薄膜覆盖,增大空气中的相对湿度,使果蔬的水分不易蒸发散失。

1.1.2 糖

糖是水果、蔬菜味道的重要组成成分之一,果实中含糖的种类有所不同,有葡萄糖、果糖和蔗糖等。果蔬中含糖量不仅在不同品种之间有较大差别,就是同一品种果蔬随成熟度、地理条件、栽培管理技术的不同,含糖量也有很大的差异。糖是水果、蔬菜贮藏期呼吸的主要基质,同时也是微生物繁殖的有利条件。随着贮藏时间的延长,糖逐渐消耗而减少。所以贮藏过程中糖分的消耗对水果、蔬菜的贮藏特性具有一定的影响。

水果、蔬菜汁液中的可溶性固形物中,糖的比例最大,所以通常用折光糖仪测定可溶性固形物的浓度,用来表示水果中含糖量的高低。一般情况下,含糖量高的果蔬耐贮藏、耐低温,相反,则不耐贮藏。

1.1.3 淀粉

淀粉是植物体贮藏物质的一种形式,属多糖类。水果、蔬菜在未成熟时含有较多的淀粉,但随着果实的成熟,淀粉水解成糖,其含量逐渐减少。贮藏过程中淀粉常转化为糖类,以供应采后生理活动能量的需要,随着淀粉水解速度的加快,水果、蔬菜的耐贮性也减弱。

温度对淀粉转化为糖的影响很大,如在常温下晚熟苹果品种中淀粉较快转化为糖,促进水果老化,味道变淡;而在低温冷藏条件下淀粉转化为糖的活动进行得较慢,从而推迟了苹果老化。因此采用低温贮藏,能抑制淀粉的水解。

1.1.4 纤维素类

纤维素类主要指纤维素、半纤维素以及由它们与木质素、栓质、角质、果胶等结合成的复合纤维。纤维素是含绿色素植物细胞壁和输导组织的主要成分。纤维素和表皮的角质层,对果实起保护作用。纤维素是反映水果、蔬菜质地的物质之一。果蔬中含纤维素太多时,吃起来感到粗老、多渣。一般幼嫩果蔬含量低,成熟果蔬含量高。纤维素对人体无营养价值,但它可促使肠胃蠕动,有助于消化。

1.1.5 有机酸

水果、蔬菜中的酸味是由于汁液中存在游离的氢离子。果蔬中的有机酸通常叫果酸;主要有柠檬酸、苹果酸和酒石酸三种,另外还有其他酸如草酸、琥珀酸和挥发性酸等。不同品种的果蔬其总的含酸量与含酸种类不相同,同类果实不同品种也有区别。有机酸也是果蔬贮藏期间的呼吸基质之一,贮藏过程中有机酸随着呼吸作用的消耗逐渐减少,使酸味变淡,甚至消失。其消耗的速率与贮藏条件有关。

1.1.6 果胶

果胶属多糖类化合物,是构成细胞壁的重要成分,果胶通常在水果、蔬菜中以原果胶、果胶和果胶酸三种形式存在。未成熟的果蔬中果胶物质主要以原果胶形式存在。原果胶不溶于水,它与纤维素等把细胞与细胞壁紧紧地结合在一起,使组织坚实脆硬。随着水果、蔬菜成熟度的增加,原果胶受水果中原果胶酶的作用,逐渐转化为可溶性果胶,并与纤维素分离,引起细胞间结合力下降,硬度减小。因此,在果蔬的贮藏过程中,常以不溶性果胶含量的变化作为鉴定贮藏效果和能否继续贮藏的标志。

1.1.7 单宁

单宁也称鞣质,是一种多酚类化合物,易溶于水,有涩味,大多数水果、蔬菜中都含有单宁。由于水果、蔬菜的种类不同,其含量差异很大。同一品种的果蔬未成熟时单宁物质含量比不成熟时要高。某些水果、蔬菜在贮藏过程中经过后熟,苦涩味有所减少,称之为脱涩。单宁物质的存在与果蔬的抗病性有关。

1.1.8 芳香物质

水果、蔬菜中普遍含有挥发性芳香油。水果、蔬菜的香味全靠芳香油。芳香油在水果、蔬菜中含量很少,主要存在于水果、蔬菜的皮中。它的化学结构很复杂。由于不同的水果、蔬菜中含的成分不同,所以各种水果、蔬菜表现出特有的不同香味。

1.1.9 色素

各种水果、蔬菜呈现不同的色泽。其颜色是由许多种色素相互作用而形成的。色素不仅是鉴定果实品质的重要指标,决定采收时间的依据,也是关系到贮藏质量的重要依据。

果蔬的色素主要有叶绿素、类胡萝卜素和花青素。其中叶绿素与类胡萝卜素为非水溶性色素,花青素为水溶性色素。

叶绿素使果蔬呈现绿色,其性能稳定,在贮藏过程中叶绿素受叶绿素水解酶、酸和氧的作用而分解消失。

类胡萝卜素主要有胡萝卜素、番茄红素、番茄黄素、辣椒黄素、辣椒红素、叶黄素等。其性能稳定,使果蔬表现为黄、橙黄、橙红等颜色,广泛存在于水果、蔬菜的叶、根、花、果实中。类胡萝卜素中有一些化合物可以转化成维生素 A,它又称为“维生素 A 元”。当果蔬进入成熟阶段时,这类色素的含量增加,使其显示出特有的色彩。

花青素在果蔬中多以花青苷的形式存在,常表现为紫、蓝、红等色。花青素在日光下形成,生长在背阴处的蔬菜,花青素含量会受影响。

1.1.10 维生素

维生素在水果、蔬菜中含量极为丰富,是人体维生素的重要来源之一。包括维生素 A、维生素 B₁、维生素 B₂、维生素 C、维生素 D、维生素 P 等,其中主要是维生素 A、维生素 C。据报道,人体所需维生素 C 的 98%、维生素 A 的 57% 左右来自于果蔬。

维生素 A 在化学结构上与胡萝卜素有关,人们的视觉需要维生素 A,缺少会引起夜盲症与干眼病。维生素 C 是一种水溶性维生素,又称抗坏血酸。由于其易氧化还原,因而能参与多种体内的新陈代谢。水果、蔬菜在贮藏、烧煮时,维生素 C 极易破坏,在维生素酶的作用下,遭到分解。因此应当掌握好果蔬的贮藏条件,使维生素 C 的损失减少到最低。

另外,维生素 B 缺乏可发生脚气病;维生素 D 缺乏可引起佝偻病。

1.1.11 矿物质

水果、蔬菜中含有丰富的钾、钠、铁、钙、磷和微量的铅、砷等元素,与人体有密切的关系。水果蔬菜中的矿物质容易为人体吸收,而且被消化后分解产生的物质大多呈碱性,可以中和鱼、肉、蛋和粮食消化过程中产生的酸性物质,起调节人体酸、碱平衡的作用。因此,果蔬又叫“碱性食品”,而鱼、肉、蛋和粮食叫作“酸性食品”。

1.2 果蔬采后的成熟、衰老及生理变化

1.2.1 果蔬采后的成熟与衰老

果蔬产品生长发育到一定阶段,达到人们鲜食、贮藏和加工的要求后,就需要进行采收。果蔬采收之后,脱离了来自土壤或母体的水分和养分的供应,但仍然是个有生命的活体,成为一个呼吸消耗自身已有贮藏物质进行生命活动的独立个体。果蔬采收后的生命活动既是采前田间生长发育过程的继续,与采前的新陈代谢有着必然的联系,又由于采后的生存环境条件发生了根本改变,而产生了一系列新的不同于采前生命活动的机能代谢,以便在贮藏条件下保存生命活力和延长寿命。但果蔬采后过程中的各种代谢活动都引起果蔬向着衰老、败坏的方面发展,而且这种变化是必然的、不可逆的。

果蔬采后的衰老败坏是多方面的,其主要原因是由于周围环境中的理化因素(温度、湿度、气体等)和产品自身的生命活动以及微生物的侵染和繁殖引起的物理、化学和生理生化变化造成的品质下降。如果能够控制这个基本因素,就能够保护产品、减缓衰老、防止其败坏变质,进而起到保鲜作用。贮藏保鲜技术就是通过调节环境条件,对产品采后的生命活动进行控制,来尽可能地延长产品寿命,使其保持生命活力以抵抗微生物侵染和繁殖,使产品自身品质的劣变得以推迟,从而达到保鲜目的的手段。因此,我们要掌握这些产品采后的各种生命活动规律,对其进行适当的调节和控制,才能更好地做到贮藏保鲜。

果蔬采后仍然是个活的生命体,在继续生长变化,最后衰老死亡。这个时期形成三个有代表性的阶段:成熟、完熟、衰老。成熟是果蔬生长的最后阶段,在色、香、味等方面表现出果蔬应有的特性。这一阶段,果蔬发生了明显的变化,例如含糖量增加,含酸量降低,淀粉减少,果胶物质变化引起果肉变软,单宁物质变化导致涩味减退,芳香物质和色素生成,叶绿素分解,抗坏血酸增加,类胡萝卜素增加或减少,果皮出现光泽或带霜。成熟可分为生理成熟和园艺成熟。果蔬在生长发育过程中,完成了细胞、组织、器官分化发育的最后阶段,充分长成时,达到生理成熟(Maturation,有的称为“绿熟”或“初熟”),这时的果蔬虽达到可以采摘的程度,但不是食用品质最好的时候。从园艺观点上,成熟是达到用途标准的成熟度,又由于组织器官食用加工目的的不同而有差异,如蔬菜类以可食部分最佳为度,叶菜类是营养生长最佳期,而豆芽是生长的初期,这种成熟称为园艺成熟(horticultural maturity)。实际中,生理成熟与园艺成熟在多数情况下是一致的。

完熟(Ripening)是果蔬在采后进行一系列的生物化学变化,逐渐形成本身固有的色、香、味和质地特征,而达到最佳的食用阶段。这一阶段表现为体积充分成长、果肉变软、香味浓郁、糖酸比适宜,果实中的单宁物质被氧化或凝结为不溶性物质,涩味消失。通常我们也将果实达到生理成熟到完熟,达到最佳食用品质的过程叫成熟(包括生理成熟和完熟)。有些果实,例如巴梨、鳄梨、猕猴桃等果实虽然已完成发育达到生理成熟,但果实很硬、风味不佳,并没有达到最佳食用阶段;完熟时果肉变软、色香味达到最佳食用标准。完熟这个过

程既可以发生在植株上,也可以发生在采收以后,采后的完熟过程称为后熟。生理成熟的果实在采后可以自然后熟,达到可食用品质,而幼嫩果实则不能后熟。

衰老(Senescence)是果蔬个体发育的最后阶段,是果蔬生理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的过程。其征兆一般为果实的乙烯含量急剧增加,呼吸强度骤然升高(即呼吸跃变的出现)。茎、叶表现为组织纤维化,豆类硬化。完熟、衰老是果蔬贮藏保鲜努力回避的生理阶段,可以说长期保鲜就是最大限度地推迟或延缓这个阶段的出现。总之,果蔬的成熟、完熟、衰老是果蔬发育过程后期的几个明显的阶段,但是又是相互密切联系的。成熟是衰老的开始,衰老是成熟的终结,两个过程是连续的、不可分割的(如图 1-1)。

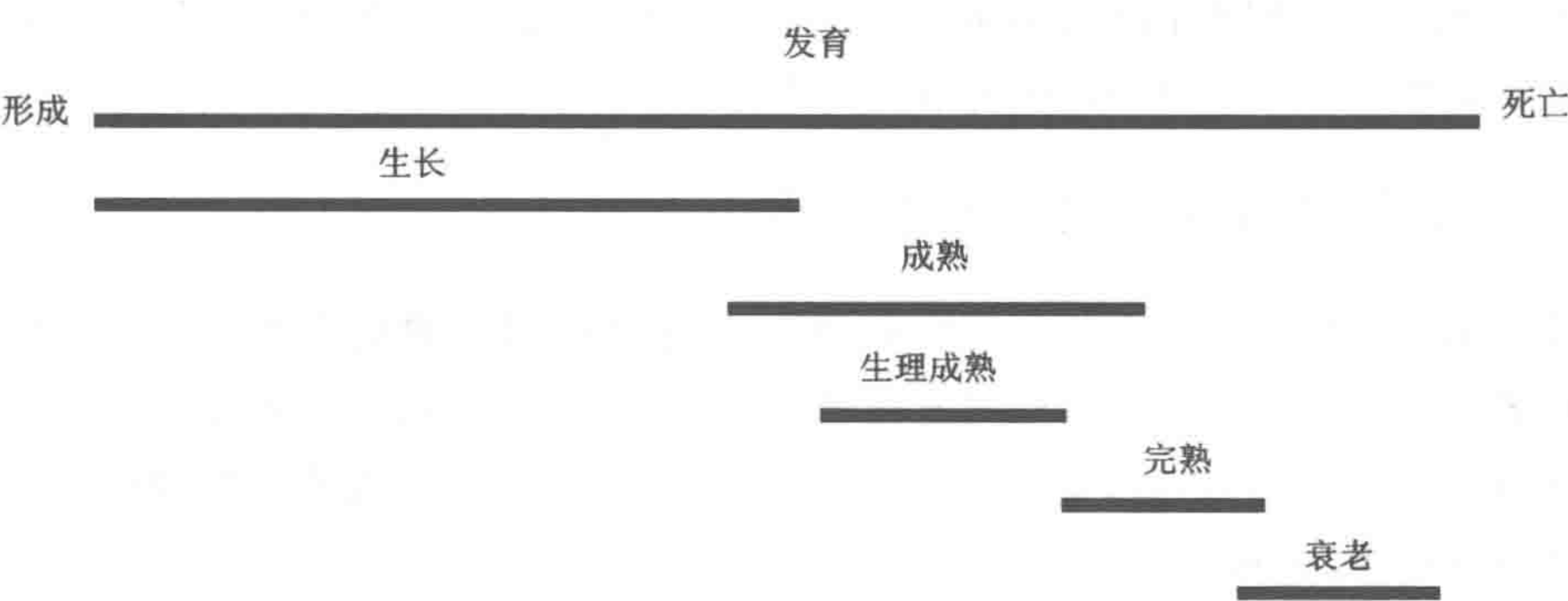


图 1-1 果蔬生命不同阶段

1.2.2 乙烯对成熟和衰老的影响

乙烯是植物界的一种最简单的激素,正常状态下是一种气体,对于采后果蔬来说,它的主要作用是引起果蔬采后后熟和促进衰老。乙烯是发现最迟的植物激素,但研究已久,早在 1924 年,Denny 就发现乙烯能促进柠檬变黄及呼吸作用加强。1934 年 Gane 发现乙烯是苹果果实成熟时的一种天然产物,并提出乙烯是成熟激素的概念。1959 年人们将气相色谱用于乙烯的测定。由于可测出微量乙烯,1967 年 Goeschl 在模拟豌豆幼苗出土时生成和作用的实验中证实了乙烯的确是促进果实成熟的一种植物激素,而不是果蔬成熟时的一种天然产物。

1.2.2.1 乙烯的生物合成

1964 年 Lieberman 首先提出乙烯来自蛋氨酸,1979 年 Yang 和 Adams 发现 ACC(1-氨基环丙烷羧酸)是乙烯合成的直接前提,并在以后的一系列研究中确定了植物体内乙烯生物合成的途径:前提物蛋氨酸(Met)→S-腺苷蛋氨酸(SAM)→1-氨基环丙烷→1-羧酸(ACC)→乙烯。乙烯是由蛋氨酸第 2、3 位碳原子所形成,Met 与 ATP 通过腺苷基转移酶催化形成 SAM,这一步并非限速步骤,体内 SAM 一直维持着一定水平。SAM 到 ACC 是通过以磷酸吡哆醛为辅基的 ACC 合成酶传递形成,ACC 合成酶专一以 SAM 为底物,同时

强烈受到磷酸吡哆醛酶类抑制剂氨基乙氧基乙烯基甘氨酸(AVO)和氨基氧乙酸(AOA)的抑制,该酶在组织中的浓度非常低,为总蛋白的 0.0001%,存在于细胞质中,因此,该步骤是乙烯合成的关键步骤。果实成熟、受到伤害、吲哚乙酸和乙烯本身都能刺激 ACC 合成酶活性。最后一步是 ACC 在乙烯形成酶(EFE)的作用下,在有 O₂ 的参与下形成乙烯。EFE 有膜的依赖性,其活性需要膜的完整性和组织的完整性;组织细胞结构破坏(匀浆时)时合成停止。因此,跃变后的过熟果实细胞内虽然 ACC 大量积累,但由于组织结构瓦解,乙烯的生成就低多了。ACC 除了氧化生成乙烯外,另一个代谢途径是在丙二酰基转移酶的作用下与丙二酰基结合,生成无活性的末端产物丙二酰基—ACC(MACC)。此反应是在细胞质中进行的,MACC 生成后,转移并贮藏在液泡中。果实遭受胁迫时,因 ACC 增高而形成的 MACC 在胁迫消失后仍然积累在细胞中,成为一个反映胁迫程度和进程的指标。果实成熟过程中也有类似的 MACC 积累,成为成熟的指标。

1.2.2.2 乙烯对成熟和衰老的促进作用

乙烯是果蔬在成熟衰老中的关键因素,能引起果蔬呼吸高峰的出现,启动果蔬后熟,促进果蔬衰老。跃变型果实在成熟期间能自身产生乙烯,称内源乙烯。无论是内源乙烯还是外源乙烯,只要有微量的乙烯(表 1—1),就足以启动或诱导果实成熟,随后呼吸上升、内源乙烯释放迅速增加,达到高峰。

表 1—1 几种果实成熟的乙烯阈值

果 实	乙烯阈值/(10 ⁻⁶ g/g)	果实	乙烯阈值/(10 ⁻⁶ g/g)
香蕉	0.1~0.2	梨	0.46
油梨	0.1	甜瓜	0.1~1.0
柠檬	0.1	甜橙	0.1
芒果	0.04~0.4	番茄	0.5

此期间乙烯累积在组织中的浓度可高达 10~100 mg/kg,虽然乙烯高峰和呼吸高峰出现的时间有所不同,但就多数跃变型果实来说,乙烯高峰常出现在呼吸高峰之前,或与之同步。乙烯浓度的大小对呼吸高峰的峰值无影响,但浓度大时,呼吸高峰出现的早。乙烯对跃变型果实呼吸的作用只有一次。因此,只有在乙烯达到启动或诱导成熟的浓度之前采用相应的措施,抑制内源乙烯的大量产生和呼吸跃变,才能延缓果实的后熟,延长产品贮藏期。非跃变型果实成熟期间不产生内源乙烯或产量极低,因此后熟过程不明显,但外源乙烯在整个成熟期间都能促进呼吸上升,每使用一次,都会有一次呼吸高峰。在很大的浓度范围内,乙烯浓度与呼吸强度成正比,当除去外源乙烯后,呼吸下降,恢复到原有水平,也不会促进内源乙烯增加(图 1—2)。

另外,不同成熟度的果蔬对不同的乙烯浓度的反映不同,越接近成熟的果蔬,乙烯引起成熟所需要的时间越短,尽管所采用的乙烯浓度不同,但这一规律很明显(表 1—2)。

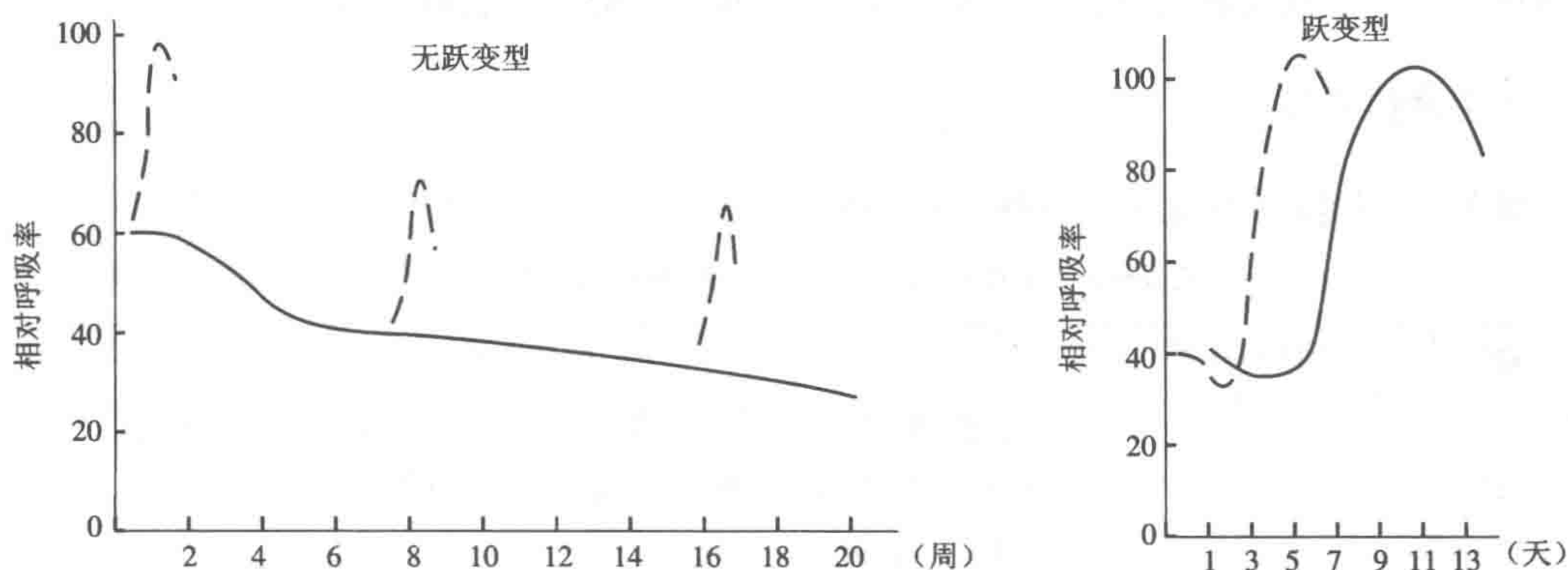


图 1-2 乙烯对跃变型和非跃变型果实呼吸的影响

表 1-2 低浓度乙烯与香蕉开始成熟的关系

C ₂ H ₄ (1×10 ⁻⁶)	达到开始转黄所需时日	
	现蕾 80 日龄后	现蕾 111 日龄后
0	18	16
0.1	15	10
0.3	7	4
0.5	6	3.5
1.0	5	3
5.0	3	2

伴随着对果蔬呼吸的影响,乙烯启动了果蔬后熟,加速了衰老与腐烂。如仅 0.02 mg/kg 乙烯就能使猕猴桃冷藏期间的硬度大幅度降低;20~35 mg/kg 乙烯会使莴苣叶面两侧出现褐斑;0.2 mg/kg 乙烯就使黄瓜变黄;1 mg/kg 乙烯使白菜和甘蓝脱帮,加速腐烂。此外,乙烯还加速马铃薯发芽,使萝卜积累异香豆素,造成苦味,刺激石刁柏老化合成木质素而变硬。

1.2.2.3 乙烯的作用机理

乙烯在油中的溶解度比在水中大 14 倍,而细胞内的许多中膜都是由蛋白质和脂肪所构成,因此这些脂质是乙烯最大可能的作用点。乙烯作用于膜的结果必然会引起膜的变化,尤其是可透性的变化。Sacher 在香蕉与油梨上,也证明了呼吸高峰的开始伴随着细胞内物质外渗的增高。这些结果都说明果蔬成熟时细胞内膜的可透性增大。葡萄柚外皮切块经乙烯处理后,苯丙氨酸解氨酶(PAL)的活性显著增加。甘薯块根的薄片切块置于乙烯中,过氧化物酶、多酚氧化酶、绿原酸酶及 PAL 的活性都有所提高。所以说,酶活性的提高,也是乙烯作用机理的一个方面。

1.2.2.4 影响乙烯合成和作用的因素

乙烯的合成能力及其作用主要受自身种类和品种特性、发育阶段、外界贮藏环境条件

等方面的影响。只要我们掌握了这些因素,就能从多方面对其进行控制。

1. 果蔬的种类

果蔬产品种类繁多,由于自身种类和品种特性的不同,乙烯的产量也各有差异,见表 1—3。

表 1—3 果蔬产品的乙烯产生量(Kadr,1992) 单位:μL C₂H₄/kg·h(20℃)

类型	乙烯产生量	产品名称
非常低	<0.1	朝鲜蓟、芦笋、菜花、樱桃、柑橘类、枣、葡萄、草莓、石榴、甘蓝、结球甘蓝、菠菜、芹菜、葱、洋葱、大蒜、胡萝卜、石刁柏、豌豆、菜豆、甜玉米、多数切花
低	0.1~1.0	黑梅、蓝梅、红梅、酸果蔓、甘蓝、柿子、菠萝、黄瓜、绿菜花、茄子、秋葵、柿子椒、南瓜、西瓜、马铃薯、加沙巴甜瓜
中等	1.0~10.0	香蕉、无花果、番石榴、白兰瓜、荔枝、番茄、大蕉、甜瓜(蜜王、蜜露等品种)
高	10.0~100.0	苹果、杏、萼梨、公爵甜瓜、罗马甜瓜、猕猴桃、榴莲、油桃、桃、番木瓜、梨
非常高	>100.0	南美番荔枝、曼密苹果、西番莲、番荔枝

2. 果实的成熟度

跃变型果实中乙烯的生成有两个调节系统:系统Ⅰ负责跃变前果实中低速率合成的基础乙烯,系统Ⅱ负责成熟过程中跃变时乙烯自我催化大量生成,有些品种在短时间内系统Ⅱ合成的乙烯可比系统Ⅰ增加几个数量级。两个系统的合成都遵循蛋氨酸途径。不同成熟阶段的组织对乙烯作用的敏感性不同。跃变前的果实对乙烯作用不敏感,系统Ⅰ生成的低水平乙烯不足以诱导成熟;随果实发育,在基础乙烯不断作用下,组织对乙烯的敏感性不断上升,当组织对乙烯敏感性增加到能对内源乙烯(低水平的系统Ⅰ)作用起反应时,便启动了成熟和乙烯的自我催化(系统Ⅱ),乙烯便大量生成,长期贮藏的产品一定要在此之前采收。采后的果实对外源乙烯的敏感程度也是如此,随成熟度的提高,对乙烯越来越敏感。非跃变果实乙烯生成速率相对较低,变化平稳,整个成熟过程只有系统Ⅰ活动,缺乏系统Ⅱ,这类果实只能在树上成熟,采后呼吸一直下降,直到衰老死亡,所以应在充分成熟后采收。

3. 贮藏环境

乙烯的合成是一个复杂的酶促反应,酶的活性受一定温度的影响,低温或高温都能降低乙烯的合成。一般在 0℃左右乙烯生成很弱,后熟得到抑制。如荔枝在 5℃下,乙烯合成只有常温的 1/10 左右;对大部分果蔬来说,当果温在 20~25℃时乙烯合成最快。因此,采用低温贮藏可以有效地控制乙烯形成。但冷敏感果实长时间贮藏于临界温度以下,会受到不可逆伤害,细胞膜结构遭到破坏,乙烯不能合成,果实则不能正常成熟,使口感风味或色泽受到影响,甚至失去实用价值。此外,多数果实在 35℃以上时,高温抑制了 ACC 向乙烯