

果蔬贮藏加工原理与技术

总编 彭坚 朱俊晨 李论

上 册

果蔬贮藏保鲜原理与技术

主编 席嘉宾 区胜祥 黄峰

中国农业科学技术出版社

果蔬贮藏加工原理与技术

总 编 彭 坚 朱俊晨 李 论

上册 果蔬贮藏保鲜原理与技术

主 编 席嘉宾 区胜祥 黄 峰

中国农业科学技术出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

果蔬贮藏加工原理与技术/彭坚等总编. -北京: 中国农业科学技术出版社, 2002.10

ISBN 7-80167-449-9

I. 果… II. 彭… III. ①水果-贮藏 ②水果-加工
③蔬菜-贮藏 ④蔬菜-加工 IV. S609-44

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 065024 号

责任编辑
责任校对
出版发行
经 销
印 刷
开 本
印 数
版 次
定 价

冯凌云
马丽萍
中国农业科学技术出版社 邮编: 100081
新华书店北京发行所
北京奥隆印刷厂
787mm×960mm 1/16 印张: 15.625
1~3 000 册 字数: 270 千字
2002 年 10 月第 1 版, 2002 年 10 月第 1 次印刷
50.00 元 (上、下册)

- 总 编 彭 坚 (深圳职业技术学院)
朱俊晨 (深圳职业技术学院)
李 论 (深圳职业技术学院)
- 上册主编 席嘉宾 (中山大学)
区胜祥 (广东省农业管理干部学院)
黄 峰 (广西职业技术学院)
- 编 者 (按拼音顺序排名)
黄 峰 (广西职业技术学院)
李秀娟 (湛江海洋大学)
李小梅 (中山学院)
孙莉娜 (中山学院)
李雷斌 (浙江金华职业技术学院)

编写说明

高等职业技术教育是我国高等教育的重要组成部分。我国加入“WTO”组织后的经济、科技和社会发展形势也对高等职业技术人才培养提出了许多新的、更高的要求。高等职业技术教育已成为社会当前关注的热点，面临着大好的发展机遇。但是，我国高等职业技术学院教材短缺，已严重影响了当前教学的开展和教育改革工作。为此，在中国农业科学技术出版社的组织下编写了这本教材，供全国普通高等职业技术学院、普通高等专科学校、普通高等本科院校下设的职业技术学院及普通中专高职班的果蔬园艺类专业和果蔬贮藏加工专业及食品加工或农产品加工相关专业使用。

本教材是21世纪职业技术学院系列教材的组成部分，是上述专业的主要专业课教材。教材在吸取国内有关院校相关教材编写经验的同时，注重理论知识与专业技术知识的相互联系，突出了应用性、实用性、综合性与先进性。教材定位是：理论以必需、够用为度，以讲清概念、强化应用为重点，以应用为目的，注重学生技术应用基础能力的培养。教材分为上、下两册，涵盖了传统果蔬贮藏加工学的内容。上册为果蔬采后贮藏保鲜的内容，着重阐述了果蔬贮藏保鲜的生物学基本原理；并注重介绍各种果品和蔬菜采后商品化处理方式，如采收、清洗、分级、包装、预冷等提高农产品价值，实现商品化的各种措施和手段；同时还介绍了不同果蔬贮藏场所（库）中的温度、湿度和气体管理基本技术；详细地叙述了南北常见的40多种果品和蔬菜行之有效的、可操作性强的具体贮藏保鲜方法与技术。下册为果蔬采后加工制作的内容，属食品加工范畴。下册简述了果蔬加工用水处理、果蔬原料加工预处理及食品添加剂应用的基础知识，详细地介绍了果蔬常见加工品的加工制作原理与实用加工技术，包括果蔬腌渍制品、果酱类制品、果蔬罐头、果蔬汁、果酒与果醋、果蔬速冻制品及果蔬综合利用的其他制品。本教材力求反映该领域国内外的最新研究进展，并在每章专门安排了相关的思考问题。各地可结合当地实际情况择情运用，组织教学。但是，由于果蔬种类品种繁多，限于篇幅不能尽述，在运用与教学时，尚需参考其他书籍与资料。

本教材由彭坚、朱俊晨和李论同志担任总主编。席嘉宾、区胜祥、黄峰同志担任教材上册的主编，李秀娟、李小梅、李雷斌同志担任教材下册的主编。编写分工是：李秀娟编写教材上册的第1章和下册的第8章；黄峰编写教材上册的第2章及下册的第6章；李雷斌编写教材上册第3章部分内容及教材下册第1章的“1.1 果蔬加工用水处理”和“1.2 食品添加剂在果蔬加工中的应

用”；李小梅编写教材上册第3章部分内容及教材下册第4章；孙莉娜编写教材上册第4章；朱俊晨编写教材下册第1章“1.3 果蔬加工原料处理”部分内容；彭坚编写教材下册的第1章“1.3 果蔬加工原料处理”部分内容及下册的第2章和第5章；区胜祥编写教材下册的第3章；黄国清编写教材下册的第7章；黄东光编写教材下册的第9章。席嘉宾、李论负责教材上册的统稿工作，彭坚、李秀娟负责教材下册的统稿工作。最后由彭坚和朱俊晨同志负责全书的统稿工作。

本教材打破了以往教材编写人员仅由同类院校专家组成的体系，由普通高等本科院校、普通高等职业技术学院、行业协会的相关专家学者参与编写，汇集了各方的力量，取材结合实际，既有最新理论和技术，又触及到果蔬贮藏加工领域中最具体的生产实践问题，努力做到理论和实践有机联系为一体，既可作为教材，又可作为从事实际工作的生产技术人员参考书。由于果蔬贮藏加工领域涉及的知识面广，内容丰富，编者水平有限，加之时间仓促，书中疏漏与错误之处在所难免，恳请诸位同仁和读者指正。

编 者
2002年6月8日

绪 言

我国是世界上最大的果蔬产品生产国，以我国果品总产量为例，2001年约为7400万t，位居世界前列，预计2010年将超过1亿t。我国的蔬菜和果品生产在种植业中现已仅次于粮食生产之后的第二位和第三位。而果蔬贮藏加工产品作为农产品中经济附加值较高的产品，在农业结构调整的形势下必将日益得到重视和发展。特别是我国西部大部分地区生产的果品如苹果、梨、葡萄等已具有独特的优势，却缺乏相应的采后技术和设施，为了发展西部的农业，改变西部作为农产品单一原料供应地的落后状况，果蔬产品的采后处理、加工、贮藏保鲜等技术的应用，将起着举足轻重的重要作用。

据专家预测，我国作为WTO新的成员国，农产品，包括园艺产品，所受到的挑战虽然首当其冲，但作为一种劳动密集型的产业，仍将具有很大的比较优势和竞争优势。近些年来，特别是中国加入WTO以来，我国的果蔬产品出口呈逐年上升趋势，特别是预冷保鲜蔬菜和速冻加工保鲜蔬菜出口迅猛发展，产品销售到日本、美国、欧共体、韩国、中东、东南亚及我国香港等地，就说明了上述优势正在显现。随着我国今后在果蔬产品贮藏加工技术设备、人才培养和研究工作等方面的更加深入，我国的果蔬产品在国际市场将发挥出更加明显的优势。

但有许多事实说明，我国还不是果蔬商品化的强国。据1999年统计，发达国家每年人均占有商品果品达70kg，而我国仅有46.5kg；世界各国参与国际贸易的果蔬量占世界果蔬平均总产量的10%水平，而我国的果蔬出口量仅占果蔬总产量的1.16%。究其原因主要在于商品品质规格符合国际通行的标准、能够形成批量的拳头果蔬产品太少，难以把握稳定的渠道和出口市场。由此带来的另一种效应是，外国进口果蔬及产品却瞄准我国高档果蔬产品的市场空缺大量涌入我国市场。据海关统计，1997年我国首次出现了果蔬产品进口大于出口的情况；而1998年我国出口果品63.3万t，却进口果品65万t。这说明，我国果蔬贮藏加工业在迎来机遇的同时又面临着严峻的挑战。在这种形势下，如何改善果蔬产品采后的贮藏、加工、运输等条件，提供高质量、高附加值的产品，参与国际竞争，开拓国内外市场，已是摆在我国果蔬园艺工作者面前的重要课题。

面壁十年图破壁，我们很有必要与先进国家对照和反思自己的差距。在果蔬贮藏保鲜方面，首先是新鲜水果和蔬菜采后腐烂变质的控制问题还未从根本上得到解决。我国新鲜果蔬在采后及储运过程中平均约有25%的产品因腐烂

变质不能食用而损失，有些易腐水果和蔬菜采后腐烂损失可能会平均高达30%以上；而在西方国家，因为从事果品和蔬菜生产与保鲜的科技人员及经营者都在花费巨大的精力、物力和财力，为保持果品和蔬菜新鲜品质不断地探索和研究各种行之有效的贮藏保鲜方法，使得新鲜果蔬采后的损失率仅为15%左右。其次，我国果蔬产品采后商品化处理水平不但落后而且处理率也不高，经过采后分级、清洗、包装等商品化处理的果品和蔬菜产品不足50%，而欧美各国则高达90%以上；我国果蔬采后的商业贮藏率仅占总产量的10%，其中采用西方发达国家已广泛使用的气调贮藏方式者甚至不足1%，而在欧美等国家如意大利，90%的果品要经过贮藏及商品化处理，80%的贮藏库为全自动气调库，从而做到了水果全年均衡上市，美国则是通过高效率的运输设备和技术使南北东西的果蔬市场都能得到充足的新鲜产品供应。

另外，一个国家果蔬加工业在果蔬生产总值中的比例，人民对果蔬加工品（主要是果汁、果酒、罐头）的消费数量，被看作是一个国家发达程度和衡量人民生活水平的重要标志之一。目前，我国生产的果蔬产品以原料鲜销为主，又缺乏适宜于加工的品种，加上技术设备陈旧落后、专业技术人员缺乏，虽然果蔬总产量高，加工量却不足总产量的10%，在一些经济发展程度越低的地区，则鲜食的比例还会高些，用作果蔬制品加工的比率只有5%左右；而且果蔬加工品种类单调，品质差，缺乏竞争能力。而欧美经济发展程度高的国家和地区，新鲜果蔬用于加工的比例非常高。如美国的佛罗里达州生产的柑橘约有70%左右用于加工，该国的葡萄、苹果等果品用于加工也占相当大的比例，果蔬加工产品琳琅满目，品质高，风味好，形成了巨大的产业。一些跨国商业集团如都乐、大湖等公司已进入我国，以优良的技术和产品抢占了我国市场。

以上种种情况说明，尽管我国已成为果蔬产品生产的大国，在果蔬产品的贮藏加工技术上也有较大的发展和进步，但我国在果蔬园艺产品的贮藏加工技术设备、人才培养和研究工作等方面依然十分落后，与欧美等发达国家还有相当大的差距。

所以，我们必须在现有的基础上奋起直追。从“六五”起，我国的果蔬保鲜和加工就先后被列入国家的科技攻关项目，组织了有关科研和经营管理人员进行研究，所获得的大量成果，对改善果品和蔬菜采后处理、贮藏、运输等技术措施，减少产品损耗，保证质量，延长供应期和调剂市场余缺等方面，都起到了良好的示范作用。国家在第10个五年计划中，又把包括果蔬产品在内的农产品贮藏加工放在了首要位置，这必将进一步推动我国果蔬产品贮藏加工理论及技术的发展，也为我国在果蔬产品贮藏保鲜加工的研究跟上世界先进水平提供了重要保证。

近 20 年来,国内外在果蔬产品贮藏保鲜的理论研究上呈现出以下特点:从认识果蔬采后的呼吸现象、乙烯的生理效应,到认识乙烯生物合成途径的调控,进而认识果蔬采后成熟衰老的机理及分子生物学基础,其研究从观察宏观现象到深入细胞、亚细胞以及分子水平的微观世界。研究的发展不断运用于指导果蔬的贮藏保鲜实践,使果蔬产品的贮藏保鲜方式有了可喜的进步。果蔬品贮藏从各种因地制宜的土法贮藏,发展到根据不同产品特征设计的通风贮藏、机械冷藏以及气调贮藏;从各种保鲜剂的开发利用,到利用基因工程技术提高果蔬自身耐贮能力。这些研究应用的进步和发展,以及相关设备的开发和创新,为果蔬产品的贮藏保鲜领域提供了极为丰富的新鲜内容,并为进一步的研究展示了广阔的空间。

在果蔬产品加工领域的技术研究方面,则呈现出以下的发展趋势:从传统的罐藏、腌制、盐渍、糖制、榨汁、酿造、干制等,到今天的膜分离技术、超临界萃取技术、微胶囊技术、基因工程技术,甚至最新的纳米技术在发酵、酿造、食品工业用酶、添加剂开发方面的利用,为果蔬产品的加工开发展示了诱人的前景。这些技术的利用大大提高了生产效率,降低了生产成本,提高了产品品质,增强了市场竞争能力。

果蔬产品贮藏加工领域今后仍有许多问题值得重点研究。如在贮藏理论方面,作为衰老因子的乙烯生物合成调控、乙烯受体及信号转导的问题,以及贮藏期间生理病害的致病机理等仍是世界范围的研究热点;在加工方面,如何解决加工过程中果汁的后混浊问题、加工产品的褐变问题、加工产品中的香气成分和营养价值保存问题,以及如何研究开发新的加工方法等诸多问题有待解决。

果蔬产品贮藏加工学的研究目的,是探索果蔬产品采后的成熟、衰老、品质变化,以及加工过程中各种物理化学变化的机理,了解和掌握果蔬贮藏加工的基本理论及实用技术,特别要了解和学习国际上普遍采用的果蔬预冷和速冻贮藏保鲜技术及加工新技术,从而更好地指导果蔬产品贮藏加工的具体生产应用实践。为学好这门综合性的应用学科,学习者必须具备一定的植物学、植物生理学、普通化学、生物化学、植物解剖学、微生物学、化工原理、机械制冷学以及生物技术等学科的基础知识,并以此为基础,开拓性、创造性地应用已学习和掌握的丰富理论知识及基本技术去进行实践和探索,才能更好地学习、理解和掌握果蔬产品贮藏加工的知识和技能,才能迎接挑战,为我国的果蔬产品贮藏加工事业做出应有的贡献。

目 录

第1章 果蔬采后品质变化的原因与控制方法	(1)
1.1 果蔬采后品质变化过程中的成熟衰老及其生物化学变化	(2)
1.1.1 果蔬产品成熟衰老的概念	(2)
1.1.2 果蔬采后成熟衰老过程中的生物化学变化	(3)
1.2 果蔬采后品质变化的原因	(22)
1.2.1 由生理作用引起的品质变化	(22)
1.2.2 由酶促褐变引起的品质变化	(33)
1.2.3 由微生物引起的品质变化	(34)
1.2.4 由采后生长引起的品质变化	(43)
1.2.5 由物理损伤引起的品质变化	(44)
1.3 果蔬采后品质变化的控制	(46)
1.3.1 贮藏环境温度的控制	(48)
1.3.2 贮藏环境的相对湿度的控制	(61)
1.3.3 贮藏环境气体成分的控制	(65)
1.3.4 控制采后果蔬产品的生长	(79)
1.3.5 减轻果蔬产品的物理损伤	(82)
第2章 果蔬产品的采后处理技术	(96)
2.1 果蔬产品贮藏前处理	(96)
2.1.1 采收	(96)
2.1.2 挑选与分级	(97)
2.1.3 防腐处理	(100)
2.1.4 包装	(107)
2.1.5 预冷	(108)
2.1.6 其他处理措施	(110)
2.1.7 产品的运输	(116)
2.2 果蔬产品的贮藏	(117)
2.2.1 简易贮藏	(117)
2.2.2 通风贮藏库贮藏	(118)
2.2.3 机械冷藏库	(119)

2.2.4 调节气体贮藏	(122)
2.2.5 其他贮藏方式	(124)
第3章 常见果品的贮藏保鲜技术	(128)
3.1 苹果的贮藏保鲜	(128)
3.1.1 贮藏特性	(128)
3.1.2 采收及贮前处理	(129)
3.1.3 贮藏	(129)
3.2 梨和鳄梨的贮藏与保鲜	(136)
3.2.1 贮藏特性	(136)
3.2.2 采收及贮前处理	(137)
3.2.3 贮藏	(137)
3.3 葡萄的贮藏保鲜	(140)
3.3.1 贮藏特性	(140)
3.3.2 采收及贮前处理	(140)
3.3.3 贮藏	(141)
3.4 猕猴桃的贮藏保鲜	(143)
3.4.1 贮藏特性	(143)
3.4.2 采收及贮前处理	(143)
3.4.3 贮藏	(143)
3.5 桃和油桃的贮藏保鲜	(144)
3.5.1 贮藏特性	(144)
3.5.2 采收及贮前处理	(145)
3.5.3 贮藏	(145)
3.5.4 常见贮藏病害及防治	(146)
3.6 李和杏的贮藏保鲜	(146)
3.6.1 李的贮藏与保鲜	(146)
3.6.2 杏的贮藏保鲜	(148)
3.7 无花果的贮藏保鲜	(150)
3.7.1 适宜的贮藏条件	(150)
3.8 山楂的贮藏保鲜	(151)
3.8.1 贮藏特性	(151)
3.8.2 采收	(151)
3.8.3 贮藏	(151)
3.9 樱桃的贮藏保鲜	(152)

3.9.1 贮藏特性	(152)
3.9.2 采收	(152)
3.9.3 贮藏	(152)
3.10 柿的贮藏保鲜	(153)
3.10.1 贮藏特性	(153)
3.10.2 采收及贮前处理	(154)
3.10.3 贮藏	(154)
3.10.4 常见贮藏病害及防治	(156)
3.10.5 涩柿脱涩方法	(156)
3.11 石榴的贮藏保鲜	(158)
3.11.1 贮藏特性	(158)
3.11.2 采收及贮前处理	(158)
3.11.3 贮藏	(158)
3.12 板栗和核桃的贮藏保鲜	(159)
3.12.1 板栗的贮藏与保鲜	(159)
3.12.2 核桃的贮藏与保鲜	(162)
3.13 果用瓜类的贮藏保鲜	(165)
3.13.1 西瓜的贮藏保鲜	(165)
3.13.2 哈密瓜的贮藏	(167)
3.13.3 白兰瓜的贮藏保鲜	(169)
3.14 草莓的贮藏保鲜	(170)
3.14.1 贮藏特性	(170)
3.14.2 采收及贮前处理	(170)
3.14.3 贮藏	(170)
3.15 柑橘的贮藏保鲜	(171)
3.15.1 贮藏特性	(172)
3.15.2 采收及贮藏前处理	(172)
3.15.3 适宜的贮藏方法	(173)
3.15.4 柑橘常见的贮藏病害及防治	(174)
3.16 香蕉的贮藏	(175)
3.16.1 生物学特点	(175)
3.16.2 采收及采后处理	(176)
3.16.4 香蕉贮藏病害	(177)
3.17 荔枝的贮藏	(178)

3.17.1	荔枝的贮藏特性	(178)
3.17.2	荔枝的采收及采后处理	(178)
3.17.3	贮藏方法	(179)
3.17.4	荔枝的主要贮藏病害	(180)
第4章	蔬菜和食用菌的贮藏保鲜技术	(181)
4.1	大白菜的贮藏保鲜	(181)
4.1.1	贮藏特性	(181)
4.1.2	对品种和栽培技术的要求	(182)
4.1.3	采收及贮前处理	(182)
4.1.4	贮藏方法	(183)
4.1.5	贮藏管理	(184)
4.1.6	常见贮藏大白菜病害及防治	(185)
4.2	耐寒绿叶菜类的贮藏保鲜	(187)
4.2.1	菠菜的贮藏	(187)
4.2.2	芹菜	(189)
4.3	根菜类的贮藏保鲜	(190)
4.3.1	贮藏特性	(190)
4.3.2	对品种和栽培技术的要求	(191)
4.3.3	采收及贮前处理	(191)
4.3.4	贮藏	(192)
4.3.5	常见贮藏病害及防治	(193)
4.4	地下茎菜类的贮藏保鲜	(194)
4.4.1	马铃薯	(194)
4.4.2	洋葱	(196)
4.4.3	大蒜和大葱	(198)
4.4.4	姜	(200)
4.4.5	芋头	(202)
4.4.6	百合	(203)
4.4.7	莲藕	(204)
4.4.8	慈姑	(204)
4.5	果菜类的贮藏保鲜	(206)
4.5.1	番茄	(206)
4.5.2	辣椒	(208)
4.5.3	南瓜和冬瓜	(210)

4.5.4 黄瓜	(211)
4.5.5 茄子	(213)
4.5.6 菜豆	(214)
4.5.7 蚕豆和豌豆	(216)
4.6 其他蔬菜的贮藏保鲜	(217)
4.6.1 花椰菜	(217)
4.6.2 绿菜花	(218)
4.6.3 蒜薹	(219)
4.6.4 甜玉米	(221)
4.6.5 莴笋	(221)
4.6.6 茭白	(222)
4.7 食用菌的贮藏保鲜	(224)
4.7.1 新鲜食用菌子实体败坏变质的主要影响因素	(224)
4.7.2 食用菌贮藏方法	(226)
4.7.3 几种食用菌的贮藏保鲜技术	(229)
主要参考文献	(233)

第 1 章 果蔬采后品质变化的原因与控制方法

长期以来我国果蔬产地基础设施和条件缺乏，不能很好地解决产地果蔬分选、分级、清洗、预冷、冷藏运输等问题，致使果蔬在采后流通过程中的损失相当严重，果蔬每年损失率为25%~30%，约750亿元。据有关部门保守的估计，果蔬采后的腐烂损耗，几乎可以满足2亿人口的基本营养需求。

果蔬品质是一个综合性状概念，包括4个方面：

一是商品品质，包括果个、果形、着色、损伤程度、光洁度、病虫害、成熟度、农药残留、储运性等。优质商品果应是果个整齐、果形端正、着色度高而一致，并经洗果、打蜡、分级、包装工序，果实亮丽动人、整齐，包装精美。

二是食用品质，包括糖、酸含量、脆度、芳香、成熟度、果皮厚薄、质地、汁液等。要求甜酸适度、松脆多汁、肉细芳香、果心小等。

三是营养品质，包括脂肪、碳水化合物、蛋白质、纤维素、维生素C、矿物质、芳香物质等的含量。要求营养成分高，不含有毒物质。

四是加工品质，包括质地、酸度、芳香及有关的化学、物理、生理等加工特性。要求糖酸含量高，果实出汁率高，颜色好，有香味等。

果蔬采收之后，虽然离开了原来的栽培环境和母体，但它仍然是有生命的实体，其生命活动不断地消耗自身所含的营养物质，使其逐渐走向衰老以致解体。营养丰富且又富含水分的果蔬是多种微生物良好的生活基质，果蔬极易受微生物侵染而失去食用价值。这一切，使采后果蔬在自然条件下，从最佳可食成熟度到风味、品质恶化、腐烂解体往往只有很短的时间。没有必要的果蔬保鲜贮藏和加工保藏能力，将不可避免出现“旺季烂、淡季断”的局面。本章主要讨论果蔬采收后一系列生理变化引起其品质变化的原因与控制方法。

1.1 果蔬采后品质变化过程中的成熟衰老及其生物化学变化

1.1.1 果蔬产品成熟衰老的概念

从植物本身来看,成熟是果实离开母体后,色、香、味等方面完全表现出该果品固有的特性,称为生理成熟 (physiological maturity)。从园艺学观点,成熟是达到各种用途标准的成熟度,由于食用的组织、器官不同,鲜食或加工等目的不同,成熟的标准差异很大。例如,香蕉一般是生理成熟的 8 成采收,青梅也是 8 成生理成熟采收适于加工,蔬菜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)。生理成熟与园艺成熟在多数情况下是一致的,但是由于商品的目的不同有时差别甚大。生理成熟也因为是外来语翻译而常常遇到概念不明确的问题。

成熟与衰老是生活有机体生命过程中的两个阶段。供食用的果蔬有些是成熟的产品,如各种水果和部分蔬菜,有些则是不成熟或幼嫩的,如大部分蔬菜。所以讨论成熟问题是对前者而言。

1.1.1.1 果蔬产品的成熟

成熟 (maturation) 这是指果实生长的最后阶段,即达到充分长成时候。在这一时期,果实中各种物质发生了极明显的变化,例如,含糖量增加,含酸量降低,淀粉减少(苹果、梨、香蕉等),果胶物质变化引起果肉变软,单宁物质变化导致涩味减退,芳香物质和果皮、果肉中的色素生成,叶绿素分解,抗坏血酸增加,类胡萝卜素增加或减少等,而果实体积长到一定的大小、形状,果皮出现光泽或带果霜、果蜡。上述果实生长到一定阶段而表现出来的形态和生理生化的特点,是果实开始成熟的表现,说明进入成熟阶段。这个成熟阶段包括较长的时期,一般偏重于初进入成熟的时期,所以有的把 maturation 译成“绿熟”或“初熟”。因此,按中文习惯把它译为成熟,这只是指果实达到可以采摘的程度,但不一定是食用最佳的阶段。

1.1.1.2 果蔬产品的完熟

完熟 (ripening) 这是成熟以后的阶段,指果实达到完全表现出本品种典型性状,而且是食用品质最好的阶段。所以,成熟与完熟虽然概念上很难截然分开,但是两者在果实成熟的程度上有实质性的差别。果实进入完熟时,体积已经充分长成,也达到了适宜于食用的品质。成熟的过程大都是果实着生在树上时发生,完熟则是成熟的终了时期,可以发生在树上,也可能发生在采收

以后。这时的果实风味、质地和芳香气味已经达到宜于食用的程度。有些果实如香蕉和芒果等着生在树上时，往往不能等到完熟就需要采收，而是在达到一定的饱满度时采收，然后进行催熟才能食用。又如鳄梨着生在树上不能完熟，只有离开树体以后，经过催熟以后才能达到完熟，巴黎也同样，尽管它已完全成长，但继续留在树上却不能完熟，刚采下来的鳄梨仍不能食用，一方面很硬，另一方面还没有充分体现该果品食用时应有的特性，无香味和甜味经过一段时间贮藏或处理以后才能达到完熟。这种采后必需经过一段时间或处理才能完熟的过程在果树栽培上称为“后熟”。

1.1.1.3 果蔬产品的衰老

衰老 (senescence) 是植物的器官或整个植株体在生命的最后阶段。对果实而言衰老是指果实生长已经停止，完熟变化基本结束的阶段。衰老也可能发生在采收之前，但大多数发生在果实采收之后。一般认为，果实的呼吸作用骤然升高，也就是某些果实的呼吸跃变 (respiration climacteric rise) 的出现是代表衰老的开始。食用的植物根、茎、叶、花及其变态器官没有成熟问题，但有组织衰老问题。衰老的植物组织细胞失去补偿和修复能力，胞间的物质局部崩溃，细胞彼此松离。细胞的物质间代谢和变换减少，膜脂发生过氧化作用，膜的透性增加，最终导致细胞崩溃及整个细胞死亡的过程。果实的成熟与衰老都是不可逆的变化过程。因此，有些生理学家很早就认为果实成熟是衰老的开始。有些成熟过程过度到衰老是连续的，两者不易分割，生产上把果蔬最佳食用阶段以后的品质劣变或组织崩溃阶段称为衰老。

总之，果实的成熟、完熟和衰老是果实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，成熟从广义说包括完熟，而完熟可以说是成熟的最后阶段。正常的完熟过程发生在果实停止生长之后，同时必须有某种物质来诱发这一过程。研究者普遍认为，适当浓度的乙烯是果实生理上达到完熟阶段所必需的成分，而乙烯开始出现，则是果实进入成熟的征兆，由于乙烯这种促进成熟激素的作用，果实的呼吸作用随之提高，从而导致果实成熟、完熟、衰老的一系列生理生化的变化，同时果实也表现出不同成熟阶段的特征（见图 1-1）。

1.1.2 果蔬采后成熟衰老过程中的生物化学变化

成熟过程是发生在果实停止生长之后进行的一系列的生物化学变化，达到食用标准的完熟可以发生在植株上，也可以在采后，以下将讨论果蔬采后在成熟衰老过程中呈现特有的色、香、味的一系列变化。