



教育部人才培养模式改革和开放教育试点教材

# 园产品采后处理



主 编 冯双庆 副主编 廖小军



中央广播电视大学出版社



教育部人才培养模式改革和开放教育试点教材

## 园产品采后处理

主 编 冯双庆

副主编 廖小军

江苏工业学院图书馆  
藏书章

中央广播电视大学出版社

**图书在版编目 (CIP) 数据**

园产品采后处理/冯双庆主编. —北京: 中央广播电视大学出版社, 2002. 3

教育部人才培养模式改革和开放教育试点教材

ISBN 7-304-02172-1

I. 园… II. 冯… III. ①水果—贮藏—电视大学—教材②水果加工—电视大学—教材 IV. S660.9

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 011658 号

版权所有, 翻印必究。

教育部人才培养模式改革和开放教育试点教材

**园产品采后处理**

主 编 冯双庆

副主编 廖小军

---

出版·发行/中央广播电视大学出版社

经销/新华书店北京发行所

印刷/北京市华龙印刷厂印刷

开本/787×1092 1/16 印张/24 字数/553千字

---

版本/2002年2月第1版 2002年3月第1次印刷

印数/0001—3000

---

社址/北京市复兴门内大街160号 邮编/100031

电话/66419791 68519502

(本书如有缺页或倒装, 本社负责退换)

---

书号: ISBN 7-304-02172-1/S·32

定价: 31.00元

# 前 言

随着人民生活水平的不断提高,对园产品的品质要求也在逐渐增长。但是园产品采收以后仍然是一个活体,会发生一系列的生理生化变化,使其很快失去原有的风味和营养价值,甚至腐烂变质,因此,园产品的采后损失是十分严重的。本书的出版目的在于向读者介绍有关园产品贮藏保鲜、加工知识、贮藏方式和必要设施,加工原理和工艺流程,减少园产品的采后损失,使农产品提高附加值。全书共十三章,分为贮藏和加工两部分,第一到第五章为园产品的贮藏,阐述了园产品的采后生理变化,如色泽、风味、营养的化学构成及其在采收后的变化、园产品的呼吸作用、乙烯对园产品成熟和衰老的影响、园产品的失水与控制方法;介绍了园产品的采后商品化处理,如园产品的采收、分级、预冷、包装、催熟、脱涩、打蜡等方法 and 措施;还介绍了园产品常用的贮藏方式和设施,如堆藏、沟(埋)藏、假植贮藏、冻藏、窖藏、机械冷藏、气调贮藏及水果和蔬菜的贮藏特性、贮藏中容易发生的问题、解决方法和贮藏保鲜技术。第六到第十二章为园产品的加工,分别介绍了园产品加工基础知识、速冻保藏加工技术、糖制及腌制技术、罐藏技术、果酒与果醋酿造技术、果蔬汁加工技术、干制技术等。第十三章介绍了花卉的采后处理与加工,其内容包括鲜花的采后处理和干花制作方法。为了加强学生对教材内容的理解和提高学生的实际动手能力,本教材还添加了部分贮藏加工实验。贮藏部分有水果和蔬菜品质测定,如可溶性固形物、可滴定酸、维生素 C 和贮藏环境条件,如温度、湿度和气体成分的简单测试测定方法,加工部分有苹果汁加工、山楂酱加工以及泡菜制作等实验。

园产品采后处理课程是为农科开放教育园艺专业开设的专业必修课,也可用于园产品加工、运输生产者和企业经营者提高理论和生产技术水平。

本书是一本综述园产品采后处理加工基础知识和基本技术教材。目的在于引导将要从事园产品生产、管理等工作的技术人员和企业经营者掌握和了解园产品采收、包装、加工及运输的基础知识、基本理论和技能。本书突出实用性

和技术性，按照园产品类别分别介绍水果、蔬菜、花卉的采收贮运技术、加工途径和生产工艺技术。本书除了适合电视大学的学生和从事园产品贮藏、运输、加工和销售人员和农民、基层农技人员、农村干部使用外，也可作为农业院校师生教学参考书和为城市居民增加园产品的保鲜知识。

本书第一到第五章贮藏部分由冯双庆编写，第六章、第七章、第九章和第十一章由廖小军编写，第八章、第十章和第十二章由赵晓燕、马越编写，第十三章由赵玉梅编写。本书由全国知名教授周山涛和孙自然主审，全书由冯双庆统稿。在本书的编写过程中，董维和唐惠敏协助校对工作，电大徐甸老师给予了大力协助，在此，表示深深的感谢。

本书内容深入浅出，是在我们多年教学工作和实践经验的基础上撰写出来的，因此，有一定的理论水平和较强的实际应用价值。但是由于我们的水平有限，难免有欠缺之处，欢迎读者批评指正。

冯双庆  
2002年1月

# 目 录

|                                     |               |
|-------------------------------------|---------------|
| 绪 论 .....                           | ( 1 )         |
| <b>第一章 园产品的采后生理 .....</b>           | <b>( 4 )</b>  |
| 第一节 园产品色泽、风味、营养的化学构成及其在采收后的变化 ..... | ( 4 )         |
| 第二节 园产品的呼吸作用 .....                  | ( 8 )         |
| 第三节 乙烯对园产品成熟和衰老的影响 .....            | ( 19 )        |
| 第四节 园产品的失水与环境湿度 .....               | ( 26 )        |
| 第五节 园产品的冷害和冻害及其它生理伤害 .....          | ( 32 )        |
| 第六节 休眠在蔬菜贮藏中的应用 .....               | ( 42 )        |
| <b>第二章 园产品的采后商品化处理 .....</b>        | <b>( 45 )</b> |
| 第一节 采后商品化处理技术 .....                 | ( 45 )        |
| 第二节 园产品的采收 .....                    | ( 47 )        |
| 第三节 园产品的分级 .....                    | ( 48 )        |
| 第四节 园产品的预冷 .....                    | ( 52 )        |
| 第五节 园产品的包装 .....                    | ( 53 )        |
| 第六节 园产品的其它采后处理 .....                | ( 55 )        |
| 第七节 园产品的运输 .....                    | ( 57 )        |
| <b>第三章 园产品的贮藏方法和设施 .....</b>        | <b>( 66 )</b> |
| 第一节 园产品的贮藏方式 .....                  | ( 66 )        |
| 第二节 园产品的堆藏 .....                    | ( 68 )        |
| 第三节 园产品的沟 ( 埋 ) 藏 .....             | ( 70 )        |
| 第四节 蔬菜的假植贮藏和冻藏 .....                | ( 72 )        |
| 第五节 园产品的窖藏 .....                    | ( 75 )        |
| 第六节 园产品的机械冷藏 .....                  | ( 79 )        |

|                            |              |
|----------------------------|--------------|
| 第七节 园产品的气调贮藏 .....         | (81)         |
| <b>第四章 果品的贮藏保鲜技术 .....</b> | <b>(85)</b>  |
| 第一节 苹果的贮藏 .....            | (85)         |
| 第二节 梨的贮藏 .....             | (88)         |
| 第三节 葡萄的贮藏 .....            | (90)         |
| 第四节 柑橘的贮藏 .....            | (92)         |
| 第五节 桃的贮藏 .....             | (95)         |
| 第六节 柿子的贮藏 .....            | (97)         |
| 第七节 板栗的贮藏保鲜技术 .....        | (99)         |
| 第八节 荔枝的贮藏 .....            | (101)        |
| 第九节 菠萝的贮藏 .....            | (102)        |
| 第十节 芒果的贮藏 .....            | (103)        |
| 第十一节 草莓的贮藏 .....           | (105)        |
| 第十二节 樱桃的贮藏保鲜技术 .....       | (106)        |
| <b>第五章 蔬菜的贮藏保鲜技术 .....</b> | <b>(108)</b> |
| 第一节 大白菜的贮藏保鲜技术 .....       | (108)        |
| 第二节 蒜薹的贮藏保鲜技术 .....        | (110)        |
| 第三节 萝卜的贮藏保鲜技术 .....        | (112)        |
| 第四节 花椰菜(菜花)的贮藏保鲜技术 .....   | (114)        |
| 第五节 马铃薯的贮藏保鲜技术 .....       | (116)        |
| 第六节 洋葱的贮藏保鲜技术 .....        | (118)        |
| 第七节 番茄的贮藏保鲜技术 .....        | (120)        |
| 第八节 黄瓜的贮藏保鲜技术 .....        | (122)        |
| 第九节 青椒的贮藏保鲜技术 .....        | (124)        |
| 第十节 蘑菇的贮藏保鲜技术 .....        | (126)        |
| 第十一节 大葱和大蒜的贮藏保鲜技术 .....    | (128)        |
| 第十二节 姜的贮藏保鲜技术 .....        | (129)        |
| 第十三节 菊苣的贮藏保鲜技术 .....       | (131)        |
| 第十四节 荷兰豆的贮藏保鲜技术 .....      | (132)        |
| <b>第六章 园产品加工基础知识 .....</b> | <b>(135)</b> |
| 第一节 园产品加工厂的设计 .....        | (136)        |
| 第二节 园产品加工用水水质 .....        | (137)        |
| 第三节 加工前原料的预处理 .....        | (143)        |

|            |                       |              |
|------------|-----------------------|--------------|
| 第四节        | 半成品保藏 .....           | (154)        |
| <b>第七章</b> | <b>速冻保藏技术 .....</b>   | <b>(161)</b> |
| 第一节        | 园产品速冻原理 .....         | (162)        |
| 第二节        | 冷冻对果蔬的影响 .....        | (166)        |
| 第三节        | 速冻工艺流程和速冻方法 .....     | (169)        |
| 第四节        | 速冻产品的冻藏与解冻 .....      | (174)        |
| 第五节        | 果蔬速冻生产实例 .....        | (176)        |
| <b>第八章</b> | <b>糖制及腌制技术 .....</b>  | <b>(181)</b> |
| 第一节        | 糖制品的分类 .....          | (181)        |
| 第二节        | 糖制基本原理 .....          | (183)        |
| 第三节        | 果脯、蜜饯类的加工方法 .....     | (186)        |
| 第四节        | 果酱、果冻的加工方法 .....      | (194)        |
| 第五节        | 果蔬糖制品包装与贮存 .....      | (200)        |
| 第六节        | 腌制品的分类 .....          | (203)        |
| 第七节        | 腌制原理 .....            | (204)        |
| 第八节        | 腌制品的加工 .....          | (211)        |
| 第九节        | 腌制品的包装与贮存 .....       | (214)        |
| <b>第九章</b> | <b>罐藏技术 .....</b>     | <b>(216)</b> |
| 第一节        | 罐藏原理 .....            | (217)        |
| 第二节        | 罐藏容器与罐头生产 .....       | (221)        |
| 第三节        | 罐头食品常见质量问题与控制 .....   | (231)        |
| 第四节        | 果蔬罐头加工实例 .....        | (233)        |
| <b>第十章</b> | <b>果酒的酿造与制醋 .....</b> | <b>(236)</b> |
| 第一节        | 果酒和葡萄酒的分类 .....       | (236)        |
| 第二节        | 果酒发酵机制 .....          | (239)        |
| 第三节        | 葡萄酒酵母 .....           | (242)        |
| 第四节        | 影响酵母菌繁殖和发酵的因素 .....   | (246)        |
| 第五节        | 果酒的酿造工艺 .....         | (251)        |
| 第六节        | 果酒的病害与防治 .....        | (254)        |
| 第七节        | 果实制醋 .....            | (260)        |
| 第八节        | 果醋加工实例 .....          | (263)        |

|                                           |       |
|-------------------------------------------|-------|
| <b>第十一章 果蔬汁加工技术</b> .....                 | (265) |
| 第一节 果蔬汁的分类 .....                          | (266) |
| 第二节 果蔬汁的生产工艺 .....                        | (269) |
| 第三节 果蔬汁加工中常见的质量问题与防止措施 .....              | (281) |
| 第四节 果蔬汁加工实例 .....                         | (283) |
| <b>第十二章 干制技术</b> .....                    | (286) |
| 第一节 干制的基本原理 .....                         | (287) |
| 第二节 果蔬干制的方法 .....                         | (294) |
| 第三节 干制实例 .....                            | (302) |
| 第四节 干制品的包装与贮藏 .....                       | (311) |
| <b>第十三章 切花采后处理与干燥花加工技术</b> .....          | (316) |
| 第一节 切花的采后处理 .....                         | (316) |
| 第二节 干燥花与干燥花饰品制作 .....                     | (336) |
| <b>实验指导</b> .....                         | (349) |
| 实验一 果实硬度的测定 .....                         | (349) |
| 实验二 可溶性固形物的测定 .....                       | (350) |
| 实验三 果蔬呼吸强度的测定 .....                       | (351) |
| 实验四 果蔬乙烯浓度的测定 .....                       | (353) |
| 实验五 总酸量的测定 .....                          | (355) |
| 实验六 维生素 C (Vc) 含量的测定 (2, 6-二氯酚酚滴定法) ..... | (357) |
| 实验七 贮藏环境中氧气和二氧化碳含量的测定 .....               | (358) |
| 实验八 贮藏环境中的温、湿度的测定 .....                   | (362) |
| <b>实习指导</b> .....                         | (367) |
| 实习一 果蔬汁制作 .....                           | (367) |
| 实习二 果酱果冻的制作 .....                         | (369) |
| 实习三 蔬菜腌制 .....                            | (373) |

# 绪 论

我国是一个农业大国,园产品的栽培面积和总产量在世界上名列前茅。但是随着人口的逐年增长、消费水平的不断提高、农产品需求量的增加、耕地面积的不断减少和农业资源日趋紧张,农业的发展仍然面临着巨大的挑战。因此减少农产品采后损失、改进保鲜和加工技术是缓解供需矛盾的关键措施之一。我国正在进行农业产业结构的调整,尤其是农业种植结构调整,将种植效益低的农作物转向附加值比较高的经济作物,很多地区就是将种植粮食改为发展园艺产业,在未来的若干年我国的园产品产量将进一步提高。因此,学习和研究园产品的采后贮藏加工技术有着深远的意义。

我国的水果和蔬菜不仅种类繁多、风味独特、经济和营养价值高,而且总产量均居世界之首位。1998年和1999年联合国粮农组织的统计资料报道,中国水果的总产量分别为5392.6万t和9308.1万t(我国报道的为5453万t和8698万t);蔬菜的总产量分别为2.37亿吨和4.1亿吨。苹果(居世界第一)、柑橘和梨的产量1998年分别为1948、859和727万t,占水果总产量的36%、15.9%和13.5%。红枣的产量也迅速增加,1998年总产量为110万t,占总产量2%,红枣是中国的特产,作为一种上等滋补品,深受国内外用户的欢迎。中国有70多种常见蔬菜供应消费者,市场周年供应的有40余种。近10年来我国的水果和蔬菜生产一直保持高速发展,特别是改革开放以来,水果和蔬菜市场放开以后,更加激发了农民发展生产的积极性。但是也存在一些问题,如:产量高但单产低,品质差,缺乏市场竞争力,品种结构不合理,人均水果占有量还不高等,人均蔬菜的年消费量超过或等于世界人均消费量,大约在150kg左右,但我国果品人均年分配量仅约18kg,只有经济发达国家人均消费量100多kg的1/5~1/6。我国每年蔬菜和水果出口量只有400~500万t,还有很大的潜力。

我国的水果和蔬菜产量虽高,但采后损失也是十分严重的,平均总损失达35%。主要原因在于我国的水果和蔬菜贮藏运输设备的缺乏,而且没有实现冷链流通。尽管从80年代开始,各种类型的水果和蔬菜贮藏库迅速发展起来,引进了气调库和调气设备。近10年来我国的冷藏设施发展的较快,目前全国已有各种类型的冷库3万多座,总容量近600万t,气调库200万t,但有些气调库的利用率不高,主要原因是燃料缺乏、技术不过关和价格问题。尽管水果和蔬菜的库容量在增加,但还远远不能满足要求。大部分产品采后不得不立即销售,水果的贮藏量只有总产量的10%~15%。我国幅员辽阔,大部分水果和蔬菜仍使用无冷源车运输。为降低产品温度,在普通货车中加冰运输。只有10%的水果和蔬菜用机保

车和冰保车运输。现有的近百条冷藏运输、5000余辆冷藏汽车和7900余辆铁路冷藏车（其中加冰车5000余辆）不能满足需要，况且这些冷藏运输车辆多用来运输鱼、肉、蛋等畜产品。运输中的损失可达15%~35%，与发达国家相差甚远。

其次，我国的园产品未实施水果和蔬菜采后商品化处理，商品化处理包括挑选、修整加工、分等分级、清洗、预冷、愈伤、药物处理、吹干、打蜡、催熟、包装等环节，是水果和蔬菜采后增值和减少损失的重要措施。但是由于我国大部分农产品以原始状态上市，不分等级，没有包装。因此，不能满足国内人民对产品花色品种多样化、新鲜、干净和精美的消费需求。在国际市场上，我们一流的产品却卖不出一流的价格。

我国“六五”、“七五”、“八五”和“九五”期间对部分水果、蔬菜的采后生理、贮藏技术、运输条件、产品标准进行了研究，在果蔬贮藏、保鲜技术的研究与应用上已取得一定进展，但是有些研究成果没有很好得到应用和推广，还没有在国民经济的发展中起到应有的作用。如苹果、蒜薹、鸭梨、猕猴桃、板栗、柑橘、花椰菜等都已有了比较成熟的保鲜技术。还有一些产品的采后生理和保鲜技术正处于研究之中，或已经有了初步研究成果，有待于深入和完善，如：大樱桃、红枣等。我国是世界上的芒果主产区之一，但芒果采后极不耐贮藏，因此鲜销范围有限，鲜销率很低。目前芒果保鲜剂和综合保鲜技术的研究取得了可喜的进展，已经研究开发出一种“芒果保鲜剂”，可以有效延缓芒果成熟、衰老和控制病害。今后应该进一步将科研成果转变为生产力。

园产品的加工是园产品产业链的重要环节，更是实现园产品增值的关键措施，还可以丰富产品的种类，延长产品的贮藏期和供应期，解决卖果难、卖菜难的问题，减少园产品贮藏的损失，更有利于园艺产业的良性发展，促进产品的出口，进入国际市场，推动农业结构的调整，扩大社会就业，是实现农民增收的重要途径。

通过多年发展，我国园艺产品加工业已形成一定的规模，近年来更是得到了迅速的发展，一批具有规模的龙头加工企业如蓝田集团、屯河集团、中鲁集团等已经诞生，园产加工品的出口也有了很大的提高，在国际贸易中占有一定的比重，成为园产加工品的出口大国，为我国农业经济的发展作出了重要贡献。我国已成为WTO成员，这对我国园产品加工业是一个很好的机遇，与其他国家相比，我国资源丰富、劳动力价格便宜，具有显著的比较优势和竞争优势，将有利于扩大园产加工品的出口。目前我国在浓缩苹果汁、橘子罐头、番茄酱、蔬菜罐头、脱水蔬菜、冷冻蔬菜、蔬菜腌制品等产品的出口已形成了较大的优势。据海关统计，1999年我国果蔬及果蔬加工产品的出口总贸易额为2576551千美元，加工品占67.8%，其中最大的是蔬菜罐头，第二位的是脱水蔬菜，冷冻蔬菜为第三位，水果罐头为第四位，果蔬汁为第五位。

但是从园产品的加工率而言，与发达国家相比我国的园产品加工仍有较大的差距。目前我国园产品不仅加工装备水平比较低，而且加工能力非常有限，水果的加工率不到10%，蔬菜不到1%，而发达国家果蔬的加工能力都很高，水果能达到50%以上，蔬菜能达到60%~70%。因此在一定程度上制约着我国园产品种植业的发展，有必要积极发展园产品的加工业。目前园产品的加工仍然是以传统的加工方法为主，如罐藏、糖制、腌制、干制、

果汁加工、果酒酿造等，随着研究的深入，一些高新技术如冷冻真空干燥、酶处理、超滤技术、高压杀菌、超微粉碎技术、超临界流体萃取技术也已经开始应用于加工，许多产品如果蔬汁、速冻蔬菜、冻干蔬菜、葡萄酒的生产得到了快速的增长，同时也相继开发了一些新的加工产品如果醋、果蔬中的天然提取物等。总之随着新技术的应用和新产品的开发，我国园产品的加工将会更进一步发展。

“园产品的采后处理”是以采后生理为基础的一门应用学科，学习它有助于深入认识和发现园产品采后生理、生化和物理变化，从而找出更加有效的方法来控制这些变化过程，形成一系列贮藏和加工操作技术，最大限度地延缓园产品的衰老进程，减少变质腐烂损失，为满足市场对优质园产品的需求提供保证。

学习“园产品产后处理”这门课程，应具有一般的植物学、植物生理学、果树栽培学、蔬菜栽培学、花卉栽培学、园艺学通论等课程的基础知识及实验技能。

只有掌握“园产品采后处理”这门学科的基本原理，同时熟悉传统和现代的贮藏和运输设施和方式，以及各种园产品的采后商品化处理和贮藏技术，理论密切联系实际，才能解决生产中存在问题，争取在这一领域中有所发现，创造出更加合理、有效的果蔬贮运技术，为改善和提高我国果蔬供应状况作出贡献。

# 第一章 园产品的采后生理

## 教学要求

### 1. 重点掌握:

(1) 园产品的呼吸作用及有关术语(呼吸强度、呼吸热、跃变型和非跃变型果实),了解影响呼吸强度的因素。

(2) 园产品的失水及影响因素,防止园产品失水的方法;了解有关术语(绝对湿度、饱和湿度和相对湿度)。

(3) 乙烯在园产品成熟和衰老中的作用及应用。

(4) 冷害,冷害症状,控制冷害的方法。

(5) 冻害,冻害发生后的处理方法。

2. 一般掌握:园产品的化学成分及采后变化对品质的影响,蔬菜的休眠。

3. 一般了解:呼吸的糖酵解和三羧酸循环,乙烯的生物合成途径和冷害的发生机制。

## 第一节 园产品色泽、风味、营养的化学构成及其在采收后的变化

各种园产品都具有特殊的色、香、味、质地和营养,这是由于它们的化学成分及其含量的不同而决定的。化学成分的性质、含量及其采后的变化与园产品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。下面简要介绍园产品的主要化学成分及其采收以后的变化。

### 一、水分

园产品的含水量很高,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，凡是幼嫩的、生长旺盛的器官或组织含水量都高。

水分不仅是物质完成生命活动的必要条件，而且对园产品的新鲜度和风味有重要影响，含水量高的园产品外观饱满挺拔、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。

采后的园产品失去了水分的来源，随贮藏期的延长而发生不同程度失水，造成产品萎蔫、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，失水常作为园产品保鲜的一个重要指标。当然，由于园产品的含水量高，而其本身的保护组织又差，因此园产品采收、采后处理、运输和销售过程中很容易受机械损伤。

## 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，包括低分子量的糖和高分子的多聚物，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。

1. 糖类 糖主要存在成熟的果实中，园产品的含糖量一般为 10 % ~ 20 %，主要为葡萄糖、果糖和蔗糖，在不同的种类和品种中三种糖的比例不同，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。上述三种糖的甜度不同，如以葡萄糖为 100，那么果糖为 220，蔗糖为 145。园产品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。园产品的含糖量虽然不高，但作为呼吸基质却可提供园产品维持生命活动的能量，园产品贮藏期间，糖会被消耗而逐渐减少，糖分消耗慢，则说明贮藏条件适宜。

2. 淀粉 主要存在于未熟果实及根茎类蔬菜中，如青香蕉淀粉为 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。含淀粉较高的园产品有：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℃ 时贮藏，淀粉会转化为糖，吃时味甜，不易煮烂，加工时产品易褐变。

3. 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，与园产品质地密切相关。幼嫩植物组织的细胞壁中含水纤维素，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，将细胞紧密粘接，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，细胞间即失去粘接，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，在不同园产品中因所含的种类、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，园产品中常见的还有草酸、琥珀酸、 $\alpha$ -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，而其它组织的蔬菜，如叶菜中，常是有机酸占优势，且酸含量也少，因此水果大多比蔬菜酸味浓。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。

### 四、色 素

许多色素的存在共同构成园产品特有的颜色，它们是决定产品采收期，鉴定产品品质的重要指标，主要有以下几种。

1. 花青素 是一类糖苷型非常不稳定的水溶性色素，一般在果实成熟时才合成，存在于表皮的细胞液中。花青素在酸性溶液中呈红色，因此，许多有酸味的果实都有红色；在中性溶液中为淡紫色，在碱性中为蓝色，与金属离子结合时会呈现各种颜色，因此我们看到食用的园产品色彩缤纷。一般含糖量多时花青素也多，因此红色果实色越深越甜。花青素可抑制有害微生物，因而红色品种的苹果比黄色或绿色品种的抗病力更强，着色好的果实通常较耐贮藏。

2. 类胡萝卜素 是类异戊二烯多聚体，不溶于水，分为胡萝卜素类和叶黄素类两种，包含胡萝卜素、番茄红素、叶黄素、椒黄素和椒红素，使园产品呈现红色、黄色、橙红色。而类胡萝卜素常与叶绿素并存，当叶绿素分解时，它们才显示出各自的颜色。 $\beta$ -胡萝卜素在人体内可转化为维生素 A。

3. 叶绿素 有叶绿素 a 和叶绿素 b，两者一般以 3:1 比例存在，叶绿素 a 呈蓝绿色，叶绿素 b 呈黄绿色。未成熟的果实和叶菜都含有大量叶绿素，含叶绿素的部位同时含有维生素 C，因而含叶绿素多的蔬菜一般含维生素 C 也较多。采收后的园产品中叶绿素在酶的作用下易分解，在氧存在和日光下极易被破坏，从而使它失去绿色。

### 五、维生素和矿物质

园产品是人体所需维生素的主要来源之一。人体所需的 90 % 的维生素 C、约 40 % 的维生素 A 和维生素 B 均来自园产品。果实成熟阶段维生素 C 含量增加，贮藏阶段易被氧气分解，失去生理活性；在温度高和氧供给充足的条件下均会使维生素 C 损失加快。园产品中含有的许多矿物质，如钙、磷、铁、硫、镁、钾、铜等也是人体所必需的营养成分。

此外，在园产品中具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。园产品中还含有许多酶参与采后生命活动（表 1-1，1-2，1-3）。

表 1-1 蔬菜的化学成分<sup>①</sup>

| 成分<br>蔬菜名称 | 废弃率<br>(%) | 水分<br>/g | 蛋白质<br>/g | 脂<br>质<br>/g | 碳水化合物    |          | 灰<br>分<br>/g | 矿 物 质    |          |          |          |          | 维 生 素    |                       |                       |           |          |
|------------|------------|----------|-----------|--------------|----------|----------|--------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------------------|-----------------------|-----------|----------|
|            |            |          |           |              | 糖分<br>/g | 纤维<br>/g |              | 钙<br>/mg | 磷<br>/mg | 铁<br>/mg | 钠<br>/mg | 钾<br>/mg | A<br>/μg | B <sub>1</sub><br>/mg | B <sub>2</sub><br>/mg | PP<br>/mg | C<br>/mg |
| 菜花茎        | 35         | 34.9     | 5.9       | 0.1          | 6.7      | 1.1      | 1.3          | 49       | 120      | 1.9      | 6        | 530      | 720      | 0.12                  | 0.27                  | 1.2       | 100      |
| 大 蒜        | 20         | 60.3     | 8.4       | 0.1          | 28.7     | 0.9      | 1.6          | 15       | 200      | 1.0      | 6        | 720      |          | 0.21                  | 0.11                  | 0.9       | 19       |
| 芥菜叶        | 10         | 93.9     | 1.5       | 0.1          | 2.4      | 0.8      | 1.3          | 150      | 46       | 1.5      | 36       | 340      | 1300     | 0.06                  | 0.11                  | 0.5       | 42       |
| 细香葱        | 5          | 93.1     | 2.1       | 0.1          | 2.8      | 0.9      | 1.0          | 50       | 32       | 0.6      | 1        | 480      | 3300     | 0.05                  | 0.19                  | 0.6       | 25       |
| 芹菜叶柄       | 30         | 92.9     | 1.7       | 0.1          | 4.1      | 1.3      | 0.6          | 9        | 32       | 0.5      | 3        | 290      | 400      | 0.02                  | 0.08                  | 1.2       | 10       |
| 韭菜茎叶       | 20         | 84.9     | 2.7       | 0.1          | 10.2     | 1.2      | 0.9          | 50       | 48       | 1.2      | 4        | 380      | 610      | 0.10                  | 0.14                  | 0.6       | 12       |
| 菠菜（茎叶）     | 40         | 93.8     | 2.1       | 0.1          | 1.8      | 0.5      | 1.7          | 48       | 75       | 3.0      | 8        | 300      | 2300     | 0.08                  | 0.30                  | 1.0       | 10       |
| 中国芥菜叶      | 10         | 94.4     | 1.5       | 0.1          | 2.4      | 0.7      | 0.9          | 30       | 43       | 1.0      | 34       | 300      | 560      | 0.06                  | 0.06                  | 0.4       | 50       |
| 结球白菜       | 10         | 98.9     | 1.1       | 0.1          | 1.9      | 0.4      | 0.6          | 35       | 36       | 0.4      | 5        | 23       | 13       | 0.04                  | 0.04                  | 0.4       | 22       |
| 结球甘蓝       | 15         | 92.4     | 1.4       | 0.1          | 4.9      | 0.6      | 0.6          | 43       | 27       | 0.4      | 6        | 210      | 18       | 0.05                  | 0.05                  | 0.2       | 44       |
| 结球莴苣       | 15         | 95.7     | 1.0       | 0.2          | 0.2      | 0.5      | 0.6          | 21       | 24       | 0.8      | 1        | 220      | 130      | 0.06                  | 0.04                  | 0.2       | 6        |
| 菜花花球       | 50         | 90.5     | 3.3       | 0.1          | 4.4      | 0.8      | 0.8          | 24       | 60       | 0.7      | 12       | 380      | 7        | 0.10                  | 0.10                  | 0.6       | 65       |
| 甜玉米        | 50         | 74.7     | 3.3       | 1.4          | 18.7     | 1.2      | 0.7          | 3        | 80       | 0.6      |          | 300      | 44       | 0.16                  | 0.14                  | 2.4       | 10       |
| 食荚菜豆       | 5          | 93.1     | 2.4       | 0.1          | 2.8      | 0.9      | 0.7          | 60       | 50       | 1.0      | 1        | 280      | 480      | 0.11                  | 0.13                  | 0.6       | 9        |
| 青毛豆        | 45         | 69.8     | 11.5      | 6.6          | 8.5      | 1.9      | 1.7          | 90       | 170      | 1.7      | 1        | 690      | 110      | 0.32                  | 0.16                  | 1.3       | 30       |
| 青豌豆        | 10         | 69.8     | 3.2       | 0.1          | 5.5      | 0.8      | 0.6          | 65       | 65       | 0.9      | 1        | 220      | 630      | 0.15                  | 0.13                  | 0.9       | 35       |
| 蚕豆（未熟）     | 25         | 68.1     | 12.5      | 0.2          | 16.9     | 0.8      | 1.5          | 25       | 280      | 2.7      | 1        | 510      | 50       | 0.35                  | 0.23                  | 1.7       | 15       |
| 黄 瓜        | 2          | 96.2     | 1.0       | 0.2          | 1.6      | 0.4      | 0.6          | 24       | 37       | 0.4      | 2        | 210      | 150      | 0.04                  | 0.01                  | 0.2       | 13       |
| 越 瓜        | 20         | 95.5     | 0.9       | 0.1          | 2.3      | 0.6      | 0.6          | 35       | 20       | 0.2      | 1        | 210      | 50       | 0.03                  | 0.03                  | 0.2       | 14       |
| 葫 芦        | 15         | 94.5     | 1.0       | 0.1          | 2.9      | 0.9      | 0.6          | 14       | 30       | 0.4      | 1        | 200      | 250      | 0.05                  | 0.07                  | 0.3       | 120      |
| 西葫芦        | 10         | 88.9     | 1.3       | 0.1          | 7.9      | 1.0      | 0.8          | 17       | 35       | 0.4      | 1        | 330      | 620      | 0.07                  | 0.06                  | 0.6       | 15       |
| 南 瓜        | 15         | 78.8     | 1.7       | 0.2          | 17.5     | 1.2      | 0.9          | 24       | 37       | 0.6      | 1        | 370      | 850      | 0.10                  | 0.08                  | 0.7       | 39       |
| 冬 瓜        | 30         | 76.0     | 0.4       | 0.1          | 2.7      | 0.4      | 0.4          | 16       | 15       | 0.2      | 1        | 170      | 0        | 0.01                  | 0.01                  | 0.3       | 41       |
| 青 椒        | 15         | 90.8     | 2.0       | 0.3          | 4.9      | 1.3      | 0.7          | 12       | 36       | 0.5      |          | 370      | 290      | 0.07                  | 0.07                  | 1.5       | 90       |
| 红 椒        | 15         | 91.2     | 1.4       | 1.2          | 2.3      | 3.3      | 0.6          | 7        | 25       | 0.7      | 2        | 270      | 2000     | 0.05                  | 0.13                  | 1.3       | 22       |
| 茄 子        | 10         | 94.1     | 1.1       | 0.1          | 3.4      | 0.7      | 0.6          | 16       | 27       | 0.4      | 1        | 220      | 41       | 0.04                  | 0.04                  | 0.5       | 5        |
| 番 茄        | 5          | 95.0     | 0.7       | 0.1          | 3.3      | 0.4      | 0.5          | 9        | 18       | 0.3      | 2        | 230      | 390      | 0.05                  | 0.03                  | 0.5       | 20       |
| 萝 卜        | 5          | 93.9     | 1.1       | 0.1          | 3.7      | 0.6      | 0.6          | 27       | 60       | 0.4      | 11       | 290      | 0        | 0.03                  | 0.03                  | 0.1       | 15       |
| 藕          | 20         | 81.2     | 2.1       |              | 15.1     | 0.6      | 1.0          | 18       | 60       | 0.6      | 28       | 470      | 0        | 0.09                  | 0.02                  | 0.2       | 68       |
| 莲 头        | 15         | 86.2     | 0.6       | 0.1          | 12.6     | 0.3      | 0.2          | 6        | 15       | 0.2      | 1        | 100      | 0        | 0.03                  | 0.02                  | 0.9       | 10       |
| 洋 葱        | 5          | 90.4     | 1.0       | 0.1          | 7.6      | 0.5      | 0.4          | 15       | 30       | 0.4      | 2        | 160      |          | 0.0                   | 0.01                  | 0.1       | 7        |
| 姜          | 20         | 91.1     | 0.9       | 0.1          | 6.3      | 0.8      | 0.8          | 12       | 23       | 0.3      | 4        | 340      | 0        | 0.03                  | 0.03                  | 0.7       | 2        |
| 慈菇块茎       | 15         | 65.3     | 6.3       | 0.1          | 26.4     | 0.6      | 1.3          | 5        | 150      | 0.8      | 3        | 600      | 0        | 0.12                  | 0.07                  | 19        | 3        |
| 百 合        | 15         | 67.0     | 3.7       | 0.1          | 27.2     | 0.7      | 1.3          | 10       | 70       | 1.0      | 1        | 730      |          | 0.08                  | 0.07                  | 0.7       | 10       |
| 芥菜（块茎）     | 18         | 65.3     | 6.3       | 0.1          | 26.4     | 0.6      | 1.3          | 5        | 180      | 0.8      | 3        | 600      | 0        | 0.12                  | 0.07                  | 1.9       | 3        |
| 胡萝卜        | 5          | 90.4     | 1.2       | 0.2          | 6.1      | 1.0      | 1.1          | 39       | 36       | 0.8      | 26       | 100      | 7300     | 0.07                  | 0.05                  | 0.9       | 6        |
| 球茎甘蓝       | 5          | 90.6     | 1.6       | 0            | 6.1      | 0.9      | 0.8          | 40       | 40       | 0.3      | 10       | 340      | 50       | 0.05                  | 0.07                  | 0.3       | 60       |
| 石刁柏（青色）    | 30         | 93.1     | 1.9       | 0.1          | 3.3      | 0.9      | 0.7          | 21       | 50       | 0.6      | 1        | 270      | 340      | 0.13                  | 0.16                  | 1.2       | 12       |

①本表引自日本科学技术厅资源调查会编：日本食品成分表，表中数据为每 100g 可食部分的含量。

表 1-2 几种水果的无机物质组成 (%) (绪方等, 1977)

| 成分 | 苹果  | 柿子  | 梨  | 葡萄 | 梅子  | 柑橘  | 香蕉  |
|----|-----|-----|----|----|-----|-----|-----|
| 钾  | 57  | 67  | 51 | 57 | 66  | 44  | 56  |
| 钠  | 5   | 3   | 8  | 1  | 3   | 3   | 3   |
| 钙  | 10  | 6   | 8  | 12 | 3   | 23  | 1   |
| 镁  | 6   | 3   | 6  | 5  | 6   | 5   | 5   |
| 铁  | 1.1 | 0.7 | —  | —  | 1   | 1   | 0.3 |
| 锰  | 2   | 0.1 | —  | —  | 0.3 | 0.4 | 0.4 |
| 磷  | 17  | 1   | 14 | 16 | 13  | 13  | 5   |
| 硫  | 3   | 9   | 6  | 6  | 2   | 5   | 3   |
| 硅  | 1   | 2   | 3  | 3  | 5   | 1   | 2   |
| 氟  | —   | 0.4 | —  | 1  | 0.2 | 1   | 1.5 |

表 1-3 一些果蔬中葡萄糖、果糖和蔗糖含量 (%) (古田等, 1953; 麻生等, 1957)

| 种 类       | 蔗 糖  | 葡萄糖  | 果 糖  |
|-----------|------|------|------|
| 苹果 (红玉)   | 2.97 | 2.39 | 5.13 |
| 苹果 (红星)   | 4.41 | 2.82 | 5.35 |
| 枇杷 (田中)   | 1.34 | 3.46 | 3.60 |
| 李子        | 0    | 0    | 4.20 |
| 樱桃 (拿破仑)  | 0    | 3.80 | 4.60 |
| 梨 (长十郎)   | 1.80 | 1.39 | 3.85 |
| 梨 (20 世纪) | 0.59 | 2.27 | 5.10 |
| 洋梨 (巴梨)   | 0.61 | 2.16 | 6.92 |
| 柿子 (富有)   | 0.76 | 0.17 | 5.41 |
| 桃子        | 5.14 | 0.76 | 0.93 |
| 葡萄 (甲州)   | 0    | 8.09 | 6.92 |
| 草莓 (福羽)   | 0.17 | 1.35 | 1.59 |
| 西瓜        | 3.06 | 0.68 | 3.41 |
| 番茄 (栗原)   | 0    | 1.62 | 1.61 |

## 第二节 园产品的呼吸作用

### 一、呼吸的基本概念

园产品采收以后, 失去了水和无机物的来源, 同化作用基本停止, 但仍然是活体, 其主要代谢过程是呼吸作用。呼吸是呼吸底物在一系列酶参与的生物氧化下, 经过许多中间环节, 将生物体内的复杂有机物分解为简单物质, 并释放出化学键能的过程。呼吸底物在氧化分解中形成各种中间产物, 其中一些是合成其它新物质的原料, 而新物质的合成及细胞结构和功能维持所需要的能量, 可由呼吸作用中的高能化合物 ATP 随时提供。由于呼吸作用同各种园产品的生理生化过程有着密切的联系, 并制约着生理生化变化, 因此必然会影响它们