



普通高等教育“十一五”规划教材



园艺产品贮运学

饶景萍 © 主编



科学出版社
www.sciencep.com

普通高等教育“十一五”规划教材

园艺产品贮运学

饶景萍 主编

科学出版社

北 京

内 容 简 介

全书由园艺产品品质构成的化学成分、采后生理、采后病害及控制、采前因素对园艺产品贮运性的影响、采收与采后商品化处理、运输、贮藏方式与管理、果品贮藏、蔬菜贮藏、花卉产品的保鲜与贮藏等十章构成,涵盖了果品、蔬菜、花卉等产品采后成熟衰老、品质变化的规律和影响因素,以及对其控制的技术、条件与设施等内容。前七章系统地反映了相关的基础理论知识及基本方法,后三章重点论述不同产品的具体特点、要求及技术。

本书以园艺产业经济发展为中心,密切联系商品市场的实际需要,收集了国内外最新研究成果及新技术、新方法,结合我国传统的方式与经验,并吸纳了编著者们多年来的专业工作经验及科研成果编著而成,有利于培养学生从事园艺产业经营的综合能力。

本书适合高等院校园艺、食品、生命科学及相关专业的本科生使用,也可供有关专业领域的教师、科研人员以及经营者学习和参考。

图书在版编目(CIP)数据

园艺产品贮运学/饶景萍主编. —北京:科学出版社,2009
(普通高等教育“十一五”规划教材)
ISBN 978-7-03-023799-6

I. 园… II. 饶… III. ①园艺作物-贮藏-高等学校-教材②园艺作物-运输-高等学校-教材 IV. S609

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 207032 号

责任编辑:丛楠 甄文全 / 责任校对:钟洋
责任印制:张克忠 / 封面设计:耕者设计工作室

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

新蕾印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2009年3月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2009年3月第一次印刷 印张:20 3/4

印数:1—3 000 字数:476 000

定价:40.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换<新蕾>)

编委会名单

主 编 饶景萍

副主编 毕 阳 马惠玲 惠 伟 魏宝东

编 者 (按姓氏拼音排序)

毕 阳 (甘肃农业大学)

程顺昌 (沈阳农业大学)

韩育梅 (内蒙古农业大学)

何 玲 (西北农林科技大学)

惠 伟 (陕西师范大学)

马惠玲 (西北农林科技大学)

彭丽桃 (华中农业大学)

秦 丹 (湖南农业大学)

饶景萍 (西北农林科技大学)

任小林 (西北农林科技大学)

王 琳 (塔里木大学)

王向东 (山西师范大学)

魏宝东 (沈阳农业大学)

杨书珍 (华中农业大学)

弋顺超 (西北农林科技大学)

尹明安 (西北农林科技大学)

于建娜 (塔里木大学)

张少颖 (山西师范大学)

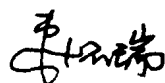
审 稿 李嘉瑞 刘兴华 (西北农林科技大学)

序

随着经济水平的提高,人们的生活朝着注重营养、环保、丰富多彩的方向发展,果品、蔬菜、花卉产品已成为不可或缺的生活用品。我国是园艺产品生产大国,果品和蔬菜的总产量自1995年以来一直处于世界首位。据统计,2007年我国果品、蔬菜总产量分别达到1.8亿吨和5.6亿吨,花卉生产也在快速发展。果蔬出口量逐年上升,目前蔬菜产品已销往150多个国家和地区,果品也已流通到80多个国家,为提高我国农产品经济收益和满足世界消费者需要发挥着重要的作用。

园艺产品采收之后仍然是有生命的个体,不适的环境或不当的处理均会造成腐烂变质而引起巨大损失。因此,采后商品化处理、质量保存与安全运输是促进园艺作物产业化发展的重要任务。要做好此项工作,必须掌握园艺产品采后生理特性、对环境条件的特殊要求,以及搞好采后品质控制的设施与技术。

《园艺产品贮运学》一书以园艺产业化发展为中心,密切联系我国园艺商品生产的实际,在编者多年教学经验的基础上,广泛参阅国内外文献资料,吸收了众多最新研究成果编著而成。该书阐述了现代园艺产品有关贮藏、商品化处理和运输的基本理论、基本知识和基本技能。尤其对采后质量的分子调控、采后病害及其控制、花卉保鲜等内容的增加和扩展,更有利于培养学生分析问题和解决问题的能力。该书可作为大学教材,也可作为科技工作者的参考读物。



2008.10.2.

中国工程院 院士
山东农业大学 教授

前 言

本书以园艺作物现代化、产业化、规模化发展为中心，密切联系商品市场的实际，根据高等教育改革的需要，按照宽口径、厚基础、重应用的指导思想，参阅了大量文献资料，借鉴国内外同类教材的优点，吸收了众多国内外最新研究成果，并结合编者们多年来的工作经验和科研成果编写而成。

《园艺产品贮运学》以收获后的果品、蔬菜、花卉等产品为对象，主要内容包括品质构成及其采后变化，采后生理生化变化及其控制，采后病害及其防治，采前因素影响，采后商品化处理、运输、贮藏方式及其设施，以及各类果品、蔬菜、花卉的贮藏特性和贮运管理等共十章。

本书由西北农林科技大学、甘肃农业大学、陕西师范大学、沈阳农业大学、山西师范大学、内蒙古农业大学、华中农业大学、塔里木大学、湖南农业大学等九所大学的相关老师共同努力完成。由饶景萍主编并负责统稿，绪论由饶景萍编写，第一章由王向东编写，第二章由毕阳、马惠玲、饶景萍编写，第三章由毕阳编写，第四章由王琳编写，第五章由韩育梅、彭丽桃编写，第六章由任小林编写，第七章由惠伟、于建娜编写，第八章由魏宝东、秦丹、杨书珍、程顺昌编写，第九章由尹明安、弋顺超、何玲、张少颖编写，第十章由马惠玲编写。

本书是集果品、蔬菜、花卉等园艺产品采后商品化处理、贮藏保鲜及运输为一体的综合性教材，阐述了现代国内外相关的基本理论、基本知识和基本方法以及新经验、新技术，有利于培养学生从事园艺产品经营的综合能力。本书适合于高等院校的园艺、园林、食品科学、生命科学及其相关专业的本科生使用，也可供有关专业领域的教师、科研人员以及经营者学习和参考。

在本书的编写过程中，承蒙西北农林科技大学教务处和科学出版社的大力支持；陈和暑高级工程师对机械冷藏和气调贮藏部分提出了宝贵的修改意见；西北农林科技大学的李嘉瑞和刘兴华教授对本书给予了热情的支持和认真的审阅，在此一并表示感谢！

本书涉及内容广泛，尽管编写人员付出了很大的努力，但我们的学识水平有限，书中不妥之处在所难免，恳请读者提出宝贵意见。

编 者

2008年10月1日

目 录

序	
前言	
绪论	1
一、学习园艺产品贮运学的意义	1
二、园艺产品贮藏保鲜及运输的作用	2
三、国内外园艺产品贮运业的发展	2
四、园艺产品贮运学研究的基本内容	3
第一章 品质构成的化学成分	5
第一节 碳水化合物	5
一、可溶性糖	5
二、果胶物质	7
三、淀粉	8
四、纤维素和半纤维素	8
第二节 色素	8
一、叶绿素	8
二、类胡萝卜素	9
三、类黄酮	9
第三节 挥发性物质	10
第四节 有机酸	11
第五节 水分	11
第六节 其他成分	12
一、维生素	12
二、蛋白质	15
三、氨基酸	15
四、脂类	15
五、单宁	16
六、矿物质	16
七、抗营养物质和植物天然毒素	17
复习思考题	19
第二章 采后生理	20
第一节 呼吸生理	20
一、基本概念	20
二、采后呼吸的类型	22
三、呼吸与园艺产品贮藏保鲜的关系	24
四、影响呼吸作用的因素	25
第二节 植物激素与成熟衰老	30
一、乙烯在成熟和衰老中的作用	30
二、乙烯的生物合成	32
三、影响乙烯生成和作用的环境因素	34
四、其他激素对乙烯作用的影响及成熟的调节	36
第三节 蒸腾生理	38
一、蒸腾失水对园艺产品的作用与影响	38
二、蒸腾途径与蒸腾作用参数	40
三、影响蒸腾失水的因素	42
四、结露现象	44
第四节 成熟和衰老过程中组织、细胞和亚细胞结构的变化	44
一、成熟和衰老过程中组织结构的变化	44
二、成熟和衰老过程中细胞结构的变化	45
三、成熟和衰老过程中亚细胞结构的变化	47
第五节 采后生长与休眠	49
一、采后生长	49
二、休眠	50
第六节 采后生物技术	53
一、成熟衰老的基因调控	54
二、与成熟衰老相关的基因工程	56

复习思考题	58	第二节 分级	102
第三章 采后病害及控制	59	一、分级的目的和意义	102
第一节 侵染性病害	59	二、分级标准	102
一、病害的种类	59	三、分级方法	103
二、病程	61	四、园艺产品无损伤检测	104
三、采后病害的控制	65	第三节 包装	105
四、采后病害的非杀菌剂控制措施	68	一、包装要求	105
第二节 生理病害	75	二、包装场所的设置	106
一、冷害	76	三、包装类型	107
二、冻害	80	四、包装方法	108
三、气体成分伤害	82	五、国际市场对商品包装的要求	109
四、其他	83	第四节 预冷	109
复习思考题	84	一、预冷的作用	109
第四章 采前因素对园艺产品贮运性		二、预冷的方法	110
的影响	85	三、预冷时间和预冷应遵循的原则	112
第一节 生物因素的影响	85	第五节 鲜切果蔬	113
一、种类和品种	85	一、鲜切加工对产品特性的影响	113
二、田间生长发育状况	86	二、鲜切果蔬加工工艺	115
三、果实大小	87	第六节 催熟	117
四、结果部位	88	一、催熟的条件	117
第二节 生态因素	88	二、催熟方法	118
一、温度	88	第七节 其他处理	119
二、光照	89	一、愈伤	119
三、降雨	89	二、晾晒	120
四、地理条件	90	三、脱涩	120
五、土壤	90	四、害虫控制	122
第三节 农业技术因素	91	五、洗涤	123
一、灌溉	91	六、打蜡	124
二、施肥	92	复习思考题	126
三、修剪、疏花、疏果和套袋	94	第六章 运输	127
四、化学药剂	95	第一节 运输条件	127
五、植物生长调节剂	95	一、振动	127
复习思考题	97	二、温度	130
第五章 采收与采后商品化处理	98	三、湿度	131
第一节 采收	98	四、空气成分	131
一、采收的适宜时期	98	五、包装	132
二、采收方法	100	第二节 运输的方式及工具	132
三、采收注意事项	101		

一、各种运输方式及其特点	132	第八章 果品贮藏各论	204
二、运输工具	132	第一节 仁果类(苹果、梨)贮藏	204
第三节 低温运输技术	140	一、贮藏特性	204
一、预冷	140	二、贮藏方式	207
二、装载	141	三、贮藏病害及其防治方法	209
三、途中管理	144	第二节 核果类贮藏	213
四、到达作业	145	一、贮藏特性	213
第四节 冷链系统	145	二、采收	215
一、园艺产品冷链系统	145	三、贮藏方式	216
二、冷藏链的分类	145	四、贮藏病害及其防治方法	217
复习思考题.....	146	第三节 浆果类贮藏	218
第七章 贮藏方式与管理	147	一、葡萄贮藏	218
第一节 机械冷藏.....	147	二、猕猴桃贮藏	224
一、冷库建筑基础知识	147	三、柿贮藏	226
二、冷库的制冷系统	154	四、草莓保鲜	228
三、冷库的使用与管理	163	第四节 柑橘类贮藏	230
第二节 气调贮藏	167	一、贮藏特性	230
一、气调贮藏的原理	168	二、采后处理	231
二、气调贮藏的技术参数及控制方式	169	三、贮藏方式	232
三、气调库的特点	173	四、贮藏病害及其防治方法	234
四、气调库的特有设施	180	第五节 香蕉贮藏	237
五、气调系统	181	一、采收	237
六、气调库的运行管理	186	二、贮藏特性	238
七、超低氧气调贮藏	188	三、采后处理	238
八、塑料袋和塑料大帐贮藏	189	四、贮藏方式	239
第三节 传统贮藏方式	191	五、贮藏病害及其防治	240
一、简易贮藏	191	第六节 其他热带、亚热带水果	240
二、土窑洞贮藏	193	一、荔枝、龙眼的贮藏	240
三、通风库贮藏	194	二、番木瓜贮藏	242
第四节 其他贮藏方式及辅助处理	197	三、芒果的贮藏	244
一、减压贮藏	197	四、菠萝贮藏	245
二、辐射处理	200	五、枇杷贮藏	247
三、电磁处理	202	第七节 坚果类贮藏	248
四、臭氧处理	202	一、采收	248
复习思考题.....	203	二、采后处理	249
		三、影响坚果类贮藏的因素	249

四、贮藏方法	249	三、贮藏条件及方法	287
复习思考题	252	四、采后病害控制	289
第九章 蔬菜贮藏各论	253	复习思考题	289
第一节 果菜类贮藏	253	第十章 花卉产品的保鲜与贮藏	290
一、未成熟果菜类	253	第一节 花卉的保鲜特性	290
二、成熟果菜类	254	一、鲜切花	290
三、几种果菜的贮藏技术	256	二、盆花类	291
第二节 花菜类贮藏	266	三、种球类	291
一、花椰菜贮藏	266	第二节 花卉采后保鲜技术	292
二、绿菜花贮藏	268	一、切花的化学保鲜方法	292
三、蒜薹贮藏	269	二、切花的水分胁迫及其防止	296
第三节 叶菜类贮藏	272	第三节 切花产品贮藏管理技术	297
一、采后生理特性	272	一、环境条件对切花采后寿命的影响	298
二、采收	273	二、切花产品贮藏技术	299
三、贮藏环境条件	273	第四节 主要花卉产品采后处理	302
四、几种叶菜的贮藏技术	273	一、切花类	302
第四节 根茎菜类贮藏	278	二、切叶类	306
一、马铃薯	278	三、盆栽花卉	308
二、洋葱	279	四、球根花卉的种球贮藏	311
三、大蒜	281	第五节 食用花卉保鲜	313
四、萝卜、胡萝卜	283	复习思考题	314
五、莲藕	285	主要参考文献	315
第五节 食用菌类贮藏	286		
一、贮藏特性	286		
二、采收	287		

绪 论

一、学习园艺产品贮运学的意义

果品、蔬菜和花卉都属园艺产品 (horticultural products)，它们在人们的日常生活中缺一不可。果品和蔬菜是人类食物的重要组成部分，含有人体需要的碳水化合物、维生素、矿物质、蛋白质和可食性纤维，不仅对于人体健康具有很重要的营养价值，而且对于丰富人类食物种类，满足各种食物喜好，增加食物的美学价值都有非常重要的意义。花卉在美化环境、美化生活中的作用更是不言而喻。随着人们生活水平的不断提高和对身体健康的日益重视，果品、蔬菜和花卉的生产量和消费量也在逐年增加。据报道，1997 年全国果品、蔬菜总产量分别为 5200 万吨、2.2 亿吨，2007 年二者分别增加到 1.8 亿吨和 5.6 亿吨。在中国改革开放三十年的历史进程中，我们也切身感受到了食物消费方面翻天覆地的变化，在谷物的消费量不断下降的同时，果品和蔬菜的消费量却在迅速增加，鲜花也逐步走进普通百姓的日常生活。

果品、蔬菜和花卉的生产属于劳动密集型产业，单位种植面积所得经济效益高于一般谷类作物。我国劳动力资源丰富，价格低廉，在广大农村发展种植业具有竞争优势。我国加入世界贸易组织以来，园艺产品的出口量和创汇额都在增加，2007 年果品出口 477.3 万吨，同比增长 28.9%；蔬菜出口 817.3 万吨，同比增长 11.6%。因此，在当前的农业产业化发展中，园艺产品生产是发展最快的产业之一，园艺产品销售收入是农民家庭收入的重要组成部分。在市场经济的推动下，我国园艺产业将朝着区域化、集约化、规模化的方向快速发展。

果品、蔬菜和花卉在采收之后，虽然离开了原来的生活环境和母体，但仍然是活着的有机体，含水量高，生命活动旺盛，极易变质和腐烂。据估计，世界上发达国家的水果、蔬菜采后损失为 5%~25%，发展中国家则高达 20%~50%。我国农业告别“短缺经济”时代时间不长，园艺产品采后贮藏保鲜技术与发达国家差距较大，采后损失仍远高于发达国家。

果品、蔬菜和花卉在采收之后，仅是初级的农产品，只有经过分级、包装等商品化处理后变为商品到达消费者手中，才能实现其生产价值或采后增值。随着我国经济的快速发展，果农、菜农、花农将自己生产的农产品在城市马路市场叫卖的原始销售方式将不再是主流，取而代之的将是专卖店、超级市场等现代化的销售方式，采后贮藏、分级、包装、运输和销售在整个园艺产品产业链中的作用将日益重要。因此，园艺产品贮运学的发展对于促进我国园艺产业的持续发展，增强我国园艺产品在国际市场的竞争力，增加园艺产业的经济效益，满足人民群众日益提高的物质生活需求都有非常重要的意义。

二、园艺产品贮藏保鲜及运输的作用

园艺作物的种植具有很强的地域性，而人们对园艺产品的需求则是全球性的，这种矛盾只有通过贮藏运输才能解决。柑橘、香蕉、菠萝、荔枝、芒果等果品产于热带和亚热带地区，而苹果、梨、葡萄等则产于温带地区。对于幅员辽阔的中国来说，通过国内南北地区间的贸易就可实现互通有无，而对于国土狭小的国家来说，则必须通过长距离运输的国际贸易才能消费到产自世界各个气候带的果品。不仅水果如此，大多数蔬菜和花卉种类在自然情况下也是如此。

园艺产品的收获 also 具有很强的季节性，而人们对园艺产品的需求则是全年性的，这种矛盾也只有通过贮藏运输才能解决。中、晚熟苹果在 9、10 月份成熟采收，在气调贮藏库中可以贮藏到翌年的夏季，而此时苹果早熟的品种已经成熟上市；陕西的猕猴桃 10 月上旬成熟采收，在冷库中可以贮藏到翌年春季，新西兰的猕猴桃 4 月成熟采收，恰好可以弥补市场的空缺。正是由于贮藏和运输技术的发展，才使得寒冬腊月里的水果、蔬菜和花卉市场与夏季一样色彩斑斓。

贮藏保鲜及运输也是园艺产品实现采后增值的重要途径。园艺产品采后易失水腐烂，合理的贮藏保鲜及运输技术可以减少采后水分损失和腐烂损失，提高商品价值，增加销售收入。园艺产品生产所具有的区域性和季节性特点，也决定了价格具有淡旺季之间差价和产销地之间差价。因此，合理的贮藏保鲜与运输技术也可以增加园艺产品生产的经济效益。

三、国内外园艺产品贮运业的发展

园艺产品贮运业随着贮藏保鲜及运输技术的进步而发展。概括来讲，园艺产品的贮藏技术可以分为三种方式，或者说经历了三个发展阶段，即常温贮藏、低温贮藏和气调贮藏。

常温贮藏是园艺产品传统的贮藏方式，它利用外界环境中的自然冷源进行贮藏，其历史悠久，有些经过不断改进至今仍在应用。例如，我国古代家庭瓦罐、陶瓷缸贮藏水果和蔬菜已有几千年的历史；大白菜、萝卜、胡萝卜的沟藏，冬瓜、南瓜堆藏，土豆、红薯和哈密瓜的地窖贮藏，苹果、梨的土窑洞贮藏至今仍在应用；改进的通风库仍是我国许多果产区苹果、梨、柑橘重要的贮藏设施。

低温贮藏是园艺产品最重要的贮藏方式。早期的冷库利用天然冰、人造冰、雪或冰盐混合物来降低库内温度，现代冷藏库则利用机械制冷降温。美国于 1881 年建立了世界上第一个机械贮藏设施。现在在发达国家，冷库贮藏几乎已经完全替代了常温贮藏，随着我国农村园艺产业的快速发展，冷库贮藏也在逐渐普及。

气调贮藏 (controlled atmosphere) 是园艺产品最为现代化的贮藏方式。气调贮藏发展的历史，可追溯到 1916 年，英国人 Kidd 开始研究 CO_2 对种子呼吸的抑制作用。1918 年 Kidd 与 West 一起研究应用控制气体成分贮藏果实，发现提高 CO_2 浓度和降低 O_2 浓度能使苹果保持原来的色泽和良好的硬度，他们于 1927 年发表了水果气体贮藏的论文，创建了苹果气体贮藏方法，这可以说是近代气调的开始。20 世纪 40 年代，加拿

大人 Phillips 首先将气体贮藏更名为气调贮藏。Kidd 与 West 的工作引起了各国科学家的重视,美国的 Smock 和 Van Doren 等人进行了大量的试验,加拿大和澳大利亚也开始了气调贮藏的研究,并在此期间建立了不少的冷藏库和气调库。气调贮藏自 1928 年开始在商业上应用,到 1940 年前后英国已有 3 万吨气调库,50 年代美国的气调贮藏苹果已在产地普及。目前,美国 60% 以上的苹果通过气调库贮藏,气调贮藏已发展成为发达国家苹果、梨最主要的贮藏方式。现代化的气调贮藏技术在我国起始于改革开放后的 80 年代,由于投资高,有些设备还要进口,因此在一段时期内处于示范阶段。近年来,随着我国经济的高速发展,国内气调设施的研制与生产,气调库建设步伐逐渐加快,气调贮藏将成为我国园艺产品重要的贮藏方式。

除了上述三种贮藏方式以外,20 世纪 60 年代,在机械冷藏和气调贮藏的基础上进一步发展起了一种特殊的气调贮藏方法——减压贮藏,又称低压贮藏、负气压贮藏或真空贮藏等。它是将水果或蔬菜置于密闭容器或密闭库内,用真空泵将容器或库内的部分空气抽出,使内部气压降到一定程度,同时经压力调节器输送新鲜湿润的空气(相对湿度 90%~100%),整个系统不断地进行气体交换,以维持贮藏容器内压力的动态恒定和保持一定的湿度环境。低压条件可以抑制产品的呼吸作用,降低空气中氧气的含量,阻止产品贮藏期间乙烯、乙醇等有害气体的积累,从而延长货架期。减压贮藏从 70 年代以来引起美国、英国、日本等发达国家的普遍关注,通过广泛研究,应用范围从最先试用于苹果迅速扩大到其他水果、蔬菜,并取得了良好的贮藏效果。但是目前建造大规模能承受压力的容器仍有一定困难,经济上也不合算。因此这种方法仅限于研究,生产中仅用在叶菜类,如生菜、甘蓝的采后快速预冷上,尚未在贮藏中应用。

运输是商品实现跨地区、跨国界流通的唯一途径。按照园艺产品在运输途中所处的环境温度,可以将运输分为常温运输和低温运输两种方式。常温运输常用于一年四季中的短距离运输(如从产地到当地市场的运输)、短时间运输(如航空运输)和冬季的长距离运输(如冬季苹果、柑橘的长距离铁路和公路运输),在我国园艺产品运输中仍然发挥着非常重要的作用。低温运输是园艺产品现代化的运输方式,是园艺产品采后处理冷链系统中一个重要的环节,也是西方发达国家园艺产品运输的主要途径。装有机械制冷系统的卡车、火车、轮船是低温运输的主要工具,包装箱内加冰(如花椰菜、荔枝的运输)、车箱内加冰(如甜玉米的运输)、预冷后隔热运输(如葡萄经过冷库预冷后,用隔热材料包装运输)也是常见的低温运输方式。随着我国高速公路网的建成和冷藏运输车、冷藏集装箱等设施的发展,冷藏运输将逐步成为园艺产品重要的运输形式。

四、园艺产品贮运学研究的基本内容

新鲜果品、蔬菜和花卉采收之后仍是有生命的植物器官和组织,仍要发生一系列的变化。人们虽然无法完全阻止这些变化的发生,但能够在一定的限度内减慢这些变化的发生。衰老是植物器官发育的最后阶段,在此阶段的一系列不可逆的变化将导致细胞的分解和死亡。新鲜的园艺产品在形态结构(根、茎、叶、花、果实等)、组成成分和生理上存在很大的差异,各种园艺产品达到最大采后寿命所要求的环境条件也不尽相同。新鲜的园艺产品含水量都很高,极容易干燥失水和发生机械损伤,也容易遭受细菌、真

菌的侵袭而发生腐烂。因此，园艺产品贮运学研究的范围相当广泛，涉及的内容有果树学、蔬菜学、花卉学、植物学、植物生理学、微生物学、食品学、营养学、物理学、化学和建筑工程学等多门学科。目前，采后生物技术已成为世界范围内园艺产品采后生理研究工作的最活跃领域。采后生物技术的建立，为探索园艺产品成熟衰老的本质以及有效调控其采后成熟衰老过程，最终达到贮藏保鲜的目的带来了新的希望，并显示出极大的前景。从事园艺产品采后贮藏及经营的工作者在学习或研究中，必须掌握好这些有关的基本理论和基本技能，结合我国已有的贮藏保鲜技术与经验的同时，还要学习和研究国外的先进理论和技术，为提高我国园艺产品贮运保鲜水平奠定坚实的基础。

第一章 品质构成的化学成分

园艺产品中含有各种各样的化学物质，对于果蔬产品来说，这些物质中绝大多数既是人体的营养元素和能量来源，又是决定产品颜色、风味、质地、营养等品质的物质基础；而对于花卉来说，这些物质的质与量对其观赏质量也是至关重要的。因此，认识园艺产品化学成分的含量和变化规律，掌握品质的鉴定方法，是防止园艺产品贮运中的品质劣变，搞好产品贮藏和运输的关键。

园艺产品的化学成分非常复杂，一般分为水和干物质两大部分，干物质又分为水溶性物质和非水溶性物质。水溶性物质包括糖，果胶，有机酸，多元醇，单宁，部分含氮物质、色素、维生素和大部分无机盐类。非水溶性物质有纤维素，半纤维素，原果胶，淀粉，脂肪，部分含氮物质、色素、维生素、矿物质和有机盐类。这些化学物质在园艺产品的生长发育、成熟和贮藏运输过程中都会发生一系列物理的、化学的、生化的变化，从而引起园艺产品在贮藏和流通过程中品质和营养价值的变化。本章主要阐述与园艺产品品质有密切关系的化学物质。

第一节 碳水化合物

碳水化合物(carbohydrate)是果蔬中干物质的主要成分，是多羟基醛或多羟基酮及其缩聚物和某些衍生物的总称。碳水化合物也称为糖类物质，主要包括糖、淀粉、纤维素、果胶物质等，根据在稀酸溶液中的水解情况，碳水化合物又可分为单糖、低聚糖和多糖三大类。

单糖：不能再水解的多羟基醛或多羟基酮，是构成多种糖分子的基本单位，如果蔬中常见的葡萄糖、果糖、甘露糖、半乳糖、木糖等。

低聚糖：水解时产生2~10个单糖分子的糖类，果蔬中以蔗糖最为常见。

多糖：水解可产生成百上千个单糖分子，即多糖是由很多单糖分子缩合形成的高分子化合物，如淀粉、纤维素、果胶等。

一、可溶性糖

果蔬中所含的主要是蔗糖、葡萄糖和果糖，这三种糖各自所占的比例在不同种类间存在较大差异。仁果类以果糖为主，苹果中果糖含量可高达11.8%；核果类的杏、桃、李主要含蔗糖，可达10%~16%，较仁果类高，它们所含的葡萄糖高于果糖；柑橘类果实均含有大量蔗糖；菠萝中也含有显著的蔗糖，占8.6%，但葡萄糖和果糖的含量却很少，分别为1%、0.6%；香蕉中以蔗糖为主，也含有一定量的葡萄糖和果糖。

果蔬的含糖量在不同种类和品种间存在较大差异，如不同品种苹果的含糖量在5%~24%之间不等。同一品种生长在不同的气候和土壤环境中也表现出含糖量的区

别。商品性的果实如苹果、柑橘、香蕉、葡萄等含有 9%~20% 的糖分，椰枣是最富于糖分的果实，树上成熟时可达 37%。一般蔬菜含糖量比果实低。一些常见果蔬的含糖量见表 1-1。

表 1-1 常见果蔬糖分的种类及含量 (g/100g FW)

名 称	转化糖*	蔗 糖	总 糖
桃	1.77~3.67	8.61~8.74	10.38~12.41
杏	3.00~3.45	5.45~8.45	8.45~11.90
李	5.84~9.05	1.01~1.85	6.85~10.70
梨	6.52~8.00	1.85~2.00	8.37~10.00
苹果	7.35~11.61	1.29~2.99	8.62~14.61
葡萄	16.83~18.04	—	16.83~18.04
草莓	5.56~7.11	1.48~1.76	7.41~8.59
甜樱桃	13.18~16.57	0.17~0.43	13.35~17.00
菠萝	3.00	8.00	11.00
柑橘	2.14	4.53	6.67
甜橙	4.82	3.01	7.93
香蕉	10.00	7.00	17.00
枣	56.00	8.00	64.00
胡萝卜			3.30~12.00
白菜			5.00~17.00
辣椒			2.50~9.00
番茄			1.50~4.20
甘蓝			1.50~4.50
南瓜			2.50~9.00
黄瓜			1.20~2.70
西瓜			5.50~11.00

注：* 转化糖即葡萄糖与果糖的总和

糖分是果蔬中可溶性固形物的主要成分，直接影响果蔬的风味、口感和营养水平。糖分还是人体从果蔬中获得热量的主要来源之一，容易被人体吸收，有助于蛋白质和脂肪的消化利用。获得高含糖量的果实往往是栽培育种的主要目标之一，也是贮藏加工所要求的质量指标。糖作为合成碳源的营养物质，有促进开花、使花径增大、保持花瓣色彩和植株鲜重的作用，延缓切花衰老症状的出现，保护线粒体和细胞膜的完整性。

糖及其衍生物糖醇是果蔬中主要的甜味物质。一些氨基酸、胺类等非糖也具有甜味，但不是果蔬甜味的主要来源。糖的甜度与分子中的一OH 数目和构型有一定关系，一般凭人们的味觉判断，以蔗糖甜度 100 作为标准，可测得各种糖的甜度相对值。淀粉等多糖物质在果蔬中经水解可产生单糖或双糖，从而增加果蔬的甜味。

果蔬甜味的强弱除了取决于糖的种类和含量外，还与含糖量与含酸量的比例（糖酸比）有关。糖酸比值越高，甜味越浓；比值适宜，则酸度适宜（表 1-2）。

表 1-2 苹果的糖酸比值与风味的关系

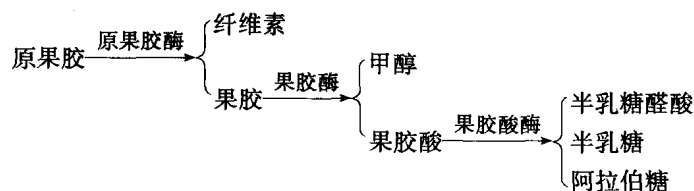
风 味	糖/(g/100g FW)	酸/(g/100g FW)	糖酸比值
甜	10	0.10~0.25	100.0~40.0
甜酸	10	0.25~0.35	40.0~28.6
微酸	10	0.35~0.45	28.6~22.2
酸	10	0.45~0.60	22.2~16.7
强酸	10	0.60~0.85	16.7~11.8

在成熟和衰老的过程中,花卉、果实和一些果菜类的含糖量和含糖种类在不断变化。研究发现,在百合切花衰老过程中,可溶性总糖前4天维持初始水平,4天后开始迅速下降。Nichols在2002年发现香石竹花瓣衰老时总糖含量下降,还原糖保持初始水平,蔗糖消失。苹果和梨到正常采收期,蔗糖的含量增高;杏、桃和芒果也在成熟时蔗糖含量明显增加;未熟的李几乎没有蔗糖,到黄熟时,蔗糖有一个迅速增加的过程;早熟和中熟的柑橘,糖分的积累主要是蔗糖。一般的果实都是充分成熟时含糖量达到最高值,生产上常以此确定采收期。贮运过程中,糖分因呼吸消耗不断减少,消耗量越多,糖分降低越快,果蔬品质越差;反之,贮运条件适宜,糖分减少越慢,果蔬品质越好。

二、果胶物质

果蔬表现脆、硬、软、绵的质地,与细胞结构有关,在很大程度上也与果胶物质(pectin)的变化有关。这是一类复杂的胶态物质,基本结构是脱水多聚半乳糖醛酸的长链,多聚半乳糖醛酸的部分羧基被甲酯化,部分被盐基中和。

果胶物质是细胞壁的主要成分之一,沉积在细胞初生壁和中胶层中,起着连接细胞个体的作用。不同种类的果品果胶含量差别很大,其中以山楂的含量较多,达到6.4%;其次是甜瓜、柠檬、猕猴桃,达3%~4%;苹果、梨、香蕉等含0.5%~1.8%。果蔬中的果胶类物质通常以三种形式存在,即原果胶、果胶和果胶酸。三者之间的关系为:



未成熟的幼果中多为原果胶,它紧密地连接着果实的细胞,使果实质地脆而硬。随着果实成熟度的提高,原果胶逐步转化为水溶性果胶而进入细胞质中,细胞间松弛,果实硬度下降。然后果胶进一步转化成为水溶性更强的,无黏性的果胶酸,果实变得松软发绵。由此可见,果胶物质的变化与果实硬度密切相关,良好的贮运措施,可以降低果胶物质的转化程度,延缓果实衰老。

在贮藏、运输期间,由于原果胶的分解使水果蔬菜变软,易受机械损伤,故应在完全成熟前采收。贮藏中果胶含量的变化是决定水果蔬菜贮藏时期长短的重要指标。许多霉菌、细菌也能分泌分解果胶物质的酶,使水果蔬菜很快解体、腐烂。因此,在贮藏中