

果蔬贮运学

周山涛 主编



化学工业出版社

果蔬贮运学

周山涛 主编

(京) 新登字 039 号

图书在版编目(CIP)数据

果蔬贮运学/周山涛主编. —北京: 化学工业出版社,
1998. 8
ISBN 7-5025-2151-8

I. 果… II. 周… III. ①水果-贮运②蔬菜-贮运 IV.
S37

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (98) 第 12388 号

果 蔬 贮 运 学

周山涛 主编

责任编辑: 杨立新 孟 嘉

责任校对: 马燕珠

封面设计: 于 兵

*

化学工业出版社出版发行
(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)
新华书店北京发行所经销
北京市密云云浩印制厂印刷
北京市密云云浩印制厂装订

*

开本 850×1168 毫米 1/32 印张 10³/₄ 字数 302 千字

1998 年 7 月第 1 版 1998 年 7 月北京第 1 次印刷

印 数: 1—4000

ISBN 7-5025-2151-8/S·27

定 价: 19.80 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责调换

《果蔬贮运学》编写人员

主 编 周山涛 (中国农业大学)

副主编 冯双庆 (中国农业大学)

审 阅 郑继舜 (中国人民大学)

其他编写人员(以姓氏笔划为序)

王薛修 (南京农业大学)

林伟振 (华南农业大学)

高瑞霞 (沈阳农业大学)

各章执笔人 绪言 周山涛

第一章 冯双庆

第二章 高瑞霞

第三章 冯双庆

第四章 林伟振

第五章 冯双庆

第六章 王薛修

第七章 周山涛

第八章

第一节 高瑞霞

第二节 林伟振

第三节 王薛修、高瑞霞

内 容 提 要

本书是农业部高等农业院校“八五”规划教材。共分八章，主要内容有：果蔬采前环境因素对果蔬采后寿命及品质的影响，果蔬成熟过程中组织结构和生理生化变化，果蔬的呼吸作用，乙烯的生物合成及其调控，环境温度及果蔬失水，果蔬贮藏期间的生理失调，冷害、冻害、气体伤害病及其防止方法，果蔬的采收及采后处理，果蔬的贮藏设施及其运输要求，果蔬的贮藏特点及方法。

因此本书具有理论性与时间性相结合的特点，可供高等农业院校食品科学、园艺、果蔬专业使用，也可供综合大学生物系及从事果蔬贮藏、运输、保鲜的人员参考。

目 录

绪言	1
第一章 采前因素对果蔬品质及耐贮性的影响	4
第一节 产品本身因素	4
一、种类和品种	4
二、砧木	6
三、树龄和树势	6
四、果实大小	7
五、结果部位	7
第二节 自然环境条件	8
一、温度	8
二、光照	9
三、降雨量和空气湿度	10
四、地理条件	12
五、土质	12
第三节 农业技术条件	14
一、施肥	14
二、灌溉	14
三、修剪、疏花和疏果	15
四、田间病虫害防治	16
五、生长调节剂处理	17
第二章 果蔬的结构和化学组成	20
第一节 果蔬的定义及产品器官的发育、成熟和衰老	20
一、果蔬的定义	20
二、产品器官的生长和发育	20
三、产品器官的成熟和衰老	22
第二节 果蔬细胞的组成及其在采后成熟衰老期中的变化	24
一、细胞器	24
二、细胞壁	25
三、角质层和蜡	25
四、开孔	26

五、细胞间隙（胞间空隙）	26
第三节 果蔬的化学组成及其在采后成熟衰老中的变化	26
一、水分及无机成分	27
二、维生素	28
三、碳水化合物	30
四、有机酸	35
五、色素物质	36
六、单宁物质	39
七、芳香物质	39
八、含氮化合物	41
九、糖苷类	44
十、酶	46
第三章 果蔬采后生理	51
第一节 果蔬的呼吸代谢	51
一、呼吸的基本概念	51
二、糖的有氧降解和能量的释放	51
三、呼吸强度和呼吸系数	55
四、呼吸温度系数、呼吸热和呼吸高峰	57
五、影响呼吸强度的因素	59
六、呼吸与抗病性	64
第二节 乙烯对果蔬成熟和衰老的影响	65
一、乙烯研究的发展史	65
二、乙烯的生物合成途径及其调控	66
三、乙烯的生理作用及贮藏环境中乙烯的控制	68
第三节 果蔬的失水与环境湿度	75
一、失水对产品的影响	75
二、与失水有关的一些基本概念	77
三、影响失水的因素	78
四、防止果蔬采后失水的措施	81
第四节 果蔬贮藏中发生的生理失调	83
一、低温伤害及其发生机制和症状	83
二、其他的生理失调（病害）	93
第五节 休眠在蔬菜贮藏中的应用	98
一、休眠类型及休眠期	98
二、休眠期间的生理生化变化	98
三、控制休眠的方法及应用	99

第四章 果蔬贮运中的微生物病害	101
第一节 果蔬采后微生物病害的侵染过程及果蔬的抗病性	101
一、果蔬采后病害的侵染过程	101
二、果蔬的抗病性及其机制	104
第二节 果蔬采后微生物病害的症状及病原	106
第三节 果蔬采后微生物病害的控制	115
一、果蔬微生物病害的类型	115
二、果蔬采后病害的防治	116
第五章 果蔬的采收及采后处理	124
第一节 采收	124
一、采收成熟度	124
二、采收方法	127
第二节 分级与包装	129
一、分级	129
二、包装	136
第三节 预冷	140
一、预冷作用	140
二、预冷方法及设施	140
三、影响预冷速度的因素	143
第四节 果蔬的其他采后处理	143
一、催熟及脱涩	143
二、愈伤	147
三、辐射	148
四、涂膜处理	156
五、化学药剂处理	159
第六章 果蔬的运输	163
第一节 果蔬的流通	164
一、果蔬的商品特性	164
二、果蔬的流通体系	165
第二节 果蔬的运输要求	167
一、振动	168
二、温度	172
三、湿度	173
四、气体成分	174
五、包装	174
六、堆码与装卸	176

第三节 运输方式及工具	182
一、各种运输方式及其特点	182
二、各种运输方式的经济评价	183
三、运输工具	184
第七章 果蔬贮藏方式及设备	189
第一节 简易贮藏方式	189
一、假植贮藏	189
二、垛藏和挂藏	191
三、沟藏和窖藏	192
四、冻藏	195
第二节 土窖洞	195
一、土窖洞的结构	195
二、土窖洞的管理	197
第三节 通风贮藏库和棚窖	200
一、通风贮藏库设计要求	200
二、通风贮藏库的管理	205
第四节 冰窖	207
第五节 机械冷藏库	208
一、果蔬机械冷藏原理	209
二、冷藏库的围护结构	210
三、制冷系统	212
第六节 气调贮藏库	217
一、气调贮藏原理	217
二、气调贮藏设备	218
第七节 减压贮藏	226
第八章 果蔬的贮藏技术	229
第一节 温带果品贮藏	229
一、苹果的贮藏	229
二、梨的贮藏	245
三、桃、杏的贮藏	250
四、柿的贮藏	254
五、葡萄的贮藏	257
第二节 热带亚热带果品贮藏	263
一、柑桔的贮藏	263
二、荔枝的贮藏	268
三、香蕉的贮藏	271

四、芒果的贮藏	275
五、菠萝的贮藏	279
六、番木瓜的贮藏	280
七、李的贮藏	282
第三节 蔬菜贮藏	283
一、结球白菜的贮藏	284
二、花椰菜的贮藏	292
三、萝卜的贮藏	294
四、番茄的贮藏	297
五、青椒的贮藏	302
六、黄瓜的贮藏	305
七、茄子的贮藏	308
八、菜豆的贮藏	308
九、洋葱的贮藏	309
十、韭菜的贮藏	314
十一、大蒜的贮藏	315
十二、马铃薯的贮藏	316
十三、姜的贮藏	319
十四、菠菜的贮藏	321
十五、芹菜的贮藏	325
十六、莴笋的贮藏	327
附表 法定计量单位与非法定计量单位换算关系	331
主要参考文献	332

绪 言

食物结构和营养膳食水平是一个国家经济发达程度和人民生活水平高低的重要标志之一。我国人民的膳食结构已经从过去的半温饱型转变为温饱型，并且逐步向小康型过渡。新鲜水果和蔬菜是人们科学合理的膳食结构中不可缺少的重要副食品。为使人们获得水果和蔬菜的均衡供应，除了加强排开种植、促成栽培、选择品种、分期收获等栽培技术措施之外，还要搞好采后贮藏和运输工作，以调节淡旺季的矛盾，丰富市场果品和蔬菜的种类及品种。对于生产者来说，贮藏和运输则是保证果品和蔬菜丰产丰收、减少损失、增加收入、疏通销售渠道的重要措施，也是促进生产发展的关键之一。

近些年来，我国的果品和蔬菜生产有飞跃的发展。据农业和商业部门统计，我国水果总产量在1952年仅224万t，1986年达1300万t，到1991年已增加到2100万t。解放后的40多年中，以苹果、梨、柑桔、香蕉、葡萄等大宗水果发展最快，相应的贮运技术受到重视。而到80年代，北方地区大量栽植了山楂、桃、猕猴桃等果树，南方的热带、亚热带水果如枇杷、芒果、油梨、荔枝等迅速发展，也使之进入重要果品的行列。如何把这些不耐贮运的果品分送到各地市场，并延长其供应期，已经成为当前研究者和经营者十分重视的问题。我国幅员广阔，蔬菜栽培历史悠久，种类品种繁多。我国人均蔬菜的年消费量，超过或等于世界人均消费量，每年大约在150kg左右，但在消费质量上仍有待提高。在南方周年可以生产蔬菜，供应问题不十分突出。而北方的冬季大宗蔬菜供应，种类单调，精细蔬菜只能靠保护地栽培，难以大量供应市场，因而南菜北运又成为当前供应新鲜蔬菜和活跃市场的重要途径。在秋季，北部地区蔬菜收获季节晚于中部各省市，人们还采用了北菜南运进行调剂。自80年代以来，我国的果品蔬菜贮藏和运输业务十分活跃，促进了市场繁荣。国营、集体和个体经营者在

果品和蔬菜流通中，为提高人民生活水平、实施科学合理的膳食结构作出了贡献。

我国的果品生产发展虽快，但供应仍嫌不足，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 $\frac{1}{5}$ ~ $\frac{1}{6}$ ，品质也不理想。蔬菜供应虽已基本达到营养要求的标准，但种类仍嫌单调。尤其是北方寒冷地区，冬季多以大白菜、萝卜、马铃薯等为主要蔬菜，增加花色品种的需求非常迫切。所有这些都可以借助于贮藏和运输等流通手段得以缓解。在过去一个时期中，由于贮运设施不足，或是经管人员对贮运技术的科学原理和要求认识不够，甚至由于工作中的疏忽大意，使果蔬积压、变质、腐烂等现象时有发生。我国果品出口香港、日本、西欧等地，虽然都是精选的优质产品，但由于分级标准差，颜色、硬度或成熟度不合要求以及包装和装璜不良等原因，遭到压价销售，难以参予国际市场竞争，大大影响了外贸出口创汇。

我国的果蔬贮运保鲜事业受到党和政府的高度重视，先后被列入“六五”和“七五”国家重点科技攻关项目，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。有关部门正大力推广这些科研成果，使之发挥更大的效益。

采收以后的水果和蔬菜，其生理生化变化规律不完全相同于生长期中的植株。研究者经过长期努力，形成了植物生理学的一个重要分支——采后生理学，专门观察研究采收以后果蔬的生理特性和周围环境对这些特性的影响。果蔬贮藏和运输技术则是以采后生理为基础的一门应用学科。近代先进科学仪器的发展，使采后生理学从宏观到微观的研究，日渐深入细致，有助于深入认识和发现果蔬采后生理过程的生物化学和物理学变化，从而找出更加有效的方法来控制这些变化过程，形成一系列的贮藏和运输操作控制技术，最大限度地延缓果实和蔬菜的衰老进程，减少变质腐烂的损失，为满足市场对优质水果和蔬菜的需求提供保证。

学习《果蔬贮运学》这门课程，要在运用植物学、化学、物理学、

植物生理学、植物病理学、植物解剖学、微生物学以及果树栽培学和蔬菜栽培学等基础学科基础上，掌握这一门学科的基本原理；同时要熟悉过去和现代国内外有关果蔬贮藏和运输的经验，使理论密切联系实际，结合我国国情，了解和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 采前因素对果蔬品质及耐贮性的影响

第一节 产品本身因素

影响水果和蔬菜耐贮性的采前因素很多，如种类和品种、生长环境条件、所采用的农业技术措施等都会影响产品的品质，只有生长发育良好、健康、品质优良的产品才有可能贮藏得好，因此我们切不可忽视采前因素对采后寿命的影响。在选择作为长期贮藏的产品时，一定要考虑下列诸因素的影响。

一、种类和品种

(一) 种类

蔬菜不仅种类繁多，而且可食部分可以来自于植物的根、茎、叶、花、果实和种子，由于它们的组织结构和新陈代谢方式不同，因此耐贮性也有很大的差异。

叶菜类耐贮性最差。因为叶片是植物的同化器官，呼吸和蒸腾作用旺盛，采后容易萎蔫和黄化。特别是幼嫩叶菜表层的保护组织尚未发育完全，最难贮藏；叶球为营养贮藏器官，是在营养生长停止后才收获的，新陈代谢已经有所降低，所以比较耐贮藏。

花和果实是植物的繁殖器官，新陈代谢也比较旺盛，成熟过程中还会形成乙烯，所以花菜类是很难贮藏的。如新鲜的黄花菜，花蕾采后1天就会开放，并很快腐烂，因此必需干制。花椰菜是成熟的变态花序，蒜苔是花茎梗，它们都较耐寒，可以在低温下作较长期的贮藏。

果菜类包括瓜、果、豆类，它们大多原产于热带和亚热带地区，不耐寒，贮藏温度低于8~10℃以下会发生冷害。其食用部分为幼嫩果实，新陈代谢旺盛，表层保护组织尚不完善，容易失水和遭受微生物侵染。采后由于生长和养分的转化，果实容易变形和发生组织纤维化，如黄瓜变成大头瓜、豆荚变老，因此很难贮藏。但有些瓜类蔬菜是在

充分成熟时采收的，如南瓜、冬瓜，其代谢强度已经下降，表层保护组织已充分发育，表皮上形成了厚厚的角质层、蜡粉或茸毛等，所以比较耐贮藏。

块茎、球茎、鳞茎、根茎类都属于植物的营养贮藏器官，有些还具有明显的休眠期或被控制在强迫休眠状态，使其新陈代谢降低到最低程度，所以比较耐贮藏。

对于水果来说不同种类的果实耐藏性差异也很大，热带和亚热带生长的香蕉、菠萝、荔枝、芒果等采后寿命短，不能作长期贮藏，而温带生长的苹果和梨耐藏性强，但桃、杏等却不耐贮藏。

只有了解不同种类水果和蔬菜的特性，才可以对不同的产品作不同贮藏期的安排，既保证质量又不浪费人力和物力。

(二) 品种

水果和蔬菜的品种不同，其耐藏性也有差异。大白菜中，直筒形比圆球形的耐贮藏，青帮系统的比白帮系统的耐贮藏，晚熟的比早熟的耐贮藏，如小青口、青麻叶、抱头青、核桃纹等的生长期都较长，结球坚实，抗病耐寒。又如天津的白庙芹菜，陕西的实杆绿芹，北京的棒儿芹，都很耐贮，而空杆类型的芹菜贮藏后容易变糠，纤维增多，不堪食用。菠菜中尖叶菠菜耐寒适宜冻藏，圆叶菠菜虽叶厚高产，但耐寒性差，不耐贮藏。

苹果中的早熟品种耐藏性差。如黄魁、祝光不宜作长期贮藏，金冠、红星、元帅、红玉等在自然降温的贮藏库中不能作长期贮藏，然而用冷藏或气调冷藏方法可以贮藏到第2年5月，青香蕉、鸡冠和小国光是耐藏品种，小国光在普通窖中可以贮藏到次年的5~6月份。一些新品种如秦冠、红富士等都是品质优良、耐藏性强的品种。

鸭梨、雪花梨、茺梨和长把梨的品质好或较好，而且耐贮藏，红霄梨肉质较粗，含酸量高，但极耐贮藏。属于西洋梨系统的巴梨和茄梨，以及秋子梨系统的京白梨和广梨，一般不作长期贮藏，但如果贮藏条件适当，也可以贮藏到次年春季。

柑桔中的宽皮桔品种，耐藏性都差。广东的蕉柑是耐藏品种，甜橙的耐藏性较好，在适合的贮藏条件和精心管理下，可以贮藏5~6

个月。

桃不能作长期贮藏，桔早生、五月鲜、上海水密和琛州蜜桃等，采后只能存放几天，冈山白、大久保、14号等品种耐贮性稍强，一些晚熟品种如冬桃、绿化九号比较耐贮藏。一般说来，非溶质性的桃比溶质性的桃耐贮藏。

二、砧木

果树的砧木对嫁接后果树生长发育，对环境的适应性，以及对果实产量、品质、化学成分和耐贮性是有影响的。山西果树研究所通过试验观察到，红星苹果嫁接在保德海棠上，果实色泽鲜红，最耐贮藏。武乡海棠、沁源山定子和林檎嫁接的红星苹果，耐贮性也较好。不少研究表明，苹果发生苦痘病与砧木的性质有关，在烟台海滩地上，发病轻的苹果砧木是烟台沙果、福山小海棠，发病最重的是山荆子、黄三叶海棠，晚林檎和蒙山甜茶居中。还有人发现，矮生砧木上生长的苹果的苦痘病发病较中等树势的砧木上生长的苹果要轻。四川农业科学院园艺试验站育种研究室在不同砧木的比较试验中指出，嫁接在枳壳、红桔、土柑和香柑等砧木上的甜橙，耐贮性最佳和较佳。酸桔、香橙和沟头橙砧木上的甜橙耐贮性也较强，在贮藏后期品质也比较好。美国加利福尼亚的华盛顿脐橙和伏令夏橙明显地受砧木的影响，接在酸橙砧木上的脐橙比嫁接在甜橙上的果实要大，用酸橙做砧木的果实比用甜橙做砧木的果实中柠檬酸、可溶性固形物、蔗糖和总糖含量要高一些。

砧木对接穗的影响是多方面的。例如树体的生长、对病害的抗性、开花和结果早晚等等，在一定程度上都受砧木的影响，因而造成果实的化学成分、物理性状和生理反应上的差异，以致影响到果实的贮藏性能。因此，在规划果园和选择苗木的时候，应该考虑果实将来的贮藏性能。

三、树龄和树势

树龄和树势不同的果树，不仅果实的产量和品质不同，而且耐藏力也有差异。Comin等观察到11年生的Rome beauty苹果比35年生的着色要好，在贮藏中发生的褐烫病要少50%~80%。Wallace等发现

幼树上的苹果大小不一，氮和蔗糖含量高，耐贮性差，容易发生苦痘病和萎蔫，发生其他生理病害的机会也较多。有人认为，苦痘病的发病规律有下列特点，即幼树的苦痘病比老树重，树势旺的比树势弱的重，结果少的发病较重，大果比小果发病要重。广东汕头2~3年的蕉柑树，果实的果汁中可溶性固形物低、酸味浓、风味较差，在贮藏中容易受冷害，易发生水肿病，而5~6年生的蕉柑树，果实品质风味较好，耐贮性也较强。

四、果实大小

同一种类和品种的水果，果实的大小不同，其耐贮性不同。大个的国光苹果比小个的发生虎皮病的机会要多，大个的雪花梨容易出现褐变。其他一些生理病害也是大个的果实出现的早，并且发病严重。苹果的苦痘病发病率与果实的直径呈正相关，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。多数品种的苹果都有大个果实的硬度比小个的下降得快的现象。

五、结果部位

同一株树上，不同部位果实的大小、颜色和化学成分不同，耐贮性也有很大的差异。一般说来，向阳面的苹果果实较大，着色比阴面的好，在贮藏中不易萎蔫皱缩。Jackson的研究表明，向阳面的果实中钾和干物质含量较高，而氮和钙的含量较低。苹果树外围的果实较大，发生苦痘病的机会比内膛果实多，因为外围果实含钾多而含钙少，红玉斑点病也多发生在外围果实上。据Wallace观察，被树叶遮盖的苹果与直接受阳光照射的果实比较，干物质、总酸、还原糖和总糖含量较低，而总氮量则比较高。在通风贮藏库中贮藏时背阴处生长的果实腐烂率较高，但在冷库中贮藏时直接受阳光照射生长的果实腐烂率较高。国光苹果中着色差的内膛果实虎皮病的发病率高。Harding等发现阳光下外围枝条上结的柑桔中维生素C比内膛果实要高。Sites发现，同一株上的伏令夏橙果实，顶部外围的果实中，可溶性固形物含量最高，内膛果实的可溶性固形物含量最低；他还发现，果实的含酸量与结果部位没有明显的相关性，但与接受阳光的方向有关，在东北面的果实可滴定酸含量偏低。Stewart研究橙、柑、桔树上向北面的果实汁液比向