

Food



普通高等教育“十二五”规划教材

果蔬采后生理 与贮运学

张秀玲 主编

江连洲 主审



化学工业出版社

Food

Series of Food Science
Technology Textbooks

食品科技
系列

普通高等教育“十二五”规划教材



果蔬采后生理 与贮藏学

张秀玲 主编
江连洲 主审



化学工业出版社

·北京·

本书主要介绍的是果蔬贮运原理及果蔬贮运技术, 主要包括果蔬的化学组成及其贮藏特性, 果品蔬菜的采后生理, 果品蔬菜的采收及采后处理, 果品蔬菜的贮藏方式, 主要果品蔬菜贮藏保鲜技术和高新技术在果蔬贮藏中的应用等内容。

本书适合于食品、园艺等本科专业学生作为指导教材, 同时也可以作为果蔬贮藏企业、农户的参考书。

图书在版编目 (CIP) 数据

果蔬采后生理与贮运学/张秀玲主编. —北京: 化学工业出版社, 2011. 2

普通高等教育“十二五”规划教材

ISBN 978-7-122-10366-6

I. 果… II. 张… III. ①水果-贮运-高等学校-教材
②蔬菜-贮运-高等学校-教材 IV. S609

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 003902 号

责任编辑: 赵玉清
责任校对: 徐贞珍

文字编辑: 周 侗
装帧设计: 尹琳琳

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 刷: 北京云浩印刷有限责任公司

装 订: 三河市前程装订厂

787mm×1092mm 1/16 印张 15¼ 字数 391 千字 2011 年 2 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 28.00 元

版权所有 违者必究

《果蔬采后生理与贮运学》编写人员

主 编：张秀玲 东北农业大学

副主编：郑环宇 东北农业大学

韩秀娥 黑龙江省乳品工业技术开发中心

李 良 东北农业大学

参 编：陈蓓莉 丹尼斯克（上海）有限责任公司

孙佳平 云和县质量技术监督局

主 审：江连洲 东北农业大学

前 言

果蔬采后生理与贮运学是食品学科农产品专业的必修课程，该课程在食品科学领域占有十分重要的地位，是一门以应用为主的学科，它以化学、生物化学、植物学、植物生理学、微生物学、果蔬栽培学等学科为基础。研究果品及蔬菜采收、分级、包装、运输、贮藏的原理与技术，以调节果蔬淡旺季供应矛盾，满足人们物质生活不断增长的需要。

果蔬是食品工业的重要原料。果蔬采收后各种生理代谢活动依然在进行，容易造成损耗，另外果蔬生产都有特定的季节性、区域性和易变性，由于各地果蔬业面积的扩大，局部地区也出现了大宗果品滞销、农产品价格下降幅度较大的问题，影响了农民发展果蔬业的积极性。因此，果蔬贮藏的问题必须引起高度重视。采取合理的贮藏保鲜技术能有效地延长新鲜果蔬的贮藏期，调节淡旺季，繁荣果蔬市场，改善人们的生活水平，实现显著的经济效益和社会效益。

本书主要介绍的是果蔬贮运原理及果蔬贮运技术，主要包括果蔬的化学组成及其贮藏特性，果品蔬菜的采后生理，果品蔬菜的采收及采后处理，果品蔬菜的贮藏方式，主要果品蔬菜贮藏保鲜技术和高新技术在果蔬贮藏中的应用等内容。

本书是在总结果蔬贮藏经验的基础上，广泛搜集国内外有关资料编写而成，同时根据生产、教学、科研实际情况进行了适当修改、补充，内容丰富，技术实用。实践性较强，适合于食品、园艺等本科专业学生作为教学用书，同时也可以作为果蔬贮藏企业、农户的参考书。

本书的第一章由韩秀娥编写，第二章由韩秀娥和孙佳平编写，第三章及第四章由郑环宇编写，第五章由张秀玲和陈蓓莉编写，第六章由张秀玲编写，绪论及第七章由李良编写，全书由张秀玲统稿。

希望本书的内容能够给从事果蔬贮藏的同类研究提供一些参考和帮助，但由于笔者编写时间仓促，难免存在不妥之处，敬请广大读者批评指正。

张秀玲

2010年10月于哈尔滨

目 录

绪论	1	一、呼吸作用的基本概念	33
一、果蔬贮藏的重要意义	1	二、呼吸作用的生理意义	34
二、国内外果蔬贮藏的历史、现状 及展望	1	三、果蔬采后的呼吸变化特点	35
三、本课程学习的主要内容与考核 方法	7	四、影响果蔬产品呼吸的因素	37
第一章 果蔬的化学组成及其贮藏 特性	8	第二节 蒸腾生理	40
第一节 水分	8	一、蒸腾作用的方式及生理意义	40
第二节 碳水化合物	9	二、蒸腾失水对果蔬品质及贮藏性 的影响	41
一、糖类	9	三、影响果蔬蒸腾作用的因素	42
二、淀粉	13	第三节 成熟衰老生理	43
三、纤维素和半纤维素	14	一、果蔬的成熟与衰老	43
四、果胶	14	二、果蔬成熟时的生理生化变化	44
第三节 有机酸	15	三、果蔬的衰老生理	45
第四节 含氮物质	16	四、果蔬成熟衰老期间色、香、味 物质的变化	46
第五节 维生素	16	五、乙烯对果蔬成熟衰老的影响	48
一、水溶性维生素	16	六、钙与果蔬衰老的关系	49
二、脂溶性维生素	17	第四节 休眠生理	50
第六节 矿物质	18	一、休眠类型及休眠期	50
第七节 色素	18	二、休眠的生理生化特征	51
一、叶绿素类	18	三、控制休眠的措施	51
二、类胡萝卜素	20	第五节 生理病害及病理病害	52
三、花青素	21	一、生理病害的类型及原因	52
四、花黄素	22	二、果蔬采后病害	54
第八节 单宁	22	第三章 果品蔬菜的采收及采后处理	58
第九节 香味物质及风味物质	22	第一节 果蔬的采收	58
一、香味物质	22	一、果蔬的采收成熟度	58
二、风味物质	23	二、采收准备和采收方法	61
第十节 油脂类	25	第二节 采后处理	63
第十一节 糖苷类	25	一、整理与挑选	63
第十二节 酶类	27	二、预冷	64
一、氧化还原酶	27	三、分级	67
二、果胶酶类	29	四、包装	69
三、纤维素酶	29	五、其他采后处理方式	71
四、淀粉酶和磷酸化酶	30	第三节 运输方式及设备	73
第十三节 植物激素	30	一、目的和意义	73
第二章 果品蔬菜的采后生理	33	二、运输方式	74
第一节 呼吸生理	33	三、影响果蔬运输的因素	74
		四、运输设备	77

五、合理运输	81	三、贮运过程中存在的问题及防止 措施	120
第四章 果品蔬菜的贮藏方式	82	四、贮藏方法	121
第一节 简易贮藏	82	五、香蕉的催熟	121
一、简易贮藏的种类	83	第五节 桃贮藏	122
二、简易贮藏的特点	85	一、品种选择和采收	122
三、简易贮藏的管理	86	二、桃在贮存中易出现的问题及 防止措施	123
第二节 通风库贮藏	86	三、贮藏方法	124
一、通风库的建造	87	第六节 柑橘贮藏	124
二、通风库的使用与管理	89	一、品种的贮藏特性	124
第三节 果蔬的冷藏	90	二、采收及贮藏前的预处理	124
一、果蔬冷藏的种类	90	三、创设适宜的贮藏环境条件	125
二、冷藏的方式	93	四、贮藏中易出现的病害及防治	126
三、冷藏对果蔬品质的影响及 防治	93	五、贮藏方法	127
四、冷藏的管理	94	第七节 山楂贮藏	128
第四节 气调贮藏	96	一、品种选择	128
一、气调贮藏的原理及特点	96	二、采收和预处理	129
二、气调贮藏的方法	97	三、贮藏条件	129
三、气调库	97	四、贮藏方法及管理	129
四、气调贮藏的生理生化基础	99	五、贮藏中的主要问题与防止 办法	130
五、气调贮藏对果蔬产品品质的 影响	100	第八节 西瓜贮藏	130
六、气调贮藏的管理	101	一、贮藏特性	130
第五章 水果贮藏保鲜技术	104	二、采收时期	130
第一节 苹果贮藏	104	三、西瓜贮藏中易出现的问题及 防治措施	130
一、品种贮藏特性	104	四、贮藏方法	132
二、贮藏中常见的病害	104	第九节 柿子贮藏	132
三、贮藏的适宜环境条件	106	一、贮藏特性	133
四、预冷	106	二、采收时期	133
五、贮藏方法	106	三、贮藏方法	133
第二节 梨贮藏	110	四、柿子脱涩	133
一、品种、采收及贮藏条件	110	第十节 草莓贮藏	134
二、梨在贮藏中发生的主要病害	111	一、贮藏特性	134
三、贮藏方法	112	二、贮藏方法	134
第三节 葡萄贮藏	115	第十一节 枣贮藏	135
一、选择耐贮藏的葡萄品种	116	一、枣品种特性	135
二、采收	116	二、采收	135
三、选择适宜贮存的环境	116	三、贮藏方法	135
四、贮藏中易出现的问题及防治 措施	116	第十二节 菠萝贮藏	136
五、主要贮藏方法及管理	118	一、菠萝贮藏中易发生的病害	137
第四节 香蕉贮藏	119	二、贮藏方法	137
一、采收、运输及包装	120	第十三节 猕猴桃贮藏	137
二、贮藏中的主要病害	120		

一、采收	137	三、贮藏方法	160
二、品种特性	137	第七节 番茄贮藏	160
三、贮藏方法	138	一、贮藏特性	160
第十四节 李子贮藏	138	二、贮藏用品种	160
一、贮藏特性	138	三、番茄的成熟度与耐贮性的 关系	161
二、贮藏方法	138	四、贮藏中的常见病害	161
第十五节 板栗贮藏	139	五、贮藏方法	162
一、品种耐藏特性	139	第八节 大萝卜贮藏	163
二、采收时期和采收方法	139	一、贮藏特性	163
三、贮藏前的处理	140	二、选择适宜贮藏品种及贮藏 条件	163
四、贮藏方法及管理	140	三、贮藏方法	164
第十六节 芒果贮藏	141	第九节 胡萝卜贮藏	165
一、贮藏特性	141	一、贮藏特性	165
二、贮藏病害及其防止措施	142	二、适时采收和预贮	165
三、贮藏方法	142	三、贮藏期间的病害及防治	165
第十七节 荔枝贮藏	143	四、贮藏方法	166
一、贮藏特性	143	第十节 黄瓜贮藏	166
二、贮藏方法	143	一、贮藏特性	166
第六章 蔬菜贮藏保鲜技术	144	二、采收	167
第一节 大白菜贮藏	144	三、黄瓜贮藏中容易发生的病害及 防治	167
一、贮藏特性	144	四、贮藏方法	167
二、解决大白菜贮藏期间存在问 题的主要措施	144	第十一节 菜豆贮藏	168
三、其他贮藏方法	146	一、贮藏特性	169
第二节 甘蓝贮藏	147	二、贮期容易发生的病害	169
一、贮藏特性	147	三、贮藏方法	170
二、贮藏方法	148	第十二节 茄子贮藏	170
第三节 青椒贮藏	148	一、栽培中注意防治绵疫病和褐 纹病	170
一、贮藏特性	148	二、贮藏方法	171
二、青椒贮藏技术关键	148	第十三节 洋葱贮藏	172
三、选择适当的贮藏方法	149	一、贮藏特性	172
第四节 蒜薹贮藏	150	二、贮藏中容易发生的病害及 防治	172
一、贮藏特性	150	三、贮藏方法	173
二、蒜薹贮藏技术关键	151	第十四节 大蒜、大葱贮藏	173
三、贮藏方法	152	一、大蒜贮藏	173
四、蒜薹贮藏易出现病害及防治 方法	153	二、大葱贮藏	174
第五节 马铃薯贮藏	155	第十五节 生姜贮藏	174
一、贮藏特性	156	一、贮藏特性	174
二、贮藏中常见的病害	156	二、常见病虫害及防治方法	174
三、贮藏方法	158	三、贮藏方法	175
第六节 香菜贮藏	159		
一、贮藏特性	159		
二、贮藏技术措施	159		

第十六节 菜花贮藏	176	二、臭氧的保鲜原理及应用原则	196
一、贮藏特性	176	三、影响臭氧处理效果的因素	197
二、病虫害防治	177	四、臭氧对果蔬贮藏品质的影响	197
三、贮藏方法	177	五、臭氧在果蔬保鲜中的应用	199
第十七节 芹菜贮藏	178	六、展望	201
一、贮藏特性	178	第四节 辐照保鲜技术	201
二、芹菜早疫病	178	一、辐照技术的机理	201
三、贮藏方法	178	二、辐照技术的特点	202
第十八节 菠菜贮藏	179	三、辐照保鲜效果的影响因素	202
一、贮藏特性	179	四、辐照技术对果蔬贮藏品质的影响	203
二、霜霉病	180	五、辐照技术在果蔬保鲜上的应用	204
三、贮藏方法	180	第五节 生物保鲜技术	207
第十九节 南瓜贮藏	181	一、微生物菌体及其代谢产物的保鲜	207
一、贮藏特性	181	二、生物天然提取物的保鲜	209
二、贮藏中的常见病害	181	三、生物技术在果蔬保鲜上的应用	211
三、贮藏方法	181	四、展望	212
第二十节 莴笋贮藏	182	第六节 化学保鲜技术	212
一、贮藏特性	182	一、防腐剂	213
二、莴笋霜霉病	182	二、吸附型保鲜剂	216
三、贮藏方法	182	三、植物生长调节剂	217
第七章 高新技术在果蔬贮藏中的应用	183	第七节 热处理保鲜技术	218
第一节 涂膜保鲜技术	183	一、热处理的内涵和机理	218
一、涂膜保鲜技术原理	183	二、热处理方法	218
二、果蔬涂膜剂	184	三、热处理对果蔬贮藏特性的影响	219
三、涂膜保鲜技术的方法	186	四、采后热处理对果蔬腐烂的控制	221
四、涂膜技术对果蔬的保鲜效应	186	五、热处理对果蔬冷害的影响	222
五、涂膜技术在果蔬保藏的应用	187	六、热处理技术在果蔬保鲜上的应用	222
六、涂膜技术存在的问题及发展趋势	188	附录	224
第二节 减压保鲜技术	189	附录 1 常见果蔬的最适冷藏条件和贮藏寿命	224
一、减压保鲜技术的发展	189	附录 2 一些常见水果的气调贮藏条件	225
二、减压保鲜技术原理	190	附录 3 几种蔬菜的气调贮藏条件	225
三、减压保鲜技术特点	190	参考文献	226
四、减压处理方式	191		
五、减压保鲜技术对果蔬的保鲜效应	191		
六、减压保鲜技术在果蔬上的应用	193		
七、发展趋势与展望	195		
第三节 臭氧保鲜技术	195		
一、臭氧的特性及产生	195		

绪 论

一、果蔬贮藏的重要意义

果蔬是人们生活的重要副食品，是仅次于粮食的第二大类农产品，是食品工业的重要原料。果蔬含有丰富的碳水化合物、矿物质、维生素、无机盐和可食性纤维等营养成分，有益于人们生活质量提高和身体的健康。据联合国粮农组织（FAO）统计，2007年我国蔬菜播种面积达 $0.17 \times 10^8 \text{hm}^2$ ，总产量达 $0.38 \times 10^8 \text{t}$ ，人均占有量达420kg，中国蔬菜种植面积和产量分别占世界的43%和49%；全国水果面积约 $0.1 \times 10^8 \text{hm}^2$ ，产量 $1.2 \times 10^8 \text{t}$ 。无论是蔬菜还是水果产量均为世界第一位。果蔬生产在我国农业产业结构中的重要地位是显而易见的。

果蔬采收后仍然是“活”的、有生命的有机体，产生旺盛的呼吸和蒸发等各种生理代谢活动，从而分解消耗能量和养分，并释放出呼吸热，使果蔬变质、变味、干燥、腐败，造成损耗，另外果蔬生产都有特定的季节性、区域性和易变性，由于各地果蔬业面积的扩大，局部地区也出现了大宗果品滞销，农产品价格下降幅度较大的问题，影响了农民发展果蔬业的积极性。因此，果蔬贮藏的问题必须引起高度重视。

由于相关辅助行业及技术落后，中国的果品贮藏加工业远没有跟上果树种植业的发展。目前，我国果品贮藏能力仅为1700万吨左右，约为总产量的31.18%，其中冷藏能力1000万吨左右，约为总产量的18.34%，而发达国家果蔬贮藏能力达到商品量的70%~80%。据统计，发达国家蔬菜水果产品损失率不到5%。由于我国果蔬生产的采收不当，采后商品化处理技术落后，贮藏条件不当等原因造成的腐烂损失率占总产量的25%~30%。目前常用的果蔬保藏方法是气调保藏和冷藏，这些方法设备昂贵、成本高。也有利用自然冷资源进行果蔬贮存的研究，这种方法虽可有效地降低成本，但因受到地理位置的限制，尚未得到大面积推广。近十几年来，我国的冷库容量增加了十几倍，但还远远不能解决果蔬的贮存问题，如果运用正确的保鲜技术使产品贮藏损失率降低一半，每年即可减少500多万吨水果和3000多万吨蔬菜的损失。因此，采取合理的贮藏保鲜技术能有效地延长新鲜果蔬的贮藏期，调节淡旺季，繁荣果蔬市场，改善人们的生活水平，实现显著的经济效益和社会效益。

果蔬贮藏业是我国农产品新的经济增长点，我国果蔬采后贮藏保鲜具有很大的经济潜力，除了带来的高附加值，仅减少现有果蔬的损失，就可以为社会带来近千亿元的效益。在我国加入WTO后，果蔬产品是最有希望打入国际市场的大宗农产品之一，应该抓住这一有利的条件和难得的机遇，满足市场需求，解决农产品“卖难”问题，提高果蔬品质，使我国果蔬业能够健康可持续地发展。

二、国内外果蔬贮藏的历史、现状及展望

（一）果蔬贮藏技术的发展历史与现状

我国古代的果蔬贮藏资料是很丰富的。秦都雍城姚家岗凌阴遗址，时代属春秋，是我国已发现的最早、最典型的低温冷藏考古资料。虽然在其中并未发现食物遗迹，但推测它除用

来防暑降温外，也不完全排除还用以贮藏物品的可能性。据《五代新说》：“隋文帝嗜柑。蜀中摘黄柑，皆以蜡封蒂献，日久犹鲜。”《隋书·五行志》也说：“隋文帝好食柑，蜀中摘黄柑，以蜡封其蒂献之，香气不散。”所记相同。这是自古代低温冷藏技术使用后的又一重大发明，距今已有近 1400 年历史。

气调贮藏虽然是一项年轻的技术，但它却有古老的历史，大约在距今 900 年以前，古代的东方已经使用了它，它的发明者便是宋代的人。当时人们使用竹筒、碗、缸等贮器进行密封保鲜，便是人类使用气调贮藏的开端。这种古老的气调贮藏方法在公元 11 世纪的《格物粗谈》上已有记载：“地上活毛竹空（挖）一孔，拣有蒂樱桃装满，仍将口封固，夏开出不坏。”这是利用密封竹筒隔绝空气和利用新鲜樱桃自身的呼吸，消耗空气中的氧气和释放二氧化碳，改变贮器中气体成分的办法，来达到保鲜目的的一种措施，其贮藏原理可以说同近代科学试验得出的结论完全相同。樱桃成熟于初夏，从“夏开出不坏”的记载来看，其贮藏的时间可达 2 个月左右，效果亦相当好。

北魏《齐民要术》卷四十二·制造说：“藏生菜法：九月十月中，于墙南日阳中，掐作坑，深四五尺。取杂菜，种别布之；一行菜，一行土。去坎一尺，便止，被厚覆之。得经冬，须即取，架然与夏菜不殊。”此法与深窖藏梨法大同小异，只是在菜上面盖土铺庄稼秸秆，更具防冻保鲜作用。

南宋时周必大曾作记述金橘贮藏的诗云：“客言采果孟冬月，剖竹为符带苍雪。包之赫蹄满贮中，缠以丝帛外合节。或藏绿豆饮醉翁，或杂寸稿仍缄封。三说未识将谁从，但觉色香新摘同。”诗中指出用于多种形式（竹藏、绿豆中埋藏、寸稿缄封贮藏）自发保藏的金橘是在“孟冬月”采果。

明代及清代是我国古代科学技术的大综合时期，当然贮藏技术也不例外。《农政全书》中较全面记载了我国古代对果品的贮藏方法。《农政全书·葡萄》：“藏葡萄法：极熟时，全房折龕于屋下作荫坑，坑内近地凿壁为孔，阡枝于孔中，还筑孔使坚。屋子置土覆之，经冬不异也。”可推测其记载的葡萄贮藏法为半地下通风库贮藏。在《农政全书》中还出现了用草木灰水浸泡法，“藏柿：柿熟时，取之。以灰汁燥再三，令汁绝，着器中，可食。”“藏干栗法：取稻灰淋取汁渍栗。日出晒，令栗肉焦燥，不畏虫。得至后年春夏。”《群芳谱》引用《物类相感志》的方法：“初霜即收，多经霜不能至夏，于屋下掘深窖，坑底无令润湿，收梨在中不须覆盖便可经夏。摘时须好接勿令损伤。梨与萝葡相间收或削梨蒂种于萝葡内藏之，皆可经年不烂。”

综上所述，可见我国古代食品的贮藏与保鲜的方法是多种多样的。根据食品的物理化学和生物特性及其对保存的不同要求，采取相对应的保存技术与方法，基本是合理的，许多也是符合现代科学的，并且注意综合利用。

新中国成立后，我国果蔬贮藏的历程大致可划分为以下三个阶段。第一阶段，新中国成立后到 20 世纪 60 年代末，我国水果种植面积少，总产量在 450 万吨以下，且以发展梨为主，贮藏量也很少，主要采用简易贮藏场所和通风贮藏库。第二阶段，机械冷库和气调库在果蔬贮藏上的应用，采后生理及贮藏技术的研究取得了一定进展。1968 年，在北京建成我国第一座水果专用机械冷库，20 世纪 70 年代末我国建成第一座气调库，这标志着我国的果品贮藏已步入冷藏和气调贮藏的发展时期。我国有关专家创立的“苹果双变气调理论”、“鸭梨缓慢降温理论”等，为我国北方地区利用自然冷源建立各种节能通风冷库（窖）提供了理论依据。碳分子筛气调机的应用和薄膜自然气调技术，为我国产地气调贮藏的发展提供了可能，该阶段果品贮藏能力大幅度提高，到 1985 年我国果品总贮量近 500 万吨，占当时水果总产量的 26.7%。第三阶段，从 1985 年至今，随着水果生产量的迅猛增加和产地农村经济的不

断发展，商业性大中型冷库、小型节能冷库及简易冷库迅速发展，气调库数量增加较快。

目前果蔬保鲜领域采用的保鲜手段主要有物理和化学两大类，每一类衍生的新技术很多，各自依托不同的保鲜原理，各种保鲜手段的侧重点不同，但都是通过对保鲜品质起关键作用的三大要素进行调控。首先调控其衰老过程，一般通过对呼吸作用的控制来实现；其次，控制微生物，主要通过对腐败菌的控制来实现；最后控制内部水分蒸发，主要通过对环境相对湿度的控制和细胞间水分的结构化来实现。其中比较先进的技术主要有冰温保鲜、臭氧气调保鲜、低剂量辐射预处理保鲜、减压保鲜、基因工程技术保鲜、涂膜保鲜和气调保鲜等。

1. 冰温保鲜

20世纪70年代初，日本的山根昭美发现了冰温技术，1985年日本在美国、欧洲等地申请了“冰温技术”的专利，标志着冰温技术已基本走向成熟。冰温技术的应用发展，大致经历了冰温技术的产生，冰温在食品贮藏、后熟、干燥和流通等领域内的应用，冰温技术的发展与推广三个阶段，最终形成较为完整的冰温技术体系。目前，冰温技术已成为继冷藏、冻藏之后广泛应用的第三种保鲜新技术。以洋白菜的冰温贮藏为例，经冰膜处理后的洋白菜表面仅出现了微弱冻害，两个月后会变成深绿色，但这一层被微冻的菜叶在室温下经4天升温，会慢慢地复原。经肉眼观察，可以恢复到原来的本色。这说明冰温保存低糖蔬菜可以保持食品原有的特征，是一种有效的贮藏方法。

2. 臭氧气调保鲜

臭氧是一种强氧化剂，又是一种良好的消毒剂和杀菌剂，既可杀灭消除果蔬上的微生物及其分泌的毒素，又能延缓果蔬有机物的分解，从而延长果蔬贮藏期。臭氧自1785年发现以来，作为一种气体杀菌剂广泛应用在食品等领域，臭氧气调保鲜是近年来国内开发的保鲜新技术。

3. 低剂量辐射预处理保鲜

应用辐射防腐是果蔬保鲜在另一方面的进展。辐射不仅可以干扰基础代谢过程，延缓果实的成熟衰老，还可以减少害虫滋生和抑制微生物引起的果实腐烂，从而延长贮藏寿命。辐射保藏方面，我国目前已有上百个小型食品辐射器，上海、四川、北京、吉林、天津等地先后取得了一些研究成果，并在上海建成了全国最大的辐射基地。电离处理主要是基于电离产生的臭氧的杀菌作用和对呼吸一定的抑制作用。空气负离子发生器是利用空气电离法来处理果蔬，从而起杀菌、保持果蔬新鲜度的作用。而臭氧发生器则是利用臭氧来防止贮藏中因微生物繁衍而引起的腐烂。华中工学院已研制成功的“空气放电保鲜机”使用效果良好。总的来看，在这方面尚处于研究阶段。

4. 涂膜保鲜

由于新鲜果蔬采后仍会进行旺盛的呼吸作用和蒸腾作用，当失重超过5%就会出现枯萎。涂膜保鲜是将蜡、天然树脂、脂类、明胶、淀粉等成膜物质制成适当浓度的水溶液或乳液，采用涂抹、喷洒、浸渍等方法涂布于果蔬表面，抑制水分散失、呼吸作用和外源微生物侵入，从而达到保鲜的目的。该法用于刚采摘后有新鲜伤口的果蔬效果更明显，如菠萝、柑橘、芒果等蒂头处或全果包涂。

5. 基因工程技术保鲜

属于近年来新发展起来的具有广阔发展前途的贮藏保鲜方法，其中生物防治和利用遗传基因进行保鲜是生物技术在果蔬贮藏保鲜上应用的典型例子。

6. 气调保鲜

继1918年英国Kidd和West创建苹果气调贮藏法以来，气调贮藏在世界各国得到普遍推广，它是当代最先进的可广泛应用的果蔬保鲜技术之一。气调贮藏在近50年来得到迅速

发展,已普及到美国、英国、法国和意大利等国家。它是工业发达国家果蔬贮藏保鲜的重要手段。在我国,气调贮藏研究起步较晚,20世纪70年代末我国自行设计在北京建成第一座气调库。接着,山东青岛利用原冷库改建成夹套式气调库。此后,北京、广州和大连等地从国外引进气调机和成套的装配式气调库,进一步促进了我国气调贮藏工程的发展。最近几年,我国许多学者对气调贮藏效果进行了大量实验和研究,取得了显著效果。

7. 减压保鲜

美国迈阿密大学教授 Stanley Burg 开始对低气压贮藏方法进行了初步探索。20世纪70年代起,在他倡导下的减压贮藏逐步走上了更广泛的研究道路,现在减压贮藏已经应用在许多果蔬产品的预冷保鲜上,取得了比较好的效果。

(二) 存在的问题及发展趋势

1. 存在的问题

(1) 采后商品化处理意识淡薄、处理设施缺乏 许多国家农产品采后贮藏保鲜已实现了产业化,且采后增值潜力非常可观,采后处理的产值与采收时产品产值之比在美国为3.7,日本为2.2,而我国只有0.4。因此,研究建立适合我国国情的果蔬采后商品化处理技术体系,改进包装,制定与国际接轨的水果标准,使果蔬产品商品化、标准化和产业化,是提高我国果蔬在国际市场上竞争力的重要措施之一。

(2) 果蔬贮藏能力不足 从1978~2000年,我国果品产量从657万吨增加到近7000万吨,增长了10多倍。而果品贮藏能力约为2000万吨,不足总产量的30%。2010年我国果品总产量已经达到20世纪80年代末世界发达国家的水平,因此,贮藏设施的配套问题必须引起高度重视。

(3) 质量不稳定 我国园艺生产仍以小农户家庭生产为主,规模化和现代化生产仍未完成,给安全卫生与质量标准管理带来了很多问题。加之市场监督管理和商检制度还不完善,使我国果蔬卫生与质量方面出现问题较为突出,成为扩大出口的主要障碍。此外,国外绿色壁垒的设置也限制了我国农产品出口。2002年以来,造成我国直接和间接经济损失约100亿美元。以往日本进口我国蔬菜仅仅检测3项指标,从2003年1月开始增加到40多项。加入世界贸易组织后,正是我国农产品在国际市场上大显身手的好机会,因为我国果蔬生产有其独特的优势,劳动力成本较低,物种资源丰富。然而“绿色壁垒”加大了农产品处理的成本价,抑制甚至抵消了这些传统产品的优势,难与国际市场接轨。

(4) 果蔬贮藏还缺乏规格化、标准化管理 农产品保鲜加工的信息收集整理工作分散在农业部、商业部和各个工业部门。部门利益各异,信息收集往往重复、不完整,而且部门与部门之间沟通不够。我国缺乏果蔬贮藏保鲜方面比较全面、准确的市场信息,信息网络建设缓慢。我国果蔬产品还缺乏规格化、标准化管理,导致高档鲜水果比率不高,市场售价低,无法与国外果蔬竞争。

(5) 尚未建立适合我国国情、科学合理的果蔬流通链 发达国家建立的果蔬采后流通“冷链”效果虽好,但目前在我国尚不能实现。为了进一步提高果蔬质量,减少采后损失,解决采前采后脱节的问题,应尽快研究并提出适合我国国情的果蔬流通综合技术,建立合理的流通体系,在有条件的地方,率先实行“冷链”流通。

(6) 贮运保鲜技术的推广普及率较低 尽管目前我国在果蔬贮运保鲜技术方面有了飞速的发展,但推广普及率却远远跟不上生产发展的需要。果蔬采收过早或过晚,采后处理和管理粗放,采后病害得不到应有的控制,野蛮装卸等现象时有发生;鸭梨黑心病、黑皮病依然存在,苹果虎皮病在某些品种上仍表现为一种贮藏后期的严重生理病害。为全面提高贮藏技术水平,在主要果蔬产区,应通过各种渠道,加强果蔬常规技术和新技术的推广和应用。

(7) 果蔬贮藏保鲜业作为一个新型产业,与国外发达国家相比还存在许多问题

① 相关技术不配套,如品种的培育、栽培技术、采后商品化处理、出入库的运输方式及配套的冷链处理还不健全。国外发达国家十分重视果树田间管理,以达到生产出标准化果实为目的。另外,他们对品种选育、采收分级、采后商品化处理等相关流程也十分重视,并基本上实现了冷链贮运。而在我国这些还做得远远不够。

② 科技管理人才不足,缺乏贮藏保鲜技术标准。虽然我国有百所院校设有食品专业,但懂技术、会管理、会销售的复合型人才尚缺。

2. 果蔬贮藏的发展趋势

(1) 大力进行果蔬品种改良,提高产品质量 果品蔬菜的品种直接影响和制约着广大农民的经济效益及贮运保鲜效果,目前我国许多品种比较古老,有的如苹果多数是国外淘汰品种占优势,因而在国际市场上是等外品,被认为是上不了柜台的商品,此外不耐贮的早、中熟品种的比例很大,因此必须改良品种以及对早、中、晚熟品种进行合理搭配,从而满足品种多样化和周年供应的要求。

(2) 果蔬贮运保鲜向多样化发展 由大宗果蔬逐渐转向果蔬品种多样化,尤其一些地方性果蔬和野生果蔬的贮运保鲜将是今后研究热点。第一,大宗果蔬贮运保鲜技术已日趋成熟;第二,地方性品种没有得到充分研究,许多地方品种没有配套贮运技术;第三,我国野生果蔬资源丰富,其营养价值高以及人们饮食观念的转变,天然野味食品正逐渐引起人们的兴趣,这必将导致贮运业向品种多样化发展。

(3) 优先发展低成本、操作方便、效果较好的水果保鲜技术 由于气候在一年当中有四季轮回的特点,作为农产品的水果都有特定的季节性,在旺季,产品丰富,价格较低;在淡季,供应稀少,价格较高,存在着明显的季节性和差价比。虽然随着农业技术的提高,反季种植的水果有很大发展,但对于冬季长、气温低的广大北方地区来说,反季种植耗能太大,成本高,所以对于大部分水果还是要靠贮藏保鲜调节淡季供应。因此,研究开发效果理想、成本低廉、操作方便的保鲜技术,不仅可以改善人们的生活水平,而且还能收到显著的社会效益和经济效益。

(4) 大力研究开发天然绿色保鲜剂 据国内外有关报道,多菌灵、托布津等化学农药对人、畜有致畸作用,2,4-D-萘乙酸中虽仅含有极微量的有毒物质,但对人体的威胁也很大。咪唑类有机化合物有一定的致癌性,残留在食品中的二氧化硫能引起严重的过敏反应。因而从长远的观点看,化学药物对于果蔬防腐保鲜是没有发展前景的。因此,人们开始把注意力转向天然食品保鲜剂的开发和应用上。大力开发天然保鲜剂对果蔬进行贮藏保鲜应是努力的方向。

(5) 贮藏保鲜设施和装备现代化 随着科技进步与技术创新、计算机技术的应用,现代化的贮藏保鲜新技术、新型绿色环保防腐新材料和新型实用的设施装备将不断问世,设备的机械化、自动化程度大幅度提高,数据采集数字化、信息化处理能力增强,为产业走上节能高效绿色环保可持续发展之路奠定基础。

(6) 贮藏保鲜技术大众化、布局合理化 贮藏保鲜技术普及率和果蔬产品的贮藏保鲜率大幅度提高,并走向大众化。果蔬产业化基地、龙头加工企业、果蔬生产农户、大型商场、配送站等根据各自需要择优配备贮藏保鲜技术和设备,大、中、小配套,布局合理。

(7) 大力发展冷藏气调集装箱,加强气调保鲜设备的国产化步伐 冷藏气调集装箱是联系果蔬产、供、销冷链的中间环节,采用冷藏气调集装箱,不仅可以保证易腐果蔬不受损坏,达到保鲜的目的,而且可使港口装卸效率提高8倍,铁路车站装卸效率提高3倍。尤其对于广东来说,由于港口建设和铁路运输方面的有利条件,冷藏气调集装箱将是一个重点发

展的方向。由于与国际贸易接轨的需要,未来应发展标准化冷藏气调集装箱,不但要发展其数量,还要发展集装箱内相应的设备,如制冷设备、除气和除臭设备、气调设备等。冷藏气调集装箱是现代化冷链运输系统的核心部分,冷藏箱内温度能在较大范围内自由调节,它依靠自身的机械设备制冷,不受外界气候条件的影响,温度稳定,贮运效果好,虽然成本较高但能收到良好的效益,是果蔬和其他生鲜食品贮运保鲜发展的方向。

目前,我国气调保鲜设备主要依赖于进口,由于设备价格和运行成本较高,给企业带来沉重的经济负担,为此,必须加快气调保鲜设备的吸收消化创新的步伐。通过消化吸收加快引进技术为我所有、为我所用的进程,支持重点产品的开发研制;要求消化吸收和自主开发都应注重技术创新,形成国内自己的独有技术;采取有效措施鼓励生产、使用和科研院所联合开发;按照市场规律的要求,选择急需发展的项目予以重点支持、重点突破,充分发挥科研院所的创新机制,将气调设备的国产化提高到一个新水平。

(8) 优先发展和研究综合保鲜技术 在果蔬保鲜技术中,经济实用的低温物理中长期保鲜和常温化学中期保鲜前景格外引人注目。前者国际上目前较先进的有临界冻结点低温(近冰温)保鲜、减压气调保鲜、硅胶窗薄膜气调、电离辐射保鲜、涂膜保鲜等相对成熟的技术。后者主要是采用各种化学添加剂(低毒高效的杀菌、杀虫剂)对物料进行涂布或喷淋,使物料处于一种抗菌状态的保鲜手段,但目前常温下对大多数易腐烂水果仅能实现短期贮藏保鲜。

目前两种保鲜有融合的新趋势,即低温物理中长期保鲜结合采用化学方法来解决一些保鲜期间品质下降的难题,而化学中期保鲜一般需与低温保鲜联用才能发挥较大作用。同样应优先研究各种低毒高效的杀菌、杀虫、防腐剂对易腐烂水果的保鲜机理和工艺,使得腐烂率高、季节性差、增值明显的品种优先保鲜成为可能。在气调技术上,目前仍应发展低投入的简易气调(如硅胶窗薄膜气调和减压气调)为主;在保鲜技术方面,应对各种低温和化学联合保鲜机理和工艺进行研究。针对我国辐射源数量不足的现状,开展不同辐射条件对腐烂率高、季节性差、增值明显的地方大品种水果的保鲜研究,以期待辐射保鲜得到应有的商业应用。

(9) 产业化经营与设施配套 果蔬贮藏保鲜业包括分级、预冷、包装、贮藏保鲜、运输等环节,各个环节都不能忽视。因为果蔬适时采收(成熟度合适)、剔除带病和机械损伤产品、及时分级预冷或消毒、正确的包装等都会影响果蔬贮藏保鲜期限和腐烂损失率,所以果蔬贮藏保鲜将向贮藏保鲜环节为核心的系统化方向发展,单一推广应用贮藏保鲜技术将向建立完善流通保鲜体系转变。我国长期以来只重视冷库的建设,而忽视了冷藏运输,导致运输过程中果蔬腐烂严重,不仅造成资源的浪费、环境的污染,而且直接损害了广大农户的经济利益。所以冷藏运输已是果蔬流通中亟待解决的重要问题。

发达国家的采后处理和贮运设备不但制造技术先进,而且设施配套、产业化经营、贮藏加工业与农产品生产有着紧密有机的联系,实现产、贮、加、销一条龙。农产品从收获开始就在有效的质量管理体系控制下,采收、清洗、分级、包装、预冷、贮藏与冷链流通和超市的空调货架销售等各环节和设施紧密配合,形成了一个完整配套的产业化体系,从而保证了果蔬的新鲜度。美国的大型蔬菜采收机配有分级包装机器,一边采收一边包装,包装后立即在田头预冷或立即装冷藏车运走,以确保产品的质量。用载重量20t的冷藏车将美国加利福尼亚州蔬菜运到华盛顿、芝加哥等城市,仍能保持蔬菜新鲜,其主要原因是采后预冷和冷链流通设施配套。真空预冷、压差式预冷、冷水预冷和冷藏车运输、气调贮藏、冷藏、分级包装等现代设备确保了果蔬质量。

三、本课程学习的主要内容与考核方法

本课程主要介绍如下内容。

① 果蔬贮运原理。重点讲授果蔬贮运期间的呼吸生理、呼吸作用的有关概念；果蔬冷害的概念、症状及冷害的控制。难点是果蔬冷害的机制及控制冷害的措施，果蔬成熟和衰老的机制及控制果蔬成熟和衰老的方法。

② 果蔬贮运技术。重点讲授苹果、梨、柑橘、葡萄、香蕉的贮运技术，蔬菜部分重点讲授果菜类、叶菜类及根菜类的贮藏技术。难点是果菜贮藏和运输期间存在的主要问题以及解决存在问题所采取的综合技术措施。

通过对大纲规定内容的讲授，要求学生掌握果蔬贮藏和运输的原理与技术，为学生毕业后从事果蔬贮运教学、研究和参加生产管理奠定基础。本课程采用多媒体教学手段，借助参观、实习及实验内容进一步促进学生对本课程的理解和掌握。学生在完成理论教学和实验教学后，通过考试，考核合格才能取得该课程的学分。

第一章 果蔬的化学组成及其贮藏特性

果品蔬菜化学组成是正确理解果蔬贮藏问题所必需的知识，是研究和解决贮藏过程中的变化问题，提高贮藏产品质量的科学。果品蔬菜含有人体必需的多种营养成分。有机酸、芳香物质、单宁等都是构成果品蔬菜风味的主要成分。碳水化合物、脂肪、蛋白质是人体所需主要营养成分。在贮藏过程中，这些化学组成会发生不同变化，进而影响果品蔬菜的感官品质和营养价值。果品蔬菜贮藏的主要目的在于防止变质腐败，保持原有风味营养。果品蔬菜的贮藏实质上是控制果蔬化学组成成分的变化，使之符合食用要求。

通常可将水果和蔬菜的化学组成分成水分和干物质两大部分，而干物质又可分为水溶性物质和非水溶性物质。水溶性物质溶解于水中，组成植物的汁液部分。它们是糖、果胶、有机酸、多元醇、水溶性维生素、单宁物质以及部分的无机盐类。非水溶性物质一般是组成植物固体部分的物质。这类物质有纤维素、半纤维素、原果胶、淀粉、脂肪以及部分含氮物质、色素、维生素、矿物质和有机盐类。

第一节 水 分

水果和蔬菜中的水分含量很高，一般占80%以上，有些种类和品种在90%左右，黄瓜、西瓜等瓜类的含水量高达96%以上，新采摘的黄瓜水分可高达98%。水分在果蔬中呈游离水、结合水和化合水三种状态存在。游离水是指与非水成分有较弱作用或基本没有作用的水。这种水分存在于果蔬组织细胞中，可溶性物质就溶解在这类水中。游离水含量最多，占总含水量的70%~80%，具有水的一般特性，容易蒸发损失，也容易结冰。结合水又称束缚水，是指存在于食品中的与非水成分通过氢键结合的水，是食品中与非水成分结合最牢固的水。结合水与蛋白质、多糖类、胶体等大分子结合在一起，这类水不仅不蒸发，在一般情况下也很难分离。化合水存在于果蔬所含的化学物质中。果蔬因含有极丰富的水分而显得新鲜、饱满、脆嫩，同时因水分中溶有一部分干物质而有特殊的营养和风味，但水分极易蒸发损失，又是微生物滋生的有利条件，因此也是果蔬容易失鲜、腐烂、变质、不易保藏的重要原因。

水分为微生物繁殖创造条件，防止微生物的繁殖需要降低水分含量。必须将水分去掉或冻结。通常采用水分活度表示微生物的存活条件。

水分活度是指食品中呈液态状的水蒸气压与纯水的水蒸气压之比。能直接反映食品的贮藏条件。水分活度可用来表示微生物生长的有效水分含量。不同微生物繁殖时所需水分活度范围不同。多数细菌最低水分活度界限为0.86，酵母为0.78，霉菌为0.65。

大多数水果蔬菜的水分活度都在0.9以上，新鲜时高达0.98~0.99，具有适合多种细菌繁殖的水分活度条件，经过冻结后，水分活度降低，抑制微生物生长繁殖，这是冻藏保鲜的基本原理。