

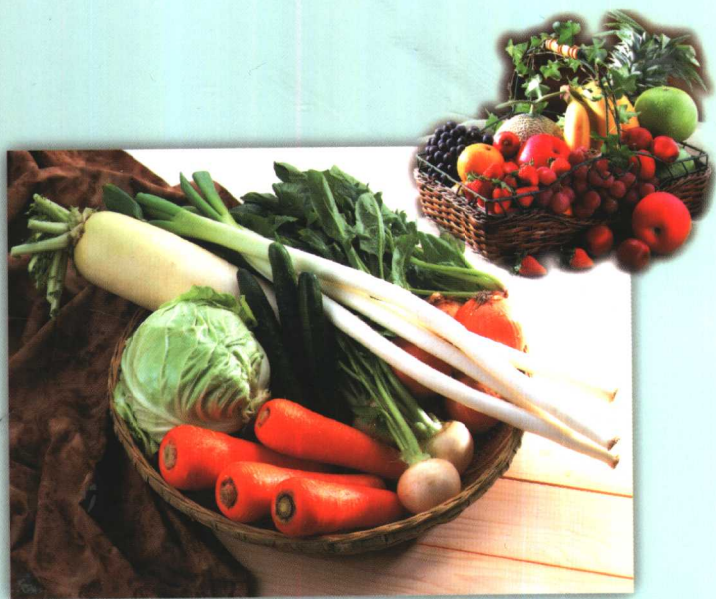
GAODENG ZHIYE JIAOYU JIAOCAI

· 高等职业教育教材 ·

# 果蔬贮运学

GUOSHU ZHUYUNXUE

· 张子德 主编 ·



中国轻工业出版社

ZHONGGUO QINGGONGYE CHUBANSHE

高等职业教育教材

# 果蔬贮运学

张子德		主 编
韩 涛	应铁进	副主编
周山涛		主 审

 中国轻工业出版社

## 图书在版编目 (CIP) 数据

果蔬贮运学/张子德主编. —北京: 中国轻工业出版社, 2002. 9

高等职业教育教材

ISBN 7-5019-3675-7

I. 果… II. 张… III. ①水果-贮藏-高等学校: 技术学校-教材②水果-运输-高等学校: 技术学校-教材③蔬菜-贮藏-高等学校: 技术学校-教材④蔬菜-运输-高等学校: 技术学校-教材 IV. S609

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 017922 号

责任编辑: 沈力匀

策划编辑: 沈力匀 责任终审: 滕炎福 封面设计: 杨焰龙

版式设计: 王培燕 责任校对: 燕杰 责任监印: 吴京一

\*

出版发行: 中国轻工业出版社 (北京东长安街 6 号, 邮编: 100740)

网 址: <http://www.chlip.com.cn>

联系电话: 010—65241695

印 刷: 北京工大印刷厂

经 销: 各地新华书店

版 次: 2002 年 9 月第 1 版

2002 年 9 月第 1 次印刷

开 本: 850×1168 1/32

印张: 10.75

字 数: 296 千字

印数: 1—4000

书 号: ISBN 7-5019-3675-7/TS·2193

定 价: 22.00 元

·如发现图书残缺请直接与我社发行部联系调换·

# 全国高等职业教育食品生物工程 专业教材编委会

主任：赵丽芹

副主任：薛文通 夏延斌 高愿军 江汉湖 张子德  
张意静

编委：(按姓氏笔画)

马兴胜	万 萍	王如福	孔书敬	李丽萍
辛秀兰	沈建福	张培正	张和平	张惟广
苏 平	孟宪军	杨公明	周 巍	贾英民
徐明生	章建浩	陆 宁	卢益中	李晓华

# 序

党的十一届三中全会以来，食品工业受到党和国家的高度重视。1984年召开了全国食品工业工作会议，颁布了《1981~2000年食品工业发展纲要》，食品工业第一次作为整体行业进行规划、部署和发展。从此，中国的食品工业步入了持续、健康和快速发展的轨道，创造出了前所未有的业绩。改革开放20年以来，我国的食品工业一直以年均10%~12%的速度递增，1995年以来，食品工业总产值在全国工业部门总产值中所占比重始终保持第一位；1996年食品工业年实现利税总额突破1000亿大关；到1998年末，全国食品工业固定资产产值已达4507亿元。总之，食品工业在国民经济建设中发挥着越来越重要的作用。

随着食品工业的快速发展，我国食品专业已有的高校本科及中专毕业生远不能满足和适应形势发展的需要，尤其是全国食品行业大量乡镇及私营企业的蓬勃发展，形成了食品专业的人才短缺，导致了全国各高等院校兴办食品专业的热潮。其中，各种名目的成人教育（继续教育）、职业技术教育及函授教育等大专学历的、快速培养高层次实用人才的办学方式是近年来高校掀起的又一股办学热潮，其在校人数几乎与本科生接近。然而，目前国内仍没有一套适合于食品专业大学专科生使用的教材，其教学效果受到了直接的影响。喜闻全国高等职业教育食品生物工程专业教材编委会组织编写这套系列教材，实为他们填补这类教材的空白感到高兴。为了这套教材丛书的编写，他们付出了许多的辛苦，而且参编人员都是各院校的业务尖子，相信这套书会成为这类学生的最佳使用教材。

中国农业大学  
李里特

# 前 言

《果蔬贮运学》是我国高等职业教育食品生物工程专业的必修课程，为了适应当前的需要，我们特地组织了有关工作在食品生物工程专业教学和科研第一线的教师，吸收、借鉴国内外果蔬科研的最新成果，结合作者多年的专业工作经验，并根据高职教材的特点，本着理论内容充实够用，操作方法实用可行的原则编写成此书。本书除作为高职教材外，也可供从事果蔬贮运保鲜领域的教学、科研人员以及果蔬经营者使用。

本书绪论、第三章由河北农业大学张子德编写，第一章由江西农业大学陈金印编写，第二章由河北农业大学马俊莲编写，第四章由内蒙古农业大学刘正坪编写，第五章由河南职业技术师范学院高晗编写，第六章、第十章由浙江大学应铁进编写，第七章由北京农学院韩涛编写，第八章由内蒙古农业大学韩育梅、河北经贸大学刘悦英和山西农业大学王如福编写，第九章由内蒙古农业大学韩育梅和河北经贸大学刘悦英编写。

在本书编写过程中，得到了中国农业大学周山涛教授的指导并对全部内容进行了审阅，在此特表感谢！

由于编者水平有限，书中错误在所难免，欢迎读者批评指正。

编 者

# 目 录

绪论	1
第一章 果蔬的品质及其采后变化	8
第一节 果蔬品质的构成	8
第二节 果蔬的组织结构与贮藏的关系	11
第三节 果蔬的化学特性与贮藏的关系	13
第二章 采前因素对果蔬贮藏性能的影响	28
第一节 生物因素	28
第二节 生态因素	33
第三节 农业技术因素	39
第三章 果蔬贮藏原理	45
第一节 呼吸作用	45
第二节 蒸腾作用	57
第三节 休眠	62
第四节 成熟和衰老	67
第五节 低温伤害与气体伤害	77
第四章 果蔬贮藏病害	88
第一节 贮藏病害的定义、病因及侵染特点	88
第二节 果品贮藏病害	93
第三节 蔬菜贮藏病害	117
第五章 果蔬的采收及采后商品化处理	131
第一节 果蔬的采收	131
第二节 分级	136
第三节 预冷	140
第四节 包装	146
第五节 其他处理	153

<b>第六章 果蔬运输</b> .....	163
第一节 果蔬运输的环境条件.....	164
第二节 果蔬对运输环境的生物学适应性.....	167
第三节 果蔬运输方式与运输工具.....	175
第四节 果蔬的控温运输技术.....	180
<b>第七章 果蔬的贮藏方式和设施</b> .....	194
第一节 简易贮藏.....	194
第二节 土窑洞、通风库和天然冷源贮藏库贮藏.....	203
第三节 机械冷藏库贮藏.....	213
第四节 气调贮藏.....	222
第五节 减压贮藏库.....	235
<b>第八章 果品贮藏各论</b> .....	238
第一节 苹果贮藏.....	238
第二节 梨贮藏.....	246
第三节 柑橘贮藏.....	248
第四节 葡萄贮藏.....	252
第五节 香蕉贮藏.....	256
第六节 桃、李和杏贮藏.....	258
第七节 柿子贮藏.....	260
第八节 荔枝贮藏.....	261
第九节 板栗贮藏.....	263
第十节 核桃贮藏.....	265
第十一节 枣的贮藏.....	266
<b>第九章 蔬菜的贮藏</b> .....	269
第一节 大白菜贮藏.....	269
第二节 芹菜贮藏.....	273
第三节 番茄贮藏.....	275
第四节 甜椒贮藏.....	278
第五节 花椰菜贮藏.....	281
第六节 蒜薹贮藏.....	283



第七节	萝卜和胡萝卜贮藏	284
第八节	马铃薯贮藏	287
第九节	洋葱贮藏	289
第十节	姜贮藏	291
第十一节	西瓜贮藏	293
<b>第十章</b>	<b>果蔬贮运实验</b>	<b>296</b>
第一节	实验基础知识	296
第二节	果蔬一般物理性状的测定	300
第三节	果蔬含水量和比热容的测定	302
第四节	果蔬酸度的测定	306
第五节	果蔬中可溶性糖分的测定	311
第六节	果蔬储藏中缺氧呼吸中间代谢产物的测定	314
第七节	果实内源乙烯的测定	318
第八节	果蔬细胞膜电解液渗漏率的测定	321
第九节	果蔬呼吸强度的测定	323
第十节	果蔬贮运环境中 O <sub>2</sub> 和 CO <sub>2</sub> 含量的测定	327
第十一节	果蔬采后病害的识别与防治	330
<b>参考文献</b>		<b>334</b>

# 绪 论

果蔬是仅次于粮食的世界第二重要的农产品。我国是世界果蔬生产大国,栽培历史悠久,种质资源丰富,是世界上许多果蔬的发源地,堪称“世界园林之母”。改革开放 20 年来,我国的果蔬生产速度每年急剧递增,水果生产量从 1978 年占世界总产量的 2.8% 上升为 1998 年的 10.9%。在我国生产的主要果品中,苹果、梨、红枣、柿子、板栗的产量已稳居世界之冠,核桃产量占世界 1/4,仅次于美国,名列第二,柑橘产量名列世界第三。1998 年我国果品、蔬菜总产量分别达到  $5.45 \times 10^7$ t 和  $3.85 \times 10^8$ t,成为世界果蔬第一生产大国,蔬菜人均占有量已远远超过世界人均水平。如此好的发展现状为果蔬的采后处理、贮运保鲜创造了良好的基础条件,同时也为我国加入 WTO 后,使我国的优质果蔬走向世界提供了可靠的保障。

## 一、我国果蔬贮藏保鲜业的发展及现状

### 1. 果蔬生产形势喜人

近 20 年来,果蔬的播种面积和产量连年递增,保持了强劲的高速发展势头。

20 年来,我国蔬菜的种植面积飞速发展,从 1979 年的  $4.84 \times 10^9$  m<sup>2</sup> 猛增到 1998 年的  $3.85 \times 10^{11}$  m<sup>2</sup>,特别是近 10 年来发展更快,产量从 1995 年的  $2.57 \times 10^8$ t 迅速增加到 1998 年的  $3.85 \times 10^8$ t,成为世界蔬菜生产第一大国。目前,我国蔬菜人均占有量已远远超过世界人均水平。

据国家统计局统计,自 1993 年开始,我国果品总产量超过印度、巴西和美国,跃居世界第一位。1995 年全国果品总产量达  $4.21 \times 10^7$ t; 1996 年增加到  $4.65 \times 10^7$ t; 1997 年果品总产量达

$5.09 \times 10^7$  t, 比 1996 年增产 9.38%; 1998 年上升为  $5.45 \times 10^7$  t, 比 1997 年增产 7.14%, 其中苹果  $1.95 \times 10^7$  t, 增产 13.14%; 柑橘  $8.59 \times 10^6$  t, 减产 14.97%; 梨  $7.28 \times 10^6$  t, 增产 13.41%; 香蕉 351.8 万 t, 增产 21.65%; 葡萄  $2.36 \times 10^6$  t, 增产 15.99%。主要品种占果品总产量的比重分别为: 苹果占 35.73%, 柑橘 15.75%, 梨占 13.34%。三大品种占果品总量的 64.82%。果品总产量分别在 1985 年、1991 年、1993 年、1995 年和 1997 年连续跨越了 1000、2000、3000、4000、5000 万 t 五大台阶, 1998 年继续增长, 水果总产量已占世界总产量的 10.9%。专家预测, 2010 年我国水果总产量将达到 9300 万 t, 人均占有量达到 67.7kg, 接近 20 世纪 80 年代世界发达国家人均 70kg 的水平。我国果品生产这一翻天覆地的变化, 在世界果品发展史上也堪称一大奇迹!

近年来世界果品需求不断增长, 给我国果品产业发展提供了难得的机遇。从国际果品生产情况分析, 欧洲一些经济发达国家的果品产量在减少, 如德国、意大利、法国等国均出现负增长; 地处热带、亚热带的东盟各国对我国北方的落叶水果需求增长; 日本自产水果逐年下降, 自给率从 1980 年的 81% 降到 47% 以下。而我国则是果品产量增长最快的国家, 其发展速度远远高于世界各国同期增长水平。为此, 以欧盟、北美、东欧、中东和亚洲为代表的五大苹果消费市场对我国苹果出口表现出极大的兴趣。许多世界著名水果进出口组织纷纷到我国各果品主产区考察洽谈合作。随着全球农产品贸易自由化进程和亚太地区相互贸易的发展, 尤其是我国已经加入 WTO, 更为我国果品走向世界提供了有利的通道和机遇。

纵观全局, 形势大好、机遇难得。如何抓住机遇, 搞好果蔬的贮运保鲜就是摆在我们面前迫切需要解决的重大问题。随着商品贸易的全球化, 果蔬贮运保鲜业也不例外地正从数量效益型向质量效益型转化。

## 2. 果蔬贮藏保鲜技术及其产业飞速发展

果蔬贮藏技术的发展是贮藏产业发展的有力保证。1979 年, 苹果、梨、柑橘等大宗果品的损耗均达到 20% ~ 30%。因此, “六

五”和“七五”期间，国家设立了重点科技攻关项目“水果蔬菜贮藏保鲜技术研究”，以减少果品蔬菜损耗，提高商品质量。

“六五”和“七五”期间，有关专家广泛研究了果蔬的采后生理和贮藏参数，使果蔬冷藏/产地贮藏技术、塑料薄膜简易气调技术、硅橡胶薄膜气调技术、果蔬南北调运技术、果蔬保鲜防腐处理技术等得到了普及应用，土窑洞、通风库贮藏技术也不断发展完善，冷库建设普遍发展，果蔬采后包装等商品化处理技术得到极大的提高；制定了主要果蔬的购、销质量标准 and 贮藏技术标准。这些研究成果的取得，使我国果蔬的流通现状明显改善，商品质量提高，损耗下降，贮藏供应期大大延长，淡旺季果蔬供应相差悬殊状况基本解决。

目前我国的果蔬贮藏保鲜已初步形成了产地与销地、简易贮藏库、机械冷库与气调贮藏库同步发展的新格局，其中，最为突出的是建立了一系列适合于中国国情的产地贮藏设施和相应的技术体系，如山西果树研究所研究的土窑洞加机械制冷、土窑洞简易气调贮藏技术；山东果树研究所设计研制的10℃冷凉库、简易冷藏库等及相配套的简易气调技术和通风降温管理系统；四川柑橘研究所建的柑橘控温通风库等都在产地大量推广；天津农产品保鲜研究中心研究设计的微型节能冷库在葡萄产区推广应用后，给当地农民带来了可观的经济效益，并为中国农村机械制冷设施的普及开辟了新的途径。我国的气调贮藏虽然起步较晚，从1978年第一座试验性气调库在北京诞生以来，现在商业性的大型气调库已在我国山东、陕西、河北、新疆、河南、广州、北京、沈阳等许多地区建成，并获得了显著的经济效益和良好的贮藏效果。尤其值得骄傲的是我国内蒙古包头市正道集团于1997年建成的世界上第一座千吨级减压保鲜贮藏库，标志着我国贮藏保鲜技术已达国际领先水平。各种化学防腐保鲜剂的研制及应用，近些年在我国发展也很快，目前已有多种化学防腐剂、生物活性调节剂及保鲜剂在果蔬贮藏保鲜中推广使用，对提高贮藏效果具有明显的作用。此外某些前沿高新技术如采后生物技术等正逐步研究应用于果蔬贮藏领域，发展态势良好。

## 二、果蔬贮藏保鲜业面临的机遇、存在的问题及对策

1999年4月，中美签署了《中美农业科技合作协议》，为我国加入WTO创造了条件。我国加入WTO将为农产品出口创造稳定的贸易条件，有利于进一步开拓国际市场，但在减让关税、开放市场方面也做出了一定的让步，使国内农产品市场面临更加严峻的竞争和挑战。目前我国国内市场粮食的价格远远高于国际市场的价格，果蔬的价格明显低于国际市场价格，如小麦每吨比国际市场高200~300元，而在河北省市场上销售价格每箱30元的鸭梨，出口时中国口岸离岸价18美元，是国内销售价格的5倍。根据联合国粮农组织公布的资料，同世界主要果品生产国相比，我国水果的进出口贸易的比例较低，1996年，我国果品进出口贸易量占果品总产量的2%，美国为27%，意大利为16%，西班牙为32%，法国为30%。随着我国果蔬质量的提高和贮运保鲜技术的进步，加入WTO为我国果蔬快速进入国际市场带来了前所未有的机遇和挑战。

为了迎接进入WTO的挑战，除了应尽快调整果品产业结构，提高质量，改进包装装潢，制订与国际标准相接轨的水果标准外，在贮运保鲜方面有以下问题需引起各有关方面的广泛关注并采取相应的对策。

(1) 我国现有的果蔬贮藏能力不足。根据国家统计局公布的数字，从1978年到1998年，我国果品产量从 $6.57 \times 10^6$ t增加到 $5.45 \times 10^7$ t，增长了8.3倍。而目前果品贮藏能力仅为 $1.7 \times 10^7$ t左右，冷藏能力 $1.0 \times 10^7$ t左右。根据果品产销现状及对生产潜力和市场预测分析，2010年水果总产将达到 $9.3 \times 10^7$ t，人均占有量达到67.7kg，接近20世纪80年代世界发达国家人均70kg的水平。为了做到果品季产年销，满足进出口贸易的需求以及消费者对优质水果及加工制品的需要，解决果农的后顾之忧，充分提高水果生产的经济效益，果品贮藏设施的配套问题必须引起高度重视。否

则,当果品产量达到 $9 \times 10^7$ t时,中间环节不通,就将出现全局性的问题。果品仓储设施的建造应在“社会贮藏和专业贮藏相结合,分散贮藏与集中贮藏相结合,产地贮藏与销区贮藏相结合,以产地为主”的方针指导下,多渠道、多层次的发展,将产地贮藏设施的建设和销区批发市场的建设有机地结合起来。以“主渠道,大流通,大市场,现代化”为目标,建立科学的生产、采后处理、贮藏保鲜、加工、运输、销售的综合技术体系。2010年以前,北方苹果、梨产区的冷藏设施应积极、稳步发展,力争到2010年,苹果、梨的冷藏量达到总产量的50%左右,特别是对目前果品栽培面积超过 $3.5 \times 10^9$ m<sup>2</sup>的河北( $9.4 \times 10^9$ m<sup>2</sup>)、山东( $8.52 \times 10^9$ m<sup>2</sup>)、陕西( $6.07 \times 10^9$ m<sup>2</sup>)、辽宁( $4.34 \times 10^9$ m<sup>2</sup>)、河南( $3.71 \times 10^9$ m<sup>2</sup>)等北果主产区应优先发展。有条件的地方,应大力发展各种形式的气调贮藏。

(2) 尚未建立起适合我国国情、科学合理的果蔬流通链。经济发达国家靠低温建立果品冷藏链,效果很好,但中国尚不可能实现,但应尽快提出在目前基础上行之有效的科学流通措施,解决采前采后脱节、生产不问市场、不管贮藏要求的弊病。进一步研究适合我国国情的果蔬流通综合技术,为我国果蔬的产、供、销密切衔接,建立科学合理的购销调存流通体系,为提高商品质量、减少损耗,提供科学理论依据。

(3) 果蔬贮运保鲜技术的推广普及率较低。“六五”和“七五”期间,国家设立的重点科技攻关项目“水果蔬菜贮藏保鲜技术研究”,经过近十年的努力,在果品采后处理技术、采后病害、运输与包装、保鲜辅助技术、果品贮藏质量标准等方面取得了丰硕的成果,但推广普及程度远远跟不上生产发展的需要。采收过早过晚、采后处理粗放、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,在主要果品产区,应充分发挥各级学会、贮藏技术协会的作用,有条件的地方,可以利用高等院校、科研院所为技术依托,兴建果品

保鲜产业协会，形成技术推广网络，加速常规技术和新技术的普及。

(4) 积极开展对名、特、优高档优质果品贮运理论和技术的研究。荔枝、龙眼、板栗、大枣等果品是我国加入 WTO 后的优势水果品种，但首先要解决贮藏保鲜问题才能与外国水果竞争。目前荔枝、大枣的保鲜技术尚未攻克，板栗的产地贮藏保鲜尚未解决，而我国龙眼的保鲜技术相当落后。因此，要加大科研资金投入和先进贮藏保鲜技术的推广，突破传统的贮藏保鲜模式，这对进一步促进我国水果产业的发展，提高经济效益有着非常重要的意义。

(5) 果蔬采后商品化处理意识淡薄，采后处理设施缺乏。我国目前果品总贮量约为  $1.7 \times 10^7$  t，采后机械化商品处理量不足 10%，预冷处理尚属空白。蔬菜 90% 以初级产品上市，采后损失达 20% ~ 25%，甚至 50%。据了解许多国家农产品采后保鲜已经实现了产业化，而且这些产品的采后增值潜力是很大的。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，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，使果蔬产品商品化、标准化和产业化，早日与国际市场接轨，是提高我国果蔬在国际市场上竞争力的重要措施之一。

果蔬贮藏业是一个传统的、古老的产业，现代科学技术的发展又使其成为一个崭新的产业部门。如何解决农业增产、农民增收的问题，搞好果蔬采后贮藏是其中的重要环节之一。靠常规农业技术措施使每亩（1 亩 =  $666.6\text{m}^2$ ）增收 100kg 粮食已经很困难，但发展果蔬贮藏保鲜可以使工农业总产值成倍增长，特别是对于我国目前人口日益增长和耕地日益减少的今天，更具有特殊的意义。可以预言，进入 WTO 以后，果蔬贮藏保鲜业必将为我国的经济发展做出新的更大的贡献。

果蔬贮运学是一门应用科学，知识面涉及很广，它以植物学、采后生理学、生物化学、微生物学、植物病理学、物理学、制冷学及建筑工程学等学科为基础。要搞好果蔬产品的贮藏保鲜与运输，使之不断提高与发展，就必须具备这些学科的基本知识，关注它们

的发展动态，重视最新研究成果的应用。尤其近些年，随着科学技术的不断进步，各学科的相互渗透，新技术、新方法不断出现和应用，果蔬贮运学的深度和广度也在不断发展，因此，在这门学科里不仅要学习果蔬贮运的基本理论和基本技术，还应掌握各相关学科的发展，并学会能与生产实践相联系，应用所学知识解决生产中的实际问题，真正为实现我国果蔬贮运技术赶上和超过世界先进水平打下坚实基础。



# 第一章 果蔬的品质及其采后变化

## 重点掌握的知识：

果蔬品质的构成因素：碳水化合物、有机酸、色素、酶类等物质的变化与贮藏的关系。

## 第一节 果蔬品质的构成

果蔬品质的构成主要有以下几个方面：

外观：大小、形状、色泽等。

风味：糖、酸、糖苷类、单宁、氨基酸、醛、烯、酯等。

质地：组织的老嫩程度、硬度的大小、汁液的多少、纤维的多少等。

营养：维生素、矿物质、蛋白质、碳水化合物等。

安全：有害物质的残留等。

现就其主要方面讨论如下。

### 一、果蔬的色泽

果蔬的色泽因不同种类品种而异，不论鲜食和贮藏，色泽是品质分级标准之一。决定果蔬色泽发育的色素主要有叶绿素、胡萝卜素、花青素等。

#### (一) 叶绿素

含于叶绿体内，与胡萝卜素共存。叶绿素的形成要有光及必要的矿物质元素，并受某些激素的影响。一些果实、果皮或果实的某些部分保持绿色是果实鲜度和健壮的标志，反之失去绿色或变黄是成熟衰老的标志，如苹果底色，洋梨、香蕉的绿色，柑橘果蒂部绿