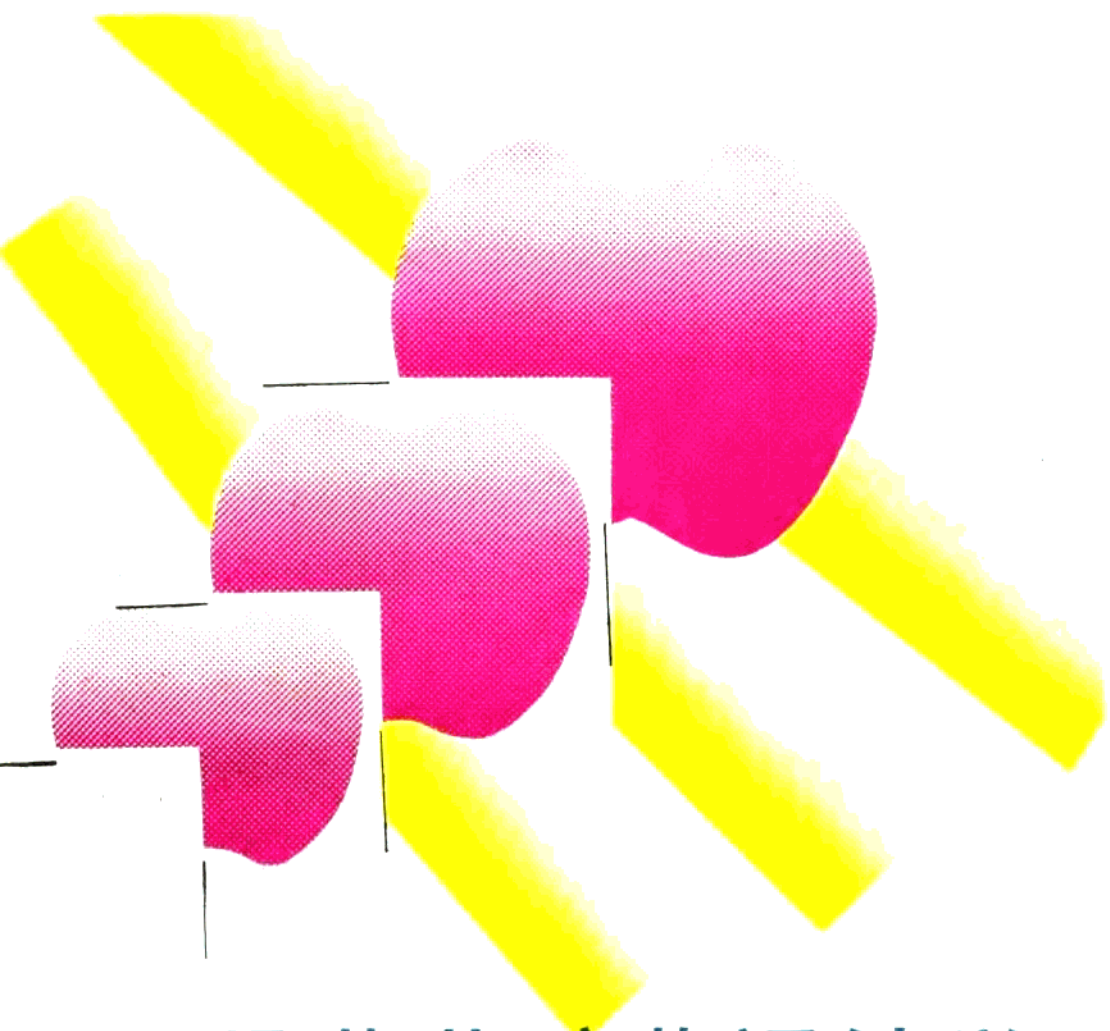




果品蔬菜贮藏运销学

李效静 张瑞宇 陈秀伟 编著

重 庆 出 版 社

JM/30/15

前 言

新鲜果品蔬菜是深受人们喜爱的、日常生活中不可缺少的天然营养保健食品。在关系国计民生的农业产业结构中,果蔬产品种类多、比重大、经济价值高,在改善人民生活、保障市场供应、巩固城乡经济、增值增收、扩大外贸出口、积累建设资金等方面起着举足轻重的作用。

果品蔬菜的商品生产、流通、贮藏、加工、运输、销售等一系列商品化过程,已经构成能取得良好社会效益和经济效益的完整的系统经济。因此,必须把果蔬产业作为现代科学的系统工程来抓,做到产前、产中、产后结构合理,产供销协调配合,从而把资源优势转化为经济优势,使之成为发展国民经济的重要支柱。

本书根据我国果蔬产业的实际需要编写,以果蔬采后生理的理论为基础,详细阐述了新鲜果品蔬菜的品质形成、保持及采前、采后因素的影响;果蔬的化学组成、生物学特性和组织结构;果蔬的各种贮藏方式、方法、场所;各类果蔬的贮藏保鲜技术;果蔬采后商品化处理、选别、分级、包装、装卸、运输及市场流通、销售、质量管理等内容。全书共分七章,理论原理与操作技术并重,除介绍国内外有关先进理论、发展动态和民间有效的技术经验外,还有编著者多年从事科学研究所取得的成果及实践经验。内容广泛、深入。可作为高等农业院校农产品贮藏加工、果树、蔬菜等专业的教学用书,也可供作有关科学研究、商业经营管理、果蔬商品生产、包装、贮运、销售部门的主要参考资料和技术指导书。

本书编写仓促,错误和不足之处难免。若能以此促进有关行业的一致努力,改变我国目前果品蔬菜产供销落后的现状,改善易腐性果蔬的商品生产、流通、贮运、销售各环节,做到科学、合理,减少腐损、改善食用品质,提高商品价值,满足日益增长的社会需求,获得良好的社会效益和经济效益,则不胜欣慰!

编著者于西南农业大学食品学系

1987年10月

目 录

第一章 绪论	(1)
第一节 果蔬贮藏运销在国民经济中的重要意义	(1)
一、果蔬产业是农业产业结构的重要组成部分	(1)
二、新鲜果蔬采后商品化贮藏运销是果蔬产业的重要环节	(1)
三、水果、蔬菜是人民生活中不可缺少的营养保健食品	(2)
第二节 我国果蔬产业现状及前景	(3)
一、我国果蔬等农产品生产及消费情况与国外的比较	(3)
二、改善我国人民食物结构势在必行	(4)
三、调整产业结构,完善体制改革是当务之急	(5)
四、实现果蔬优质商品化生产刻不容缓	(5)
第二章 果蔬的品质	(6)
第一节 果蔬品质的化学构成	(6)
一、果蔬的色	(6)
二、果蔬的香	(13)
三、果蔬的味	(14)
四、果蔬的营养	(23)
五、果蔬的质地	(33)
第二节 采前因素对果蔬品质和贮藏性能的影响	(34)
一、果蔬的生物学特性	(35)
二、自然环境因素	(35)
三、栽培管理技术	(37)
第三章 采后生理	(41)
第一节 呼吸生理	(41)
一、呼吸作用及生理意义	(42)
二、呼吸作用中的基本概念	(42)
三、呼吸与采后保鲜的关系	(48)
四、影响呼吸作用的因素	(51)
第二节 蒸腾生理	(57)

一、影响蒸腾的因素和条件	(57)
二、蒸腾失水对果蔬的影响	(60)
第三节 成熟生理	(61)
一、生长发育和成熟衰老	(61)
二、物质转变与后熟衰老	(62)
三、细胞结构的变化与成熟衰老的关系	(64)
四、乙烯的生理机制	(67)
第四节 成熟衰老的调节	(75)
一、果蔬的耐贮性、抗病性	(75)
二、控制果蔬成熟衰老的外界条件和措施	(76)
第五节 休眠生理	(92)
一、休眠现象	(92)
二、休眠的生理生化特征	(93)
三、影响休眠的因素	(95)
四、休眠的控制和利用	(96)
第四章 果蔬贮藏方式	(97)
第一节 常温贮藏	(97)
一、堆藏	(97)
二、沟藏	(98)
三、窖藏	(99)
四、通风贮藏	(102)
五、常温贮藏的特点	(107)
六、改良通风贮藏库——联拱沟窖	(109)
第二节 机械冷藏	(109)
一、机械冷藏库	(110)
二、冷藏与果蔬品质和贮藏寿命的关系	(115)
三、机械冷藏库的使用管理	(116)
四、山洞冷库的建设及利用	(118)
第三节 气调贮藏	(119)
一、气调贮藏的发展史	(119)
二、气调贮藏库	(120)
三、塑料薄膜与硅橡胶窗气调贮藏	(124)
四、减压贮藏	(129)
五、气调贮藏技术的新进展	(131)
第四节 辐射处理与电磁处理	(132)

一、辐射处理	(132)
二、电磁处理	(137)
第五章 果品贮藏保鲜技术	(139)
第一节 柑桔贮藏	(140)
一、成熟过程的生化特性	(140)
二、采收	(140)
三、贮藏条件	(141)
四、贮藏病害及控制	(142)
五、贮藏方式	(144)
第二节 梨、苹果贮藏	(145)
一、成熟过程的生化特性	(145)
二、采收	(146)
三、贮藏条件	(146)
四、贮藏病害及控制	(147)
五、贮藏方式	(149)
第三节 葡萄贮藏	(153)
一、贮藏工艺的主要技术环节	(153)
二、贮藏病害及防治措施	(154)
三、贮藏方式	(156)
第四节 香蕉贮藏	(158)
一、贮藏特性	(158)
二、采收	(158)
三、贮藏病害及防治措施	(159)
四、贮藏方式	(160)
五、香蕉的人工催熟	(161)
第五节 桃、李贮藏	(162)
一、贮藏特性	(162)
二、贮藏作业	(163)
第六节 荔枝贮藏	(163)
一、贮藏特性	(163)
二、贮藏作业	(164)
第七节 猕猴桃贮藏	(165)
一、贮藏特性	(165)
二、贮藏作业	(165)
第八节 核桃和板栗贮藏	(166)

第六章 蔬菜贮藏保鲜技术	(167)
第一节 大白菜贮藏	(167)
一、贮藏特性	(167)
二、贮藏技术	(168)
附：甘蓝贮藏	(170)
第二节 花椰菜、蒜薹贮藏	(171)
一、花椰菜贮藏	(171)
二、蒜薹贮藏	(172)
第三节 萝卜、胡萝卜贮藏	(173)
一、贮藏特性	(174)
二、贮藏技术	(174)
第四节 番茄贮藏	(176)
一、贮藏特性	(176)
二、贮藏技术	(177)
第五节 黄瓜、辣椒贮藏	(178)
一、黄瓜贮藏	(178)
二、辣椒贮藏	(180)
第六节 洋葱贮藏	(181)
一、贮藏特性	(181)
二、贮藏技术	(182)
第七节 大蒜、大葱、生姜贮藏	(183)
一、大蒜和大葱贮藏	(183)
二、生姜贮藏	(184)
第八节 马铃薯贮藏	(186)
一、贮藏特性	(186)
二、贮藏技术	(187)
第九节 蘑菇贮藏	(189)
一、贮藏特性	(189)
二、贮藏技术	(190)
第七章 果品蔬菜采后商品化	(192)
第一节 贮藏运销前的处理	(192)
一、采收	(192)
二、预贮、愈伤	(195)
三、预冷	(195)
四、催熟与脱涩	(197)

五、药剂、涂料处理	(200)
第二节 选别、分级、包装、成件	(204)
一、选别、分级	(204)
二、包装、成件	(206)
第三节 装卸、运输	(211)
一、装卸	(211)
二、运输	(214)
三、低温冷链运输系统	(220)
第四节 市场销售	(222)
一、果蔬商品市场品质评价	(222)
二、果蔬市场销售特点及对策	(224)

第一章 绪 论

第一节 果蔬贮藏运销在国民经济中的重要意义

一、果蔬产业是农业产业结构的重要组成部分

农业是国民经济的基础。发展农业关系到民族兴衰、国家富强。为了实现四个现代化的宏伟目标，必须从振兴农业着手，充分发挥我国的优越自然条件和农业资源优势，调整农业产业结构，发展社会主义商品生产，提高社会效益和经济效益。

果品蔬菜的商品生产、流通、贮藏、加工、运输、销售已构成完整的系统经济，形成了能取得广泛社会效益和较高经济效益的产业，组成为农业产业结构中不可分割的重要组成部分。

果品蔬菜在农产品中占的比重大、种类多，品种丰富，经济价值高，是人民生活不可缺少的天然营养食品，也是我国重要的外贸出口物资。果蔬生产在调整农业产业结构中占有举足轻重的地位，因而在发展粮食作物的同时应重视发展果蔬等多种经营；在高产多收的同时应注重产品质量；在重视种植业的同时应考虑产后商品化处理、贮藏、加工、流通、运销等各环节的比例协调。要合理调整种植、养殖、加工、贮运以及产前、产中、产后的结构，做到产、供、销协调配合，避免失调、失控，并充分利用自然资源，发挥果蔬产品的特殊优势，使之转变为经济效益，成为发展国民经济的重要支柱。

二、新鲜果蔬采后商品化贮藏运销是果蔬产业的重要环节

果蔬商品生产的目的在于以优质、丰富的产品提供市场销售，以满足人民消费的需要。为此就必须从产前选育优良品种做起，继之实施优质栽培，采后进行优质商品化处理，并科学地进行贮藏加工、经营管理及安全运输。

新鲜水果蔬菜具有与其它商品不同的特点：

(1) 季节性强 果蔬生产、收获都受到季节的限制，各种类、品种的成熟度、采收期与商品品质、食用价值及经济效益的关系十分密切。如果播种、成熟、收获期不当，采后商品化处理不善、流通不畅、产供销失调，都会使果蔬品质低劣甚至腐烂变质。

(2) 易腐性强 新鲜果蔬含水量高, 营养物质丰富, 多汁柔嫩表皮容易破伤、感染病菌而腐烂变质, 如果环境条件不适宜, 即使不烂, 品质也容易发生劣变, 降低食用品质与商品价值。我国水果因采后处理不善, 年最高腐烂损耗达 22.5 亿 kg 之巨, 蔬菜腐烂率达 25—50%。

(3) 地区性强 果品蔬菜种类、品种繁多, 原产地各异, 生物学特性不同, 要求不同的环境条件, 生产受地区限制; 即使同种类由于栽培地区不同, 其生长期、成熟采收期、收获量、品质优劣和商品价值都有差异。水果蔬菜产品具有零星分散的特点, 很难做到技术品质标准化和生产销售规范化, 容易产生丰产歉收、失调失控、缺货涨价等情况。

(4) 商品性强 水果、蔬菜生产不可能只在当地供应, 都是作为商品销售。要求数量充足, 品种丰富, 新鲜优质, 周年供应, 均衡上市, 价格低廉, 采收后必须立即流通销售或贮藏加工, 按不同用途安全运销到消费者手中, 从生产到消费之间一系列商品化过程都要按商品经济的规律科学地经营管理。只有根据果蔬商品的特点, 迅速及时地把零星分散的产品收集整理、分级包装、贮藏加工、运销, 才能始终保持商品的新鲜优质, 减少腐烂损失, 满足消费者的需要, 并取得应有的商品价值。

由此可见, 果品蔬菜采后商品化处理、贮藏保鲜是果蔬生产与销售间不可缺少的环节, 也是保证丰产兼得丰收的重要关键。

发展果蔬产业对改善人民生活、保障市场供应、巩固城乡经济、增值增收、扩大外贸出口积累建设资金等, 都起着重要的作用。

三、水果、蔬菜是人民生活中不可缺少的营养保健食品

新鲜水果、蔬菜除了具有令人喜爱的色泽、芳香和风味外, 还具有丰富的营养, 是较之其它食物具有不同特色的天然保健食品。新鲜果蔬含有种类繁多的营养素, 对人体有综合生理营养效应, 容易被人体吸收、消化、利用, 调节人体新陈代谢机能, 增强生理功能和免疫能力, 非其它纯品所能代替。尤其是特殊含有的多种维生素是人体不可缺少的维生素营养的源泉, 一旦缺乏, 将引起各种疾病。维生素 C、B、A、K、P 等大部含于水果蔬菜中, 其它谷类、畜产品中含量较少。水果、蔬菜被称为维生素食品, 对维生素缺乏症有预防和治疗效果, 由于有些维生素不能在人体内积累, 故须经常补充摄取。果蔬中含有的多种无机矿物质和微量元素呈碱性反应, 能中和调节血液的 pH 值, 并组成人体肌肉、骨骼、血液等成分。果蔬作为碱性食物和预防治疗各种缺素症的食物而成为人体不可缺少的营养保健食品。

随着人民生活水平的提高, 人们迫切要求改善食物结构、提高营养水平, 增加花色品种。在解决了温饱问题之后, 我国淀粉质食物的消费随之减少, 对水果、蔬菜的需求量与日俱增, 为此必须大力发展果蔬商品生产, 为社会提供丰富优质的果蔬产品。

第二节 我国果蔬产业现状及前景

一、我国果蔬等农产品生产及消费情况与国外的比较

我国是世界上著名的农业大国，农业生产的历史悠久。但我国人口多耕地少，人均耕地面积1.5亩，只有世界人均耕地4.7亩的1/3；农业产值低，过去长期为解决温饱问题而奋斗。党的十一届三中全会以后，我国农业大有发展，据农牧渔业部统计，近10年来，我国农业总产值增长57.8%，每年递增4.7%；同一时期世界农业总产值增长25%，每年递增2.3%，我国农业增长速度比世界高1倍。我国粮食产量与国外比较情况如表1-1。由表1-1可知，我国粮食总产量仅次于美国居世界第二位，但我国人均产量比世界平均水平低1/5，比美国则相差更远。

表1-1 我国粮食产量与国外比较 (农牧渔业部, 1981)

项 目 国 家	总产量(万吨)	位次	人均产量(kg/a)
世界(平均)	1 890 000		418.5
中 国	325 000	2	327.0
美 国	394 700	1	1715.5
苏 联	187 456	3	700.0
日 本	15 200	20	129.0

我国水果产量情况如表1-2。

表1-2 我国主要水果产量及居世界位次 (农牧渔业部, 1981)

项 目	世界总计(万吨)	我国产量(万吨)	占世界总产量(%)	居世界位次
苹 果	3992.5	12.65	0.3	34
柑 桔	3191.5	300.6	9.4	3
梨	4459.0	79.8	1.8	13
葡 萄	853.5	159.4	18.7	1
香 蕉	184.5	34.3	18.6	2

我国地大物博，地理位置优越，是世界主要的果蔬生产国和出口国之一，每年为国家换回大量外汇，支援社会主义建设(表1-3)。

我国食物供给量与国外比较情况如表1-4。

表 1-3 我国主要果品进出口数额与国外比较(万t) (农牧渔业部, 1981)

项 目 国 家	柑 桔		苹 果		香 蕉	
	进口	出口	进口	出口	进口	出口
世界(平均)	5159.0	5203.0	3042.0	3182.0	6676.0	6912.0
中 国	—	51.6	—	106.2	245.8	51.6
美 国	24.9	481.5	72.1	256.4	2422.8	205.4
日 本	71.8	18.4	—	2.3	726.0	—

表 1-4 我国食物供给量与国外比较[kg/(人·a)] (农牧渔业部, 1981)

项 目 国 家	粮 食	水 果	干 果	蔬 菜	食 糖	油 脂	肉 类	奶 类	蛋 类	水 产 品
中国	206.5	6.5	0.2	91.5	3.5	4.5	11.0	1.5	3.0	4.5
美国	78.0	108.5	4.5	101.0	56.0	27.0	114.0	152.0	16.0	8.0
日本	140.0	69.5	25.5	107.5	25.5	12.0	25.4	33.5	16.0	44.0

由此可见,我国农副产品的产量和消费水平与世界经济发达国家比较仍有相当差距,亟待努力发展商品生产,为人民提供充足的食物。

二、改善我国人民食物结构势在必行

长期以来我国人民食物消费以素食为主,植物产品占93.9%,动物产品占6.1%;食物消费结构中以粮食为主,淀粉热量占摄取热量总量的85.5%,新鲜果蔬及其它副食品消费水平与国外差距甚远(1-5)。

表 1-5 我国主要食物营养摄取量与国外比较 (每人每天摄取量)
(农牧渔业部, 1981)

项 目 国 家	热 量(kJ)	蛋 白 质(g)	脂 肪(g)
世界(平均)	10798.2	69.0(需要量75g)	62(需要量65g)
中 国	10353.0	64.4	44.4
美 国	15342.6	106.7	169.2
日 本	12247.2	93.4	81.6

据中国预防医学科学院营养与食品卫生研究所调查(1982),三大营养要素中我国人民摄取的热量已接近世界水平,基本满足了人体需要,但蛋白质、脂肪摄取量还低于世界平均水平。食物结构的单调及较差的营养卫生条件,影响着人民体质的增强和智力的发展,

因此亟需针对我国人民的膳食习惯改善食物构成。随着生产力的发展和人民生活水平的提高,对丰富多样的营养保健食品的需求必将剧增,除粮油外,对新鲜水果蔬菜及其优质加工食品的需求也将更为迫切,必须加速其发展。

三、调整产业结构,完善体制改革是当务之急

我国农业资源丰富,生产历史悠久,但传统农业的生产水平低下,落后的小农经济使我国长期处于贫穷落后状态。过去片面强调以粮为纲,忽视多种经营;强调高产多收,忽视产品质量;强调产前种植,忽视产后商品化处理,以致农业产业结构不够合理,种植、养殖、加工业比重失调,农工商经营管理体制呈条块分割状态,产供销脱节,解放后的统购包销政策已不能适应国民经济的发展甚至阻碍商品的多渠道流通和多行业经营。易腐性的水果、蔬菜等产品往往由于流通不畅处理不及时、经营管理不善、包装粗糙加之野蛮装卸运输而造成大量腐烂损失,我国半数左右的农产品因此而白白浪费掉,经济损失十分严重。为此,调整农业产业结构,改革经济体制,已成为当务之急。只有在微观搞活的同时加强宏观控制,调整产业结构内部比例关系,加强横向联系,建立有效的能协调配合的产供销体制,执行正确的经济政策,才能适应新形势的发展。

近年来,执行改革、开放、搞活的经济政策,调整农业产业结构、进行经济体制改革已取得显著成果。水果、蔬菜等大批农产品已由二类统购物资改为三类,取消派购、实行多渠道流通和多行业经营已取得初步成效。水果货畅其流、降低了腐损率;蔬菜品种增加,品质提高,购销两旺。但与此同时也反映出新的问题和矛盾,如国营果品、蔬菜公司应如何发挥主渠道作用?应如何解决集中收购困难、价格失控、外贸出口和加工原料难以保证等问题?这些均有待于进一步调整和改进。

四、实现果蔬优质商品化生产刻不容缓

目前我国水果蔬菜生产不论在数量还是品质方面都远远跟不上人民生活水平的提高,尤其是采后商品化处理几乎被忽略,以致商品混等混级、良莠不齐;恶性早采使质次价高,残次劣果多;包装粗糙、野蛮装运使腐烂损耗增大;外销果由于收购困难品质难以保障,加之包装低劣,因而经济价值低,上不了高档货架,商品信誉低,在国际市场上竞争力弱,外销量逐年减少,远销香港市场的柑桔价格低贱,甚至不够包装箱成本,相形之下美国橙品质好,价格高出4—5倍。从四川来看,柑桔虽产量占全国柑桔总产量的1/4—1/3,居全国第一,但忽视商品化处理,质量差、价格高、腐损重而名声大减,外销果逐年减少,经济损失严重,亟待改善和振兴。

为使果蔬产业发挥更高的社会效益和经济效益,只有以现代科学为指导,使优良品种选育、栽培管理、优质商品化处理、贮藏保鲜、加工利用、开发优质产品等系列技术配套,加之有效的体制改革,加强横向联合、协调配合,才能把资源优势转化为经济优势。

第二章 果蔬的品质

对果蔬品质的评价,涉及到色泽、大小、形状等外观特性,味和香气等风味特性以及维生素、矿物质、碳水化合物、脂肪、蛋白质等营养素的质与量。同时,考虑到果蔬的商品性,还应包括整齐度、耐贮性和加工适性等方面。果蔬的品质主要决定于遗传因素,但又依不同的发育时期、栽培环境、管理水平和贮藏加工条件而变化甚大。

第一节 果蔬品质的化学构成

果蔬的化学组成非常复杂,一般分为水分和固形物,固形物又分无机物(各种矿物质成分)和有机物(碳水化合物、有机酸、脂肪、蛋白质、各种维生素、色素和芳香物质)。

一、果 蔬 的 色

依不同的种类和品种,果蔬表现出各种各样的色泽,其原因是所含色素在质和量上的差别。果蔬中的色素大多没有直接的营养功能,但可刺激人们的食欲,有利于消化吸收。而且果蔬的色泽在一定程度上反映了果蔬的新鲜度,成熟度和品质变化等情况,故是品质评价的重要指标。果蔬中的色素主要包括以下几类。

(一)叶绿素

叶绿素是植物特有的绿色色素,在植物的光合作用中,叶绿素具有吸收和转化光能,参与光催化反应的功能。叶绿素广泛地存在于绿色果蔬的细胞中,通常与类胡萝卜素共存,并与蛋白质结合形成复合的叶绿体。

1. 叶绿素的结构

叶绿素是由叶绿酸与叶绿醇及甲醇形成的二酯,其绿色来自叶绿酸残基。叶绿素的主要结构是一个卟吩环,由4个吡咯环的 α 碳原子通过4个次甲基连结而成的环状共轭体系。因此,有人把叶绿素归为吡咯类色素,它与另一种天然的吡咯色素即血红素的区别,仅在于卟吩环上的取代基和环中结合的金属元素不同。高等植物的叶绿素是由叶绿素a和叶绿素b混合组成,通常叶绿素a与b的含量比例为3:1。叶绿素a与叶绿素b在结构上的区别在于卟吩环 β 碳原子上的取代基(R)不同,取代基是甲基($-\text{CH}_3$)为叶绿素a,取代基是醛基

(—CHO)为叶绿素b。它们的结构式如下。

2. 叶绿素的性质

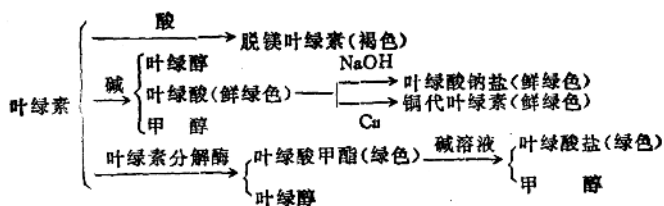
叶绿素a和b都不溶于水，而溶于乙醇、丙酮、乙醚、氯仿、苯等有机溶剂。叶绿素a为蓝黑色粉末，熔点117—120℃，其乙醇溶液呈蓝绿色，有深红色荧光。叶绿素b为深绿色粉末，熔点120—130℃，其乙醇溶液呈黄绿色，有红色荧光。游离的叶绿素很不稳定，对光和热敏感，受到光辐射时，会由于光敏氧化作用而裂解为无色产物。

与酸作用：叶绿素用酸处理时，其分子中的镁被2个氢原子取代，生成褐色的脱镁叶绿素a或褐绿色的脱镁叶绿素b而失去原有的绿色，加热可促进反应的进行。

与碱作用：叶绿素在弱碱溶液中较为稳定，若加热，则2个酯键断裂，水解为叶绿醇、甲醇和水溶性的叶绿酸。叶绿酸呈鲜绿色，较稳定；当碱液浓度高时，可生成绿色的叶绿酸钠(或钾)盐。叶绿素中的镁还可被铜或铁取代，生成不溶于水的、呈鲜绿色的铜(或铁)代叶绿素。

叶绿素分解酶的作用：在叶绿素分解酶的作用下，叶绿素分解为绿色的叶绿酸甲酯和叶绿醇。此时若用碱溶液处理，则叶绿酸甲酯水解为叶绿酸盐和甲醇。

叶绿素的主要性质概括如下：

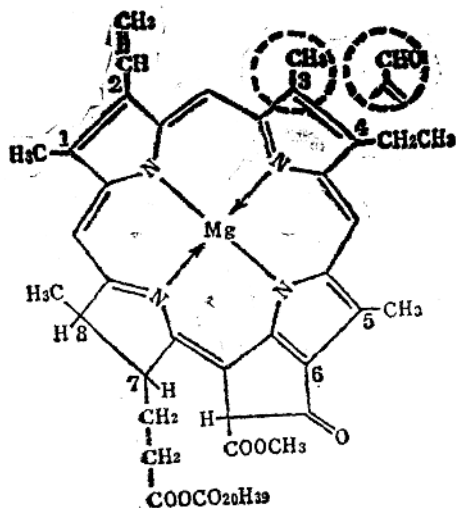


(二) 类胡萝卜素

许多果实和蔬菜，在成熟过程中叶绿素逐渐消失，而类胡萝卜素逐渐积累和显露出来，从而表现出固有的成熟特征。在果蔬中，类胡萝卜素通常是与叶绿素共存，其呈色范围从黄色直至红色。

1. 类胡萝卜素的种类

类胡萝卜素的种类很多，有人按呈色不同分为橙黄色类和红色类。本章谈到的是另一



叶绿素

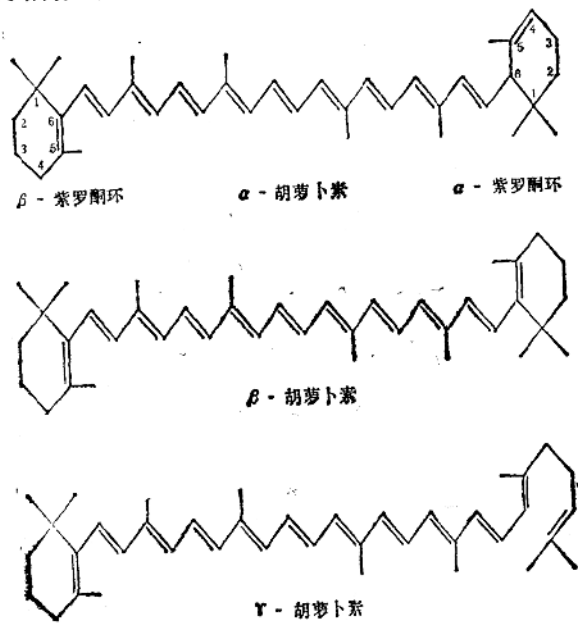
种分类方法，即按其结构和溶解性的不同分为胡萝卜素类(carotenes)和叶黄素类(xanthophyll)。前者为共轭多烯烃类化合物，易溶于石油醚而难溶于乙醇；后者为胡萝卜素类的含氧衍生物，溶于乙醇而不溶于乙醚。果蔬中常见的类胡萝卜素如表2-1所示。

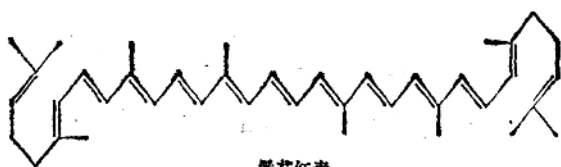
表 2-1 果蔬中常见的类胡萝卜素

种 类	呈 色	色 素 名 称	分 布
胡萝卜素类	橙黄、橙红(红色)	α-胡萝卜素 β-胡萝卜素 γ-胡萝卜素 番茄红素	柑桔、胡萝卜 柑桔、胡萝卜、杏、辣椒 柑桔、胡萝卜、杏 番茄、柿子、杏、西瓜
叶黄素类	浅黄、黄、橙黄、红色	叶黄素 隐黄素 玉米黄素 番茄黄素 辣椒素	柑桔、南瓜 柿子、木瓜、柑桔 柿子、柑桔 番茄 辣椒

2. 类胡萝卜素的结构

这类色素中最早发现的一个是从胡萝卜中获得的，定名为“胡萝卜素”，以后又陆续发现了许多结构与之相似的色素，于是将这类色素统称为“类胡萝卜素”。从结构上讲，类胡萝卜素均含有一条由4个异戊二烯组成的共轭多烯链，故又称“多烯色素类”。列举几种常见的胡萝卜素类结构如下。

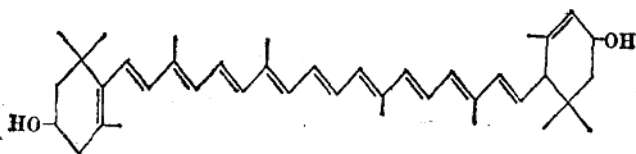




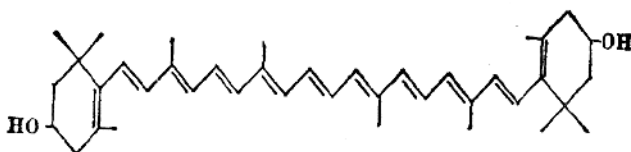
番茄红素

可以看到，分子中有一条共轭多烯链，两端各连结一个紫罗酮环(β -胡萝卜素和 α -胡萝卜素)，或一个紫罗酮环一个开链结构(γ -胡萝卜素)，或两个开链结构(番茄红素)。在紫罗酮环中，双键在碳4—5位之间的叫 α -紫罗酮环，双键在碳5—6之间的叫 β -紫罗酮环。 β -胡萝卜素分子中，两个紫罗酮环均为 β -紫罗酮环； α -胡萝卜素分子中则含有一个 α -紫罗酮环。

叶黄素类是胡萝卜素类的含氧衍生物，多在紫罗酮环上连有羟基。如叶黄素，其实是 β -胡萝卜素的含氧衍生物，玉米黄素则是 β -胡萝卜素的含氧衍生物。它们的结构式如下。



叶黄素



玉米黄素

3. 类胡萝卜素的性质

类胡萝卜素是脂溶性物质，溶于脂肪溶剂，胡萝卜素类(多烯烃)微溶于甲醇、乙醇，而叶黄素类(含氧多烯烃)则易溶于甲醇和乙醇，利用这一性质可将二者分开。

类胡萝卜素耐热性强，即便与锌、铜、铁等金属共存时，也不易被破坏。

类胡萝卜素由于其分子中含有多个双键，故易被氧、脂肪氧化酶、过氧化物酶等氧化而脱色变褐。类胡萝卜素被破坏主要是由于光敏氧化作用导致了双键裂解，从而失去颜色。必须说明，类胡萝卜素被氧化破坏与其所处的状态有关，相比之下，提取后的类胡萝卜素对光、热、氧较为敏感，而在果蔬细胞中当与蛋白质形成结合状态时却相当稳定。

类胡萝卜素与三氯化铋的氯仿溶液反应呈蓝色，与浓硫酸反应呈蓝绿色，常利用这一特性对这类色素做定性鉴定。

α -胡萝卜素、 β -胡萝卜素、 γ -胡萝卜素、叶黄素、玉米黄素等，其分子中均含有 β -

紫罗酮环，在人与动物的肝脏和肠壁中能转变成具有生物活性的维生素A，故称“维生素A元”。换言之，只有具备了 β -紫罗酮环的类胡萝卜素，才有维生素A的功能，如番茄红素中没有 β -紫罗酮环，故没有维生素A的功能，从而不在维生素A元之列。

(三)花青素类

1. 花青素的种类

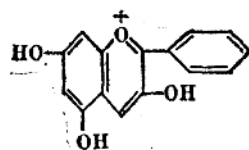
花青素是一类水溶性的植物色素，以糖苷形式存在于植物细胞液中，构成果实、蔬菜及花卉的艳丽色彩。最重要的三种花青素是天竺葵素(含于草莓、苹果等中)、青芙蓉素(含于樱桃、葡萄、无花果等中)和飞燕草素(含于石榴、茄子等中)。现在已知的花青素类色素不下20种，除个别外，都是上述三种花青素的衍生物。此外，还有一种无色花青素(leuco-anthocyanin)，这一名词是罗森海姆(O. Rosenheim)于1920年用来命名从未成熟的葡萄和成熟的白桃中提取的无色或近于无色的酚类物质时使用的，它与花青素有着相似的结构。后来证明，无色花青素广泛地存在于植物的花、茎和果实中，而且在实验条件下(与盐酸溶液一道加热时)可转变为相应的花青素；无色花青素也是果蔬中主要的涩味成分之一。

2. 花青素的结构

自然界中的花青素通常是与葡萄糖、半乳糖、鼠李糖、木糖及阿拉伯糖等结合成糖苷形式存在于细胞中，叫“花青苷”，所以花青苷由花青素(配基)和糖(糖基)两部分组成。花青素的基本结构是一个2-苯基苯并吡喃环，苯环上取代基的数目和种类不同，就形成各种各样的花青素类色素，故花青素类色素又叫“多酚色素”。通常用盐酸提取花青素，得到的氯化物被称为“氯化花青素”。花青素的基本结构如下。

天竺葵素、青芙蓉素和飞燕草素这三种主要的花青素，在结构上的区别仅在于苯环上羟基的数目不同。

自然界中还有这三种花青素的甲氧基取代衍生物，如芍药色素、牵牛色素和锦葵色素等。



花青素

3. 花青素的性质

各种花青素呈现不同的颜色，其色泽与结构有一定相关性。随着苯环上羟基数目的增加，颜色向紫蓝方向移动；随着苯环上甲氧基的增多，颜色向红色方向移动。例如氯化天竺葵素，苯环上只有1个羟基，显红色；氯化青芙蓉素，苯环上有2个羟基，显紫色；氯化飞燕草素，苯环上有3个羟基，则显蓝色。当氯化飞燕草素苯环上的羟基被甲氧基($-\text{OCH}_3$)取代后，颜色又向红色方向移动。甲氧基数目愈多，红色愈深。

各种花青素的颜色可随pH值增减而变化，故可作指示剂。其原因是，在不同的pH值下，花青素的结构发生了变化。所以，同一种花青素在不同的果实或蔬菜中，可以表现出不同的颜色来。以青芙蓉素为例，其变化如下。