



日光温室实用技术丛书

RIGUANGWENSHI SHIYONGJISHU CONGSHU

鲜细菜贮藏保鲜和包装技术

王 颀 陈志周 编著



河 北 科 学 技 术 出 版 社

前 言

蔬菜营养丰富，是人们重要的副食品之一。发展蔬菜生产，保障蔬菜供应，对于改善人民生活，巩固农村经济，繁荣城乡市场，满足外贸需要等方面都具有十分重要的意义。有利于促进农业增产，农民增收和农村稳定。改革开放以来，我国的蔬菜播种面积已由 1978 年的 333.1 万公顷增加至 1996 年的 1049.1 万公顷，蔬菜产量迅速增加。在蔬菜生产中，耗费人力物力改善栽培管理，尚且不易取得 10% 以上的增产效果；但由于收获采摘不当，贮藏不善，运输不及时或包装粗放而造成的腐烂与损失，经常达到 20% 或 30% 以上。所以，忽视蔬菜的合理采摘、运输、贮藏保鲜与一系列商品处理技术，就不能保证丰产丰收。

本书从蔬菜贮藏保鲜的基础知识入手，详细讨论了蔬菜色、香、味等化学成分以及影响蔬菜贮藏保鲜的各种因素，介绍了国内蔬菜贮藏保鲜、运输、商品包装的方式方法，并对 18 种常见蔬菜的贮藏保鲜技术进行了系统介绍。无论是对农家小量贮存，还是经营者进行大规模商业化贮存，都具有一定的指导意义。

在本书编写过程中，参考了全国高等农业院校教材《蔬菜贮藏加工学》以及《果品蔬菜贮藏运销学》、《果蔬贮藏保

鲜加工大全》、《中国果菜》等书刊，在此谨对原作者表示感谢。由于编著者水平有限，书中不当之处，望广大读者批评指正。

编著者

1999年6月于保定

目 录

一、蔬菜品质的化学构成·····	(1)
(一) 蔬菜的颜色 ·····	(1)
(二) 蔬菜的香气 ·····	(3)
(三) 蔬菜的味 ·····	(4)
(四) 蔬菜的营养 ·····	(9)
(五) 采前因素对蔬菜化学成分和耐贮性的影响 ···	(17)
二、蔬菜贮藏保鲜的基本原理·····	(22)
(一) 蔬菜的呼吸作用 ·····	(23)
(二) 水分蒸腾、萎蔫和结露现象 ·····	(29)
(三) 低温伤害 ·····	(34)
(四) 休眠 ·····	(40)
(五) 蔬菜的成熟和衰老 ·····	(42)
(六) 贮藏条件对蔬菜成熟、衰老和耐贮性、抗病性的影响 ·····	(45)
三、蔬菜的采收和分级·····	(47)
(一) 采收 ·····	(47)
(二) 分级 ·····	(53)
四、蔬菜的包装和运输·····	(54)
(一) 蔬菜的性质 ·····	(54)

(二) 蔬菜包装的必要性	(55)
(三) 包装材料和容器	(57)
(四) 蔬菜包装方法	(70)
(五) 蔬菜商品包装技术	(71)
(六) 包装装潢设计	(80)
(七) 蔬菜的运输	(84)
五、蔬菜贮藏保鲜方法	(93)
(一) 简易贮藏	(93)
(二) 冷藏	(108)
(三) 气调贮藏	(117)
(四) 辐射处理保藏	(125)
六、主要蔬菜贮藏保鲜技术	(128)
(一) 大白菜	(128)
(二) 甘蓝	(132)
(三) 菠菜	(134)
(四) 芹菜	(136)
(五) 茼蒿	(138)
(六) 萝卜和胡萝卜	(139)
(七) 马铃薯	(142)
(八) 洋葱	(144)
(九) 大蒜	(146)
(十) 大葱	(148)
(十一) 青椒	(148)
(十二) 番茄	(151)
(十三) 黄瓜	(155)

(十四) 冬瓜	(157)
(十五) 茄子	(158)
(十六) 蒜薹	(160)
(十七) 花椰菜	(169)
(十八) 蘑菇	(171)

一、蔬菜品质的化学构成

新鲜蔬菜具有优良的色、香、味、质地和营养成分，能增进食欲，帮助消化，有益健康。蔬菜中所含的多种维生素具有不同于肉类和奶、蛋等食物的特殊营养意义，是维持人体正常生理机能，保持人体健康不可缺少的物质。蔬菜中的化学物质在采后的贮藏运输过程中不断变化，因而影响到食用品质和营养价值。为了更好地掌握蔬菜贮藏运输的基本原理，首先要研究组成蔬菜的化学成分和这些化学成分在贮藏过程中的变化。

蔬菜中的化学成分可分为两部分，即水分和干物质。干物质又可分为水溶性干物质和非水溶性干物质两大类。

水溶性干物质：此类物质溶解于水，组成蔬菜的汁液部分。主要包括糖、有机酸、果胶、多元醇、单宁物质，以及部分含氮物质、色素、维生素和大部分的无机盐类。

非水溶性物质：它们是组成蔬菜固体部分的物质。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。

（一）蔬菜的颜色

不同种类、品种和成熟度的蔬菜表现出各种各样的颜

色，其原因是所含色素在质和量上的差别。色素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。蔬菜的颜色在一定程度上也反映了蔬菜的新鲜度、成熟度和品质变化情况，是蔬菜品质评价的重要指标。蔬菜中的色素主要包括以下几类。

1. 叶绿素 蔬菜呈现出来的绿色，是由于叶绿素存在的缘故。叶绿素是两种结构很相似的物质叶绿素 a 和叶绿素 b 的混合物。

在蔬菜的贮运过程中，叶绿素常发生各种不同变化。采下的绿色蔬菜经过贮藏完熟，可以表现它应有的色彩，就是由于叶绿素被分解，而促进类胡萝卜素、黄素酮类和花青素等物质显现的缘故。

2. 类胡萝卜素 许多蔬菜在成熟过程中叶绿素逐渐消失，类胡萝卜素逐渐积累和显现出来，从而表现出固有的成熟特征。蔬菜中类胡萝卜素通常与叶绿素共存，其颜色从黄、橙到红。类胡萝卜素的主要种类如下。

(1) 胡萝卜素。胡萝卜素被称为维生素 A 原，常与叶黄素、叶绿素同时存在，呈橙黄色，富含于胡萝卜、南瓜、番茄、辣椒和绿色蔬菜中，但由于和叶绿素同时存在而不显现。

(2) 番茄红素。为胡萝卜素的异构体，呈橙红色，存在于番茄和西瓜中。

(3) 叶黄素。各种植物均含有之，与叶绿素和胡萝卜素同时存在于叶和黄色番茄中。

(4) 椒黄素和椒红素。存在于辣椒中。

3. **花青素类** 蔬菜所呈现的各种鲜艳色彩，主要是由于花青素这类物质存在的缘故。花青素与酸所成的盐具有深浅不同的颜色，在碱性环境中游离出花青素，呈现由蓝至紫的颜色，花青素的碱金属盐、酚盐为蓝色，所以花和果的颜色变化多端。此外，花青素又与其他色素混在一起，因而呈现各种各样的颜色。花青素是一种感光色素，它的形成需要日光。如在遮阴处生长的蔬菜，色彩的呈现就不充分，着色不好。花青素对某些细菌有毒害作用，能抑制其活动。所以，一般着色好的蔬菜抗病性较强，不易感染病害。

(二) 蔬菜的香气

蔬菜的香气来源于各种微量挥发性物质。由于这些挥发性物质的种类和含量不同，便形成了各种蔬菜特定的香气。构成蔬菜特有香气的主要成分有醇、酯、醛、酮、含硫化物和萜类物质。几种蔬菜的主要香气成分如表1所示。

表1 几种蔬菜的主要香气成分

蔬菜名称	主要香气成分	气味
萝卜	甲硫醇、异硫氰酸烯丙酯	刺激气味
葱类	烯丙基硫醚、二烯丙基二硫化物	香辛气味
蒜	二烯丙基二硫化物、甲基烯丙基二硫化物、烯丙基硫醚	辛辣气味
叶菜类	叶醇	清香气味
黄瓜	壬-烯-2、6-醇、壬-烯-2-醛	黄瓜香气
蘑菇	辛烯-1-醇	鲜蘑菇香

蔬菜在较高的温度条件下贮藏，由于挥发油的挥发和分解作用均增强，会使香气减弱。

(三) 蔬菜的味

不同种类、品种蔬菜风味的差别决定于呈味物质的数量和比例。蔬菜的味主要有苦、辣、酸、甜、涩等几种。

1. 蔬菜的甜味 甜味是令人愉快的味感，蔬菜中的甜味物质主要是糖及其衍生物糖醇。糖分是蔬菜可溶性固形物的主要成分，是人体获得热量的来源之一，容易被人吸收，有助于蛋白质和脂肪的消化利用。

(1) 甜味物质的种类和含量。蔬菜中所含的甜味物质主要有葡萄糖、果糖、蔗糖和某些戊糖、糖醇。

糖的种类不同，它们所表现出来的甜度也不同。为了分辨甜度的大小和其他味道的呈味效果，可以用“阈值”进行判断。所谓阈值，是为感觉到某一特定的味道所需某物质成分的最小浓度。在测定阈值时，由于个人的情况不同，以及试验条件的差别，往往有一定的出入。因此，这种试验是在多数人参与下进行的。在这种情况下，以出现刺激应数为50%时，作为阈值的浓度数值。甜度即是从阈值计算出来的一组相对数字。如以蔗糖的甜度为100，则葡萄糖为74，果糖为173，半乳糖为32.1，转化糖为130，麦芽糖为32.5。甜味还受其他味道的影响，如适当的糖酸比是形成蔬菜特有风味的重要基础之一。

蔬菜的种类、品种不同，各种糖所占的比例也不同。蔬菜的含糖量与其成熟度有密切关系，一般随着蔬菜的成熟含

糖量增加。蔬菜的含糖量较果品为少，以胡萝卜（3.3%～12%）、洋葱（3.5%～12%）、南瓜（2.5%～9%）等含糖较多，一般的蔬菜如番茄、青椒、黄瓜、甘蓝等仅含有1.5%～4.5%的糖。

（2）甜味物质和贮藏保鲜有关的特性。

①蔗糖的水解。蔗糖在转化酶的作用下可水解为等量的葡萄糖和果糖，这个反应是可逆的。

水解后生成的葡萄糖和果糖被合称为转化糖。蔬菜在贮藏过程中所含的蔗糖被不断水解为葡萄糖和果糖，而蔗糖的大量水解就标志着蔬菜趋向成熟。

在酸的作用下，蔗糖也可被水解为等量的葡萄糖和果糖，在加工过程中要特别注意这个反应的影响。

②可溶性糖是蔬菜主要的呼吸底物，在呼吸中被分解放出热量。蔬菜在贮藏过程中糖的损失还由于转化成了别的物质。糖又是微生物的营养物质，当蔬菜受到机械伤害时，含有大量糖分的蔬菜汁液外流，为微生物的生长繁殖创造了良好的条件，会造成蔬菜大量的腐烂损失。所以，在蔬菜的采收、分级、包装、运输和贮藏过程中，要尽量避免受到机械伤害。

2. 蔬菜的酸味 酸味是由舌黏膜受氢离子刺激引起的。因此，凡在溶液中能解离出氢离子的化合物都有酸味，包括所有有机酸和无机酸。蔬菜中的酸味主要来源于一些有机酸。有机酸是决定蔬菜味感的重要成分，它们也能作为呼吸代谢的底物，不少有机酸又是蔬菜呼吸代谢的中间产物。

(1) 酸味物质的种类和含量。蔬菜中酸味物质主要有苹果酸、柠檬酸、酒石酸、草酸、丙酮酸、异柠檬酸、苯甲酸、水杨酸、 α -酮戊二酸、琥珀酸、延胡索酸、草酰乙酸和咖啡酸等。蔬菜可食部分有机酸的含量，因种类、品种不同而有很大差异。常见蔬菜的含酸量一般为 0.1% ~ 1.0%。在蔬菜的生长、发育和成熟过程中，有机酸的含量逐渐降低，酸味逐渐变淡。蔬菜中主要有有机酸的种类见表 2。

表 2 蔬菜中有机酸的种类

蔬菜种类	有机酸种类	蔬菜种类	有机酸种类
菠菜	草酸，苹果酸，柠檬酸	番茄	柠檬酸，苹果酸
甘蓝	柠檬酸，苹果酸，琥珀酸，草酸	芦笋	柠檬酸，苹果酸
莴苣	柠檬酸，苹果酸，草酸	笋	草酸，酒石酸，乳酸，柠檬酸
甜菜叶	草酸，柠檬酸，苹果酸	甘薯	草酸

尚未成熟的含酸量较高的蔬菜，往往味感较差，而经过长期贮藏后，由于有机酸的大量消耗，常常味感变淡。值得注意的是，决定蔬菜味感的不仅是酸的含量，还和糖酸比值有关。

(2) 同贮藏保鲜有关的特性。有机酸是蔬菜的主要呼吸底物之一。蔬菜在贮藏过程中，有机酸作为主要的呼吸底物之一，不断被消耗掉，使蔬菜的酸味不断变淡。

3. 蔬菜的涩味 涩味是由于呈味物质使舌黏膜蛋白质凝固，引起收敛作用而产生的一种味感。蔬菜的涩味主要来源于单宁物质。

(1) 单宁的分类和含量。根据单宁物质的结构构成，可以将其区分为水解型单宁和缩合型单宁两大类。它们都是具有多羟基的酚类衍生物。

蔬菜中普遍存在单宁物质，但含量较少。一般蔬菜可食部分单宁物质含量为 0.03%~0.2%，在未熟蔬菜中含量较高。单宁物质在蔬菜中分布不均匀，果皮中含量多于果肉。

(2) 单宁的有关特性。

①涩味。涩味是一种收敛性的味，是由于涩味成分引起味觉细胞蛋白质的变化，导致味觉神经的麻痹所引起的一种感觉。适度的涩味对一部分食品是不可缺少的，如茶中的儿茶素所引起的涩味，有一种近于苦的感觉。强的涩味给人的感觉是很不舒服的。

未熟蔬菜涩味较浓。在成熟过程中，由于生理变化，涩味逐渐降低，即单宁物质在成熟过程中逐渐减少。成熟过程中单宁的去向很多，据报道，可能有单宁转变成糖；单宁作为呼吸基质；单宁形成不溶性凝胶；单宁氧化诱发产生色素等。

单宁的涩味在一定程度上可以起到强化酸味的作用。此外，适量的单宁有增加蔬菜加工制品清凉感的作用。糖与单宁在比值上的差异对涩味的程度会产生一定的影响。

②变色。单宁物质引起的变色是蔬菜贮藏加工中最常见的变色现象之一。由单宁物质引起的变色，主要有酶和单宁物质引起的褐变，在苹果、杏、香蕉、樱桃、葡萄、梨、桃、草莓等水果中经常遇到，而橙、柠檬、莱姆酸橙、葡萄柚、醋栗、菠萝、番茄、南瓜等蔬菜，因缺少诱发褐变作用

的酶，故褐变问题较少。

能参与多元酚氧化作用的酶有含铁卟啉的过氧化物酶，含铜辅基的多酚氧化酶和漆酶。过氧化物酶催化多元酚氧化作用需过氧化氢同时存在，而蔬菜中存在过氧化氢的情况是不可能的，因为常有过氧化氢酶共存，一旦有过氧化氢产生即被分解，故过氧化物酶不是导致酶褐变作用的酶。漆酶作用于对苯二酚，在食品中研究报道较少。重要的是多酚氧化酶，对热比较有耐受性，适宜作用的 pH 为 5.0~7.0。

多酚氧化酶的反应基质有一元酚、儿茶酸、绿原酸、咖啡酸、没食子酸、各种花色素及类黄酮等，其中相当多的物质属于单宁物质。

酶褐变反应与底物的浓度有密切的关系。萨布罗夫对桃的 65 个品种的单宁含量与变色关系的研究表明，单宁含量在 0.045% 以下时，切开后在空气中静置 3~4 小时并不变色，当含量超过 0.11% 时，在空气中变色极迅速。

因为酶褐变必须有氧存在才能进行，所以在气调贮藏情况下，可以抑制酶褐变。

③单宁对蛋白质的凝固作用。单宁的鞣革作用即利用其与蛋白质的反应生成大分子聚合物。在果汁加工中，常利用这一特性来澄清果汁。

4. 蔬菜的苦味 苦味是人最敏感的一种味觉。单纯的苦味是令人不愉快的味感，但当它与甜、酸或其他味感恰当组合时，会形成一些食品特殊的风味。如果苦味过浓，会给蔬菜的风味带来不良影响。蔬菜中的苦味物质主要是一些糖苷物质，如黑芥子苷和茄碱苷。

黑芥子苷为十字花科蔬菜的苦味来源，含于根、茎、叶和种子中。在芥子酶的作用下水解，生成具有特殊辣味和香气的芥子油、葡萄糖和其他化合物，苦味消失。

茄碱苷存在于马铃薯块茎中，番茄和茄子中也有。一般含量超过 0.01%，就会感觉到明显苦味。茄碱苷不溶于水，溶于热酒精和酸溶液，水解后生成葡萄糖、半乳糖、鼠李糖和一些非糖成分即茄碱。茄碱是一种有毒物质，对红血球有强烈的溶解作用。马铃薯中所含的茄碱苷集中在薯皮和萌发的芽眼附近，受光变绿的部分特别多，薯肉中较少。如块茎中茄碱苷含量达到 0.02%，食用后就会中毒。所以发芽的马铃薯不宜食用，至少应将皮部及芽眼部完全削去才可食用。

5. 蔬菜的辣味 辣味可刺激舌和口腔的触觉以及鼻腔的嗅觉，产生综合性的刺激快感。适度的辣味有增进食欲、促进消化液分泌的功效。蔬菜中的辣味物质有三种类型。

芳香性辣味物质。是由碳、氢、氧组成的芳香族化合物，其辣味有快感，如生姜中的姜酮、姜酚、姜醇。

无臭性辣味物质。分子中除含有碳、氢、氧外，还含有氮。如辣椒中的辣椒素，胡椒中的异胡椒碱以及花椒中的花椒素。

刺激性辣味物质。分子中含有硫，所以有强烈的刺鼻辣味，其辛辣成分为二硫化物和异硫氰酸酯类。

(四) 蔬菜的营养

蔬菜含有丰富的营养素，是人类摄取维生素和矿物质的

重要来源，满足人体所需的大部分维生素和矿物质来源于蔬菜和水果（见图1）。此外，蔬菜还含有大量的水分和一定量的碳水化合物、脂肪和蛋白质。

1. 碳水化合物 碳水化合物是蔬菜干物质中的主要成分，主要有糖、淀粉、纤维素和果胶物质等。糖类物质如前所述，在此只介绍淀粉、纤维素和果胶物质。

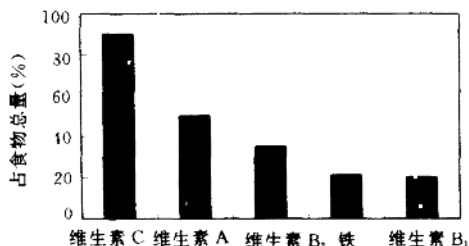


图1 水果和蔬菜的营养物质占食物总量的百分比

(1) 淀粉。淀粉为多糖类，主要存在于块根、块茎中。含淀粉多的蔬菜，如藕、菱、芋头、山药等，其淀粉含量与老熟程度成正比例增加。凡以淀粉形态作为贮藏物质的种类大多能保持休眠状态而有利于贮藏。对于青豌豆、甜玉米等以幼嫩籽粒供食用的蔬菜，淀粉含量的多少会影响产品的食用品质。

贮藏温度对淀粉的转化影响很大。如青豌豆采收后存放在高温下，其糖分能合成淀粉，经两天后淀粉含量可由5%~6%增加至10%~11%，因而含糖量下降，甜味减少，品质下降。甜玉米在贮藏过程中，淀粉含量也呈增长趋势。

(2) 纤维素和半纤维素。这两种物质都是植物的骨架物质，细胞壁的主要构成成分，起支持作用。

纤维素在皮层特别发达，能与木素、栓质、角质、果胶等结合成复合纤维素，这对蔬菜的品质和贮藏有重要意义，但老时产生木素和角质，因而坚硬粗糙，影响品质。含有角质的纤维素具有耐酸、耐氧化和不透水的性质，对蔬菜贮藏十分有利。纤维素虽然不能被人体所吸收，但它能刺激肠壁蠕动，有助于食物消化。近年来报道，摄取一定量的纤维素，对预防消化道癌症有一定意义。蔬菜可食部分的纤维素含量为 0.2%~2.8%，根菜类为 0.2%~1.2%，西瓜和甜瓜含量少，为 0.2%~0.5%。纤维素可被纤维素酶水解成葡萄糖。

半纤维素是结构比较复杂的多糖，在植物中有着双重意义。有类似纤维素的支持功能，类似淀粉的贮藏功能。蔬菜中分布最广的半纤维素为多缩戊糖，其水解产物主要是己糖和戊糖。

(3) 果胶物质。

①蔬菜中果胶物质的存在形式和含量。蔬菜中的果胶物质通常有三种存在形式。

原果胶。为细胞壁中胶层的组成部分，不溶于水，常同纤维素结合，所以称为果胶纤维素，在蔬菜的细胞间具有黏结作用，能影响组织的强度和密度。当蔬菜中的果胶物质以原果胶的形式存在时，蔬菜组织呈脆硬状态。

果胶。基本结构是 D-吡喃半乳糖醛酸以 $\alpha-1,4$ 糖苷键结合的长链，以部分甲酯化的状态存在。甲酯化的程度变