

食品原料与保鲜技术

刘卫民

福建教育出版社

食品原料与保鲜技术

刘卫民 编

福建教育出版社

(闽)新登字 02 号

 食品原料与保鲜技术

刘卫民编

 福建教育出版社出版发行

(福州梦山巷 27 号 邮编: 350001)

福建教育出版社印刷厂印刷

(福州铜盘岭上 邮编: 350003)

787×1092 32 开本 15.5 印张 367 千字

1996 年 3 月第 1 版 1996 年 3 月第 1 次印刷

印数: 1—1, 000

ISBN 7-5334-2074-8/G·1661 定价: 18.00 元

如有印装差错, 可向承印厂调换

前 言

食品是人类社会赖以生存和发展的重要物质基础。人类的食物主要来源于农副产品，畜禽产品和水产品。从生物学上可以将其概括为植物性食品和动物性食品两大类。我国幅员辽阔，食品资源丰富。食品原料的优劣直接影响到食品加工产品的质量。各种食品原料的化学组成和加工特性是决定食品加工工艺的适用性，科学性和先进性的前提条件。同时，随着社会平均生活水平的提高，不仅要求食品工业在加工制品的花色品种、质量上不断创新和改进，也要求能够周年均衡地向社会提供更多鲜活的食物原料，如新鲜的水果、蔬菜和禽蛋等。就食品加工本身而言，由于各种食品原料的地域性和季节性，生产上也要求解决一些原料的贮藏问题。

《食品原料与保鲜技术》是一门新的课程。它既与食品工艺学密切联系，又具有其独特的理论与技术。福州大学生物与食品科学工程系自1989年以来就开设了这门课程。开设本课程，旨在使食品科学与工程专业的学生对食品原料及其贮藏保鲜技术有较深的了解，掌握有关理论知识，拓宽专业知识面。并通过实验和实习，基本掌握食品原料的组织形态、细胞结构、生理性状和生化特性的观察，食品原料检验及主要成分的分析等操作技能，为日后的生产实践和科学技术研究打下基础。

本教材共十章。主要包括食品原料基础知识和食品原料的贮藏保鲜理论及技术两大部分。二者之间数以食品原料的生理生化桥梁，使之形成一个较完整的理论知识系统，有关实验在《食品原料与保鲜实验指导书》中列出。

食品原料部分，分为植物性食品原料和动物性食品原料二类。前者有果蔬、谷类、豆类、薯芋类和食用菌类等；后者有畜禽肉类、鱼贝类和禽蛋类等。由于受篇幅和教学时数所限制，本教材中暂未将“原料乳及其生化”的内容列入。食品原料的生理生化部分，介绍动物性食品原料收获后的生物化学变化和植物性食品原料（果蔬）的采后生理，并根据该专业学生的知识特点，另辟一章“果蔬采后病害”，介绍贮藏中的果蔬病害（包括生理性病害和侵染性病害）。贮藏保鲜理论及技术部分，以植物性食品原料（果蔬）的贮藏保鲜为重点，讲述果蔬的通风库贮藏、冷藏、气调贮藏、减压贮藏等技术。同时也介绍动物性食品原料的贮藏保鲜技术。鉴于该专业已另外开设“冷冻食品与乳品工艺学”课程，为避免重复，对动物性食品原料的冷冻贮藏只作一般性介绍，而以较多的篇幅介绍气调和电离辐射等技术的应用。

本教材在参阅和引用国内外大量书籍和资料的基础上编成，在编撰过程中得到不少食品界前辈和同事的热心指点和帮助，在此表示深切的谢意。限于编者水平，不当之处望批评指正。

编者

1995年10月于福州大学

目 录

第一章 植物性食品原料	1
第一节 植物性食品原料的细胞和组织结构	1
第二节 果蔬的化学成分及其加工特性	6
第三节 其他植物性食品原料的化学成分和特性	25
第二章 动物性食品原料	43
第一节 肉的形态结构	43
第二节 肉的几个物理性状	46
第三节 肉的化学组成和加工特性	52
第四节 鱼贝类的组成及性质	56
第五节 蛋的构成与化学成分	71
第三章 食品添加剂	81
第四章 植物性食品原料的收获和收获后的处理	101
第一节 果蔬原料的采收	101
第二节 果蔬的采后处理	105
第三节 果蔬的包装和运输	110
第四节 一些主要粮油作物的收获及收获后的处理	114
第五章 动物性食品原料收获后的生物化学变化	119
第一节 屠宰后肉的变化及生物化学机制	119
第二节 鱼死后的变化及腐败变质	137
第三节 新鲜禽蛋在贮藏中的变化及腐败变质	139
第六章 植物性食品原料(果蔬)的采后生理	145
第一节 呼吸作用	145
第二节 水分生理	152
第三节 植物激素与生长调节剂	154
第四节 生长与休眠	157
第五节 成熟与衰老	159
第七章 果蔬采后病害	164
第一节 非侵染性病害	164
第二节 侵染性病害	168
第八章 食品及原料的辐射处理	172
第一节 辐射的基本原理和生物学效应	172
第二节 辐射处理食品的历史和应用	182

第三节	辐射抑制发芽·····	184
第四节	食品的辐射杀菌·····	187
第五节	延长果蔬的贮藏期和改进食品质量·····	191
第六节	辐射食品的安全卫生性·····	193
第九章	动物性食品原料的贮藏保鲜·····	196
第一节	低温贮藏的一些概念·····	196
第二节	肉类的贮藏保鲜·····	199
第三节	水产品原料的贮藏保鲜·····	207
第四节	禽蛋的贮藏保鲜·····	212
第十章	植物性食品原料(果蔬)的贮藏保鲜总论·····	218
第一节	通风库贮藏·····	218
第二节	冷藏·····	222
第三节	气调贮藏·····	227
第四节	减压贮藏·····	238
〔附〕	食品原料的分类·····	241

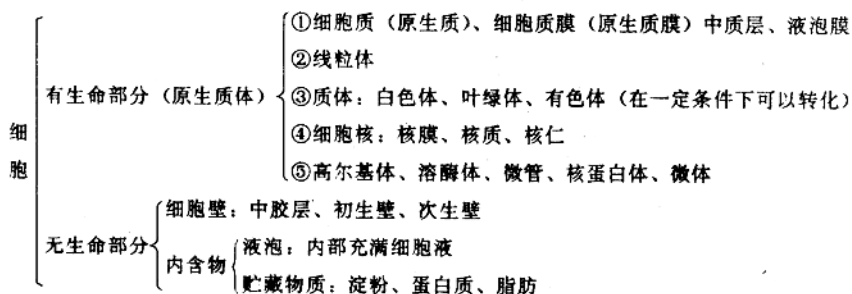
第一章 植物性食品原料

第一节 植物性食品原料的细胞和组织结构

食物的食用品质是指色、香、味三方面。色、香的影响因子有色素物质和芳香物质的种类、含量、合成和分解速度等。味即风味，包括人的味觉和触觉。味觉是指对风味物质如糖、酸、单宁和生物碱等的感觉；触觉则指通常所说的“质地”，如粗糙、细腻，坚硬、柔软，脆嫩和疲韧等感觉。质地是指食品的组织结构在风味品质方面的表现。食品原料的细胞和组织结构同风味有关，同生理特性也有密切的关系，与其贮藏加工性能密切相关。以下从细胞学和组织学两方面进行阐述。

一、植物细胞的结构

植物细胞的直径一般为20~50微米，较大的细胞的直径为100~200微米，所以要借助于显微镜才能看到。也有少数巨大的细胞。如番茄和西瓜的果肉细胞。其直径可达1毫米，用肉眼就可以看到。一些植物（如苎麻）具有的细长的纤维可达几百毫米。



植物细胞虽然在形状、结构和功能各方面有各自的特点，但它们之间有着根本的共性，即它们的基本结构是一样的，都包含着原生质体、细胞壁和液泡三部分。

（一）原生质体

原生质体是细胞中有生命的物体，是细胞中最主要的部分。包括细胞质、细胞核、线粒体和质体等几部分。

1. 细胞质，也称为原生质，是无色半透明、有弹性和粘性的胶状物质（亲水胶体）。位于细胞壁以内，细胞核以外。一般含水分70%~80%，主要的化学成分有蛋白质、脂肪、类脂、碳水化合物和核酸等。此外，也含有微量的铁、铜、锌、锰、镁、钙、钠、钾、氯等离子和维生素、激素及抗菌素等。

幼小的细胞里只有细胞质和细胞核，液泡不明显，随着细胞的发育，在生活过程中不断

产生各种有机物和无机物混合的水溶液，即细胞液，贮藏在液泡内。液泡逐渐增大，形成中央大液泡，将细胞质和核挤到细胞壁旁。同时细胞质可分为三层：细胞质和细胞壁接触的表面有一层极薄的膜称为细胞质膜，质膜的厚度一般为 60~100 埃。细胞质和液泡接触处有一层膜称为液泡膜，在细胞质膜和液泡膜之间的细胞质称为中质层。

2. 线粒体，是一些分散在细胞质中，无色透明，由蛋白质和类脂构成的小颗粒状物质。含有酶、维生素等，能转变成质体，线粒体是呼吸作用有关的酶集中的基地，在细胞的呼吸中起重要作用。除了细菌、蓝绿藻、厌氧真菌外，所有生活植物细胞质中都有线粒体。一个细胞内约有 1000~3000 个线粒体，直径为 0.5~1.0 微米，长约 1~2 微米。在电镜下可见线粒体有双层膜，其内膜向内伸入基质中，形成管状或隔板状的突起，称为嵴 (Cristae)。在植物细胞中，线粒体的嵴普遍为管状的。

3. 质体，是绿色真核植物细胞特有的细胞器，包括 (1) 绿色的叶绿体，(2) 红色或黄色的有色体和 (3) 无色的白色体。

叶绿体是含有叶绿素的质体，呈粒状或椭圆盘状，叶中分布最多，茎和果实等的绿色部分的细胞里均有。叶绿体内含有叶绿素、胡萝卜素和叶黄素等色素，这些色素的比例不同时，叶子就呈现不同的颜色，叶绿体是植物进行光合作用，制造有机化合物的场所。

有色体是只含有胡萝卜素和叶黄素的质体，它使果蔬器官呈现红色（如野蔷薇的果子）。橙红色（如胡萝卜的根）和橙黄色（如甜橙的果皮）等。有色体的主要功能是积累淀粉和脂类。

白色体是无色微小球形或纺锤形的质体，在细胞内最早形成，常分布在核周围。其功能是累积淀粉和脂类。它包括合成淀粉的造粉体，合成脂肪和油的造油体，合成蛋白质的糊粉体。

4. 细胞核。直径为 10~20 微米，一般呈圆球形、无色透明。在幼小的细胞中，细胞核居于中间，在细胞的生长发育过程中，由于液泡在细胞中央形成和逐渐扩大，往外挤压细胞质，细胞核也随之而移近细胞壁。细胞核的体积约占整个原生质体的 $\frac{1}{3}$ ~ $\frac{1}{2}$ 。细胞核外具双层结构的膜（核膜），内部是以核蛋白质为主的胶态物质（核质），核内还有一个或几个球状的核仁。核仁约含 84% 的蛋白质，11% 的 RNA 与 5% 的 DNA。细胞核含有大量的核蛋白和核酸，还含有类脂、酶和无机物等。核在细胞内存在的位置，常受生理变化的影响。许多植物的细胞核具有趋伤性，如将洋葱或大蒜鳞叶刺伤，经过 24 小时后，伤口附近的细胞核都趋近伤口一侧。

5. 其他亚显微结构

高尔基体是由平滑的双层膜所构成的泡囊或管状的结构，而且在管状末端形成大的泡囊，这些结构常常可几个或一、二十个成堆状集积在一起。其直径约 1~3 微米，每个囊厚约 0.014~0.02 微米。高尔基体在植物细胞中合成和运输多糖，参予细胞壁的形成和分泌作用。高尔基体的功能之一是合成果胶，半纤维素，木质等构成细胞壁的物质成分，参与细胞壁的形成。此外，在一些植物中还可能分泌其他物质，如酶、树脂等。

溶酶体的外形和大小与线粒体相类似，但溶酶体只有一单层外膜，没有内部结构。其内部含有水解酶，在溶酶体的外膜没有破裂或损坏以致释放出酶之前，在溶酶体内存在的酶是

活化的。

微管通常在细胞质中靠近膜的位置，是由许多球状蛋白亚单位构成的小管，其直径约240~250埃，但也可以延伸到几微米长。它普遍存在于各类植物细胞中，其功能与细胞纤维素微纤丝的沉积有关。

核蛋白体，即核糖核蛋白体，常呈球形或长圆形，直径约为150~300埃，分散在细胞质中，一个细胞内可以有几十万个核糖核蛋白体，它们是细胞中蛋白质的合成中心。核糖核蛋白体除了存在于内质网上，还可以存在于细胞核和叶绿体中。核蛋白体含有大约40%蛋白质和60%的RNA。

微体是过氧化体和乙醛酸体两种细胞器的统称，它们都是直径为0.5~1.5微米之间的球体，外面都有一单层的膜，而且一般都与内质网紧密相连，但其所含的酶系统完全不同，过氧化体普遍存在于高等植物的绿色细胞中，常与叶绿体相伴存在，与光呼吸有密切关系。而乙醛酸体与脂肪代谢有密切关系。

内质网是胞基质中的膜系统。内质网膜的厚度约5毫微米，它将胞基质隔成许多间室。这有利于各种不同的生化反应的进行，同时又可起支持细胞质的作用。有此内质网在膜的表面上结合有核蛋白体（粗面内质网），另一种则没有（平面内质网）。

（二）液泡

液泡具单层结构的液泡膜，内部充满着水分和凝胶状态的胶体溶液，当水分增加时，凝胶体也变成溶胶体。液泡在植物生活中有重要的作用，它能控制细胞吸水，使细胞保持紧张状态，以利于各种生理活动的正常进行，同时也是营养物质的贮藏场所。液泡内的细胞液除了含有90%左右的水分外，还含有许多溶于水的无机盐、有机酸、糖、植物碱、单宁和花青素等。果蔬因此而具有酸、甜、苦、辣、涩等味道，此外，花青素的存在使果蔬具有不同的颜色。花青素的颜色随着细胞液的酸碱性不同而起变化，碱性时呈蓝色，酸性时呈红色。

（三）细胞壁

细胞壁是植物细胞显著特征之一，它是具有一定硬度和弹性的固体结构。主要成分是纤维素，半纤维素和果胶质（果胶酸钙，果胶酸镁）。相邻两细胞所共有的细胞壁是由三层所组成。中间一层为中胶层（也称为中层或胞间层），它是由果胶类物质所组成。有着把两细胞粘连在一起的作用。在果胶酶的作用下，中胶层的果胶会被水解而使细胞彼此分离。在中胶层的两侧的细胞壁由纤维素构成。这些纤维素是由细胞的原生质体产生，在细胞生长过程中不断地添加到其外围的细胞壁中，因此细胞壁可以伴随着细胞的生长而扩大。在这时形成的壁叫做初生壁。初生壁一般较薄，约1~3微米。有些细胞当停止生长以后，细胞壁继续增生，因此细胞壁加厚，这种加厚的细胞壁叫做次生壁，次生壁一般较厚而坚韧，厚度为约5~10微米。由于次生壁形成时，细胞已经停止生长，新生的次生壁加添在初生壁的里面。细胞壁越加厚，细胞壁里面的体积越小，细胞腔也越小。植物体中的细胞由于功能上的差异，细胞壁的厚薄相差很大，植物体中因而就有贮藏营养物质的薄壁组织，起支持作用的厚壁组织和起保护作用的厚角组织之分。此外，在一些植物茎、叶、果的表皮细胞中，有的细胞壁往外伸长形成表皮毛，起吸收水分或保持作用。在细胞生长过程中，纤维素的细胞壁并不是完整地包围在原生质体的外面，而是有许多不加厚的部分出现，这些部分没有次生壁，只为中胶层

和初生壁所隔开，这种比较薄的区域称为纹孔。相邻两细胞的纹孔常成对存在。叫做纹孔对。有利于细胞间的沟通和水分运输。在纹孔的位置上还有许多叫做胞间连丝的细小原生质丝穿过中胶层和初生壁，使相邻的细胞有机地联系在一起，有利于细胞间的物质交换。

有些细胞在生长分化过程中，细胞壁的中胶层可有部分分解，因而使这部分的细胞壁分开，形成细胞间隙，细胞间隙起着通气和贮存气体的作用。一般是小的细胞带有小而少的细胞间隙。因而质地较坚实；大型细胞常带有大的细胞间隙。形成粗糙或松软的质地。

细胞的特性，即膨胀性、粘聚性、大小、形状、胞壁厚薄等，对植物的结构性能起决定性作用。活的植物细胞，细胞壁是全透性膜，原生质膜是半透膜。当细胞内部的渗透势高于周围介质。细胞便吸水膨胀；当细胞处于高浓度溶液中，细胞内的水分外渗，导致膨压降低，组织萎软，细胞发生质壁分离甚至死亡。这些特性与果蔬加工的关系密切。

（四）后含物

即贮藏物质，是细胞在生长分化、成熟、衰老等新陈代谢活动中产生的。后含物有的存在于细胞器内，有的存在于液泡中，有的则分散在细胞质中，其中以淀粉、糖、脂肪和蛋白质为主。

淀粉是以淀粉粒的形式贮积在细胞质中。块根、块茎，以及许多种子的胚乳或子叶中都有大量淀粉。淀粉粒通常是由白色体转变而成的。淀粉在白色体内贮藏时，先从一处开始，形成淀粉粒的核心，以后环绕着核心继续贮藏，在核心四周显出轮纹。最后整个白色体全为淀粉所充满，形成了具有同心圆花纹的淀粉粒。在各种植物中，淀粉粒的核心所在位置因种而异，或在中央，或偏于一端，轮纹的明显程度也各有不同。淀粉粒有三种类型：单粒、复粒和半复粒。单粒，即每一淀粉粒仅具一个核心；复粒，即每一淀粉粒中有两个以上分别被轮纹环绕着的核心；半复粒，即每一淀粉粒中具两个以上核心，但被共同的轮纹所环绕。马铃薯块茎中具有三种类型的淀粉粒。小麦、蚕豆、豌豆种子中的淀粉粒为单粒，水稻、燕麦则为复粒。淀粉粒的大小形状因各种植物不同，因此可以利用这一点来检验食品。

除了淀粉外，植物体内贮藏的碳水化合物还有糖。例如甜菜的块根和甘蔗的茎秆中含有大量蔗糖。

植物细胞贮藏的蛋白质常以无定形或结晶状态存在于细胞中，它与作为原生质基本组成的活性蛋白质不同，常常集中在一层特殊的细胞层内。如玉米、小麦、水稻的胚乳最外的一层细胞含有大量的蛋白质，这一层细胞叫做糊粉层。蛋白质贮藏在液泡中，由于液泡水分逐渐减少，贮藏的蛋白质成为不定形的固体颗粒，这种颗粒称为糊粉粒。在蓖麻、豆类和禾谷类作物的种子中都含有大量的糊粉粒。

脂肪和油类也是一类重要的贮藏物质。它们成固体微粒（脂肪）或小液滴（油类）分散在细胞质里。食用的植物油就是从某些植物的种子中榨取的。

二、植物的组织结构

由于细胞的分化，形成了各类组织。这些组织就构成了植物的营养器官（根、茎、叶）和繁殖器官（花、果实、种子）。组织，即具有相同生理机能和形态结构的细胞群。根据其功能和结构，植物组织可分为分生组织，薄壁组织，保护组织，输导组织，机械组织和分泌组织。后5种组织都是在器官形成时由分生组织衍生的细胞发展而成的，因此也总称为成熟组织

(或永久组织)，而与分生组织并列。

(一) 分生组织

分生组织，按位置分可有：1. 顶端分生组织，位于根、茎顶端；2. 侧生分生组织，位于侧方位置；3. 居间分生组织，位于成熟组织之间。分生组织的细胞分裂所形成的细胞再进一步分化，就形成各种不同的组织，根、茎等就得以伸长或变粗。分生组织的细胞排列紧密，细胞壁薄，原生质丰富，细胞核大，液泡很小，具有分裂能力。

(二) 成熟组织

1. 保护组织

暴露在空气中的茎、叶、花、果实等器官表面的表皮是保护组织，一般都是由一层或数层细胞组成，具有防止体内水分过度蒸腾，抵抗外界风雨和病虫等侵害的作用。表皮细胞形状扁平，排列紧密，细胞壁常角质化而形成角质层。有些植物在表皮的外壁上有着蜡质（例如甘蔗茎和葡萄、苹果的果实上）也起着保护作用。一些植物的茎、叶及桃、杏等果实的果皮上还具有起保护作用的表皮毛。果蔬等的表皮保护组织，在加工时常修整除去。

2. 薄壁组织

薄壁组织在植物体内广泛分布，并且常存在于其他的组织之间。在根、茎、叶、花、果实中都含有这种组织。它们具有同化（如叶肉的栅状组织、海绵组织）、吸收（如根尖的根毛区）、贮藏（如马铃薯块茎中的含淀粉细胞、小麦、水稻的胚乳细胞）和通气（如水生植物的根、茎、叶中的通气组织）等功能。这些是植物生活中必不可少的，因此也叫做基本组织。薄壁组织的细胞具有薄的细胞壁，有很大的液泡，有细胞间隙，细胞彼此间的结合常很疏松。

3. 机械组织

机械组织的功能是支持和巩固植物体。其细胞壁加厚。常见的有两类：厚壁组织和厚角组织。

厚壁组织的细胞内，细胞壁全面加厚，由纤维素和木质素构成，含水量低，成熟细胞内一般没有原生质体。厚壁组织通常分为两种，一种是由狭长、两端尖锐的纤维细胞形成的纤维；另一种是短而宽的石细胞。石细胞的细胞壁特别增厚，并且木质化。如桃、杏、李等果实中坚硬的核和梨果实肉中所含的沙粒结构都是石细胞。含石细胞较多的果肉，其加工适性较差。

厚角组织的细胞，其细胞壁常在彼此接触的角隅部分增厚，具有韧性和伸延性。这种机械组织是活细胞，除含有原生质外，常有叶绿体等。

4. 输导组织

输导组织是植物体内运输各种物质和水分的组织。其特点是细胞呈长形，有的甚至失去原生质体，形成适于输导用的管道，细胞间以不同方式相互联系，在整个植物体的各器官内成为一连续的系统。根据运输物质的不同，输导组织分为两大类：输导营养物质的筛管；输导水分以及溶解于水中的矿物质的导管。

5. 分泌组织

有些植物在新陈代谢过程中，会形成积累挥发油、树脂、乳汁、蜜汁、粘液、盐类等物质。这些产物或聚积在植物体的细胞内或胞间隙里，或通过一定的细胞排出体外。凡是产生、

贮藏、输导分泌产物有关的细胞组合或细胞产生的结构，总称为分泌组织。

将一定的产物排到体外去的分泌组织叫做外分泌组织，如：腺毛、腺鳞和蜜腺等。

存在于基本组织内的分泌组织称为内分泌组织，如：分泌腔、分泌道、分泌细胞和乳汁道。

第二节 果蔬的化学成分及其加工特性

水果和蔬菜含有多种化学物质。这些物质在水果、蔬菜收获之后，仍发生变化，果蔬的色、香、味和营养价值因此受到影响。为了在贮藏加工中避免和减少不利的变化，就必须了解果蔬的化学成分及特性。

一、果蔬的主要化学成分及与加工有关的特性

水分是果蔬的主要成分之一，水分直接影响果蔬的嫩度、新鲜度和风味，它对果蔬的品质和贮藏性能起着重要的作用。

从表 1—1 中看出，果蔬所含的水分因种类不同而有差异，最高为 98%，最低的有 70%。新鲜果蔬失水 5% 以上，就会萎蔫，失去光泽，由于水分减少，果蔬中酶的活性增强，营养物质减少，果蔬的耐藏性和抗病性减弱。

表 1—1 部分果蔬中的水分含量（占可食部分的%）

食品名称	水分	食品名称	水分
苹果	84	大白菜	94
梨	86	洋白菜	93
桃	88	菠菜	93
桔	87	油菜	92
柚	84	黄瓜	96
青扁豆荚	89	冬瓜	97
毛豆	70	南瓜	98
洋葱	88	茄子	87
番茄	73		

表 1—2 几种果蔬中水分存在的形态（%）

名称	总含水量	结合水	自由水
苹果	88.7	24.1	64.6
甘兰	92.2	9.3	83.9
胡萝卜	88.6	22.4	66.2
马铃薯	81.5	17.5	64.0

果蔬中水分存在形式有自由水和结合水两种。自由水又叫游离水，存在于水果、蔬菜的细胞内外、经压榨或干燥可以和细胞分离，它又与胶体物质相结合，具有一般水的性质，其中常溶有糖、酸、维生素、含氮物质、芳香物质和无机盐等。

结合水又称束缚水，由于水分子具有极性，它与果蔬细胞中的离子或极性基互相吸引而结合，即起所谓的水化作用。结合水不能作为糖等可溶物质的溶剂。

果蔬中的含水量及自由水和结合水的比例除了因种类不同而有差异外，还受到品质、栽培环境、农业技术措施和采收期的影响。

果蔬中除了绝大部分是水以外，含有许多化学物质。这些化学物质按其在水中的溶解性可分为：

水溶性物质——糖类、果胶、有机酸、单宁物质、矿物质以及部分色素、维生素、酶和含氮物质等。

非水溶性物质——纤维素、半纤维素、原果胶、淀粉、脂肪以及部分维生素、色素、含氮物质、矿物质和有机酸盐等。

(一) 糖类

果蔬中的糖主要是葡萄糖、果糖和蔗糖，还有阿拉伯糖、甘露糖和山梨醇、甘露醇等糖醇。

1. 果蔬中各种糖类的含量及甜度

(1) 在不同种类的果蔬中，三种糖的含量差异很大。一般来说，仁果类以果糖为主，葡萄糖和蔗糖次之；核果类以蔗糖为主，葡萄糖、果糖次之；浆果类主要含葡萄糖和果糖；柑桔类含蔗糖较多。几种果蔬的含糖量如表 1—3。

(2) 根据各种糖的相对甜度的测定，蔗糖甜度为 100，果糖为 173，葡萄糖 74，转化糖 130，麦芽糖 32.5。

果蔬的甜味强弱，除了糖的种类和含量之外，很大程度上也受酸和单宁的影响。当果蔬中糖酸量相等时，只感觉到酸而很少感到甜，只有在糖量高出酸量较多时，才感到甜味，故果蔬及制品中的糖酸比，决定了果蔬的甜度。是风味的主要指标。

表 1—3

一些果蔬的含糖量

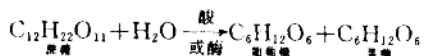
果蔬	转化糖	蔗糖	总糖
苹果	7.52~11.62	1.20~2.97	8.62~14.61
梨	5.24~8.00	1.80~2.00	8.37~10.00
桃	1.70~3.67	5.14~8.74	10.38~12.41
李	4.20~9.00	1.01~1.85	6.85~10.70
杏	0.20~3.70	2.80~10.40	8.45~11.90
香蕉	4.7~13.30	13.70	16.18
樱桃	3.80~9.70	0.20~0.80	11.94
葡萄	15.01~18.04	—	16.83~18.04
无花果(青)	9.54	—	9.54

续表:

果蔬	转化糖	蔗糖	总糖
夏蜜橙	2. 45	4. 27	6. 97
温州蜜桔	3. 02	5. 37	8. 67
菠萝	1. 60~3. 74	7. 89	11. 63
草莓	2. 94~7. 11	0. 71~1. 76	7. 41~8. 59
胡萝卜			3. 36~12. 08
甜菜			9. 6~13. 3
番茄	1. 50~3. 50	0	1. 5~4. 2
茄子			2. 2~4. 6
黄瓜			2. 5~9. 0
西瓜	3. 41~4. 04	3. 36	5. 5~9. 8
甜瓜	1. 16~1. 99	3. 26	4. 0~5. 19

2. 糖和加工有关的特性:糖是果蔬贮藏时呼吸代谢的主要底物,也是进行发酵加工时的主要发酵原料。葡萄糖和果糖也是微生物的营养成分,加上果蔬含水量多,易为腐败菌侵害,故果蔬加工应注意卫生。糖与加工有关的特性如下:

(1) 糖的转化:蔗糖是双糖。在弱酸或酶的作用下,水解转化为果糖和葡萄糖,其水解的混合产物称为转化糖。



加工过程中,这个反应是不可逆的。葡萄糖和果糖为单糖中的己糖,

单糖在碱性溶液中与弱氧化剂发生氧化作用。例如在加热条件下,葡萄糖或果糖能把斐林试剂中的铜离子还原为砖红色的氧化亚铜,葡萄糖则被氧化成葡萄糖酸。糖的这个性质叫还原性。具有还原性的糖叫还原糖。

蔗糖水解过程中,酸和酶都可以起催化作用。因为蔗糖的光学活性为右旋性。水解所得的葡萄糖和果糖的对等混合物则为左旋性,所以我们称这一水解反应为转化作用,水解的混合产物则名为转化糖。

任何酸都可以使蔗糖转化为葡萄糖和果糖,但转化的速度与酸的种类、浓度有关。就同一种酸来说,浓度和温度越高,则转化速度越快。微量铜存在,能加速蔗糖的转化。

在果蔬加工过程中,尤其是在制脯饴时,要注意蔗糖转化反应的影响。

果蔬贮藏过程中,所含的蔗糖逐渐水解为葡萄糖和果糖,而蔗糖的大量水解就标志着果蔬成熟度的提高。

(2) 糖在加工过程中的色变

①蔗糖在低 pH 值,高温下,生成羟甲基糖醛、焦糖等物质,导致果蔬制品的变色,焦糖可做为食品及饮料的着色剂、增香剂。

②还原糖特别是戊糖与氨基酸或蛋白质发生糖氨反应(即美拉德反应)生成黑色素,使果蔬制品发生褐变,影响产品质量。这种褐变是一种非酶促褐变,多发生于同加热有关的加工过程中,在高温下贮藏还原糖含量较高的果蔬和其制品时,也会发生这种现象。

(3) 糖的吸湿性:糖的吸湿性和糖的种类及空气的相对湿度有很大的关系。其中果糖的吸湿性最强,葡萄糖次之,蔗糖最小。空气的相对湿度越大,糖的吸湿量越多,糖的这种吸

湿性，会使果蔬干制品和糖制品易吸收空气中的水分而降低其保藏性。但也有利于防止糖制品的蔗糖晶析和返砂。

(4) 糖的溶解度：糖能溶解于水，溶解度大小因糖的种类和溶解温度的高低有关，如表 1—4。

各种糖液在一定的浓度和温度条件下，都能析出结晶，结晶形成的难易与溶液的粘度和糖的溶解度有关。果蔬糖制品，如不提高产品的粘度，当蔗糖浓度超过 65%，贮藏在 10℃ 以下的低温时，必引起蔗糖结晶。由于 60℃ 以下葡萄糖的溶解度比蔗糖小，故在常温下也多产生结晶。制品产生结晶后，糖液浓度相应下降，微生物易于生长。

(二) 多糖

存在于果蔬中的多糖主要有以下几种：

1. 淀粉

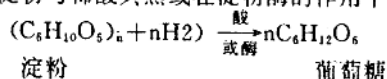
果蔬中以藕 (12.77%)、荸荠、芋头等淀粉含量较多，其次是香蕉 (4.69%)、苹果 (1~1.5%) 等。其它果蔬中则含量较少。淀粉在一般果蔬中的含量虽不多，但淀粉在果蔬组织中的变化却直接影响产品的质量。

表 1—4 不同温度下各种糖的饱和溶解度

溶解度 (%) 温度 (°C) 糖的种类	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
蔗糖	64.2	65.6	67.1	68.7	70.4	72.2	74.2	75.2	78.4	80.6
葡萄糖	35.0	41.6	47.1	54.6	61.8	70.9	74.7	78.0	81.3	84.7
果糖			78.9	81.5	84.3	86.9				
转化糖		56.6	62.6	69.7	74.8	81.9				

(1) 淀粉不溶于冷水，当如温至 55—60℃ 时，则膨胀而变成带粘性的半透明凝胶或胶体溶液。

(2) 淀粉与稀酸共热或在淀粉酶的作用下，能分解成葡萄糖。



未成熟的果实淀粉含量较多，后熟时，由于淀粉酶的作用，将淀粉转化为糖，甜味逐渐增加。如香蕉在成熟过程中淀粉由 20% 降低至 1%，而糖则由 1% 增至 19.5%。因此，淀粉含量高的果实（香蕉、洋梨等）采收后，应进行贮藏催熟，淀粉含量较少的果实（桃、李、杏、柑桔等）成熟后已不含淀粉，含糖量也不再增加。

2. 纤维素和半纤维素

果实的纤维素含量、苹果、梨、桃、李、柑桔，一般为 0.4~0.7%；杏、菠萝，一般为 0.9% 左右；香蕉中含量较多，为 1.2% 左右；西瓜、葡萄中含量较低，一般为 0.2~0.5%。蔬菜中纤维素的含量，以根菜类中较高。如胡萝卜中含量为 1.8%；果菜类中含量较低，如南瓜、番茄中的含量为 0.3~0.4%，在纤维素酶的作用下，纤维素可被水解为葡萄糖。

半纤维素是结构比较复杂的多糖。其分子中含有多缩戊糖，多缩己糖和混合聚糖。半纤维素也是构成果蔬细胞壁的主要成分之一，它在果蔬中是与纤维素结合存在的，其含量在果

品中为 0.7~2.7%，在蔬菜中为 0.2~3.1%，从品质来说，纤维素和半纤维素含量越少越好。但在有些加工过程中，它还能起到好的作用。

3. 果胶物质

(1) 果胶物质的存在形态和在果蔬中的含量：果胶物质是一类复杂的多糖，以原果胶、果胶和果胶酸三种形态存在于果蔬组织中。各种形态的果胶物质具不同的特性，因此，就直接影响果蔬的耐藏性及加工工艺。

原果胶存在于未成熟果蔬细胞壁的中胶层中，不溶于水、常和纤维素结合使细胞互相粘结，所以未成熟的果蔬较脆硬，随着果蔬成熟，在原果胶酶的作用下，原果胶分解为果胶，果胶溶于水，与纤维素分离，细胞间的结合力减弱，果蔬硬度随之降低，成熟的果蔬向过熟期变化时，果胶在果胶酶的作用下转变为果胶酸，果胶酸无粘性，因此果蔬呈软烂状态。了解果胶物质的变化规律，有利于掌握果蔬采收的成熟度。

表 1—5 果蔬中可食部分的果胶含量

果品 (占果品重量的%)		蔬菜 (占干固物含量的%)	
山楂	6.4	南瓜	7~17
柑桔类	1.6	胡萝卜	8~10
苹果	1~1.8	甜瓜	3.8
桃	0.56~1.25	成熟番茄	2~2.9
梨	0.5~1.4		
杏	0.5~1.2		
李	0.5~1.5		
草莓	0.7		

(2) 果胶同加工有关的特性

①原果胶在水中加热时，发生水解作用。在 pH5.0 时，进入溶液中的速度最慢，中性时，速度要加快 7 倍，在酸性 (pH 小于 5) 或碱性情况下，水解速度十分迅速。

温度升高也加速原果胶的水解，温度超过 80℃ 时，水解得特别快。

延长与水一起加热的时间，起初原果胶的溶解几乎与时间成正比，但作用时间超过 90 分钟，温度高于 90℃ 时，则溶解速度增快。

②果胶呈白色无定形，无味，能溶于水成胶体溶液。在酒精和盐类 (硫酸镁、硫酸铵等) 的溶液中则凝结沉淀。可根据这种性质来提取果胶。果胶和稀酸或碱一起加热，被水解成果胶酸，失去粘性。

③果胶有很好的胶凝能力，它和适量的糖酸结合，可形成凝胶。果冻、果酱的加工就是根据这特性。

果胶的胶凝能力与下列因素有关：

其一，和果胶的分子量有关，分子量越高胶凝能力越强。

其二，和甲氧基的百分含量有关。甲氧基百分含量越高，其胶凝能力越强。

其三，与糖、酸之间的比例有关。

(三) 有机酸

果蔬中含多种有机酸，其含量因品种，成熟期和部位不同而异。有机酸在果蔬中以游离

或酸式盐状态存在。这些有机酸，不仅影响果蔬味感，而且对果蔬的加工十分重要。

1. 果蔬的主要有机酸

果蔬主要含苹果酸、柠檬酸和酒石酸，这些常称为果酸。此外，还有少量草酸、苯甲酸和水杨酸等。

(1) 苹果酸

果实中仁果类的苹果、梨、及核果类的桃、杏、樱桃等含量较多，蔬菜中以苤苢、番茄含量较多，柑桔类果实仅含柠檬酸，其它果实中都含有苹果酸与柠檬酸。

(2) 柠檬酸

为柑桔类所含的主要有机酸，它在果肉中的含量，由1%（桔）至5.6%以上（柠檬）。蔬菜中番茄含柠檬酸量较多。

(3) 酒石酸

为葡萄中含的主要有机酸，有葡萄糖酸之称，它在葡萄中除少量呈游离状态外，大都以酒石酸氢钾（酒石）的形态存在。

(4) 草酸

果蔬中普遍存在的一种有机酸，在菠菜、竹笋等蔬菜中含量较多，在水果中含量少。

此外，果蔬中还存在其它多种有机酸，但含量很少。

分析果蔬中酸的含量时，以所含的主要有机酸为计算标准，如柑桔类以柠檬酸表示，仁果类、核果类以苹果酸表示，葡萄以酒石酸表示，几种果蔬有机酸含量如表1—6。

表1—6 几种果蔬有机酸的种类及其含量（%）

名称	总酸量	柠檬酸	苹果酸	草 酸 (毫克/ 公斤)	水杨酸
苹果	0.2—1.6	+	+	…	0
梨	0.1—0.5	0.24	0.12	3	0
杏	0.2—2.6	0.1	1.3	140	0
桃	0.2—1.0	0.2	0.5	…	0
李	0.4—3.5	+	0.36—2.9	60—120	0.029
甜樱桃	0.3—0.8	0.1	0.5	0	0
葡萄	0.3—2.1	0	0.22—0.92	80	(酒石酸) 0.21—0.74
草莓	1.3—3.0	0.9	0.1	100—600	0.28
甜菜	0.2—0.25	…	…	2000	0

(注：+表示量多，……表示微量，0表示缺乏。)

2. 有机酸同果蔬加工有关的特性

(1) 所有不含氮有机酸和其碱金属盐均溶于水。

(2) 在果蔬加工中，几乎所有不含氮有机酸，都很稳定，不发生化学变化。只有乙醛酸在碱性条件下，发生自氧化—还原的反应（即加尼察洛反应），生成草酸和羟基乙酸。

柠檬酸与水一起加热时，部分地变成乌头酸而放出水。

(3) 有机酸的浓度与酸味强弱不是简单的正比关系。这是因为各种不同的酸有不同的酸