



GAODENG XUEXIAO ZHUANYE JIAOCAI

• 高等学校专业教材 •

[高校教材]

# 食品低温保藏学

(第二版)

主编 包建强

FOOD PRESERVATION UNDER  
LOW TEMPERATURE



 中国轻工业出版社

高等学校专业教材

# 食品低温保藏学

(第二版)

主编 包建强

参编 谢 堃 申 江 周秋淑

宁静红 丁 勇

 中国轻工业出版社

## 图书在版编目(CIP)数据

食品低温保藏学/包建强主编. —2版. —北京:中国轻工业出版社,2011.9

高等学校专业教材

ISBN 978-7-5019-8366-7

I. ①食… II. ①包… III. ①食品贮藏:低温贮藏—高等学校—教材 IV. ①TS 205

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第152171号

责任编辑:白洁

策划编辑:白洁 责任终审:滕炎福 封面设计:锋尚设计

版式设计:宋振全 责任校对:杨琳 责任监印:张可

出版发行:中国轻工业出版社(北京东长安街6号,邮编:100740)

印刷:河北高碑店市德裕顺印刷有限责任公司

经销:各地新华书店

版次:2011年9月第2版第1次印刷

开本:787×1092 1/16 印张:17.75

字数:444千字

书号:ISBN 978-7-5019-8366-7 定价:32.00元

邮购电话:010-65241695 传真:65128352

发行电话:010-85119835 85119793 传真:85113293

网址:<http://www.chlip.com.cn>

Email:[club@chlip.com.cn](mailto:club@chlip.com.cn)

如发现图书残缺请直接与本社邮购联系调换

100320J1X201ZBW

## 前 言

我国历来有“民以食为天”之说,这反映了食品对社会活动的重要性。在食品消费方面,我国现在已跨过了温饱阶段达到了小康阶段。人们对食品的要求越来越高,对食品安全的要求也越来越高。用低温保鲜的方法保藏和运输易腐食品具有越来越重要的意义。从事食品低温保藏的人员迅速增加,迫切需要这方面的技术参考书。

由上海水产大学(现名上海海洋大学)冯志哲教授为主编编写的《食品冷藏学》一书,为我国的食品冷藏发展起到了重要的作用。由于出版时间较早,从该书出版到目前为止,技术发展迅速,为了满足实际生产活动需要,我们对该书进行了修订完善,并更名为《食品低温保藏学》。

本书由上海海洋大学包建强主编,参加编写的有上海海洋大学谢堃、丁勇,天津商业大学申江、宁静红,烟台大学周秋淑。编写分工:前言、第三、第五、第六、第七、第十、第十一、第十二章由包建强编写;第二、第八、第五章第四节由谢堃编写;第一、第十三章由申江、宁静红编写;第四章由周秋淑编写;第九章由丁勇编写。

本书审稿工作由上海海洋大学郑锐、曹川、朱文广、李杰、顾杨娟、李富威同志完成,上海海洋大学郑锐、曹川、朱文广及丁勇同志整理、编辑了部分图表,在此表示感谢。

本书可以作为大专院校的教材,也可作为从事食品低温保藏工作人员的参考书。由于编者水平有限,书中难免有许多不足之处,希望读者提出宝贵意见,以便补充修正。

编 者

# 目 录

<b>第一章 食品原料特性</b> .....	1
第一节 食品的主要化学成分及其原料特性.....	1
第二节 植物性食品的主要化学成分及原料特性.....	6
第三节 果蔬原料的变质机理 .....	13
第四节 动物性食品的组织结构及化学组成 .....	21
<b>第二章 制冷概论</b> .....	24
第一节 蒸汽压缩式制冷循环 .....	25
第二节 制冷剂和载冷剂 .....	36
第三节 制冷机器设备和系统 .....	43
<b>第三章 食品低温保藏原理</b> .....	59
第一节 食品的变质 .....	59
第二节 动物性食品的低温保藏原理 .....	62
第三节 植物性食品的低温保藏原理 .....	62
<b>第四章 食品的冷却</b> .....	63
第一节 食品冷却的目的及冷却冻结的温度范围 .....	63
第二节 食品的冷却速度与时间 .....	65
第三节 食品冷却时的变化 .....	75
第四节 食品冷却的方法 .....	78
<b>第五章 食品的冻结</b> .....	88
第一节 食品在冻结时的变化 .....	88
第二节 食品冻结过程中的冻结水量和冰结晶 .....	94
第三节 冻结时所放出的热量 .....	98
第四节 食品冻结装置 .....	99
<b>第六章 食品的冻藏</b> .....	114
第一节 食品冻藏时的物理变化.....	114
第二节 食品冻藏时的化学变化.....	116
第三节 食品的冻藏温度.....	120
第四节 冷冻食品的 T - TT 概念及计算方法 .....	122

<b>第七章 食品的解冻</b> .....	127
第一节 解冻的一般概念.....	127
第二节 解冻方法与装置.....	128
<b>第八章 食品冷链与低温食品品质控制</b> .....	139
第一节 冷链的构成.....	139
第二节 冷藏运输的种类、要求和发展.....	140
第三节 铁路冷藏车.....	142
第四节 冷藏汽车.....	149
第五节 冷藏船.....	155
第六节 冷藏集装箱.....	156
<b>第九章 肉的冷加工</b> .....	160
第一节 肉胴体的冷加工.....	160
第二节 分割肉的冷加工.....	169
<b>第十章 水产品的冷加工</b> .....	170
第一节 水产品的原料特性及营养成分.....	170
第二节 鱼体死后的鲜度变化.....	177
第三节 水产品的鲜度等级及鉴定.....	181
第四节 鱼的冷却保鲜.....	186
第五节 鱼的微冻保鲜.....	191
第六节 鱼的冻结.....	193
第七节 鱼的冻藏.....	198
第八节 超低温金枪鱼生鱼片加工技术与方法.....	201
<b>第十一章 禽类的冷加工</b> .....	210
第一节 禽肉的组成和特性.....	210
第二节 禽肉的前处理与冷却贮藏.....	211
第三节 禽的冻结贮藏.....	215
<b>第十二章 鲜蛋的冷加工</b> .....	220
第一节 鲜蛋的构造及其特性.....	220
第二节 鲜蛋的变质和质量鉴别.....	223
第三节 鲜蛋的冷却和冷藏.....	227
第四节 冰蛋的冷加工.....	233
<b>第十三章 果蔬的冷加工</b> .....	237
第一节 果蔬的分类与特性.....	237

第二节	果蔬的预冷与冷藏	240
第三节	果蔬的速冻工艺	252
第四节	果蔬的气调贮藏	265
<b>参考文献</b>		<b>274</b>

# 第一章 食品原料特性

食品品种多、分布广,但按其来源可分为两大类:动物性食品和植物性食品。动物性食品包括肉、鱼、禽、蛋、乳等,植物性食品包括水果和蔬菜等。

由于动物性食品和植物性食品在原料特性方面的差异很大,因而低温保藏的方法和工艺条件等也不同。

## 第一节 食品的主要化学成分及其原料特性

食品的化学成分是极其复杂的,除水分、挥发性成分外,固形物成分可分为有机物和无机物两类;有机物中最主要的有蛋白质、糖类、脂类、维生素及酶等,无机物则有无机盐类和其他无机物。这些化学成分大部分是人体必需的营养成分,其功能见图 1-1。在加工和贮藏过程中,食品的化学成分会发生变化,以至于影响食品的食用价值和营养价值,如在果蔬冷加工过程中,维生素的损失、蛋白质的冻结变性和动物组织解冻过程中的汁液损失等。因此,研究食品的化学成分及其变化是极为重要的。

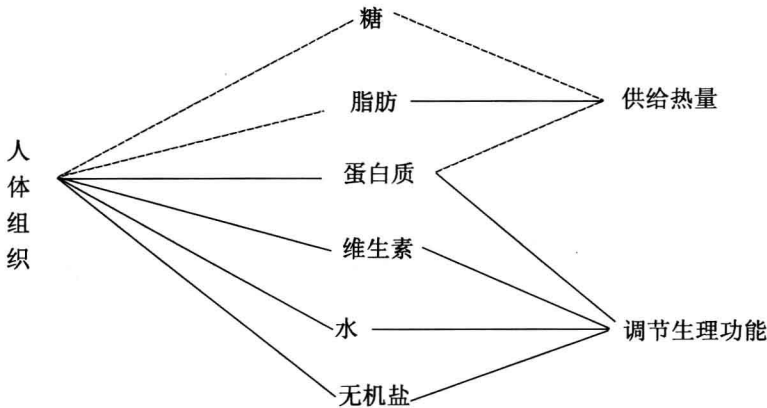


图 1-1 食品化学成分功能图  
—代表主要功能; - - -代表非主要功能

### 一、蛋 白 质

蛋白质是一类复杂的高分子含氮化合物,它是一切生命活动的基础,是构成生物体细胞的主要原料。每 1g 蛋白质能为人体提供 16.7kJ 热量。

#### (一) 蛋白质的组成

蛋白质种类繁多、结构复杂,但不管来源和种类如何,它们的化学元素组成均相似,主要由碳、氢、氧、氮、硫、磷 6 种元素组成,另有少量的铁、铜、锌等元素。碳、氧、氢、氮、硫、磷的含量大致如下:碳:50.6% ~ 54.5%,氧:21.5% ~ 23.5%,氢:6.5% ~ 7.3%,氮:15.0% ~ 17.6%,



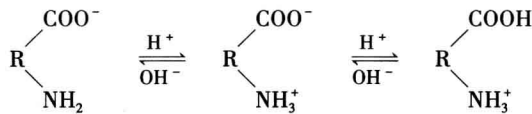
硫:0.3% ~ 2.5% ,磷:0 ~ 4%。

蛋白质分子是一个分子氨基酸的羧基和另一个分子氨基酸的氨基相互缩合形成肽键(肽键分子式),肽键把许多氨基酸连接在一起形成较长的多肽链,然后通过氢键而形成螺旋状多肽链,再通过副键(如盐键等)将几条螺旋状多肽链折叠盘曲保持着不同形状的立体结构。

## (二) 蛋白质的性质

### 1. 蛋白质的等电点

蛋白质分子与氨基酸分子一样,分子中有游离的氨基和羧基,属于酸、碱两性化合物。在酸性溶液中碱性基团的解离增大使蛋白质带正电荷;在碱性溶液中酸性基团的解离增大使蛋白质带负电荷;而当溶液处于某一 pH 时,蛋白质分子可因内部酸性基团和碱性基团的解离度相等而呈等电状态,这时溶液的 pH 称为蛋白质的等电点。



不同的蛋白质有不同的等电点。在等电点时蛋白质的溶解度、黏性、渗透压、膨胀性、稳定性等达到最低限度。食品加工和贮藏中经常要利用或防止蛋白质因等电点而引起的各种性质的变化。

### 2. 蛋白质的胶体性质

蛋白质分子都很大,其相对分子质量小者数千,大者数千万,在水中形成胶体溶液,大部分蛋白质的分子表面有许多亲水基(如—SH—CO—等),吸引水分子在蛋白质颗粒周围形成一层水化层,这样就使各个蛋白质颗粒不易互相碰撞,从而阻碍了它们的沉淀,这是使蛋白质(亲水胶体溶液)稳定的一种因素。另一种使蛋白质溶液稳定的因素是蛋白质胶粒带有电荷。因此,只有消除这两个因素之后,方能使蛋白质沉淀。

### 3. 蛋白质的变性

食物中的蛋白质是很不稳定的,如前所述,它是同时具有酸性又具有碱性的两性物质。蛋白质的水溶液在温度 52 ~ 54℃ 之间时,具有胶体性质,是胶体状溶液。如果温度升高或冷冻时,蛋白质则从溶液中结块沉淀,成为变性蛋白质。

蛋白质的沉淀作用可分为可逆性和不可逆性的两种:

①可逆性沉淀:碱金属和碱土金属的盐如  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ 、 $\text{NaCl}$ 、 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 、 $\text{MgSO}_4$  等能使蛋白质从水溶液中沉淀析出,其原因主要是这些无机盐夺去了蛋白质分子外层的水化膜。被盐析出来的蛋白质保持原来的结构和性质,用水处理后又复溶解。在一定条件下,食品冷加工后所引起的蛋白质的变化是可逆性的。

②不可逆性沉淀(又称为变性作用):在许多情况下,由于各种物理和化学因素的影响,致使蛋白质溶液凝固而变成不能再溶解的沉淀,这种过程称为变性。这样的蛋白质称为变性蛋白质。变性蛋白质不能恢复为原来的蛋白质,所以是不可逆的,并失去了生理活性。

总之,蛋白质的变性,在最初阶段是可逆的,但在可逆阶段后即进入不可逆变性阶段。酶也是一种蛋白质,当其变性时即失去活性。

### 4. 蛋白质的分解

蛋白质的分解按照下列步骤逐步进行:蛋白质→肽→胨→多肽→氨基酸→胺→ $\text{NH}_3$  +  $\text{CO}_2$  +  $\text{H}_2\text{S}$  +  $\text{CH}_4$  +  $\text{H}_2\text{O}$ ,最终的分解产物  $\text{NH}_3$ 、 $\text{H}_2\text{S}$  具有强烈的刺激性气味。

### (三) 蛋白质的分类

蛋白质根据其营养价值也即根据氨基酸的种类和数量分为三类：

#### 1. 完全蛋白质

完全蛋白质是一种质量优良的、含有人体必需而在人体内不能合成的 8 种氨基酸的蛋白质,它所含的氨基酸种类齐全、数量充足、比例合适,不但能维持人的生命和健康,并能促进儿童的生长发育。酪蛋白、乳白蛋白、麦谷蛋白等均属于完全蛋白质。

#### 2. 半完全蛋白质

这种蛋白质所含各种人体必需的氨基酸的种类尚齐全,但由于含量不均,互相之间比例不合适,若在膳食中作为唯一的蛋白质来源时,可维持生命,但不能促进生长发育。小麦中的麦胶蛋白等即属于不完全蛋白质。

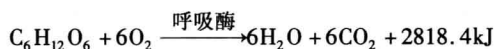
## 二、糖 类

糖类是由碳、氢、氧三种元素组成的多羟基醛或多羟基酮。绝大多数糖含氢和氧的比例和水中的氢、氧比例一样,因此,糖又称为碳水化合物。在人体内除少量的粗纤维不能被消化吸收外,大部分糖类都能被利用。每 1g 糖在人体内可产生 17.15kJ 的热量。

#### 1. 单糖

单糖是不能水解的多羟基醛、酮,如葡萄糖、果糖、半乳糖等。果实中存在大量的葡萄糖和果糖。

单糖在鲜果蔬中,在呼吸酶的催化下能参与呼吸作用,产生以下反应:



呼吸作用的结果不仅消耗了糖类,而且产生的热量还能促进果蔬的生理化学变化,并为微生物的生长繁殖创造了适宜的条件。针对果蔬的这种特点,可采用冷却贮藏或气调贮藏的方法控制它们的呼吸作用,延长它们的贮藏期。

#### 2. 二糖

一分子二糖水解后,可生成二分子单糖,如蔗糖、麦芽糖、乳糖等均属于二糖。

二糖都不能直接被人体吸收,只有水解后才能被人体吸收。微生物也不能直接使二糖发酵。二糖能形成结晶,其中以蔗糖最容易结晶,乳糖的结晶最硬。

各种单糖和二糖都具有一定程度的甜味,一般以葡萄糖的甜度为 1,则果糖甜度为 2.2,蔗糖为 1.45,乳糖为 0.5。

#### 3. 多糖

一分子多糖完全水解后,可生成多分子的单糖,如淀粉、纤维素和糖原等均为多糖。

淀粉在米、面、白薯和土豆中含量较多。纤维素存在于蔬菜、水果及谷类的外皮中,它不能被人体消化吸收,但有助于肠壁蠕动,帮助肠胃对食物的消化。糖原贮存在动物组织中,肝脏和肌肉中含量较多。动物肌肉中的肌糖原在自溶酶所促进的无氧分解的酵解作用下产生乳酸,使肉的 pH 降低,使肉由中性变成酸性。

## 三、脂 类

凡是可用低极性溶剂提取的任何生物材料称为脂类。

脂类分为两大类:真脂和类脂。真脂是各种高级脂肪酸的甘油酯即油脂。组成甘油酯的

高级脂肪酸的种类较复杂,这些高级脂肪酸多数含有偶数碳原子,并不带侧链,有饱和的和饱和的,其中最重要的有软脂酸 $[\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_{14}-\text{COOH}]$ 、硬脂酸 $[\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_{16}-\text{COOH}]$ 和油酸 $[\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_7-\text{CH}=\text{CH}-(\text{CH}_2)_7]$ 等。类脂包括磷脂、固醇脂、蜡等。

脂类是一般成分中变动最大的。根据化学分析,种类之间的变动在 0.2% ~ 64% 之间,含量最低的与含量最高的,实际差别达 320 倍之多。而且即使是同一种类,也因年龄大小、生理状态、营养条件等不同而含量有很大差异。

## 四、酶

酶是活细胞产生的一种特殊的具有催化作用的蛋白质,故称为生物催化剂,它脱离活细胞后仍然具有活性。酶促反应是食品腐败变质的重要原因之一。

### (一) 酶的性能

#### 1. 酶是生物催化剂

酶是由活细胞产生的以蛋白质为主要成分的生物催化剂,它能催化各种生物化学反应。

#### 2. 酶具有高度催化效率

酶的催化效率一般为无机催化剂的  $10^6 \sim 10^{13}$  倍。以过氧化氢分解为水和氧气为例,  $1\text{mol/L}$  过氧化氢酶在一定条件下可催化  $5 \times 10^6\text{mol}$  过氧化氢分解为水和氧,而在同样条件下,每  $1\text{g}$  离子铁只能催化水解  $6 \times 10^{-4}\text{mol}$ ,过氧化氢酶的催化效率为铁离子的  $10^{10}$  倍。

#### 3. 酶具有高度专一性

这是指酶对作用的底物有严格的选择性,就像一把钥匙开一把锁一样。某一种酶往往只对某一种物质起催化作用,这是酶最重要的特性,如酸类可以催化脂肪、淀粉或蛋白质的水解,但淀粉酶只能水解淀粉。

#### 4. 酶的化学本质是蛋白质

按照化学组成,可把酶分为两大类:一类仅由简单蛋白质组成,如蛋白酶;另一类由酶蛋白和辅助因子组成,辅助因子又分辅酶和辅基两种,它们是酶催化的必要条件。只有当酶蛋白和辅助因子同时存在时才起催化作用。

酶作用受到温度、pH、酶浓度、激活剂、抑制剂等因素的影响。

### (二) 影响酶活性的因素

酶是一种活性蛋白质。因此,一切对蛋白质活性有影响的因素都影响酶的活性。酶与底物作用的活性,受温度、pH、酶液浓度、底物浓度、酶的激活剂或抑制剂等许多因素的影响。

(1) 温度 酶的催化作用只有在一定温度下才能表现出来。酶的作用速度与温度的关系为:当酶蛋白没有因受热而变性时,温度每升高  $10^\circ\text{C}$ ,反应速度增加 1 倍左右。通常酶的作用速度随温度升高而加速,但温度升高到一定限度后,酶的活性就要钝化,直至完全失活。

(2) pH pH 可改变底物的带电状态,从而影响底物分子与酶的结合。各种酶的特异性表明,酶的活动中心只能结合带某种电荷的离子,包括正电、负电或两性电荷。酶分子具有两性电解质的性质,同时 pH 也改变了酶分子的带电状态,特别是改变了酶活力中心上有关基团的电离状态。当在某一 pH 时,酶分子的活动中心既存在一个带正电的基团,又存在一个带负电的基团,这时,酶与底物结合最容易;当 pH 偏高或偏低时,其活动中心只带有一种电荷,就会使酶与底物的结合能力降低。

(3) 酶的浓度和底物浓度 酶与底物浓度的关系,一般来说,当酶的浓度较小,底物浓度大大高于酶,则酶的浓度与反应速度成正比;当底物浓度一定时,酶的浓度继续增加到一定值

以后,其反应速度并不加快。

## 五、维生素

维生素是维持生物正常生命活动所必需的一类有机物质。生物体对维生素的需要量很少,但它们却起着极其重要的作用,如调解新陈代谢等。缺乏维生素会引起各种疾病。人体需要的维生素主要从动物性食品和植物性食品中摄取。

根据溶解度,维生素可分为两大类:脂溶性维生素和水溶性维生素。脂溶性维生素有维生素 A、维生素 D、维生素 E、维生素 K 各小类,它们不溶于水而溶于脂肪和脂肪溶剂(如苯、乙醚、氯仿等);水溶性维生素分维生素 B、维生素 C 各小类,有的小类或族中又包含几种维生素如维生素 B<sub>1</sub>、维生素 B<sub>2</sub>、维生素 B<sub>6</sub>、维生素 B<sub>12</sub> 等。

## 六、矿物质(无机盐)

各种食品中都含有少量矿物质,一般占其总质量的 0.3% ~ 1.5%。其数量虽少,但却是维持动植物正常生理机能所不可缺少的。

动物性食品根据身体各部分的不同所含无机盐成分差异大,如骨骼中的矿物质含量为 83%,它们主要是以钙和镁的磷酸盐及碳酸盐的形式存在;血清中矿物质主要以氯化钠(占总灰分的 60% ~ 70%)形式存在,红血球中含有铁;肝脏中含有碱金属与碱土金属的磷酸盐和氯化物,也含有铁;结缔组织中含有钙和镁的磷酸盐;肌肉中主要是钾的磷酸盐,其次是钠和镁的磷酸盐。

植物性食品的矿物质成分主要是钾、钠、钙、镁、铁等的磷酸盐、硫酸盐、硅酸盐与氧化物。植物贮藏养料的部分(种子、块茎、块根等)含钾、磷、镁较多,而支撑部分含钙较多,叶子则含镁较多。

矿物质和蛋白质共存,维持生物各组织的渗透压力,同时和蛋白质一起组成缓冲体系,维持酸碱平衡。

在食品中矿物质的存在,能使食品的汁液的冻结点比纯水冻结点低。

## 七、水

水是一切食品的主要组成成分之一,各种食品中的含水量是不同的,如水果的含水量为 73% ~ 90%,蔬菜含 65% ~ 96% 的水,鱼含 70% ~ 80% 的水,肉含 50% 的水。有的食品含水量较少,如乳粉含 3% ~ 4% 的水,食糖含 1.5% ~ 3% 的水。

食品中的水分是以自由水和胶体结合水两种形式存在。食品的汁液和细胞液中含有自由水,胶体结合水是构成胶粒周围水膜的水,胶体结合水的冻结点较自由水低。食品冻结后,在解冻过程中,自由水易被食品组织重新吸收,但胶体结合水则不能完全被组织吸收。

食品中的水分为微生物繁殖创造条件,所以为了达到降低食品水分以防止微生物的繁殖的目的,必须把食品中的水分去掉或冻结。

目前用水分活度( $A_w$ )对介质内能参与化学反应的水分进行估量,食品水分含量的质量百分数不能直接反映食品贮藏的安全条件,而水分活度能直接反映食品的贮藏条件。

水分活度是指食品中呈液体状态的水的蒸汽压与纯水的蒸汽压之比,即:

$$A_w = \frac{p}{p_0}$$

式中  $p$ ——食品中呈液体状态的水的蒸汽压;

$p_0$ ——纯水的蒸汽压。

食品中只有自由水才能溶解可溶性的成分(如糖分、盐、有机酸等)。呈溶液状态的水,其蒸汽压随着可溶性成分的增加而减少。所以食品中呈液体状态的水,其蒸汽压都小于纯水的蒸汽压。食品的水分活度都小于1。

不同的微生物在繁殖时所需要的水分活度范围是不同的。多数细菌最低的水分活度界限为0.86,酵母是0.78,霉菌为0.65。

许多生鲜食品的水分活度都在0.9以上,都在细菌繁殖的水分活度范围之内,所以生鲜食品是一种易腐性的食品。经过冻结的食品,水结成冰后,其水分活度降低,这也是抑制微生物繁殖的一个原因,所以冻藏是食品最常用的贮藏方法。

## 第二节 植物性食品的主要化学成分及原料特性

### 一、果蔬的化学组成

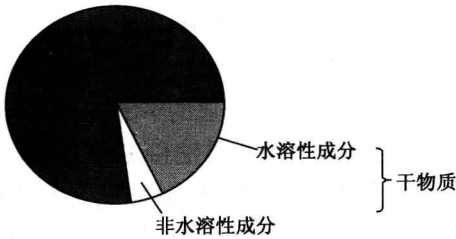


图 1-2 果蔬的成分构成比例

果蔬的种类繁多,化学成分十分复杂,其化学组成中既有相同的成分,又有千差万别的不同成分。果蔬采收以后果蔬内部的物质将发生很多的变化,由此而引起果蔬耐贮性和抗病性以及果蔬品质、营养价值的变化。

果蔬所含的物质成分可分为两部分:水分和干物质,如图 1-2 所示。果蔬中的可溶性成分如图 1-3 所示。

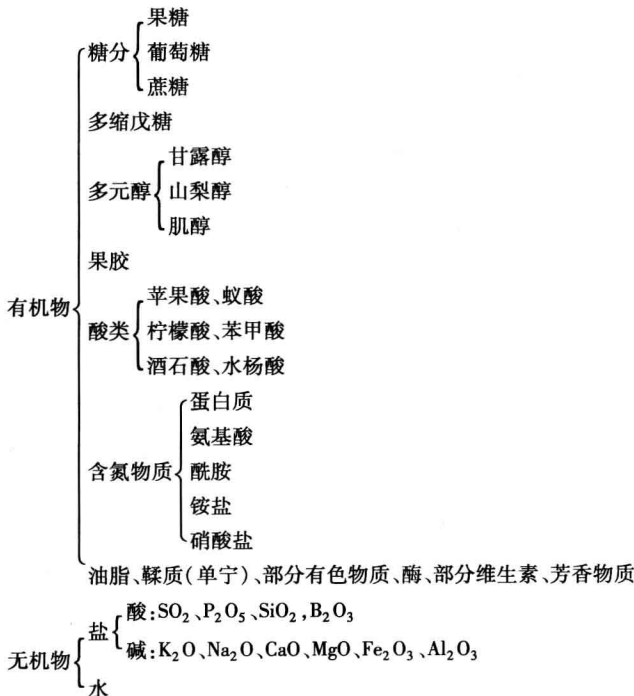


图 1-3 果蔬中的可溶性成分

## (一)水分

水分包括游离水和束缚水,游离水是自由水,在果蔬中占大部分。这种水分在贮藏中易蒸发,造成果蔬萎蔫,失去新鲜饱满状态,带来自然失重,影响经济效益。束缚水为胶体结合水,其与胶体结合在一起,不仅不会蒸发,就是人工排除也十分困难。果蔬采收后含水分很多,大部分果蔬含水量在90%以上。

水分是果蔬的主要成分,果蔬的一切生理和生物化学变化都以水为介质,水分是一切变化的“桥梁”。果蔬中水的含量依果蔬种类和品种而异,部分果实水分的含量见表1-1。

表1-1 不同果实的水分含量

种类	含量/%	种类	含量/%
草莓	90.50	柿子	80.21
杏	86.28	梨	80.10
李子	84.86	山楂	64.48
桃	83.44	鲜枣	55~75
苹果	82.32	板栗	8.46~26.31

水分是影响果蔬嫩度、鲜度和味道的重要成分,与果蔬的风味品质有密切关系。果蔬含水量大,会造成果蔬贮存性差、容易变质和腐烂的现象。果蔬采摘后,水分得不到补充,在贮存过程中容易因蒸腾失水而引起萎蔫、失重和失鲜。

## (二)干物质

果蔬中的干物质按在水中的溶解性质可分为两大类:

(1)水溶性成分 果蔬中大部分物质都溶解于水中,组成果蔬的汁液,这部分物质称为可溶性物质,如糖、有机酸、果胶、多元醇、多缩戊糖、单宁物质、酶、某些含氮物质、部分色素、部分维生素以及大部分无机盐类等。

(2)非水溶性成分 果蔬中还有一部分干物质不溶于水,组成了果蔬的固体部分,这部分物质称为不溶性物质,如纤维素、半纤维素、原果胶、淀粉、不溶于水的含氮物质、某些色素、脂肪、部分维生素、某些无机物质以及某些有机酸盐类等。表1-2是几种果实的可溶性与不溶性物质的含量。

表1-2 几种果实的可溶性与不溶性物质的含量

名称	可溶性物质含量/%	不溶性物质含量/%
苹果	15.53	3.03
梨	15.43	5.24
杏	11.50	2.65
桃	14.21	3.00
李	14.20	2.17
樱桃	15.19	2.08
草莓	7.60	1.90



干物质中的糖、淀粉、果胶、纤维素、半纤维素等组成碳水化合物的主要成分。

### 1. 碳水化合物

(1) 糖类 大多数果蔬都含有糖,糖是决定果蔬营养和风味的重要成分,是果蔬甜味的主要来源,也是果蔬重要的贮藏物质之一。果蔬中的糖主要包括果糖、葡萄糖、蔗糖和某些戊糖等可溶性糖,不同的果蔬含糖的种类不同。例如苹果、梨中主要以果糖为主,桃、樱桃、杏、番茄主要含葡萄糖,果糖次之;甜瓜、胡萝卜主要为蔗糖;西瓜为果糖。不同种类的果蔬含糖量差异很大,而且果蔬在成熟和衰老过程中含糖量和含糖种类也在不断地变化。一般果蔬的含糖量随着成熟而增加,但是块茎、块根等蔬菜与前者相反,成熟度越高含糖量越低。

在植物体内,当葡萄糖积存到一定量的时候即形成淀粉。多缩戊糖亦能由葡萄糖组成多糖所形成。单糖和双糖都具有甜味,是果蔬可溶性固形物中最主要的成分,也是衡量果实品质最重要的成分。

糖分是果蔬在贮藏期中呼吸作用的主要基质,经贮藏后由于糖分被呼吸所消耗,其甜味下降。据试验,甜橙贮藏5个月损失糖分10%~20%;脐橙贮藏4个月,减少糖分3.29%。如果采用适宜的贮藏方法可减少糖分的损耗。

仁果和浆果类中还原糖较多,核果类中蔗糖含量较高,坚果类中糖含量较少,蔬菜中(除甜菜之外)糖的含量较少。

在较高的pH或较高的温度下,蔗糖会生成羟甲基糠醛、焦糖等,还原糖易与氨基酸和蛋白质发生美拉德反应,生成黑色素,使果蔬制品发生褐变,影响产品质量。

(2) 淀粉 淀粉属于多糖类,是由无数的单糖分子组成。果实在未成熟时含淀粉较多,随着果实的成熟而减少,甚至充分成熟的果实中没有淀粉,如柑橘果实成熟后,果实中没有淀粉存在。未成熟的香蕉含淀粉量可达干物质质量的68%,但不含单糖和蔗糖。香蕉经采收后,用乙烯利催熟,淀粉由酶分解成葡萄糖和果糖,所以采收的香蕉要经催熟之后增加甜味。

淀粉呈白色粉末状,是由葡萄糖分子失水缩合而成的多糖,相对分子质量大,在常温下不溶于水,但当水温升至53℃以上时,淀粉的物理性能发生明显变化,其体积可增加40~60倍或更大,即高温溶胀,这一膨胀分裂形成均匀、具有黏度的胶体糊状溶液的过程称为淀粉糊化。

天然淀粉有两种,一种是直链结构,称为直链淀粉;另一种在结构上有分支,称为支链淀粉。后者比前者相对分子质量大。两者由于分子结构及相对分子质量不同,性质也有差异,如直链淀粉易溶于热水,形成不太黏稠的溶液,不能发酵制酒。豆类淀粉全是直链淀粉。支链淀粉在加热加压下才溶解于水,形成极黏稠的溶液。

蔬菜中薯类的淀粉含量最高(20%),水果除了香蕉基本不含。淀粉含量高的原料,加工成清汁类罐头或果蔬汁时会引起沉淀,甚至汁液变成糊状,这即淀粉的糊化。糊化的淀粉会进一步老化(凝沉),可利用淀粉酶将淀粉水解。

有些植物含两种淀粉,如玉米约含直链淀粉27%,马铃薯含直链淀粉23%,甘薯含直链淀粉20%;其余部分是支链淀粉。

(3) 果胶 果胶是由半乳糖醛酸连接起来的一种直链多糖,是构成果蔬细胞壁的主要成分,也是影响果实质地的重要因素。果实的软硬程度和脆度与原料中果胶的含量及存在形式密切相关,果胶溶液黏度较高。表1-3中显示的是部分果蔬的果胶含量。

表 1-3

部分果蔬的果胶含量

品种	马铃薯	橘子	胡萝卜	洋葱	青豌豆	西瓜
含量/%	0.7	0.7	0.4	0.3	0.3	0.3
品种	苹果	梨	樱桃	李	杏	桃
含量/%	1.1	0.8	0.5	0.6	0.7	0.6
品种	甜橙	柠檬	柿子	甜瓜	葡萄	草莓
含量/%	0.9	1.1	0.9	0.6	0.6	1.6

果胶在果蔬内有三种状态:

①原果胶:是一种非水溶性物质,存在于植物和未成熟的果实中与纤维素和半纤维素结合,亦称果胶纤维,使果实显得坚实脆硬,不溶于水,随着果实成熟,在酸、碱或酶的作用下易发生水解作用,生成果胶。

②果胶:存在于细胞液中,可溶于水,无粘结作用,因而形成松弛组织。果胶的降解受到果实成熟度和贮藏条件双重影响。当果实进一步成熟、衰老时果胶继续被果胶酸酶作用,分解为果胶酸和甲醇。

③果胶酸:无粘结能力,略溶于水,遇钙成为果胶酸钙而产生沉淀。

果实硬度的变化与果胶物质的变化密切相关。可用果实硬度计来测定苹果、梨等的果实硬度,借以判断成熟度,并作为果实贮藏效果的指标。

(4)纤维素和半纤维素 纤维素和半纤维素在植物界分布极广,数量甚多。纤维素在果蔬中存在更为普遍,是一种复杂的多糖化合物,由无数的葡萄糖分子缩合而成,是植物细胞壁的主要成分,对果蔬的形态起支持作用,不能被人体消化,但能促进肠的蠕动。

## 2. 有机酸

果蔬中有多种有机酸,其中主要有柠檬酸、苹果酸和酒石酸,由于在果实中含量最多,亦常统称为果酸。在某些果实和浆果中还含有微量的琥珀酸、草酸、苯甲酸和甲酸等。

果蔬原料及果蔬加工中主要使用有机酸,其中酒石酸的酸性最强。酸感的产生与酸的种类和浓度有关,还与体系的温度、缓冲效应和其他物质的含量有关。体系缓冲效应增大,可增大酸的柔和性。通常果实发育完成后有机酸的含量最高,随着成熟和衰老,由于有机酸参与果蔬呼吸,作为呼吸的基质而被消耗掉,其含量呈下降趋势。在贮藏中果实的有机酸下降的速度比糖快,而且温度越高有机酸的消耗也越多,造成糖酸比逐渐增加。果蔬中有机酸的含量以及有机酸在贮藏过程中的变化快慢,通常作为判断果蔬成熟和贮藏环境是否适宜的一个指标。

## 3. 含氮物质

果蔬中含氮物质主要有蛋白质、氨基酸、酰胺、氨的化合物及硝酸盐等。果实中含氮物质一般比较少,在0.2%~1.5%之间。蔬菜中的含氮物质相对水果丰富,一般含量在0.6%~9%。

果蔬中的蛋白质虽不是人体所需蛋白质的主要来源,但从营养角度,其具有提高谷物中的蛋白质在人体中吸收率的作用;从加工角度,其与加工工艺的选择和确定密切相关。

## 4. 单宁(鞣质)

单宁属酚类化合物,能产生褐变及与金属离子产生褐变的物质,其结构单体主要是邻苯二酚、邻苯三酚及间苯三酚。单宁具有苦涩味和收敛性口味,与果蔬及其制品的风味和色泽的变化关系密切。单宁物质可分为水解型和缩合型两类。



水解型单宁(没食子酸类单宁)在热、酸、碱或酶的作用下,易水解为单体。缩合型单宁(儿茶酚类单宁)在酸或酶的作用下,不是分解为单体,而是进一步缩合为高分子的无定形物质称红粉或称根皮鞣红。在葡萄、苹果、梨、李、杏、柿、香蕉等果实中,均存在有儿茶酚类单宁。

单宁作为多酚氧化酶的底物而发生酶促褐变使产品变红,常见于苹果、香蕉、梨、桃、草莓等;而菠萝、橘、橙、番茄、南瓜等缺乏该酶。在较低 pH(尤其  $\text{pH} < 2.5$ )下,单宁能自身氧化缩合生成红粉,桃、梨、杏、香蕉等果实在加工去皮后容易褐变,这是由于氧化酶和过氧化酶的作用,促进了氧化所产生的酶褐变,以及单宁受氧化作用,形成了根皮鞣红的结果。单宁与蛋白质作用产生絮凝可用于果汁澄清。

涩味含量过高会产生很不舒服的收敛性涩感,涩柿子由于含有单宁,吃入口中,单宁刺激味觉细胞,让人感到涩味难食。若经过催酶作用和缺氧催熟后,由于呼吸的中间产物乙醛与单宁结合,使之凝固成为不溶性的树脂状物质,因而不再感觉到涩味,这称为柿子的脱涩。适度的单宁含量可以给产品带来清凉的感觉,也可强化酸味的作用。

### 5. 色素物质

果蔬呈现各种颜色是由于各种色素的存在。色素有很多种,有时单独存在,有时同时存在或显现或被遮盖。各种色素随着果蔬成熟期的不同及环境条件的改变而有各种变化。色素物质可以决定果实的成熟度。果蔬的色泽影响产品的外观质量,在加工过程中要尽量防止变色,保持原有的天然色泽。

果蔬中的色素物质种类繁多,可以分为脂溶性色素和水溶性色素两大类,其中脂溶性色素如叶绿素、类胡萝卜素(胡萝卜素、叶黄素、番茄红素),水溶性色素如类黄酮色素(花青素、花黄素)。

果蔬中的色素按呈现的颜色分类如下:

(1)叶绿素 蔬菜的绿色是由于叶绿素的存在,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。在贮藏加工过程中,色素物质常发生不同的变化。采摘后的绿色果蔬经贮藏后熟表现其应有色彩,就是由于叶绿素被分解,促进类胡萝卜素或花青素等物质的显现所致。

叶绿素是一种不稳定的物质,不溶于水,不耐光不耐热。在酸性反应中其分子中的镁(Mg)易于为氢(H)所取代,形成植物黑质,即由绿色变为褐色。在碱性介质中,叶绿素加水分解生成叶绿素甲醇及叶醇,前者仍为绿色,如进一步与碱反应形成钠盐,则更为稳定,绿色保持得更好。叶绿素的这些特性会影响加工色泽。如蔬菜在腌渍时由于乳酸的产生会变色,必须进行一定的处理。酱菜加工厂在酱黄瓜腌制前先将其泡入硬水中( $\text{pH} 7.8 \sim 8.8$ )或用石灰水泡,能使酱瓜保持绿色。采用高温短时处理和避光保存可以护色。热烫驱除了组织中的空气,更易显色,同时避免了叶绿素的氧化,有利于绿色的保护。叶绿素分子中的镁可被铜、锌所取代而显示出稳定的绿色。

(2)类胡萝卜素和酮基类色素 类胡萝卜素和酮基类色素一般比较稳定,所受的影响较少,颜色不易变化。胡萝卜素在碱性介质中比在酸性介质中稳定。

(3)花青素 红色和蓝色色素通常以花青素的形态存在于果、花或其他器官中,除少数例外,(如甜菜),均系苯并吡喃的衍生物。花青素及苷都是有色物质,可溶于水,表现紫、蓝、红等色。是果蔬呈红紫色的主要色素,在水洗、预热等加工中容易流失。

花青素遇金属(铁、铜、锡)易变色,花青苷还可以促进马口铁皮的腐蚀,但遇铅、银不变色,所以加工时不能用铁、铜、锡制的器具。花青素与叶绿素和胡萝卜素同时存在于叶中,而与