



全国高等院校物流专业 “十二五” 精品规划系列教材

# 食品保鲜技术

## (第2版)

刘北林 曲志华◎主编

中国物资出版社

全国高等院校物流专业“十二五”精品规划系列教材

# 食品保鲜技术

(第2版)

主 编 刘北林 曲志华

副主编 白云龙

中国物资出版社

**图书在版编目 (CIP) 数据**

食品保鲜技术/刘北林, 曲志华主编. —2 版. —北京: 中国物资出版社, 2012. 8  
(全国高等院校物流专业“十二五”精品规划系列教材)  
ISBN 978-7-5047-4387-9

I. ①食… II. ①刘…②曲… III. ①食品保鲜—高等学校—教材 IV. ①TS205

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 168865 号

策划编辑 王宏琴  
责任编辑 赵 静

责任印制 方朋远  
责任校对 孙会香 杨小静

---

|      |   |                          |
|------|---|--------------------------|
| 出版发行 | 中国物资出版社   |                          |
| 社 址  | 北京市丰台区南四环西路 188 号 5 区 20 楼                          | 邮政编码 100070              |
| 电 话  | 010-52227568 (发行部)                                  | 010-52227588 转 307 (总编室) |
|      | 010-68589540 (读者服务部)                                | 010-52227588 转 305 (质检部) |
| 网 址  | <a href="http://www.clph.cn">http://www.clph.cn</a> |                          |
| 经 销  | 新华书店  |                          |
| 印 刷  | 三河市西华印务有限公司   |                          |
| 书 号  | ISBN 978-7-5047-4387-9/TS·0062                      |                          |
| 开 本  | 787mm×1092mm 1/16                                   |                          |
| 印 张  | 15.25   | 版 次 2012 年 8 月第 2 版      |
| 字 数  | 400 千字  | 印 次 2012 年 8 月第 1 次印刷    |
| 印 数  | 0001—3000 册   | 定 价 30.00 元              |

---

**版权所有·侵权必究·印装差错·负责调换**

# 前 言

随着市场经济的发展、人们消费水平的提高和生活节奏的加快，人们对各种新鲜食品、调理食品、速冻食品、方便食品等有了更高的要求，各种新产品也就应运而生，发展迅猛。但由于缺乏科学技术知识，致使易腐食品腐烂变质的情况非常严重，既造成了食品资源的极大浪费，又引起了巨大的经济损失，并对物价的稳定不利。此外，由于易腐食品新品名的不断出现以及冷藏运输工具的发展，科学合理确定适宜的储运条件也越来越紧迫。因此，亟须有关易腐食品保鲜、储运技术方面的工具书作为参考指导。

本书重点阐述了食品保鲜的基本理论、技术方法和该领域国内外的最新研究进展，介绍了主要动、植物原料及其加工食品储藏保鲜的实用技术，力求体现食品科学发展的特点。内容包括：易腐食品的质量变化；食品化学保鲜技术；气调、食品冻干保鲜技术等。同时，介绍了食品冷藏链的有关内容。本书图文并茂，简明易懂，理论与实践相结合，既可作为高等院校食品质量与安全、食品科学与工程、农产品储藏加工和生物工程等专业的教材，也可作为有关科研人员和食品储藏保鲜行业从业人员的参考用书。

本书由刘北林、曲志华任主编，白云龙任副主编，第一章由白云龙编写，第二章至第七章由曲志华编写。刘忠刚、詹帅、徐辉、徐娜、张静参与了本书前期的资料收集与整理。

由于水平所限，时间仓促，书中错漏之处敬希广大读者指正。

编 者  
2012年4月

## 目 录

|                            |       |
|----------------------------|-------|
| <b>第一章 易腐食品的质量变化</b> ..... | (1)   |
| 第一节 食品的化学成分 .....          | (1)   |
| 第二节 影响食品在流通中质量变化的因素 .....  | (19)  |
| 第三节 食品储存中的质量变化 .....       | (22)  |
| <b>第二章 食品化学保鲜技术</b> .....  | (27)  |
| 第一节 概 述 .....              | (27)  |
| 第二节 食品防腐剂 .....            | (28)  |
| 第三节 食品杀菌剂 .....            | (34)  |
| 第四节 食品抗氧化剂与脱氧剂 .....       | (37)  |
| <b>第三章 食品冷冻保鲜技术</b> .....  | (42)  |
| 第一节 低温储藏食品的基本原理 .....      | (42)  |
| 第二节 食品的冷却 .....            | (50)  |
| 第三节 食品的冻结 .....            | (57)  |
| 第四节 食品的冻藏 .....            | (64)  |
| 第五节 果蔬食品的冷藏条件 .....        | (68)  |
| 第六节 畜肉的冷冻保鲜 .....          | (80)  |
| 第七节 食品的速冻 .....            | (90)  |
| <b>第四章 气调保鲜技术</b> .....    | (106) |
| 第一节 概 述 .....              | (106) |
| 第二节 食品气调保鲜方法 .....         | (110) |
| 第三节 CA 冷藏库 .....           | (113) |
| 第四节 气调储藏果蔬的条件和管理 .....     | (117) |
| <b>第五章 食品冻干保鲜技术</b> .....  | (123) |
| 第一节 概 述 .....              | (123) |
| 第二节 冻干食品生产的基本原理和生产设备 ..... | (124) |
| 第三节 食品冷冻干燥的工艺流程 .....      | (130) |
| 第四节 冻干食品的品质 .....          | (140) |
| <b>第六章 食品的其他保鲜技术</b> ..... | (149) |
| 第一节 高压杀菌 .....             | (149) |

|             |                 |              |
|-------------|-----------------|--------------|
| 第二节         | 超声波杀菌           | (153)        |
| 第三节         | 放电杀菌            | (155)        |
| 第四节         | 辐照保鲜            | (156)        |
| 第五节         | 植物激素和植物生长调节剂保鲜法 | (159)        |
| 第六节         | 减压保鲜            | (160)        |
| 第七节         | 臭氧保鲜技术          | (162)        |
| 第八节         | 涂膜处理保鲜技术        | (164)        |
| <b>第七章</b>  | <b>食品冷藏链</b>    | <b>(166)</b> |
| 第一节         | 我国食品冷藏链的概况      | (166)        |
| 第二节         | 食品冷藏链的组成及相关设备   | (168)        |
| 第三节         | 食品冷藏运输设备        | (171)        |
| 第四节         | 食品冷冻销售设备        | (179)        |
| 第五节         | 冷库              | (181)        |
| <b>参考文献</b> |                 | <b>(237)</b> |

# 第一章 易腐食品的质量变化

易腐食品品种多、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、乳和动物脂肪等；植物性食品包括水果和蔬菜等。

## 第一节 食品的化学成分

食品的化学成分是极其复杂的，除水分、挥发性成分外，还包括固形物。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。在加工和储藏过程中，食品的化学成分会发生变化，以致于影响其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。

### 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。每克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，有游离的氨基和羧基，属于两性化合物。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；而当溶液到达某一 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 叫做蛋白质的等电点。

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。食品加工和储藏中都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℃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。

蛋白质变性是指当天然蛋白质受到物理或化学因素的影响时，使蛋白质分子内部的一、二、三、四级结构发生异常变化，从而导致生物功能丧失或物理化学性质改变的现象。

常见的引起蛋白质变性的物理因素有热作用、高压、剧烈震荡、辐射等，化学因素有酸、碱、重金属离子、高浓度盐、有机溶剂等。

### (1) 变性对蛋白质功能性质的影响

- ①失去生物活性。如酶、免疫球蛋白等。
- ②理化性质改变。不能结晶、溶解度降低、特性黏度增大、旋光值改变等。
- ③生物化学性质改变。营养功能、血红蛋白持氧能力变化。
- ④构象发生改变。

### (2) 热变性对蛋白质营养价值的影响

①热变性虽然会导致蛋白质生物活性的丧失，但经热变性后的蛋白质更易于消化吸收。

②热烫或蒸煮可以使对食品保藏不利的酶失活，如脂酶、脂肪氧化酶、多酚氧化酶，从而可以防止食品在储藏过程中发生变色、风味变差、维生素损失等现象。

③热变性可使一些具有毒性的蛋白质和抗营养因子失活，如肉毒杆菌毒素在 100℃失活，而金黄色葡萄球菌毒素在 100℃仍然不失活等。

### (3) 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，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→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，而且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。小麦中的麦胶蛋白即属于半完全蛋白质。

### 3. 不完全蛋白质

这种蛋白质所含人体必需的氨基酸的种类不全，用作唯一的蛋白质来源时，既不能促进生长发育，也不能维持生命。玉米中的胶蛋白等即属于不完全蛋白质。

## 二、糖类

### (一) 糖类的组成

碳水化合物是由碳、氢、氧 3 种元素组成，其中氢原子与氧原子之比为 2:1，这个比数与水相同，因此，叫做碳水化合物。低分子量的碳水化合物有甜味，因此，碳水化合物又称糖类。

### (二) 糖类的分类

碳水化合物分为单糖、双糖、低聚糖、多糖 4 类。

#### 1. 单糖

单糖是最简单的碳水化合物。按照碳原子数目的多少，依次称为丙、丁、戊、己、庚糖。其中，丙糖和丁糖以中间代谢物的形式存在，自然界存在最多的是戊糖和己糖。单糖具有醛基或酮基，有醛基的称为醛糖，有酮基的称为酮糖。

##### (1) 己糖

常见的己糖有：

- ①葡萄糖。葡萄糖是一种醛糖，人体空腹时唯一游离存在的六碳糖。
- ②果糖。果糖分子式与葡萄糖一样，但是一种酮糖。
- ③半乳糖。半乳糖是乳糖的成分之一。
- ④甘露糖。甘露糖是一种醛糖。

己糖还有天然存在或人工加工的衍生物：

- ①山梨醇。山梨酸由葡萄糖氢化而成。
- ②甘露醇。甘露醇由甘露糖氢化而成。
- ③卫矛醇。卫矛醇由半乳糖氢化而成。
- ④肌醇。肌醇天然存在于食物中。

##### (2) 戊糖

D-核糖和 D-2-脱氧核糖作为核酸的基本组成部分，它在所有动植物细胞中含有，因为人体可以合成，故它们不是必需营养物质。人类食物中可能存在的戊糖是阿拉伯糖和木糖。

## 2. 双糖

两分子单糖组成的碳水化合物称为双糖。营养学上有意义的双糖有3种：

- ①蔗糖。蔗糖是一分子葡萄糖和果糖的结合物，是应用最广泛的糖。
- ②乳糖。乳糖是一分子葡萄糖和半乳糖的结合物，是哺乳类动物乳中主要糖。
- ③麦芽糖。麦芽糖两分子葡萄糖的结合物，麦芽糖也是淀粉的基本单位。

## 3. 低聚糖

每分子水解成3~8个分子单糖的碳水化合物称为低聚糖。低聚糖水解后所有糖分子都为葡萄糖的称为麦芽低聚糖；另一类水解时产生不止一种单糖的称为杂低聚糖。

## 4. 多糖

多糖是很多的同种单糖或异种单糖以直链或支链形式缩合而成的。多糖按能否被人体利用而分为以下两类。

### (1) 可利用多糖

①淀粉。淀粉是食物中绝大部分碳水化合物，淀粉在体内最终水解为葡萄糖。淀粉按照葡萄糖分子结合方式的不同，又分为葡萄糖分子联结组成的直链多糖，称为直链淀粉，在碘试剂作用下呈蓝色反应；具有许多侧链的葡萄糖聚合物称为支链淀粉，在碘试剂作用下呈棕紫色反应。粮谷豆类所含淀粉中，支链淀粉占大部分。

②糊精。糊精也是淀粉水解的产物，由5个或5个以上葡萄糖分子组成。

③糖原。糖原存在于动物体内，实为动物淀粉。每3000~60000个葡萄糖分子构成糖原，并带有侧链，每个侧链含12~18个葡萄糖分子。糖原在酶的作用下分解为葡萄糖。

### (2) 不可利用多糖

葡萄糖分子以 $\beta$ -糖苷键联结，在机体不能消化吸收，这类物质通常称为膳食纤维，但膳食纤维中有的如木质素不属于糖类。

膳食纤维包括以下几类。

①纤维素。纤维素的化学结构与淀粉相似，是葡萄糖以 $\beta$ -1,4糖苷键联结而成的直链聚合物。分子量约为 $6 \times 10^5$ ，具有亲水的特性。

②半纤维素类。半纤维素的其中一类为碱性，如戊聚糖类、木聚糖类、阿拉伯木糖类、半乳聚糖类；另一类为酸性，包括半乳糖醛酸、葡萄糖醛酸。半纤维素的某些成分是可溶的，它们还具有与离子结合的作用。

③果胶。果胶是一种无定形物质，主要由半乳糖醛酸、半乳糖和阿拉伯糖组成，存在于水果、蔬菜的软组织中，可在热溶液中溶解。在有糖存在及温热的微酸性稀溶液中可以变成果冻，这种特性有利于制造果子酱。果胶也具有与离子结合的性质。

④树胶。树胶的结构依植物来源不同而异，如瓜耳胶和刺槐豆胶等。主要成分是葡萄糖醛酸、半乳糖、阿拉伯糖及甘露糖，树胶能溶于水。

⑤木质素。不是多糖物质，而是苯基类丙烷的聚合物，具有复杂的三维结构。木质素不是人类的食物成分，主要存在于种子外壳和坚硬的木质组织中。

⑥抗性淀粉。包括改性淀粉和经过加热后又经冷却的淀粉，抗性淀粉在小肠内不被吸收。

单糖、双糖、低聚糖和糊精都溶于水，淀粉不溶于水，加热后可吸水膨胀变成糊状。低分子糖具有甜味。一些糖和糖醇的甜度如表1-1所示。

表 1-1

糖的甜度

| 种类  | 甜度  | 种类   | 甜度  |
|-----|-----|------|-----|
| 果糖  | 1.7 | 甘露醇  | 0.7 |
| 蔗糖  | 1.0 | 山梨醇  | 0.5 |
| 葡萄糖 | 0.7 | 异麦芽糖 | 0.6 |
| 半乳糖 | 0.3 | 木糖醇  | 1.0 |

### (三) 糖类在储藏过程中的变化

糖类在储藏过程中的变化主要是淀粉的老化。老化的淀粉食味及消化性能显著变劣。淀粉老化是常温保存时必然存在的现象。

#### 1. 淀粉老化的原理

糖类中的淀粉的分子彼此排列得非常紧密，它们之间的羟基通过氢键形成致密的疏水性微胶粒构造。所描述的状态就是 $\beta$ -淀粉。 $\beta$ -淀粉难于消化，同时碘的吸附性也较差。

淀粉粒与水共热，导致淀粉分子之间的氢键受破坏，当温度达 $60\% \sim 70\%$ 时便成糊状。这种状态的淀粉称为 $\alpha$ -淀粉。 $\alpha$ -淀粉使原来的微胶粒结构消失，酶容易发生作用，也容易消化，遇碘便呈蓝色反应。

在温度较高的情况下， $\alpha$ -淀粉一般是稳定的。但当温度接近或低于 $30^{\circ}\text{C}$ 时，淀粉分子间的氢键就会恢复稳定的状态，淀粉分子彼此又通过氢键结合，分子又按次序紧密排列起来，原来所含水分逐渐被排挤出来而减少， $\alpha$ -淀粉又部分地恢复 $\beta$ -淀粉的状态，就是淀粉的老化的原理。

#### 2. 影响淀粉老化的因素

在储藏保存淀粉时，淀粉含水量为 $30\% \sim 60\%$ 时较容易老化，含水量小于 $10\%$ 或在大量水中则不容易老化。

淀粉老化作用的最适宜温度为 $2^{\circ}\text{C} \sim 4^{\circ}\text{C}$ ，假设保存环境的温度大于 $60^{\circ}\text{C}$ 或小于 $-20^{\circ}\text{C}$ 淀粉一般不会老化。

淀粉在偏酸或偏碱的条件下保存不易老化。脱水干燥是淀粉食品防止老化的最普通的方法。淀粉在保存中防止吸湿返潮。可将糊化后的 $\alpha$ -淀粉，在 $80^{\circ}\text{C}$ 以下的高温迅速除去水分或冷至 $0^{\circ}\text{C}$ 以下迅速脱水。在这样的情况下淀粉分子不能移动和相互靠近，就成为了固定的 $\alpha$ -淀粉，因无胶束结构，水易于浸入而将淀粉分子包蔽，不需加热，也易糊化。在实际的操作中，将淀粉加工成变性淀粉可以防止淀粉老化，部分地导入亲水基，其老化性可显著降低。

此外，在淀粉中加入蔗糖、饴糖等糖类，这些糖的羟基会和淀粉分子的羟基形成氢键，也对推迟老化有明显的效果。

## 三、脂类

### (一) 脂类的组成

脂类包括脂肪和类脂。人类脂类总量约占体重的 $10\% \sim 20\%$ ，肥胖者可占 $30\% \sim 60\%$ 。

## (二) 脂类的分类

### 1. 脂肪

脂肪又称三酰甘油(甘油三酯),由甘油和三分子脂肪酸所组成。脂肪约占体内总脂量的95%左右,也是体内燃料的重要储存库。

脂肪的主要功能:一是氧化供能,每克脂肪氧化后可产生37.65kJ的热能。二是脂肪能促进脂溶性维生素的吸收,防止散热,支持和保护脏器。

植物性脂肪碳链较短,不饱和脂肪酸比例高,多以不饱和脂肪酸为主,因此,熔点较低,常温下为液态。但是,椰子油和棕榈油除外,主要是饱和脂肪酸。动物脂肪碳链较长,饱和脂肪酸比例高,常温下为固态,但鱼油除外。

### 2. 类脂

类脂主要有:磷脂(包括卵磷脂、脑磷脂以及肌醇磷脂)、糖脂(包括脑苷脂类及神经节苷脂)、脂蛋白(乳糜微粒、极低密度脂蛋白、低密度脂蛋白以及高密度脂蛋白)和固醇类(包括胆固醇、麦角甾醇、皮质甾醇、胆酸、维生素D、雄激素、雌激素及孕激素等)。

#### (1) 磷脂

磷脂是除三酰甘油外体内最多的脂类,主要形式有卵磷脂、甘油磷脂、神经鞘磷脂等。

磷脂对脂肪的吸收、运转和储存起主要作用,因为磷脂具有极性和非极性两重特性,因此,可以促进脂类或脂溶性维生素、激素等通过细胞膜。甘油磷脂参与细胞膜的构成,并与脂肪的运转有关。

#### (2) 糖脂

糖脂是糖和脂质结合所形成的物质的总称。在生物体分布甚广,但含量较少,仅占脂质总量的一小部分。糖脂的种类繁多,其中研究得较为深入的是糖鞘脂。糖脂在脑髓和神经组织中含量丰富,与神经兴奋传导中受体作用也有关。

#### (3) 脂蛋白

脂蛋白是脂质与蛋白质结合在一起形成的脂质-蛋白质复合物。脂蛋白中脂质与蛋白质之间没有共价键结合,多数是通过脂质的非极性部分与蛋白质组分之间以疏水性相互作用而结合在一起。通常用溶解特性、离心沉降行为和化学组成来鉴定脂蛋白的特性。可溶性脂蛋白、造血浆脂蛋白在动物体内脂质的运输方面起重要作用,脂蛋白中的脂质还能与细胞膜的组分相互交换,参与细胞脂质代谢的调节。此外,血浆脂蛋白与动脉粥样硬化型心血管疾病之间有密切关系,低脂蛋白血和高脂蛋白血也都是血浆脂蛋白异常的疾病。不溶性脂蛋白是各种生物膜(如细胞膜、细胞器膜)的主要组成成分。

#### (4) 固醇类

胆固醇是体内合成类固醇激素、胆汁酸及维生素D的主要原料。胆固醇主要在肝脏和小肠内合成,合成的数量取决于食物中的含量和人体需要量。

固醇分为动物性固醇和植物性固醇。动物性固醇主要是胆固醇及其与脂肪酸结合的胆固醇酯类。植物性固醇是豆固醇和 $\beta$ -谷固醇等。这类固醇主要存在于谷类与豆类中,麦角固醇多存在于酵母与真菌类植物中。

#### (5) 蜡

蜡通常在狭义上是指一价或二价的脂醇和熔点较高的油状物质;广义上通常是指具有某些类似性状的油脂等物质。能溶可燃,不溶于水,无气味,是一种白色或无色的透明固

态物。

蜡在结构上不同于脂肪，也不同于石蜡和人工合成的聚醚蜡。故亦称为酯蜡。蜡是不溶于水的固体，温度稍高时变软，温度下降时变硬。其生物功能是作为生物体对外界环境的保护层，存在于皮肤、毛皮、羽毛、植物叶片、果实以及许多昆虫的外骨骼的表面。

高分子一元醇的长链脂肪酸酯称为真蜡，如蜂蜡的主要组分是长链一元醇（ $C_{26} \sim C_{36}$ ）的棕榈酸酯，羊毛蜡是很复杂的混合物，含有酯蜡、醇和脂肪酸。纯化后称为羊毛脂，是羊毛固醇的脂肪酸酯。

蜡的凝固点都比较高，在  $38^{\circ}\text{C} \sim 90^{\circ}\text{C}$ 。碘值较低，说明不饱和度低于中性脂肪。

### （三）影响油脂安全储藏的因素

油脂能否安全储藏，与环境条件密切相关。环境条件适宜，油脂可以较长期地安全储藏；环境条件不适宜，油脂就容易氧化分解、酸败变质，不能安全储藏。通常影响油脂安全储藏的因素有：

#### 1. 水分

油脂是疏水物质，含水量很少。用干燥油料压榨取得的油脂，其含水量甚少。但在目前油脂工业的生产条件下，由于原料水分偏大，设备不完善或操作技术不良等原因，往往会使生产的油脂含水量过多。此外，油脂在运输和储藏过程中，被雨水侵入，也会使油脂水分增高。油脂水分增加，不仅会使油脂水解作用加强，游离脂肪酸增多，而且会增加酶的活性，有利于微生物生长繁育。因此，油脂中水分含量过多，就容易促使油脂水解酸败。一般认为，油脂含水量超过 0.2%，水解作用就会加强，游离脂肪酸也会增多。含水量越高，水解速度就越快，油脂就会迅速酸败变质，失去食用价值。由此可见，油脂中的水分含量是油脂安全储藏的重要条件，也是引起油脂酸败变质的重要因素。

#### 2. 杂质

油脂中，特别是未精炼的毛油中，常含有各种杂质，如磷脂、蛋白质、蜡、饼末、种皮以及其他不溶于油的油脚固体物等。这些杂质都是亲水物质，可以吸收水分，有利于微生物的生长繁殖，能加速油脂的酸败，对油脂安全储藏十分不利。通常油脂中杂质含量超过 0.2% 时，就容易引起油脂分解酸败，杂质含量越多，油脂水解酸败速度就越快，也就越容易促使油脂酸败变质，失去食用价值。因此，杂质多的油脂不耐储藏。一般情况下，未精炼的油脂含有大量磷脂，在储藏过程中磷脂能分解出磷脂酸，使油脂质量降低，引起水解变质；黏蛋白会使油脂混浊，颜色变暗，而且有利于微生物繁殖，导致油脂酸败；大豆油、米糠油中都含有蜡质，其含量虽然很少，却能促使油脂混浊，降低质量；饼末、油脚、种皮等物质，有利于微生物繁育，也会加速油脂的酸败。长期储藏的油脂，混有上述各种杂质且其含量超过 0.2% 时，必须设法除去，使其含量降至 0.2% 以下，才能保持油脂的储藏稳定性，确保安全储藏。

#### 3. 空气

空气中的氧是引起油脂氧化变质（自动氧化）的主要因素。油脂接触空气，其中不饱和脂肪酸会被空气中的氧气氧化，使过氧化值与游离脂肪酸增加，并继续分解成低级的短碳链的醛、酮类物质，从而使其产生一种特殊的刺激气味，失去食用价值。油脂氧化变质的速度与接触空气表面积的大小、时间的长短以及油脂的组成成分有密切关系。通常油脂接触空气的表面积大、时间长，就容易氧化酸败；反之，装入密闭容器或储存在惰性气体中的油脂，则能提高储藏稳定性，一般不易氧化酸败。

#### 4. 温度

油脂温度升高,可以加速其氧化反应,增强脂肪酶的活性,促进微生物生长繁育,并分泌蛋白酶、解脂酶,使油脂中不饱和脂肪酸加速氧化分解、酸败变质。温度越高,高温时间越长,油脂酸败变质就越快(在60℃~100℃范围内,一般每升高10℃,油脂酸败速度约可增加一倍),而降低温度则能中止或延缓油脂的酸败过程,提高储藏稳定性,确保安全储藏。

#### 5. 日光

日光中的紫外线,具有较高的能量,有利于氧的活化,能促使油脂氧化酸败变质。油脂暴露于日光中时,在紫外线的照射下,常能形成少量臭氧。当油脂中不饱和脂肪与臭氧作用时,在其双键处能形成臭氧化物。臭氧化物在水分影响下,会进一步分解成醛、酮类物质而使油脂产生哈喇味,失去食用价值。与此同时,在日光照射下,油脂中所含的维生素E受到破坏,抗氧化的功能减弱,因此,也会加快油脂氧化酸败的速率。

### 四、酶

酶(enzyme),早期是指in yeast在酵母中的意思,指由生物体内活细胞产生的一种生物催化剂。大多数由蛋白质组成(少数为RNA)。能在机体中十分温和的条件下,高效率地催化各种生物化学反应,促进生物体的新陈代谢。生命活动中的消化、吸收、呼吸、运动和生殖都是酶促反应过程。酶是细胞赖以生存的基础。细胞新陈代谢包括的所有化学反应几乎都是在酶的催化下进行的。

酶是一种生物催化剂。生物体内含有千百种酶,它们支配着生物的新陈代谢、营养和能量转换等许多催化过程,与生命过程关系密切的反应大多是酶催化反应。

#### (一) 酶的重要性

生物体由细胞构成,每个细胞由于酶的存在才表现出种种生命活动,体内的新陈代谢才能进行。酶是人体内新陈代谢的催化剂,只有酶存在,人体内才能进行各项生化反应。人体内酶越多,越完整,其生命就越健康。当人体内没有了活性酶,生命也就结束。人类的疾病,大多数均与酶缺乏或合成障碍有关。

#### (二) 酶的创新性

现代科学研究在酶添加壳聚糖的基础上,开发了一代有创新性的产品——加酵素壳聚糖健康食品,它的基本原理是将复合酵素与壳聚糖结合起来,发挥它们的协同作用。复合酵素是由多种酵素组成,它们是从天然的动物、植物和微生物中经过高新技术分离、提取和纯化而成,是一种营养和保健兼用的纯天然食品。本研究在于研制出高脱乙酰度的壳聚糖与高纯度的木瓜蛋白酶、菠萝蛋白酶、溶菌酵素、超氧化物歧化酵素(SOD)、淀粉酵素和脂肪酵素等酵素群相结合。壳聚糖与细胞的亲和力强,可以作为载体,将对人体有治疗或保健作用的成分传递到细胞;壳聚糖能保护酵素的稳定性。能降解壳聚糖的酵素可降解壳聚糖以增加具有抗癌活性的6个氨基葡萄糖元的寡糖的比例。该产品还含有对某些酵素有活化作用的成分,从而增强酵素的功能效果。该产品还含有硒蛋白(它是谷胱甘肽过氧化物酵素的金属核心)和葡萄糖酸锌,以及其他微量元素,均有很好的保健功能。

### (三) 酶的特性

#### 1. 高效性

酶的催化效率比无机催化剂更高, 使得反应速率更快。

#### 2. 专一性

一种酶只能催化一种或一类底物, 如蛋白酶只能催化蛋白质水解成多肽。

#### 3. 多样性

酶的种类很多, 大约有 4000 多种。

#### 4. 温和性

酶所催化的化学反应一般是在较温和的条件下进行的。

#### 5. 活性可调节性

包括抑制剂和激活剂调节、反馈抑制调节、共价修饰调节和变构调节等。

#### 6. 辅因子性

有些酶的催化性与辅因子有关。

#### 7. 易变性

由于大多数酶是蛋白质, 因此, 会被高温、强酸、强碱等破坏。

一般来说, 动物体内的酶最适温度为  $35^{\circ}\text{C}\sim 40^{\circ}\text{C}$ , 植物体内的酶最适温度为  $40^{\circ}\text{C}\sim 50^{\circ}\text{C}$ ; 细菌和真菌体内的酶最适温度差别较大, 有的酶最适温度可高达  $70^{\circ}\text{C}$ 。动物体内的酶最适 pH 大多在  $6.5\sim 8.0$ , 但也有例外, 如, 胃蛋白酶的最适 pH 为 1.8, 植物体内的酶最适 pH 大多在  $4.5\sim 6.5$ 。

酶的这些性质使细胞内错综复杂的物质代谢过程能有条不紊地进行, 使物质代谢与正常的生理机能互相适应。若因遗传缺陷造成某个酶缺损, 或其他原因造成酶的活性减弱, 均可导致该酶催化的反应异常, 使物质代谢紊乱, 甚至发生疾病。因此, 酶与医学的关系十分密切。每个细胞由于酶的存在才表现出种种生命活动, 体内的新陈代谢才能进行。酶是人体内新陈代谢的催化剂, 只有酶存在, 人体内才能进行各项生化反应。

## 五、维生素

### (一) 水溶性维生素

#### 1. 维生素 B 族

##### (1) 维生素 B<sub>1</sub>

维生素 B<sub>1</sub> 是发现最早的维生素之一, 也被称为硫胺素、抗维生素 B<sub>1</sub> 缺乏症因子、抗神经炎因子。维生素 B<sub>1</sub> 是由一个含氨基的嘧啶环和一个含硫的噻唑环组成的化合物, 因其分子中含有硫和胺, 因此, 也称硫胺素。

人工合成的硫胺素盐酸盐是白色结晶, 仅 1% 溶于乙醇, 但极易溶于水, 不溶于其他有机溶剂。维生素 B<sub>1</sub> 固态形式比较稳定, 在  $100^{\circ}\text{C}$  时也很少破坏。

维生素 B<sub>1</sub> 水溶液呈酸性时稳定, 在  $\text{pH}<5$  时, 加热至  $120^{\circ}\text{C}$  仍可保持其生理活性。维生素 B<sub>1</sub> 在碱性环境中易于被氧化破坏, 如在  $\text{pH}>7$  的条件下煮沸可使其大部分或全部破坏。

如果缺乏维生素 B<sub>1</sub> 会患上脚气病, 初期症状为疲乏、厌食、淡漠、消化不良和便秘、失眠、忧郁、头痛、烦躁等。

维生素 B<sub>1</sub> 的生理功能：构成辅酶；抑制胆碱酯酶活性；对神经组织的作用。

维生素 B<sub>1</sub> 广泛存在于天然食物中，含量较丰富的有动物内脏、瘦猪肉、豆类、花生、谷类等，谷类加工过分精细、烹调时加碱可使维生素 B<sub>1</sub> 有不同程度的损失。蔬菜、水果、鱼类中含量较少。

#### (2) 维生素 B<sub>2</sub>

维生素 B<sub>2</sub> 又称核黄素，由异咯嗪加核糖醇侧链组成。维生素 B<sub>2</sub> 结晶呈黄色，可溶于水，味苦，但在水中溶解度很低。维生素 B<sub>2</sub> 在酸性溶液中稳定，但在碱性溶液中不稳定。

游离型维生素 B<sub>2</sub> 对紫外线敏感，无论在酸性条件还是碱性的条件下都容易被分解，均无生物活性。食物中大部分维生素 B<sub>2</sub> 以黄素单核苷酸和黄素腺嘌呤二核苷酸形式与蛋白质结合，结合型维生素 B<sub>2</sub> 较游离型维生素 B<sub>2</sub> 稳定。

如果维生素 B<sub>2</sub> 缺乏可出现多种临床症状，通常表现在眼、口、唇、舌、皮肤黏膜等部位。

维生素 B<sub>2</sub> 的生理功能：参与体内生物氧化与能量代谢；参与体内的抗氧化系统和药物代谢；参与其他营养素的代谢。

维生素 B<sub>2</sub> 的良好食物来源是动物性食品，但不同食物品种含量的差异较大，其中肝、肾、心、蛋黄、乳类中维生素 B<sub>2</sub> 含量较为丰富。

植物性食物中以绿色蔬菜、豆类含量较高，而谷类含量较少。

#### (3) 维生素 B<sub>6</sub>

维生素 B<sub>6</sub> 的基本结构为 2—甲基—3—羟基—5—羟甲基吡啶，主要包括吡哆醇、吡哆醛和吡哆胺 3 种天然形式化合物，且都具有生物活性。

维生素 B<sub>6</sub> 的各种磷酸盐和碱的形式均易溶于水。它在碱性溶液中很不稳定，也极易被破坏。在酸性介质中吡哆醇、吡哆醛和吡哆胺对热都比较稳定。

如果维生素 B<sub>6</sub> 缺乏出现的临床症状是脂溢性皮炎、小细胞性贫血、癫痫样惊厥以及忧郁和精神错乱。维生素 B<sub>6</sub> 摄入不足还会损害血小板功能和凝血机制。这些影响也可能是由高酮型半胱氨酸血症所引起。

维生素 B<sub>6</sub> 参与氨基酸代谢，参与糖原、神经递质、神经鞘磷脂、血红素、类固醇和核酸代谢。

#### (4) 烟酸

烟酸也称作维生素 B<sub>3</sub>，或维生素 PP，分子式：C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>NO<sub>2</sub>，耐热，能升华。它是人体必需的 13 种维生素之一，是一种水溶性维生素，属于维生素 B 族。烟酸是具有生物活性的全部吡啶—3—羧酸及其衍生物的总称。

烟酰胺是它在动物体内的重要存在形式。烟酸和烟酰胺在体内与蛋白质结合而形成辅酶，参与机体氧化还原。烟酸是所有维生素中结构最得意、理化性质最稳定的一种维生素，不易被酸、碱、水分、金属离子、热、光、氧化剂及加工储存等因素破坏。

烟酸、烟酰胺具有相同的维生素活性。是人类抗糙皮病因子。若缺乏烟酸时，易患糙皮病，在医疗上，烟酸可用于糙皮病、舌炎、口炎及其他皮肤病的防治。烟酸又是优良的防治心血管疾病的药物，促进细胞的新陈代谢，可降低血浆甘油三酯，抑制胆固醇的形成，其许多酯类又具有降血脂的作用，在国外早已受到重视。近年来，烟酸作为营养药物、食品及饲料添加剂中的主要成分而得到更大的发展。烟酸在动物体内主要以辅酶 I (NAD) 和辅酶 II (NADP) 的形式参与机体代谢，在动物的能量利用及脂肪、蛋白质和



碳水化合物合成与分解方面都起着重要的作用。一般情况下，饲料中的烟酸不能满足动物需求，因此，烟酸常用作营养型饲料添加剂，可有效地促进动物生长和防治癞皮病。

烟酸同时作为一种原料，广泛用于医药、化工、电镀等行业。

#### (5) 泛酸

泛酸又名维生素 B<sub>3</sub>，因广泛存在于自然界，故被命名为泛酸。

泛酸构成辅酶 A 和酰基载体蛋白，泛酸缺乏可引起机体代谢障碍，一般是影响脂肪合成减少和能量产生不足。啮齿类动物泛酸缺乏时可见生长迟缓、不孕、毛发褪色、流产、脱毛等，并伴随神经肌肉疾病、胃肠功能失调、肾上腺皮质功能不全等。

泛酸为淡黄色黏稠油状物，溶于水和乙酸，在中性溶液中较稳定，在酸碱的溶液中都很不稳定。常用泛酸为其钙盐，呈白色粉状晶体，微苦，可溶于水，对光及空气稳定，但在 pH 5~7 的水溶液遇热可被破坏。

泛酸广泛分布于食物之中，含量可因食物的种类及加工方法的不同而有差异。含量最丰富的食品是动物的肝、肾、蛋黄、坚果类、蘑菇等，其次为大豆粉、小麦粉、菜花、鸡肉等，其他蔬菜与水果中含量相对较少。

#### (6) 叶酸

叶酸是含有蝶酰谷氨酸结构的一类化合物的统称，是由于最初从菠菜中发现而得名。叶酸的形态是为淡黄色结晶粉末，微溶于水，不溶于乙醇、乙醚等有机溶剂。

如果缺乏叶酸首先受影响的是细胞增殖速度较快的组织，形成巨幼红细胞贫血。通常表现为头晕、乏力、精神萎靡、面色苍白，并可出现舌炎、食欲下降以及腹泻等消化系统症状。

叶酸广泛存在于各种动物、植物食品中。富含叶酸的食物为动物肝、肾、鸡蛋、酵母、豆类、绿叶蔬菜、水果及坚果类。

#### (7) 维生素 B<sub>12</sub>

维生素 B<sub>12</sub>的化学名为 5, 6-二甲基苯并咪唑—氰钴酰胺，为红色结晶，可溶于水，在 pH4.5~5.0 的弱酸条件下最稳定，在强酸或碱性溶液中极易分解，遇热可有一定程度的破坏，但快速高温消毒损失较小，遇强光或紫外线易被破坏。

膳食原因引起的维生素 B<sub>12</sub>缺乏较少见，主要是素食者，由于不吃肉食而可能发生维生素 B<sub>12</sub>缺乏。老年人和胃切除患者胃酸过少可能引起维生素 B<sub>12</sub>吸收不良。维生素 B<sub>12</sub>缺乏可出现巨幼红细胞贫血和神经系统损害。

膳食中的维生素 B<sub>12</sub>来源于动物性食品如肉类、动物内脏 (40~90g/100g)、鱼、禽、贝壳类及蛋类，但牛乳中含量较少，植物性食品则基本不含维生素 B<sub>12</sub>。

#### (8) 生物素

生物素又名维生素 H、辅酶 R 等。

生物素的主要功能：帮助脂肪代谢；协助代谢氨基酸及碳水化合物；促进汗腺、精神组织、骨髓、男性性腺、皮肤及毛发的正常运作和生长；预防白发及脱发，有助治疗秃头；维持皮肤正常功能，减轻湿疹、皮肤发炎症状；缓和肌肉疼痛。

生物素的缺乏症状：头皮屑多，容易掉发，少年白发；肤色暗沉、面色发青，皮肤炎；忧郁、郁闷、失眠、容易打瞌睡等神经症状；容易疲倦、慵懒无力、肌肉胀痛，与缺乏其他 B 群维生素的症状相同；少年白发或已有秃顶迹象者。