



中国物流与采购联合会指定
现代物流系列教材

食品保鲜技术

刘北林 主编

中国物资出版社

食品保鲜技术

刘北林 主 编
刘学浩 副主编

中国物资出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

食品保鲜技术/刘北林主编. —北京: 中国物资出版社, 2003.1
ISBN 7-5047-1916-1

I. 食... II. 刘... III. 食品保鲜 IV. TS205

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 101430 号

责任编辑 李晓春
封面设计 彩奇风
责任印制 沈兴龙
责任校对 顾 勇

中国物资出版社出版发行

网址: <http://www.clph.com.cn>

社址: 北京市西城区月坛北街 25 号

电话: (010) 68392746 邮政编码: 100834

全国新华书店经销

保定市印刷厂印刷

开本: 787×1092mm 1/16 印张: 16.25 字数: 279 千字

2003 年 1 月第 1 版 2003 年 1 月第 1 次印刷

书号: ISBN 7-5047-1916-1 / F·0687

印数: 0001-3000 册

定价: 25.00 元

(图书出现印装质量问题, 本社负责调换)

《现代物流系列教材》编审委员会

主任委员 丁俊发 中国物流与采购联合会常务副会长 研究员
副主任委员 吴润涛 中国社会科学院 研究员
中国物流与采购联合会物流专业委员会秘书长
牟惟仲 中国物流学会副会长
中国物流与采购联合会物流专业委员会副主任
北京中物联物流规划研究院院长

委 员 (按姓名拼音字母排列)

白世贞 哈尔滨商业大学商检系主任 教授
陈 宏 中国物流与采购联合会副会长
北京物资学院院长 教授
陈梅君 北京物资学院 教授
戴定一 中国物流与采购联合会副秘书长
中国物资信息中心主任 高级经济师
胡俊明 中国物资流通学会前副秘书长 高级经济师
洪水坤 中国物资储运总公司总经理 高级经济师
何铁夫 中国集装箱总公司前总经理 高级经济师
海 峰 武汉大学商学院 副教授
李 川 深圳市物资与仓储协会会长
深圳市中海物流有限公司总经理
李舒东 中国物资出版社总编辑 编审
潘国和 上海东方国际继续教育学院院长
美国国际物流师学会会员
美国芝加哥伊利诺大学 客座教授
秦明森 湖北物流技术研究所总工程师 高级工程师
沈小静 北京物资学院工商管理系主任 副教授
孙宏岭 郑州工程学院经济贸易系主任 教授
王栋石 新华书店总店副总经理
王槐林 华中科技大学管理学院 教授
吴 明 中国物资流通技术开发协会副理事长 高级工程师
吴清一 北京科技大学 教授

邬 跃	北京物资学院物流系主任 教授 中国物流与采购联合会常务理事 中国交通运输协会物流企业分会副秘书长
夏春玉	东北财经大学校长助理、工商管理学院院长 教授
谢德华	中国物流与采购联合会常务理事 中国物流学会常务理事 中国物资出版社社长 副研究员
徐天亮	华中科技大学管理学院副院长 教授
真 虹	上海海运学院教务处长 教授
周建亚	武汉大学继续教育学院 (湖北省贸易科技学校教学站) 高级讲师

总 策 划 沈兴龙

序

随着我国社会主义市场经济体制的建立,世界经济一体化进程的加快和科学技术的飞速发展,物流产业作为国民经济中的一个新兴的产业,已成为我国本世纪国民经济新的增长点。目前,从中央到地方以及许多市场意识敏锐的企业,已把物流作为提高市场竞争能力和提升企业核心竞争力的重要手段,把现代物流理念、先进的物流技术和现代经营与管理模式引入国家、地方经济建设和企业经营与管理之中。但是,我国的物流教育仍十分滞后,造成了现代物流综合性人才、企业尤其是流通企业改造传统物流与加强物流管理、城市规划物流系统运筹、第三方物流企业的运作技术操作等现代物流人才严重匮乏,阻碍了经济的发展和经济效益的提高。据预测:我国的高级物流管理人才到 2010 年需求量为三万至四万人;物流技术操作和营销人才每年需要近三万人。不仅如此,根据我国加入 WTO 的承诺,物流和分销服务业将是最早完全开放的行业之一,国内市场将会在一个高层次、高起点上展开激烈的竞争,这势必会使本身就匮乏的人才竞争加剧。如果我们不从长计议,加快我国现代物流管理与技术人才的培养,终将成为我国现代物流产业发展的瓶颈,物流产业化和成为 21 世纪新的经济增长点就成了一句空话。

因此,加速启动现代物流产业的人才教育工程,实施多层次、多样化的物流教育,是 21 世纪物流产业大发展中保证物流产业形成合理的人才结构,提高我国物流管理水平和经济效益的决定性因素。2001 年 4 月,中国物流与采购联合会确定了近两三年重点抓好的十项工作,其中之一就是“编辑出版物流知识基础读本,加强物流学科建设。通过多种途径,大力培养物流专业人才,推动物流知识的普及与提高。”2001 年 6 月,中国物流与采购联合会专门成立了现代物流系列教材编审委员会,精心组织长期从事物流管理、教学与研究的一线专家、学者、教授和企业家,编写出

体现最新物流管理技术，符合教学培养规律，具有一定权威性的现代物流系列教材。第一套现代物流系列教材共 11 本，由中国物资出版社出版发行后，引起了物流学术界和企业界的普遍关注，许多普通高等院校、高职高专院校，以及物流企业培训机构和广大读者纷纷来信来电，迫切要求我们尽快组织出版第二套现代物流系列教材，为此，我们组织编写了第二套现代物流系列教材，共计 12 本。本套现代物流系列教材既可作为普通高等院校、高职高专院校的物流以及相关专业和课程的选用教材，亦可作为各层次成人教育和企业培训教材，也适合作为物流从业人员的自学参考用书。

本套现代物流系列教材在编写过程中，得到了许多院校和研究机构的专家、学者、教授以及物流企业领导的大力支持，在此一并致谢。由于编写时间仓促，加上编者水平所限，书中有不足之处在所难免，恳请广大读者提出宝贵意见，以日臻完善。

中国物流与采购联合会
《现代物流系列教材》编审委员会

编写说明

随着市场经济的发展,人们消费水平的提高、生活节奏的加快,为此对各种新鲜食品、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,并且发展很快。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,并对物价的稳定十分不利。此外,由于易腐食品新品种的不断出现以及冷藏运输工具的发展,科学合理地确定适宜的储运条件也越来越紧迫。因此,亟需有关易腐食品保鲜、储运技术方面的工具书作为广大企业经营管理者参考指导。本书经有关专家审阅,既可作为普通高等院校、高职高专物流工程与管理、市场营销、电子商务、商品学等专业教材,也可作为各类成人教育和企业培训教材,也是广大物流经营管理、技术人员的较好的自学读物。

本书针对物流领域里存在的易腐食品保鲜、贮存中的问题,从技术角度进行讲解。本书由刘北林任主编,并编写第一、二、六、八章,刘学浩编写第三、四、五、七章。

由于编者水平所限,时间仓促,书中错漏之处,恳请广大读者指正。

编 者

第一套现代物流系列教材目录

物流管理基础	翁心刚
供应链物流学	刘志学
物流企业财务会计	陈 宏
企业物流	崔介何
生产企业供应管理	沈小静
采购管理与库存控制	王槐林
运输与配送	徐天亮
物流中心设计与运作	李长江
物流信息系统	蔡淑琴
电子商务与物流	崔介何
物流机械设备的运用与管理	魏国辰

目 录

第一章 易腐食品的质量变化	(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	(6)
第三节 食品贮存中的质量变化	(11)
第二章 食品化学保鲜技术	(18)
第一节 概 述	(18)
第二节 食品防腐剂	(20)
第三节 食品杀菌剂	(24)
第四节 食品抗氧化剂与脱氧剂	(28)
第三章 食品冷冻保鲜技术	(33)
第一节 低温贮藏食品的基本原理	(33)
第二节 食品冷却保鲜技术	(43)
第三节 食品冻结保鲜技术	(45)
第四节 食品低温贮藏保鲜技术	(55)
第五节 食品在冷冻过程中的干缩损耗	(57)
第六节 畜肉类冷冻保鲜技术	(66)
第七节 果、蔬类食品冷藏保鲜技术	(81)
第八节 食品速冻保鲜技术	(99)
第四章 食品气调保鲜技术	(122)
第一节 食品气调贮藏保鲜原理	(122)
第二节 食品气调保鲜方法	(128)
第三节 CA 冷藏库	(133)
第四节 气调贮藏果、蔬的条件和管理	(137)
第五章 食品冻干保鲜技术	(146)
第一节 冻干食品的特点与发展前景	(146)
第二节 食品冷冻干燥的冻结	(149)
第三节 食品冷冻干燥	(152)
第四节 食品冷冻干燥技术	(161)
第五节 冻干食品的包装与贮存	(175)

第六节 冻干食品的品质	(185)
第六章 食品的其他保鲜技术	(197)
第一节 食品的减压和辐照保鲜技术	(197)
第二节 紫外线、臭氧、热、电磁、钙处理保鲜技术	(198)
第三节 植物激素和植物生长调节剂保鲜法	(201)
第四节 涂膜(打蜡)处理保鲜技术	(203)
第七章 食品冷藏链保鲜技术	(205)
第一节 食品冷藏链的组成及其相关设备	(205)
第二节 食品冷冻运输设备	(208)
第三节 食品冷冻销售设备	(218)
第八章 易腐食品运输相关的地面设施	(223)
第一节 冷藏库	(223)
第二节 易腐食品的预冷与预冷设备	(229)
第三节 制冰厂	(233)
第四节 加冰设施	(241)
参考文献	(246)

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。在加工和贮藏过程中，食品的化学成分会发生变化，以致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。

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, 分子中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、粘性、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 $52^{\circ}\text{C} \sim 54^{\circ}\text{C}$ 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: Na_2SO_4 、 NaCl 、 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 、 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→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 NH_3 、 H_2S 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，若在膳食中作为惟一的蛋白质来源时，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，用作惟一的蛋白质来源时，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

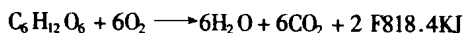
糖类是由碳、氢、氧三种元素组成的多羟基醛或多羟基酮。绝大多数糖含氢和氧的比例和水中的氢、氧比例一样，因此，糖又称为碳水化合物。在人体内除少量的粗纤维不能被消化吸收外，大部分糖类都能被利用。每 1g 糖在人体内可产生 17.15kJ 的热量。

糖类可分为单糖、二糖、多糖三类。

(一) 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。果实中存在大量葡萄糖和果糖。

单糖在鲜果菜中，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其他生理化学变化，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。

(二) 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,果糖甜度为2.2,蔗糖为1.45,乳糖为0.5。

(三) 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,促进了肉的成熟。

三、脂 类

凡是可用低极性溶剂提取的任何生物材料都叫脂类。

酯类分为两大类: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,有饱和的和不饱和的,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 $\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_7-\text{CH}=\text{CH}-(\text{CH}_2)_7-\text{COOH}$ 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、营养条件等不同而有很大的差异。

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。

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，如调节新陈代谢等。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 B₁、维生素 B₂、维生素 B₆、维生素 B₁₂ 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甚大，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；筋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。

水是溶剂，维持各种电解质在水中的离解，维持生物体各部分一定的渗透压，它直接参与生物的生理反应。食品经消化后所有养料靠它输送到生物体各部分，代谢的废物也靠它溶解后排出体外，由此可见，水分和生命有着密切关系。

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：

$$A_w = p/p_0$$

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，其蒸汽压就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，其蒸气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 影响食品在流通中质量变化的因素

食品质量主要包括营养质量、卫生质量和感官质量（即食品的色、香、味、形、质）。食品在流通过程中其质量会发生一系列变化，下面介绍质量的变化趋势和各种影响因素。