

绪 论

历史长河中，人类努力的基本目标是为生存获得食物。至 20 世纪，科技进步使人们开始把美味和营养速冻起来，达到了食物的稳定供应。进入 21 世纪后，如何提高食品冷加工质量，完善食品冷藏链，保护食品资源，成为人们新的更高的追求目标，也是我国食品产业可持续发展的一项基本战略。对于从事于食品低温保鲜业、冷冻食品制造业、低温保藏业、低温运输业等行业人员来说，未来充满挑战和机遇，任重而道远。

人类利用天然冷源来制冷已有悠久的历史。早在 3000 多年前，我国《诗经》上就有冬季采集冰雪贮藏，到夏季取出降温的记载。但采用天然冷源，难以得到 0℃ 以下的低温，还要受区域、季节等条件的限制，远远不能满足社会发展的需要。

人工制冷技术是从 19 世纪中叶开始发展的。1834 年英国人波尔金斯制成了用乙醚做制冷剂的第一台制冷机。1844 年美国人高斯发明了空气压缩式制冷机。1862 年法国人卡尔里制成吸收式制冷机。1874 年德国人林德发明了世界上第一台氨压缩机，使制冷技术进入实际应用的广阔天地。人工制冷不受环境、区域的限制，可以根据需要制取不同的低温。近 50 年来，随着现代科技的迅速发展，制冷技术已经成为现代社会不可缺少的技术，并且正在国民经济、人民生活、国防科研等各领域发挥着日益重要的作用。

“民以食为天”，它深刻地说明了人类依赖于食品而生存的密切关系。在众多的食品保藏方法中，低温保鲜是能最大限度地保持食品原有色、香、味及食品外观和质地的方法。可以说低温保鲜在目前仍是效果最好、价格较低、保鲜时间较长的方法，也是世界各国最普遍采用的一种方法。低温保鲜不仅能抑制微生物及酶类的活动，而且能降低食品基质中水的活性，防止食品腐败变质，从而保持了食品的鲜度和营养价值。

食品工业是应用制冷技术最早、最多的部门。由于肉类、水产品、禽蛋、果蔬等易腐食品的生产有较强的季节性和地区性，为了调剂旺、淡季节，保障供给，就需要将食品进行冷加工、冷藏及冷藏运输。这就需要制冷装置来装备冷库、冷藏车船等。在现代化的食品工业中，食品从生产、贮藏到运输、销售，始终保持在低温状态。这种完整的冷藏网统称冷链，它可以较好地保证食品的质量，减少生产及分配过程中的损耗，在满足人们生活需要方面发挥着重要的作用。

我国食品冷藏业的发展经历了一个从无到有的过程。20 世纪 90 年代，全国社会安定，经济繁荣，生产发展，生活水平提高，冷冻冷藏业呈现突飞猛进之势，全国冷藏库总容量 10 年间翻了近一番，各类食品速冻加工和冷冻加工经营企业、各种生产及经营冷冻设备企业也得到迅速发展，有关院校也迅速增多，开设相应课程，积极培养冷冻食品技术人才。

从 20 世纪 80 年代末起，人们开始关心环保，关心绿色消费和绿色食品。绿色食品是

对“无污染”食品的一种形象表述。绿色食品是我国的提法，国外则把此类食品称做生态食品。绿色象征生命、健康和活力，也象征生态农业和环境保护。凡是与生命、环境相关的事物通常都冠之以“绿色”。所以，绿色食品是按照特定的生产方式生产，经专门机构认定，许可使用绿色食品标志，无污染、安全、优质、营养类食品的统称。中国绿色食品有一定的评价标准，一般分为 AA 级和 A 级，前者要求极为严格，后者略微宽松，即在生产过程中允许限量使用限定的化学合成物质——只要这种污染不影响人们的健康。随着我国冷冻冷藏事业的发展，绿色冷冻食品作为绿色食品的一部分，将会受到人们的进一步关注，有关这方面的研究工作将会进一步深入下去。

我国目前食品冷冻冷藏业的技术概貌有如下几点：

1) 全国易腐食品冷加工量近 700 万吨/年，人均冷库容量已达到目前世界人均量 10kg 的 70%。冷加工工艺多样化，包括低温保鲜、冰保鲜、冷却保鲜、微冻保鲜、冷海水喷淋保鲜、气调冷保鲜、CO₂ 冷保鲜、化学冷保鲜、减压冷保鲜、微波保鲜、冻干技术等。

2) 冷冻冷藏生产已开始采用计算机控制和调节过程，使制冷装置保持在最经济、最合理的工况下运行，使食品在冷加工和冷藏过程中保持最好的质量，食品干耗降到最小值，同时使制冷装置的耗电、耗水量和耗油量降到最小限度，从而达到降低经营管理费用的目的。计算机控制系统还将企业经营、管理等组合在一起，实现了生产经营的自动化管理，这是冷藏企业技术进步的一大飞跃。

3) 食品冷冻加工已改变了旧式冻结间慢冻白条肉、冻大盘鱼虾等老式结构，冻结工艺已有吹风式、接触式、沉浸式和喷淋式等，并不断开发研制快捷、方便、富营养的速冻食品，单体食品冻结装置。我国已能生产推进式、流态式、螺旋式、隧道式等多种形式装置。速冻食品年产量成倍增长，顺应了人们生活快节奏的要求，现在大城市人一天用于做饭的时间已比以前大大缩短。

未来发展趋势主要表现在以下几个方面

1) 本世纪初我国食品冷链将进一步完善，新冷链经济模式也将降生，食品冷冻冷藏业将进入发展新阶段，直接促进了食品冷冻加工、贮存、运输业的发展，必将产生一批新型的冷链设施制造企业和为冷链系统配套服务的制冷器具制造业。由于冷链形成为新兴产业，将成为我国国民经济新的增长点。

2) 随着商业流通体制的改革，超市和连锁商业的快速发展，新建立或由原有的大型分配性冷库组建低温食品配送中心或冻品批发中心必然是新世纪冷库功能拓展的重要一环，以实现信息流、商流和物流的有机结合。

3) 由于冷却肉具有味美、肉嫩、营养、卫生等特点，发展冷却肉（包括水产品微冻保鲜）已成为本世纪冷冻食品加工技术进步的主要标志。市场将形成“热鲜肉满天下，冷冻肉稳天下，冷却肉甲天下”的格局。

4) 蔬菜市场已向无公害化、洁净方便化和小包装规格化发展。目前，果蔬方面冷却保鲜技术的深化研究开发已经展开，国家已在制订无公害操作标准，各地将建设一批环保

节能的气调冷库，以强化保鲜效果。

5) 食品冷加工将优化产品结构，把不具备竞争优势的产品生产减少到最低限度，将资源移向具有竞争优势的产品上来，努力扩大优势产品的出口市场。速冻食品方面如中华名点心、特色佳肴、驰名调理食品、异域风味小吃及各式速冻配菜，将会有突飞猛进的跳跃发展。

6) 社会发展和科技进步，使食品保鲜技术朝着贮存温度多样化和低温化发展，变温库和 $-20 \sim -30$ 的低温库将逐渐增加。企业的电脑化经营和制冷系统自动控制将进一步完善。

总之，食品冷冻技术是一项很重要的技术。掌握这门技术，可以使食品原有的营养、风味、鲜度和质量尽可能最大限度地保持。这对于提高经济效益，改善人们生活，具有深远的意义。

第 一 章

食品的基础知识和低温贮藏原理

- 第一节 食品的组成成分
- 第二节 食品微生物学基本知识
- 第三节 低温贮藏食品的基本原理

1

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、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 食品的组成成分

食品的组成成分可分为有机的和无机的。属于有机的有蛋白质、糖、脂肪、维生素等；属于无机的有水和矿物质等。

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。

1. 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。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%。

蛋白质的基本组成单位是氨基酸。一般由多种氨基酸组合而成，目前已知蛋白质中的氨基酸共有 30 多种，每种蛋白质至少含有 10 种以上的氨基酸。存在于食品蛋白质中的氨基酸约有 20 余种。根据人体需要，氨基酸可分为必需氨基酸和非必需氨基酸。必需氨基酸在人体内不能合成，必须由食物蛋白质来供给才能满足机体正常生长和健康。非必需氨基酸对于健康也是必需的，但它们在人体内是能够合成的。必需氨基酸包括赖氨酸、色氨酸、苯丙氨酸、蛋氨酸、苏氨酸、亮氨酸、异亮氨酸和缬氨酸 8 种。非必需氨基酸有甘氨酸、丙氨酸、丝氨酸、天门冬氨酸、谷氨酸、脯氨酸、羟脯氨酸、酪氨酸、胱氨酸和半胱氨酸等。

2. 蛋白质的性质

食品中蛋白质的性质是很不稳定的。它是同时具有酸性和碱性的两性化合物。由于蛋白质分子都很大，而且具有亲水胶体的一般特性，因此在水中时呈胶体溶液。蛋白质分子的水化作用使蛋白质溶液相当稳定。当在蛋白质溶液中加入大量的碱金属和碱土金属的盐类，如硫酸铵、硫酸钠、氯化钠、硫酸镁时，就能使蛋白质从水溶液中沉淀析出，这个现象称作盐析作用。盐析作用所引起的蛋白质析出常常是可逆的。因为这些无机盐破坏了蛋白质分子外层的水化膜，蛋白质仍保持了原来的结构和性质，用水处理即复溶解。

由于各种物理和化学因素的影响，蛋白质分子内部排列发生变化，致使蛋白质溶液凝固或使其原有性质发生部分改变或全部丧失，这个现象称作蛋白的变性作用。引起蛋白质变性的因素很多，如温度（加热或冷冻）、化学试剂、剧烈振荡、高压等。变性后的蛋白质许多性质发生了改变，包括溶解度降低、发生沉淀和凝固而不能再溶解、失去生理活性、易被消化水解等。在大部分情况下，变性过程是不可逆的。蛋清加热凝固、牛奶遇酸结块即是典型的变性与凝固现象。

⊖ 本书中提及物质的含量，除特殊说明外，均指物质的质量分数。

蛋白质在强酸、强碱或酶的作用下，可逐步发生水解，并经过一系列的中间产物，最终产生氨基酸，这个作用称为蛋白质的水解反应。蛋白质的水解反应对生物体具有重要意义。生物摄取的蛋白质，必须水解为氨基酸后才能被吸收利用；植物体中衰老组织的蛋白质水解为氨基酸后，可运送至新生组织作为合成蛋白质所需的原料。但是，食品的腐败变质也是在蛋白质发生水解反应后微生物继续作用所致。

3. 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。这种蛋白质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

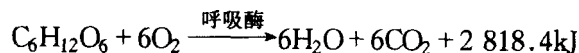
糖是植物光合作用后的产物，由碳、氢、氧三种元素组成。绝大多数糖含氢和氧的比例和水中的氢、氧比例一样。因此，糖又称为碳水化合物。糖是供给人体热量的最主要、最经济的来源，其发热量与蛋白质相同且最易消化和吸收。每 1g 糖在人体内可产生 17.15kJ 的热量。

糖的种类很多，按其分子组成不同及能否水解和水解产物的情况，一般可分为单糖、双糖、多糖三类。

1. 单糖

单糖是不能再被水解的最终糖分子，易溶于水，具有甜味，为白色粉状结晶，可不经消化液的作用直接在人体氧化产生热能吸收和利用，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. 双糖

双糖是两个分子单糖失去一个水分子组成的，水解之后可产生两个分子单糖。双糖易溶于水，有甜味，能形成结晶，有渗透性，吸湿性较强。双糖需经过酸或酶的水解作用生成单糖后，方能被人体吸收。蔗糖、麦芽糖、乳糖等均属于双糖。

3. 多糖

多糖是由几百个单糖分子相互脱水组成的，没有甜味。多糖水解时分解为许多单糖。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，肉由中性变成酸性，促进了肉的成熟。

三、脂类

脂类可分为脂肪与类脂两类。脂肪是由各种不同的脂肪酸和甘油结合而成的三脂肪酸甘油酯。构成脂肪的脂肪酸分饱和脂肪酸（硬脂酸、软脂酸等）与不饱和脂肪酸（油酸等）。

在一般情况下，不饱和脂肪酸较饱和脂肪酸熔点低。因此在常温下，饱和脂肪酸甘油酯呈凝脂状态，如猪油、牛油等；而不饱和脂肪酸甘油酯呈液状，如植物油、鱼肝油等。饱和脂肪酸在人体内可由蛋白质和糖综合转化而成，而一些不饱和脂肪酸在人体内不能合成，必须从饮食中获得。

类脂是一些类似脂肪的物质，其理化性质与脂肪相似，但其化学组成中除含有脂肪酸、甘油等外，还含有磷、胺基、糖等成分。脂肪在动物性食品中和植物种子内含量较多，在蔬菜、水果中含量较少，在猪肉中含 29.2%，鸡蛋中含 11.6%，牛奶中含 3.5%，花生仁中含 39.2%。

脂肪能供给人体大量的热能。脂肪也是某些维生素良好的溶剂。脂肪贮存于皮肤下层和内脏四周，可以保持体温和保护内脏器官。类脂则是细胞膜和脑神经组织的组成成分。

脂肪的氧化分解过程与温度有关。温度高时，氧化作用进行得快些。所以，降低温度能保证脂肪的质量。

四、维生素

维生素是低分子的有机化合物，在食品中的含量很少，但却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。

维生素可分为脂溶性和水溶性两大类。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。

五、酶

酶是生物细胞中产生的一种特殊的具有催化作用的蛋白质。酶在食品中的含量很少，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。

酶的性质与蛋白质相似。酶的作用强弱与温度有关。酶不耐热，一般在 40~50 时，酶的活性最强，而在低于 0 或高于 70~100 时，酶的活性即变弱或终止。每一种酶都有最适宜的温度。酶具有最明显的特异性，即每一种酶只能对一种物质或有限的几种物质起作用。

六、水

一切食品中均含有水分，但含水量是不同的，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，如奶粉含 3%~4% 的水，食糖含 1.5%~3% 的水。

食品中的水分主要是以游离水和胶体结合水两种状态存在的。所谓游离水，是指食品组织、细胞中能够自由移动游离，容易结冰，也能溶解溶质的水，亦称自由水。食品中的冰点，即是游离水结冰的温度。所谓胶体结合水，是指构成蛋白质、糖等胶粒周围水膜的水，亦称束缚水。胶体结合水不易流动，不能作为溶质的溶剂，也不易结冰，其冰点往往在 -30 或 -40℃。

食品中的水分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

$$A_w = \frac{p}{p_0} \quad (1-1)$$

式中， p 为食品中呈液体状态的水的蒸汽压； p_0 为纯水的蒸汽压。

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，其蒸汽压都小于纯水的蒸汽压。食品的水分活度都小于 1。

水分活度可用来表示微生物生长的有效水分含量。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，酵母为 0.78，霉菌为 0.65。

大多数新鲜食品（如鱼、肉、果蔬、牛奶等）的水分活度都在 0.9 以上，具有适合多数种类细菌繁殖的水分活度条件，所以新鲜食品是易腐性的食品。利用干燥、盐藏、糖渍、冷冻等方法贮藏食品，其目的都是为了降低食品的水分活度。经过冻结的食品，水结成冰晶后，造成了干燥的环境，其水分活度大大降低，增加了食品贮藏的稳定性。

七、矿物质

各种食品中都含有少量矿物质，大多以无机盐形态存在，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。人体所需的矿物质均要从食品中得到供给。植物体的矿物质含量比动物体要高，所以，蔬菜特别是其叶部是人类获得矿物质营养的主要来源。

动物性食品根据身体各部分的不同所含无机盐成分差异很大，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。

由于食品中含有多种无机盐，故其冻结点要比纯水低些。一般食品汁液的冻结点在 0 以下。附录 B 中有一些食品的冻结点介绍。

第二节 食品微生物学基本知识

一、食品微生物与人类的关系

微生物学是研究微生物生命活动的一门科学。微生物是一种必须用光学或电子显微镜才能看到的微小的生物。它在自然界中分布极广，土壤、水、空气中均有微生物的存在，如在 1g 土中有几亿到十几亿个微生物，在 1g 水中有几千到几百万个微生物，在城市里 1m³ 空气中有几万个微生物。绝大多数微生物对人类有益，它们参与自然界中的各种物质转化，并为工农业生产所利用，如青霉素、链霉素是霉菌的活动产物，我们日常生活中用的酱、酯、酸牛奶、腐乳等也是霉菌作用的结果。

当然，霉菌的危害性也是较严重的。有害霉菌种类虽不多，但数量大、分布广，对食品有一定的损害。如有害霉菌曲霉、青霉和镰刀菌，它们极易在各种粮食、肉类、蔬菜和调味品等食品上生长，如条件合适，便可产生毒素，导致食品腐败、变质而不能食用。

由此可见，食品微生物是与人类的生活和健康有着密切关系的。食品微生物学就是专门研究与食品有关的微生物的性状，以及在一定条件下微生物与食品的相互关系。

二、微生物的形态、构造和繁殖

微生物多数是单细胞生物。其体积很小，在显微镜下观察，直径一般为 2~5 μm ，最大的有 100 μm ，最小的只有 0.01 μm 。

微生物包括细菌、真菌（酵母菌、霉菌）、立克次氏体、放线菌、原生动植物、病毒和单细胞藻类等。其中与食品冷加工最有关系的是细菌、霉菌和酵母菌。

1. 细菌

细菌大多数是无色的单细胞有机体。根据单细胞细菌的形状可分为三类：

(1) 球状菌球状菌形如规则的球形或椭圆形，平均直径为 1 μm 。由于分裂的方向和分裂后细胞排列的位置不同，球状菌又分为单球菌、双球菌、链球菌、八叠球菌等（图 1-1a~d）

(2) 杆状菌杆状菌形如长短芽孢和形成芽孢两类，后者为芽孢杆菌（图 1-1e、f）。

(3) 螺旋状菌按菌体形状的弯曲程度可分为：螺旋菌，形如拉丁字母“S”；螺旋旋体菌，形如很多螺旋状的细丝（图 1-1g、h）。

各种细菌的构造基本相同，且与植物细胞相似，一般由细胞壁、细胞膜、细胞质、核质体等组成。

细菌的繁殖是以裂殖的方式进行的，即一个细胞分裂为两个子细胞。分裂时首先菌体生长伸长，核质体分裂，菌体中部的细胞膜以横切方向形成隔膜，使细胞质分为两部分，

细胞壁向内生长，把横隔膜分两层，形成子细胞的细胞壁，然后，子细胞分离成两个菌体。

细菌由一个母细胞分裂为两个子细胞，根据分裂的方向及分裂后各子细胞的排列的状态不同，可形成各种形状的群体。如球菌可分为六种：单球菌、双球菌、链球菌、四联球菌、八叠球菌、葡萄球菌。

细胞繁殖的速度与周围的环境条件有关，如温度、湿度、营养、光线作用、氧的供给及酸碱度等。在适宜的条件下，如大肠杆菌能在 20~30min 繁殖一代，24h 可繁殖 72 代，菌体数目可达 47×10^{22} 个。但随着菌体数目的增加，营养物质迅速消耗，代谢产物逐渐积累，上述适宜的环境条件很难持久，所以微生物的繁殖速度永远达不到上述水平，最后减低繁殖速度或停止繁殖。

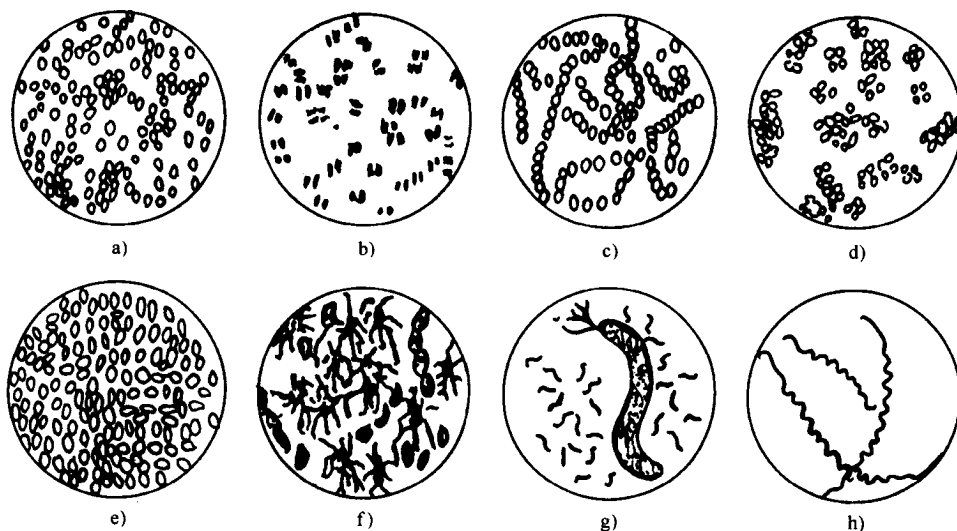


图 1-1 细菌和各种形状

a)单球菌 b)双球菌 c)链球菌 d)八叠球菌 e)杆状菌 f)芽孢杆菌 g)螺旋菌 h)螺旋体菌

当单个或少数细胞接种到固体培养基地面后，如果条件适宜，它们就局限在一起，迅速生长繁殖形成肉眼可以看见的一团或一片子细胞群体，这称为菌落。菌落的形态（大小、形状）和颜色视细菌和培养基的种类而异。

2. 霉菌

霉菌亦称丝状真菌，是真菌的一部分。其菌体为丝状，分枝频繁，称为菌丝。大量密集的分枝相互交错在一团的菌丝称菌丝体。

霉菌的菌丝有两类：有横隔菌丝，其每一段就是一个细胞，整个菌丝体是由多细胞构成，横隔的中央留有极细的小孔，使细胞质和养料互相沟通；无横隔菌丝，其整个菌丝体就是一个单细胞，含有多个细胞核。

菌丝可能分化成特殊的结构或组织，在固体培养基上，一部分菌丝伸入培养基内层吸收养料，以供给整个菌丝体使用，称营养菌丝；另一部分菌丝向空中生长，称为气生菌丝，其中一部分发育到一定阶段，产生孢子，进行霉菌的繁殖。

一般霉菌菌丝无色，有些呈褐色或绿色，也有一些在生长初期无色而后期菌丝渐变有色。霉菌的菌落呈棉絮状或绒毛状，铺展较大。

霉菌的菌丝细胞的直径约 $3\sim 10\mu\text{m}$ 。它是由细胞壁、细胞膜、细胞质、细胞核和其他胞内含物组成。其中细胞质中含有各种颗粒体，而且幼嫩的细胞质均匀、稠密，在老的菌丝中出现许多液泡。

霉菌适宜在氧气充足而潮湿的地方繁殖，故常生长在潮湿物质的表面或裂缝中。霉菌的繁殖方式主要依靠各种孢子来进行。形成孢子的方式分为有性孢子繁殖和无性孢子繁殖两种。

常见的几种霉菌形态如图 1-2 所示。

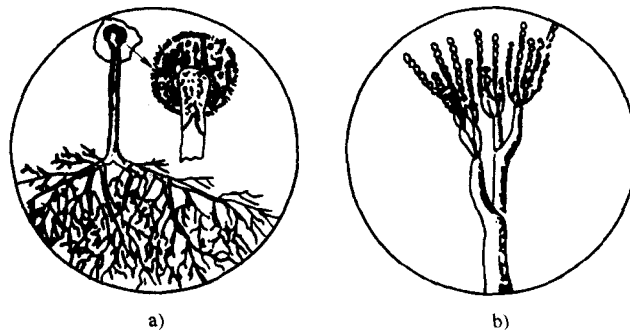


图 1-2 常见的几种霉菌形态

a) 带有孢子的孢分囊 b) 带有分生孢子的分生孢子柄

3. 酵母菌

酵母菌是一群单细胞微生物，属真菌类，一般地说是无鞭毛的不运动的真菌。酵母细胞的形态多样，依种类不同而有差异，普通的有球形、椭圆形、卵圆形、柠檬形、腊肠形以及菌丝状等（如图 1-3 所示）。

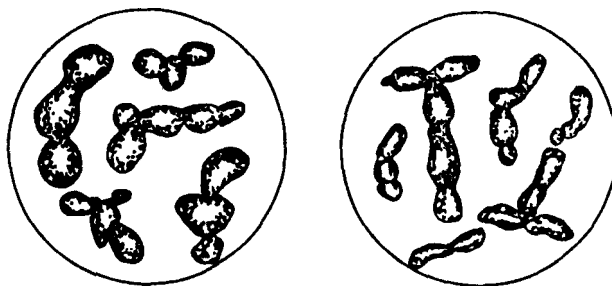


图 1-3 酵母菌的形状

酵母菌具有典型的细胞结构，有细胞壁、细胞膜、细胞核、液泡、线粒体及各种贮藏物。酵母菌细胞的大小，根据不同的种类差别很大，一般在 $1\sim 5\mu\text{m}$ 及 $5\sim 30\mu\text{m}$ 之间。发酵工业上通常培养的酵母菌细胞平均直径为 $4\sim 6\mu\text{m}$ 。

酵母菌的繁殖方式分无性繁殖和有性繁殖两种。无性繁殖以出芽的方式进行繁殖（芽殖）为主，只有少数的酵母菌是以分裂的方式来繁殖的（裂殖）。

三、微生物的营养和呼吸

微生物和其他生物一样，以新陈代谢为生命活动的基础。它们一方面不断地从外界摄取营养，组成新的细胞物质使自己生长，同时通过呼吸过程取得生长、繁殖和代谢活动所需的能量，并且将代谢产物排出体外。

1. 微生物的营养

微生物的种类很多，它们总是根据自身生命活动的需要，从自然界吸取各种不同的营养物质。例如，多数微生物从营养丰富的肉类、鱼类、粮食、果蔬等食品中吸取营养，旺盛地生长繁殖；有些微生物可以直接利用稻草、木屑、棉子壳等粗纤维充当食物；有些微生物能够吸取空气中的氮气、二氧化碳作为营养；有些微生物还可以分解破坏坚硬的混凝土来吸取养料维持生命；还有些微生物专从石油中获得营养，甚至连石炭酸毒剂，也可充当某些菌的“食物”。这些都说明不同的微生物对食物各有选择，且多样性。因此，我们应了解微生物的营养特性，并根据不同的需要进行有效的培养，利用和加以控制。

(1) 微生物的基本营养 微生物的基本营养包括组成细胞结构的各种原料和生命活动所需能量的来源，主要是由碳、氢、氧、氮（占全部干质量的 90% ~ 97%）和各种无机元素所组成。这些元素构成各种细胞中有机物质，如蛋白质、糖类、脂肪、核酸及无机元素。另外，微生物细胞中含水量很大，约占细胞鲜质量的 70% ~ 90

(2) 微生物的营养吸收 由于大多数微生物是由单细胞构成的，因而就决定了营养吸收的特殊性。微生物没有特殊的摄取营养物质和排出体内代谢物的器官，营养物质的吸收和代谢物质的排除均通过细胞质膜的通透性来实现。

细胞质膜允许物质透过的特性称为通透性，它与吸收并不是等同的概念。通透性是细胞质膜的物理化学属性，而吸收是细胞的生理作用。只有能透过的物质才能被细胞所吸收，所以细胞质膜的通透性对细胞营养吸收是重要的。

细胞质膜的通透性因微生物菌种和菌龄不同而有所差异，一般幼龄菌的细胞质膜的通透性较大。当细胞受操作或死亡时，细胞质膜的通透性增加，使菌体内容物渗出。细胞的通透性也可受各种因素的影响而发生变化，如对细胞加以冻结、溶解处理或有机溶剂处理及营养物质浓度较细胞内高时都可使通透性增加。外界的 pH 值、温度及有毒物质等都会影响细胞的通透性。

所有的营养物质只能随水一起进入细胞，也只能借水从细胞内排出代谢物。也就是说，微生物必须在有水的情况下才能生存。

营养物质要想透过细胞质膜而进入细胞，那它必须是溶质才行。如某些糖类、盐类等简单物质，可以直接透过细胞质膜进入细胞内，而有些物质，如蛋白质、淀粉、脂肪等，必须先分解成简单物质后才能进入细胞内部。这种分解过程必须通过胞外酶来实现。

微生物的酶有胞内酶和胞外酶两种。胞内酶是在微生物细胞内的酶，它的功用是将透过细胞质膜而进入细胞的营养物质合成为组成微生物物体的各种复杂成分；胞外酶是由微生物物体分泌出来的酶，它的功用是将微生物周围的大分子的化合物水解成为小分子的可溶性简单物质，使其能透过细胞质膜而进入细胞内。当胞外酶对外界营养物质水解的数量大大超过微生物所需的营养物质的数量时，则说明食品已遭到微生物的侵蚀和污染，将开始大量腐败

(3) 微生物的营养类型微生物所需要的营养物质是有一定范围的，只能利用某些类型的物质。根据微生物所需要营养和能源的不同，尤其是碳素营养来源的不同，可将它们分为自养微生物和异养微生物两大类。

1) 自养微生物（无机营养型）。自养微生物靠营养而生活，能在完全无机物的环境中生长繁殖，故是无机营养型，也称自养型。这类微生物又称无机营养型微生物。

无机营养型微生物能直接利用空气中的二氧化碳或环境中的碳酸盐作为惟一碳源。而将二氧化碳转化为有机化合物，还需能量供应。因其能量来源不同可分为利用无机物氧化过程释放化学能的化能无机营养型和利用光能即光合作用获得能量的光能无机营养型。

无机营养型微生物独立生活能力强，不依赖有机物生活，更不寄生在任何动植物体内，在农业生产上它们多数是有益的。

2) 异养微生物（有机营养型）。异养微生物的合成能力较差，至少需要一种有机物存在才能成长，它不能以二氧化碳作为惟一的碳源，故是有机营养型，又称异养型。这类微生物称为有机营养型微生物。

有机营养型微生物一般都是以现成的有机物氧化分解时产生的化学能量来获得生命活动所需要的能量，称为化能有机营养型。但也有少数能进行光合作用获得能量的，称为光能有机营养型。

化能有机营养型微生物的种类和数量都很多，包括大多数细菌、酵母菌、霉菌及全部放线菌等。根据它们的生态习性不同又分为腐生性和寄生性两种类型。能够在分解死亡的有机物质（动植物残体）上获得营养而生长发育的微生物，称为腐生性微生物；必须寄居在活的生物体（动植物体）内才能生活的微生物，称为寄生性微生物。

2. 微生物的呼吸

微生物通过呼吸作用获得能量，用以进行各种复杂的生命活动。有机营养型微生物从有机物取得能量；无机营养型微生物则依靠化学能或日光能维持生命。

(1) 微生物呼吸作用的特点我们知道，动物利用呼吸器官吸入空气，摄取其中的氧气，氧化体内的食物，放出二氧化碳，同时获得能量来维持生命，称为呼吸作用。植物在日光辐射下进行光合作用，吸入二氧化碳和水，合成体内糖类和产生氧气，同时又吸入氧气，氧化体内的糖类，再放出二氧化碳，产生能量，这也是一种呼吸作用。动、植物的这两种呼吸作用的共同特点都是利用空气中的氧气进行氧化作用，放出二氧化碳，从而获得能量，维持生命。

微生物也需要通过呼吸作用，释放能量来维持生命，但微生物的呼吸不一定都需要氧气。有氧气和无氧气都能呼吸（氧化），放出二氧化碳和能量，供生命活动的需要。因此，微生物的呼吸作用，就是在细胞内酶的催化下，把营养物质氧化的过程，也可称为生物氧化作用。其过程是微生物从外界吸收营养物质，小部分用以组成细胞的物质外，大部分作为能源物质，在呼吸作用中被氧化释放出能量。

(2) 微生物呼吸作用的类型微生物在呼吸作用中，对于氧的要求不是一致的。根据与分子状态氧的关系，可以分为有氧呼吸和无氧呼吸两个类型。微生物中进行有氧呼吸的种类称为好气性微生物；进行无氧呼吸的种类称为厌气性微生物；既能进行有氧呼吸又能进行无氧呼吸的种类称为兼厌气性微生物。

四、影响微生物生长发育的环境条件

微生物虽然是最低等生物，但和其他生物一样，在生命活动过程中，与周围环境有着密切的联系，而且环境对微生物的影响，比其他高等生物更大。反之，环境也受微生物的影响。

环境对微生物的影响大致可分为三类：适宜的环境，能够促进微生物的生长发育；不适宜的环境，使微生物生长发育受到抑制或改变原有的特性；恶劣的环境，可使微生物死亡。所以说微生物生命活动与外界环境是统一的，相互影响的。

影响微生物生长发育的外界因素是复杂和多方面的，相互之间有着密切的关系。其环境因素大致可分物理、化学、生物学三大类，本节主要介绍物理、化学因素对微生物的影响。

1. 物理因素对微生物的影响

(1) 温度温度对微生物的整个生命过程有着极其重要的影响。从微生物的总体来看，生长温度范围很广，可在 $-10\sim 80$ 之间。各种微生物按其生长速度可分为最低生长温度（微生物生长与繁殖的最低温度）、最适生长温度和最高生长温度（微生物生长与繁殖的最高温度）三个温度界限。

根据微生物最适生长温度可将它们分为三大类型，见表 1-1。

表 1-1 微生物生长的温度范围

类 型		最低温度/℃	最适温度/℃	最高温度/℃	存在环境		种 类
低温微生物（嗜冷菌）		$-10\sim 0$	$5\sim 20$	$20\sim 30$	海洋、湖泊、冷泉、河流、寒带冻土、冷藏库		细菌、霉菌
中温微生物 (嗜温菌)	寄生微生物	$5\sim 10$	$37\sim 40$	$40\sim 50$	自然界、土壤、空气	人体、哺乳动物	病原菌
	腐生微生物		$18\sim 30$			食品、原料	腐败菌
高温微生物（嗜热菌）		$25\sim 45$	$50\sim 60$	$70\sim 80$	温泉、土壤、堆肥、干草堆、厩肥、动物肠道		细菌

微生物对低温的抵抗力一般较高温强。在低温状态下，微生物的新陈代谢活动减弱，菌体处于休眠状态，只能维持生命而不生长、繁殖，并能在一个较长时间内保持其生命的活力。温度升高后，仍可恢复其正常的生命活动，进行生长和繁殖，致使食品腐败。

一般温度高于 36 时，细胞的繁殖速度减慢；到 70 左右时，能杀死细菌，但不能杀死孢子；到 $100\sim 120$ 时，才能全部灭菌。因为高温能使细胞内蛋白质凝固变性，同时菌体中的酶遇热后失去活性，使代谢发生障碍而引起菌体死亡。因此，利用高温可达杀菌的目的，温度越高，死亡就越快。微生物对高温的抵抗力依菌的种类、发育时间、有无芽孢而异。如无芽孢的细菌在液体中加热到 $55\sim 60$ 时，经过 30min 即可死亡； 70 时， $10\sim 15\text{min}$ 死亡； 100 时，几分钟就死亡。细菌的芽孢，因含水较少，菌体蛋白不易凝固，有芽孢又具有较厚而致密的膜，热不易透入，因此芽孢对热的抵抗力很强大。各种不同的菌因含有不同的酶，对热的抵抗力也不同。如嗜热菌就比嗜冷菌对热的抵抗力强。

(2) 干燥与渗透压微生物的正常生活不仅需要温度，也需要水分。干燥可能引起菌体细胞失水，细胞内盐分浓度增加或蛋白质变性及酶的作用丧失可导致微生物生命活动的降低，继续干燥时，即可死亡。因此，人们广泛应用干燥的方法抑制微生物的生命活动来保藏粮食、食品等，防止霉腐。

不同的微生物对干燥的抵抗力也有差异。如醋酸菌失水后很快就死亡；酵母菌失水后可保存数月；有荚膜的细菌比没有的耐干燥；而细菌的芽孢、霉菌的孢子对干燥的抵抗力最大，可维持生命数年甚至数十年。当它们遇到水分和营养后仍可发芽繁殖，但活力将大大减弱。

(3) 辐射能量通过空间的传递称为辐射。在微生物工作中经常应用的是电磁辐射，主要的射线种类有可见光、紫外线、X射线和 γ 射线。微生物因种类不同对于这些射线的敏感性有程度上的差异，并且剂量的不同杀菌效果亦不一致。一般低剂量（ $(258\sim 1290)\times 10^{-4}C/kg$ ）照射可能有促进微生物生长的作用或使微生物发生诱变，用高剂量（ $258000\times 10^{-4}C/kg$ ）照射时，对微生物有致死作用。这种方法一般应用于罐头、食品、粮食、选育菌种及其他物品的灭菌工艺。

以上介绍的物理因素是主要的，另外还有通风和表面张力等也会对微生物的生长产生影响。

2. 化学因素对微生物的影响

(1) 酸碱度（氢离子浓度）环境的酸碱度一般都用氢离子浓度的负对数即 pH 值表示。pH 值小，表示氢离子浓度高，呈酸性；相反，pH 值大，表示氢离子浓度低，呈碱性。酸碱度对微生物的生命活动影响很大，它可以改变细胞原生质膜的渗透性，从而影响微生物对营养物质的吸收，影响代谢过程中酶的活性，引起细胞原生质中的蛋白质凝固。

每种微生物都有其最适宜的 pH 值和一定的 pH 适应范围，见表 1-2。一般大多数细菌适宜于中性或弱碱性（pH 值 = 6.5~7.5）。

表 1-2 微生物生长的最低、最高和最适 pH 值

微生物	最低	最高	最适
大肠杆菌	4.3	9.5	6.0~8.0
伤寒沙门氏菌	4.0	9.6	6.8~7.2
痢疾志贺氏菌	4.5	9.6	7.0
化脓性链球菌	4.5	9.2	7.8
霍乱弧菌	5.6	9.6	7.0~7.4
结核杆菌	5.0	8.4	6.8~7.7
枯草杆菌	4.5	8.5	6.0~7.5
酵母	2.5	8.0	4.0~5.8
霉菌	1.5	7.0~11.0	3.8~6.0

(2) 化学药品化学药品能够抑制微生物的生长或毒害死亡。凡是可杀死致病和其他有害的微生物的化学药品称为化学消毒剂。凡是能抑制微生物活动的药剂称为防腐剂。

消毒剂和防腐剂之所以能达到杀菌或抑菌的作用，是因为这些化学药品改变了细胞膜的渗透性或损伤了细胞膜，影响了正常的物质交换，使细胞损伤；同时其氧化作用，破坏原生质结构或氧化细胞结构中的一些活性基因，使酶失去活性。另外，这些化学药品能够

改变原生质的胶体性质，使菌体发生沉淀或凝固。

五、冷冻食品的微生物

冷冻食品是将食品冻结并将其贮存于低温（-18℃以下）条件下，以延缓或抑制微生物的生长。冷冻食品不像罐头食品那样经过高温杀菌处理并贮存在完全无菌的状态下，故微生物与冷冻食品的品质及公共卫生有很大的关系。世界各国对于冷冻食品的微生物的控制都非常严格。

冷冻食品所含的微生物随原料的种类、加工方法的不同有很大的差别。通常销售的冷冻食品含有 $10^3 \sim 10^5$ 个/g的微生物。最常见的细菌有极毛杆菌、黄杆菌等低温性微生物，约占菌落总数的40%。冷冻食品的微生物中，可在0~10℃条件下生长的，大部分为革兰氏菌、无色杆菌、产碱杆菌，还有部分褐色小球菌、乳酸杆菌、舍氏菌和链球菌。冷冻鱼类中主要有腐败细菌和无色杆菌，另外也分离出褐色小球菌的阳性菌。家禽肉类和蛋类中多为沙门氏菌，水果中的微生物则以酵母和乳酸菌居多。

冷冻食品中，也常发现耐低温的酵母如假丝酵母、圆酵母等，常见的霉菌则有交链孢属、头孢霉属等。

此外，冷冻食品所含的低温性厌氧菌在食品卫生上也不可忽视。例如，远洋冷冻白色鱼肉上的梭状芽孢杆菌及近海栖息性鱼上的丙酸杆菌、明串球菌等也常被检出。

第三节 低温贮藏食品的基本原理

一、食品变质的原因

新鲜食品在常温下放置一段时间后会变质，以致完全不能食用。引起食品变质的主要原因有以下几方面：

1. 由微生物的作用所引起的变质

前面有关微生物的基本知识中已经提到，微生物是一种躯体微小的生物，要用显微镜才能看见。如果把食品长期放置，就会受到微生物的污染。由于食品中含有多种营养物质和一定量的水分，适于细菌、酵母、霉菌等微生物的生长、繁殖和活动。大量的微生物在生活过程中分泌各种酶类物质，促使食品发生分解，由高分子的物质分解为低分子的物质，首先降低食品的质量，进而发生变质和腐烂。因此，在食品变质的原因中，微生物的作用往往是主要的。

微生物对食品的破坏作用，与食品的种类、成分及贮藏环境有关。如果食品具备了适合于微生物繁殖的条件，则微生物迅速繁殖起来，并产生强烈的腐败作用。如果条件不够充分时，微生物繁殖缓慢，腐败作用也比较微弱。

微生物的生存和繁殖需要一定的环境条件，如氧气、温度、湿度等。其中温度是微生物的一个重要生活条件。由表 1-1 可知，当加热到一定高温时可以将微生物杀死；而保持在一定的低温时，就能阻止微生物繁殖，但不能将微生物杀死，一旦温度适宜，它又开始繁殖起来。因此，要防止由微生物引起的变质和腐败，必须将食品保存在稳定的低温环境中。

一般来讲，温度在 0℃左右即可阻止微生物的繁殖。但对于某些嗜冷性微生物，例如