

第一章 引起食品变质腐败的主要因素及其作用

[教学目标] 本章使学生了解蔬菜、水果、肉、蛋、奶、鱼、贝类及冷冻、罐藏、干制食品中的微生物及其引起的腐败，掌握引起食品变质腐败的生物学因素、化学因素和物理因素及其特性。

第一节 生物学因素

一、微生物

(一) 果蔬中的微生物及腐败变质

1. 果蔬的基本特征

2. 果蔬中的主要微生物及其腐败特征

3. 果蔬采后腐烂变质防治

- 物理防治：低温贮运、贮前处理、控制相对湿度
- 化学防治：专用保鲜剂（SO₂缓释片剂）
- 综合防治：物理+化学；采前+采后；杀灭+保护

4. 果蔬采后商品化处理

适时采收 → 分级 → 涂膜、包装 → 预冷 → 入库贮藏 → 冷链销售

(二) 肉制品中的微生物及腐败变质

1. 肉中的微生物

- 腐生微生物：细菌、霉菌、酵母菌。主要是细菌有假单孢菌属、无色杆菌属、黄杆菌属、微球菌属等。
- 病原微生物：沙门氏菌、炭疽杆菌、结核杆菌、李氏杆菌、口蹄疫病毒等
- 低温微生物：无色杆菌、产碱杆菌、莫拉氏杆菌、变性杆菌等。

2. 冷却肉中的初始菌相

假单胞菌属占 25~26%；乳酸细菌占 20~21%；微球菌和葡萄球菌属占 12~15%；热死环丝菌占 12~13%；肠杆菌科占 19~25%；酵母菌和霉菌占 5~7%

3. 肉的腐败现象

- 现象：发粘、出现色斑；蛋白质水解成氨、硫化氢、吲哚、腐胺和尸胺等的恶臭味
- 过程：从表面向内发展。早期：需氧微生物出现在肉的表面（假单孢菌、微球菌、芽孢杆菌等）中期：兼厌氧微生物（枯草杆菌、大肠杆菌）晚期：厌氧微生物（梭状芽孢杆菌）

4. 冷却肉加工技术

- 国内的肉冷工艺一般采用普通冷却间对肉进行冷却。首先经冷却间的温度预冷至

-3~-1℃，大批肉进入冷却间后，会导致库温升高，但最高不超过 3~4℃。当肉中心的温度达到 0~4℃时，冷却过程即告结束。

- 国外常采用两阶段快速冷却工艺。第一阶段在快速冷却间进行，空气温度为-15~-5℃，空气流速为 1.5~3m/s，经 2~4h 的冷却，食肉表面温度降至-15~-2℃，迅速形成表面干燥膜，而中心温度还在 16~25℃。然后在放在温度为 2~4℃的冷藏间，经 10~16h，使肉的内外温度基本一致

5. 时间温度指示卡

时间— 温度时间指示卡 (Time-Temperature Indicator, TTI) 是一种简单便宜的装置，作为包装的一部分，它可呈现出易于测量且与时间及温度相关的变化，这种变化通常表现为机械形变或者是颜色变化，能够反映出被指示产品的全部或部分温度历史

6. 冷却肉综合保鲜技术

- 原料来自健康畜群
- 实行 HACCP、GMP、SSOP 管理体系
- 降低冷却肉的初始菌数
- 保持恒定的贮存温度 (0-4℃)
- 实施综合保鲜措施 (栅栏因子理论)
- 天然防腐剂应用、气调包装技术、紫外线杀菌技术、辐射保鲜技术等

7. 双汇和 BANSS 冷却肉生产工艺流程

(三) 乳制品中的微生物及腐败变质

1. 乳品生产存在的主要问题

- 原料奶质量差
- 加工品种少

2. 乳的腐败变质

- 初期：乳链球菌、乳酸杆菌活动，产酸，pH 值下降，此时腐败菌受抑。当 pH 值降至 4.5 时，乳链球菌本身受到抑制，出现酸凝固，乳杆菌继续活动；当 pH 值达 3.5-3 时，绝大多数微生物被抑制
- 中期：酵母菌、霉菌开始活动，pH 升高，达中性，微生物繁殖加速
- 后期：假单孢菌、芽孢杆菌、黄杆菌、无色杆菌等，分解蛋白、脂肪，产生臭味，乳腐败变质

3. 乳的新鲜度检验

- 酸度检验：牛乳的酸度是表示乳中酸的数量，习惯用滴定酸表示。乳的酸度越高，表明乳的新鲜度和卫生状况越差
- 乳中各成分除乳脂肪[d(15℃/15℃)]小于 1 以外，其它成分均大于 1，比水重。因

此，若向乳中掺水，则 $[d(15^{\circ}\text{C}/15^{\circ}\text{C})]$ 下降。每掺入 10%的水， $[d(15^{\circ}\text{C}/15^{\circ}\text{C})]$ 下降约 0.003

(四) 鱼贝类中的微生物及腐败变质

1. 鱼贝类中的微生物

- 鲜鱼肉组织内也是无菌的，但是鱼的生活环境并不是无菌的，所以鱼的体表、鳃以及消化道内都有一定数量的微生物存在
- 一般海水鱼带有的可引起鱼体腐败变质的细菌，常见的是假单胞菌属、无色杆菌属、黄杆菌属、摩氏杆菌属等；淡水鱼除上述细菌外，还有产碱杆菌属、气单胞杆菌属、短杆菌属等细菌

2. 鱼贝类的后熟过程，僵直、解僵和自溶阶段

- 刚死时，鱼体肌肉柔软而富于弹性，状态与活体差不多。放置一段时间后，肌肉收缩变硬，缺乏弹性，口紧闭，鳃盖紧和不易打开，整个躯体挺直，鱼体已进入僵硬状态
- 死后僵硬发生的原因，主要是糖原无氧分解生成乳酸，ATP 发生分解反应；与此同时，肌球蛋白与肌动蛋白结合生成肌动球蛋白，肌肉收缩，使鱼体进入僵硬状态
- 当鱼体肌肉中的 ATP 分解完后，鱼体开始软化，形成的肌动球蛋白从肌节的 Z 线脱离。于是，肌肉松软，促进自溶作用
- 自溶作用同鱼的种类、保藏温度和 pH 有关。低温保藏中，酶活动受抑，自溶作用缓慢

3. 鱼贝类的腐败

- 腐败性微生物侵入鱼的皮肤时，促使鱼鳞的结缔组织发生蛋白水解，破坏了鱼鳞与皮肤相结合的坚韧性，使鱼鳞很容易同皮肤分离；眼角膜组织分解，眼部色泽混浊而模糊
- 腐败过程向组织深部移行时，鱼体组织的蛋白质、氨基酸分解为氨、三甲胺、硫化氢、吲哚、尸胺、组胺等腐败产物。这些产物多有毒，不能食用

4. 鱼贝类新鲜度检验

- 感官检验（眼球：明亮凸出，保持鲜鱼固有状态；眼球下陷，浑浊无光。鳃部：口鳃紧闭，色泽鲜红，气味正常；口鳃张开，色泽暗紫并有臭味。肌肉：弹性良好，鳞片完整并紧贴鱼体；松弛，失去弹性，鳞片灰暗色。体表：保持鲜鱼固有色泽；退色。腹部：坚实有弹性；松软、下陷或溃烂。）
- 化学检验（挥发性盐基氮（TVB-N），三甲胺氮（TMA-N），氨，K 值）
- 物理检验（持水率、电阻、硬度、弹性）

5. 鱼贝类的贮藏

- 冷水冷却：渔获物有水冷却和冷海水冷却。前者保冷温度在 $0\sim 3^{\circ}\text{C}$ ，保鲜期为 7~

10d; 后者保冷温度在-1~0℃, 保鲜期为 9~12d。

- 碎冰冷却: 冰:鱼 > 1
- 低温盐水微冻: -3~-1.5℃, 保鲜期为 20~27d。
- 冻结保藏: -18℃以下温度, 长期保藏。

(五) 蛋制品中的微生物及腐败变质

1. 蛋制品中的腐败微生物

- 腐生微生物: 细菌: 假单孢菌属、变性杆菌、产碱杆菌、埃希氏菌、沙雷氏菌等。
霉菌: 枝霉、青霉、毛霉
- 病原微生物: 沙门氏菌等

2. 蛋的腐败变质

- ◆ 微生物进入蛋壳后, 由于内蛋壳膜、蛋白膜的渗透性比蛋壳小, 所以大部分微生物集中在两膜之间。经过贮藏, 细菌分泌出一种溶解膜的酶, 将两膜破坏, 进入蛋白
- 细菌进入蛋白后会遇到蛋白中卵球蛋白 G 的溶菌破坏, 很难繁殖。
- ◆ 大约经过几个月后, 溶菌作用消失, 蛋白抵抗力减弱蛋白在细菌和酶的作用下分解为氨基酸、蛋白胨, 然后进一步分解产生硫化氢、氨气和粪臭素等

3. 蛋的腐败变质

粘壳蛋、散黄蛋、坏蛋和霉蛋

4. 蛋的鲜度鉴定

- 感官鉴定: 扩散面积小, 蛋黄圆形鼓凸, 浓厚蛋白鼓凸, 围着蛋黄的有大量蛋白, 水样蛋白量少
- 光照鉴定: 照蛋器。新鲜蛋蛋白近于无色或浅红色, 成胶状液包裹于蛋黄的周围, 蛋黄为朦胧的暗影, 转动蛋时, 蛋黄液随之转动。混浊则为不新鲜
- 蛋黄系数: 蛋黄高度 h/蛋黄直径 d。随贮藏时间延长, 蛋黄系数下降。新鲜蛋大于 0.44, 腐败时蛋黄系数在 0.25 以下

5. 蛋在保藏过程中的变化

- 质量减轻, 气室增大
- 蛋白层变化, 浓厚蛋白量逐渐减少, 外层稀薄蛋白增加蛋黄、蛋白的冻结点在长期冷藏后接近
- 酸碱值变化:
- 可溶性磷含量增加, 蛋黄中的卵磷蛋白、磷脂、甘油磷脂等逐渐分解

(六) 罐头食品中的微生物及腐败变质

1. 罐头食品中的微生物

- 低酸性食品 (pH > 4.6): 嗜热菌、嗜温厌氧菌、嗜温兼性厌氧菌等

- 酸性食品 (pH=3.7~4.6): 非芽孢耐热菌、耐酸芽孢菌
- 高酸性食品 (pH < 3.7): 霉菌及酵母

2. 罐头食品的腐败

- ◆ 胀罐
- 平酸腐败
- 黑变
- 发霉

(七) 冷冻食品中的微生物及腐败变质

1. 冷冻食品中的微生物

- 细菌: 嗜冷细菌及部分嗜温细菌 (假单孢菌、黄色杆菌、无色杆菌、小球菌等)
- 霉菌: 曲霉属、枝霉属、念珠霉属、根霉属、青霉属等
- 酵母: 酵母属、圆酵母属
- 真空冷藏: 兼性厌氧菌 (无色杆菌、变性杆菌、肠杆菌)、厌氧菌 (梭状芽孢杆菌)

2. 冷冻鱼中的微生物

- 冷藏鱼类: 假单孢菌、无色杆菌等
- 微冻鱼类: 假单孢菌、摩尔杆菌、弧菌等
- 冻结鱼类: 小球菌、葡萄球菌、黄色杆菌等

二、害虫和鼠类

(一) 害虫

- 危害食品的害虫种类繁多, 世界上有数百种, 大多数与昆虫和螨类。它们的共同特点是体小色暗, 适应力强, 耐高温和严寒, 食性复杂, 繁殖力强, 危害广泛。据 FAO 统计, 世界粮食被害虫危害造成的数量损失在 5% 以上, 这是个相当惊人的数字。害虫引起食品发热和霉变, 影响食品质量和数量损失, 影响食品卫生和人体健康

(二) 鼠类

- 鼠类是食性杂、食量大、繁殖快、适应强的啮齿类动物。危害食品的鼠类主要有褐家鼠、黄胸鼠和小家鼠。鼠类对食品的贮藏性危害极大。据 FAO 统计, 全世界粮食产量 3% 因鼠类而损失。此外, 鼠类还危害食品包装, 传播疾病

第二节 化学因素

一、酶的作用

(一) 食品中的酶

(二) 非酶褐变

- 美拉德反应 (Maillard Reaction): 食品中蛋白质、肽或氨基酸的氨基与还原糖的羰基

相互作用，最后生成暗褐色的类黑质。影响美拉德反应的因素除与除了羰基化合物和氨基化合物的结构有关外，还与温度、水分、pH 及金属离子等有关

- 抗坏血酸氧化褐变：经常发生在橙汁、猕猴桃汁、红枣等食品中。抗坏血酸发生自动氧化，生成脱氢抗坏血酸，脱氢抗坏血酸可与氨基酸反应生成红褐色产物。除能发生羰基反应外，还能发生自动氧化、脱羧、聚合等引起褐变
- 焦糖化反应：糖加热到熔点（150~200℃）时，生成粘稠状深褐色物质的过程，也叫焦糖色。贮藏中不发生。

3. 氧化作用

- 当食品中含有较多的诸如不饱和脂肪酸、维生素等不饱和化合物，而在贮藏、加工及运输等过程中又经常与空气接触时，氧化作用将成为食品变质的重要因素
- 在因氧化作用引起的食品变质现象中，油脂的自动氧化和维生素、色素的氧化是特别重要的。上述变质现象会导致食品的色泽、风味变差，营养价值下降及生理活性丧失，甚至会生成有害物质。这些变质现象容易出现在干制食品、盐腌食品及长期冷藏而又包装不良的食品中，应予以重视
- 脂肪的氧化受温度、光线、金属离子、氧气、水分等影响而加速。因而食品在贮藏过程中应采取低温、避光、隔绝氧气、降低水分、减少与金属离子的接触、添加抗氧化剂等措施，都可以防止或减轻脂肪氧化酸败对食品产生不良的影响
- 另外，氧气的存在也有利于需氧性细菌、产膜酵母、霉菌及食品害虫等有害生物的生长，同时也能引起罐头食品中金属容器的氧化腐蚀，从而间接地引起食品变质

第三节 物理因素

一、温度

- 温度是影响食品质量变化最重要的环境因素，它对食品质量的影响表现在多个方面。食品中的化学变化、酶促反应、鲜活食品的生理作用、生鲜食品的僵直和软化、微生物的生长繁殖、食品的水分含量及水分活度等无不受温度的制约。温度升高引起食品的腐败变质，主要表现在影响食品中发生的化学变化和酶催化的生物化学反应速度以及微生物的生长发育程度
- 根据范特荷夫（Van' t Hoff）规则：温度每升高 10℃，化学反应的速度大约增加 2~4 倍。这是由于温度的升高，反应速度常数 k 值增大的缘故。在生物科学和食品科学中，范特荷夫规则常用 Q_{10} 表示，并被称为温度系数（temperature coefficient），即

$$Q_{10} = \frac{v_{(t+10)}}{v_t}$$

- 温度对食品的酶促反应速度的影响比对非酶反应的影响复杂，这是因为一方面温度升

高，酶促反应速度加快，另一方面当温度升高到使酶的活性被钝化时，酶促反应就会受到抑制或停止。在一定的温度范围内，温度对酶促反应的影响也常用温度系数 Q_{10} 来表示。如新鲜果蔬的呼吸作用是由一系列的酶催化的，温度升高 10°C ，呼吸强度要增加到原来的 $2\sim 4$ 倍

二、水分

- 水分不仅影响食品的营养成分、风味物质和外观形态的变化，而且影响微生物的生长发育和各种化学反应，因此食品的水分含量，特别是水分活度，与食品的质量有十分密切的关系
- 由于水分的蒸发，一些新鲜果蔬等食品会导致外观萎缩，使鲜度和嫩度下降。一些组织疏松的食品，因干耗也会产生干缩僵硬或重量损耗
- 原来水分含量和水分活度符合贮藏要求的食品在贮藏过程中，如果发生水分转移，有的水分含量下降了，有的水分含量上升了，水分活度也发生了变化，不仅使食品的口感、滋味、香气、色泽和形态结构发生变化，而且对于超过安全水分含量的食品，会导致微生物的大量繁殖和其它方面的质量劣变

三、光

- 光线照射也会促进化学反应。如脂肪的氧化、色素的褪色、蛋白质的凝固等因光线的照射而促进反应。清酒等放置在光照的场所，从淡黄色变成褐色。紫外线能杀灭微生物，但也会使食品的维生素 D 发生变化。所以食品一般要求避光贮藏，或用不透光的材料包装

四、氧

- 空气组分中 79% 的氮气对食品不起什么作用，而只占 20% 左右的氧气因性质非常活泼能引起食品中多种变质反应和腐败。首先，氧气通过参与氧化反应对食品的营养物质（尤其是维生素 A 和维生素 C）、色素、风味物质和其它组分产生破坏作用。其次，氧气还是需氧微生物生长的必需条件。在有氧条件下，由微生物繁殖而引起的变质速度加快，食品贮藏期缩短

五、其它因素

- 除了上述因素外，还与许多因素能导致食品变质，包括机械损伤、环境污染、农药残留、滥用添加剂和包装材料等，这些因素引起的食品变质现象不但普遍存在，而且十分重要
- 综上所述，食品腐败变质的原因有各种各样，而且常常是多种因素作用的结果。重要的是对各种因素了解清楚，掌握其特性，找出相应的防止措施，应用于不同的产品及其加工食品