

食品工艺学重点

1 绪论

1.1 食品：可供人类食用或具有可食性的物质。

食物：指各种供人食用或者饮用的成品和原料以及按照传统既是食品又是药品的物品，但不包括以治疗为目的的物品。

1.2 食品的分类：按原料来源分；按加工工艺分；按产品特点分；按食用对象分。

1.3 食品的功能：营养功能、感官功能、保健功能

营养功能：食品中的主要营养成分为蛋白质、碳水化合物（糖）、脂肪、维生素、矿物质、膳食纤维。一种食品的最终营养价值取决于营养素全面和均衡；体现在食品原料的获得、加工、贮藏和生产全过程中的稳定性和保持率方面；体现在营养成分是否以一种能在代谢中被利用的形式存在，即营养成分的生物利用率方面。

感官功能：外观、质构、风味

保健功能：对疾病的预防作用、益智、美容、提神、助消化、清火等。功能性食品——指含有功能因子和具有调节机体功能作用的食物。

1.4 食品的特性：安全性、保藏性、方便性

安全性：指食品必须是无毒、无害、无副作用的，应当防止食品污染和有害因素对人体健康的危害以及造成的危险性，不会因食用食品而导致食源性疾病的发生或中毒和产生任何危害作用。

保藏性：指在一定时期内食品应该保持原有的品质或加工时的品质或质量。一般食品的货架寿命取决于加工方法、包装、贮藏条件等。

方便性：便于食用、携带、运输和保藏。

1.5 食品管理的三个层次：普通食品、特殊膳食用食品、保健食品

普通食品：指具有营养或感官功能或兼有营养和感官两者功能的食物。

特殊膳食用食品：为了满足某些特殊人群的生理需要，或某些疾病患者的营养需要，按特殊配方而专门加工的食物。

保健食品：指表明具有特定保健功能的食物，即适宜于特定人群食用，具有调节机体功能，不以治疗疾病为目的的食物。

1.6 食品加工：就是将食物或原料经过劳动力、机器、能量及科学知识，把他们转变成半成品或可食用的产品的过程。

1.7 食品加的有关重要概念有增加热能或提高温度（最公认的是商业灭菌），减少热能或降低温度，脱水或降低水分含量，利用包装来维持通过加工操作建立的理想的产品特性。

1.8 商业灭菌：就是利用既定的温度 / 时间关系选择性地消除食品中的致病菌芽孢。

1.9 食品加工的目的：满足消费者要求、延长食品的保藏期、增加食品的安全性、提高附加值。

1.10 食品工艺：就是将原料加工成半成品或将原料和半成品加工成食品的过程和方法，它包括从原料到成品或将配料转变成最终消费品所需要的加工步骤或全部过程。

1.11 食品工业 4 大类：食品加工业、食品制造业、饮料制造业、烟草加工业

1.12 食品工艺学：是根据技术上先进、经济上合理的原则，研究食品的原材料、半成品和成品的加工过程和方法的一门应用科学。

1.13 食品工艺学研究内容和范围：

根据食品原料的特性，研究食品的加工保藏；

研究食品质量要素和加工对食品质量的影响；

创造满足消费者需求的新型食品；

研究充分利用现有食物资源和开辟食物资源的途径；

研究加工或制造过程，实现食品工业生产的合理化、科学化和现代化。

1.14 引起食品变质的原因：微生物的作用、酶的作用、物理化学作用。

1.15 食品保藏的途径：

运用无菌原理：即杀灭食品中的腐败菌、致病菌以及其他微生物或使微生物的数量减少到能使食品长期保存所允许的最低限度。

抑制微生物活动：利用某些物理、化学因素抑制食品中微生物和酶的活动，这是暂时性的保藏方法。

利用发酵原理：利用某些有益微生物的活动产生和积累的代谢产物如酸和抗生素来抑制其他有害微生物的活动。

维持食品最低生命活动：温度是影响果蔬贮藏质量最重要的因素，同时控制贮藏期中果蔬贮藏环境中适当的氧和二氧化碳等气体成分的组成是提高贮藏质量的有力措施。这种在低温下调节果蔬贮藏环境的气体成分的方法简称为气调贮藏，目前常用的有气调冷藏库贮藏法和薄膜封闭气调法。

1.16 食品的质量要素：食品感官指标、营养素含量、卫生指标和保藏期等方面。

1.17 加工对质量的影响：一方面可改善食品的质量；一方面若加工不当，则产生相应的质量问题。加工影响质量变化将随加工类型和加工强度的变化而变化。所有的热加工都对产品有影响，取决于温度的高低。

2 水分活度与保存

2.1 食品中水分存在的形式：结合水和自由水。结合水是指不易流动、不易结冰（即使在 -40℃ 下），不能作为外加溶质的溶剂，其性质显著地不同于纯水的性质，这部分被化学或物理的结合力所固定。自由水是指食品或原料组织细胞中易流动、容易结冰也能溶解溶质的这部分水，又称为体相水，可以把这部分水与食品非水组分的结合力视为零。

2.2 水分活度的定义：衡量水结合力的大小或区分自由水和结合水，可用水分子的逃逸趋势（逸度）来反映，将食品中水的逸度与纯水的逸度之比称为水分活度， A_w 。食品加工中，水分活度通常定义为食品表面测定的水蒸汽压（ p ）与相同温度下纯水的饱和蒸汽压（ p_0 ）之比（水分活度测定仪的原理）。

2.3 影响 A_w 大小的因素：通常取决于食品中水分存在的量、温度、水中溶质的浓度、食品水分、水与非水部分结合的强度等。

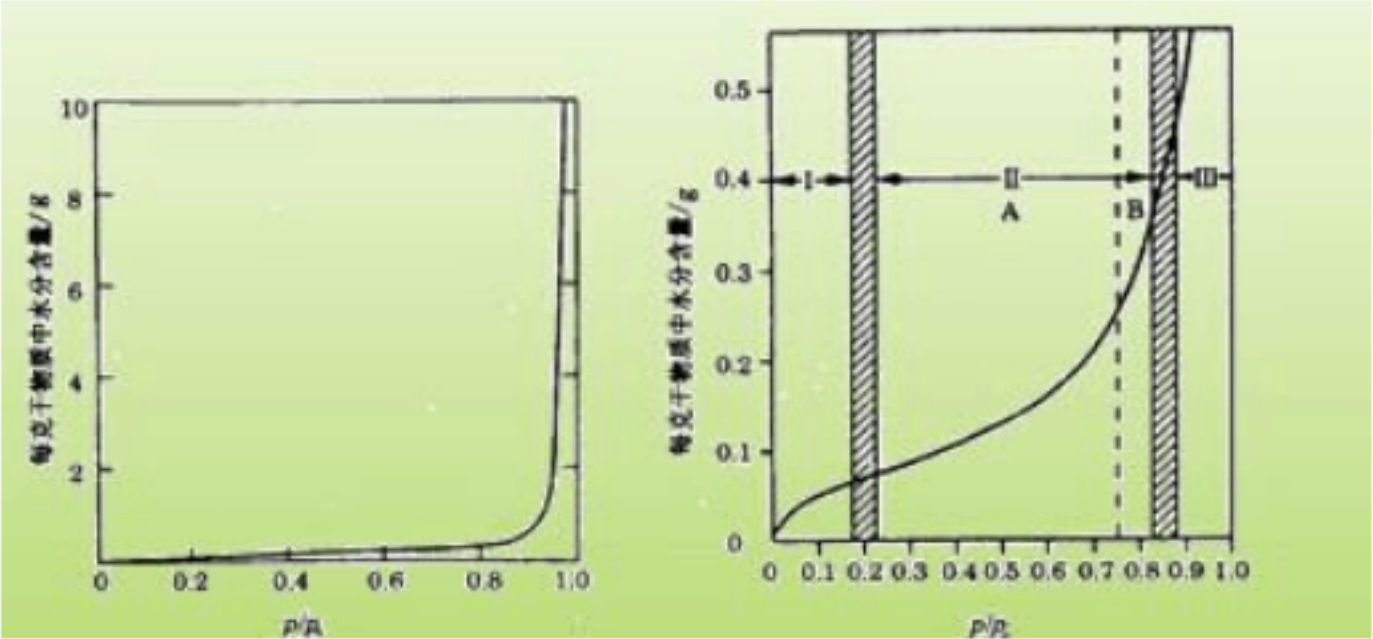
2.4 食品 A_w 与水分含量的关系 - 水分吸附等温线：

吸附：食品从它的表面附近空气中吸收水蒸气而增加其水分的现象。

解吸：食品中水分蒸发，其蒸汽压相应下降，从而水分含量降低的现象。

水分吸附等温线：在恒定温度下，以 A_w （或相对湿度）对水分含量作图所得到的曲线为水分吸附等温线，缩写为 WSI。

WSI：



高水分含量范围的水分吸附等温线，呈反向 L 形。

水分含量范围的水分吸附等温线，呈反 S 形。该等温线可分为 、 、 三个区域，在 区中水是最强烈的吸附和最少流动的，这部分水通过 离子或偶极相互作用 与可接近的极性部分结合，在 -40 时不能冻结，可看做固体的一部分，为食品中所含有的不能除去而又很稳定的最大水量，占总水量的 1%以下。在 区中水通过 氢键 与相邻的水分子和溶质分子缔合，相当于多层吸附水，它的流动性与体相水差，其中大部分在 -40 不能结冰，它与 区总水分通常在总水量的 5%以下。在 区中是在凝胶或细胞体系中被物理截留的体相水，宏观流动受到阻碍，但其他方面的性质与稀盐溶液中的水类似，可以被冻结，类似于自由水，易被脱水除去，通常这种水的含量占高水分食品总水量的 95%以上。

MSI 与温度有关，因温度影响 A_w ，于是对 MS 也有一定影响。

吸附与解吸：



食品在相对湿度高的环境中吸附水时 A_w 和水分含量的关系符合 MSI，但在解吸时如湿食品被干燥时或在相当湿度低的环境下释放出水分时，以水分含量与 A_w 作图可得到解吸等温曲线，其形状与 MSI 相似，但这两条等温线，除首尾两端之外并不重合，根据两条曲线的相对位置，在相同水分含量下，解吸曲线中 A_w 比 MSI 中要低，这种现象称为 吸附滞后现象 ，形成了 MSI 滞后环。

2.5 水分活度与食品保藏性的关系： A_w 对微生物生长的影响、 A_w 与酶活性的关系、 A_w 对化学变化的影响

A_w 对微生物生长的影响：各种微生物都有它自己生长最旺盛的适宜 A_w ， A_w 下降，它们的生长率也下降，最后， A_w 还可以下降到微生物停止生长的水平。 A_w 能改变微生物对热、光和化学试剂的敏感性。不同类群微生物生长繁殖的最低 A_w 的范围是：大多数细菌为 0.94-0.99，大多数霉菌为 0.80-0.94，大多数耐盐细菌为 0.75，耐干燥霉菌和耐高渗透压酵母为 0.60-0.65。在 $A_w < 0.6$ 时，绝大多数微生物就无法生长了。微生物在不同的生长阶段，所需的 A_w 也不一样。

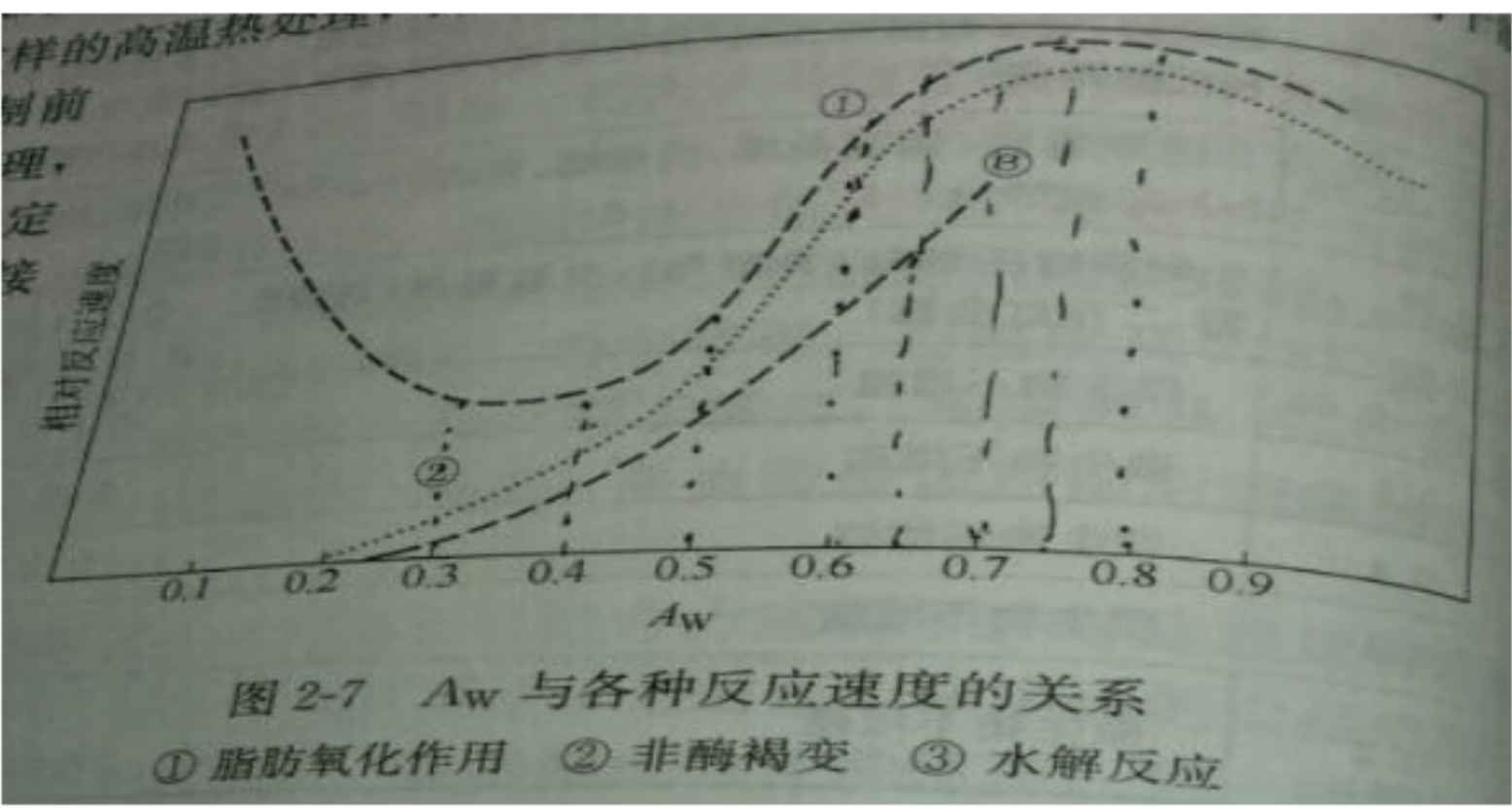
A_w 与酶活性的关系：水分活度对酶活性的影响主要通过以下途径：

- 水作为运动介质促进扩散作用；
- 稳定酶的结构和构象；
- 水是水解反应的底物；
- 破坏极性基团的氢键；
- 从反应复合物中释放产物。

酶活性随 A_w 的提高而增大，通常在 A_w 为 0.75-0.95 的范围内酶活性达到最大。在 $A_w < 0.65$ 时，酶活性降低或减弱，但要抑制酶活性， A_w 应在 0.15 以下。酶在湿热条件下易钝化，在干热条件下难于钝化。

A_w 对化学变化的影响：氧化反应和褐变反应

水对食品中化学反应的影响比对微生物的影响更为复杂，水分活度并不是确定最低化学反应的唯一参数。



脂肪氧化： A_w 小于 0.1 的干燥食品因氧气与油脂结合的机会多，氧化速度非常快；当 A_w 大于 0.55 时，水的存在提高了催化剂的流动性而使油脂氧化的速度增加；而 A_w 在 0.30-0.40 之间时，食品中水分子与过氧化物发生氢键结合，减缓了过氧化物分解的初期速率，且水能与微量的金属离子结合，产生不溶性金属水合物而使其失去催化活性。

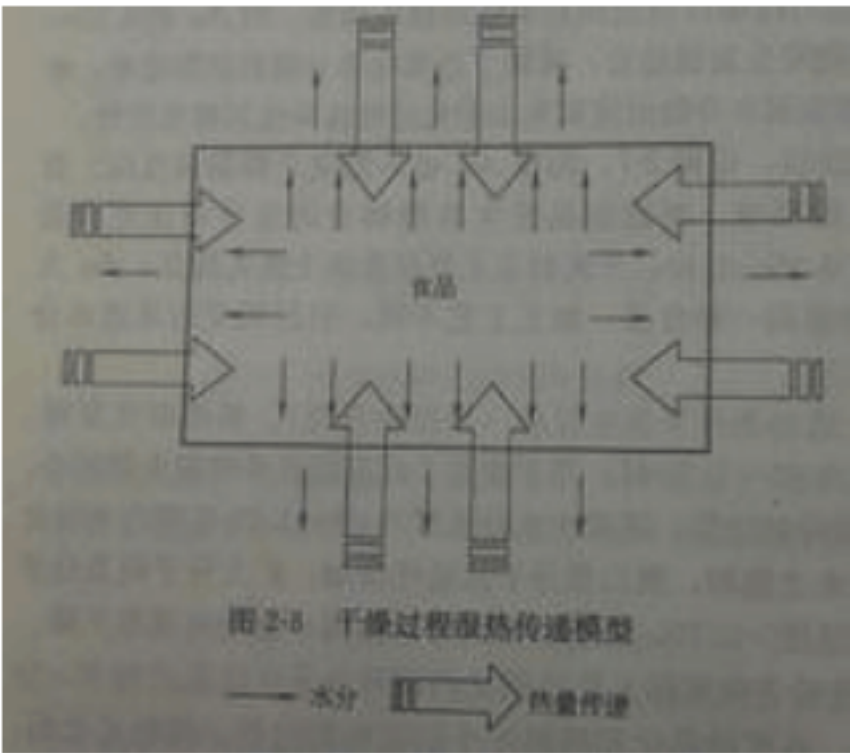
非酶褐变：食品 A_w 为 0.60-0.80 时，最适合非酶褐变。美拉德反应：通常水分活度 0.65-0.70 范围内不同食品中的水分含量变化较大，蛋白质吸水达饱和，蛋白质分子流动性增加，扩大分子间及分子内的分子重排，使褐变增加；当水分活度 > 0.70 ，由于水分的稀释作用，使反应速率下降。

淀粉老化：实际是，以糊化的淀粉分子在放置过程中，分子之间自动排序成列，形成结构致密、高度结晶化和溶解度小的淀粉的过程。

蛋白质的氧化： A_w 的增加会加速蛋白质的氧化作用。

3 干制过程变化

3.1 干燥过程湿热传递模型

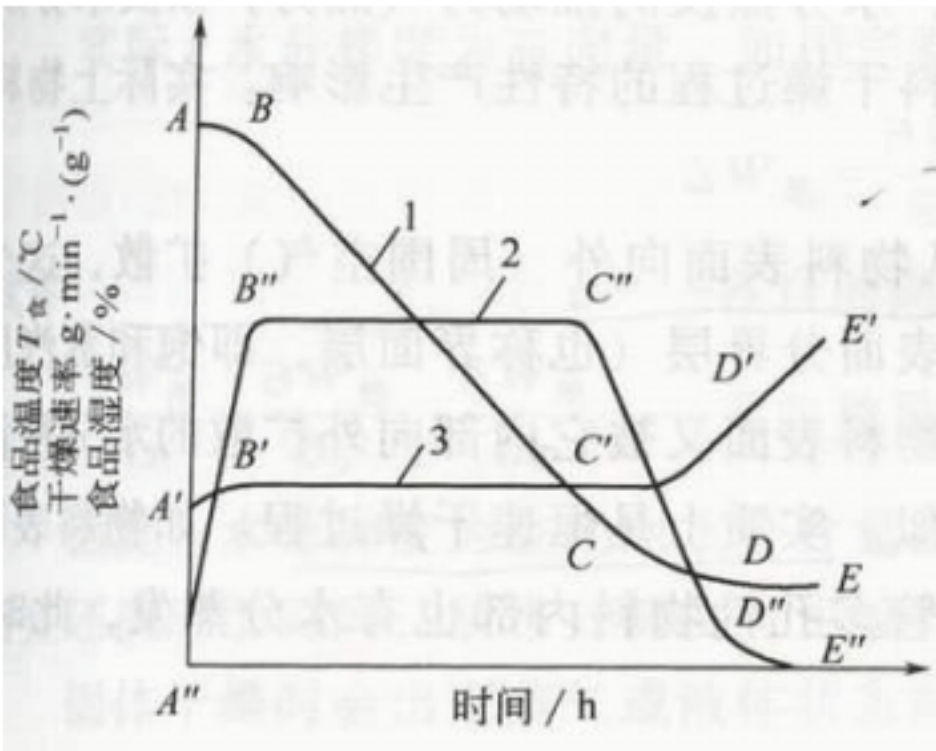


在干制过程中，如果考虑在简单情况下，则食品表面水分受热后首先由液态转化为气态（即水分蒸发），而后水蒸气从食品表面向周围介质中扩散，于是食品表面水分含量低于它的内部，随即在食品表面和内部区间建立了水分差或水分梯度，会促使食品内部水分不断地向表面转移，这样不仅减少了表面水分，而且也使内部水分不断减少。但在复杂的情况下，水分蒸发也会在食品内部某些区间或甚至于全面进行，因而食品内部水分就有可能以液态或蒸汽状态向外扩散转移。同时，当食品置于热空气的环境或条件下，食品一与热空气接触，热空气中的热量就会首先传到食品表面，表面的温度则相应高于食品内部，于是在食品表面和内部就会出现相应的温度差或温度梯度，随着时间的延长，食品内部的温度会达到与表面相同温度，这种温度梯度的存在也会影响食品干燥过程。

3.2 导湿温性：在空气对流干燥中，食品物料表面受热高于它的中心，因而在物料内部会建立一定的温度梯度。

雷科夫首先证明 温度梯度将促使水分（无论液态或气态）从高温处向低温处转移。这种由温度梯度引起的导湿现象被称为导湿温性。

3.3 干燥曲线：



食品水分含量曲线，初始温度梯度使水分的迁移受阻，水分下降缓慢（AB）；随着温度的传递，温度梯度减小或消失，水分含量出现快速下降（BC）；C点水分含量为干燥的第一临界水分，之后水分下降缓慢，此时

食品中水分主要为多层吸附水；最终水分达到平衡水分（**DE**）。

干燥速率曲线，**B'C'**为恒速干燥阶段，或第一干燥阶段；**C'**是干燥过程的临界点，是干燥由表面汽化控制到内部扩散控制的转变点，是物料由去除非结合水到去除结合水的转折点。

食品温度曲线，**AB**是食品初期加热阶段；达到**B**点，物料表面温度等于水分蒸发温度，即和热空气干球温度和湿度相适应的湿球温度；达到**C**点时，干燥速率下降，空气对物料传递的热量已大于水分汽化所需的潜热，因而物料的温度不断上升，物料表面温度比空气湿球温度越来越高；当干燥达到平衡水分，干燥速度为零，食品温度则上升到和热空气温度相等，为空气的干球温度（**E**）。

3.4 影响干制的因素：干制条件的影响、食品性质的影响

干制条件的影响：温度、空气流速、空气相对湿度、大气压和真空度

温度：增加温度可以通过影响内部水分迁移（降速阶段）和外部水分扩散（恒速阶段）使干燥加快。饱和蒸汽层阻碍水分外逸；过高温度对食品引起不必要的化学和物理反应。

空气流速：空气流速越快，食品干燥也越迅速，会使干燥恒速期缩短。

空气相对湿度：空气相对湿度越低，食品干燥速率也越快，因为食品表面和干燥空气之间的水分蒸汽压差是影响外部质量传递的推动力。

大气压和真空度：气压影响水的平衡关系，进而能影响干燥。真空条件下，加速食品水分的蒸发。

食品性质的影响：表面积、组分定向、细胞结构、溶质的类型和浓度

表面积：表面积增大，有利于干燥。

组分定向：食品微结构的定向影响水分从食品内转移的速率。水分从食品内转移在不同方向差别较大，这取决于食品组分的定向。

细胞结构：细胞结构间的水分比细胞内的水更容易除去。因为细胞内的穿过细胞边界有一个额外的阻力，当细胞破碎时，有利于干燥。

溶质的类型和浓度：食品组成决定了干燥时水分子的流动性，特别是在低水分含量的时候，食品中的溶质如糖、淀粉、盐、蛋白质与水相互作用，会抑制水的流动性，降低干燥速率。

3.5 干制对食品品质的影响

干制过程中食品的主要变化：物理变化、化学变化

物理变化：干缩、干裂、表面硬化、多孔性形、热塑性、溶质的迁移

干缩、干裂：细胞失去活力后，它仍不同程度地保持原有的弹性。但受力过大，超过弹性极限，即使外力消失，它再也难以恢复原来的状态。干缩正式物料失去弹性时出现的一种变化，这也是不论有无细胞结构的食品干制时最常见、最显著的变化之一。高温快速干燥时食品块（片）表面层远在物料中心干燥前已干硬，其后中心干燥和收缩就会脱离干硬膜而出现内裂、孔隙和蜂窝状结构。高温快速干燥制品密度低，复原迅速，体积大，易于氧化。

表面硬化：是食品物料表面收缩和封闭的一种特殊现象。物料表面温度很高，就会因为内部水分未能及时转移至物料表面使表面迅速形成一层干燥薄膜或干硬膜。它的渗透性极低，以致将大部分残留水

分保留在食品内，同时还使干燥速率急剧下降。高浓度糖分和可溶性物质的食品中最容易出现表面硬化，主要由于微孔收缩和被溶质堵塞的双重作用。若降低食品表面温度使物料缓慢干燥，或适当“回软”再干燥，一般就能延缓表面硬化。

多孔性：快速干制时食品物料表面硬化及其内部蒸汽压的迅速建立会使物料成为多孔性制品。真空干燥时的高度真空也会促使水蒸气迅速蒸发并向外扩散，从而制成多孔性的制品。

热塑性：可称为热塑性物料的食品，指加热时会软化的物料，如糖浆或果浆，因为它所含的物质在高温时会软化或熔化。冷却会硬化成晶体或无定型玻璃态而脆化，便于拿取。为此，大多数输送带式干燥设备内常设有冷却区。

溶质的迁移：食品物料所含有的水分中，一般都有溶解于其中的溶质如糖、盐、有机酸、可溶性含氮物等，当水分在脱水过程中由物料内部向表面迁移时，可溶性物质也随之向表面迁移。可溶性物质在干燥物料中的均匀分布程度与脱水工艺条件有关。

化学变化：营养成分、色素、风味、质地、粘度、复水率、贮藏期

营养成分：食品干燥后失去水分，故 每单位质量干制食品中营养成分 如蛋白质、脂肪、碳水化合物等的含量反而增加。同时复水干制品较于新鲜食品，它的 品质 不如新鲜食品，且脱水食品有损耗。

蛋白质 蛋白质对高温敏感，在高温下蛋白质易变性，组成蛋白质的氨基酸与还原糖发生作用，产生美拉德反应而褐变。另外，含蛋白质较多的干制品在复水后，其外观、含水量、硬度等均不能回到新鲜时的状态，这主要是由于蛋白质的变性而导致的。降解产生硫味，由于二硫键的断裂。冷冻干燥引起的蛋白质变性要比其他方法轻微的多。

脂肪 高温脱水时脂肪氧化比低温时严重得多，应注意添加抗氧化剂

碳水化合物 葡萄糖、果糖等糖类很不稳定，在高温长时间的条件下，易分解而导致损耗。高温易焦化；酸性环境，发生褐变。

维生素 部分水溶性维生素易被氧化而损失掉，预煮和酶钝化处理也使其含量下降。维生素损耗程度取决于干制前的物料 预处理条件 及选用的 脱水干燥方法 以及干制食品 贮藏条件 和情况。

色素：食品的色泽随物料本身的物化性质而改变，干燥会改变食品的物理化学性质，使其反射、散射、吸收传递可见光的能力发生变化，从而改变食品的色泽。温度越高，处理时间越长，色素变化量也就越多。褐变反应也是促使干制品变色的一个主要原因。在干制前进行酶 钝化 处理避免酶促褐变；水果 熏硫处理不仅能抑制酶促褐变，而且能延缓美拉德反应； 低温贮藏 也能使褐变反应减缓。

风味：引发一些挥发物质的去除，导致风味的变差。三种防止风味物质损失的方法，芳香物质 回收；采用 低温干燥 以减少挥发；在干燥前预先 添加包埋物质 如树胶等，将风味物质包埋、固定，从而阻止风味物质外逸。

干制品的复水性：指新鲜食品干制后能重新吸收回水分的程度。干制品复水后恢复原来新鲜状态的程度是衡量干制品品质的重要指标。

合理选用干制工艺条件：食品干制条件主要由干制过程中 控制干燥速率 、物料临界水分 和干制食品品质的主要参变数 组成。以热空气 为干燥介质，其温度、相对湿度和流速等参数和食品温度是它的主要工艺条件。

温度是干燥过程中控制食品品质的重要因素。

合理选用干制工艺条件的基本原则如下：

食品干制过程中所选用的工艺条件，必须使食品表面的水分蒸发速率尽可能等于食品内部的水分扩散速率，同时力求避免在食品内部建立起和湿度梯度相反的温度梯度，以免降低食品内部的水分扩散速率。

在恒速干燥阶段，物料表面温度不会高于湿球温度。

在开始降速干燥阶段，食品表面水分蒸发接近结束，应设法降低表面蒸发速率，使它能和逐步降低了的内部水分扩散率一致，以免食品表面过度受热，导致不良后果。

干燥末期，干燥介质的相对湿度应根据预期干制品水分含量加以选用。

食品的干制方法：自然干制、人工干制

自然干制：晒干、晾干、阴干等。

人工干制：空气对流干燥、接触干燥、真空干燥、冷冻干燥

空气对流干燥：以热空气为干燥介质，自然或强制地对流循环的方式与食品进行湿热交换，物料表面上的水分即汽化，并通过表面的气膜向气流主体扩散；与此同时，由于物料表面水分汽化的结果，使物料内部和表面之间产生水分梯度差，物料内部的水分因此以气态或液态的形式向表面扩散。

喷雾干燥：是利用不同的雾化器将溶液、乳浊液、微粒的悬浊液或含有水分的浆糊状物料在热风中喷雾成细小的液滴，在其下落过程中，水分被迅速汽化而成为粉末状或颗粒状的产品。

喷雾干燥原理：在干燥塔顶部导入热风，同时将料液泵送至塔顶，经过雾化器喷成雾状的液滴，这些液滴的表面积很大，与高温热风接触后水分迅速蒸发，在极短的时间内便成为干燥产品，从干燥塔底部排出。热风与液滴接触后温度显著降低，湿度增大，它作为废气由排风机抽出，废气中夹带的微粒用分离装置回收。热空气进口处温度会达到200左右，液滴与热空气是瞬间接触，温度一般不会超过湿球温度82。

喷雾干燥的特点和应用：干燥速度十分迅速，产品基本上保持与液滴相近似的中空球状或疏松团粒状的粉末状，具有良好的分散性、流动性和溶解性。喷雾干燥生产过程简单、操作控制方便，适宜于连续化大规模生产；但设备比较复杂，热消耗大，动力消耗大。只适用于能喷成雾状的食品，产品风味要稍差，粉末颗粒发粘。

接触干燥：指被干燥物料与加热面处于直接接触状态，蒸发水分的能量来自于被加热的固体接触面，热量已传导的方式传递给物料，热源常用热蒸汽、油和电热。

真空干燥：一些食品在温度较高的情况下（ $>85^{\circ}\text{C}$ ）干燥时易发生褐变、氧化等反应，引起产品风味、外观和营养价值的影响或损害，因而希望在较低的温度下进行干燥。但低温时水分蒸发慢，如果降低大气压，在低压下则水分的沸点相应降低，从而水分沸腾易产生水蒸气，真空干燥就是基于这样的原理而进行的，即在低气压（一般0.3-0.6kPa）条件下，可较低温度下（ $37-38^{\circ}\text{C}$ ）（液态-气态）干燥食品。

冷冻干燥：是利用冰晶升华的原理，在高度真空的环境下，将已冻结了的食品物料的水分不经过冰的

融化直接从冰固体升华为蒸汽，一般的真空干燥物料的水分是在液态下转化为汽态而将食品干制，故冷冻干燥又称冷冻升华干燥。

冷冻干燥过程：

初级干燥 / 升华干燥 在冰晶形成后，通过控制冷冻干燥机中的真空度和注意补充热量，冰可快速升华，食品中形成的全部冰被全部升华完毕的过程。

二级干燥 当食品中的冰全部升华完毕，升华界面消失时，干燥就进入另一个阶段，称为二级干燥。剩余的水分即是未结冰的水分，在很低冷冻温度下水处于玻璃态，必须补加热量使之加快运动而克服束缚从而外逸出来。但此时应注意 温度补加不能太快，以避免食品温度上升快而使原先形成的固态框架结构变为易流动的液态状，从而导致食品的固态框架瘪塌，干制品瘪塌时的温度称为 瘪塌温度。在瘪塌中冰晶体升华后的空穴随着食品流失而消失，食品密度减小，复水性差（疏松多孔结构消失）。食品的瘪塌温度就是 玻璃态转化温度。

3.6 干制品包装前的预处理：

筛选分级

均湿处理：有时晒干或烘干的干制品，由于翻动或厚薄不均以及不同的批次之间，会造成制品中水分含量不均匀一致（内部亦不均匀），这是需要将它们放在密闭室内或容器内短暂贮藏，使水分在干制品内部及干制品之间重新扩散和分布，从而达到均匀一致的要求，这称为均湿处理。

灭虫处理：烟熏是控制干制品中昆虫和虫卵常用的方法。

压块（片）：若干制品能在不受损伤的情况下压缩成密度较高的块状，那么就可以有效地节省装运和贮藏容积。

速化复水处理：加快低水分干制品的复水速度，可采用压片法、刺孔法、粉体附聚大颗粒。

干制品必须贮藏在光线较暗、干燥和低温的地方，以 0-2 最好，不宜超过 10-14，相对湿度最好在 65%以下。

4 食品杀菌

4.1 物理：热处理、微波、辐射、过滤等

热处理杀菌：加热到大于 100，目的：杀灭在食品正常保质期内可导致食品腐败变质的微生物及其孢子；钝化食品中酶的活性；同时造成食品的色香味、质构及营养成分等质量因素的不良变化。最有效、最经济、最简便。

【商业杀菌】食品罐藏的基本工序：经过商业杀菌的产品俗称“罐头”，用罐头这种形式来保藏食品

就是罐藏食品。罐藏食品的生产过程由预处理、装罐、排气、密封、杀菌、冷却和后处理等工序组成。

装罐：工艺要求——装罐迅速，不要积压；保证净重和固形物含量；原料需要合理搭配；保留适当顶隙（指罐盖内表面到食品内容物上表面之间的距离，3-8mm，目的是保证罐内经排气后能产生真空，方便对净重的调节）。预封。

排气：目的——降低杀菌时罐内压力，防止变形、裂罐、胀袋等现象；防止好氧性微生物生长繁

殖；减轻罐内壁的氧化腐蚀；防止和减轻营养素的破坏及色、香、味成分的不良变化。

密封：金属罐密封，在封口机械的作用下，罐盖和罐身的边沿分别形成罐盖钩和罐身钩，并相互钩合和贴紧，形成的卷边结构称为“二重卷边”；玻璃罐密封，瓶口部分和适当的瓶盖相配合，形成良好的密封。

杀菌：杀菌方式——常压水杀菌、高压蒸汽杀菌、高压水杀菌、其他杀菌方式（火焰杀菌、微波杀菌、电阻杀菌等）

杀菌时影响罐内压力变化的因素——内容物的性质、容器的性质、罐内顶隙
杀菌过程（对于高压杀菌，分为升温阶段、恒温阶段、降温阶段，升温不能太快，保证一定的升温时间）。

冷却：冷却方法——水池冷却、锅内常压冷却、锅内加压冷却、空气冷却，高压杀菌一般都采用反压冷却。反压冷却——在恒温阶段结束使，首先加入压缩空气将锅内压力上升到规定的发压值，然后再进行冷却。反压冷却提高了冷却速度，减小了压差，保证了产品质量。冷却终点——罐温 38-40 。

检查：外观检查、保温检查、敲检、真空度检查、开罐检查

罐藏食品发生腐败变质的现象和原因

现象：胀罐、瓶盖酸败、硫化黑变、霉变

原因：初期腐败、杀菌不足、杀菌后污染、嗜热菌生长

【巴氏杀菌】目的——钝化可能造成产品变质的酶类物质，以延长冷藏产品货架期；杀灭食品物料中可能存在的致病菌营养细胞，以保护消费者的健康不受危害。巴氏杀菌处理的强度——取决于产品的 PH，高 PH 需要相对强烈的热处理。

【热烫】应用于水果和蔬菜等固体物料。目的——钝化食品中的酶；减少残留在产品表面的微生物营养细胞；驱除水果或蔬菜细胞间的空气（对于罐藏食品很重要）；保持或巩固大部分水果和蔬菜的色泽。

热处理与产品质量：

【商业杀菌】色素物质、风味、质构或粘度，大多数情况下高温可降低粘度。

【巴氏杀菌】与商业杀菌相比，这些温和热处理对食品质量属性的影响较小。 “超高温瞬时（UHT）”
技术进行杀菌处理， 120 、 1min、闪蒸

【热烫】与巴氏杀菌相似

4.2 化学：各种防腐剂和抑菌剂

4.3 生物：各种微生物或能产生抗生素的微生物

食品热处理的主要目的：以降低无益生物物质如微生物和酶的活性为目的，是保藏热处理，分为热烫、巴氏杀菌、杀菌；以物理特性变化如面团转化为面包为目的，是转化热处理，分为蒸煮、烘烤、油炸。

食品的传热

传热方式：传导、对流、辐射

影响传热的因素：罐内食品的物理性质、初温、容器杀菌锅

产热测定：一般是指对罐头中心温度（或称冷点温度）的测定，冷点指罐头在杀菌冷却过程中，温度变化最缓慢的点。

罐藏食品杀菌时间的计算方法：比奇洛基本法、鲍尔改良法

5 超高温灭菌乳饮料

5.1 超高温瞬时杀菌技术：UHT，一般是用喷射蒸汽加热液态食品物料，使温度迅速上升到 120 甚至更高，经过少于 1min 的恒温，紧接着闪蒸冷却到较低的温度。加热时增加的水分在闪蒸时被除去。经过这种处理，食品中的微生物数量显著减少，食品的货架期得以延长；与此同时，与低温长时的处理过程相比，所有质量特性的保存都得到了显著地改善。

5.2 超高温灭菌乳：简称 UHT 奶。欧盟定义：物料在连续流动的状态下，经 135 以上不少于 1s 的超高温瞬时灭菌，以完全破坏其中可以生长的微生物和芽孢，然后在无菌状态下包装于微量透气的容器中，最大限度的减少产品在物理、化学和感官上的变化，这样生产出来的产品成为“UHT 奶”。国家标准定义：将牛奶经过高达 135 的超高温灭菌后，用六层无菌复合材料灌装的产品，无需冷藏，保质期长达几个月。

6 微生物耐热的相关知识

6.1 影响微生物耐热性的因素：从罐藏食品生产条件出发，微生物的耐热性主要受污染微生物的种类和数量、热处理温度、罐内食品成分

微生物的种类和数量

种类：各种微生物的耐热性不同，一般而言，霉菌和酵母的耐热性都比较低，50-60 条件下可以杀灭；而有一部分细菌却很耐热，尤其是有些细菌可以在不适宜生长的条件下形成非常耐热的芽孢。即使是同种微生物，其耐热性也会因为培养条件的不同而有变异。在罐头杀菌时，是以芽孢为杀菌对象的。

污染量：微生物量越多，全部杀灭所需的时间就越长。

热处理温度：在微生物生长温度以上的温度就可以导致微生物的死亡。对于规定种类、规定数量的微生物，选择了某一个温度后，微生物的死亡就取决于在这个温度下维持的时间。

罐内食品成分：一般认为热处理使微生物细胞内的蛋白质变性而致使微生物死亡，而食品内各成分会影响到蛋白质的凝固速度，也就影响到了微生物的耐热性。PH、脂肪、糖、蛋白质、盐、植物杀菌素。

PH：PH 越低的食物，所需的杀菌温度越低或杀菌时间越短

脂肪：脂肪含量高则细菌的耐热性会增强。因为脂肪和蛋白质的接触会在微生物表面形成凝结层，妨碍水分的渗透，是热的不良导体，增加了微生物的耐热性。

糖：糖的浓度越高，越难以杀死食品中的微生物。由于高浓度的糖液可对微生物细胞起到脱水的作用，这样蛋白质的凝固速度就下降了。

蛋白质：蛋白质含量在 5%左右时，对微生物有保护作用。蛋白质含量达到 15%以上时，则对耐热性

没有什么影响。

盐：低浓度食盐对微生物有保护作用，高浓度食盐则对微生物的抵抗力有削弱作用。

植物杀菌素：有些植物的汁液以及它们分泌的挥发性物质对微生物有抑制或杀灭作用，这类物质就被称为植物杀菌素。例如葱、蒜、姜、胡椒等。

6.2 热杀菌食品的 PH 分类

根据肉毒梭状芽孢杆菌的生长习性决定， PH 4.6 为酸性食品， PH>4.6 为低酸性食品（ $A_w>0.85$ ）。

有些低酸性食品物料因为感官品质的需要，不宜进行高强度的加热，这是可以采取加入酸或酸性食品的办法，将整罐产品的最终平衡 PH 控制在 4.6 以下，这类产品称为“酸化食品”，酸化食品可以按照酸性食品的杀菌要求来进行处理

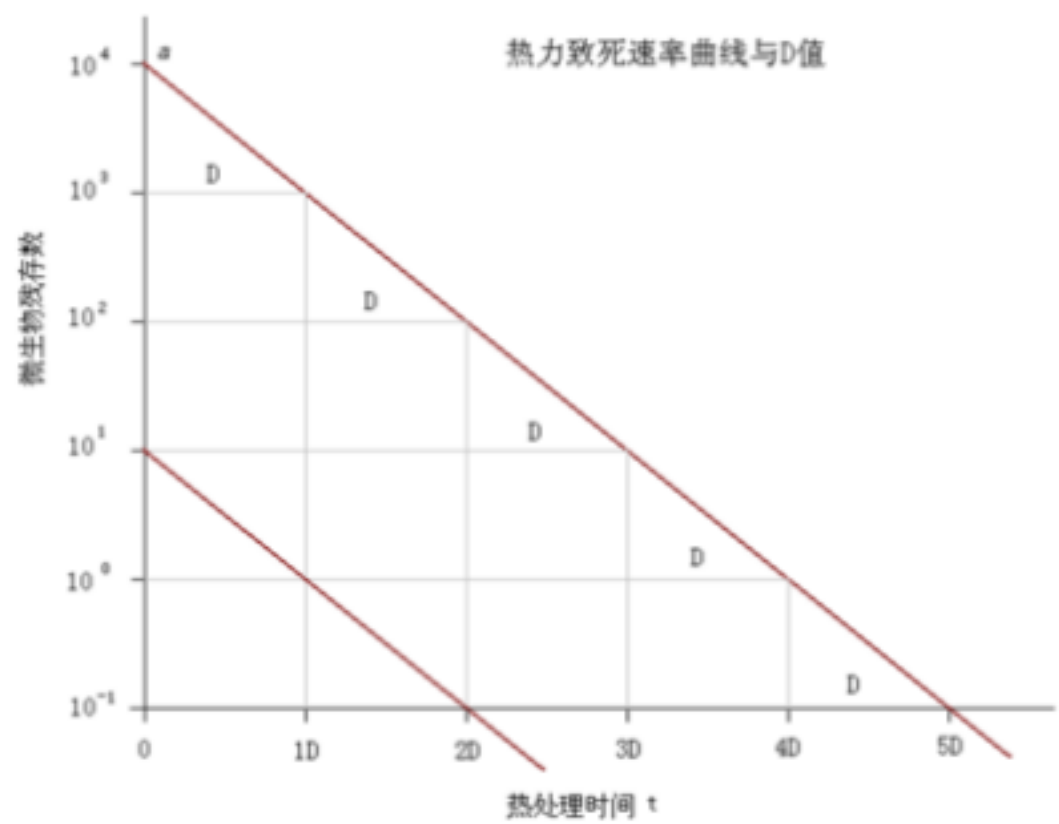
6.3 微生物耐热性参数

热力致死时间曲线

F_0 值

Z 值

热力致死速率曲线：表示某一种特定的菌在特定的条件下和特定的温度下，其总的数量随杀菌时间的延续所发生的变化。



设原始菌数为 a ，经过一段热处理时间 t 后，残存菌数为 b ，直线的斜率为 k 。

热力致死速率曲线方程

$$t = D(\lg a - \lg b), D = -\frac{1}{k}$$

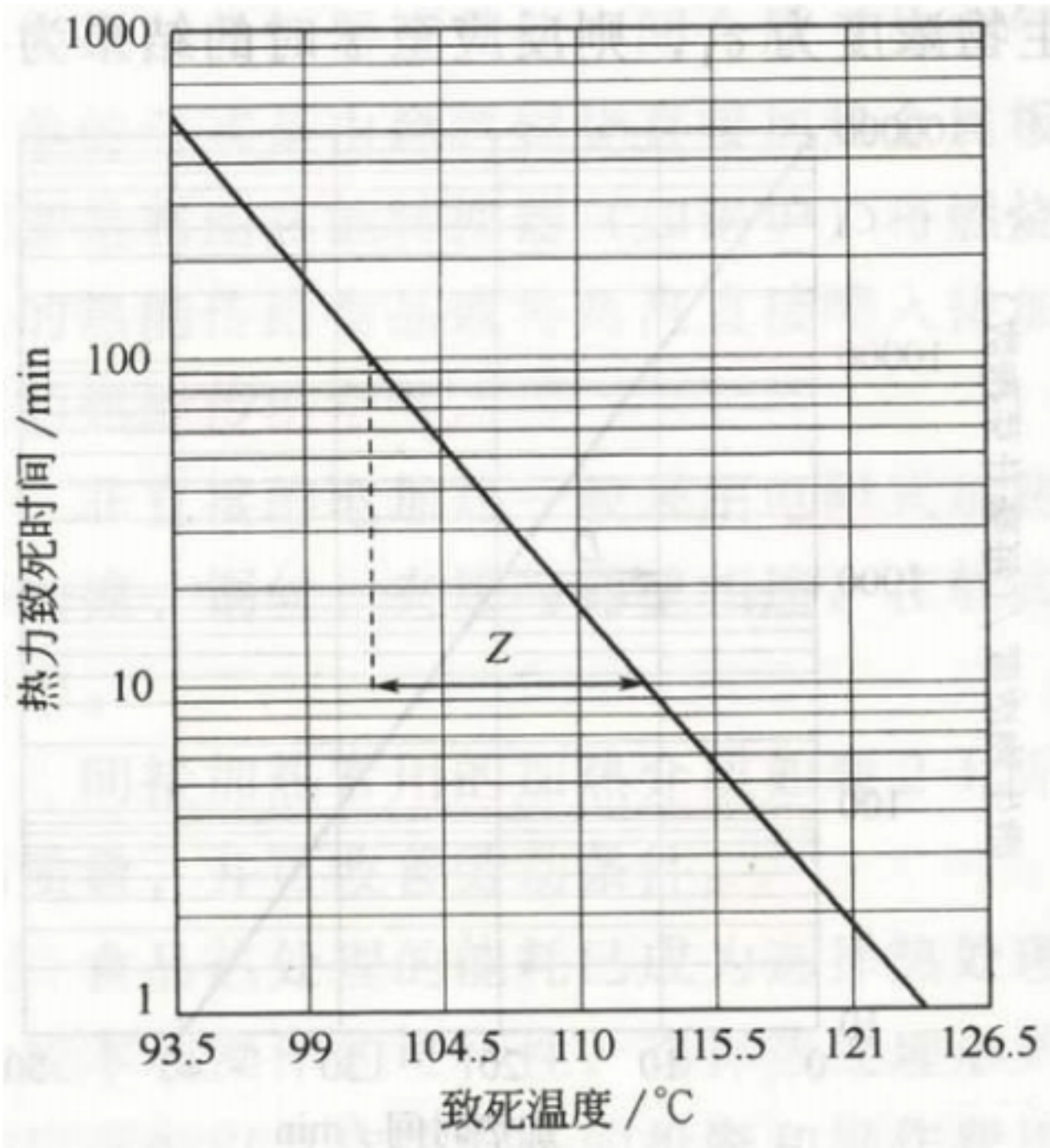
D 值：表示在特定的环境和特定的温度下，杀灭 90%特定的微生物所需要的时间，单位 min。D 值与温度、环境条件、菌种有关。 D 值越大，表示杀灭同样百分数微生物所需的时间越长，说明这种微生物的耐热性越强。

$$F_0 = nD$$

商业灭菌：在实际操作中，当残存菌数足够小，达到某种可被社会（包括消费者和生产者）接受的安全“杀菌程度”，就可以认为达到了杀菌的目标。这种程度地杀菌操作称为“商业灭菌”，接受过商业灭菌的产品即处于“商业无菌”状态。

7 微生物热力致死时间曲线

7.1 热力致死时间曲线： TDT 曲线，表示将在一定环境中一定数量的某种微生物恰好全部杀灭所采用的杀菌温度和时间组合。



TDT 曲线与环境条件、微生物数量、微生物种类有关。

由于大量的实验数据显示，温度每上升一个定值，多需要的杀菌时间减少 10 倍，因此将纵坐标按对数规律安排，热力致死时间曲线就成为一条直线。

热力致死曲线方程：

$$\lg \frac{t_1}{t_2} = \frac{\theta_2 - \theta_1}{z}, z = -\frac{1}{k}$$

利用这条曲线，可以在确定的杀菌条件（即菌种、菌量、环境确定）下求的不同温度下的杀菌时间，也可以比较不同温度 -时间组合的杀菌强度：

$$t_1 = t_2 \lg^{-1} \frac{\theta_2 - \theta_1}{z}$$

【例】 在某杀菌条件下，在 121.1 用 1min 恰好将菌全部杀灭；现改用 110 、 10min 处理，问能否达到原定的杀菌目标？设 Z=10 。

【解】 $t_1 = 1 \times 10^{\frac{121.1 - 110}{10}} = 12.88(\text{min})$

说明用 110 、 10min 处理未能达到原定的杀菌目标，需要 12.88min 才够。

7.2 F₀ 值：是采用 121.1 杀菌温度时的热力致死时间，单位为 min,即 TDT_{121.1}。公认 121.1 （ 250 ）为标准温度，将这个温度下需要的杀菌时间记为 F。F₀ 值与菌种、菌量及环境条件有关。 F₀ 越大表示菌的耐热性

越强。

7.3 Z 值：是杀菌时间变化 10 倍所需要相应改变的温度数，单位 $^{\circ}\text{C}$ 。Z 值是个温差值，华氏温标其值是摄氏温标的 1.8 倍。低酸性食品中的微生物，一般取 $Z=10$ ；酸性食品中的微生物，通常取 $Z=8$ 。

8 气调保鲜

8.1 气调贮藏：即人工调节气调环境中氧气及二氧化碳的比例，以减缓新鲜制品的生理作用及生化反应的速度，比如呼吸作用，从而达到延长货架期的目的。

8.2 气调贮藏原理：通过适当降低环境空气中的氧气分压和提高二氧化碳分压，使果蔬产品和微生物的代谢活动受到抑制而延长贮藏时间。

8.3 气调结合保鲜，能够显著地抑制蔬菜、水果的呼吸强度，延缓成熟衰老过程，抑制叶绿素分解，减轻生理性和侵染性病害，延长贮藏寿命和零售期，克服一些常规冷藏难以克服的困难。

8.4 改良周围气体的常用技术：改良气体贮藏，MAS；控制气体贮藏，CAS；真空包装，VP。

8.5 气调贮藏对果蔬的保藏效果：CAS对果蔬特别适用。气调贮藏对热带亚热带果蔬来说特别有意义，因为它可以采用较高的贮藏温度以避免产品发生冷害，而又能达到保持或延长贮藏期的目的。温度、二氧化碳、氧气之间有交互作用，即相互密切影响。低氧气有延缓叶绿素分解的效果，配合适量的二氧化碳保绿效果更好。温度升高加速叶绿素的分解。二氧化碳伤害在温度降低或氧气含量不足时显得特别严重；适当提高氧气含量或升高温度，则可使二氧化碳伤害得到缓解。

8.6 气调贮藏对其他制品的保藏效果：对果蔬以外的制品，MAS使用更多一些。由于MAS采用的是气密性包装或贮藏库，库内或者包装容器内的气体成分会被贮藏物新陈代谢产物改变。如果贮藏新鲜制品，通常由于被包装物的呼吸作用，氧气浓度会下降到 0%，而二氧化碳浓度会上升到 20%甚至更高。这对于普通的果蔬而言，由于对氧气浓度和二氧化碳浓度都有忍受极限，因此并不合适。但是对于加工制品以及新鲜的鱼、肉类制品以及谷物等，由于高浓度二氧化碳能杀灭昆虫和抑制微生物，MAS的贮藏效果非常好。

氮气，是一种惰性气体，它无气味，微溶于水和脂。氮气用于置换包装容器中的氧气，以延缓氧化酸败并抑制需氧微生物的生长。因为氮气的溶解度低，因而把它用作填充气体以防止包装于高二氧化碳浓度环境中的制品出现“包装塌瘪”现象。

9 果蔬冷害

9.1 有些果蔬在贮存温度低于特定温度点后会出现冷害现象，并导致品质迅速恶化。

9.2 冷害：指在冷却贮藏时，有些水果、蔬菜的品温虽然在冻结点以上，但当贮藏温度低于某一温度界限时，果蔬的正常生理机能受到障碍，失去平衡的现象。

9.3 冷害的现象：最明显的症状是在表皮出现软化斑点和心部变色，像鸭梨的黑心病、马铃薯的发甜现象都是低温造成的。有些水果、蔬菜在外观上看不出冷害的症状、但冷藏后再放至常温中，就丧失了正常的促进成熟作用的能力，这也是冷害的一种。

9.4 一般来说，产地在热带、亚热带的水果、蔬菜容易发生冷害。但是，有时候为了吃冷的水果、蔬菜，短时间的放入冷藏库内，即使在界限温度以下，也不会出现冷害，因为水果、蔬菜冷害的出现需要一定的时间，症状出现最早的品种是香蕉，像黄瓜、茄子一般则需要 10-14d。

10 食品冻结

10.1 冻结：将常温食品的温度下降到冷冻状态这样的过程，是食品冷冻贮藏前的必经阶段。冻藏：食品冻结后，再在能保持食品冻结状态的温度下贮藏的保藏方法。常用的贮藏温度为 $-23 \sim -12$ ，而在 -18 最为使用。过冷状态：温度虽已下降到冰点以下但尚未发生相变。过冷临界温度 / 过冷温度：降温过程中开始形成稳定性晶核时的温度或在开始回升的最低温度。

10.2 冻结速度：界面位移速度和冰晶体形成速度。界面位移速度：食品内未冻结层和冻结层间的分界面在单位时间内从物体表面向中心位移的距离（ m/h ）。冰晶体形成速度：在物体任何单位容积内或任意点上单位时间内的水分冻结量 $[\text{kg}/(\text{kg} \cdot \text{h})]$

按时间划分：食品中心从 -1 降到 -5 所需时间，在 30min 之内为快速，超过即为慢速。

按距离划分：单位时间 -5 的冻结层从食品表面伸向内部的距离，时间以 h 为单位，距离以 cm 为单位，冻结速度单位 v 的单位为 cm/h 。根据此种划分把速度分为三类，快速冻结时， $v > 5-20 \text{cm/h}$ ；中速冻结时， $v = 1-5 \text{cm/h}$ ；缓慢冻结时， $v = 0.1-1 \text{cm/h}$ 。

冻结速度取决于热推动力和热阻总值这两个变量。热推动力就是传热介质和食品间的温度差，它和冻结速度成正比。热阻总值取决于空气流速（放热系数）、食品厚度、系统几何特性和食品成分等一些因素，它和冻结速度成反比。

食品和制冷剂间温差越大，包装和块片状食品厚度越薄，冷空气或制冷剂循环加速，食品和冷却介质间紧密接触程度越高，以及制冷剂制冷效果或吸热力越大，则冻结速度越迅速，这是在任何冻结系统设计中经常使用的依据。

10.3 冻结速度与冰晶分布的关系：大多数冰晶体在 $-4 \sim -1$ 间形成，这个温度区间称为最大冰晶形成带。冻结速度快，冰晶小，冻结速度慢，冰晶大，水分重新分布也越显著。从提高食品质量这一角度看，只有迅速冻结且把食品冻结体的状态牢靠地保持在 -18 以下的贮藏条件下，才能得到稳定的速冻食品质构，才能抑制微生物活动、延缓生化反应，才能得到较高质量的制品。

10.4 冻结前对原料的要求：任何冻制食品质量最后的品质及其耐藏性决定于下列各种因素：冻制用原料的成分和性质，冻制用原料的严格选用、处理和加工，冻结方法，贮藏情况。热烫操作在蔬菜的冷冻保藏中特别重要。

10.5 冷耗量：食品冻结的冷耗量就是冻结过程中食品在它降温范围内所放出的热量。

10.6 冻结对食品品质的影响：冻结食品会发生食品组织瓦解、质地改变、乳状液被破坏、蛋白质变性以及其他物理化学变化等情况。

食品物理性变化：冻结后的食品比热容下降，导热系数增加，热扩散系数增加，统计增加。

冻结对溶液内溶质重新分布的影响：溶液或液态食品冻结时，理论上只有纯溶剂冻结，形成脱盐的冰

晶体，这就相应地提高了冻结层附近的溶质的浓度，从而在尚未冻结的溶液内产生了浓度差和渗透压差，并使溶质向溶液中部位移。溶质在冻结溶液里的重新分布或分层化，完全取决于分界面位移速度和溶质扩散速度的对比关系。

冻结浓缩的危害性：溶液中若有溶质或沉淀，质地会出现砂砾感；在高浓度的溶液中若仍有溶质为沉淀出来，蛋白质就会因盐析而变性；有些溶质属酸性，浓缩后就会使 PH 下降到蛋白质的等电点以下，导致蛋白质凝固；胶体悬浮液中阴、阳离子处在微妙的平衡中，其中有些离子还是维护悬浮液中胶体的重要离子，这些离子浓度的改变，就会对胶体的平衡产生干扰作用；水分形成冰晶体时溶液内气体的浓度也同时增加，导致气体过饱和，最后从溶液中挤出；如果让微小范围内溶质的浓度增加，就会引起它临近的组织脱水，解冻后这种转移的水分难以全部恢复，组织也难以恢复原有的饱满度。

冰晶体对食品的危害性：冰晶体成长——在冻藏过程中，细微的冰晶体会逐渐减少、消失，而大的冰晶体逐渐成长，变得更大、食品中整个冰晶体数目也大大减少。给食品品质带来很大影响：细胞受到机械损伤，蛋白质变性，解冻后汁液流失增加，食品风味和营养价值下降等。防止措施：快速冻结；冻藏温度保持在 -18 以下，少变动。

速冻与缓冻：速冻的优点—— 1 形成的冰晶体颗粒小，对细胞的破坏性小； 2 冻结时间越短，允许盐分扩散和分离出水分以形成纯冰的时间也随之缩短； 3 将食品温度迅速降低到微生物生长活动温度以下，就能及时阻止冻结时食品分解； 4 迅速冻结时，浓度的溶质和食品组织、胶体以及各种成分相互接触的时间也显著缩短，因而浓缩的危害性也随之下降。

为了保证食品品质，需尽量快的通过 -4~-1 这个最高冰晶形成温度带。

10.7 食品的冻结方法：按照冻结速度分为速冻和缓冻。缓冻就是食品放在绝热的低温室中，并在静态的空气中进行冻结的方法。速冻的主要有三类：鼓风冻结，采用连续不断的低温空气在物料周围流动；平板冻结或接触冻结，物料直接与中空的金属冷冻盘接触，其中冷冻介质在中空的盘中流动；喷淋或浸渍冻结，物料直接与冷冻介质接触。

10.8 冻制食品的解冻：就是使食品内冰晶体状态的水分转化为液态，同时恢复食品原有状态和特性的工艺过程。

汁液损失：冻结食品解冻时，内部冰结晶融化成水，如果不能回复到原细胞中去，不能被肉质吸收，这些水分就变成液汁流出来。

对解冻后食品品质的影响因素：冻结速度、冻藏温度、动物组织宰后的成熟度（PH）、食品自身特性影响、解冻速度对肉汁损失也有影响。

11 肉制品的腌制与成熟

11.1 腌制与成熟的概念：

腌渍：就是让食盐大量渗入食品组织内来达到保藏食品的目的，又称为腌制。经过腌制加工的食品称为腌制品。

发酵食品：由微生物发酵得到的产品为发酵食品。

糖渍、酸渍：盐腌的过程称为腌制；加糖腌制的过程称为糖渍；用调味酸如醋或糖醋香料浸渍的过程称为酸渍

成熟：腌制过程中除腌制剂扩散渗透外，同时还存在着化学和生化变化，这个过程又称为成熟。

食品的烟熏保藏：利用木材不完全燃烧时产生的烟气熏制食品，以赋予食品特殊风味并能延长食品保藏的方法。经过烟熏的食品被称为烟熏食品。

栅栏因子：在食品保藏中设置多种微生物生长或食品腐败变质的阻碍因子如适当的温度、水分活度、PH等，这些阻碍因子又被称为栅栏因子。每增加一个因子就可以有保藏加和作用，使保藏效果更好，而应用多种因子的条件却比单一因子要温和得多。这种保藏技术被称为栅栏技术。

11.2 食品腌渍保藏的理论基础：扩散、渗透

扩散：是分子或微粒在不规则热运动下固体、液体或者气体（蒸汽）浓度均匀化的过程。扩散速度，葡萄糖>蔗糖>饴糖中的糊精；随温度的升高而增大；随浓度差的增大而增大。

渗透：就是溶剂从低浓度溶液经过半透膜向高浓度溶液扩散的过程。

食品腌渍过程实际上是扩散和渗透相结合的过程。食品外部溶液和食品组织细胞内部溶液之间借助溶剂的渗透过程及溶质的扩散过程逐渐趋向平衡，当浓度差逐渐降低直至消失时，扩散和渗透过程就达到平衡。

11.3 腌制防腐原理：腌制液浓度与微生物的关系、腌制防腐作用

腌制液浓度与微生物生长繁殖的关系：盐渍、糖渍

盐渍：腌制中的微生物与食盐用量（浓度）关系密切，以在30℃下为例。

盐含量在5%以下，最初有乳酸菌繁殖，产生酸味，随即就有腐败菌繁殖而使制品腐败。

盐含量在8%-10%时，乳酸菌生长繁殖，因乳酸的产生和盐的共同作用有抑制腐败菌的作用，但不久则因表面产生产膜酵母而使乳酸被消耗，腐败菌又再繁殖，不可能长期保存制品。

盐含量达到15%时，仅有发生腌菜臭的细菌繁殖，腐败菌极少能繁殖。在该盐浓度时如腌茄子有可能会变色。

盐含量达到20%时，基本可以完全防止细菌繁殖，仅汁液的表面可能会有微量产膜酵母生长。在该盐量时如腌茄子可保持原色。

不同微生物对食盐的耐受性是不同的。微生物等渗溶液的渗透压越高，它所能忍耐的盐浓度就越大。

糖渍：糖的种类和浓度决定了其加速或抑制微生物生长的作用，浓度升高抑制作用加强。

浓度为1%-10%的糖溶液实质上会促进某些菌的生长，浓度达到50%时才会阻止大多数细菌的生长，而要抑制酵母和霉菌的生长，则要求其浓度达到65%-75%。一般为了达到保藏食品的目的，糖液的浓度至少达到50%以上，以70%-75%为最适宜。

对糖的种类来说，在同样浓度下葡萄糖、果糖溶液的抑菌效果要比乳糖、蔗糖好。因为相同浓度时，葡萄糖和果糖作为单糖其渗透压更高。

腌制防腐作用：渗透压的作用、降低水分活度的作用

渗透压的作用：处于高渗溶液的微生物，细胞内的水分会透过原生质体膜向外界溶液渗透，其结果是细胞的原生质脱水与细胞壁分离，这种现象称为质壁分离。质壁分离的结果使细胞变形，微生物的生长活

动受到抑制，脱水严重时就会造成微生物死亡。

降低水分活度的作用：食盐溶于水后，离解出来的 Na^+ 和 Cl^- ，它们通过静电引力作用，聚集一群水分子，形成水化离子。食盐浓度越高， Na^+ 和 Cl^- 的数目就越多，所吸收的水分子就越多，这些水分子因此由自由状态转变为结合状态，导致了水分活度的降低。

11.4 肉制品的腌制：影响腌制的因素——食盐浓度、食盐用量或盐浓度、温度、空气

食盐的浓度：为了保证食盐迅速渗入食品内，应尽可能选用纯度较高的食盐，以便尽早阻止食品向腐败变质方向发展。食盐中不应有微量铜、铁、铬存在，它们对腌肉制品中脂肪氧化会产生严重的影响。

食盐用量或盐浓度：盐浓度越大或盐量越高，则食品中食盐内渗量就大。为了达到完全防腐的目的，要求食品内盐含量至少在 17%，而所有的盐浓度至少要达到 25%。腌制时气温低，用量可降低些，气温高，用量宜高些。腌制时，因肉类容易腐败变质，还须加入硝石才能完全防止腐败变质。

温度：温度越高，扩散渗透速度越迅速。就肉类来说，在室温或较高温度下极易腐败变质，为了防止在食盐渗入肉内以前就出现腐败变质现象，它们的腌制应在低温 10℃ 以下进行。高温煮沸可灭酶，也可加速腌制，但分为差于低温腌制。

空气：缺氧时才能促使蔬菜腌制时进行乳酸发酵，同时还能减少因氧化而造成的维生素 C 的损耗。肉类腌制时，保持缺氧环境将有利于避免退色。当肉类无还原物质存在时，暴露于空气中的肉表面的色素就会氧化，并出现退色现象。

11.5 肉制品的成熟：成熟与品质、成熟过程色泽和风味的变化

成熟与品质：腌制品的成熟过程不仅是蛋白质和脂肪变化从而形成特有色泽、风味的过程，而且在成熟过程中仍然在肉内进一步进行着腌制剂如食盐、硝酸盐、亚硝酸盐、异构抗坏血酸盐以及糖分等的均匀扩散过程，并和肉内成分进行着反应。

只有经历成熟过程后，腌制品才具有它自己特有的色泽、风味和质地。对肉类来说，即形成了腊味，腌制品经历成熟时间愈长，香味愈佳。可将腌制后的半成品取出，洗去表面积盐或将盐水沥干，再在专用成熟室内发酵成熟。成熟时间随品种而异。

腌制品的成熟过程和温度、盐分、以及腌制品成分有很到关系。

成熟过程中的化学和生物化学变化，主要是微生物和肉、鱼肌肉组织本身酶的活动所引起的。腌制过程中腌制品内常会有一部分可溶性物质外渗到盐水中去，例如用浓度 14% 的盐水腌制时，差不多肉类肌肉组织细胞内所有的可溶性蛋白质，如肌动球蛋白、肌球蛋白、肌白蛋白都会外渗入盐水内，这些营养物质就成为微生物生长活动的基础，它们的分解物就成为成熟腌制品风味的来源。

热鲜肉腌制后糖原和有机磷化合物和分解就受到抑制，乳酸聚集也就因此而延缓。PH 则从 6.0-7.0 向酸性方向下降的速度也比自溶作用情况下慢得多。可是食盐却能活化淀粉酶，于是加强了糖原的糖化，肉内的还原物质聚积量也就显著的增加。冷却肉或冻肉腌制时，糖类特别是乳酸聚积量实际上并无变化，腌肉中肌动球蛋白和 ATP 的分解活动则有所减弱。2%-3% 的盐液浓度已足以产生抑制作用，高浓度亚硝酸盐已能达到完全抑制的目的。猪腿长期干腌时，肉内氮的残留量会有所聚积，这显然是蛋白质分解酶活动下有少量蛋白质分解的结果，故而肉内的可溶性蛋白质和游离氨基酸也会有所增加。

成熟过程色泽和风味的变化：腌制品的色泽、腌制品的风味

腌制品的色泽：腌制品的色泽是由极其重要的发色过程产生的，它与肉类中色素的变化密切相关。

肌红蛋白和血红蛋白为存在于动物体内的两种主要色素，血红蛋白存在于血内，担负着向组织传送氧气的任务；而肌红蛋白存在于肌肉组织内，为贮氧的机构，因而它的亲氧力远比血红蛋白强。

在有生命的组织内，呈还原态的暗紫红色的肌红蛋白和血红蛋白与呈充氧态的鲜红色氧合肌红蛋白和氧合血红蛋白处于平衡状态。屠宰后胴体组织因缺氧而失去呼吸活动，但发酵仍在进行，呼吸酶仍能活动，以致肌肉组织得以保持还原状态，此时肉内的色素则为呈暗紫红色的肌红蛋白，与氧的反应呈可逆性。

两种色素中的铁都呈亚铁状态，氧化后则呈高铁状态，其色素则为高铁肌红蛋白，呈棕红色或深褐色。鲜肉的鲜红色是氧合肌红蛋白存在的表现，若它经历了两个阶段的反应就会变成棕褐色。氧化的色素即高铁肌红蛋白呈不良的棕红色，这是经过贮存后肉类外表面常见的典型肉色。这些反应虽然呈可逆性，但是高铁肌红蛋白变成其他状态总是比较缓慢而且还需要有更适宜的条件。

肉类腌制时常添加亚硝酸盐和硝酸盐或其中之一，以改善盐对肉色产生的不良的影响。这不仅是为了防止鲜肉色素裂解，而且还让色素能和一氧化氮反应形成具有腌肉特色的稳定性色素。

图

硝酸盐必须先由还原硝酸盐细菌还原成亚硝酸后才能参与发色反应，而亚硝酸则能直接参与固定色泽的反应。亚硝酸盐和肌红蛋白最初的反应是将亚铁状态氧化成高铁状态，同时形成了高铁肌红蛋白和硝酸盐。其亚硝酸含量将在形成腌肉色素时逐渐下降，现在对它的下降尚无定论。在缺氧条件下，如果没有能还原高铁肌红蛋白和亚硝酸盐的物质存在，肌红蛋白就会与亚硝酸盐反应，形成等克分子高铁肌红蛋白和一氧化氮肌红蛋白。盐水中的细菌虽然能将亚硝酸盐还原成一氧化氮，可是肌肉组织中残留的酶系活动也能将高铁肌红蛋白还原成肌红蛋白，同时将亚硝酸盐还原成一氧化氮。一氧化氮也能直接和高铁肌红蛋白反应，从而使它还原成一氧化氮肌红蛋白。肠制品加热和烟熏后迅即出现了粉红色的腌肉色泽，即高铁肌红蛋白经过硝化和还原以及蛋白质变性转变为一氧化氮亚铁血色原。

腌肉色泽形成的过程大致可以分为三个阶段：

- 1、 $\text{NO} + \text{Mb} \xrightarrow{\text{适宜条件}} 2\text{NOMMb}$
- 2、 $2\text{NOMMb} \xrightarrow{\text{适宜条件}} \text{NOMb}$
- 3、 $\text{NOMb} + \text{热} + \text{烟熏} \rightarrow \text{NO-血色原}(\text{Fe}^{2+})$

腌制品的风味：现在认为腌肉的特殊风味是含有组氨酸、谷氨酸、丙氨酸、丝氨酸、蛋氨酸等氨基酸和一氧化氮肌红蛋白等的浸出液，脂肪、糖和其他挥发性羧基化合物等少量挥发性物质以及在特殊微生物作用下糖类的分解物质等组合而成。

12 控制食品发酵的因素

12.1 发酵：借助微生物在有氧或无氧条件下的生命活动来制备微生物菌体本身、或者直接代谢产物或次级代谢产物的过程都称为发酵。酒精发酵：食品中的糖类在酵母菌的作用下转化为乙醇的一种过程。乳酸发酵：食品中的糖类在微生物的作用下产生乳酸的过程。醋酸发酵：在空气存在条件下醋酸菌将酒精氧化为醋酸的过程。丁酸发酵：食品中的乳酸和糖类在酪酸菌的作用下产生丁酸的过程。

12.2 影响食品发酵的因素及控制：酸度、酒精含量、菌种的使用、温度、氧的供给量、食盐用量

酸度：含酸食品有一定的防腐能力。这是由于高酸度时，高浓度的氢离子可以降低细菌菌体表面原生质膜外与输送溶质通过原生质膜相关的蛋白质和催化导致合成被膜组分的反应的酶的活性，从而影响了菌体对营养物的吸收；另外高浓度的氢离子还会影响微生物正常的呼吸作用，抑制微生物体内酶系统的活性，因此控制酸度可以控制发酵作用。

酒精含量：酒精与酸一样也具有防腐作用。这是由于酒精具有脱水的性质，使菌体蛋白质因脱水而变性的缘故。酒精的防腐能力的大小取决于酒精含量。

菌种的使用：如果在发酵开始时加入大量预期菌种，那么它们就可以迅速地生长繁殖，并抑制住其他杂菌的生长，从而促进发酵过程向着预定的方向进行。例如面包、馒头、酸奶、酿酒都是采用了这种技术。

温度：各种微生物都有其适宜生长的温度，因而发酵食品中不同类型的发酵作用可以通过调节温度来控制。适宜于乳酸菌活动的温度为 26 -30 。例如包心菜在腌制过程中，主要菌种参与将包心菜汁液中的糖分转化为醋酸、乳酸及酒精等代谢产物。根据菌种适宜生长和发酵的温度，包心菜在腌制初期发酵温度应控制低些，到了发酵后期温度可适当升高。这充分说明了发酵过程中运用发酵温度以控制适宜菌种生长的重要性。

氧的供给量：霉菌是完全需氧性的，在缺氧条件下不能存活，控制缺氧条件是控制霉菌生长的重要途径。酵母是兼性厌氧菌，氧气充足时，酵母繁殖远超过发酵活动；缺氧条件下，酵母则进行酒精发酵，将糖分转化为酒精。细菌中则需氧的、兼性厌氧的和专性厌氧的品种都有，视菌种而定。因此供氧或断氧可以促进或抑制某种菌的生长活动，同时可以引导发酵向预期的方向进行。

食盐用量：各种微生物的耐盐性并不完全相同，细菌鉴定中就常利用他们的耐盐性作为选择和分类的一种手段。在其他因素相同的条件下，加盐量不同即可控制微生物生长及它们在食品中的发酵活动。因此，食品发酵时可用盐作为选择适宜的微生物进行生长活动的手段。

12.3 发酵对食品品质的影响：常见的风味变化通常包括，甜度下降，酸度上升，这是由于糖转化成酸的缘故；部分食品的咸味比较重，这是由于加工过程中加入盐的缘故；部分食品的苦味下降，这是由于具有脱苦效果的酶的作用结果。

13 添加剂

13.1 食品化学保藏的定义

食品添加剂：为改善食品品质和色、香、味以及为防腐和加工工艺的需要而加入食品中的化学合成或者天然物质。

食品添加剂在食品中可能起到一下作用：

增强食品的保藏性，防止腐败变质，保持或提高食品的营养价值。

改善食品的感官性状。

有利于食品加工操作，适应生产的机械化和连续化。

满足其他特殊要求，如无营养的甜味剂可满足糖尿病患者的特殊要求。

作为食品添加剂，其使用的最重要的条件是安全性，然后是工艺效果。一般要求：食品添加剂本身应经过充分的毒理学评价，有严格的质量标准，证明在一定的使用范围内对人体无害。

食品的化学保藏：就是在食品生产和贮运过程中使用食品添加剂提高食品的耐藏性和尽可能保持它原来品质的措施，它的主要作用就是保持或提高食品品质和延长食品保藏期、

与食品保藏技术相关的食品添加剂主要是起防腐、抗氧化和保持质构作用的添加剂。

13.2 食品防腐剂及其使用

13.3

14 防腐剂

14.1 防腐剂的作用和特点：防腐剂——能抑制微生物引起的腐败变质、延长食品保藏期的一类食品添加剂，又是也被称为抗菌剂。它的主要作用是抑制食品中微生物的繁殖。

防腐剂的抗菌谱与作用模式：一般来说防腐剂的选择首先是基于其抗菌谱或者其抗菌范围。

防腐剂的防腐原理：1 干扰微生物的酶系，破坏其正常的新陈代谢，抑制酶的活性；2 破坏微生物的遗传物质，干扰其生存和繁殖；3 与细胞膜作用，使细胞通透性上升，导致细胞内物质溢出而失活。

了解防腐剂的作用模式和对微生物抑制作用的机制将有助于提高防腐剂的抗菌作用效果和有效性。

防腐剂的化学和物理性质：防腐剂的抗菌谱和作用模式以及有效性，很大程度上取决于防腐剂的化学和物理性质。

化合物的极性是最重要的性质之一。防腐剂分子必须具备亲水基团才能与水相中的微生物起作用，起到抑菌效果。亲脂能力、亲水亲油平衡能力。

沸点也会直接影响防腐剂的活性，特别是其穿透能力。一些酚类物质由于沸点低，在加热状况下比较容易挥发而损失。而高沸点的物质又容易具有气味，而影响食品的风味。

防腐剂的解离性也会显著影响其活性，因此食品体系的 pH 会决定防腐剂的效果。

防腐剂与食品中的其他组分间的化学反应能力也会影响其活性。

食品性质对防腐剂作用的影响：与脂类、蛋白质、碳水化合物和其他添加剂的反应，通常会使其抗菌效果下降，更重要的是可能会使食品产生风味和颜色的变化。

食品中微生物种类和量对防腐剂作用的影响：防腐剂添加之前食品体系中原始菌数对防腐剂的使用效果有

显著影响。很显然，防腐剂不能取代食品加工操作过程的卫生和安全控制，原始菌数必须很低，防腐剂才能有效果。

由于不同的防腐剂的抗菌谱不同，而食品中可能含有各类微生物，此时选择防腐剂必须注意，一些防腐剂可能是一类微生物的有效抑制剂，却有可能正好是另一类微生物的生长促进剂，需综合考虑选择添加剂。

14.2 常用防腐剂及其性质和应用

有机酸及脂类：

苯甲酸及其钠盐：抑菌机理，干扰微生物细胞的细胞膜通透性，导致底物传递以及电子传递系统的氧化磷酸化作用，从而导致细胞新陈代谢紊乱而死亡。苯甲酸难溶于水，食品防腐时一般都使用苯甲酸钠。一般在低 PH 范围内苯甲酸钠抑菌效果显著，最适宜的 PH 为 2.5-4.0。苯甲酸及其钠盐是光谱抑菌剂。苯甲酸及其钠盐使用范围主要是饮料、酱菜、蜜饯、果酒、果汁、调料等。

山梨酸及其盐类：商业上常用山梨酸、山梨酸钾、山梨酸钙、山梨酸钠。山梨酸及其钾盐对污染食品的霉菌、酵母和好气性微生物有明显抑制作用，但对于能形成芽孢的厌氧性微生物和嗜酸乳酸杆菌的抑制作用甚微。山梨酸及其钾盐和钙盐的抗菌力在 PH 低于 5-6 时比较好。

丙酸及其丙酸盐：常用的有丙酸钙和丙酸钠（对动物有导致生长缓慢的问题，大剂量对幼鼠有致死作用）。丙酸盐作为一种霉菌以直接，必须在酸性环境中才能产生作用。丙酸及其盐类对各种霉菌、需氧芽孢杆菌、革兰氏阳性杆菌有较强的抑制作用，对能引起食品发黏的枯草杆菌效果尤为显著，对防止黄曲霉素的产生有特效。对酵母的生长基本无影响，因此特别适用于面包等烘焙制品的防腐。

对羟基苯甲酸脂类：抑菌机理与苯甲酸类似，主要使微生物细胞呼吸系统酶和电子传递系统酶的活性受抑制，并能破坏微生物细胞膜的结构，从而起到防腐作用。对羟基苯甲酸脂的抑菌作用受 PH 影响较小，适用的 PH 范围为 4-8。该防腐剂属于广谱抑菌剂，对霉菌和酵母作用较强，对细菌中的革兰氏阴性杆菌及乳酸菌作用较弱。

双乙酸钠：双乙酸钠对人体不产生危害。双乙酸钠对霉菌和细菌具有很强的抑制作用，被广泛用于谷物制品、调味品、豆制品、酱菜等加工食品中。

脱氢醋酸及其钠盐：由于脱氢醋酸水溶性较差，故常用脱氢醋酸钠。该类防腐剂可用于果蔬保鲜防霉及酱菜防腐。

无机类：

14.3

15 杀菌中的辐照

15.1

16 挂面

16.1

17 酸奶

17.1

18 水果罐头

18.1

19 杂粮（大题）

19.1