

第二章 食品低温保藏原理与技术

教师：**刘石生** 教授/Ph.D.
海南大学食品科学与工程学院



《食品工艺学》



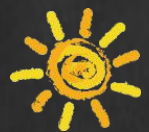


目录

contents



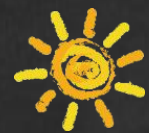
概述



食品低温保藏原理



食品的冷却



食品的冷藏和气调贮藏



食品的冻结



食品的冻藏



冻结食品的回热和解冻

概述

原理

冷却

冷藏

6 冻结

6 冻藏

6 解冻

概念：

食品的低温保藏，即降低食品温度，并维持低温水平或冻结状态，以延缓或阻止食品的腐败变质，以达到食品的长途运输和短期或长期贮藏目的的保藏方法

营养、方便、卫生、经济

概述

原理

冷却

冷藏

冻结

冻藏

解冻

发展历史：

- ❖ 早期：利用天然冰雪来食品
- ❖ 19世纪上半叶，美国、德国发明人工制冷
- ❖ 1875年，液氨制冷大型设备出现
- ❖ 20世纪初，食品冷冻技术进入商业化应用
- ❖ 1920年代始于美国，**1960年代开始快速发展。**
- ❖ 中国1970代开始，1990年代快速发展



发展现状（中国）

概述

- ✓ 冷冻食品企业**2000**多家
- ✓ 亿元以上年销售额的企业有**50**多家
- ✓ 冷冻食品品种**600**多种
- ✓ **2009**年年产值**520**亿
- ✓ **2018**年，中国人均消费**9kg**

原理

冷却

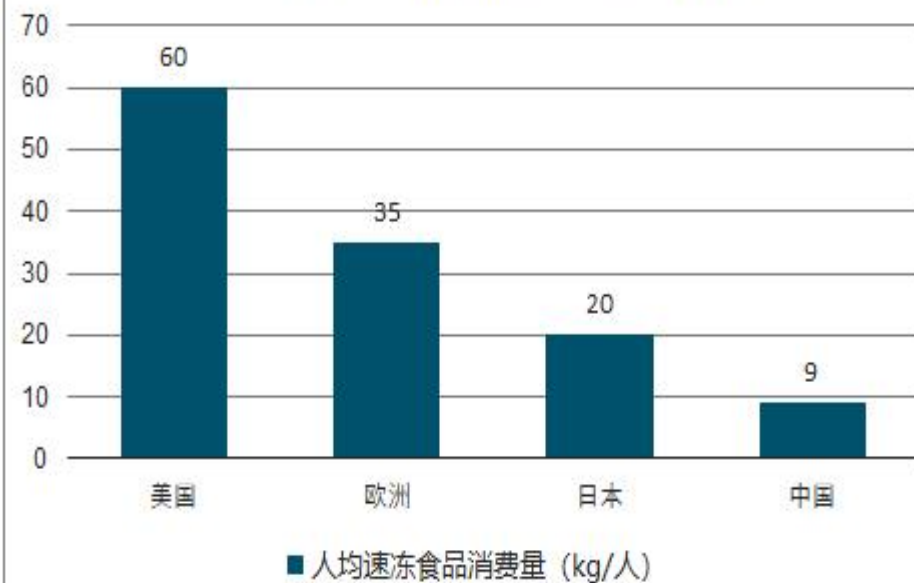
冷藏

5 冻结

6 冻藏

6 解冻

2019年人均速冻食品消费量 (kg/人)



（数据来源于网络）

城市化 迅速发展

快餐业-----冷冻冷藏食品业

概述

✓从2007年到2015年，速冻食品行业销售收入从168.46亿元增加到778.98亿元，年化复合增长率为21.10%

原理

冷却

✓2021年，中国速冻食品行业市场规模达2500亿元

冷藏

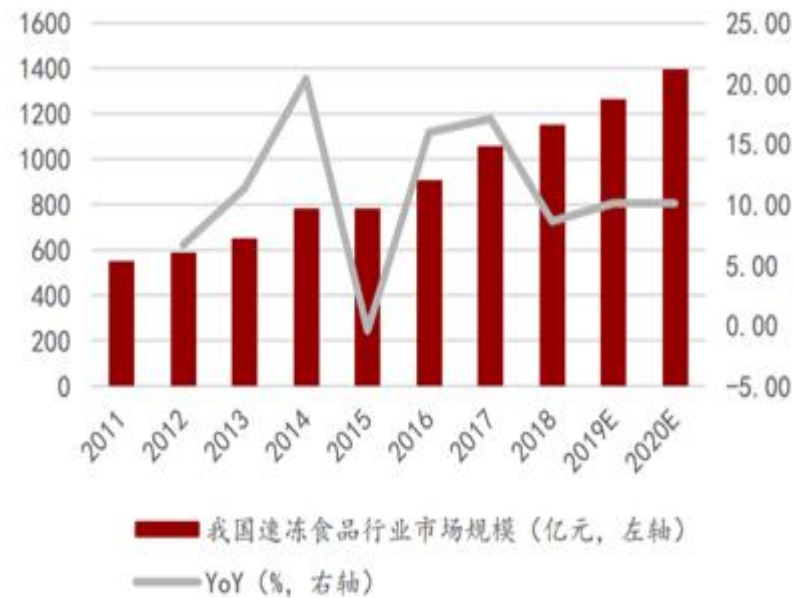
✓十四五规划：冷库总容量2.0亿立方米，冷链车32万辆，市场规模超过3800亿元，年增长超10%

5 冻结

6 冻藏

6 解冻

我国速冻行业市场规模及增速



(数据来源于网络)

冷藏:

概述

将食品的温度下降到冻结点以上的某一合适温度，食品中的水分不结冰，达到使大多数食品短期贮藏和某些食品如苹果、梨、蛋白等长期贮藏的目的。

原理

冷却

冷藏

食品的冷藏温度： $-1 - 15^{\circ}\text{C}$

冻结

TIPS: 冷害

冻藏

解冻



冻藏:

概述

将食品的温度下降到食品**冻结点以下**的某一预定温度，使食品中绝大部分的**水结冰**，达到使食品长期贮藏的目的。

原理

冷却

冷藏

食品的冻结贮藏： $-18 - -23^{\circ}\text{C}$ ，
一些多脂鱼类： $-25 - -30^{\circ}\text{C}$

冻结

冻藏

解冻

概述

原理

冷却

冷藏

冻结

冻藏

解冻

作为加工手段

- 改善食品的加工：超微粉碎，肉切片
 - 改善食品性状：冰淇淋成熟，啤酒
 - 产生新的产品：低温制作鱼排，冻豆腐
- ○ ○ ○ ○ ○



低温食品种类

食品原料

水产品

畜禽肉

果蔬



概述

原理

冷却

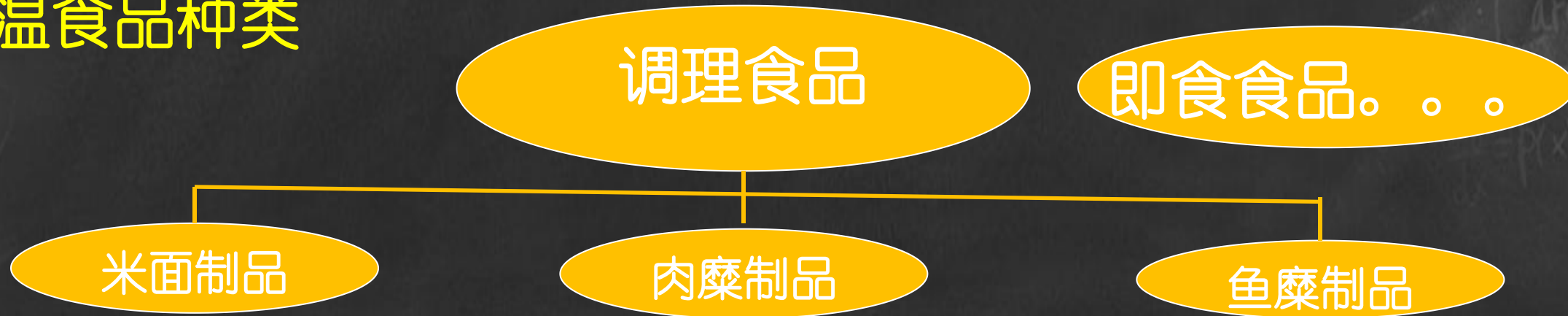
冷藏

冻结

冻藏

解冻

低温食品种类



概述

原理

冷却

冷藏

6 冻结

6 冻藏

6 解冻

概述

原理

冷却

冷藏

6 冻结

6 冻藏

6 解冻



肉品加工



食品冷冻过程及温度划分

概述

原理

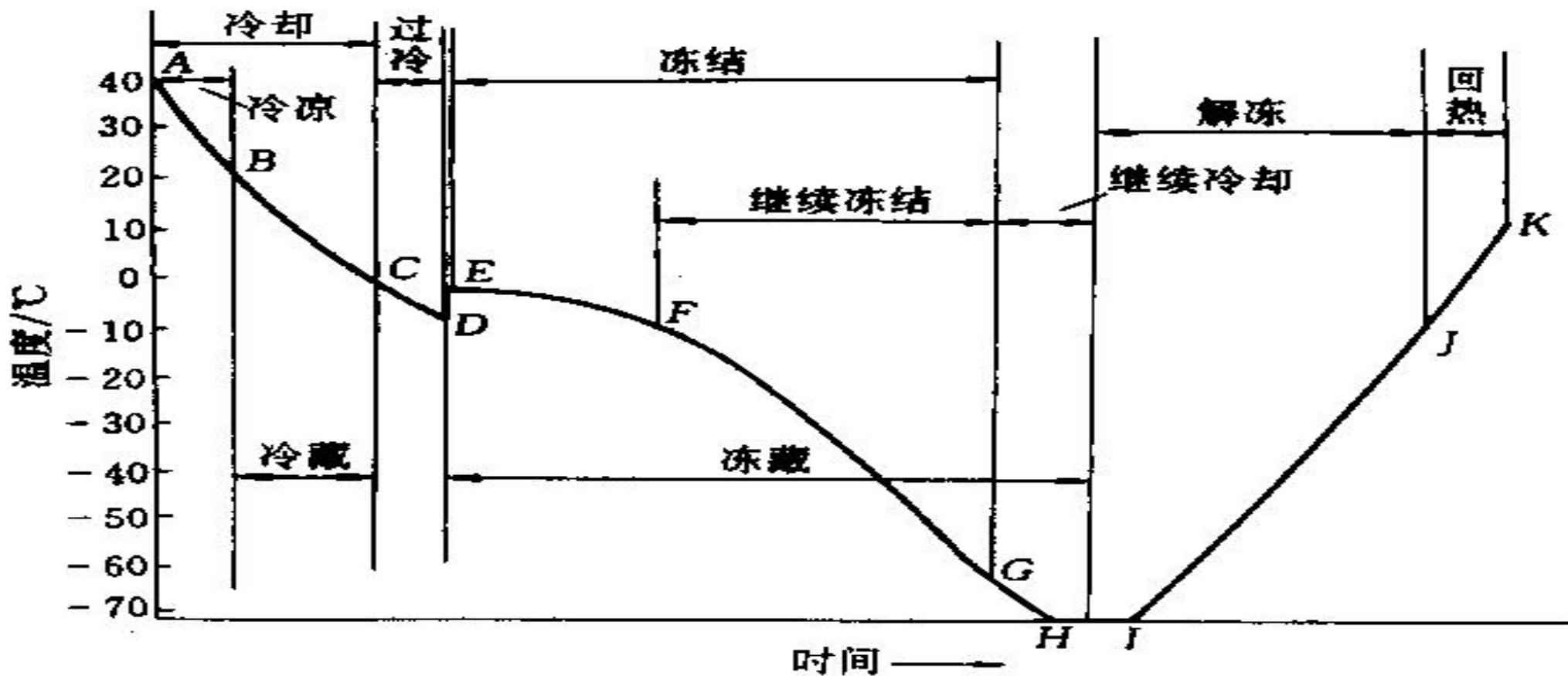
冷却

冷藏

冻结

冻藏

解冻



2 肉类冷冻温度划分示意图

低温对酶活性的影响

概述

➤ 酶活在一定温度范围内随温度上升而上升，随温度下降而下降；

原理

$$Q_{10} = \frac{K_2}{K_1}$$

冷却

冷藏

冻结

冻藏

解冻

K_1 ：温度为 t °C 时酶促反应的化学反应速率常数；

K_2 ：温度为 $(t+10)$ °C 时的酶促反应的化学反应速率常数

一定温度范围内，大多数酶的 Q_{10} 为 2~3，在广泛的温度范围内， Q_{10} 值是有变化的。

概述

原理

冷却

冷藏

5 冻结

6 冻藏

6 解冻

➤ 低温不破坏酶的活性，只能抑制(仍保留部分活性)：

如胰蛋白酶在 -30°C 时仍有微弱的活性，脂肪水解酶在 -20°C 下仍有活性。

- 有的食品在冷冻前先热烫灭酶或将酶钝化。
- 解冻后食品中的酶将重新活跃起来，加速食品的变质(甚至会变本加厉，为什么?)

➤ 酶作用的效果因原料而异

- 有的食品在冷冻前先热烫灭酶或将酶钝化。

低温对微生物的影响

概述

➤ 在一定的温度范围内，温度越低，微生物的活动能力越弱；

原理

特例：嗜冷微生物

冷却

➤ 低温导致微生物活力降低的机制分析

冷藏

A. 各种酶的协调性遭到破坏；

B. 原生质粘度增加，蛋白质凝固破坏代谢的正常运行；

C. 冰晶体的破坏作用。

冻结

... ..

冻藏

解冻

➤ 微生物的低温致死

概述

✓ 温度的高低：-1 – -5°C 对微生物危害最大；

原理

✓ 降温速度：冻结温度以上时，降温越快，死亡率越高；冻结时则相反

冷却

✓ 结合水分和过冷状态；

冷藏

✓ 介质：高水分和低pH值会加速微生物的死亡

冻结

✓ 贮藏期：冻结贮藏期越长，微生物越少

冻藏

✓ 交替冻结和解冻：灭顶之灾

解冻

概述

➤氧化作用

原理

➤生理作用

冷却

➤蒸发作用

冷藏

➤机械损害

冻结

➤低温冷害

冻藏

解冻

• 食品冷却的目的

概述

原理

冷却

冷藏

冻结

冻藏

解冻

食品冷藏保鲜

植物性食品

畜禽肉

水产品

食品加工产品

肉的低温成熟

食品冻结前预冷

冷饮类食品的制作

.....

冷却介质：从食品中吸收热量，并把热量传递给冷却装置的媒介物。

概述

原理

冷却

冷藏

6 冻结

6 冻藏

6 解冻

气体

- 便宜（空气）；
- 传热系数低冷却速度慢；
- 氧化作用；
- 导致失水（干耗）；
- 导致冷却装置凝水或结霜。

冷风冷却法

- ❖ **特点**：速度慢，易干耗，相对便宜，安全性好。
- ❖ **操作要点**：温度、速度和相对湿度。
- ❖ **适用**：果蔬类的高温库房（冷藏室），果蔬、肉及其制品、蛋品、脂肪、乳制品、冷饮半制品及糖果等。

概述

原理

冷却

冷藏

6 冻结

6 冻藏

6 解冻

❖ 液体

- 对流传热系数大，传热快；
- 无氧化和干耗(失水)问题；
- 交叉污染问题；
- 营养物质的损失问题。

冷水冷却法

- ❖ **特点**：避免干耗，冷却速度快得多，需要的空间减少，对于某些产品，成品质量较好，对另一些产品则易造成外观损害
- ❖ **操作方式**：浸入式，喷雾式，淋水式
- ❖ **适用**：常用于禽类、鱼类、某些水果和蔬菜。可在冷却水中加杀菌剂

概述

原理

冷却

冷藏

5 冻结

6 冻藏

6 解冻

❖ 固体

- 冷却速度比空气快，比水慢；
- 无氧化和干耗(失水)问题；
- 劳动强度大；
- 一旦溶化会带来和冷水同样的问题

碎冰冷却法

- ❖ 特点：冰的融解潜热（约 334720 kJ/kg ）接触冷却，速度快，保湿
- ❖ 操作要点：冷却的速度取决于食品的种类和大小、冷却前食品的原始温度、冰块和食品的比例以及冰块的大小
- ❖ 适用：常用于冷却鱼、叶类蔬菜和一些水果，也用于一些食品如午餐肉的加工

真空冷却法

概述

原理

冷却

冷藏

冻结

冻藏

解冻

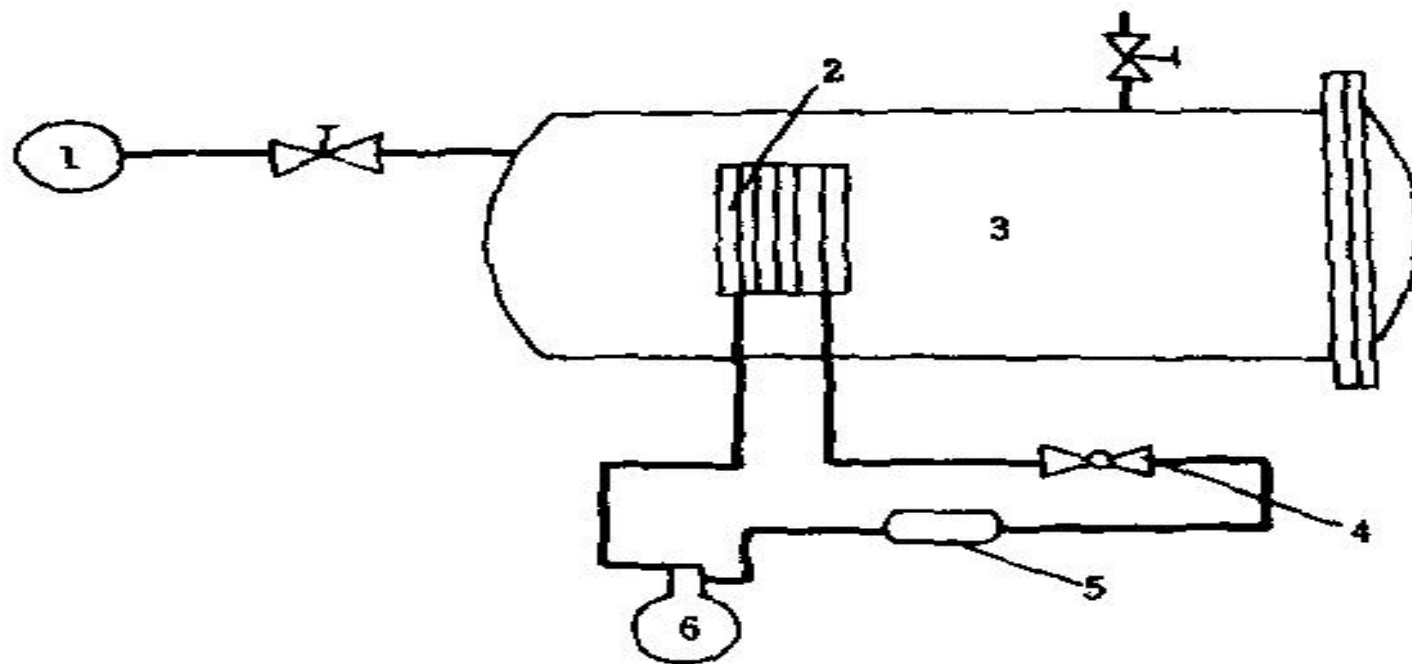


图 1-1-6 真空冷却装置示意图
1—真空泵 2—冷却器 3—真空冷却槽
4—膨胀阀 5—冷凝器 6—压缩机

概述

原理

冷却

冷藏

5 冻结

6 冻藏

6 解冻

➤ 液体食品物料的冷却

- ❖ 特点：间接冷却（非接触式）
- ❖ 冷却介质：致冷剂
- ❖ 冷却器：间歇式、连续式

➤ 其它冷却方法

- ❖ 接触冷却
- ❖ 辐射冷却

➤ 食品内无热源

概述

原理

冷却

冷藏

冻结

冻藏

解冻

$$Q=mc(T_{初}-T_{终})$$

Q ——冷却过程中食品的散热量或冷耗量 (千焦)

m ——被冷却食品的重量 (千克)

c ——冻结点以上食品的比热 (千焦/千克, K)

$T_{初}$ ——冷却开始时食品的初温 (K)

$T_{终}$ ——冷却完成时食品的终温 (K)

低脂食品: $C = C_{水} \omega + C_{干} (1 - \omega)$

肉及肉制品: $C = C_{水} \omega + C_{脂} \delta + C_{干} (1 - \omega - \delta)$

➤ 食品内有热源

生化反应热 (肉类)

$$Q_0 = m [c_0(T_{\text{初}} - T_{\text{终}}) + 0.6276t]$$

呼吸热 (果蔬)

$$Q_h = m [c_0(T_{\text{初}} - T_{\text{终}}) + H \cdot t]$$

概述

原理

冷却

冷藏

6 冻结

6 冻藏

6 解冻

概述

原理

冷却

冷藏

冻结

冻藏

解冻

平均耗冷量

$$\Phi_z = \frac{Q_0}{3.6t}$$

NOTE:

时间t的单位是h

功率单位是kW

冷量(热量)单位是kJ

冷却率因素

$$Q_0 = \frac{\text{食品冷却中的耗冷量}}{\text{冷却率因素}}$$

安全系数:

设备选型时 加上**5-10%**的安全系数。

额外冷负荷

概述

当食品采用透气包装或无包装并在冷空气中冷却时，食品除散发热量外，还蒸发水分，在冷凝器上冷凝，带来额外冷负荷。

原理

冷却

$$\Delta m \cdot c \cdot \Delta T \text{ (冷凝水)}$$

冷藏

$$\Delta m \cdot \Delta r \text{ (水冻结的相变热)}$$

冻结

- 害处：质量减少，品质恶化
- 益处：水分蒸发有利于降温

冻藏

解冻

冷却干耗：当食品采用透气包装或无包装并在冷空气中冷却时，食品除散发热量外，还蒸发水分，使食品失水干缩，称**冷却干耗**。

$$\Delta g = \frac{\Delta m_0}{m} \times 100\%$$

表 1-1-9

肉类从 36℃ 冷却到 3℃ 时的干缩度

品名	干缩度/%	品名	干缩度/%	品名	干缩度/%
肥猪肉	1.1	肥牛肉	1.1	肥羊肉	1.4
瘦猪肉	1.5	瘦牛肉	1.4	瘦羊肉	1.5

概述

原理

冷却

冷藏

5 冻结

6 冻藏

6 解冻

食品的冷藏（冻藏）工艺流程：

概述

原理

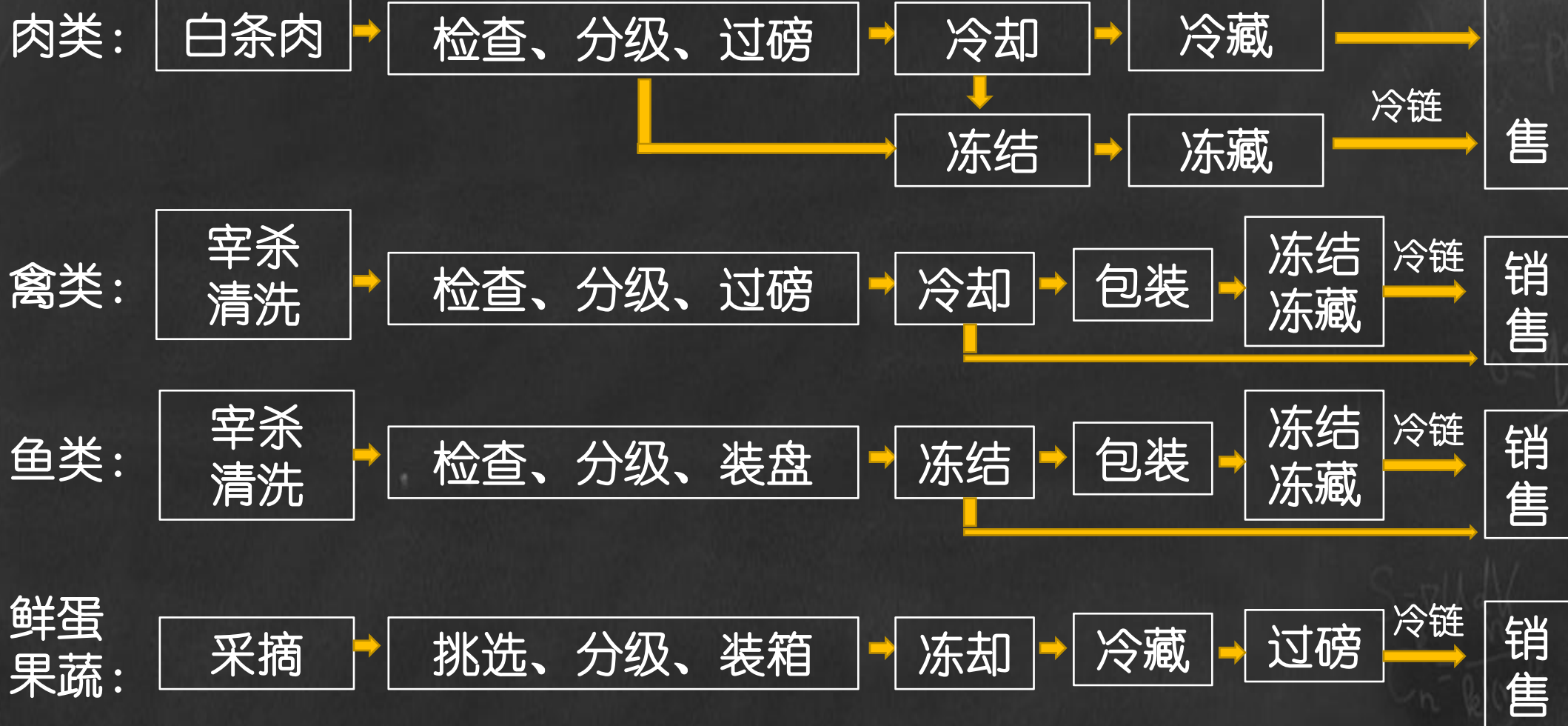
冷却

冷藏

冻结

冻藏

解冻



2.4.1 原料选择及前处理

◆ 植物性原料：

原料要求：外观良好，成熟度一致，无损伤，无微生物污染，对病虫害抵抗力强

保藏要求：适当抑制其呼吸作用（应避免冷害）

免疫力，呼吸，细胞壁

前处理：剔除机械损伤、虫伤、霜冻、腐烂、发黄原料，将原料按大小分级、整理、包装。

适合冷藏



概述

原理

冷却

冷藏

冻结

冻藏

解冻

概述

原理

冷却

冷藏

冻结

冻藏

解冻

◆动物性原料：

原料：畜肉，水产，等（禽蛋同果蔬）

无免疫力，无细胞壁

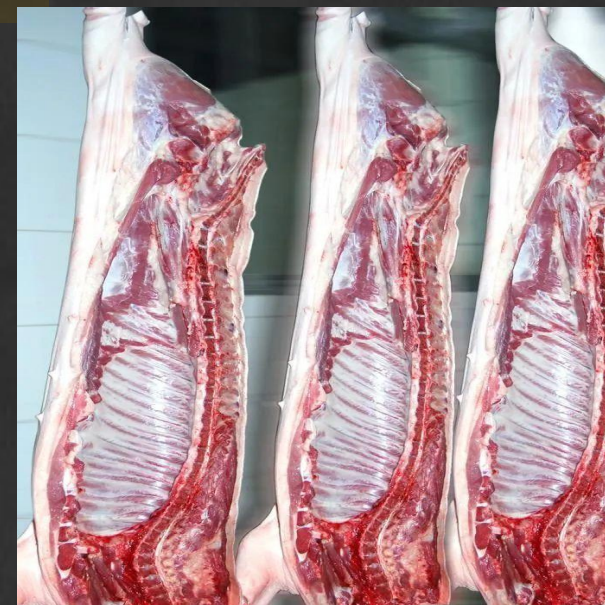
前处理：

畜肉：静养，空腹，屠宰，分割；

水产：清洗，分级，放血，剖腹去内脏

蛋类：外观检查

适合冻藏



概述

原理

冷却

冷藏

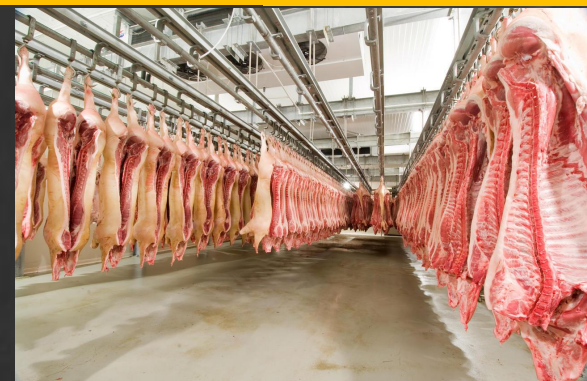
6 冻结

6 冻藏

6 解冻

➤ 食品冷藏的技术管理

- ✓ 冷藏温度
- ✓ 空气的相对湿度
- ✓ 气流速度
- ✓ 食品原料特性
- ✓ 通风换气
- ✓ 包装堆码
- ✓ 相容性
-



气调冷藏法 (CA)

概述

原理

冷却

冷藏

冻结

冻藏

解冻

- **原理**：在封闭空间内，调节降低环境氧气浓度，适当提高二氧化碳浓度，以及调节其他相关成分浓度，达到抑制食品本身引起的品质劣变生理生化过程、抑制微生物活动、延长食品保质期的目的。
- **优点**：保鲜效果好，贮藏损失少，保鲜期长，没有污染
- **方法**：自然降氧法；机械降氧法；减压降氧法；气体半透膜法等

概述

原理

冷却

冷藏

5 冻结

6 冻藏

6 解冻

• 食品在冷藏中的变化

- 干耗
- 冷害
- 串味
- 果蔬的后熟作用
- 肉类成熟作用
- 脂类变化
- 淀粉老化
- 微生物增殖
- 收缩
-

概述

原理

冷却

冷藏

6 冻结

6 冻藏

6 解冻

- 回热概念：

指冷藏食品出冷藏室前，确保空气中的水分**不会在冷藏食品表面冷凝**的条件下，逐渐提高冷藏食品的温度，最后达到与外界空气温度相同的过程。

技术关键点：**空气湿度**适当，过低易引起食品干耗，过高易在食品表面出现冷凝水

概述

原理

冷却

冷藏

5 冻结

6 冻藏

6 解冻

➤ **食品的冻结**是指将食品的温度降低到**食品冻结点**以下的某一预定温度（一般要求食品的中心温度达到**-15℃ 或以下**），使食品中的大部分水分冻结成冰晶体。

➤ **优点**：**保存期长**（几天到几年），**营养、保鲜**（大小、形状、质地、色泽和风味方面一般不会发生明显的变化），**方便**；

➤ **缺点**：需要大量制冷设备、**冻藏设施**和专门的商品销售网（**冷链**）

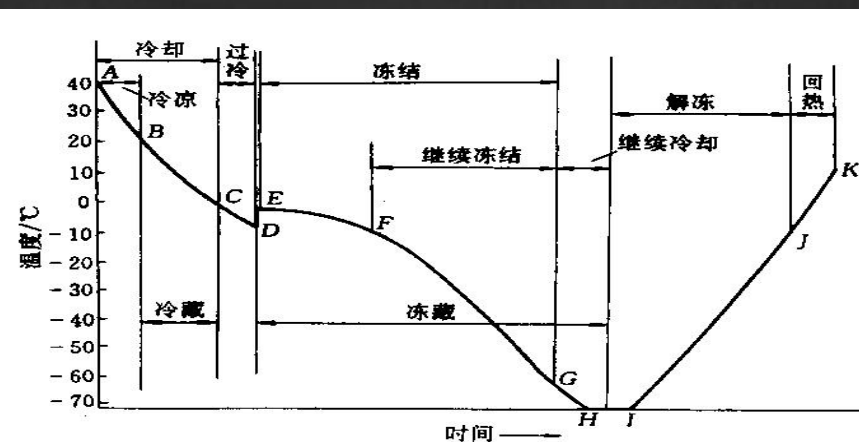


图 1-1-2 肉类冷冻温度划分示意图

冻结曲线

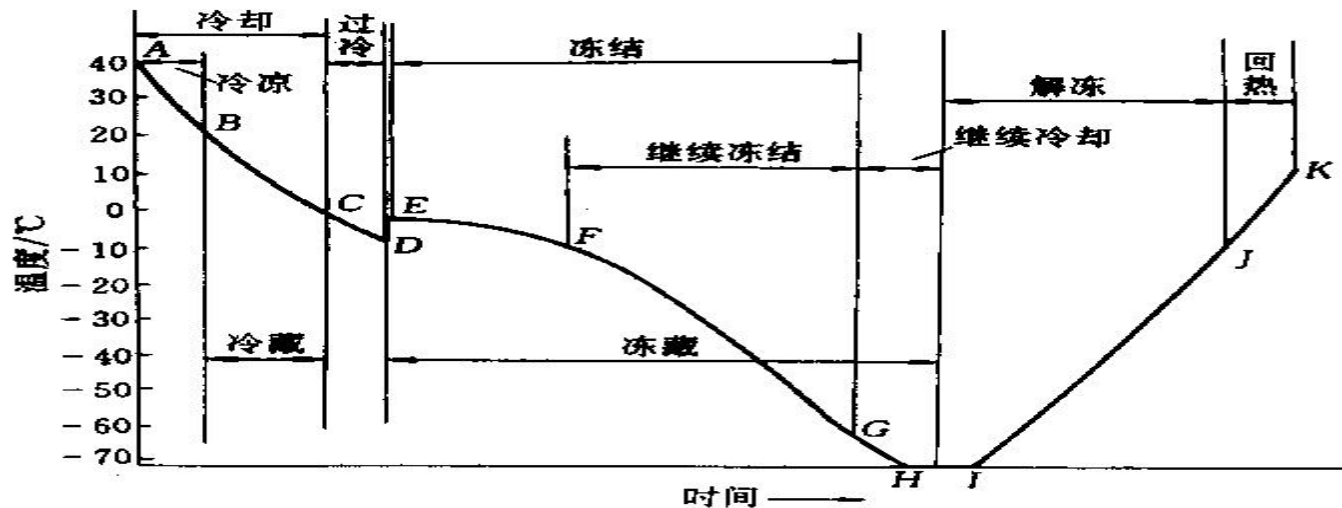
三个阶段:

A. 初温—冻结点

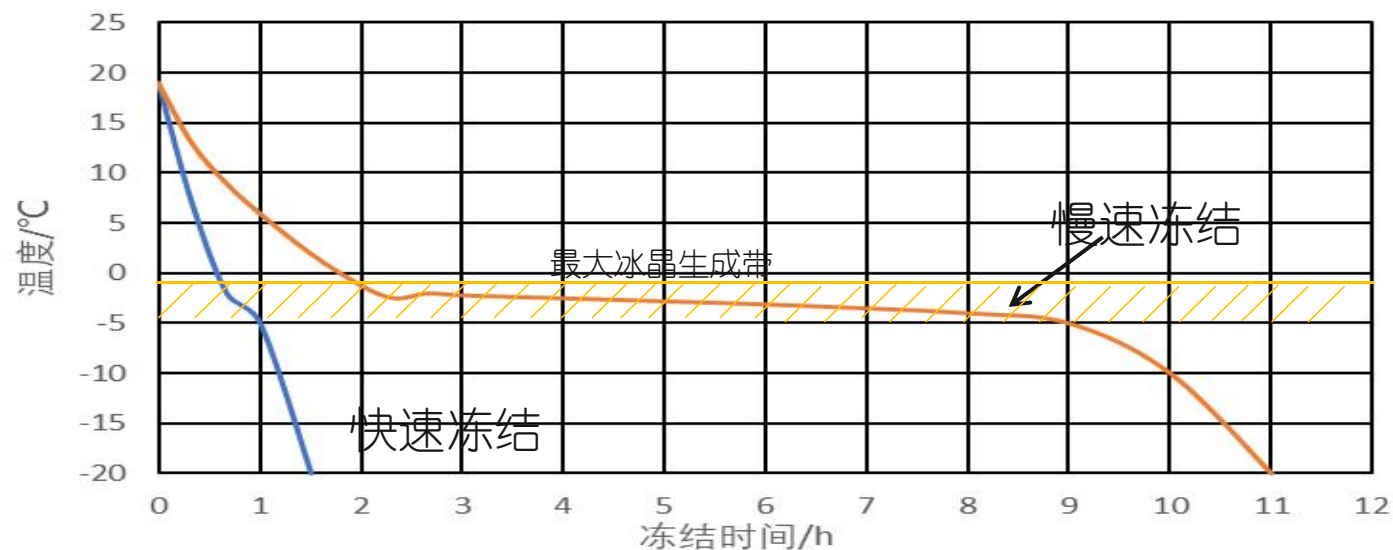
B. 冻结点— -5°C

C. -5°C 继续降温

最大冰晶生成带



肉类冷冻温度划分示意图



概述

原理

冷却

冷藏

冻结

冻藏

解冻

冻结过程

概述

➤ 过冷是液体结晶的先决条件；

原理

✓ 液体相和晶体相的平衡

冷却

✓ 过冷临界温度

冷藏

✓ 不同食品材料的过冷临界温度不同

5 冻结

6 冻藏

6 解冻

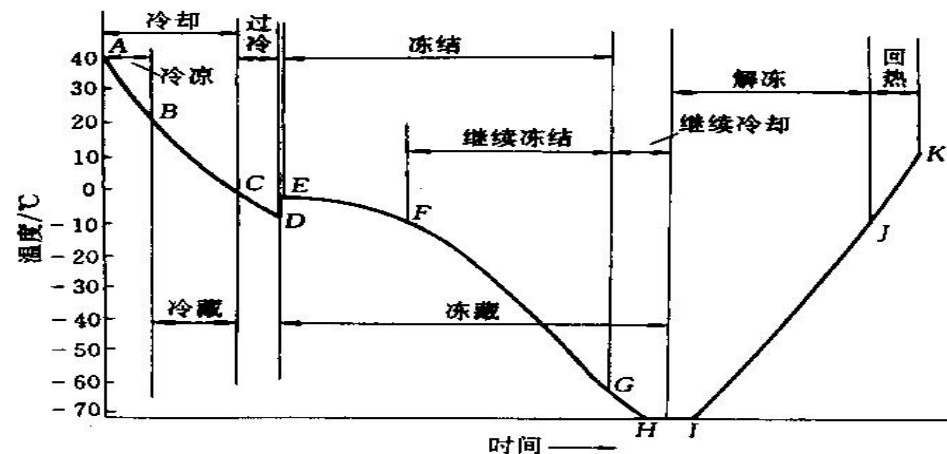


图 1-1-2 肉类冷冻温度划分示意图

冻结点（冰点）

概述

拉乌尔第二定律：冰点降低与溶液浓度成正比，浓度每增加1mol/L，冰点下降1.86℃（物理化学知识计算）

原理

冷却

冷藏

5 冻结

6 冻藏

6 解冻

$$\theta_f = -\Delta\theta = -K_f m$$

品种	冻结点/℃	品种	冻结点/℃
牛肉	-0.6~ -1.7	葡萄	-2.2
猪肉	-2.8	苹果	-2
鱼肉	-0.6~ -2	青豆	-1.1
蛋白	-0.45	橘子	-2.2
蛋黄	-0.65	香蕉	-3.4
牛奶	-0.5		

概述

原理

冷却

冷藏

5 冻结

6 冻藏

6 解冻

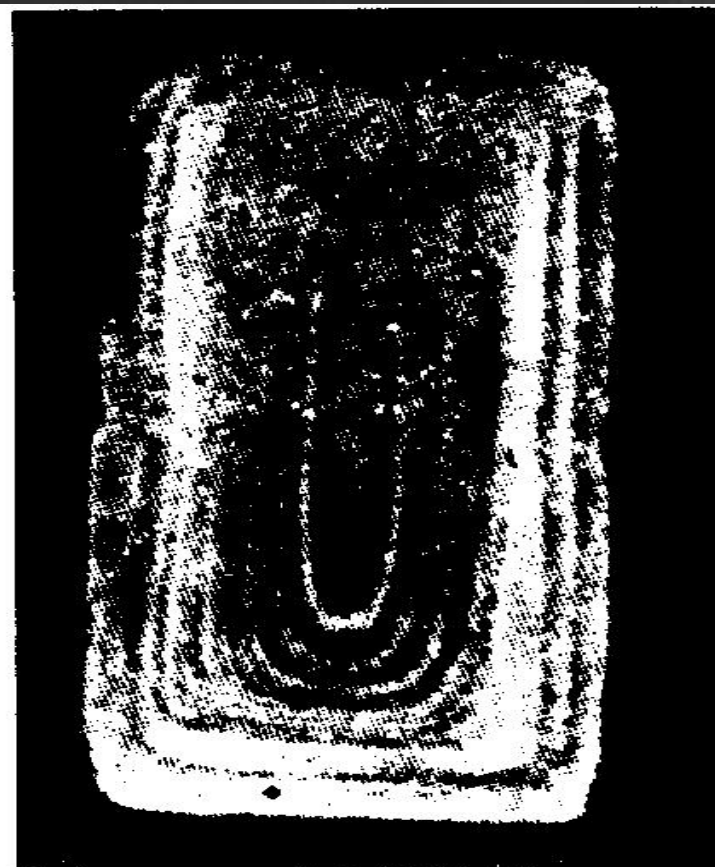
➤ 冻结的循序渐进；

✓ 溶质浓度的梯度变化；

✓ 冻结点的梯度变化（与纯水相比）；

✓ 低共熔点（ $-55 - -65^{\circ}\text{C}$ ）

✓ 冻结速度与冰晶形态、数量



冻结冰块的截面图

➤ 冻结速率试验

概述

• **实验**：将两瓶加有颜料的水各自放入冷空气和冷盐水中冻结，

原理

• **结果**：前者冻结需72h，后者需3h；冰块的颜色分布不同，前者边沿无色，越靠近中心颜色越深，后者外层淡色，颜色梯度小。

冷却

冷藏

冻结

• **解释**：冻结时，边沿水分先行冻结（浓度极低），溶质往中心移动，越往中心溶质浓度越大；当冻结速度越快，则溶质在冻结后内外分布越均匀，但无法完全一致（瞬间冻结？）

冻藏

解冻

➤ 冻结速率与食品品质

概述

✓ 冻结速度慢：溶液迁移，浓度不均；冰晶较大，细胞失水；时间较长，腐败增加；

原理

✓ 冻结速度快：**迅速冻结**，浓度均匀；冰晶细小，数量较多；时间较短，腐败减少。

冷却

冷藏

✓ 从提高食品质量这一角度看，只有**迅速冻结**把食品冻结体的状态牢靠地**保持在 -18°C 以下**的储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。

5 冻结

6 冻藏

✓ 冻结速度与冰晶形状的关系：

6 解冻

果蔬 30 min, 肉类 6 h

➤ 冻结速率描述

概述

✓ 时间-温度法

- 主要描述热中心温度从 -1°C 至 -5°C 所花的时间
- $<30\text{min}$ 为快速冻结, $>30\text{min}$ 为缓慢冻结

原理

冷却

✓ 冰峰前进速率

- 单位时间内 -5°C 冻结层向内部前进的距离
- 快 $5-20\text{cm}\cdot\text{h}^{-1}$, 中 $1-5\text{cm}\cdot\text{h}^{-1}$, 慢 $0.1-1\text{cm}\cdot\text{h}^{-1}$

冷藏

冻结

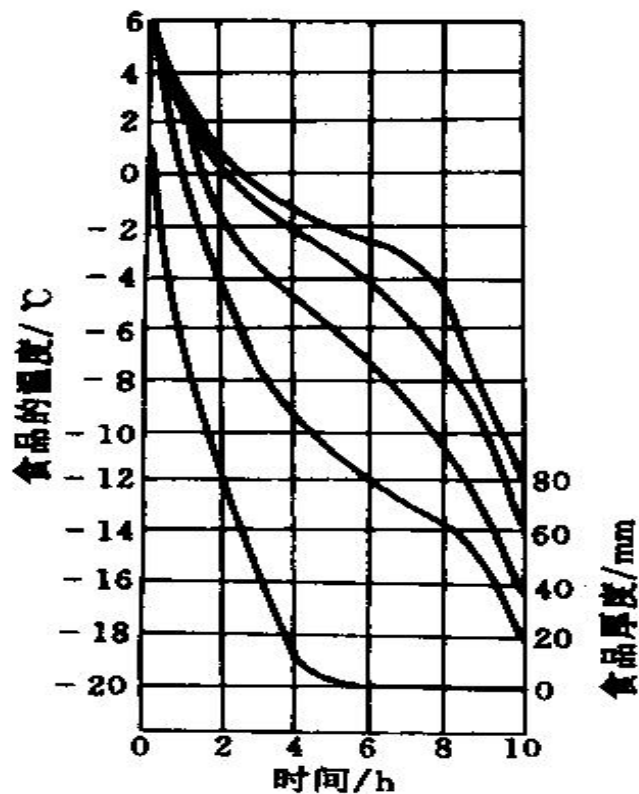
✓ 国际制冷学会定义

- 食品表面与中心最短距离与从表面 0°C 至中心温度比冻结点低 10°C 所需时间之比

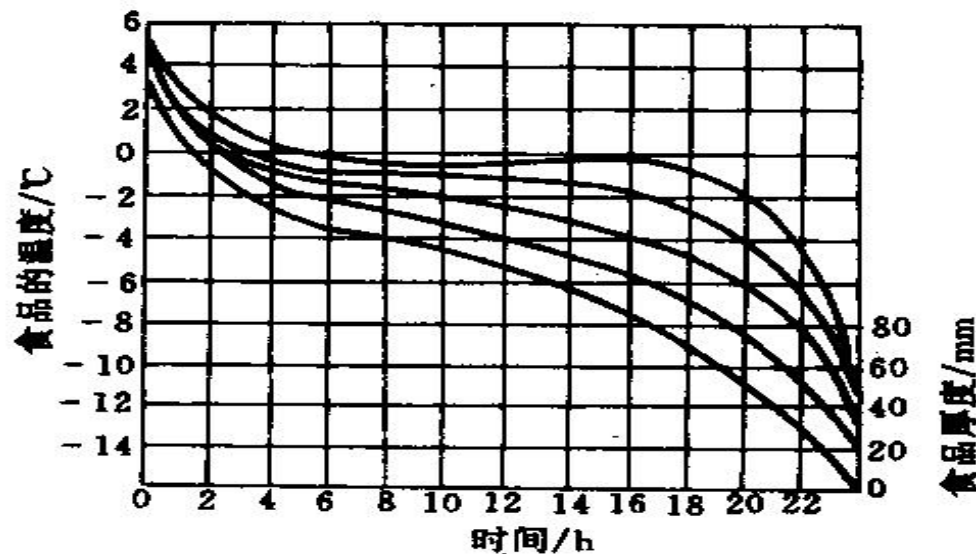
冻藏

解冻

➤ 冻结速率与介质



(a)



(b)

以盐水和空气为冷冻介质的冷冻曲线

(a) 在盐水中冻结 (b) 在空气中冻结

概述

原理

冷却

冷藏

5 冻结

6 冻藏

6 解冻

水分冻结率

在某一温度时，水分转化成冰晶的量与水分总量之比

$$\omega = \frac{m_2}{m_1 + m_2}$$

ω — 食品水分冻结率 (%) ;

m_1 — 食品冻结至某一温度时食品内所含的水分的量

m_2 — 食品冻结至某一温度时食品内所含的冰晶的量

概述

原理

冷却

冷藏

冻结

冻藏

解冻

概述

原理

冷却

冷藏

5 冻结

6 冻藏

6 解冻

$$\omega = \frac{A}{1 + \frac{B}{\lg\{(273 - T) + [1 - (273 - T_d)]\}}}$$

ω — 食品水分冻结率 (%) ;

A, B — 常数;

T — 冻结食品的热力学温度 (K) ;

T_d — 食品的冻结点的热力学温度 (K)

➤ 冻结膨胀

✓ 水在 4°C 时体积最小，密度最大。

✓ 水结冰（同温度）时**体积增大**
1.09倍

✓ 冰块继续降温，体积有所缩小，
甚微

概述

原理

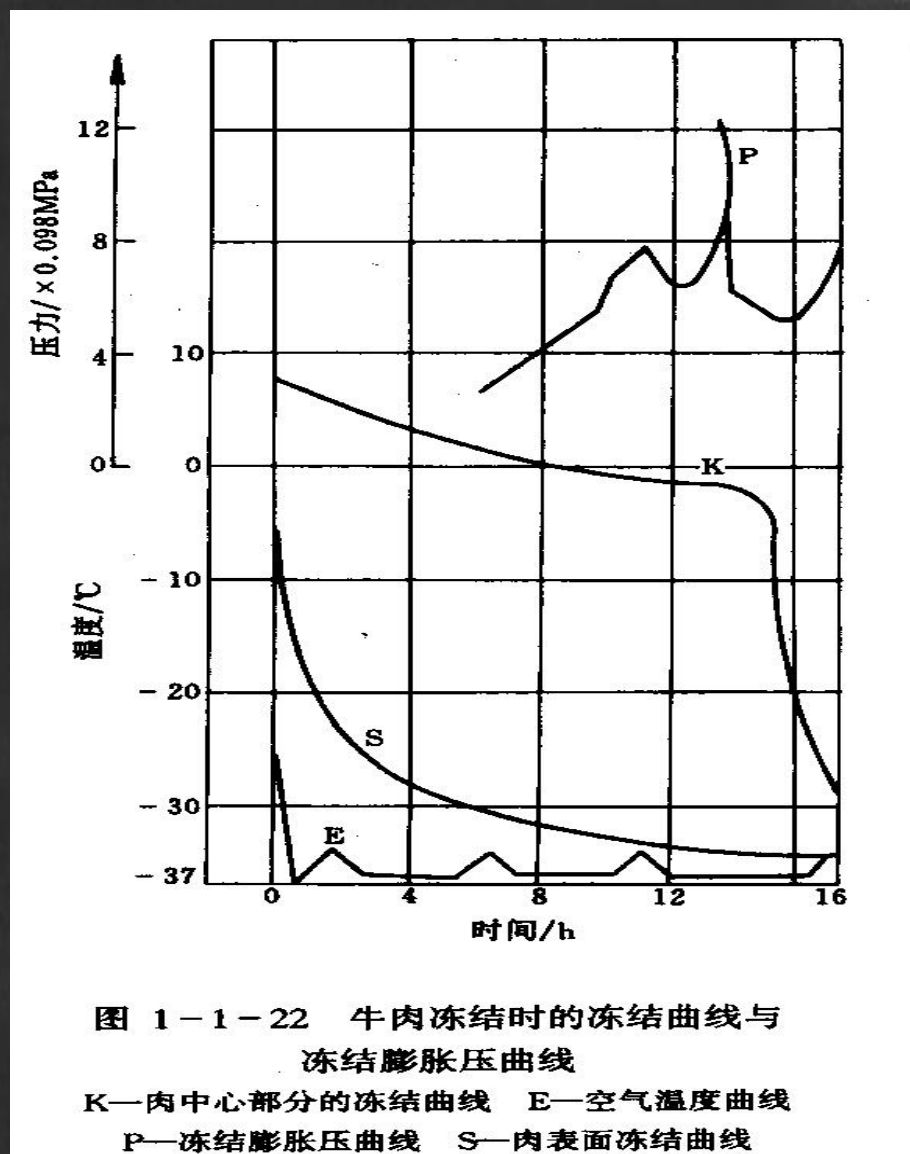
冷却

冷藏

5 冻结

6 冻藏

6 解冻



➤ 冻结过程中的玻璃化转变 (P160)

概述

原理

冷却

冷藏

5 冻结

6 冻藏

6 解冻

✓ 非晶高聚物的三态：玻璃态、高弹态、黏流态

✓ 高聚物分子运动多重性

✓ 低分子电解质水溶液、低分子有机物也有玻璃化转变

✓ 玻璃化转变对食品保存的意义

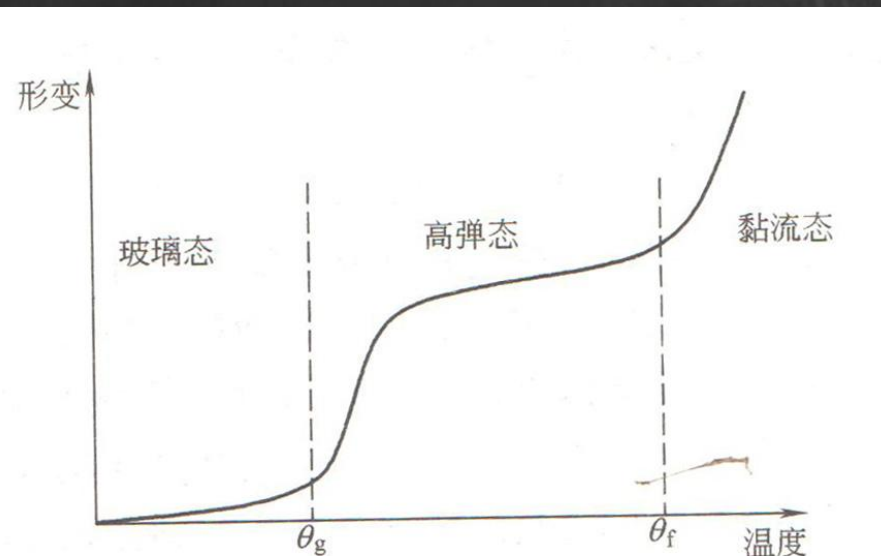


图 4-10 非晶高聚物的温度形变曲线

2.4.2 食品冻结时的热力学性质变化

食品冻结时其热力学性质会发生明显变化

• 质量热容

❖ 冻结点以上： $Q=mc(t_i - t_f)$

❖ 冻结点以下：热容可分为三大块之和，冰晶，水分，干物质

$$c_T = c_{\text{冰}} w \omega + c_{\text{干}} (1 - \omega) + c_{\text{水}} w (1 - \omega)$$

$$Q = mc(t_f - t_s)$$

TIPS: 一般情况下，冻结后食品的热容（比热）下降，热导率 λ 上升，温度变化速度加快。

概述

原理

冷却

冷藏

冻结

冻藏

解冻

➤ 食品冻结过程中的冷量消耗

三大部分：冻结前冷却时的放热量；冻结时形成冰晶体的放热量；冻结食品降温时的放热量

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3$$

- 冻结前冷却时的放热量

$$Q_1 = c_0 m (T_{\text{初}} - T_{\text{冻}})$$

- 冻结时形成冰晶体的放热量

$$Q_2 = m w \omega \gamma_{\text{冰}}$$

- 冻结食品降温时的放热量

$$Q_3 = c_i m (T_{\text{冻}} - T_{\text{终}})$$

在实际操作中，涉及冷库冷量消耗的因素还包括人员进出 Q_4 、灯光与电器发热 Q_5 、货架和包装 Q_6 等因素。

概述

原理

冷却

冷藏

冻结

冻藏

解冻

➤ 食品平均温度

表 1-1-19

温度从 $t_{初}$ 到 $t_{终}$ 范围内肉类冻结时的平均温度

食品初温 $t_{初}$	食品终温 $t_{终}/^{\circ}\text{C}$								
	-2	-4	-6	-8	-10	-12	-14	-16	-20
平均温度/ $^{\circ}\text{C}$									
-1 $^{\circ}\text{C}$	-1.50	-2.05	-2.65	-3.22	-3.88	-4.65	-5.25	-5.91	-6.77
-2 $^{\circ}\text{C}$	-2.00	-2.76	-3.76	-4.21	-4.97	-5.80	-6.71	-7.35	-8.25
-4 $^{\circ}\text{C}$		-4.00	-4.91	-5.65	-6.60	-7.65	-8.60	-9.45	-10.30
-6 $^{\circ}\text{C}$			-6.00	-6.91	-7.95	-9.02	-10.15	-11.10	-12.10
-8 $^{\circ}\text{C}$				-8.00	-9.10	-10.24	-11.42	-12.24	-13.55
-10 $^{\circ}\text{C}$					-10.00	-11.25	-12.35	-13.55	-14.92
-12 $^{\circ}\text{C}$						-12.00	-13.22	-14.45	-16.05
-14 $^{\circ}\text{C}$							-14.00	-15.25	-17.20
-16 $^{\circ}\text{C}$								-16.00	-18.18
-18 $^{\circ}\text{C}$									-19.15
-20 $^{\circ}\text{C}$									-20.00

概述

原理

冷却

冷藏

5 冻结

6 冻藏

6 解冻

➤ 冻结时间计算

• Plank方程

$$t_f = \frac{\rho L}{\theta_f - \theta_m} \left[\frac{Pd}{h} + \frac{Rd^2}{\lambda} \right]$$

考虑包装

$$t_f = \frac{\rho L}{\theta_f - \theta_m} Pd \left[Pd \left(\frac{1}{h} + \frac{X}{\lambda_1} \right) + \frac{Rd^2}{\lambda} \right]$$

概述

原理

冷却

冷藏

5 冻结

6 冻藏

6 解冻

➤ 冻结时间计算

- 平板状食品的冻结时间

$$t = \frac{q_i \rho}{2(T_p - T)} \left(\frac{l}{h} + \frac{l^2}{4\lambda} \right)$$

(摘自《食品技术原理》第一版赵晋府；第二版 赵征)

- 圆柱食品的冻结时间

$$t = \frac{q_i \rho}{4(T_p - T)} \left(\frac{d}{h} + \frac{d^2}{4\lambda} \right)$$

- 球状食品的冻结时间

$$t = \frac{q_i \rho}{6(T_p - T)} \left(\frac{d}{h} + \frac{d^2}{4\lambda} \right)$$

概述

原理

冷却

冷藏

5 冻结

6 冻藏

6 解冻

概述

原理

冷却

冷藏

5 冻结

6 冻藏

6 解冻

➤ 冻结前处理

- 热烫
- 加糖
- 加盐
- 浓缩
- 加抗氧化剂

➤ 冻结后处理

- 冰衣处理
- 包装处理

➤ 冻藏工艺

概述

• 果蔬类

✓ 必须速冻，必须速冻，必须速冻！！！！

原理

• 畜禽肉类

✓ 一次冻结工艺：效率高，质量好，干耗小，时间短；成本高

✓ 两次冻结工艺：质量较好，成本低

冷却

冷藏

• 鱼类

✓ 一般快速冻结，包装或冰衣

✓ 多脂鱼冻藏温度达 -30°C

冻结

冻藏

解冻

➤ (一) 冷风冻结装置

✓ 隧道式

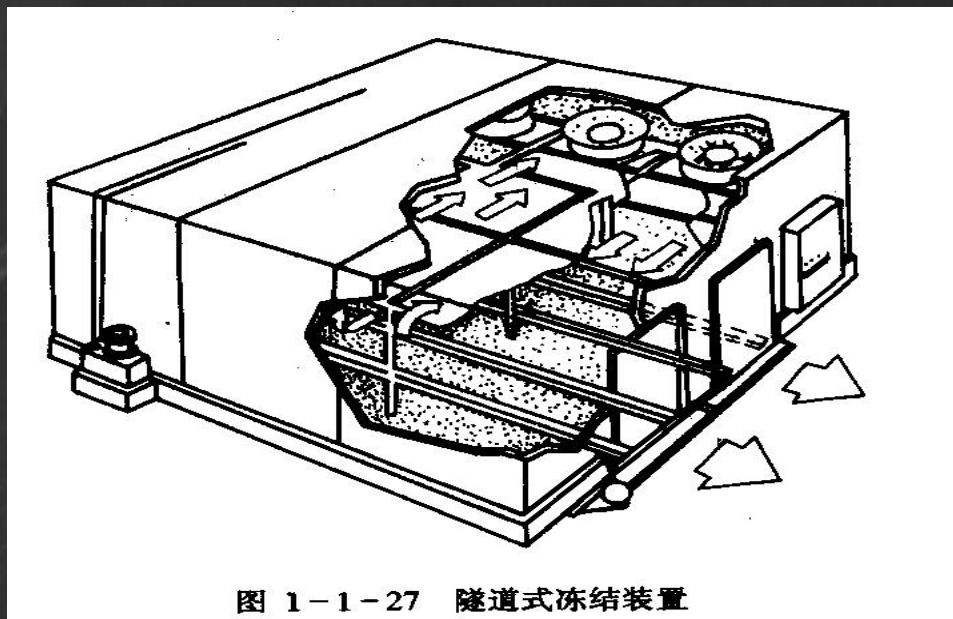


图 1-1-27 隧道式冻结装置

✓ 传送带式冻结装置

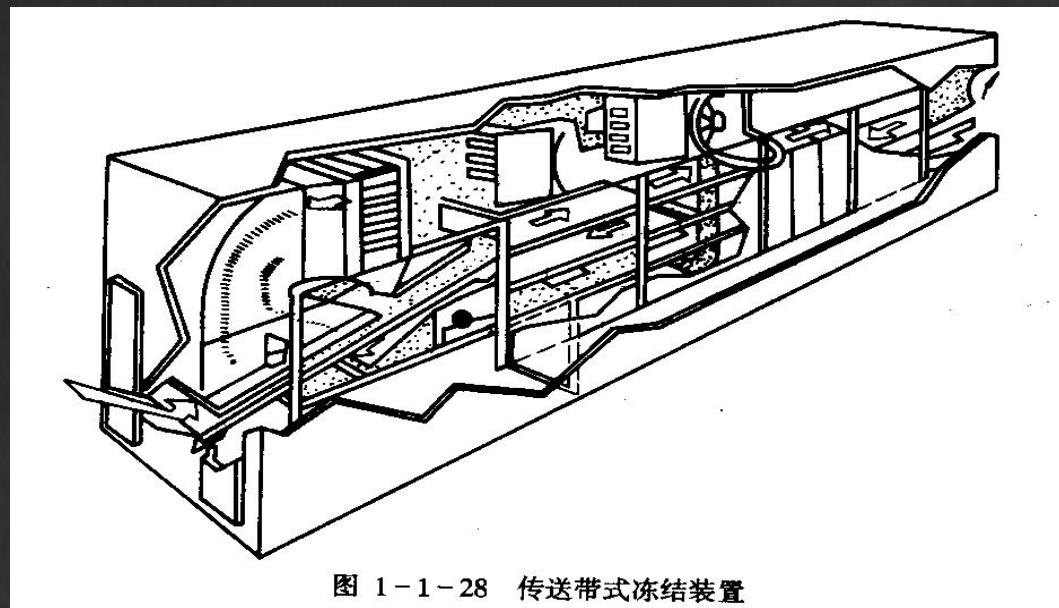


图 1-1-28 传送带式冻结装置

概述

原理

冷却

冷藏

冻结

冻藏

解冻

概述

原理

冷却

冷藏

6 冻结

6 冻藏

6 解冻



概述

原理

冷却

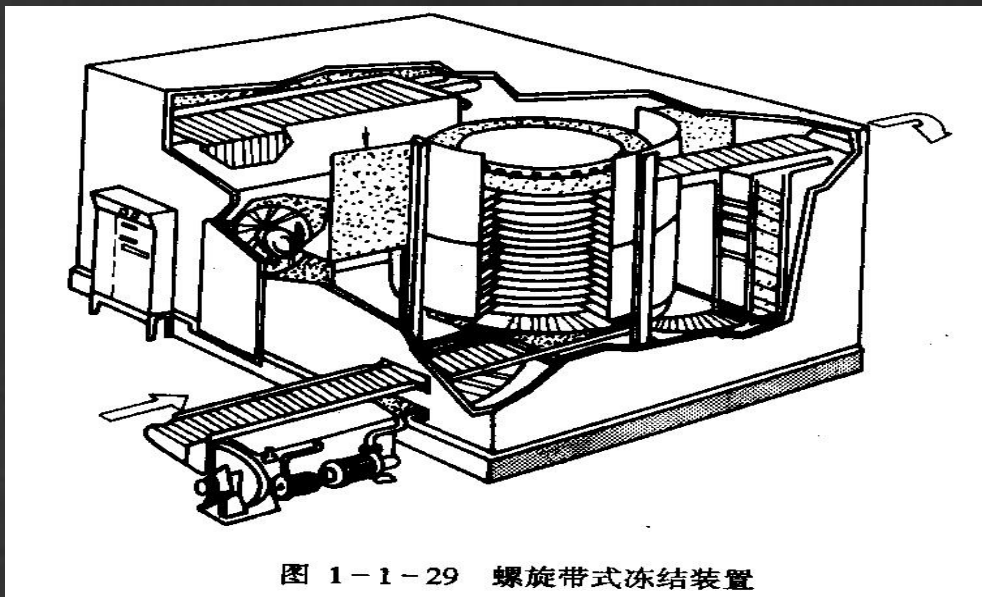
冷藏

6 冻结

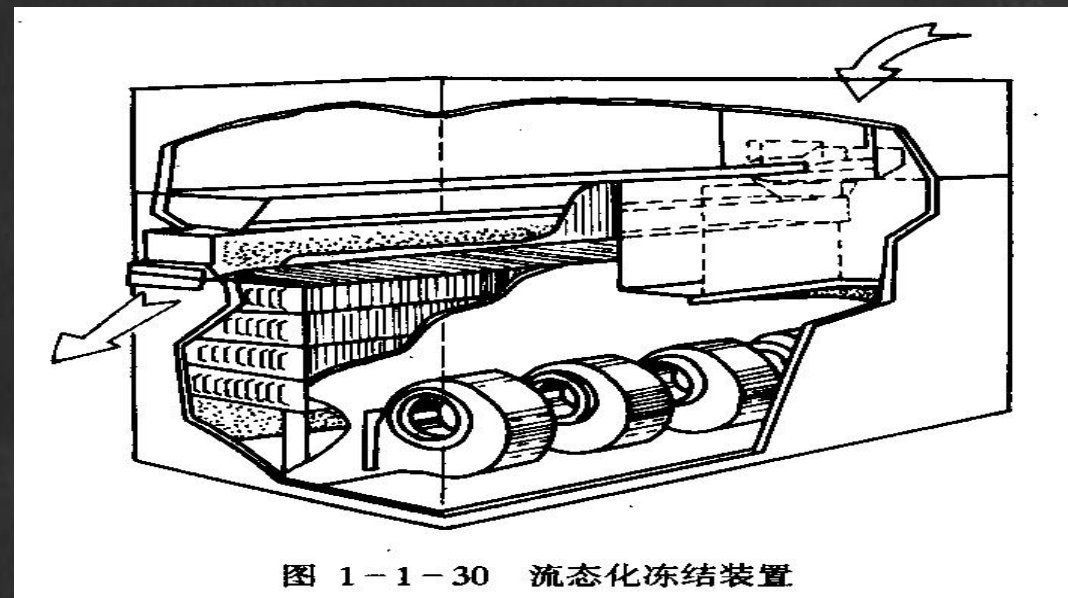
6 冻藏

6 解冻

✓ 螺旋带式冻结装置



✓ 流态化冻结装置



➤ 平板冻结装置

概述

原理

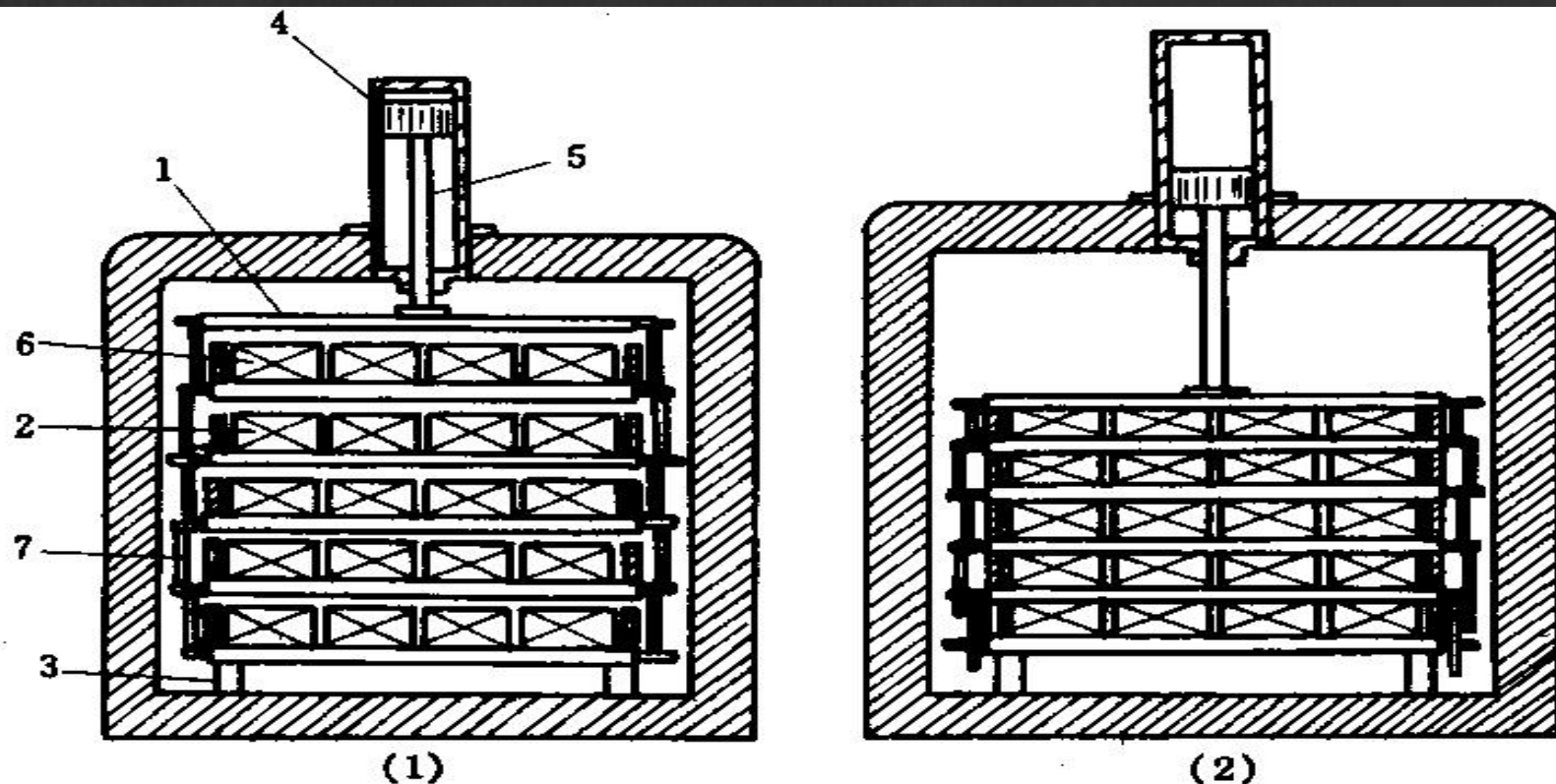
冷却

冷藏

冻结

冻藏

解冻



(1)

(2)

图 1-1-31 卧式平板冻结装置

(1) 冻结前 (2) 冻结时

1—冷却板 2—螺栓 3—底栓 4—活塞
5—水压升降机 6—包装食品 7—板架

➤ 低温液体冻结装置

概述

原理

冷却

冷藏

冻结

冻藏

解冻

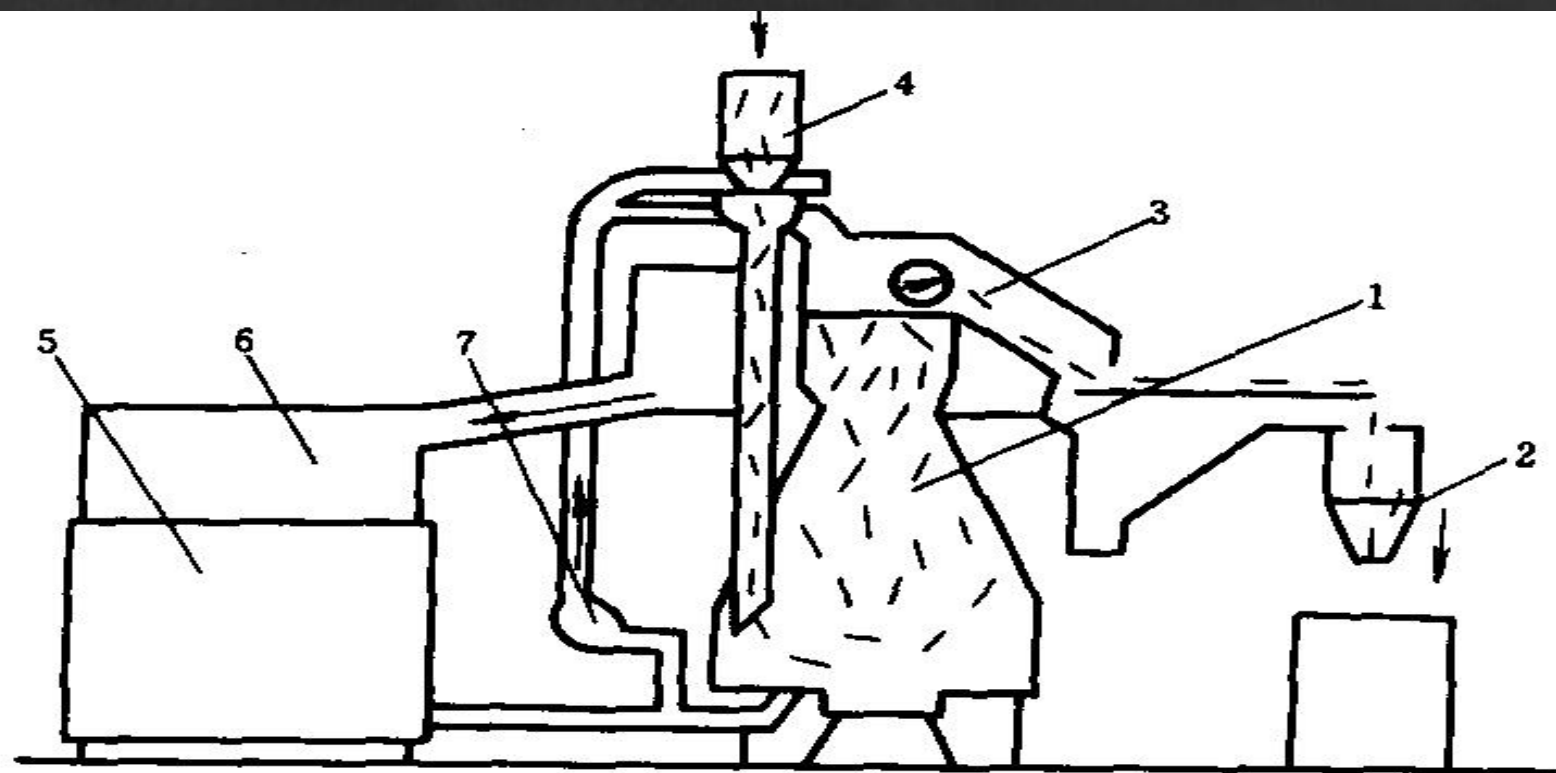


图 1-1-32 连续式盐水冻结装置

1—冻结器 2—冻鱼出料口 3—滑道(分离器) 4—进料口
5—盐水冷却器 6—除鳞器 7—盐水泵

➤ 超低温液体冻结装置

概述

原理

冷却

冷藏

冻结

冻藏

解冻

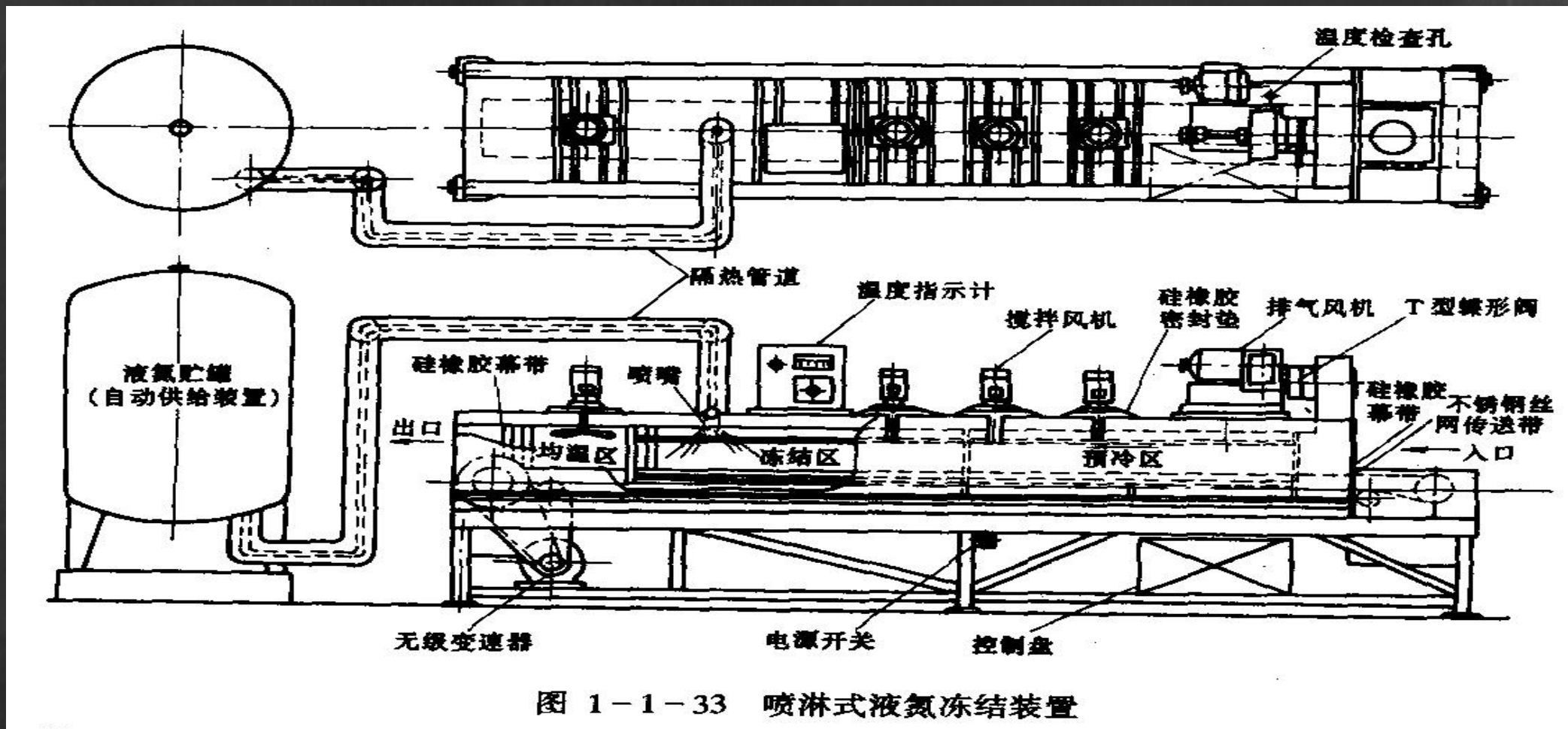


图 1-1-33 喷淋式液氮冻结装置

➤ 食品冻藏的技术管理

概述

❖ 冻结速度对食品品质影响显著；

原理

❖ 适宜的冻藏温度，波动不得超过 1°C ；

冷却

❖ 进出冻藏室时，冻藏室温度升高不得超过 4°C ；

冷藏

❖ 经冻结的食品进入冻藏室时，尽量保持温度的稳定；

冻结速度，冻藏温度，温度的稳定

5 冻结

6 冻藏

冷链：冷藏冷冻食品从生产、贮藏、运输、销售各环节均处于低温状态下一低温系统。

6 解冻

概述

➤ 冻结过程

- ✓ 膨胀
- ✓ 浓缩：结晶，变性。。

- ✓ 机械损伤
- ✓ 细胞失水，溶质迁移

原理

冷却

➤ 冻藏过程

- ✓ 重结晶
- ✓ 干耗
- ✓ 冻结烧：(冻干害)
- ✓ 变色

冷藏

冻结

冻藏

- ❖ 脂肪：变黄褐色
- ❖ 蔬菜：变黄褐色
- ❖ 红色肉：褐变

- ❖ 鱼肉：绿变，褐变
- ❖ 虾：变黑

解冻

➤ 冻制食品的病源菌控制

概述

✓冻制食品并非无菌，因而就有可能含病原菌，如肉毒杆菌、金黄色葡萄球菌、肠球菌、溶血性链球菌、沙门氏菌、大肠杆菌等，因此病原菌的控制是一个重要问题。

原理

冷却

冷藏

冻结

冻藏

解冻

✓肉毒杆菌对低温有很强的抵抗力。

✓能产生肠毒素的葡萄球菌也常会在冻制蔬菜中出现，但若将解冻温度降低至 $4.4\sim 10^{\circ}\text{C}$ ，则无毒素出现。

2.7 食品解冻

概述

➤ **概念**：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。

原理

✓ 解冻时必须尽最大努力保存加工时必要的品质，使品质的变化或数量上的损耗都减少到最小的程度。

冷却

冷藏

冻结

冻藏

解冻



快速 or 慢速 ?

外部加热解冻法

✓空气解冻法

0~4°C缓慢解冻

15~20°C迅速解冻

25~40°C空气蒸汽混合介质解冻

设备：有间歇式，连续式，加压空气式

✓水或盐水解冻法：用4~20°C水或盐水介质浸没式或喷淋式解冻法

✓在冰块中的解冻法

✓在加热金属面上的解冻法

概述

原理

冷却

冷藏

5 冻结

6 冻藏

6 解冻

➤ 内部加热解冻法

概述

主要是利用调频电流或微波，使食品内部各部位同量受热的解冻

原理

方法，解冻速度快。

冷却

❖ **微波法**：均匀受热，成本较高；可能导致局部过热问题以及表面煮热的危险

冷藏

✓ 原理：利用电磁波对冻结食品中的高分子和低分子的极性起作用。

冻结

❖ **介电或电阻法**：成本较高，需要良好的操作，解冻质量好

冻藏

✓ 原理：利用食品的导电特性和电阻特性

解冻

本章思考题

- ❖ 冻藏和冷藏的概念 ✓
- ❖ 低温对酶的影响
- ❖ 影响微生物低温致死的因素
- ❖ 低温导致微生物活力减弱和死亡的原因 ✓
- ❖ 冷藏和冷冻的常用温度
- ❖ 食品冷却方法及其优缺点
- ❖ 冷耗量的计算

- ❖ 影响冻结速度的因素
- ❖ 最大冰晶体形成带的概念
- ❖ 冻结对食品品质的影响
- ❖ 食品冻结冷耗量的计算
- ❖ 食品冷藏时的变化 ✓
- ❖ 影响冷藏食品冷藏效果的因素
- ❖ 冷藏工艺条件有哪些？
- ❖ 冷冻食品速冻与慢冻对食品品质的影响？ ✓

End
Thanks!

