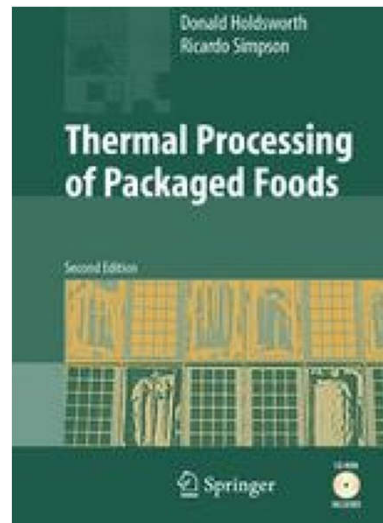




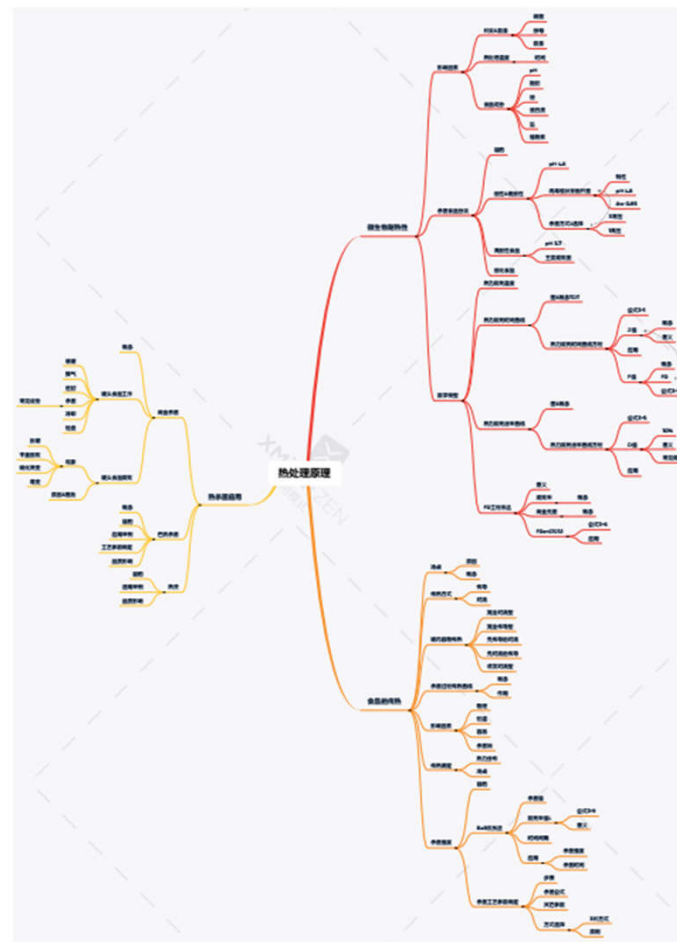
第三章 食品的热处理与杀菌

Thermal processing and sterilization of food



本章主要内容

- 0、概述
- 1、微生物的耐热性
- 2、食品的传热
- 3、杀菌强度的计算及确定程序
- 4、热处理方式
- 5、罐头食品发生腐败变质的现象及原因



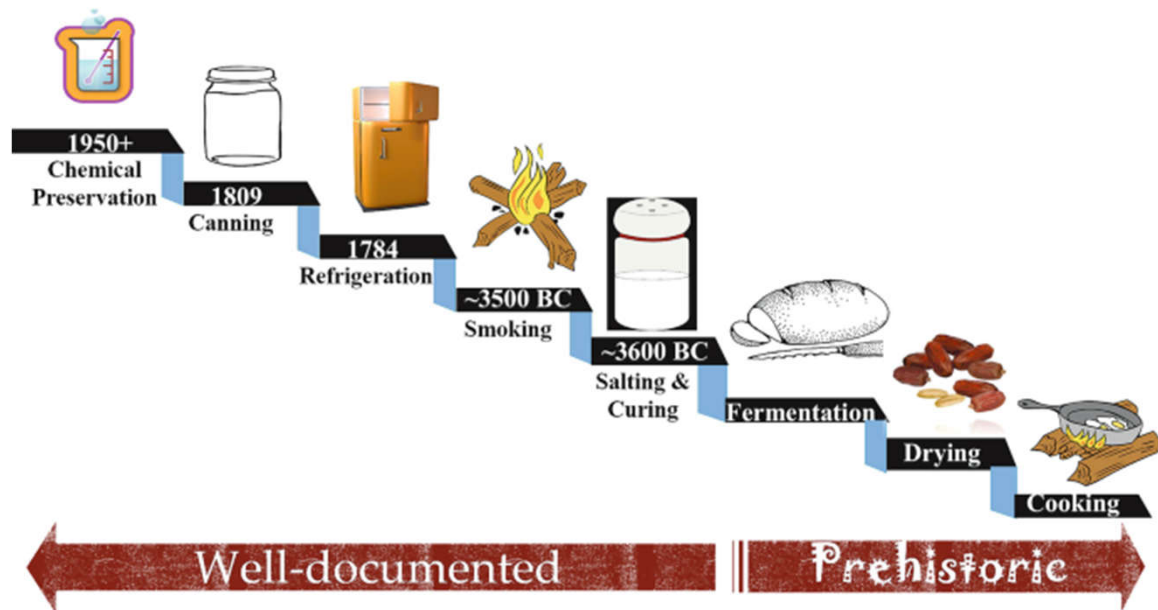
0. 概述

□ 保藏热处理

- 热烫
- 巴氏杀菌
- 高温灭菌

□ 转化热处理

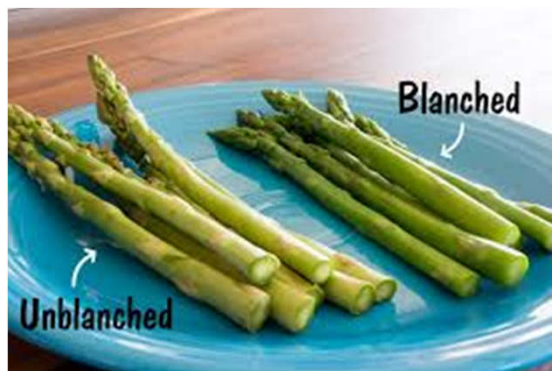
- 蒸煮
- 烘烤
- 油炸



保藏热处理 Sample

□ 热烫

钝化酶 苹果、马铃薯、蔬菜



保藏热处理 Sample

□ 巴氏杀菌 *Pasteurization*

温度75-95 °C

例1：鲜奶

63.5°C, 30min;

72°C~76°C, 15s;

85 °C ,10s



例2：果冻

85°C, 20min;



保藏热处理 Sample

□ 高温灭菌

温度>100 °C，杀灭微生物及其孢子

例：超高温灭菌奶

135-141°C，3-4s

蔬菜罐头



Table 1.2. Process times and temperatures for asparagus cuts, white or green, including soup cuts in brine

Maximum fill weight			Minimum initial temperature		Minutes at retort temperature		
Can size	Oz.	g	°F	°C	116 °C (240 °F)	118 °C (245 °F)	121 °C (250 °F)
211 × 304	5.3	150	70	21	22	17	13
			120	49	21	15	12
211 × 304	6.5	184	70	21	24	19	16
			120	49	23	18	15

保藏热处理的主要目的

- ❑ 杀灭在食品正常保质期内可导致食品腐败变质的微生物
- ❑ 钝化食品中的酶

热杀菌处理的最高境界



Safety vs. Quality

热杀菌处理的最高境界

- 达到杀菌及钝化酶活性的要求
- 尽可能使食品的质量因素少发生变化

-----合理的杀菌工艺参数

保藏热处理的代表产品

□ 罐头食品

食品置于罐、瓶、盒、袋等容器中，密封后加热杀菌，能在自然温度下长期存放。

金属罐



玻璃瓶



铝箔或复合塑料薄膜





罐头食品的特点

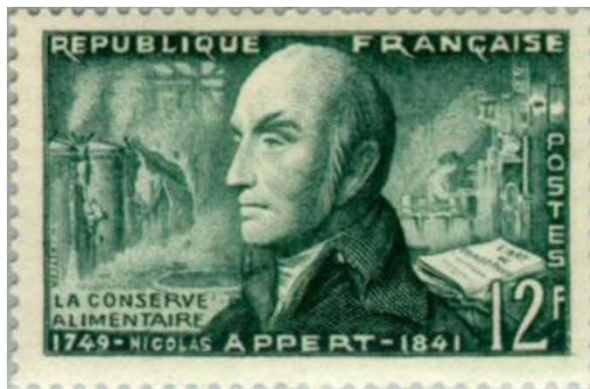
- ❑ 方便，可直接食用或开袋即食
- ❑ 贮藏，货架期很长
- ❑ 风味、色泽、质构、营养成分受到影响
- ❑ 带有加热后的蒸煮味



适合于加工需要加热烧熟的食品原料

罐藏食品发展史

- 罐藏技术并非自然启发，乃是前人不断探索之 结果
- 阿培尔的发明（**Nicolas Appert**）
 - Appertis(z)ation，罐头杀菌，高温杀菌
- 黑暗中的进展（**know how, but do not know why**）
 - 容器方面（焊封，卷封，电阻焊）
 - 杀菌方面（沸水，盐水，高压锅）



1824-1938
114 years

罐藏食品发展史

□ 巴斯德的证明（Louis Pasteur）

–**Pasteurization**，巴氏杀菌，常压杀菌

食品安全先锋

1854年，巴斯德被任命为法国里尔大学新科学学院的院长。他开始研究发酵，很快发现微生物的生长正在破坏啤酒、葡萄酒和牛奶等饮料。被称为“巴氏杀菌”的东西诞生了：将食物和饮料加热到一定温度以杀死有害细菌的过程。



路易斯·巴斯德

Louis Pasteur, 1822.12—1895.9



Pasteurization



Medical Yuk
The Medical t

罐藏食品发展史

□ 理性的进步

- 美国橄榄罐头肉毒杆菌事件
- 杀菌公式
- 科学家+生产商+政府

□ 新中国罐头工业

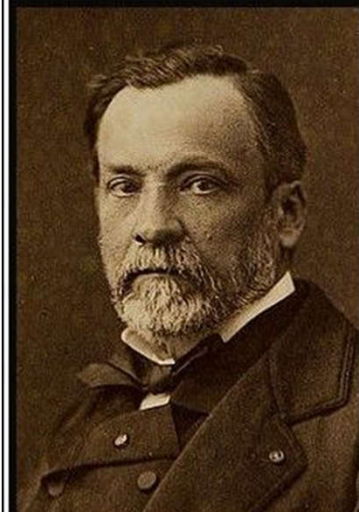
- 抗美援朝
- 出口换汇
- 帮助农业高效发展



“水果罐头”出口生产忙

2020-07-21 10:19





Science knows no country, because knowledge belongs to humanity, and is the torch which illuminates the world. Science is the highest personification of the nation because that nation will remain the first which carries the furthest the works of thought and intelligence.

(Louis Pasteur)



There are no such things as applied sciences, only applications of science.

Louis Pasteur

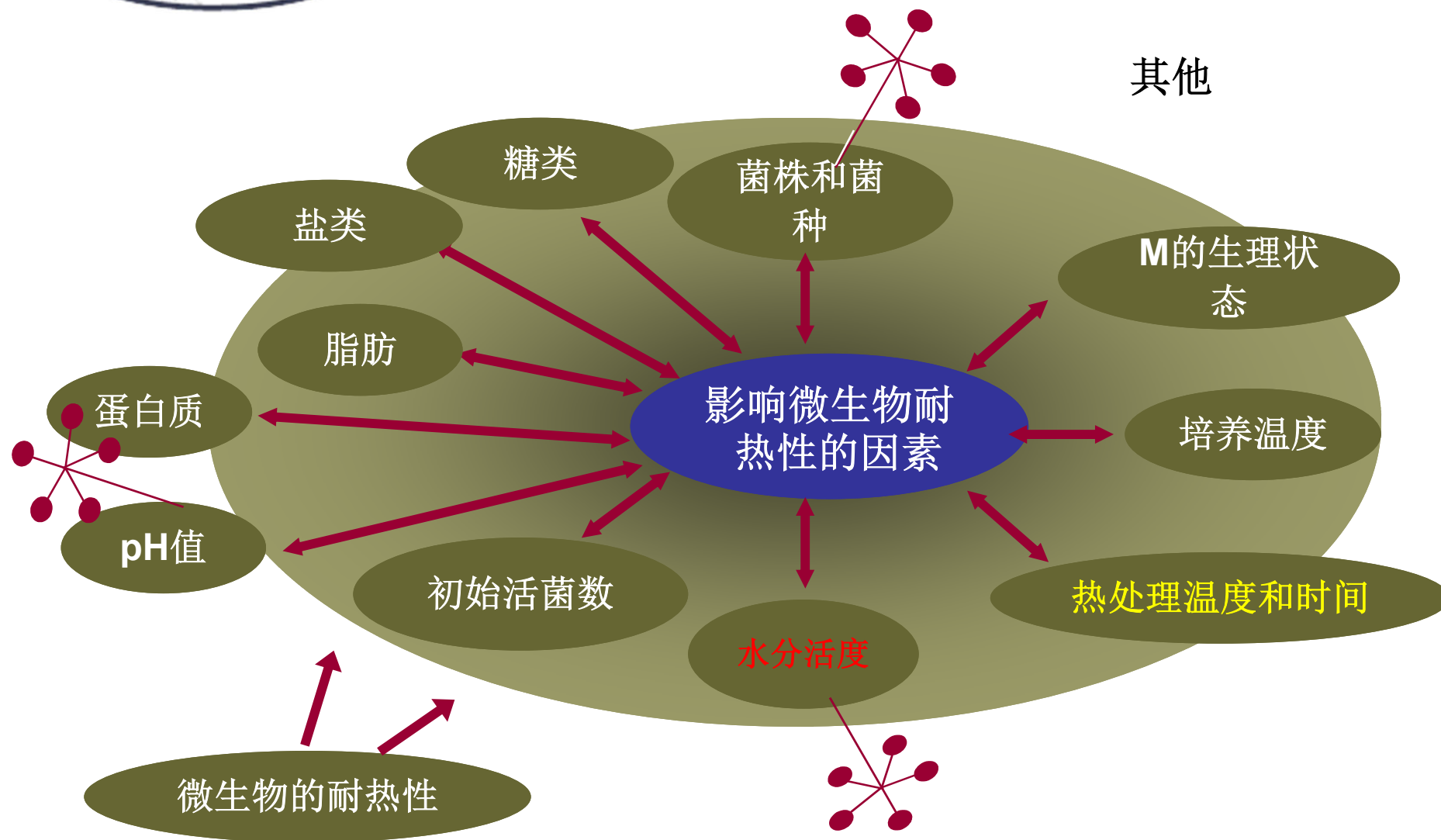
In the field of observation, chance favours only the prepared mind.

Louis Pasteur



一、微生物的耐热性（主要内容）

——影响微生物耐热性的因素



水分活度



热处理温度和时间



微生物耐热性影响因素

- 污染微生物的种类和数量
- 热处理温度
- 罐内食品成分

1.微生物的种类

- ✓ 霉菌和酵母菌的耐热性较低
- ✓ 产芽孢细菌>非芽孢细菌
- ✓ 芽孢>营养细胞
- ✓ 嗜热微生物>嗜温微生物>嗜冷微生物

细菌的耐热性

细菌种类	最低生长温度 (℃)	最适生长温度 (℃)	最高生长温度 (℃)
嗜温菌	30~40	50~70	70~90
中温性菌	5~15	30~45	45~55
低温性菌	-5~5	25~30	30~35
嗜冷菌	-10~-5	12~15	15~25

为什么细菌的芽孢比营养细胞更耐热？

□ 蛋白质不同

不同种类的蛋白质具有不同的热凝固温度

□ 水分含量及水分活度不同

(1) 芽孢中的水分含量较低

(2) 芽孢中的水大部分为结合水

微生物的污染量

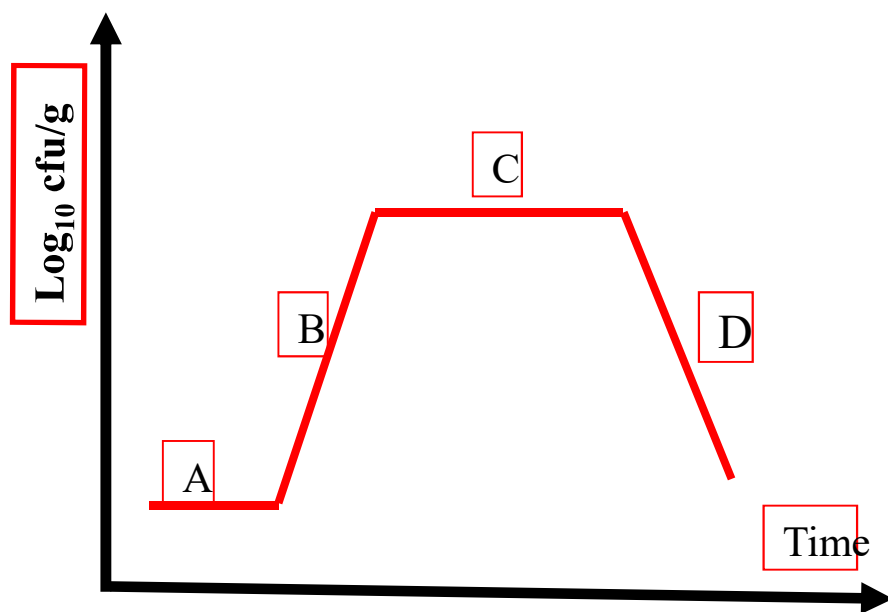


图3-1 微生物的不同生长阶段

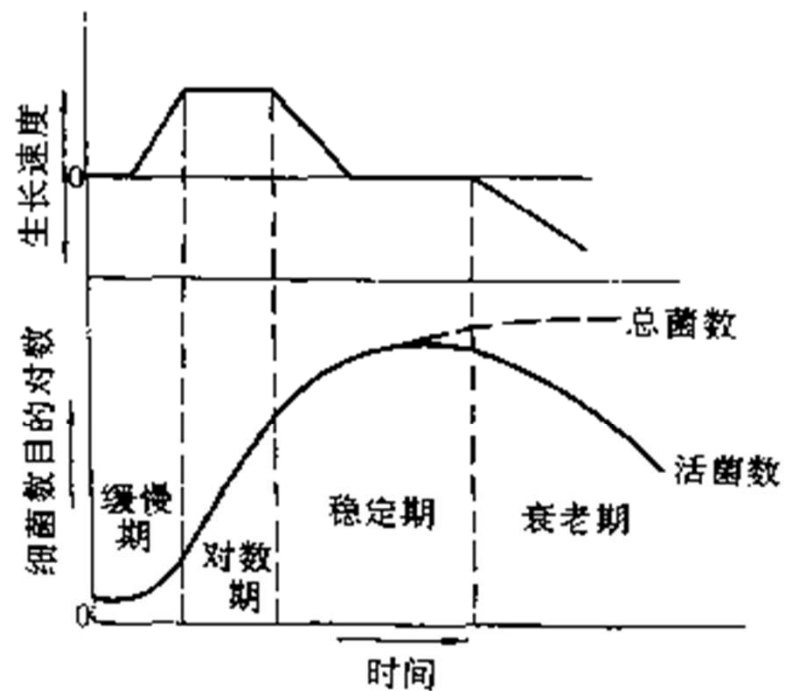


图 3-2 细菌生长曲线（按细菌数目的对数绘制）

2. 热处理温度和时间

耐热性

- 热处理温度越高则杀菌效果越好
- 加热时间延长，有时并不能使杀菌效果提高。
- 杀菌时保证足够高的温度比杀菌时间更重要。



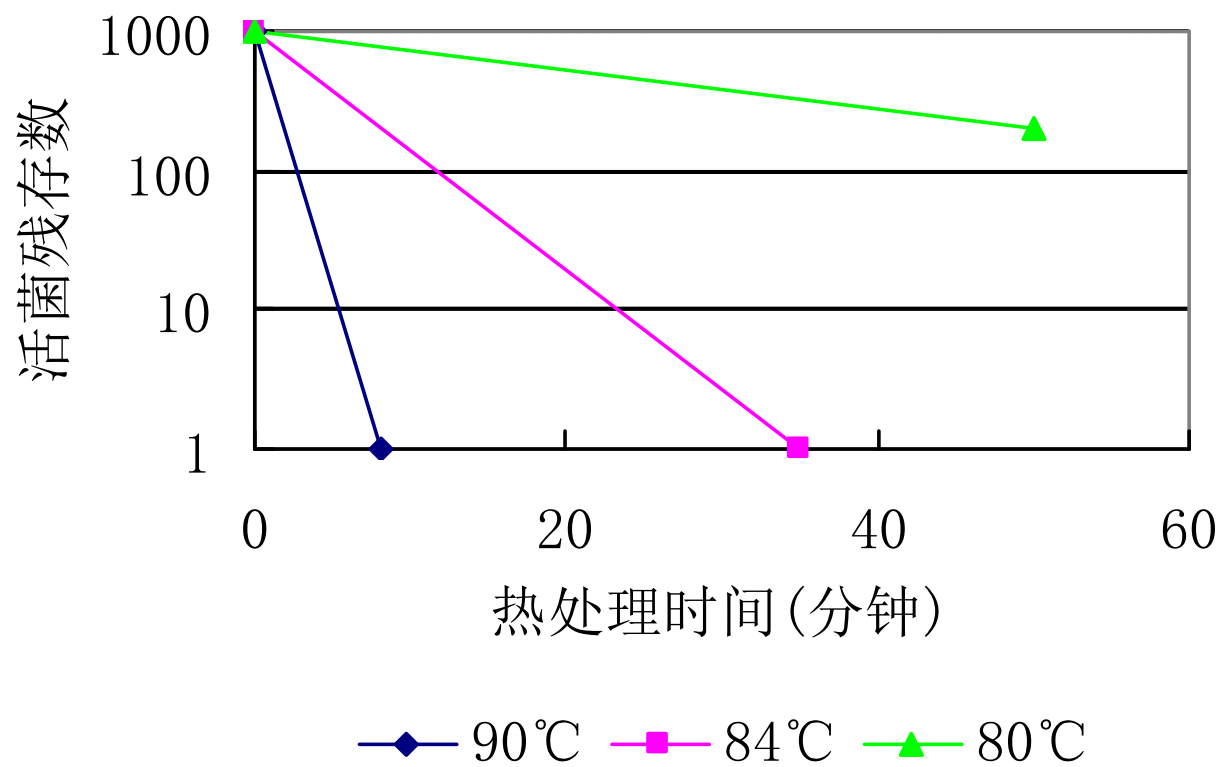


图3-3 不同温度时炭疽菌芽孢的活菌残存数曲线

讨论1:

有人说，在食品加工过程中，不需要进行卫生控制，反正最后会杀菌的，你认为这种说法对吗？为什么？

3.罐内食品成分

脂肪、蛋白质

- 脂肪的存在可以增强细菌的耐热性
- 原因：形成凝结层，妨碍水分的渗透又是热的不良导体
- 蛋白质含量**5%**左右时，对微生物有保护作用，**15%**以上时，对耐热性没什么影响

糖 类

- 糖类的影响与其种类和浓度有关
- 低浓度的糖类影响不大，高浓度的糖类则增强微生物的耐热性

耐热性

3.罐内食品成分

盐 类

- 盐类对细菌耐热性的影响是可变的
- 低浓度的食盐对微生物有保护作用，高浓度的食盐则有削弱作用

水分

- 相同温度下湿热杀菌的效果要好过干热杀菌

耐热性

3.罐内食品成分

pH值

- 微生物的耐热性在中性或接近中性的环境中最强。
- pH 4.6 是酸性食品 and 低酸食品的分界限。有些食品开始是低酸食品，加工后成为酸性食品。

其 它

- 防腐剂、杀菌剂的存在会使微生物的耐热性降低

耐热性

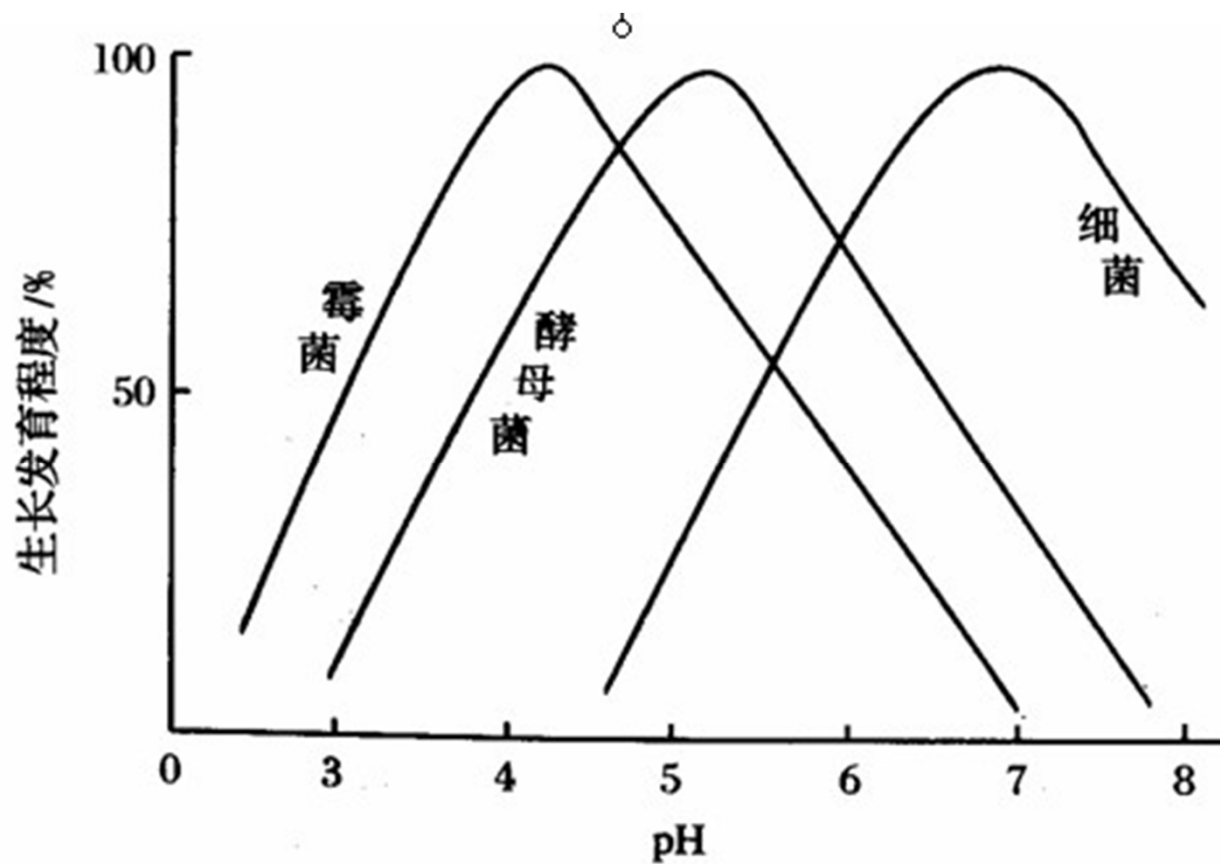


图3-4 微生物生长随pH值的变化

很少有食物的 pH 值低到足以完全抑制微生物的生长，尤其是酵母和霉菌。

（二）热杀菌食品的pH分类

- 根据腐败菌对不同pH值的适应情况及其耐热性，(罐头)食品按照pH值不同常分为四类：低酸性、中酸性、酸性和高酸性。

酸度	pH值	食品种类	常见腐败菌	杀菌要求
低酸性	> 5.0	虾、蟹、贝类、禽、牛肉、猪肉、火腿、羊肉、蘑菇、青豆	嗜热菌、嗜温厌氧菌、嗜温兼性厌氧菌	高温杀菌 105~121℃
中酸性	4.6~5.0	蔬菜肉类混合制品、汤类、面条、无花果		
酸性	3.7~4.6	荔枝、龙眼、樱桃、苹果、枇杷、草莓、番茄酱、各类果汁	非芽孢耐酸菌、耐酸芽孢菌	沸水或 100℃ 以下介质中杀菌
高酸性	< 3.7	菠萝、杏、葡萄、柠檬、果酱、果冻、酸泡菜、柠檬汁等	酵母、霉菌	

热杀菌食品的pH分类

- 罐头食品的这种分类主要取决于**肉毒杆菌**的生长习性。

$\text{pH} \leq 4.6$

$\text{pH} > 4.6$

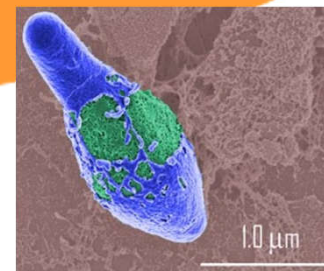
酸性食品

低酸性

肉毒杆菌：一个日益严重的食品安全问题



肉毒杆菌



- ❑ 肉毒杆菌为嗜温厌氧细菌，广泛分布于自然界中，主要来自土壤。
- ❑ 有A、B、C、D、E、F、G七种类型，食品中常见的有A、B、E三种。其中A、B类型芽孢的耐热性较强。可以存活多年，等待生长的机会。
- ❑ 加工不当的罐头食品为肉毒杆菌孢子提供了理想的环境（缺氧条件）。



肉毒杆菌



- 罐装低酸食品杀菌时以破坏它的芽孢为最低要求。高温长时间高压烹饪。
- pH值 ≤ 4.6 时肉毒杆菌的生长受到抑制，且在干燥的环境中无法生长。
- 故肉毒杆菌能生长的低酸性食品被划定为pH值 > 4.6 、 $A_w > 0.85$ 。

- ❑ 肉毒杆菌生长和产生毒素时会伴随着产气
- ❑ 因此印制“罐盖中心部位凸起不可食用”可预防消费者误食。



FDA对低酸性食品和酸化食品的判定与要求

□ 低酸性食品罐头类。所谓“低酸性罐头”是指

pH值 > 4.6，水分活度 > 0.85

如：多数蔬菜、蘑菇、金枪鱼、椰汁等罐头食品。

□ 高温下长时间高压烹饪，通常使用 240° F (115.6° C) 或更高的温度，处理时间可能从 20 分钟到几个小时不等。

□ 由于确保低酸食品的适当加工的必要性，有许多详细的法规来管理它们的生产。

FDA对低酸性食品和酸化食品的判定与要求

- **酸化食品**类。酸化食品指在低酸性食品中加入酸或酸性食品，使其 **pH 值 ≤ 4.6** ，**水分活度 > 0.85** ，如水果罐头等
- **pH 为 3.5 或更低**，推荐巴氏杀菌温度**175° F (79.5° C)**；**pH 在 3.5 ~ 4.0 为 185° F (85° C)**；**pH 为 4.0 ~ 4.3**，**195° F (90.5° C)**；**pH 介于 4.3 ~ 4.5 为 210° F (99° C)**。
- 这些巴氏杀菌温度足以杀死除细菌孢子外的所有微生物。由于 **pH 值低**，孢子不会生长。
- **高酸食品**通常可以在大气压下的热水或蒸汽浴中加工——**不需要高压烹饪**。

讨论2:

有人说，在没有经过充分加热处理的高酸食品中最常遇到的腐败类型是由酵母或霉菌，你认为这种说法对吗？

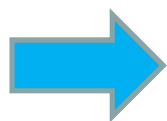
为什么高酸罐头即使是表面有一层霉菌也应该丢弃？

低酸性转化为酸性食品？

□ 水果蔬菜罐头



加酸



酸化食品



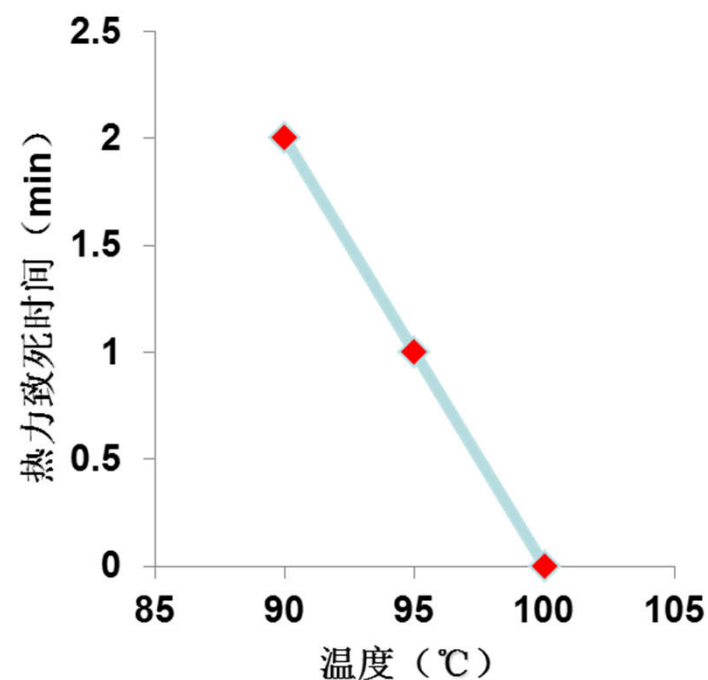
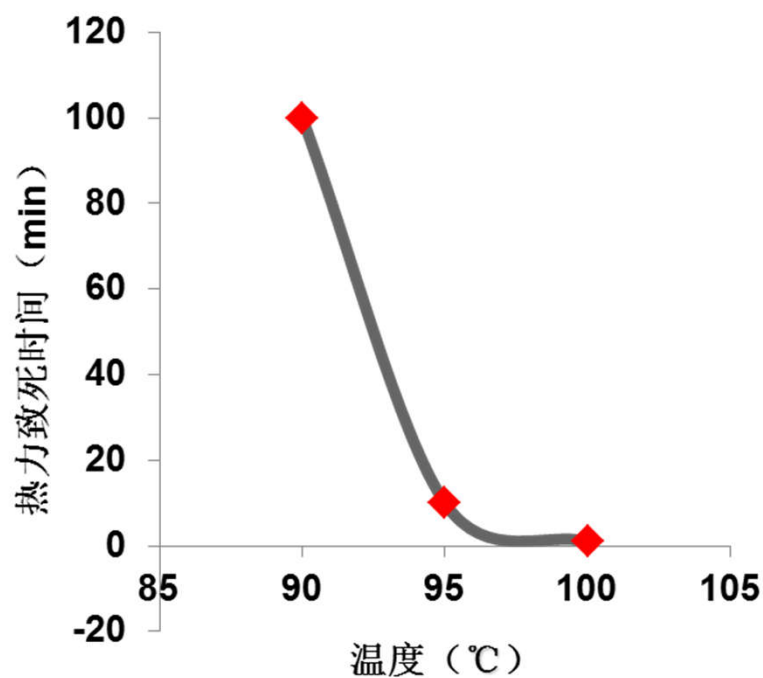
（三）微生物的耐热性参数



1. 热力致死时间曲线（thermal death time curve, TDT）

- ❑ 将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。
- ❑ 以热杀菌温度 θ 为横坐标，以微生物全部杀灭的时间 t 为纵坐标，表示杀菌时间随温度的变化规律。
- ❑ TDT time in minutes required to inactivate an arbitrary chosen number of spores of a given bacteria at a specified temperature.
- ❑ Thermal death time are plotted on log scale against corresponding temperature in linear scale.

- 温度每上升一个定值，所需要的杀菌时间减少**10**倍，将纵坐标按对数规律安排，热力致死时间曲线即为一**条直线**。



例：午餐肉杀菌温度与时间组合

130 °C 保温0.129min

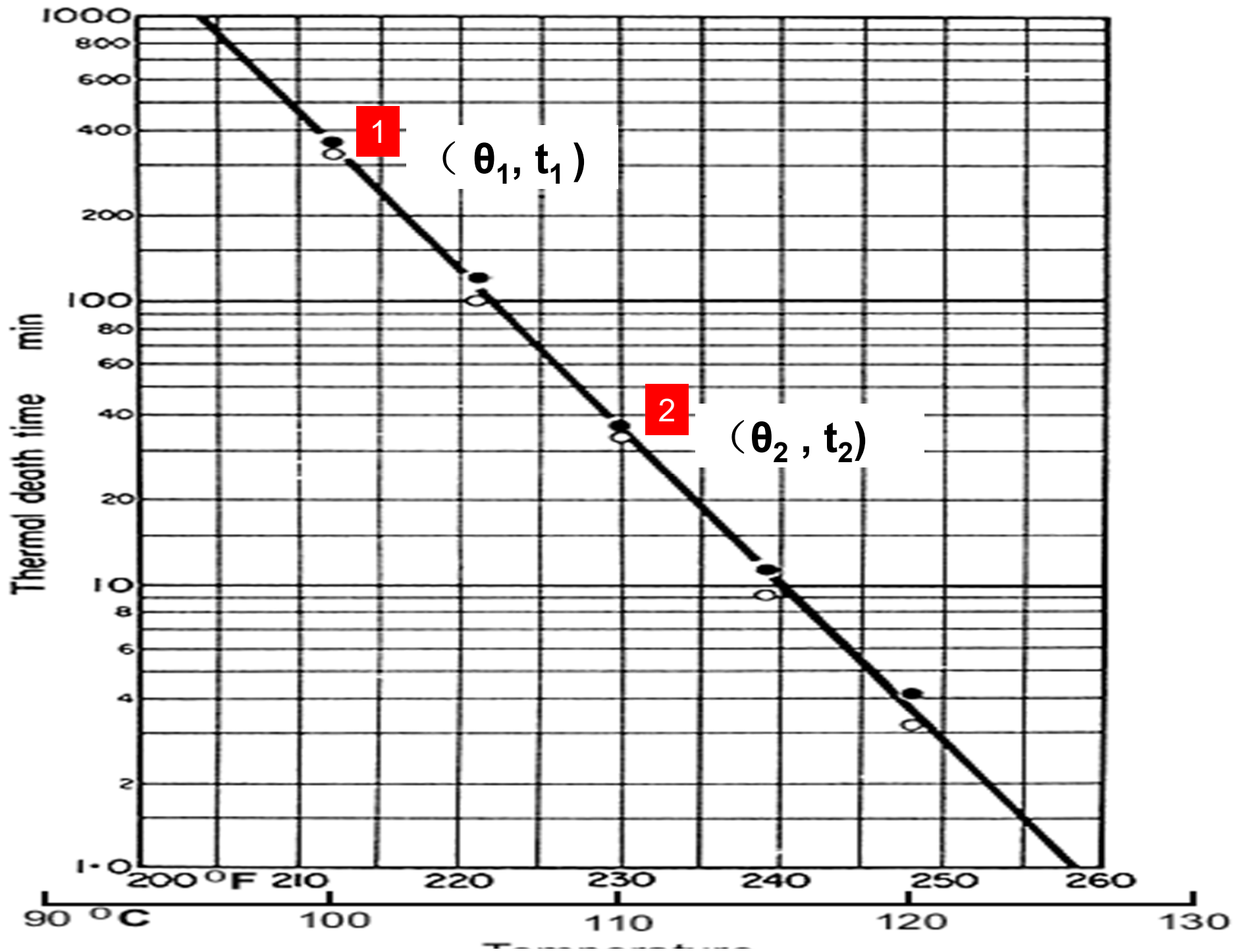
118 °C 保温2.042min

125 °C 保温0.400min

112 °C 保温8.028min

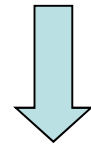
121 °C 保温1.023min

100 °C 保温128.84min



$$\lg(time_2) - \lg(time_1) = k(\theta_2 - \theta_1)$$

$$\mathbf{t_1 > t_2 , \theta_2 > \theta_1}$$



$$\lg t_1 - \lg t_2 = -k(\theta_2 - \theta_1)$$

$$\lg t_1 - \lg t_2 = -k(\theta_2 - \theta_1)$$

令:

$$-\frac{1}{k} = Z$$

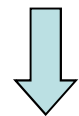


$$\lg \frac{t_1}{t_2} = \frac{\theta_2 - \theta_1}{Z} \quad \longleftrightarrow \quad Z = \frac{\theta_2 - \theta_1}{\lg t_1 - \lg t_2}$$

假如： $t_1=10t_2$ ，亦即杀菌时间缩短到原来的1/10



$$Z = \frac{\theta_2 - \theta_1}{\lg 10t_2 - \lg t_2}$$



$$Z = \frac{\theta_2 - \theta_1}{2 - 1}$$



$$Z = \theta_2 - \theta_1$$

Z值

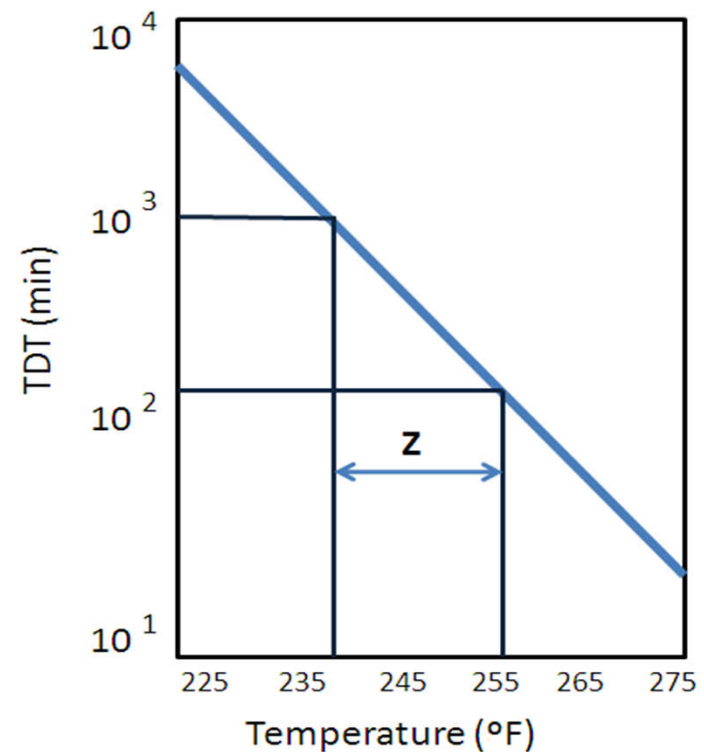
□ 当热力致死时间减少

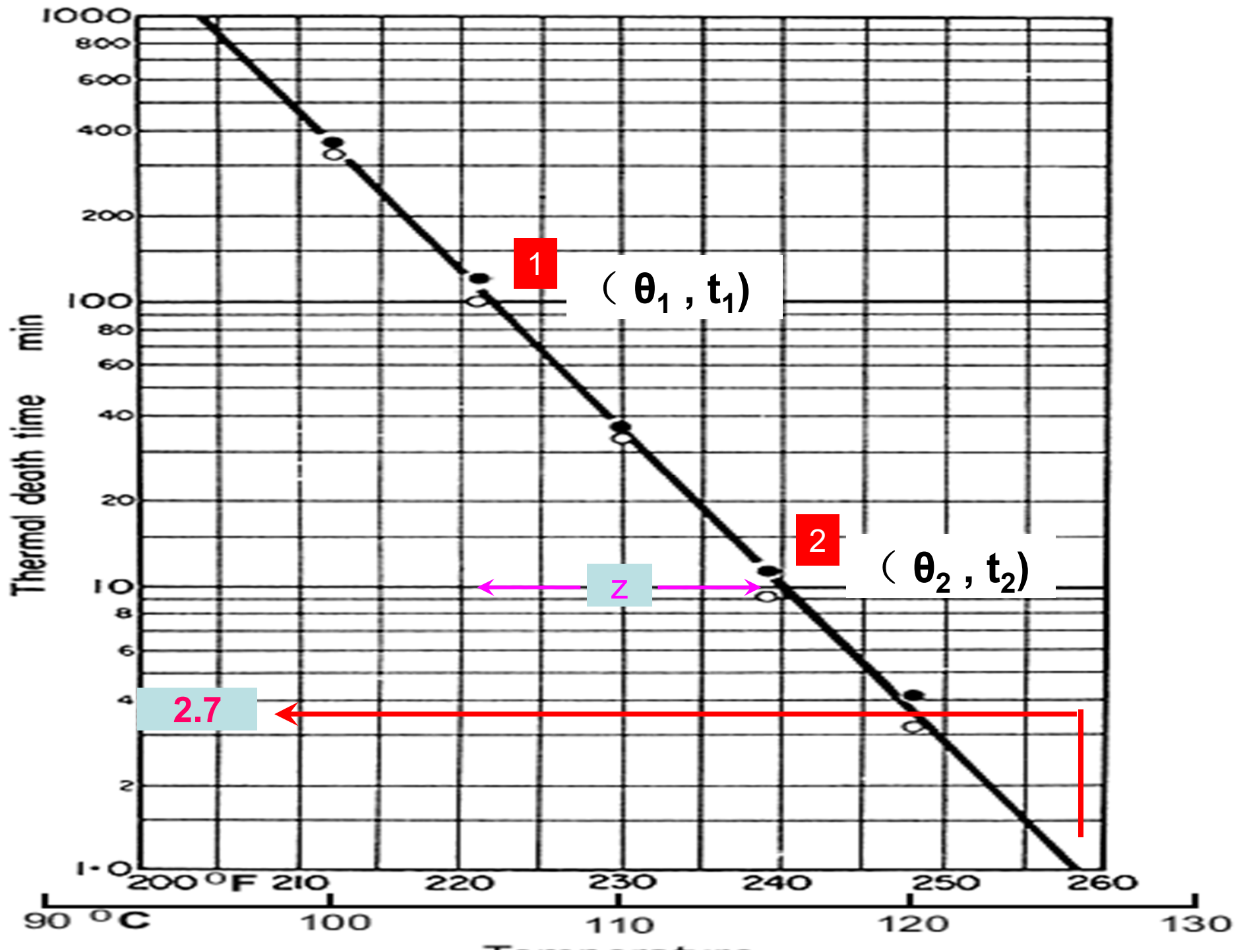
1/10或增加10倍时所需

提高或降低的温度值，

一般用**Z**值表示。

$$Z = \theta_2 - \theta_1$$





关于Z值

- Z值是温度差，单位是℃（°F）
- Z值是衡量温度变化时微生物死亡速率变化的一个尺度
- 对于低酸食品中的微生物，一般取Z=10 °C (*C. botulinum*)
- 对于酸性食品中的微生物，采取≤100 °C杀菌，一般Z=8 °C

$$\lg \frac{t_1}{t_2} = \frac{\theta_2 - \theta_1}{Z}$$

例1

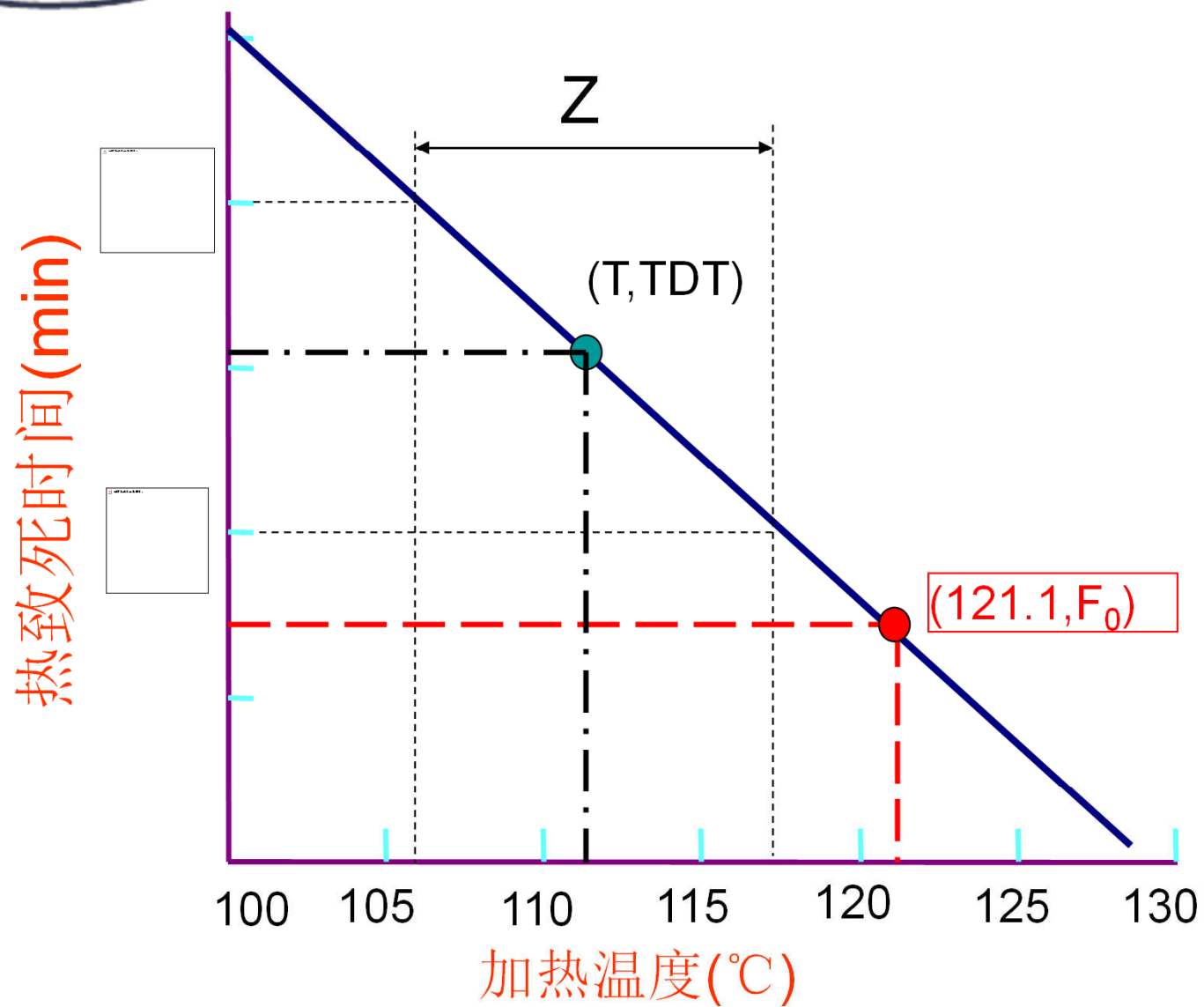
在某杀菌条件下，在 121.1°C （ 200kPa ）用 1min 恰好将对象菌全部杀灭；现改用 110°C （ 150kPa ）、 10min 处理，能否达到原定的杀菌目标？设 $Z=10^{\circ}\text{C}$

加强练习题

在某杀菌条件下，在 121.1°C 用2min恰好将对象菌全部杀灭；现改用 105°C 、82 min处理，能否达到原定的杀菌目标？设 $Z=10^{\circ}\text{C}$

F_0

- F_0 值就是在121.1℃温度条件下杀死一定浓度的细菌所需要的时间—— F_0 值与原始菌数、菌种及环境条件是相关的， F_0 值越大，细菌的耐热性越强。
- 通常用121℃（国外用250F° 或121.1℃）作为标准温度，为了与实际杀菌强度区别，特别记为 F_0 值。

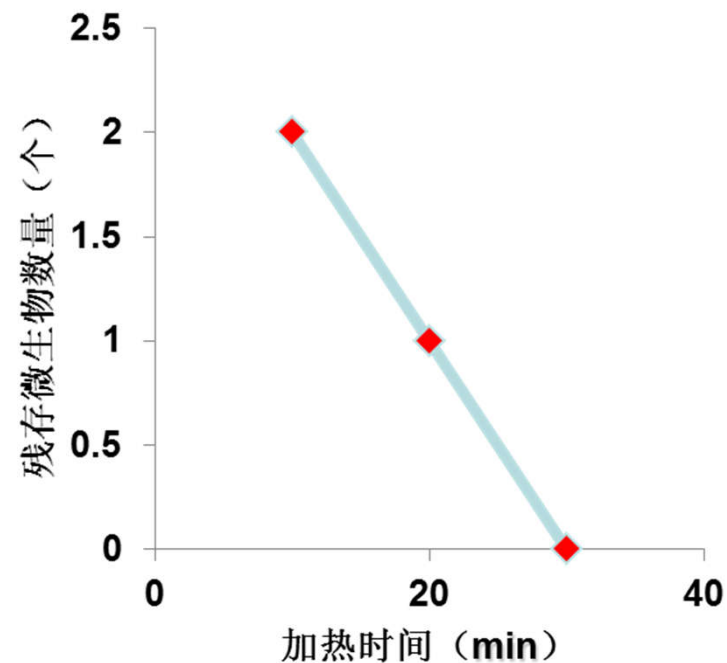
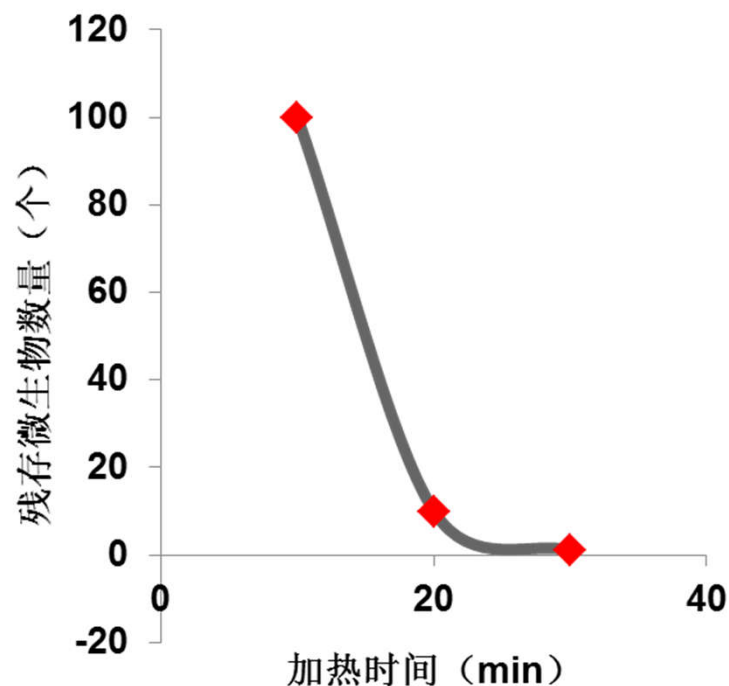


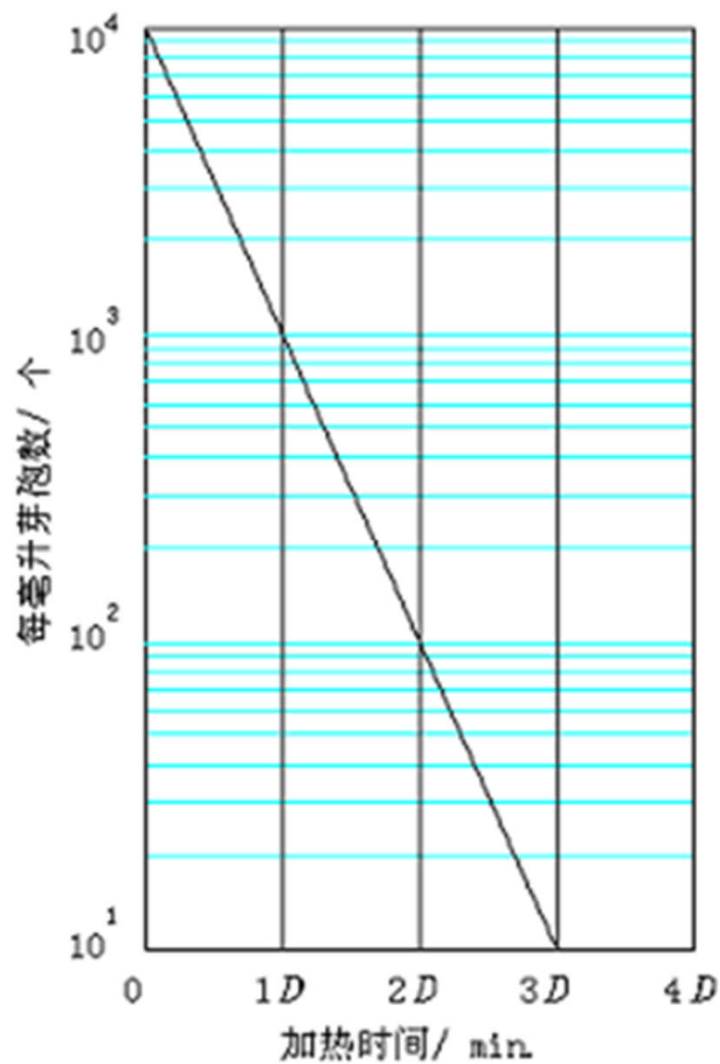
$$\lg L = \frac{\theta - 121}{Z} \quad (2)$$

标准温度 $\theta_0=121^\circ\text{C}$ 时； 与之对应的致死时间为 F_0

2. 热力致死速率曲线

□ 表示某一特定菌在特定的条件和特定的温度下，其总的数量随杀菌时间的延续所发生的变化。





热致死速率曲线

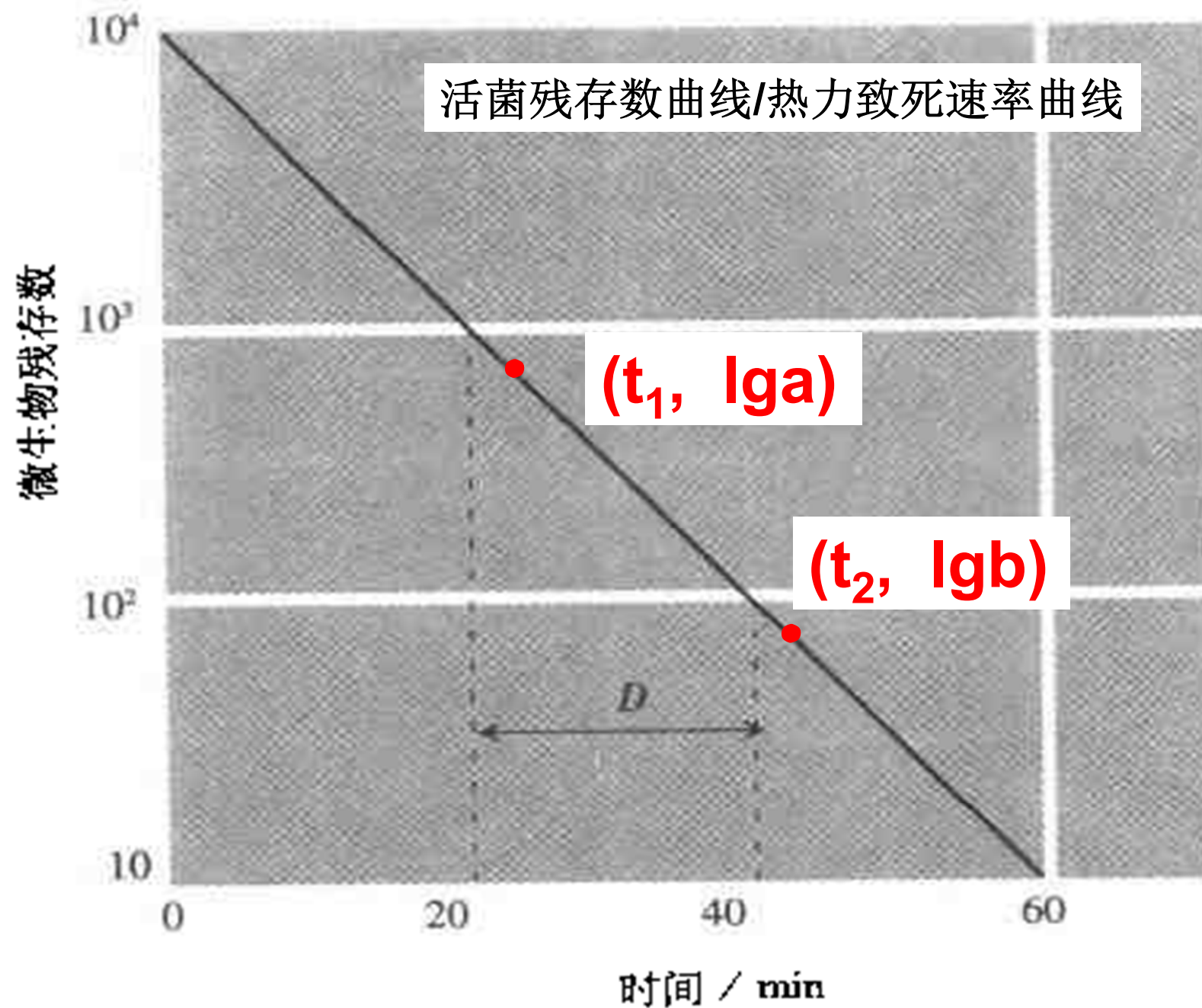
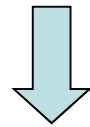


图 2.2 微生物数量与时间的半对数曲线

$$\lg b - \lg a = k(t - 0)$$

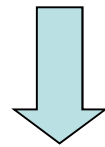
$$**a > b**$$



$$t = -\frac{1}{k} (\lg a - \lg b)$$
A large orange wavy shape at the bottom of the slide, mirroring the shape at the top, creating a frame for the content.

令:

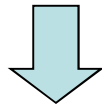
$$-\frac{1}{k} = D$$



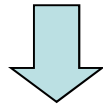
$$t = D(\lg a - \lg b) \quad (3)$$

D值：表示在特定的环境中和特定的温度条件下，杀灭90%特定的微生物所需要的时间

$$t = D(\lg a - \lg 0.1a)$$



$$t = D \lg 10$$

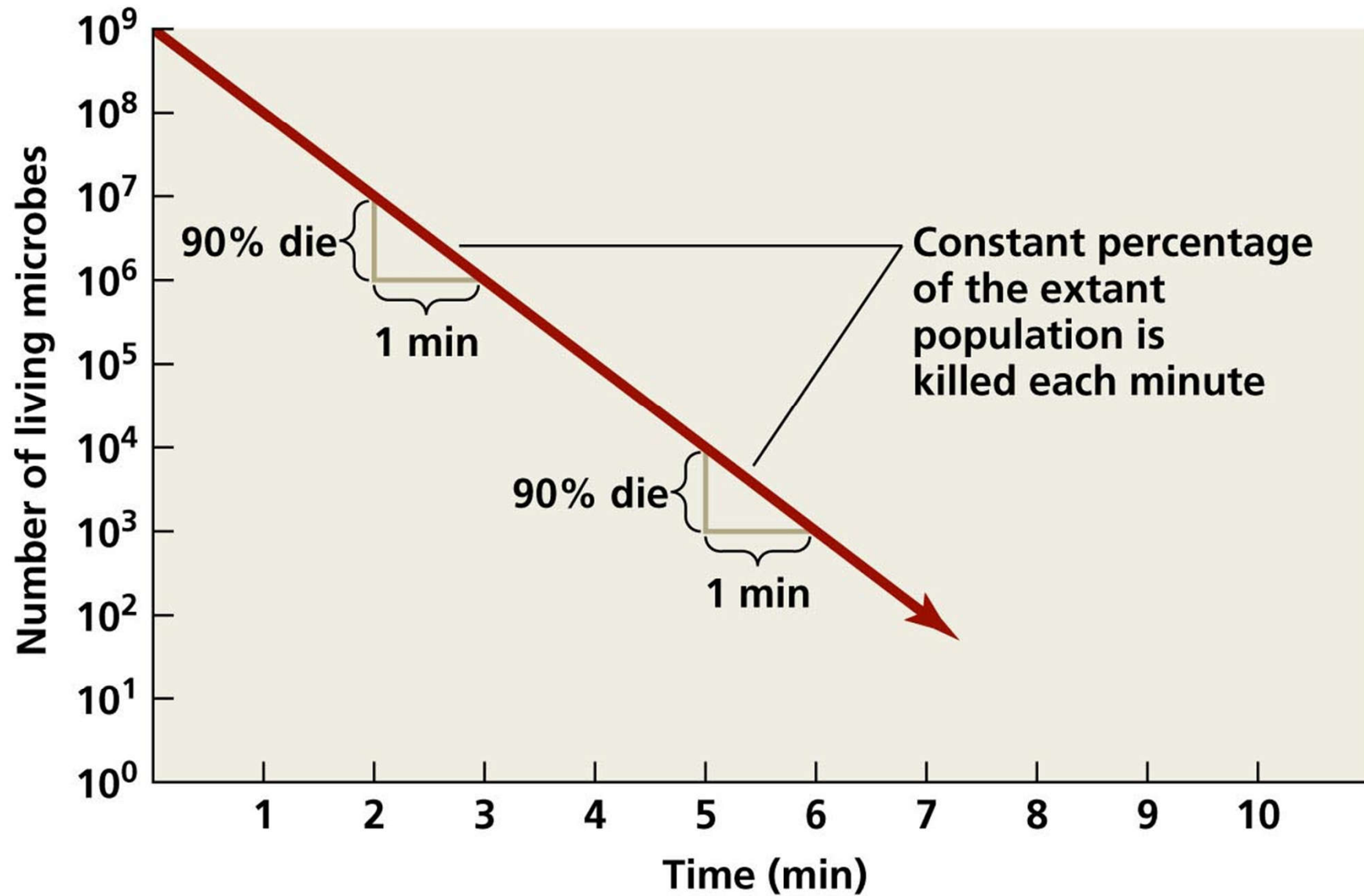


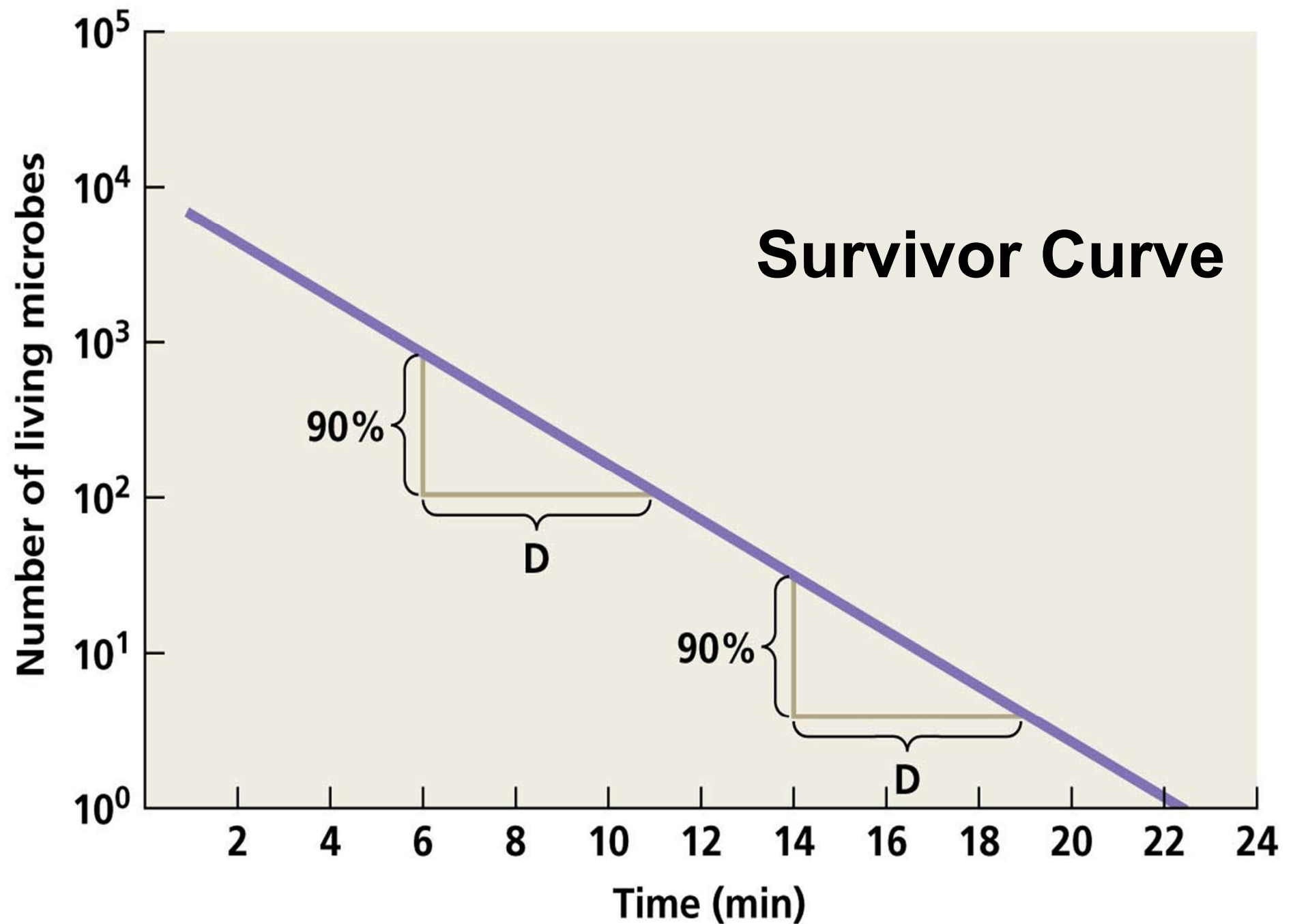
$$t = D$$

理论上的微生物热致死实验

min	微生物数量 (每分钟加热开始时)	1min内杀死的微生物数 量 (总数的90%)	加热1min后活的 微生物的数量	存活微生物 数量的对数
1	10^6	9×10^5	10^5	5
2	10^5	9×10^4	10^4	4
3	10^4	9×10^3	10^3	3
4	10^3	9×10^2	10^2	2
5	10^2	9×10^1	10^1	1
6	10^1	9	10^0	0
7	10^0	0.9	0.1	-1

该实验的假设前提是：起始样品中微生物的细胞浓度为 10^6 个/ml,每加热1min有90%的细胞死亡，加热温度为 121°C





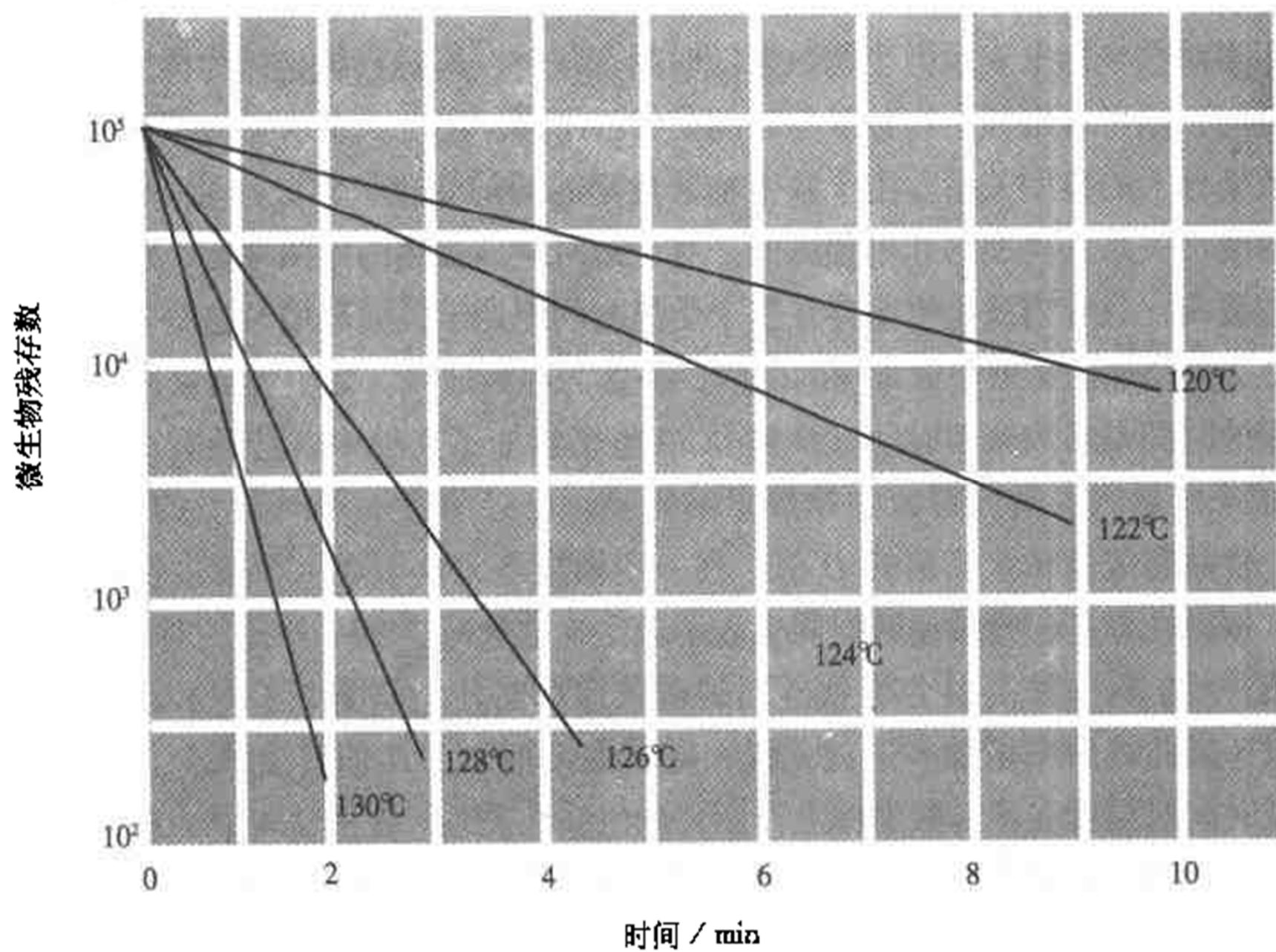


图 3-2 不同温度时淀粉逆减曲线或左迁曲线

D值

- D值越大，细菌的死亡速率越慢，即该菌的耐热性越强。
- D值大小和细菌耐热性的强度成正比。
- 注意： D值不受原始菌数影响
- D值随热处理温度、菌种、细菌活芽孢所处的环境和其它因素而异。
- D值的单位是min

例：下列关于**D**值的说法，不正确的是（ ）

- A** **D**值越大，细菌的死亡速率越慢，即该菌的耐热性越强；
- B** **D**值大小和细菌耐热性的强度成正比；
- C** 原始菌数越多，**D**值越大；
- D** **D**值随热处理温度、菌种、细菌活芽孢所处的环境和其它因素而异

例2

某对象菌，在 100°C 热处理时，原始菌数为 1×10^4 ，
热处理3分钟后残存的活菌数是 1×10^1 ，求该菌D
值。

例3

在 121°C 条件下，肉毒梭状芽孢杆菌及其芽孢的D值为 0.204min ，若在 121°C 条件下将 10^{12} 个芽孢减少为1个，需要多长时间？

肉毒梭状芽孢杆菌的 $Z=10^{\circ}\text{C}$ ，如何解释？

若罐头在 111°C 而不是在 121°C 加热处理，则

$D_{111^{\circ}\text{C}}=?$

杀菌终点的确定

- 某微生物在温度为 T 时的 D 值为 D_T , 假设原始菌数为 a , 在杀菌温度 T 时, 将该微生物杀灭至原来的 10^{-n} 需要多长时间?

- 将菌数降低到 **$b=a10^{-n}$** 为目标，采用某杀菌温度 **T** ，根据热力致死速率方程（3），所需杀菌时间 **t_T** 为：

$$t_T = D_T(\lg a - \lg a10^{-n})$$

$$t_T = nD_T$$

在实际杀菌操作中，若 **n** 足够大，则残存菌数足够小，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”，就可以认为达到杀菌目的。

商业杀菌 (*commercial sterilization*)

- 要求食品中所有的致病菌都已被消灭，非致病菌存活率达到规定要求；
- 并且在密封完好的条件下在正常的销售 期内不生长繁殖。

根据《食品安全国家标准 罐头食品》（GB 7098-2015）的定义：商业无菌是指罐头食品经过适度热杀菌后，不含有致病性微生物，也不含有在通常温度下能在其中繁殖的非致病性微生物状态。

罐头食品商业无菌标准与检验

我国为了规范罐头食品安全，针对罐头食品的微生物检测制定了专门的检测标准**GB4789.26-2013**《食品安全国家标准 食品微生物学检验 商业无菌检验》。标准中商业无菌检验的原理为：**将罐头食品在特定温度下分别保温十天。保温过程中，罐头内未被充分杀死的微生物会利用罐头食品本身的营养进行生长繁殖，导致PH值变化、气体产生、产品感官的变化（外观，色泽，气味等），通过涂片染色镜检可以看到有明显的微生物增殖情况。**罐头食品经保温试验出现胖听或泄露，经过感官检查不正常、**PH**值有明显变化、涂片镜检微生物有明显增殖现象时为非商业无菌。生产企业也可以通过标准中附录**B** 异常原因分析进行接种培养，证实微生物的菌相，找出罐头腐败的原因以及生产过程中疏漏的环节。

将菌数降低到 **$b=a10^{-n}$** 为目标，采用某杀菌温度 **121°C** ，根据热力致死速率方程（3），所需杀菌时间 **t_{121}** 为：

$$t_T = D_T(\lg a - \lg a10^{-n})$$

$$t_{121} = nD_{121}^{\circ}\text{C}$$

标准温度即 **$\theta_0=121^{\circ}\text{C}$** ；

$$F_0 = nD_{121} \quad (4)$$

- $F_0 = nD$ 的意义在于用适当的残存率值代替“彻底杀灭”的概念，这使得杀菌终点的选择更科学、更方便、同时强调了环境和管理对杀菌操作的重要性。

F_0 值、Z值、D值之间的关系

$$t_T = nD_T$$



$$\lg \frac{D_1}{D_2} = \frac{\theta_2 - \theta_1}{Z} \quad (5)$$



$$\lg \frac{t_1}{F_0} = \frac{121.1 - \theta_1}{Z}$$

关于 $F_0=nD_{121}$

实例：牦牛肉罐头杀菌时间的确定

以嗜热脂肪芽孢杆菌为杀菌对象

$D=4\text{min}$

表2 37°C下保温10d后的残存菌数

	5D=20min	6D=24min	7D=28min
总菌数 (cfu/g)	多不可计	1400	1000
大肠杆菌 (个/100g)	60	<30	<30

产品微生物指标为：菌落总数 ≤ 30000 cfu/g，大肠菌群 ≤ 30 个/100g，致病菌不得检出。

表3 不同杀菌时间后牦牛肉罐头的感官特性

	感官指标
5D	牦牛肉组织紧密
6D	肉块完整、口感适中、肉香味明显、 组织良好
7D	组织松散、有碎渣

例4

□ 已知蘑菇罐头对象菌 $D_{121}=4$ min，欲在 121°C 下把对象菌杀灭99.9%，问需多长时间杀菌时间？如果使活菌数减少为原来的0.01%，问需多长时间杀菌时间？

例5

某产品的净重454g，含有 $Z=10^{\circ}\text{C}$, $D_{121.1^{\circ}\text{C}}=0.6\text{min}$ 的芽孢
12只/g；若杀菌温度为 110°C ，要求杀菌效果为腐败率
不超过0.1%。

求（1）理论上需要多少杀菌时间？（ 110°C ）

（2）杀菌后若检验结果产品腐败率为1%，则实际原始
菌数是多少？（ 121.1°C ）

（3）此时（ 110°C ）需要的杀菌时间为多少？



二、食品的传热



传热

- 将腌牛肉丁、罐装番茄汁、糖水梨罐头三种罐装食品同时放入杀菌锅内进行热处理时，请你预见，首先实现完全均匀受热的是（ ），接下来是（ ），最后是（ ）。



(一) 传热方式

□ 传导

□ 对流

□ 辐射

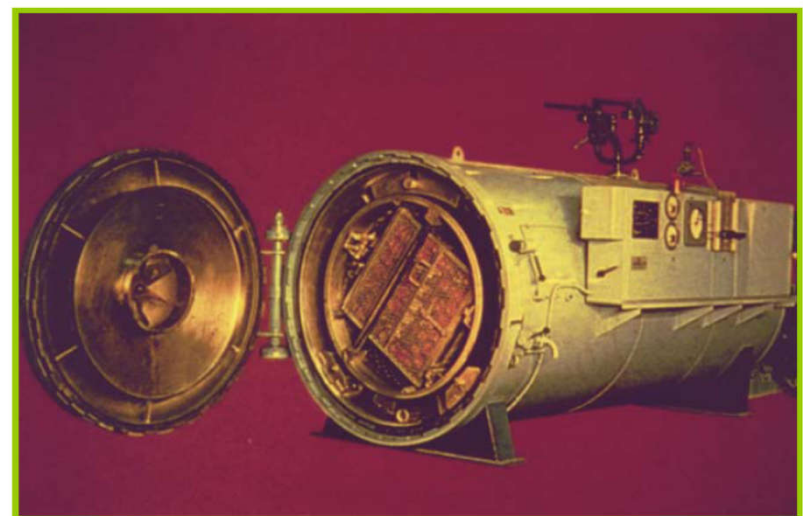
罐头
传热
方式



- (1) 完全对流型：果汁，蔬菜汁
- (2) 完全传导型：午餐肉、烤鹅
- (3) 先传导后对流型：果酱、巧克力酱
- (4) 先对流后传导型：甜玉米
- (5) 诱发对流型：八宝粥

（二）影响传热的因素

- 罐内食品的物理性质（状态、大小、粘度等）
- 初温
- 杀菌锅（静止式、回转式）



(二) 影响传热的因素

□ 容器（包装材质、几何尺寸）

(1) 玻璃



优点：透明性好；
可回收；
缺点：重量较大；
易碎；

(二) 影响传热的因素

(2) 马口铁

优点：比玻璃轻；
不易碎；
导热性比玻璃好；
缺点：易硫化黑变



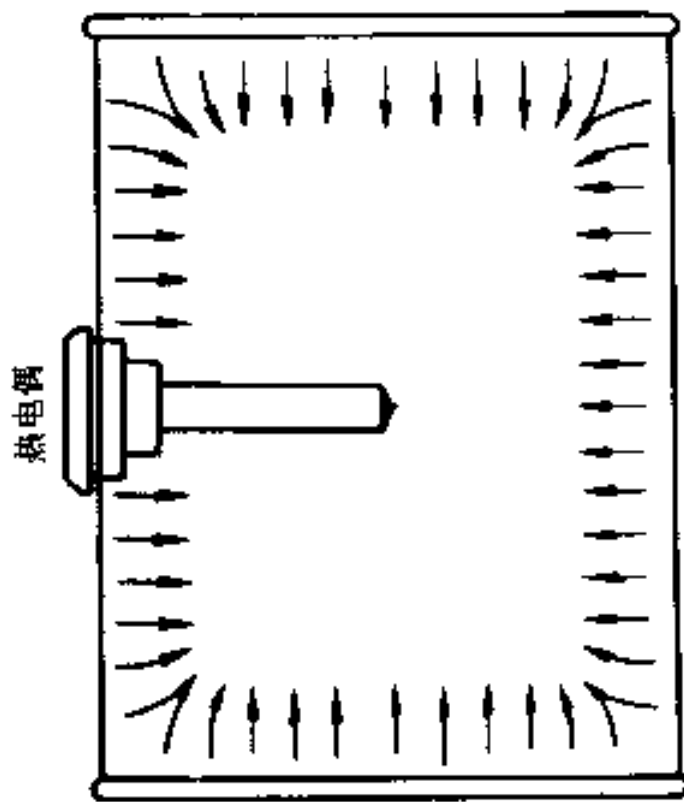
(二) 影响传热的因素

(3) 铝材

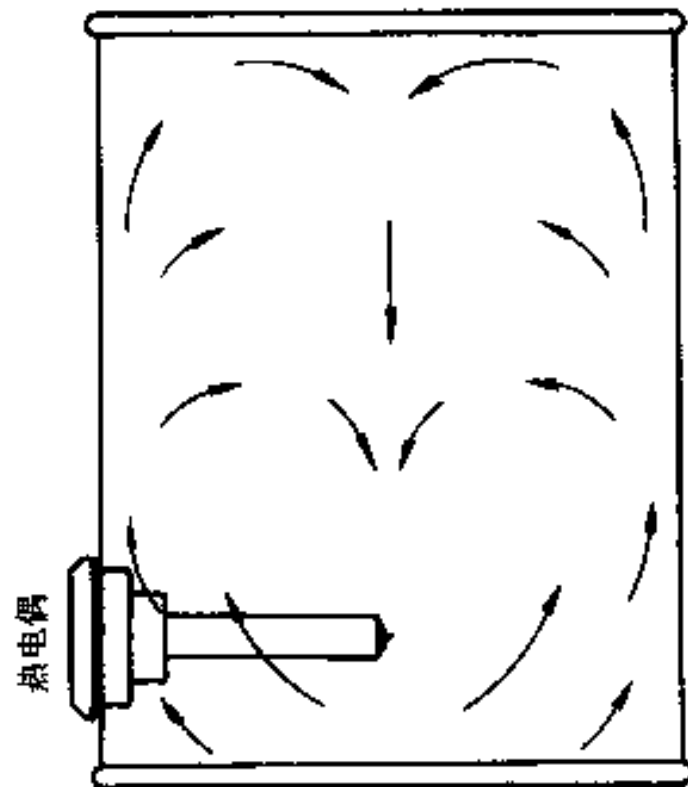


优点：重量轻；质地软；
不生锈；印刷性好
缺点：价格较高

(三) 传热测定——冷点



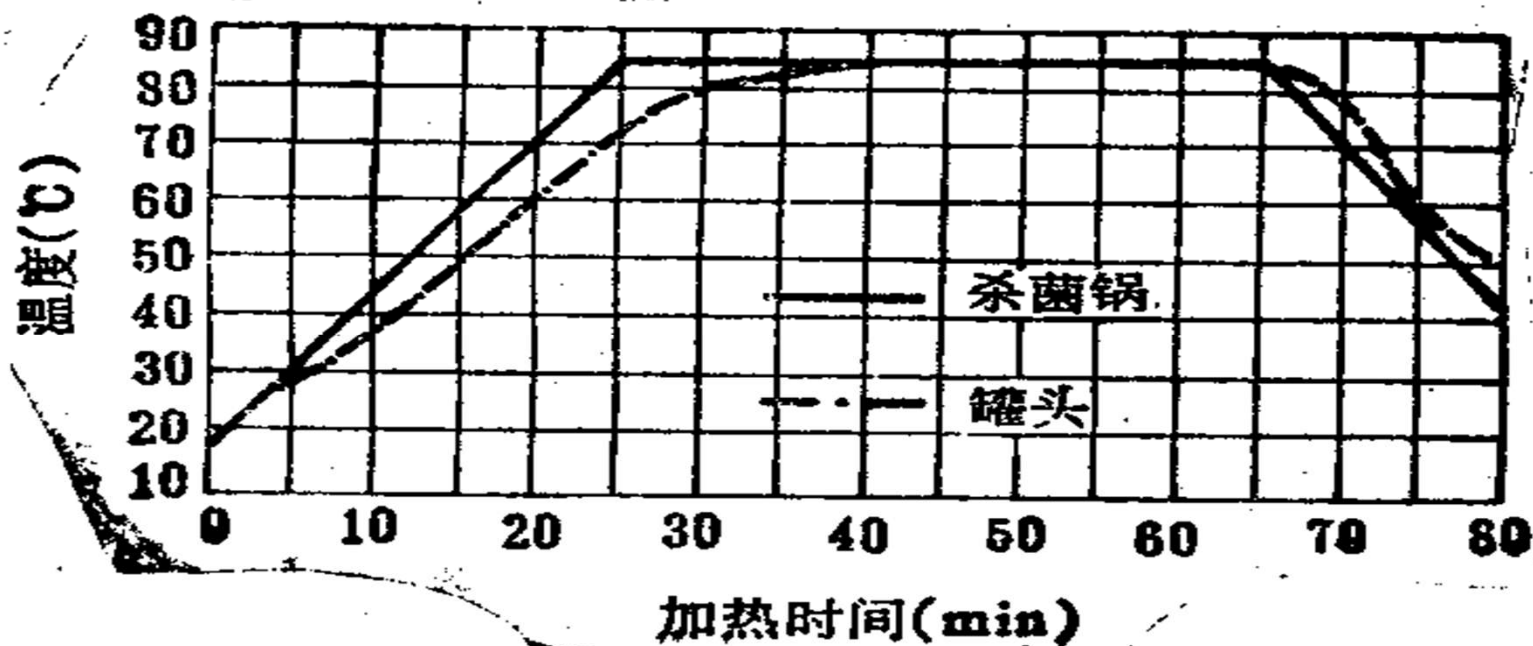
传导加热



对流加热

传热曲线

□ 罐内（通常是冷点）的温度随时间变化曲线



杀菌公式 (P107)

$$\frac{\tau_1 - \tau_2 - \tau_3}{t} p$$

τ_1 ——升温时间

τ_2 ——保持预定杀菌温度的时间

τ_3 ——冷却时间

t ——杀菌操作温度

p ——反压

杀菌公式

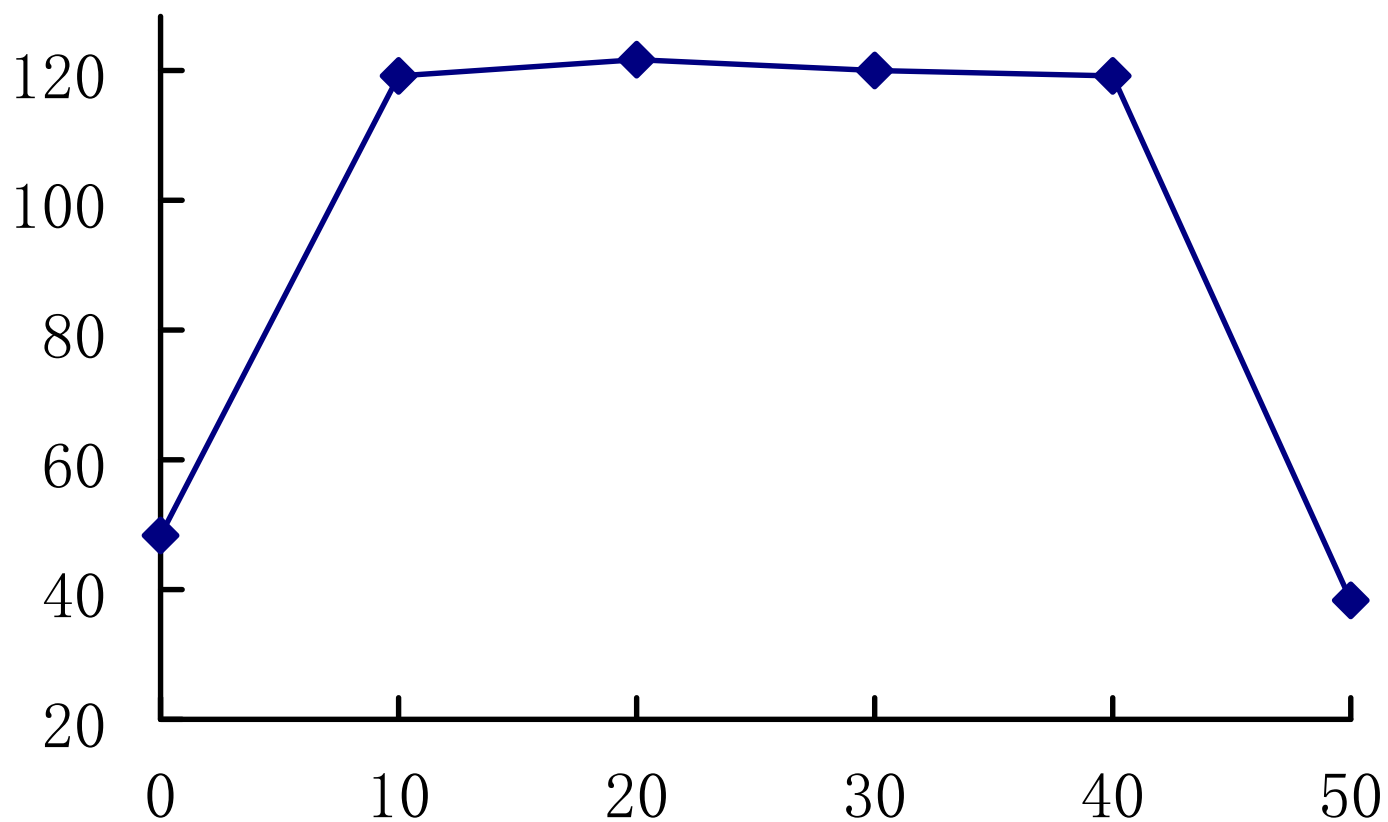
- 主要任务就是要确定 τ_2 和 t ，最麻烦就是要确定 τ_2 ，要求杀菌公式在防止腐败的前提下尽量缩短杀菌时间。既能防止腐败，又能尽量保护品质。



三、杀菌强度的计算及确定程序



1. 比奇洛基本法



总杀菌值A

- 将传热曲线分为若干小段，每小段时间为 t_i ;
- 每小段温度不变，利用TDT曲线，可求出温度 θ_i 下所需的热力致死时间 τ_i ;
- $1/\tau_i$ 为在温度 θ_i 杀菌1min所取得的效果占全部杀菌效果的比值，称为致死率。
- t_i/τ_i 为该小段的杀菌效果占全部杀菌效果的比值，记为 A_i ;
- $A = \sum A_i$ (%)

2. 鲍尔改良法

比奇洛基本法



- 建立了“致死率值”的概念；
- 时间间隔取相等值。



鲍尔改良法

(1) 致死率值

$$\lg \frac{F_0}{t} = \frac{\theta_1 - 121}{Z}$$



令 $F_0=1\text{min}$

$$t = \lg^{-1} \frac{121 - \theta}{Z}$$



令 $L=1/t$

$$L = \lg^{-1} \frac{\theta - 121}{Z}$$

实际杀菌时，冷点温度不断变化



$$L_i = \lg^{-1} \frac{\theta_i - 121}{Z}$$

- L_i ——致死率值
- 含义：经温度 θ_i 、1min杀菌处理，相当于121 °C时的杀菌时间
- 与比奇洛法中致死率的区别

查表

- $FZ_{121}=1$ 时，查表3-9;
- $FZ_{100}=1$ 时，查表3-10;

(2) 时间间隔

- 简化了计算过程;
- 整个过程的杀菌强度（总致死值）：

$$F_p = \sum (L_i \Delta t) = \Delta t \bullet L_i$$

实际杀菌强度F值

- ❑ 实际杀菌F值：把不同温度下的杀菌时间折算成121℃的杀菌时间，相当于121℃的杀菌时间，用 F_p 或 $F_{\text{实}}$ 表示。
- ❑ 特别注意：它不是指工人实际操作所花时间，它是一个理论上折算过的时间。

安全杀菌强度F值

- 在某一恒定温度（**121℃**）下杀灭一定数量的微生物或者芽孢所需的加热时间。
- 它被作为判别某一杀菌条件合理性的标准值，也称标准F值，用 $F_{\text{安}}$ 或 F_0 表示
- “杀灭”具有商业杀菌的含义，允许活菌存在
- $F_{\text{安}}$ 表示满足罐头腐败率要求所需的理论杀菌强度（时间）（**121℃**）

□ 判断杀菌是否合格、是否满足要求。

$F_p \geq F_0$ ——达到要求

$F_p < F_0$ ——未达到要求

一般取 F_p 略大于 F_0

若 F_p 远大于 F_0 ，杀菌过度，超标准杀菌，影响色香味形、营养价值。要求缩短杀菌时间。

例如：某罐头 $F_{安}=30 \text{ min}$ ，表示罐头要求在 121°C 杀菌
30 min。

例6:

□ 某罐头110℃杀菌10 min，115℃杀菌20 min，121℃杀菌30 min。

– 工人实际杀菌操作时间等于60 min，实际杀菌强度是多少？

– $F_p =$

安全杀菌强度 F_0 值的确定

□ A. 确定杀菌温度 t :

- 罐头pH大于4.6，一般121℃杀菌，极少数低于115℃杀菌。
- 罐头pH小于4.6，一般100℃杀菌，极少数低于85℃杀菌。

□ B. 首先选择对象菌:

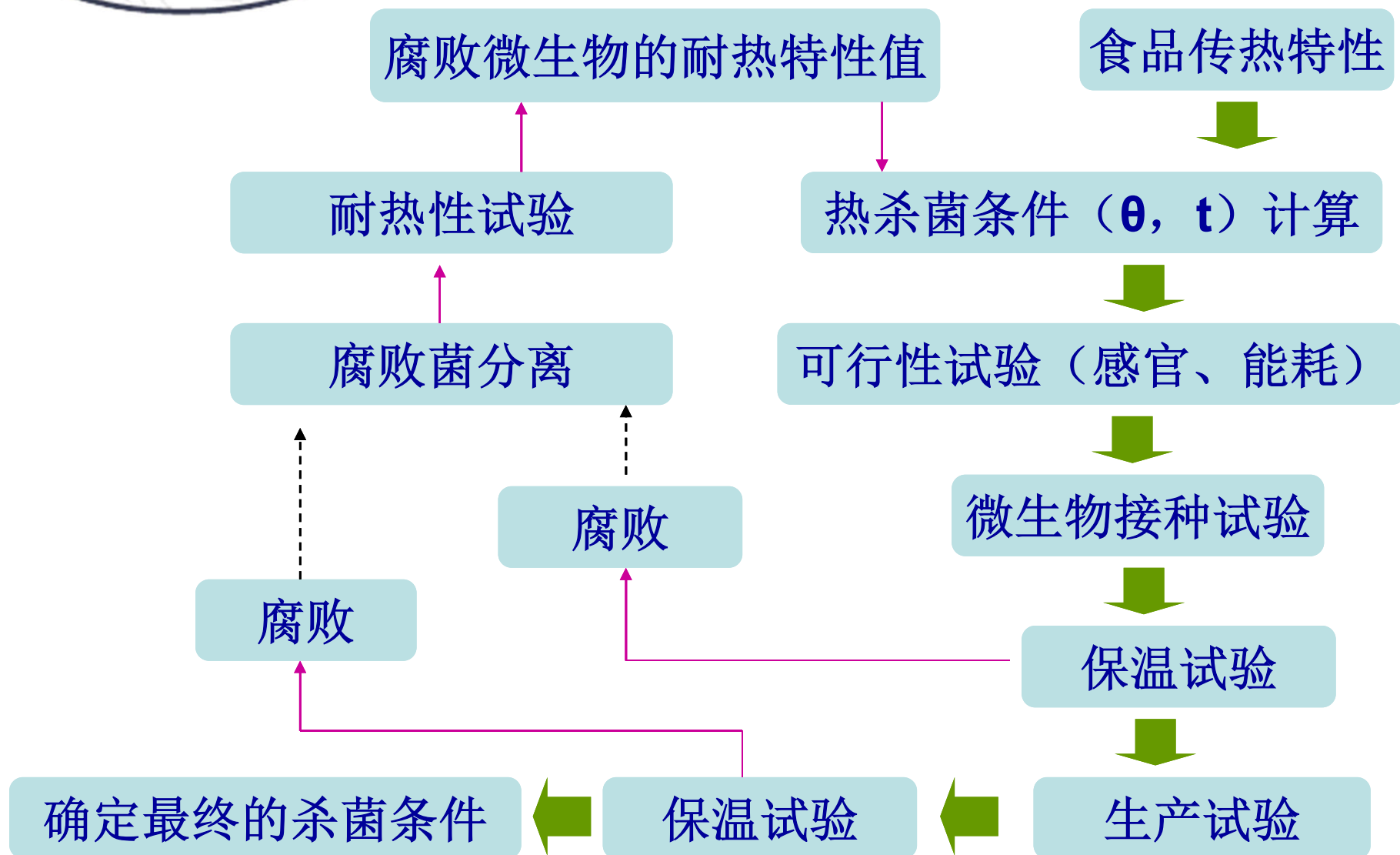
- 腐败的微生物头目，杀菌的重点对象。耐热性强、不易杀灭，罐头中经常出现、危害最大。只要杀灭它，其它腐败菌、致病菌、酶肯定杀灭。

安全杀菌强度 F_0 值

□ $F_{\text{安}} = D (\lg a - \lg b)$

□ $F_{\text{安}}$ 通常指 t 温度（ 121°C ）下标准杀菌时间、要求的杀菌时间。

□ D 值通常指 t 温度（ 121°C ）下杀灭90%的微生物所需杀菌时间。是微生物耐热的特征参数， D 值越大耐热性越强。由微生物实验获取 D 值，常见的 D 值可查阅相关手册。



- ❑ 目前，一些工厂采用计算机控制杀菌，中心温度的记录、**F**实的计算全由计算机完成，当**F**实等于或略大于**F**安时，自动停止杀菌工序，不需要我们来计算。
- ❑ 罐头产品不加防腐剂，抽空、密封、杀菌后常温保藏。如果非加防腐剂才能很好保藏，说明他的工艺有问题。

例7:

□ 某罐头厂生产蘑菇罐头，根据工厂的卫生条件即原料的被污染情况，通过微生物检验，选择以嗜热脂肪芽孢杆菌为杀菌的目标菌，每克罐头食品在杀菌前含嗜热脂肪芽孢杆菌不超过两个，经过121℃杀菌、保温、储藏后，允许腐败率为0.05%，要求估算425g蘑菇罐头在标准温度121℃下杀菌的安全F值。

嗜热脂肪芽孢杆菌 $D_{121}=4\text{min}$

□ 已知道嗜热脂肪芽孢杆菌 $D_{121}=4\text{min}$ 。

$$a=425\text{g/罐} \times 2\text{个/克} = 850\text{个/罐}$$

$$b=5/10000=0.0005(\text{个/罐})$$

$$\text{则 } F_{\text{安}} = D (\lg a - \lg b) = 4 * (\lg 850 - \lg 0.0005) = 24.92(\text{min})$$

例题3-4 (P100)

制定更为合理的杀菌公式

$$\frac{\tau_1 - \tau_2 - \tau_3}{t} p$$

□ 将 F_p 和 F_0 进行比较:

若 $F_p < F_0$ ，则需要增加 τ_2 ；

若 F_p 稍大于 F_0 ，正好合适；若远大于，需要降低 τ_2 ；

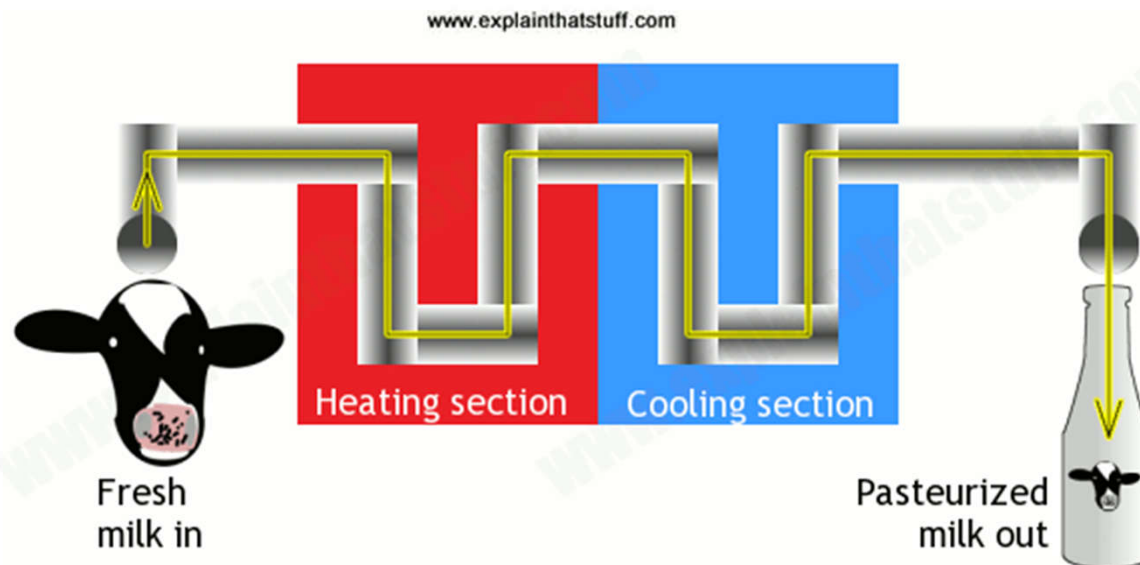
□ 由于这种比较和反复的调整，就可找到合适的 τ_2 。



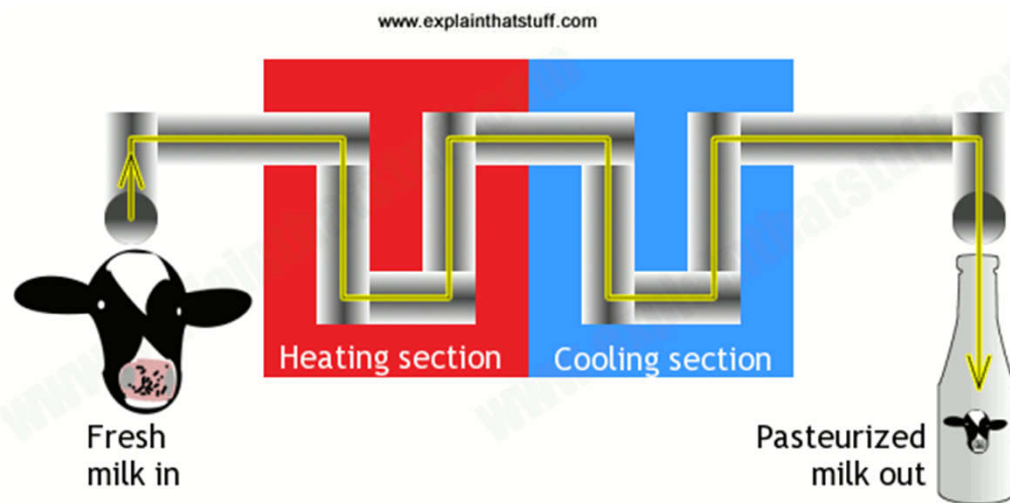
四、热处理技术（方式重点）

(一) 巴氏杀菌

巴氏杀菌是对包装和非包装食品（如牛奶和果汁）进行温和加热处理的过程，通常低于 100°C ，以消除病原体并延长保质期。该过程旨在破坏或灭活导致腐败或疾病风险的生物体和酶，包括营养细菌，但不包括细菌孢子。



(一) 巴氏杀菌



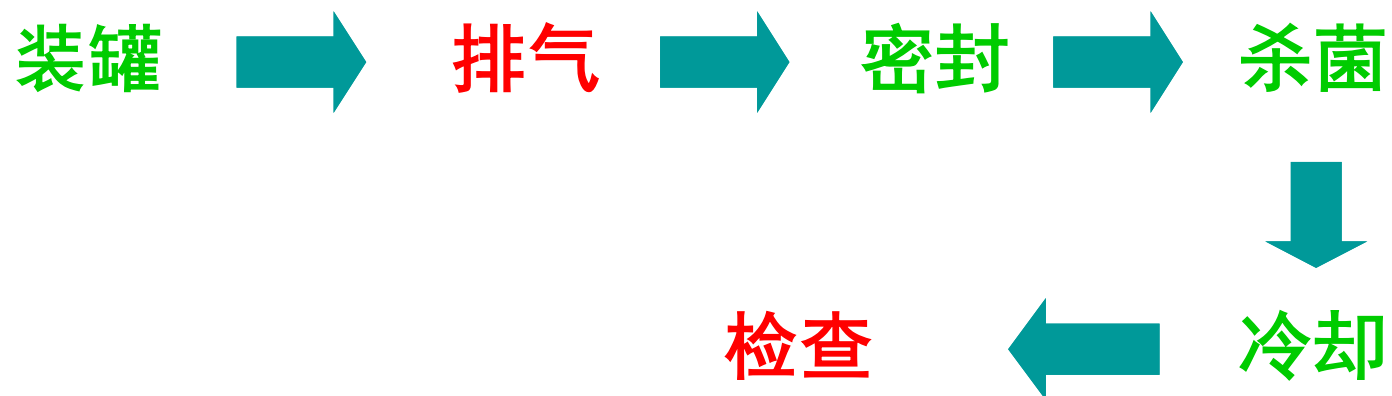
广泛使用的牛奶需要在约 63°C (145°F) 的温度下保持 30 分钟，或者加热到更高的温度，即 72°C (162°F)，并保持 15 秒（在更短的时间内更高的温度）。时间和温度是确定为销毁所必需的在牛奶中发现的结核分枝杆菌和其他更耐热、不形成孢子的致病微生物。该处理还可以破坏导致腐败的大部分微生物，从而延长食物的储存时间。

(二) 热烫



(三) 商业杀菌

- 经过商业杀菌的产品俗称“罐头”；
- 罐头的生产过程：



排气

- 密封前将罐内空气尽可能除去的处理措施。经排气后，罐内保持一定的真空度。

目的



- 1.降低杀菌时罐内压力，防止变形、裂罐、胀袋等
2. 防止好氧性微生物的生长繁殖
3. 减轻罐内壁的氧化腐蚀
4. 防止和减轻营养素的破坏

检查

- 外观检查
- 保温检查
- 敲检
- 真空度检查
- 开罐检查



五、常见的罐头食品腐败变质 的现象和原因（主要内容）



主要腐败变质现象

(1) 胀罐（胖听），分为以下几种：

- ① 假胀：装太满
- ② 氢胀：酸度高
- ③ 细菌性胀罐

(2) 平盖酸败

(3) 硫化黑变或硫臭腐败

(4) 霉变

罐藏食品腐败变质的原因

- 初期腐败：等待杀菌的时间过长
- 杀菌不足
- 杀菌后污染：俗称裂漏
- 嗜热菌生长：幸运的是，嗜热菌不产生毒素

六、新型杀菌方法

超高压杀菌

- ❑ 针对传统热力学杀菌的缺点开展的研究;
- ❑ 超高压的范围在**100-1000MPa**;
- ❑ 采用中等温度配合杀菌, **20-90℃**, 可以更好地保持食品品质;
- ❑ 应用限制: 机理虽有研究, 还不够深入;
设备控制性能有待提高;
设备处理量小;

举例

- ❑ 番茄罐头：600MPa、20 °C、15min达商业无菌要求；
- ❑ 莴笋软罐头：500MPa、25 °C、15min达商业无菌要求；

微波杀菌

- 原理：热效应和非热效应
- 热效应：微波加热原理
- 非热效应：破坏微生物细胞膜/壁
损伤微生物的**DNA**

举例

□ 鱼丸的微波杀菌:

850W、130S相当于98 °C、60min;
前者品质稍好于后者。