

第七章 微生物的生长及其控制

- Ä 第一节 微生物生长的测定
- Ä 第二节 微生物的群体生长规律
- Ä 第三节 微生物的培养方法
- Ä 第四节 影响食品中微生物生长的因素
- Ä 第五节 食品中微生物控制的原理和方法

生长:

生物个体物质有规律地、不可逆增加，导致个体体积扩大的生物学过程。

繁殖:

生物个体生长到一定阶段，通过特定方式产生新的生命个体，即引起生命个体数量增加的生物学过程。

生长是一个逐步发生的量变过程，
繁殖是一个产生新的生命个体的质变过程。

个体生长 → 个体繁殖 → 群体生长

群体生长 = 个体生长 + 个体繁殖

第一节 微生物生长的测定

微生物生长：

单位时间里微生物数量或生物量（Biomass）的增加。

微生物生长的测定：

个体计数

群体重量测定

群体生理指标测定

一、以数量变化对微生物生长情况进行测定

1、培养平板计数法：广泛用于各种样品的检测

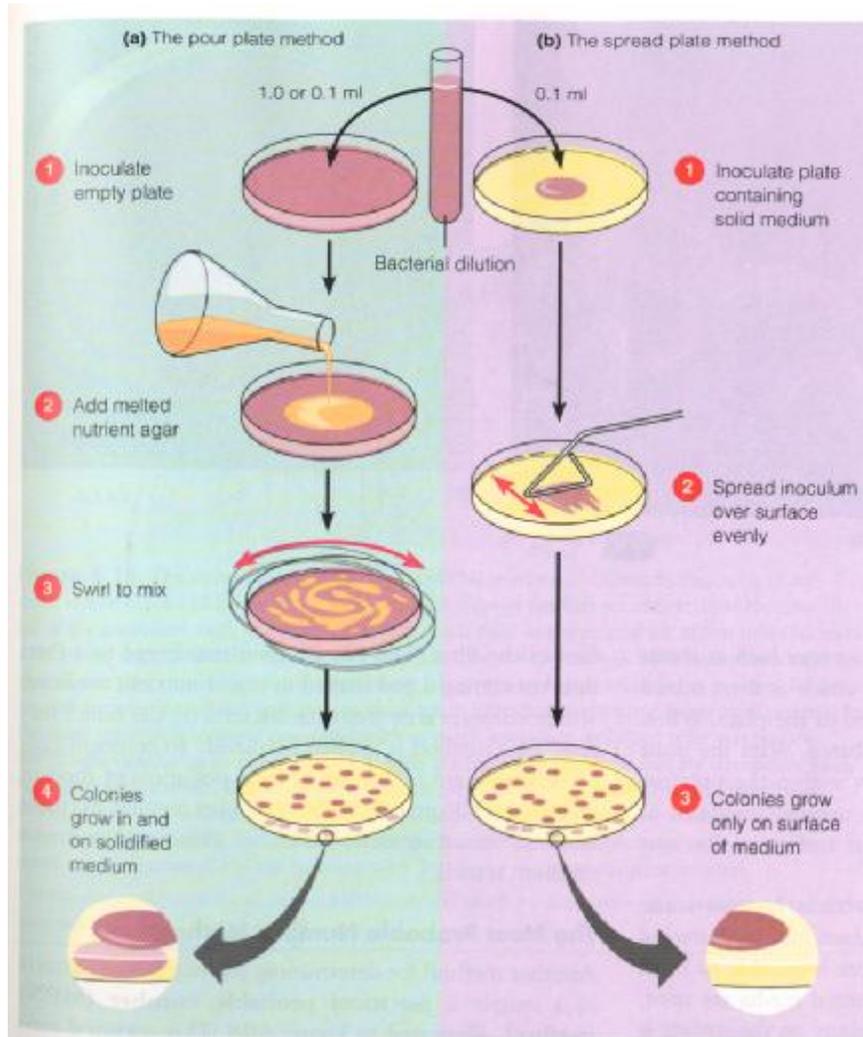


Figure 6.16 Methods of preparing plates for plate counts.
How do pour plates and spread plates differ?

方法：（1）涂布法（菌长在表面）
（2）倾注法（菌长在表面和基内）

优点：常用、较准确、可对不同种微生物做活菌计数。

缺点：时间长、人为误差大，有机械损伤。

一个菌落可能是多个细胞一起形成，所以在科研中一般用菌落形成单位（colony forming units, CFU）来表示，而不是直接表示为细胞数。

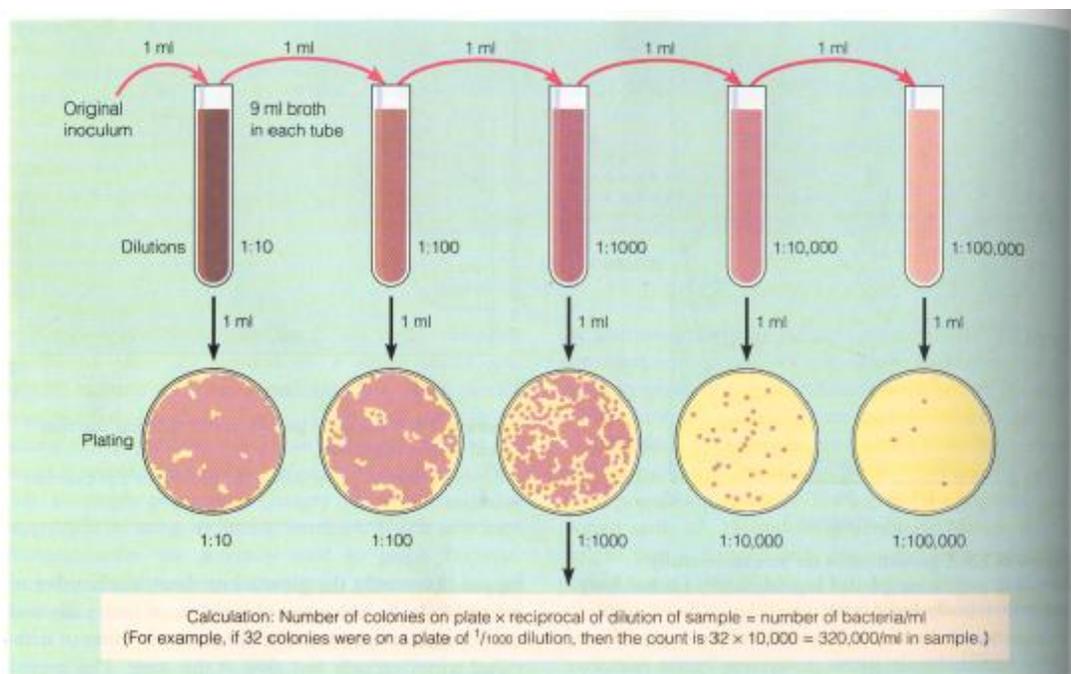


Figure 6.15 Plate counts and serial dilutions. In serial dilutions, the original inoculum is diluted in a series of dilution tubes. In our example, each succeeding dilution tube will have only one-tenth the number of microbial cells as the preceding tube. Then samples of the dilution are used to inoculate Petri plates, on which colonies grow and can be counted. This count is then used to estimate the number of bacteria in the original sample.

The most frequently used method of measuring bacterial populations is the plate count.

2、膜过滤培养法

当样品中菌数很低时，可以将一定体积的湖水、海水或饮用水等样品通过膜过滤器，然后将膜转到相应的培养基上进行培养，对形成的菌落进行统计。

Figure 6.17 Counting bacteria by filtration. (a) The bacteria in 100 ml of water were sieved out onto the surface of a membrane filter. (b) Such a filter, with the bacteria much more widely spaced, was placed on a pad saturated with liquid nutrient medium, and the individual bacteria grew into visible colonies. One hundred twenty four colonies are visible, so we would record 124 bacteria per 100 ml of water sample.

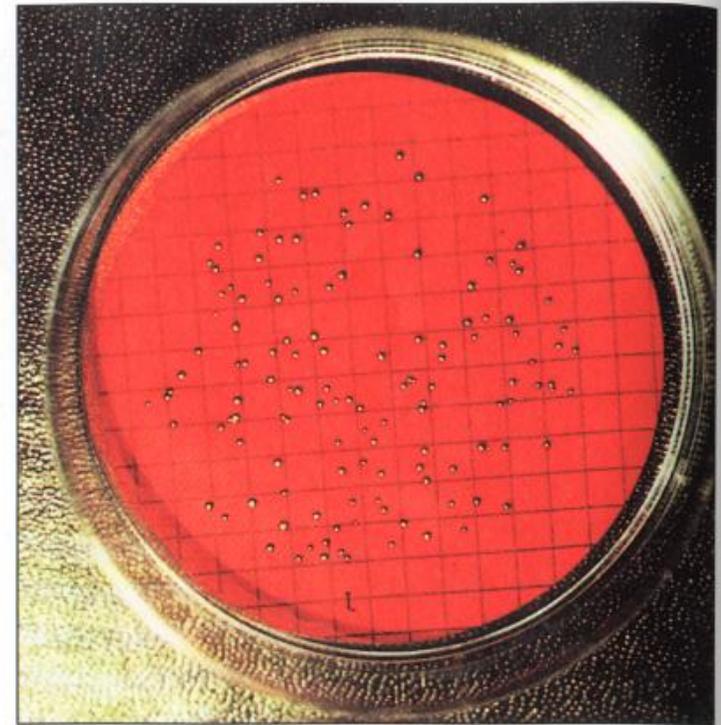
Bacteria can be counted by filtration when their quantity is very small.



(a)

SEM

2 μm



(b)

3、液体法

将待测样品做系列稀释，培养后，根据没生长的最低稀释度和出现生长的最高稀释度，应用“或然率”理论，计算出样品单位体积中细胞的近似值。最高稀释度称为临界级数，从3~5次重复的临界级数求最大概率数(MPN)，就可得到较可靠的结果。

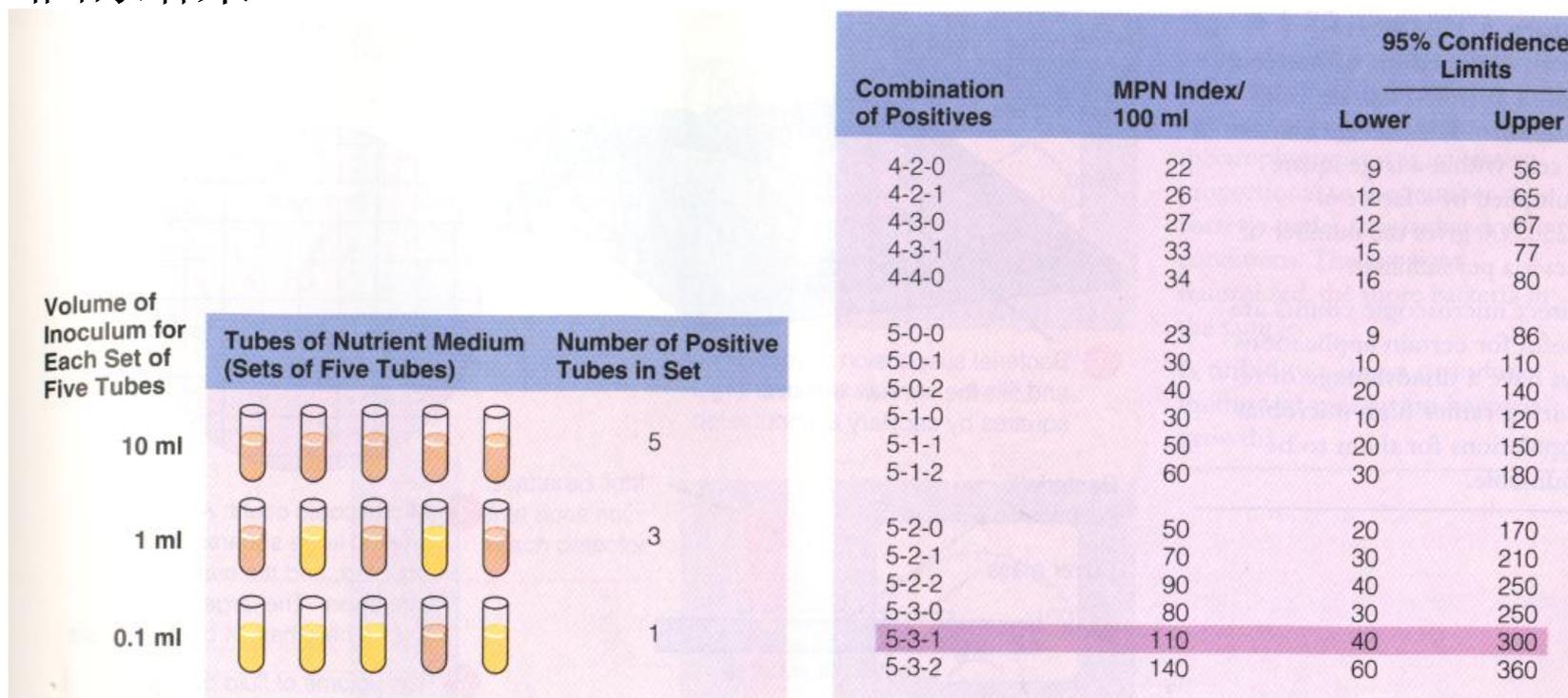


Figure 6.18 The most probable number (MPN) method. In this example, there are three sets of tubes and five tubes in each set. Each tube in the first set of five tubes receives 10

4、显微镜直接计数法

1) 常规方法:

取定容稀释的单细胞微生物(细菌)悬液 放置在计数板上, 在显微镜下计数一定体积中的平均细胞数, 换算出供试样品的细胞数。

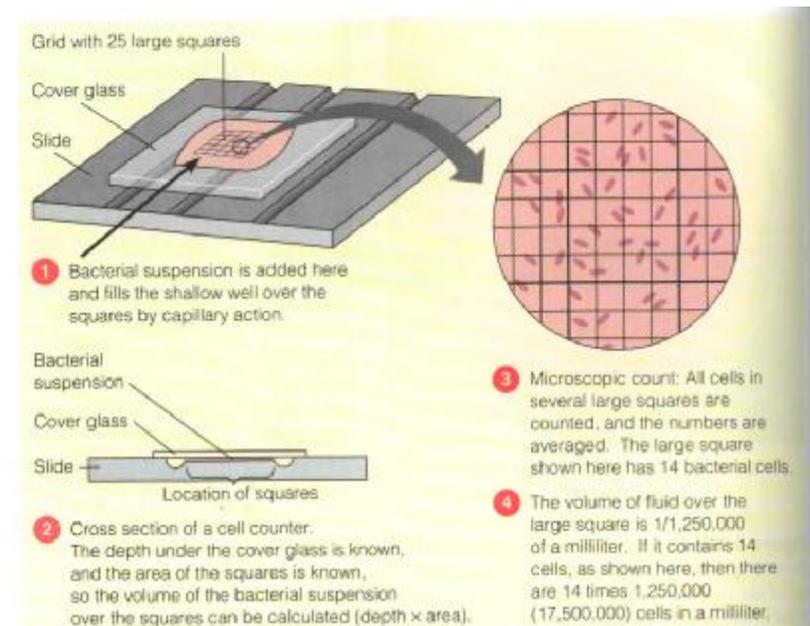
缺点:

不能区分死菌与活菌;

不适于对运动细菌的计数;

需要相对高的细菌浓度;

个体小的细菌在显微镜下难以观察



4、显微镜直接计数法

2) 其它方法:

比例计数:

将已知颗粒浓度的样品与待测细胞浓度的样品混匀后在显微镜下根据二者之间的比例直接推算待测微生物细胞浓度。

过滤计数:

当样品中菌数很低时，可以将一定体积的湖水、海水或饮用水等样品通过膜过滤器。然后将滤膜干燥、染色，并经处理使膜透明，再在显微镜下计算膜上(或一定面积中)的细菌数；

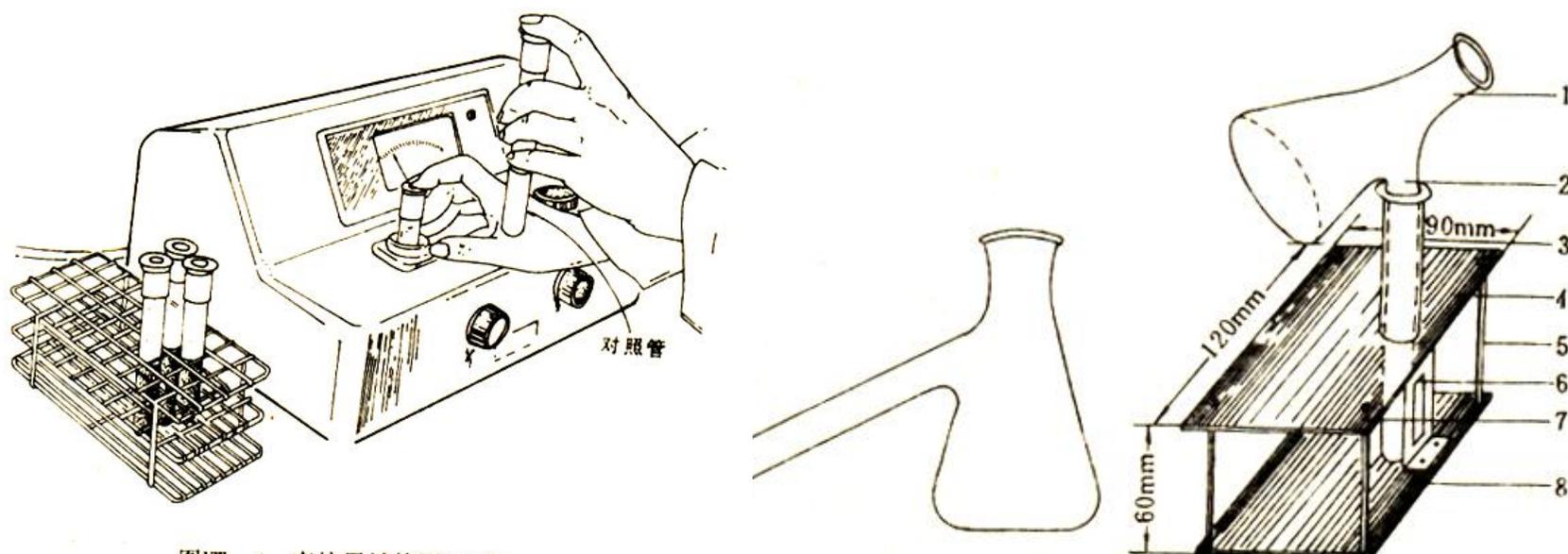
活菌计数:

采用特定的染色技术也可分别对活菌和死菌进行分别计数

(二) 以生物量为指标测定微生物的生长

1、比浊法

根据在一定的浓度范围内，菌悬液的微生物细胞浓度与液体的光密度成正比，与透光度成反比。菌数越多，透光量越低。可使用光电比色计测定，通过测定菌悬液的光密度或透光率反映细胞的浓度。菌悬液浓度必须在 10^7 个/毫升以上。



图VIII-6 直接用试管测OD值

(二) 以生物量为指标测定微生物的生长

2、重量法

- ✦ 以干重、湿重直接衡量微生物群体的生物量；
- ✦ 通过样品中蛋白质、核酸含量的测定间接推算微生物群体的生物量；

（二）以生物量为指标测定微生物的生长

3、生理指标法

微生物的生理指标，如呼吸强度，耗氧量、酶活性、生物热等与其群体的规模成正相关。

常用于对微生物的快速鉴定与检测

一、单细胞微生物的典型生长曲线

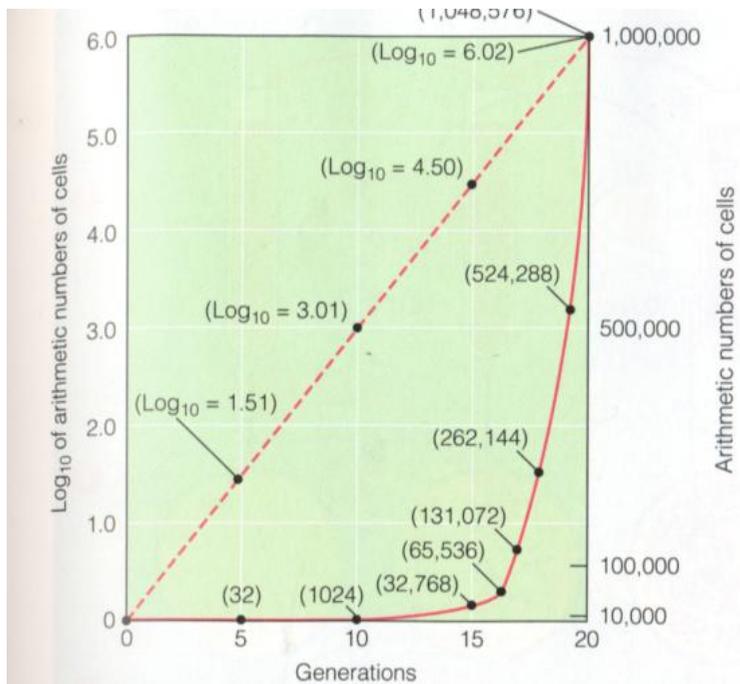


Figure 6.13 A growth curve for an exponentially increasing population, plotted logarithmically (dashed line) and arithmetically (solid line).

If the arithmetic line were plotted for two more generations, would it still be on the page?

<u>Generation Number</u>	<u>Arithmetic Number of Cells</u>	<u>Log₁₀ of Arithmetic Number of Cells</u>
0	1	0
5 (2 ⁵) =	32	1.51
10 (2 ¹⁰) =	1,024	3.01
15 (2 ¹⁵) =	32,768	4.52
16 (2 ¹⁶) =	65,536	4.82
17 (2 ¹⁷) =	131,072	5.12
18 (2 ¹⁸) =	262,144	5.42
19 (2 ¹⁹) =	524,288	5.72
20 (2 ²⁰) =	1,048,576	6.02

一、单细胞微生物的典型生长曲线

根据微生物生长速率常数（每小时的分裂代数）的不同，一条典型的生长曲线至少可以分为：

迟缓期，对数期，稳定期和衰亡期等四个生长时期

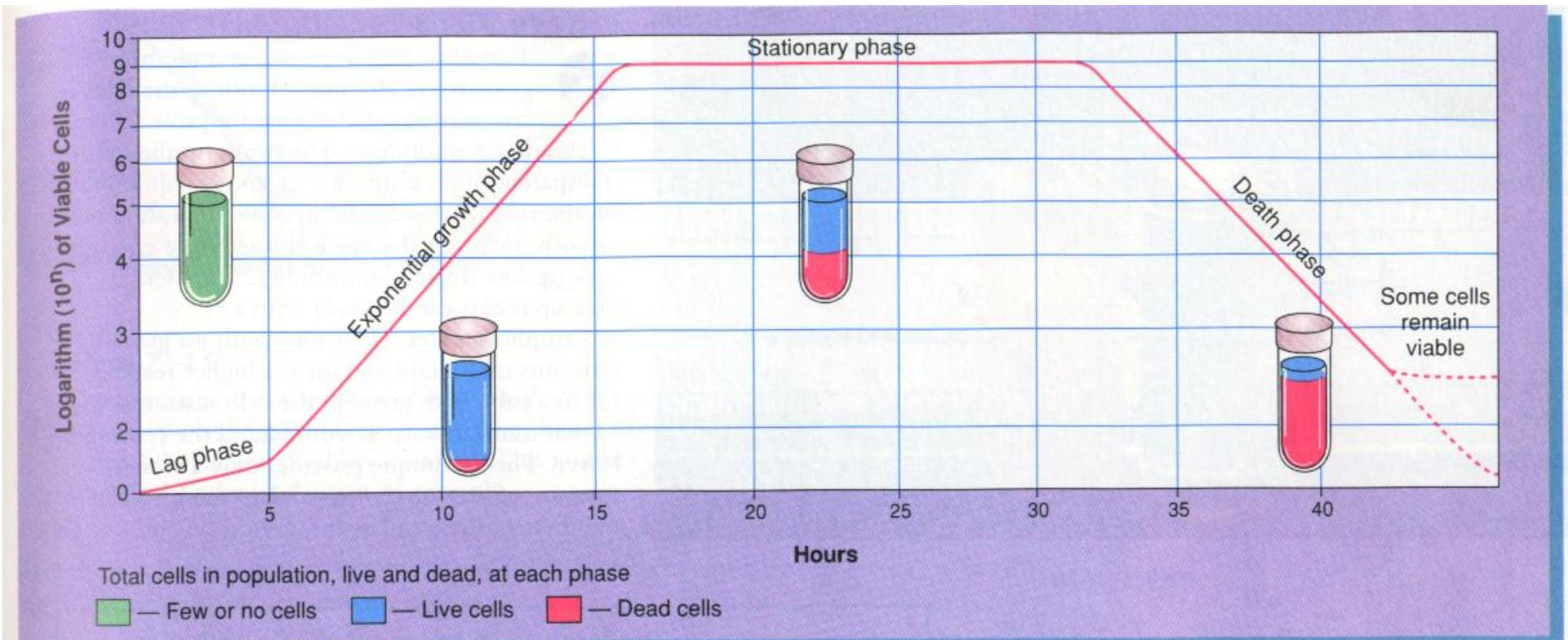


Figure 7.17



The growth curve in a bacterial culture. On this graph, the number of viable cells expressed as a logarithm (log) is plotted against time. See text for discussion of the various phases. Note that with a generation time of 30 minutes, the population has risen from 10^1 cells to $1,000,000,000$ (10^9) cells in only 16 hours. Cells are multiplying and dying all along the curve, but the relative

1. 迟缓期(Lag phase):

将少量菌种接入新鲜培养基后，在开始一段时间内菌数不立即增加，或增加很少，增长速度接近于零。也称延迟期、适应期。

迟缓期的特点：

t 细胞形态变大或增长，例如巨大芽孢杆菌，在迟缓期末，细胞的平均长度比刚接种时长6倍。一般来说处于迟缓期的细菌细胞体积最大

t 细胞内RNA，尤其是rRNA含量增高，合成代谢活跃，核糖体、酶类和ATP的合成加快，易产生诱导酶。

t 对外界不良条件反应敏感。

1. 迟缓期(Lag phase):

迟缓期出现的原因：调整代谢

在生产实践中缩短迟缓期的常用手段：

- (1)通过遗传学方法改变种的遗传特性使迟缓期缩短；
- (2)利用对数生长期的细胞作为种子；
- (3)尽量使接种前后所使用的培养基组成不要相差太大；
- (4)适当扩大接种量

对数生长期(Log phase):

又称指数生长期(Exponential phase), 在生长曲线中, 紧接着迟缓期的一段细胞数以几何级数增长的时期。

对数生长期特点:

平衡生长; 酶系活跃、代谢旺盛; 生长速率常数 R 最大、代时最短。

是研究微生物基本代谢的良好材料。它也常在生产上用作种子, 使微生物发酵的迟缓期缩短, 提高经济效益。

对数生长期(Log phase)的重要参数:

(1) 繁殖代数 (n)

$$X_2 = 2^n \cdot X_1$$



$$\lg X_2 = \lg X_1 + n \lg 2$$



$$n = (\lg X_2 - \lg X_1) / \lg 2 \\ = 3.322 (\lg X_2 - \lg X_1)$$

(2) 生长速率常数 (R)

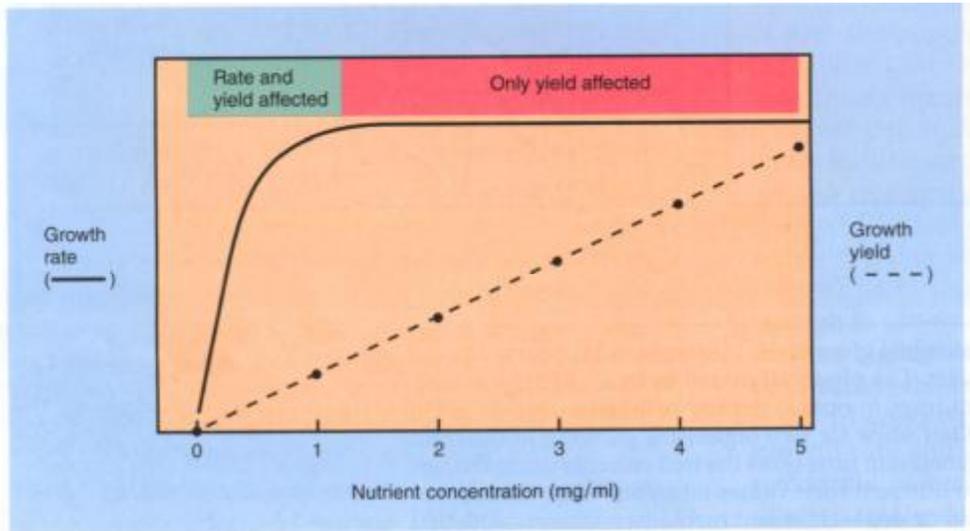
$$R = n / t_2 - t_1 \\ = 3.322 (\lg X_2 - \lg X_1) / t_2 - t_1$$

(3) 代时(G)

$$G = 1/R = t_2 - t_1 / 3.322 (\lg X_2 - \lg X_1)$$

影响微生物增代时间（代时）的因素

- 1) 菌种，不同的微生物及微生物的不同菌株代时不同；
- 2) 营养成分，在营养丰富的培养基中生长代时短；
- 3) 营养物浓度，在一定范围内，生长速率与营养物浓度呈正比；



凡是处于较低浓度范围内，可影响生长速率的营养物成分，就称为**生长限制因子**。

- 4) 温度，在一定范围，生长速率与培养温度呈正相关。

3. 稳定生长期(Stationary phase):

由于营养物质消耗，代谢产物积累和pH等环境变化，逐步不适宜于细菌生长，导致生长速率降低直至零。

稳定生长期又称恒定期或最高生长期，此时培养液中活细菌数最高并维持稳定。

4. 衰亡期(Decline或Death phase):

营养物质耗尽和有毒代谢产物的大量积累，细菌死亡速率超过新生速率，整个群体呈现出负增长。

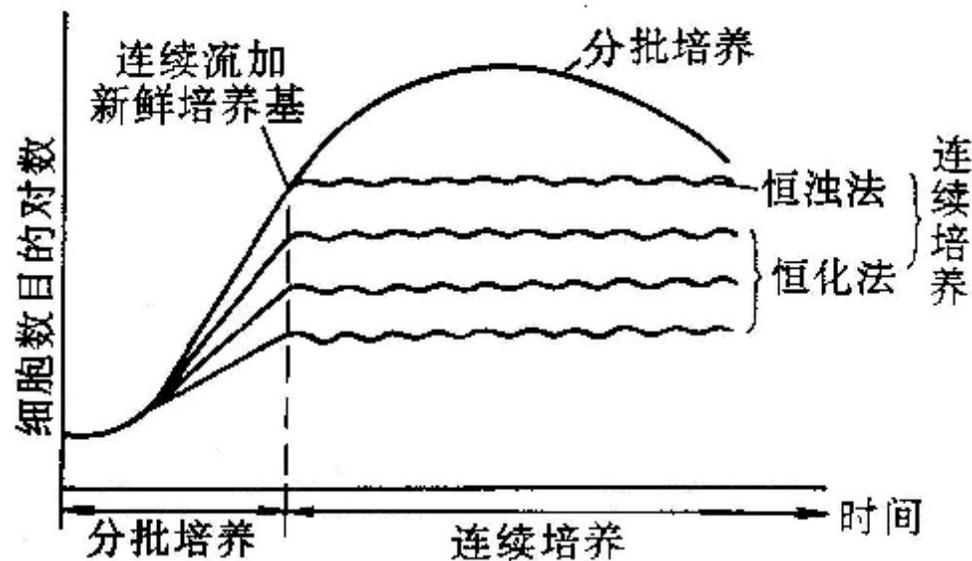
细菌代谢活性降低，细菌衰老并出现自溶，产生或释放出一些产物，如抗生素等。

在实际工作中多采用分光光度计测定OD值的方法绘制细菌的生长曲线。

二、连续培养(Continuous culture)

在微生物的整个培养期间，通过一定的方式使微生物能以恒定的比生长速率生长并能持续生长下去的一种培养方法。

培养过程中不断的补充营养物质和以同样的速率移出培养物是实现微生物连续培养的基本原则。



分批培养与连续培养的关系

二、连续培养(Continuous culture)

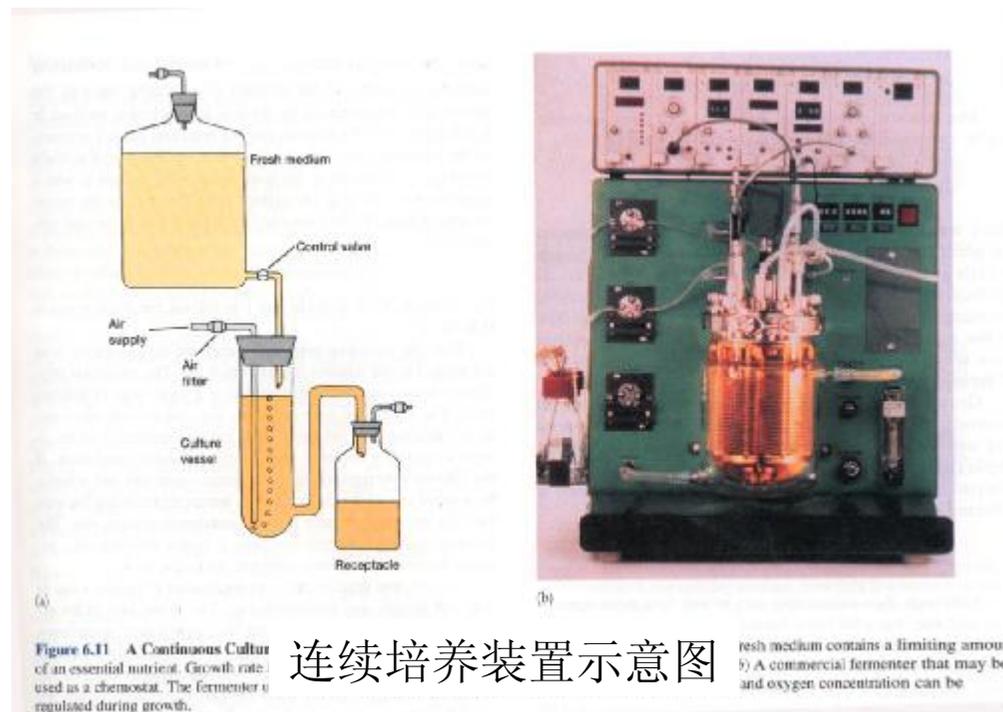
控制连续培养的方法

恒浊连续培养

不断调节流速而使细菌培养液浊度保持恒定

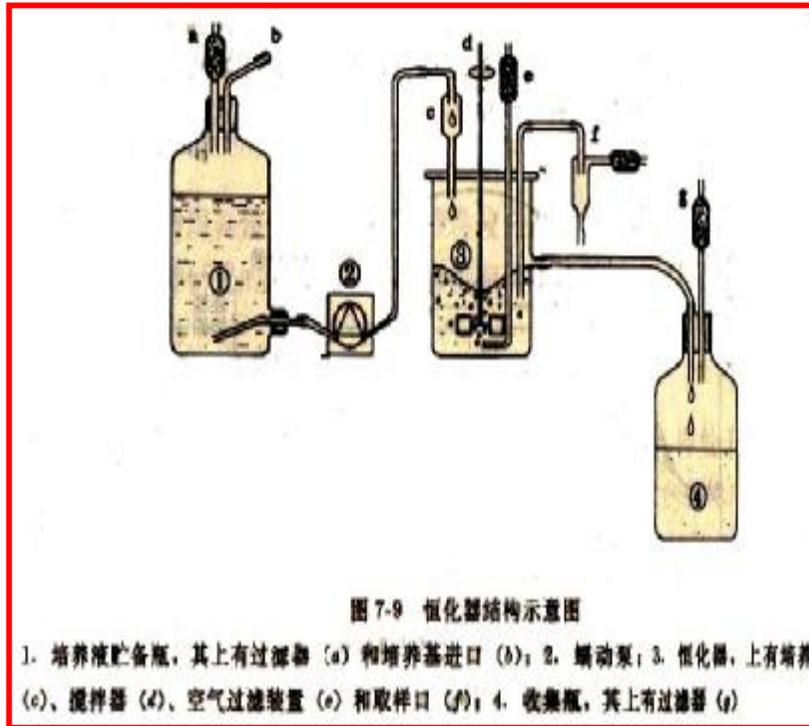
恒化连续培养

保持恒定的流速,使营养物质浓度保持恒定



连续培养装置示意图

(一) 恒化连续培养



概念：以恒定流速使营养物质浓度恒定而保持细菌生长速率恒定的方法。微生物始终在低于其最高生长速率下进行生长繁殖。

原理：恒化器中动态平衡的稳定性，是以某种生长限制因子（如碳、氮源；生长因子；无机盐等）的浓度来控制菌的生长速度。

特点：维持营养成分的低浓度，控制微生物生长速率。

(二) 恒浊连续培养

概念：在恒浊器内，调节培养基流速，使细菌培养液浊度保持恒定的连续培养方法。

原理：维持菌浓度不变。

特点：基质过量，菌以最高速率生长；但工艺复杂，烦琐。

在恒浊连续培养中装有浊度计，借光电池检测培养室中的浊度(即菌液浓度)，并根据光电效应产生的电信号的强弱变化，自动调节新鲜培养基流入和培养物流出培养室的流速。

连续培养的优点

- 1、缩短发酵周期，提高设备的利用率；
- 2、便于自控。降低动力消耗及劳动强度；
- 3、产品均一。

连续培养的缺点：

易杂菌污染；菌种易退化

恒化培养和恒浊培养的比较

装置	控制对象	生长限制因子	培养液流速	生长速率	产物	应用范围
恒浊器	菌体密度	无	不恒定	最高生长速率	大量菌体或与菌体相平行的代谢产物	生产为主
恒化器	培养液流速	有	恒定	低于最高生长速率	不同生长速率的菌体	实验室为主

三、同步培养

同步生长：运用同步培养技术，控制微生物生长，使之处于同一生长阶段并同时分裂。

同步培养法：能获得处于同一生长阶段的群体细胞的培养方法。

同步培养（物）：用同步培养法所得到的培养物。

三、同步培养

获得同步生长的方法：

环境条件控制技术

{ 温度
培养基成份控制
其他（如光照和黑暗交替培养）

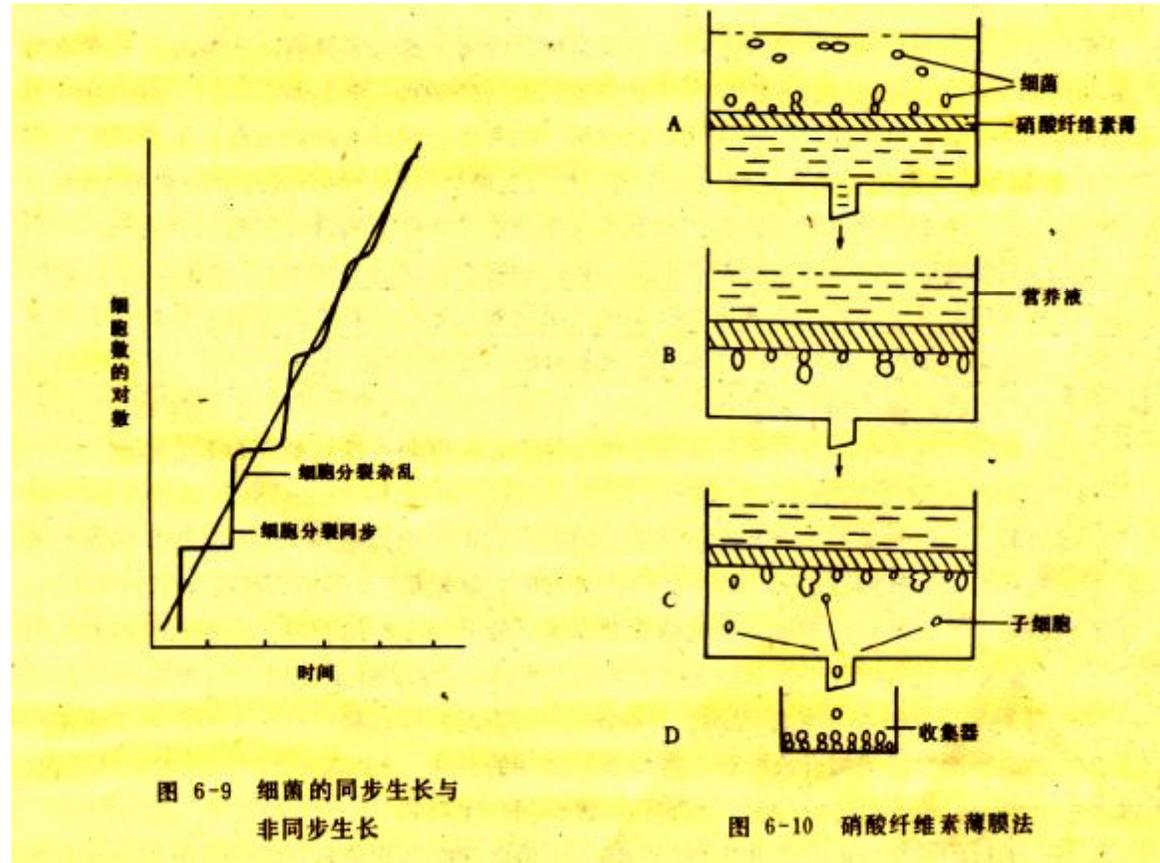
机械方法

{ 离心方法
过滤分离法
硝酸纤维素滤膜法

同步培养物常被用来研究在单个细胞上难以研究的生理与遗传特性和作为工业发酵的种子，它是一种理想的材料。

三、同步培养

硝酸纤维素滤膜法是最经典的获得同步生长的方法



由于细胞的个体差异，同步生长往往只能维持2-3个世代，随后又逐渐转变为随机生长。

第三节 微生物的培养方法

微生物培养技术的发展的特点：

1. 少量培养 → 大规模培养
2. 浅盘培养 → 厚层固体或深层（液体）培养
3. 以固体培养为主 → 以液体培养为主
4. 静止式液体培养 → 通气搅拌式液体培养
5. 分批培养 → 连续培养 → 多级连续培养
6. 游离的微生物细胞培养 → 利用固定化细胞培养
7. 单一微生物培养 → 混合微生物培养
8. 野生菌种 → 变异菌株、“工程菌”

微生物培养法

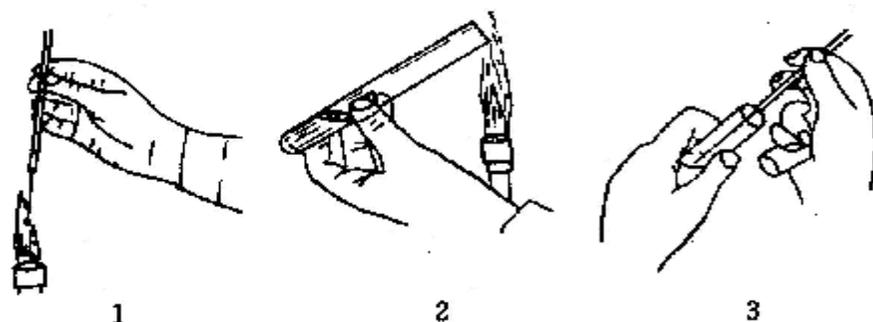
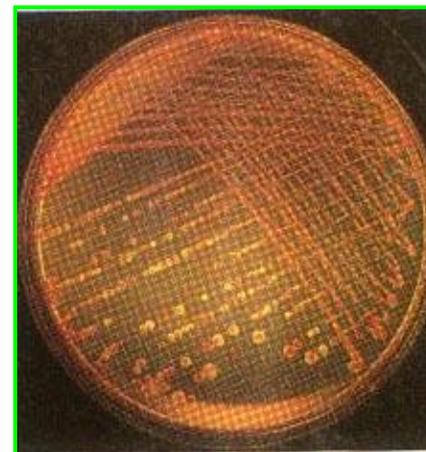
- 一、固体培养
- 二、液体培养
- 三、连续培养
- 四、补料分批培养
- 五、混菌培养

一、固体培养(Solid-state culture)

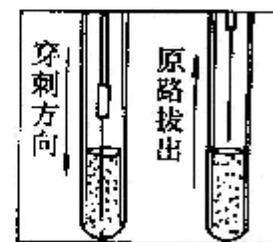
(一) 实验室常见的固体培养

1. 好氧菌培养

试管斜面(test-tube slant)
培养皿平板
克氏扁瓶(kolle flask)
茄子瓶斜面



(a)



(b)

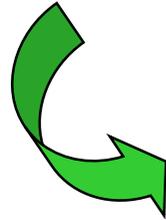
斜面接种和穿刺接种培养方法

(a) 斜面接种：1. 接种针火焰灼烧灭菌；2. 管口靠近火焰处；3. 用接种针蘸取菌样后，移到斜面上划线

(b) 穿刺接种：将蘸取菌样的接种针（头部无环）垂直插入固体培养基内，再原路拔出

2. 厌氧菌培养

厌氧装置 + 特殊培养基



六大营养素 + 还原剂

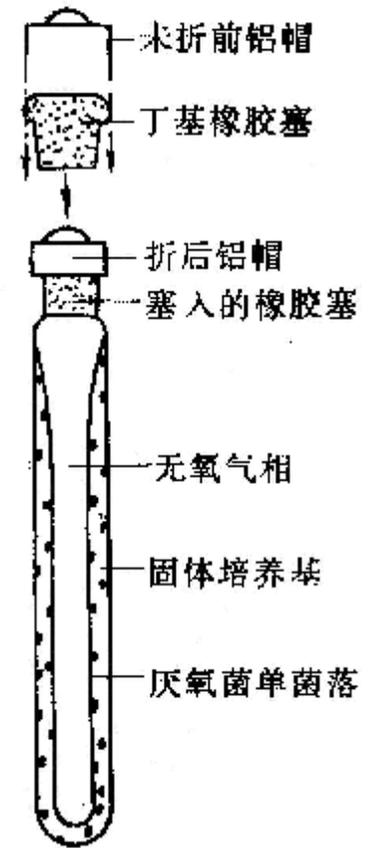
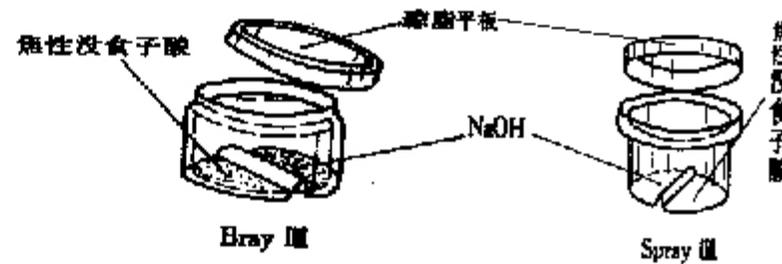
氧化还原势指示剂，
如刃天清(resazuin)

厌氧菌培养的装置：

(1) Hungate滚管技术

1950年美国微生物学家R.E.Hungate设计

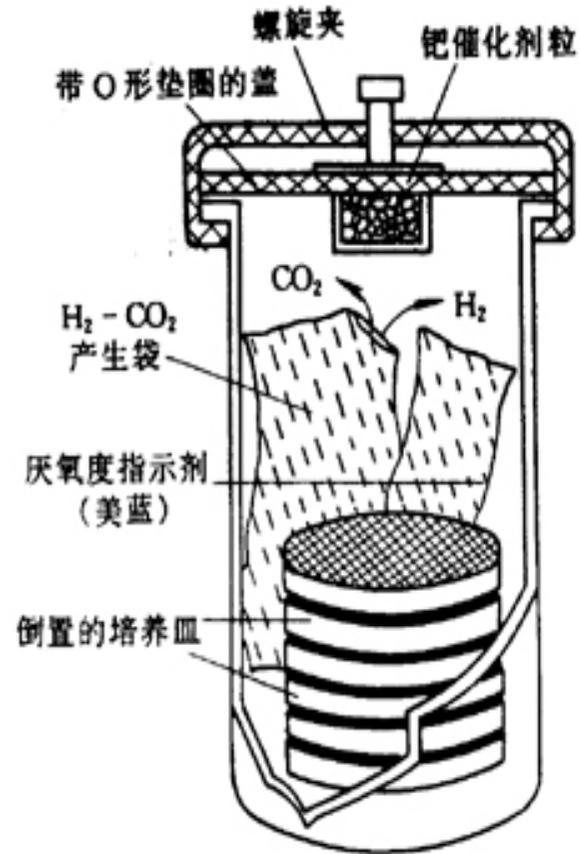
(2) 厌氧培养皿



Hungate 滚管技术
中的厌氧试管的剖面图

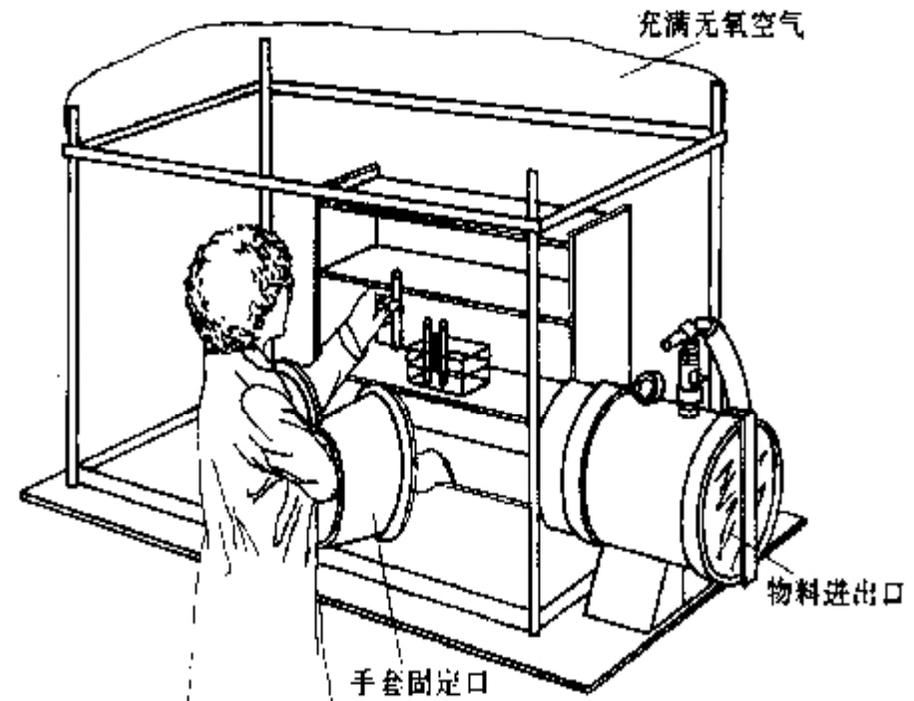
厌氧菌培养的装置：

(3) 厌氧罐



厌氧罐的一般构造

(4) 厌氧手套箱

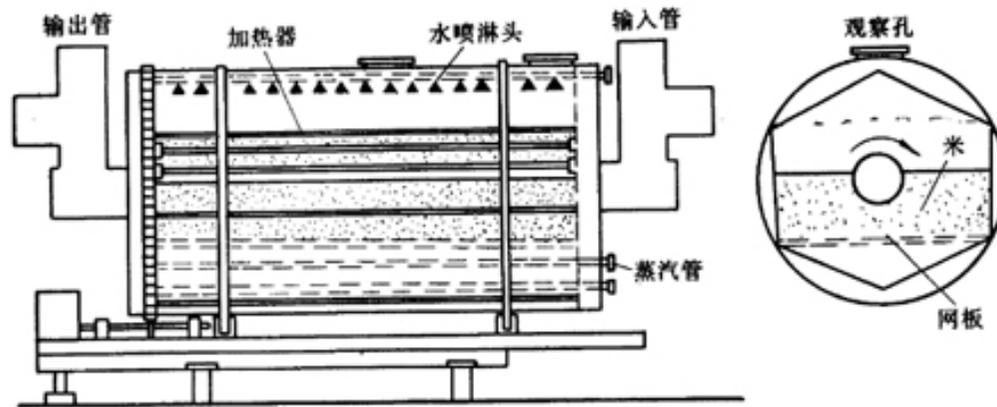


厌氧手套箱的一般构造

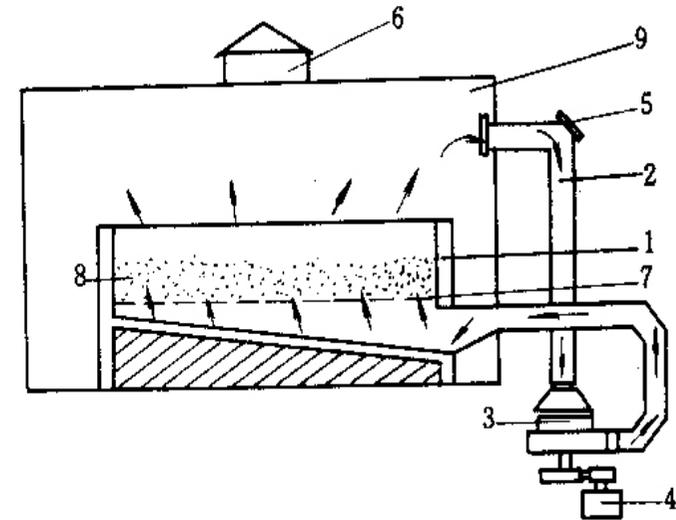
(二) 生产中常见的固体培养

1. 好氧菌的曲法培养

曲盘、转鼓、通风曲槽等



转鼓式自动固体培养装置示意图



通风曲槽结构模式图

1—曲床；2—风道；3—鼓风机；4—电动机；

5—入风口；6—天窗；7—帘子；

8—曲料；9—曲槽罩

2. 厌氧菌的堆积培养法

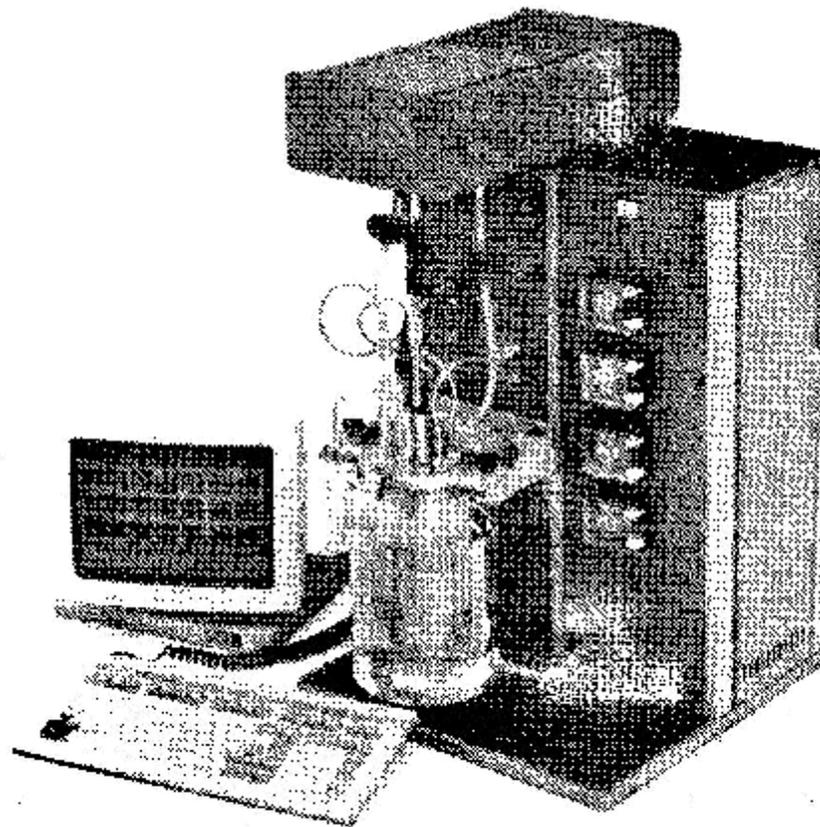
二、液体培养(Liquid-state culture)

液体培养提高溶氧速率的措施:

1. 浅层培养(Shallow liquid culture)
2. 摇床:振荡培养(Shaking flask culture)
3. 深层培养(Submerged culture)
4. 机械搅拌
5. 提高罐压

(一) 实验室常见的液体培养

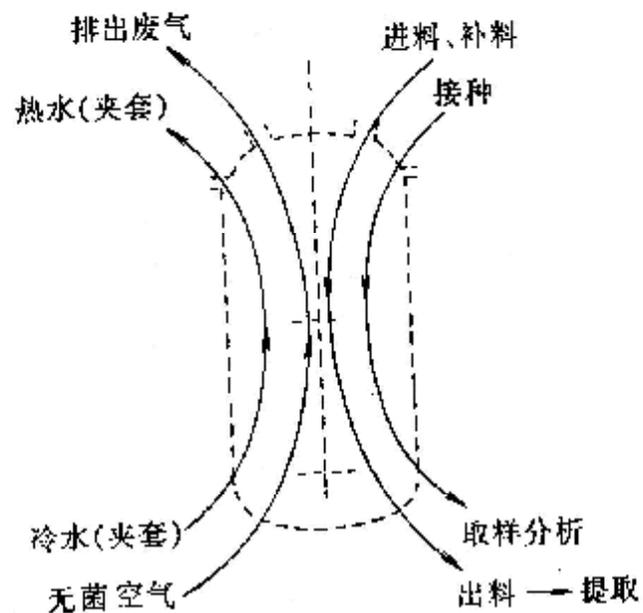
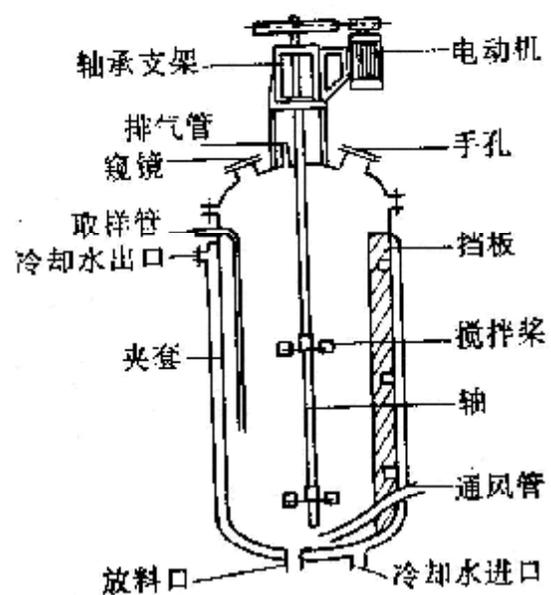
1. 试管液体培养
2. 浅层液体培养
3. 摇瓶培养
4. 台式发酵罐



台式发酵罐

(二) 生产中常见的液体培养

1. 浅盘培养
2. 发酵罐深层培养



通用式发酵罐的构造及其运行原理

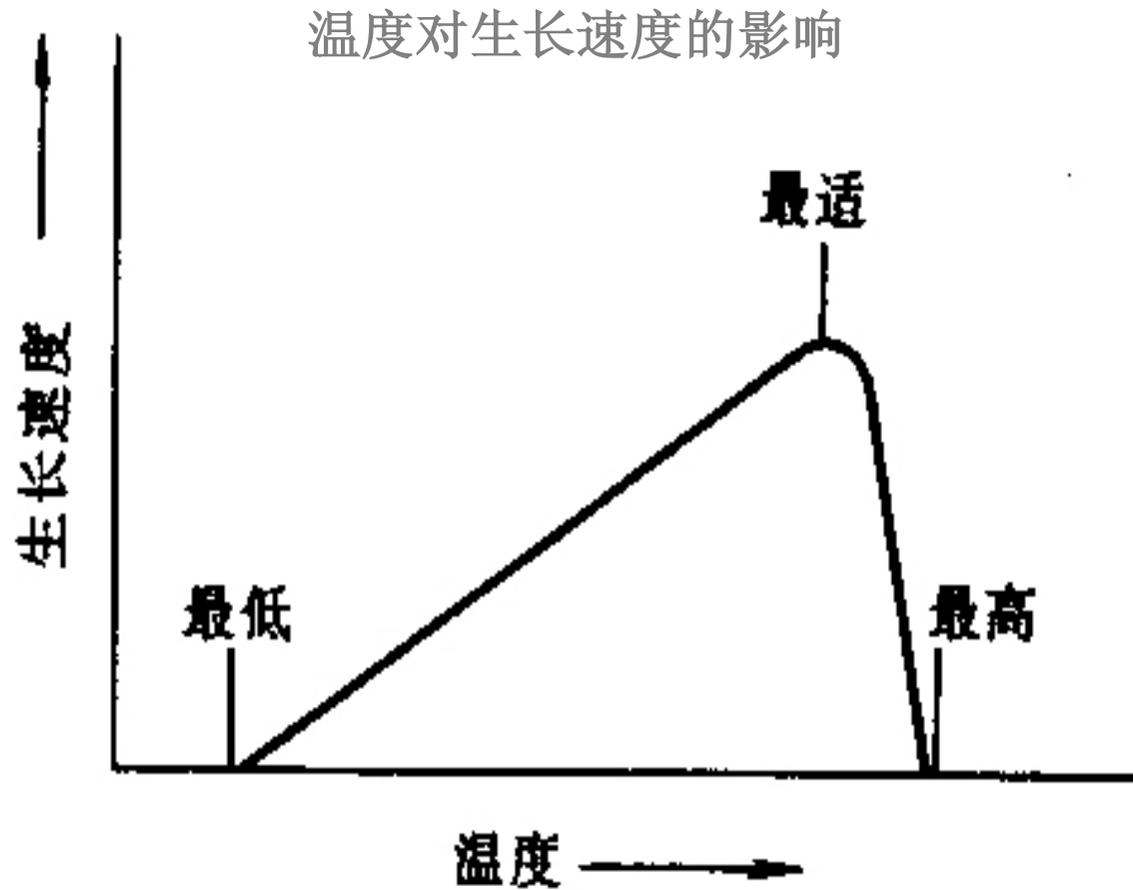
第四节 影响食品中微生物生长的因素

一、食品的营养成分对微生物生长的影响

微生物对营养物质分解的选择性

食品性质	具有显著分解能力的类群	举例菌种
蛋白质	细菌 霉菌	变形杆菌 沙门柏干酪青霉
碳水化合物	酵母 霉菌	啤酒酵母 黑曲霉
脂肪	霉菌 细菌（少数）	黄曲霉 荧光假单胞菌

二、温度对微生物生长的影响



根据微生物生长的适宜温度分为三大类

微生物类型	生长温度范围	最适生长温度	分布区域
嗜冷微生物 (Psychrophile)	-10~30	10~20	地球两极、海洋、冷泉、冷藏食品
嗜温微生物 (Mesophile)	10~45	25~40	腐生环境、寄生环境
嗜热微生物 (Thermophile)	25~80	50~55	温泉、堆肥、土壤

不同温距中微生物活动的主要类群

低温 < 10 °C

中温 25-30°C

高温 > 40°C

霉菌

酵母 (少数)

细菌 (少数)

霉菌

酵母

细菌

细菌 (少数)

三、pH对食品中微生物生长的影响

(一) pH对微生物生长的影响

通常培养条件:

细菌: **pH7.0~8.0**

放线菌: **pH7.5~8.5**

酵母菌: **pH3.8~6.0**

霉菌: **pH4.0~5.8**

不同微生物对环境pH的适应将微生物分为：

嗜碱微生物 (basophile)

耐碱微生物 (basotolerant microorganism)

嗜酸微生物 (acidophile)

耐酸微生物 (acidotolerant microorganism)

(二) 食品pH的分类

1. 新鲜食品分类

pH > 4.5

非酸性食品

pH = 4.5

pH < 4.5

酸性食品

2. 罐头食品分类

Group1

Group2

5.3

4.5

3.7

低酸罐头

中酸罐头

酸性罐头

高酸罐头

pH

3. 食品pH在食品加工中的重要性

酸性食品与非酸性食品杀菌因素的比较

酸性食品 (pH<4.5)	非酸性食品 (pH>4.5)
<p>低热 ↓ 营养细胞</p> <p>酸 ↓ 芽孢</p>	<p>低热 ↓ 营养细胞</p> <p>高热 ↓ 芽孢</p>

(三) pH值与食品腐败变质

1. 腐败菌和常见致病菌生长的适宜pH值

微生物	pH范围	最适pH
细菌	4.5 ~ 9.0	7.0
酵母	2.4 ~ 9.2	4.0 ~ 5.8
霉菌	1.5 ~ 11.0	3.0 ~ 6.0

不同类群微生物对不同pH的适应能力

< pH 4.5 > pH 4.5
霉菌、酵母 细菌、霉菌、酵母

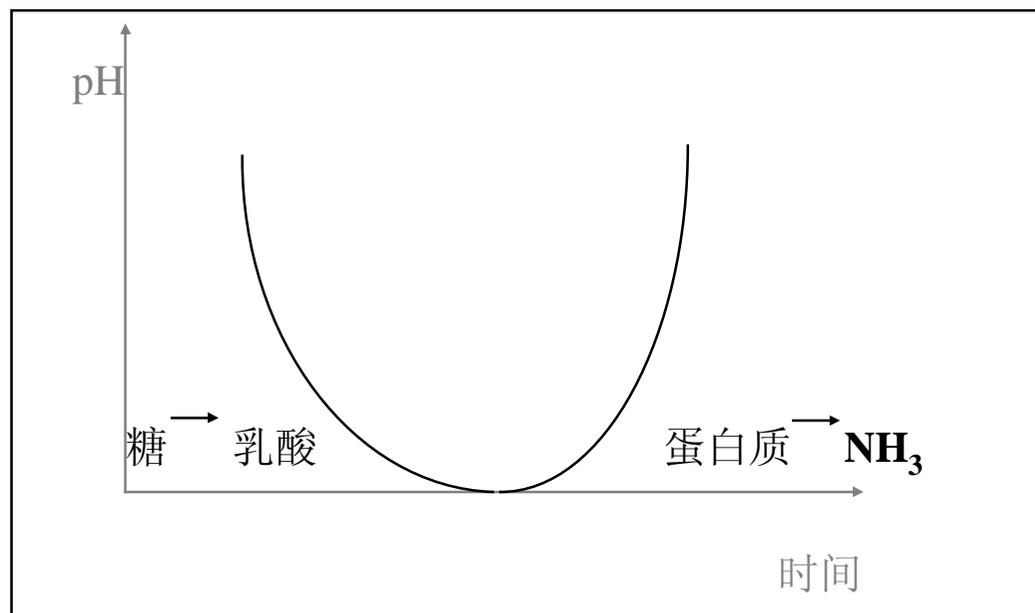
(三) pH值与食品腐败变质

2. 食品的酸化保存

1. 人工加入无机酸
2. 人工加入有机酸
3. 人工接种微生物发酵

(四) 微生物在食品基质上生长引起pH值的变化

1.V型变化规律



2.食品缓冲能力

四、水活度对食品中微生物生长的影响

1. 微生物对 a_w 的要求

(1) 每种微生物有特征性的最适和最低 a_w

(2) 霉菌生长的最低 $a_w < \text{酵母} < \text{细菌}$

微生物	a_w
一般细菌	0.91
酵母菌	0.88
霉菌	0.80
嗜盐细菌	0.75
干性霉菌	0.65
嗜高渗酵母	0.60

2. 食品的 A_w 与食品保藏期

若干食物 的 a_w 值	新鲜水果：0.97~0.99
	鲜肉（家畜）：0.97
	面包：0.86
	蔗糖饱和液：0.76
	大米、面粉（含水量14%）：0.65
	奶粉：0.2

2. 食品的 A_w 与食品保藏期

(1) 新鲜食品原料	A_w : 0.98~0.99	(1~2天)
(2) 干制食品	A_w : 0.80~0.85	(1~2 周)
	A_w : 0.70	(3~6月)
	A_w : 0.65	(2~3年或更长)
(3) 高渗透食品	A_w : 0.87~0.95	
(4) 中间水分食品 (intermediate-moisture foods, IMF)		

- 特征:
- ①含水量15~50%
 - ② A_w 0.60~0.85
 - ③无需杀菌, 有较稳定的货架期

五、渗透压对食品中微生物生长的影响

1. 不同类群微生物对渗透压适应性的比较

2. 引起食品变质的嗜盐微生物、耐盐微生物和耐糖微生物

- (1) 高度嗜盐细菌（最适宜在20~30%食盐浓度的食品中生长）
- (2) 中度嗜盐细菌（最适宜在5~18%食盐浓度的食品中生长）
- (3) 低等嗜盐细菌（最适宜在2~5%食盐浓度的食品中生长）
- (4) 耐盐细菌（能在10%以下的食盐浓度的食品中生长）
- (5) 耐糖微生物（能在高度的含糖的食品中生长）

六、氧化还原电位对食品中微生物生长的影响

好氧性微生物：+0.1伏以上时可正常生长，以+0.3~+0.4伏为宜；

专性好氧微生物

兼性好氧微生物

微好氧微生物

厌氧性微生物：低于+0.1伏条件下生长；

耐氧微生物

厌氧微生物

表 微生物分类和氧的需求

分类	专性好氧菌	兼性厌氧菌	微好氧菌	耐氧菌	专性厌氧菌
培养界面 培养物表面	仅培养表面和上层生长	培养表面和内部均有生长，上层更好	培养基表面之下的某一区域	培养下层比表面生长较好	仅培养底部生长
微生物	霉菌 产膜酵母，醋酸菌，假单胞菌，微球菌大部分，需氧芽胞杆菌，八叠球菌，无色杆菌，黄色杆菌，短杆菌属一部分。	大部分酵母 大部分细菌 肠杆菌科，葡萄球菌，气单胞菌，需氧芽胞杆菌一部分	霍乱弧菌、氢单胞菌、发酵单胞菌属	乳酸菌	梭状芽孢杆菌、拟杆菌属、甲烷球菌属

七、食品抗菌物质和防御机构对食品中微生物生长的影响

(一) 食品的自我保护 (self-protection)

_____指食品，尤其是活的食物本身所具有的防腐作用

(二) 机理

1. (本身) 含有抗菌物质

- (1) 人为加入防腐剂
- (2) 天然存在的抗菌成分
- (3) 发酵作用产生的抗菌成分

2. 防御机构

3. 鸡蛋防御机构及抗菌成分

- (1) 蛋壳机械屏障
- (2) 粘蛋白质
- (3) 壳膜
- (4) 蛋清中抗菌成分

第五节 食品中微生物控制的原理和方法

一、几个基本概念

- 1.消毒(Disinfection): 杀死或灭活病原微生物（营养体细胞）；
- 2.灭菌(Sterilization): 杀死包括芽孢在内的所有微生物；

制菌(bacteriostasis)

杀菌(bacteriocidation)

溶菌(bacteriolysis)

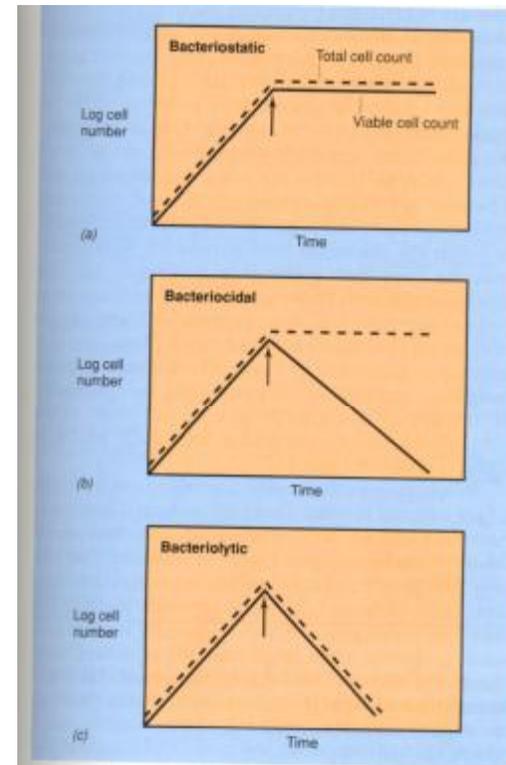


Figure 11.10 Three types of action of antimicrobial agents.

3. 商业灭菌 (Commercial sterilization) :

指食品经过杀菌处理后, 按照所规定的微生物检验方法, 在所检食品中无活的微生物检出, 或者仅能检出极少数的非病原微生物, 并且它们在食品保藏过程中不可能进行生长繁殖。这种灭菌方法, 就叫做商业灭菌。

4. 防腐(Antisepsis): 防止或抑制霉腐微生物在食品等物质上的生长。

5. 无菌 (Asepsis) :没有活的微生物存在。

6. 死亡(Death): 生长能力不可逆丧失

7. 化疗(Chemotherapy): 化学治疗。利用化学物质杀死或抑制宿主体内的病原微生物, 借以达到治疗该传染病的一种措施。

二、食品中微生物控制的两个基本策略

(一) 防止和杀死微生物

1. 杀菌

杀灭的物理因素

热

辐射作用

微波

超声波等

2. 抑制微生物生长

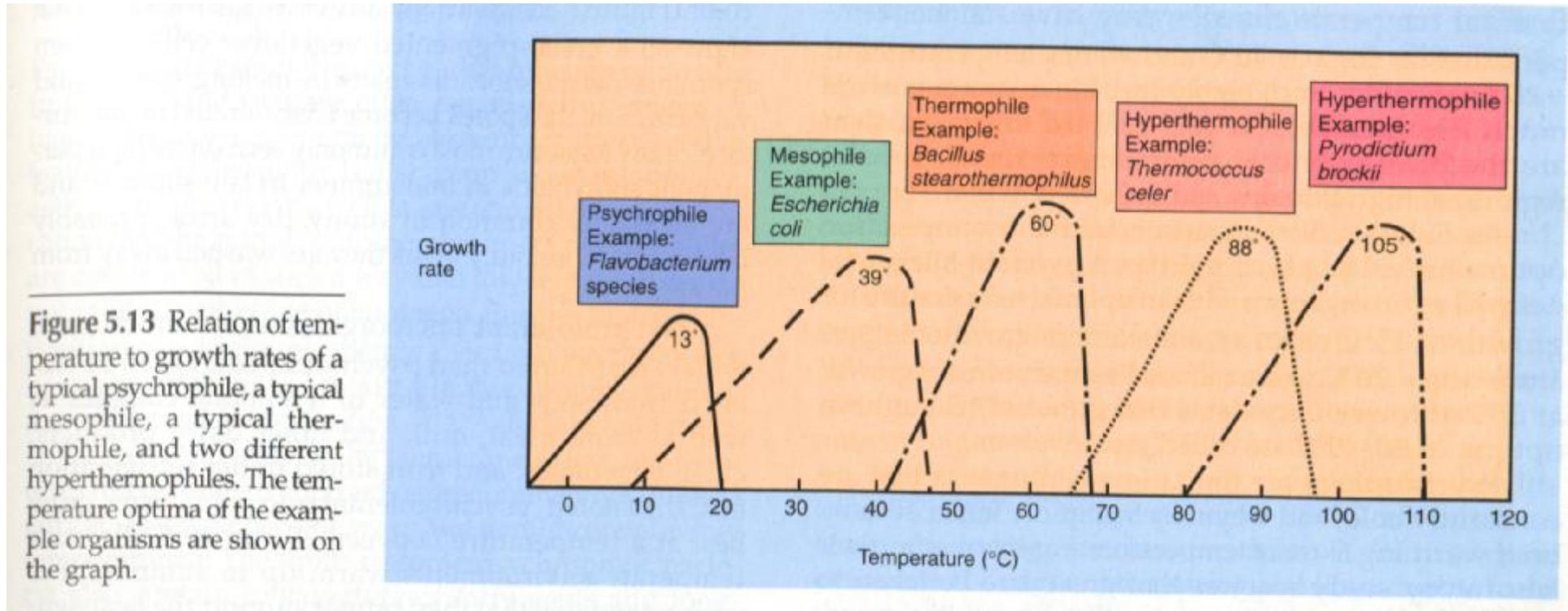
3. 过滤除菌

4. 保持无菌环境

(二) 促进有益微生物生长，使其抑制有害微生物生长

三、食品的高温杀菌

(一) 微生物的耐热性



当温度超过微生物生长的最高温度或低于生长的最低温度都会对微生物产生杀灭作用或抑制作用

(二) 热对微生物的致死作用

温度愈高，十倍致死时间愈短

高温使蛋白质、核酸等重要生物大分子发生变性、破坏，以及破坏细胞膜上的类脂成分，导致微生物死亡。

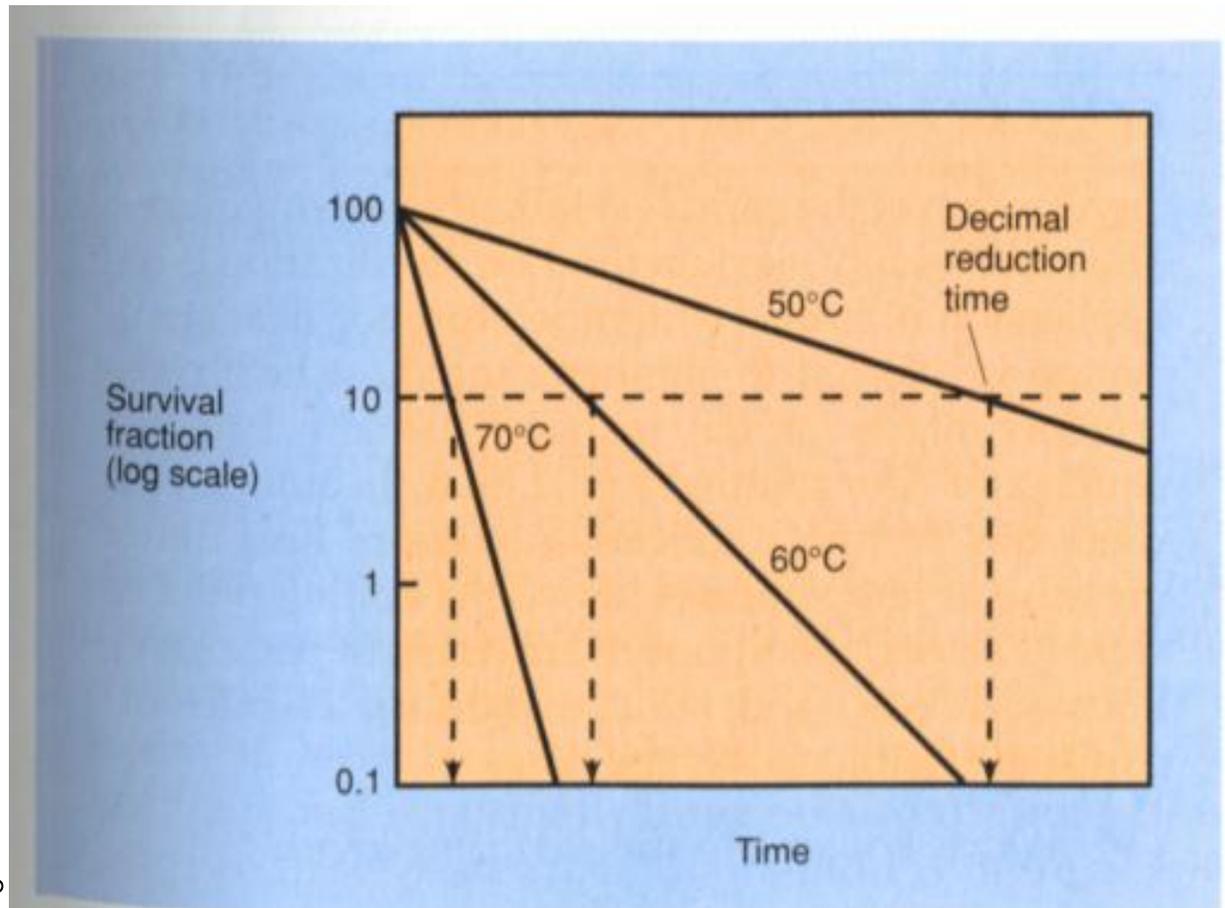


Figure 11.1 The effect of temperature on the viability of a mesophilic bacterium.

(三)影响微生物对热抵抗力的因素

1.菌种

嗜热菌的抗热力大于嗜温菌和嗜冷菌，芽孢大于非芽孢菌，球菌大于非芽孢杆菌，革兰氏阳性菌大于革兰氏阴性菌，霉菌大于酵母菌，霉菌和酵母的孢子大于其菌丝体。

2.菌龄

同样的条件下，对数生长期的菌体抗热力较差，而稳定期的老龄细胞较大，老龄的细菌芽孢较幼龄的细菌芽孢抗热力强。

3.菌体数量

菌数愈多，抗热力愈强。

(三)影响微生物对热抵抗力的因素

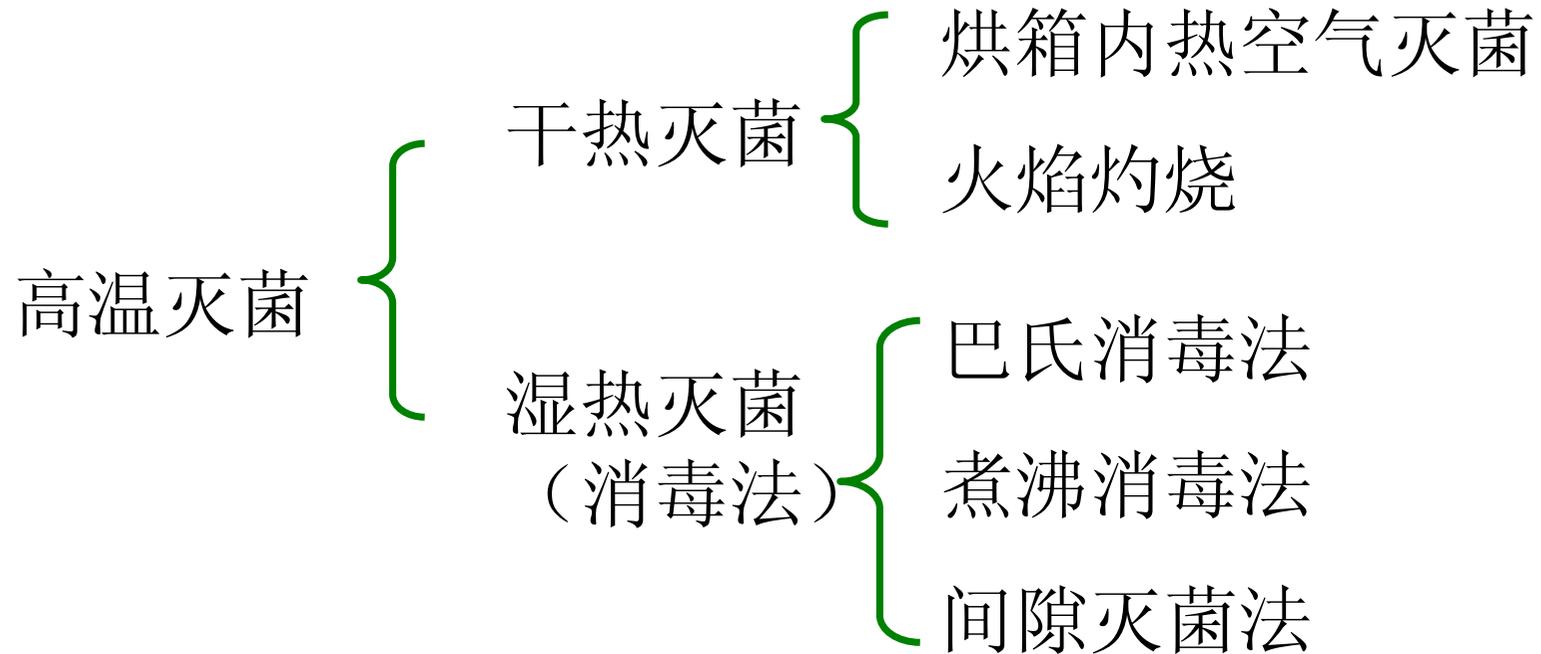
4. 基质的因素

微生物的抗热力随含水量减少而增大；微生物的抗热力随基质中的脂肪、糖、蛋白质等物质的增多而增大；微生物在pH值范围是7左右，抗热力最强。

5. 加热的温度和时间

温度越高，微生物的抗热力越弱，加热的时间越长，热致死作用越大。

(四)食品的高温杀菌方法



四、食品的冷藏抑菌

（一）低温对微生物的影响

1. 低温可降低和停止微生物的繁殖

2. 致死作用： 机械损伤 生理干燥

3. 冷休克（**cold shock**）： 由于温度快速下降，使微生物菌体尤其是处于对数生长期的菌体大量死亡的现象。

(二) 低温贮藏的方法

1. 寒冷温度

介于室温和冷藏温度之间

2. 冷藏温度

介于0~7°C之间

3. 冻藏温度

<0°C

五、控制食品中微生物的其它物理方法

(一) 辐射作用

辐射灭菌(Radiation Sterilization)是利用电磁辐射产生的电磁波杀死大多数物质上的微生物的一种有效方法。

用于灭菌的电磁波有微波，紫外线(UV)、X-射线和 γ -射线等

(二) 过滤作用

(三) 高渗、干燥、超声波等

六、控制食品中微生物的化学物质

抗微生物剂(Antimicrobial agent) { 生物合成的天然产物
人工合成的化合物

一类能够杀死微生物或抑制微生物生长的化学物质

六、控制食品中微生物的化学物质

化学物质的抗微生物能力的测定



液体培养法

最低抑制浓度（minimum inhibitory concentration (MIC)）实验

平板培养法

抑菌圈（zone of inhibition）试验

对杀菌或抑菌作用无法区分

最低抑制浓度实验

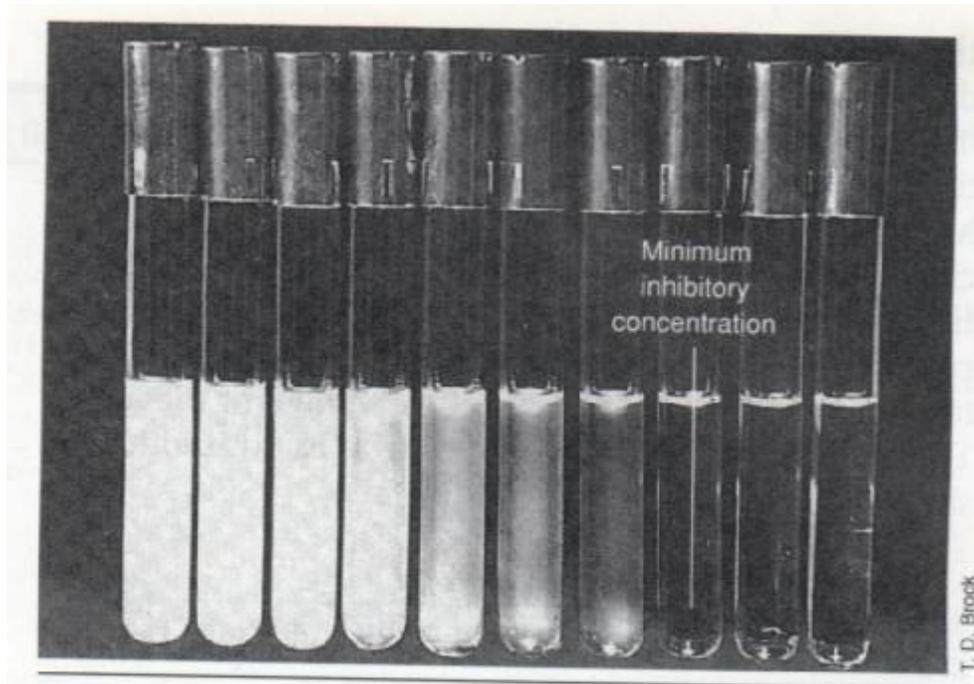


Figure 11.11 Antibiotic assay by tube dilution, permitting detection of the *minimum inhibitory concentration* (MIC). A series of increasing concentrations of antibiotic is prepared in the culture medium. Each tube is inoculated, and incubation is allowed to proceed. Growth (turbidity) occurs in those tubes with antibiotic concentrations below the MIC.

抑菌圈试验

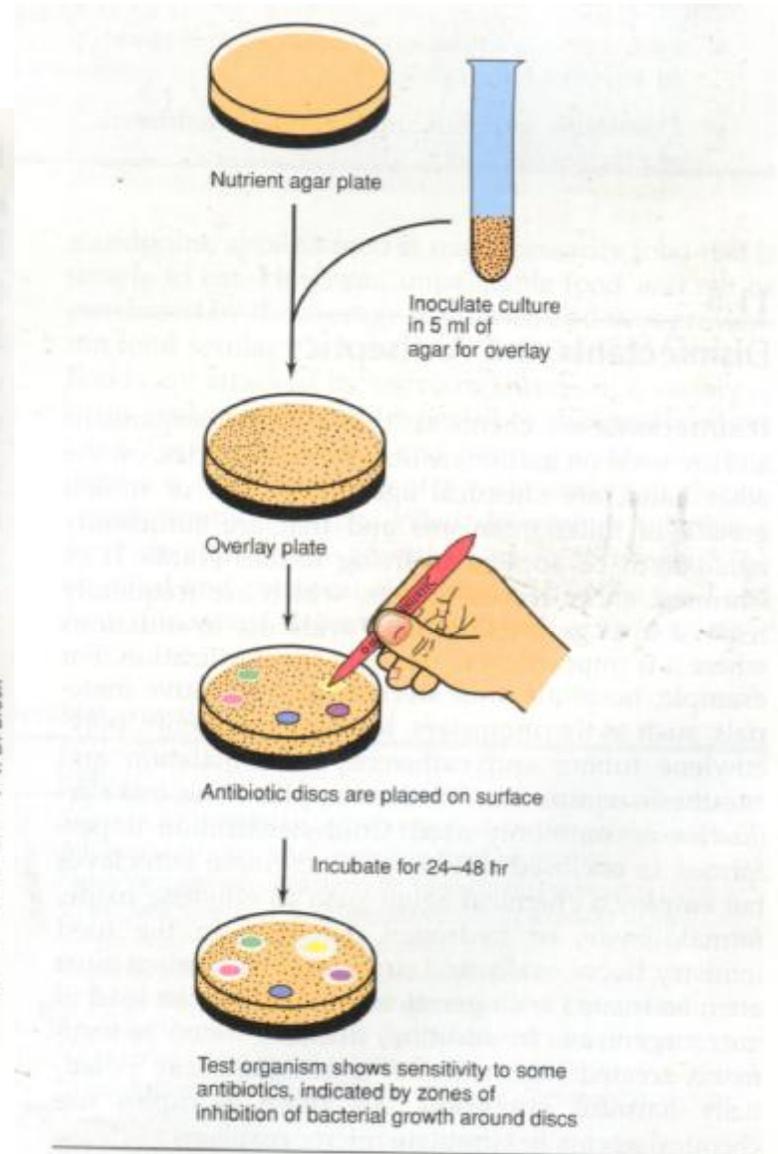
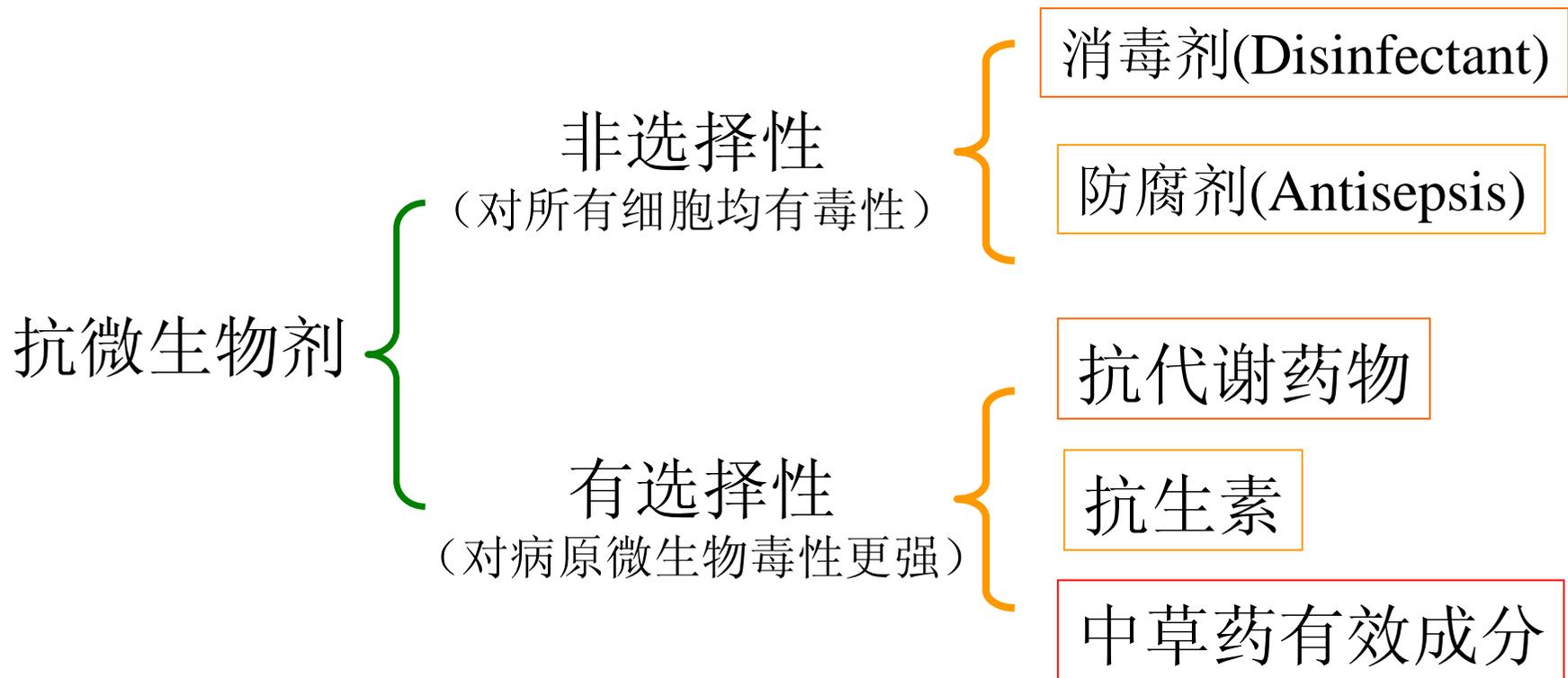


Figure 11.12 Agar diffusion method for assaying antibiotic activity.



六、控制食品中微生物的化学物质

防腐剂和消毒剂

特点：

对一切活细胞都有毒性，不能用于人或动物体内的化学治疗。

消毒剂：可杀死微生物，通常用于非生物材料的灭菌或消毒。

防腐剂：能杀死微生物或抑制其生长，但对人及动物的体表组织无毒性或毒性低，可作为外用抗微生物药物。

防腐剂 and 消毒剂

TABLE 11.2 Antiseptics and disinfectants

Agent	Use in health-related fields	Mode of action
Antiseptics		
Organic mercurials	Skin	Combines with —SH groups of proteins
Silver nitrate	Eyes of newborn to prevent blindness due to infection by <i>Neisseria gonorrhoeae</i>	Protein precipitant
Iodine solution	Skin	Iodates tyrosine residues of proteins; oxidizing agent
Alcohol (70% ethanol in water)	Skin	Lipid solvent and protein denaturant
Bisphenols (hexachlorophene)	Soaps, lotions, body deodorants	Disrupts cell membrane
Cationic detergents (quaternary ammonium compounds)	Soaps, lotions	Interact with phospholipids of membrane
Hydrogen peroxide (3% solution)	Skin	Oxidizing agent
Disinfectants		
Mercuric dichloride	Tables, bench tops, floors	Combines with —SH groups
Copper sulfate	Algicide in swimming pools, water supplies	Protein precipitant
Iodine solution	Medical instruments	Iodates tyrosine residues
Chlorine gas	Purification of water supplies	Oxidizing agent
Chlorine compounds	Dairy, food industry equipment, water supplies	Oxidizing agent
Phenolic compounds	Surfaces	Protein denaturant
Cationic detergents (quaternary ammonium compounds)	Medical instruments; food, dairy equipment	Interact with phospholipids
Ethylene oxide (gas)	Temperature-sensitive laboratory materials such as plastics	Alkylating agent
Ozone	Drinking water	Strong oxidizing agent