



微生物基础知识讲座



普通微生物学

(五) 微生物的生长及其控制

北京大学制药厂生物化学专业 72 届工农兵学员

生长和繁殖是生物体重要的生理机能。微生物在适宜条件下,通过酶的作用,不断吸收外界的营养物质,进行一系列的代谢活动,将营养物质转变成为其本身的细胞物质,结果使细胞内原生质的总含量不断增加,个体逐渐长大,此过程称为生长。

在单细胞微生物中,由于细胞分裂引起细胞数目增多的过程称为繁殖。在多细胞微生物中,由于菌丝细胞的延长或分裂产生同类的细胞,称为生长;形成无性孢子或有性孢子而使个体数目增加的过程,称为繁殖。

外因通过内因而起作用。微生物的生长和繁殖除受营养因素影响外,外界环境条件也起着促进或制约的作用。因此通过对营养及环境条件的控制,可利用有益微生物或抑制有害微生物的生长和繁殖。

一、微生物的生长曲线

(一) 生长曲线各阶段的特点

单细胞的微生物在单级培养过程中,当少量细胞接种到一定体积的液体培养基中以后,在适宜的培养条件下,可以看到细胞数目的增加随着培养时间的长短而表现出一定的规律性。如果我们以细胞数目的对数值作纵座标,以时间作横座标作成曲线,此曲线就叫生长曲线(图 3)。

根据微生物生长速率,把生长曲线分为四个主要生长期。

1. 延迟期

少量菌种接种到液体培养基中后,在开始的一段时间内,细菌总数未增加,生长速度近乎零,称为延迟期。

延迟期中的微生物,菌体较粗长,代谢活力很强,易于产生各种诱导酶,对外界不利因素较为敏感,细胞

内 RNA 含量很高,原生质显很强的嗜碱性。

产生延迟期的原因可能是因为当细胞接种到新鲜培养基中后,由于细胞内要合成一些新的酶或产生一些中间代谢产物,因此需要一个调整代谢活动的时期。

影响延迟期长短的主要因素是菌种的特性,接种量多少,种龄的老幼以及种子培养基与生长培养基成份上的差异。

延迟期的存在会延长正常发酵的生产周期,降低设备的利用率。故生产上常采用增加接种量,在种子培养基中加入发酵培养基中的某些成份,用最适种龄接种(一般是对数期的种子)等方法来缩短延迟期。

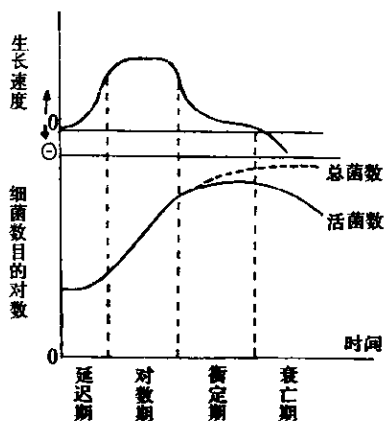


图 3 微生物的生长曲线

2. 对数期

对数期是生长速度达到最高的时期。这时细胞数目的对数与时间成一直线关系,细胞数以几何级数增加,存在以下数学关系:

细胞数目: $1 \rightarrow 2 \rightarrow 4 \rightarrow 8 \rightarrow 16 \rightarrow 32 \dots$

即: $2^0 \rightarrow 2^1 \rightarrow 2^2 \rightarrow 2^3 \rightarrow 2^4 \rightarrow 2^5 \dots 2^n$ 个

繁殖代数: $0 \rightarrow 1 \rightarrow 2 \rightarrow 3 \rightarrow 4 \rightarrow 5 \dots n$ 代

设: $x_2 =$ 总菌数 $x_1 =$ 开始时的菌数

$n =$ 繁殖代数

$$\text{则: } x_2 = x_1 \cdot 2^n \dots \dots (1)$$

$$\text{以对数表示: } \lg x_2 = \lg x_1 + n \lg 2 \dots \dots (2)$$

$$\therefore n = \frac{\lg x_2 - \lg x_1}{\lg 2} \dots \dots (3a)$$

$$\therefore \lg 2 = 0.301$$

$$\therefore n = 3.322 \cdot (\lg x_2 - \lg x_1) \dots \dots (3b)$$

又设: t_1 : 细胞数为 x_1 时的时间

t_2 : 细胞数为 x_2 时的时间

R : 繁殖速度(单位时间内繁殖的代数)

$$\therefore R = \frac{n}{t_2 - t_1} \dots \dots (4a)$$

以(3b)代入上式:

$$R = \frac{3.322 \cdot (\lg x_2 - \lg x_1)}{t_2 - t_1} \dots \dots (4b)$$

再设: G 为世代时间(每分裂一次所需要时间)

$$\therefore G = \frac{1}{R} = \frac{t_2 - t_1}{n}$$

$$= \frac{t_2 - t_1}{3.322 \cdot (\lg x_2 - \lg x_1)} \dots \dots (5)$$

举例: 设大肠杆菌在接种时的细胞浓度为100个/毫升, 经过400分钟后, 细胞浓度增长到10亿个/毫升, 求大肠杆菌的世代时间。

解: t_1 为0时, $x_1 = 100 (10^2)$, t_2 为400时,

$x_2 = 10$ 亿 (10^9) ,

n (代数) $= 3.322 (\log 10^9 - \log 10^2)$

$$= 3.322 (9 - 2) = 23.3,$$

$$G \text{ (世代时间)} = \frac{t_2 - t_1}{n} = \frac{400 - 0}{23.3}$$

$$= 17.1 \text{ (分钟)}$$

不同菌种在一定条件下, 对数期的世代时间是稳定的, 有的菌种世代时间约为20—30分钟, 而另一些生长缓慢的菌约为几小时(表5-1), 但世代时间也受培养温度、培养基的pH以及营养物的性质等因素而影响。

表5-1 若干微生物的世代时间

微生物名称	培养基	世代时间(分)
大肠杆菌	牛奶	12.5
大肠杆菌	肉汤	17
枯草杆菌	葡萄糖肉汤	26—32
伤寒沙门氏菌	蛋白陈磷酸	37
霍乱弧菌	肉汤	21.2—38
大豆根瘤菌	葡萄糖	343.8—460.8
丙酮丁醇梭菌	玉米醪	60—90
梅毒密螺旋体	家兔试验	1980
啤酒酵母	—	120
小球藻	—	510

处于对数期中的微生物, 其个体的形态和生理特性比较一致, 代谢旺盛, 生长速度恒定, 是研究基本代谢的良好材料。将对数期的细菌作为种子, 往往延后期很短甚至可不出现, 这样可在短期内得到大量微生物, 缩短发酵期, 提高设备利用率, 所以对数期的微生物也是发酵生产的良好种子。

3. 恒定期

处于恒定期中的微生物, 群体中新繁殖的细胞与死亡的细胞数相等, 整个培养物中活细胞数达到动态平衡, 故生长速度又等于零。

恒定期的细菌开始积累贮存物质, 代谢产物逐渐增多, 大多数有芽孢的细菌开始形成芽孢, 这是发酵过程生成代谢产物的重要时期, 也是一些以获得菌体为目的的生产最适收获期。

恒定期到来的原因, 是由于养料的消耗, 有害代谢产物的累积以及离子、pH等物化条件失去平衡所致。

恒定期的微生物在数量上达到最高点, 即是产物积累高峰, 这时菌体的总产量与所消耗的营养物质间存在着一定关系, 这个关系称产量常数。

$$\text{即: } Y = \frac{\text{总生长量}}{\text{消耗营养物质的总量}}$$

根据这一原理, 可用适当的微生物对维生素、氨基酸或核苷酸等进行定量的生物测定。生产中也可以通过补料、调节酸碱度等措施使恒定期延长积累更多的代谢产物。

4. 衰亡期

衰亡期中, 细胞死亡的速度超过分裂速度, 在群体中活菌的数目急剧下降, 出现了“负生长”现象, 有的细胞开始自溶, 产生或释放一些产物, 例如: 氨基酸、转化酶、外肽酶、抗菌素等。少数个体可适应新环境或引起变异。如在显微镜下观察, 可看到长形, 膨大, 不规则或巨大的衰退型细胞。

以上所介绍的只是典型的生长曲线, 主要适合细菌、酵母等单细胞微生物。有关一些丝状微生物生长规律的研究还比较少, 据报道, 在相当于典型生长曲线中的对数期时, 它们菌体干重的立方根值与时间成线性关系。

(二) 生长曲线在生产实践中的应用

生长曲线对各种微生物制品的生产具有现实的指导意义。例如微生物发酵中常采用对数期的细胞作为种子, 以缩短延后期, 而有一类发酵是利用微生物细胞本身作为产物的, 因此当微生物生长达最高峰恒定期时也就是发酵完成的标志。将杀螟杆菌制成杀虫菌粉时, 要求得到大量的细菌芽孢和伴胞晶体。种子培养一般约9小时, 此时显微镜下看到的是个体形状整齐, 对染料着色力强, 细菌数目骤然大量增加, 表示已达对数期, 如无杂菌污染, 即可用以接种发酵罐, 细菌接

人发酵罐后培养 16—18 小时，如检查菌数不再增多，**稍有下降趋势**，显微镜下看到大部细菌已形成芽孢，**其中约 20% 左右的芽孢和伴胞晶体已开始散出**，表示**假定期即将转入衰亡期**，此时应立即进行收获。

又如**抗菌素发酵**是另一种类型。青霉素发酵过程有三个阶段：①**菌丝繁殖期**，此时应在培养基中加入 0.5—1.0% 葡萄糖以促进菌丝的生长繁殖并可缩短第一阶段占用的时间；②**青霉素分泌期**是在菌丝大量繁殖以后，具体措施是加强通气以促进乳糖及氨被迅速利用，促进青霉素大量合成；③**菌丝溶解期**，此时乳糖已将用完，菌丝衰老自溶使 pH 提升，青霉素浓度回落，故应及时而正确地判断第三阶段的到来及时进行收获。

在土霉素发酵过程中则采取定期补料，调节 pH，保持恒温，控制通气量等一系列措施，尽量创造延长恒定期的条件以利土霉素在菌丝中大量累积。当菌体开始自溶，土霉素单位不再上升时，即应及时收获。

二、环境因素对微生物生长的影响

营养物质是微生物生长的基本条件，但微生物周围的环境条件异常复杂，除去营养外，其他条件为温度、酸碱度、通气、渗透压等等，它们和营养条件一起，都在综合地影响着微生物的发育。因此，对这些环境因素也不应忽视。

(一) 温度

各种微生物生长所需温度的范围不同。从微生物这一总体来看，生长温度的范围可在 0—80℃ 之间。但按各类微生物生长最适温度区分，大致有三种类型，即高温、中温和低温三种。在每一类中又有最低生长温度，最适生长温度和最高生长温度之分(表 5-2)。

表 5-2 各类微生物生长的温度范围

类 型	最低温度	最适温度	最高温度
高 温 型	30℃	50—60℃	70—80℃
中 温 型	5℃	25—37℃	45—50℃
低 温 型	0℃	5—10℃	20—30℃

自然界数量最多，分布最广的是中温性微生物，存在于土壤或空气中大多数的微生物在 25—30℃ 温度范围内生长最快，寄生人体的病原菌则以 37℃ 最合适。高温性微生物多分布在堆肥及温泉等地，它们参与了高温条件下有机物的分解作用。低温性微生物常见于寒带、海洋及冷藏仓库中。冷藏食品的变质就是这类微生物活动的结果。

高温和低温对微生物的影响不同，高温能使蛋白质凝固变性，同时破坏了酶的活力，因而能杀死微生物。在生产实践中常利用高温进行灭菌。低温只能抑

制微生物生长而不能杀死。通常在 0—5℃ 温度下，微生物处于休眠状态，只能维持生命而不生长繁殖，因此常利用低温冰冻的方法来保藏菌种和疫苗，也可用冷藏法保藏新鲜食品，以防腐败。

微生物不同的生理活动对温度的反应不同，例如灰色链丝菌生长最适温度为 37℃，而产生抗菌素则以 28℃ 最宜。因此在生产实践中往往要求寻找微生物对生长及产生代谢产物的不同温度要求。

培养微生物，通常是在恒温箱或恒温室中进行，生产上往往是利用冷热水管的调节保持生长或发酵所需的温度。

(二) 酸碱值(pH 值)

在溶液中生成氢离子(H⁺)的物质是酸。氢离子的浓度决定溶液的酸度。我们以氢离子浓度的负对数叫酸碱值，以 pH 表示。酸碱值的范围从 1—14，pH = 7.0 时是中性，pH < 7 时是酸性，pH > 7 时是碱性。

各种微生物均有其最适宜的 pH 和能适应的 pH 范围，大多数细菌和放线菌的最适 pH 在 6.5—7.5 之间，pH 4.0—10.0 之间也可生长。少数细菌能够在很强的酸性或碱性环境中生活，如氧化硫杆菌可在 pH 1.5—2.0 的基质中生活，而硝化细菌有些菌株能在 pH 13 的环境中生活。大多数酵母和霉菌比较适于生活在酸性环境(pH 3—6)，其生存范围在 pH 1.5—10.0 之间。

氢离子浓度对微生物的生命活动有很大影响，首先氢离子浓度影响到原生质膜上的电荷，因而也就影响微生物对营养物质的吸收。其次，氢离子影响着各种酶的作用，因而影响着细胞内的代谢作用。例如酵母在酸性条件下发酵的产物是酒精，而在碱性条件(pH 7.6)下进行发酵时产物就是甘油。棒杆菌在中性或微碱性环境中发酵产物是谷氨酸。而在酸性条件下则产生 N-乙酰谷氨酰胺。

微生物在基质中生长，由于它们的代谢作用所引起的变化，能改变基质的氢离子浓度。例如乳酸细菌分解葡萄糖产生乳酸，增加了基质中氢离子浓度而使环境变酸，尿素细菌水解尿素后产氨，而使环境变碱。因此在培养微生物时，不仅在制备培养基时要调节 pH 值使适合微生物生长的要求，而且要考虑如何配制培养基以加强其缓冲作用。例如对一些产酸的细菌培养基中常加入 CaCO₃，使培养过程产出的酸随时可被 CaCO₃ 中和。另外，在生产过程中当 pH 下降到一定程度后，有时也采取流加氨水或尿素的方法，既能起到调节 pH 的作用，又可补充发酵时所需的氮源。

(三) 通气

前面已经讲过，不同微生物的呼吸方式不同，因而对氧的要求也不同。因此在培养微生物时，应当根

据不同微生物的特点,采取不同方式控制氧。

好气性微生物利用空气中分子氧进行有氧呼吸作用,所以在培养时应当设法满足它们对氧的需要。实验室中常将固体培养基制成斜面,制糖化曲或进行固体发酵时,一般是用曲盘或草帘培养,大量培养可采用在水泥池内进行通风培养(图4)。如果采用液体培养基,实验室中多采用振荡培养或浅盘培养的方法,大生产时则是通过发酵罐的通风搅拌装置而获得氧气(图5)。

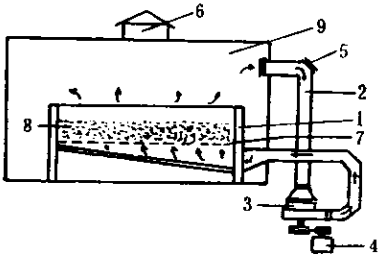


图4 通风制曲设备

- 1.曲箱; 2.风道; 3.鼓风机; 4.电动机; 5.新鲜风口; 6.天窗; 7.篦子; 8.培养曲料; 9.曲室。

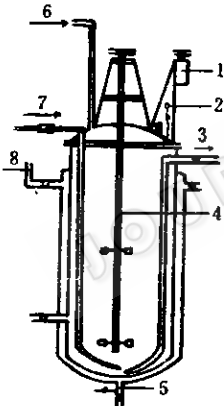


图5 发酵罐的结构

- 1.电动机; 2.压力表; 3.出气口; 4.搅拌器; 5.出料口; 6.进料口; 7.无氧空气入口; 8.冷热水阀门。

厌气性微生物进行无氧的呼吸作用。分子氧存在时,它们反而不能生长甚至中毒死亡,因此在培养厌气性微生物时还要采取各种手段将环境中的氧气除掉。实验室中往往采用真空培养,或在培养容器中加入焦性没食子酸吸去氧气(图6),或在斜面上部覆盖液体石蜡使与空气隔绝,或在培养基中添加还原性强的物质如肉块、肝块等方法。在大生产时,若是固体培养基则应压紧,或用无搅拌的发酵罐进行液体发酵。

兼性厌气微生物虽然在有氧或无氧时都可生活,

但代谢途径不同,产物因之也不一样。我们在进行谷氨酸发酵时可以看到,当通气量充足时产谷氨酸,当通气量不足时则产生乳酸或琥珀酸。因此应根据具体情况采用不同方法进行培养。

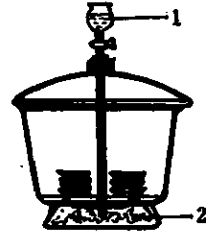


图6 厌气培养吸氧装置

- 1.氢氧化钠入口; 2.焦性没食子酸。

(四) 水分及空气湿度

水是微生物生存的必要条件,环境过于干燥,微生物就不能生长。不同微生物对干燥的抵抗力不同,一般没有荚膜,没有芽孢或孢子的微生物对环境的干燥比较敏感。细菌的芽孢或放线菌及霉菌的孢子耐旱力较强,在干燥环境中可以保持几十年。

空气湿度对微生物生命活动也有极大影响。空气湿度大,霉菌易于生长发酵。在制酒曲或酱曲时,霉菌在固体培养基上生长,工人师傅通过洒水或适时开窗通风来调节曲室内的湿度。南方气候潮湿,物品易于发霉,对谷物及纺织品的贮藏带来很大困难,降低这些物品周围空气的湿度,就可抑制或减弱附着其上微生物的活动。

溶液中的渗透压大小和水的可给性有密切关系。如果环境溶液中溶质浓度过高,溶液的渗透压很大,这时环境中的水对微生物失去可给性,形成生理干燥,因而失去生理活动的能力。人们广泛利用盐渍和蜜饯来保存食品就是利用了生理干燥的原理。

三、控制和杀死有害微生物生长的方法——消毒和灭菌

发酵工业经常需要将微生物进行纯种培养,生产的培养基、种子罐、发酵罐、空气过滤系统以及全部管道都必须进行彻底灭菌以杀死环境中的一切杂菌以防污染。食品工业也广泛应用消毒防腐和灭菌的各种方法来保存食品,防止腐败。有些工厂的管道常因长霉而损伤其品质,外科手术常因器皿带菌造成伤口感染,诸如此类,对于一切有害的微生物都要求采取有效的消毒和灭菌措施以杀死或抑制其生长。

消毒、灭菌和防腐是指不等程度的杀死或抑制有害微生物生长的各种措施。消毒是指杀死物品中的病原微生物防止感染的措施,但一般只能杀死营养体而不能杀死芽孢。灭菌是指杀死物体中所有微生物的菌

体及孢子，使其永久失去生命力的方法。而防腐只能暂时抑制微生物的生长。

常用消毒、灭菌和防腐方法可分物理的、化学的两类。

(一) 物理消毒灭菌法

1. 干热灭菌法：最简单的是灼烧法，利用火焰直接把微生物烧死。此法灭菌彻底迅速，但使用范围有限。适用于接种环、载玻片、试管口及不能使用的污染物品等等。一般的干热灭菌法是指在烘箱中 140—160℃ 维持 2 小时情况下利用热空气进行灭菌的方法，适用于玻璃器皿及金属用具灭菌。

2. 湿热灭菌法：在同样的温度下，湿热比干热的灭菌效果高，这是因为蒸汽穿透力大。另外，蛋白质的含水量越大，加热时越易凝固，这是湿热效果较高的另一个原因。

(1) 加压蒸汽灭菌法：此法是生产上最常用的一种灭菌方法。加压蒸汽锅是一个有夹层的密闭金属锅。灭菌时，在夹层中放水，依靠高温高压便可以达到灭菌的目的。通常灭菌的压力为 1 公斤/厘米²，温度约为 121℃，维持 20—30 分钟。砂土及容积较大的物品需要提高压力，延长灭菌时间。对容易被高温破坏的物质，应降低温度并延长时间。工厂生产中种子罐采用实罐灭菌法，体积较大的发酵罐常采用连续灭菌法进行灭菌。即培养基在较短时间内连续通过高温（130℃）管道，经喷淋冷却，再放入已灭菌的空发酵罐内。

表 5-3 蒸汽压力与蒸汽温度的关系

蒸汽压力 (大气压)	压力表读数		蒸汽温度	
	大气压/厘米 ²	磅/吋 ²	℃	°F
1.00	0.00	0.00	100.0	212
1.25	0.25	3.75	107.0	224
1.50	0.50	7.50	112.0	234
1.75	0.75	11.25	115.5	240
2.00	1.00	15.00	121.0	250
2.50	1.50	22.50	128.0	262
3.00	2.00	30.00	134.5	274

高压蒸汽灭菌是最有效的灭菌方法，但在使用中会对培养基带来一定的影响，应当注意。例如加热灭菌过程中，培养基的 pH 值有所下降(约下降 0.4 左右)，应在灭菌前将 pH 值调节略偏高。培养基中的淀粉、蔗糖、乳糖、琼脂等，在酸度较高的情况下，灭菌后会发生水解。培养基中的磷酸盐与葡萄糖蛋白胨一起灭菌时，易产生褐色的抑制微生物生长的物质，在这种情况下应降低灭菌的温度，延长灭菌的时间，或将糖类单独灭菌后再进行混合。一些天然培养基如肉汤、麦芽汁、酵母膏等，灭菌后，其中的大分子肽因加热而发生沉

淀和混浊，使用前应进行过滤后再行配制。

(2) 间歇灭菌法：此法是利用反复几次蒸煮而达到灭菌效果。蒸煮 30—60 分钟后，可杀死一般营养细胞，但不能杀死芽孢。第一次灭菌后在 25—30℃ 下培养一天，促使芽孢萌发成营养细胞，然后，再依上法蒸煮并培养一次，杀死残余的营养细胞，如此重复三次，使所有芽孢都萌发为营养细胞，以便通过间歇蒸煮，把它们全都杀死。在没有高压加热设备的工厂，农村中可用蒸笼进行间歇蒸汽灭菌。

(3) 低温消毒法：对牛奶、果酒、食醋等食品需要用低温消毒。此法是在 60℃ 情况下，加热 30 分钟，就可以杀死病原菌或细菌的营养细胞。

3. 过滤灭菌法：凡是因加热而改变性质的溶液，不能用加热法灭菌，都可用过滤灭菌法。常用的有不同孔径的醋酸纤维薄膜、石棉滤板或玻璃滤板的过滤器。

4. 紫外光灭菌法：紫外光灯放射出紫外线，波长在 2000—3000 Å 者具有杀菌作用，而波长在 2600 Å 左右者灭菌力最强。细菌细胞吸收紫外光后，蛋白质和核酸发生了变化而引起死亡。由于紫外光不能透过普通玻璃，因此，一般紫外光常用在杀死空气中的微生物，如在无菌室或无菌箱中用得较多。

(二) 化学消毒灭菌法

有许多化学物质能抑制或杀死微生物，根据它们的效应，可分消毒剂、灭菌剂和防腐剂。消毒剂只能毁灭引起感染疾病的微生物，而不一定毁灭所有的微生物及其孢子。在适当温度下能杀死孢子的消毒剂可作为灭菌剂。防腐剂则是指抑制微生物的生长和繁殖，而不一定能杀死它们的一些化学物质而言。一种化学物质在低浓度下起消毒作用，在较高浓度下可起杀菌作用，而在更低浓度下则起防腐作用，因此消毒、灭菌和防腐并无本质区别。

化学药物对微生物所起的毒害作用有以下几个方面：

1. 摧毁和破坏细胞结构。酚改变细胞质膜的透性，乙醇能使细胞内的蛋白质酶凝固，染料能和染色体及核酸结合。

2. 干扰能量代谢，如汞、银、铜等重金属能抑制酶的作用，一氧化碳和氰化物能使呼吸酶的作用失活。因而使呼吸及发酵无法进行。

3. 干扰细胞物质的生物合成，如叶酸类似物阻止叶酸的合成，氨基酸类似物阻止正常蛋白质合成，6-巯基嘌呤阻止嘌呤嘧啶的生物合成，这些物质称为代谢拮抗物。

用作杀死和抑制微生物的化学药剂有各种有机化合物，无机化合物，染料及去污剂等等，它们常用的浓度及用途总结如下表(表 5-4)：

表 5-4 常用化学抑制剂及杀菌剂

类 别	代 表	常用浓度	作用方式	用途及用法
表面活性剂	1.肥皂 2.新洁尔灭	原液为 5% 季胺盐, 用时 稀释 50 倍	破坏细胞膜的渗透性	皮肤及器皿消毒
酸 类	3.乳酸 4.食醋	80% 乳酸用 1 毫升/立方米 3—5 毫升/立方米	与细胞原生质结合	熏蒸消毒空气, 对病毒有效
碱 类	5.烧碱 (NaOH) 6.石灰水 (Ca(OH) ₂)	1—3% 溶液	水解蛋白质及核酸, 破坏 细胞结构及酶活性	病毒性传染病的消毒、粪便 消毒、鸡舍畜舍消毒
酚 类	7.酚(石炭酸) 8.来苏儿(煤酚皂溶液)	3—5% 溶液 2—5%	破坏细胞膜, 蛋白质变性	无菌室喷雾消毒或器皿消毒, 1—2% 来苏儿用于手的消毒, 但酚对皮肤有强腐蚀性
醛 类	9.甲醛	原液为 38—40%, 用 2 毫升/立方米	还原作用, 与蛋白质氨基 结合使之变性	熏蒸消毒空气, 杀死好气性 细菌及霉菌孢子
醇 类	10.乙醇	70—75%	抑制细菌, 使蛋白质凝固 及变性	皮肤消毒, 杀死营养细胞, 对 芽孢及孢子无效
氧化剂	11.高锰酸钾 12.过氧化氢 13.漂白粉	0.1% 3% 2—5%	蛋白质及酶氧化变性	粘膜、水果及器皿消毒, 应随 用随配 漂白粉用于饮水及粪便消毒 对噬菌体消毒有效
卤 素	14.碘 15.氯	1% 碘酒 0.2—0.5 ppm	抑制对氧化敏感的酶类, 杀死芽孢及一般真菌	碘酒是良好的皮肤消毒剂, 氯用于饮水及游泳池消毒
染料	16.龙胆紫	2—4% 水溶液	与细菌表面阴电荷结合, 干扰其正常代谢	浅表创伤的消毒抑菌