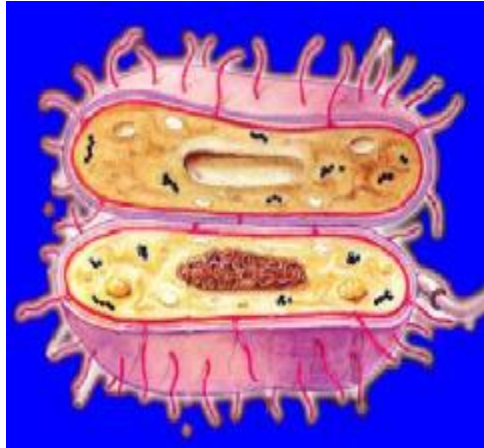


第二章 原核微生物的形态结构与功能

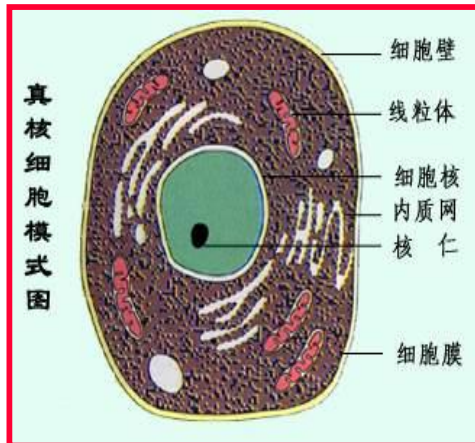
Ä 第一节 细菌

Ä 第二节 放线菌

原核细胞和真核细胞的区别



原核细胞



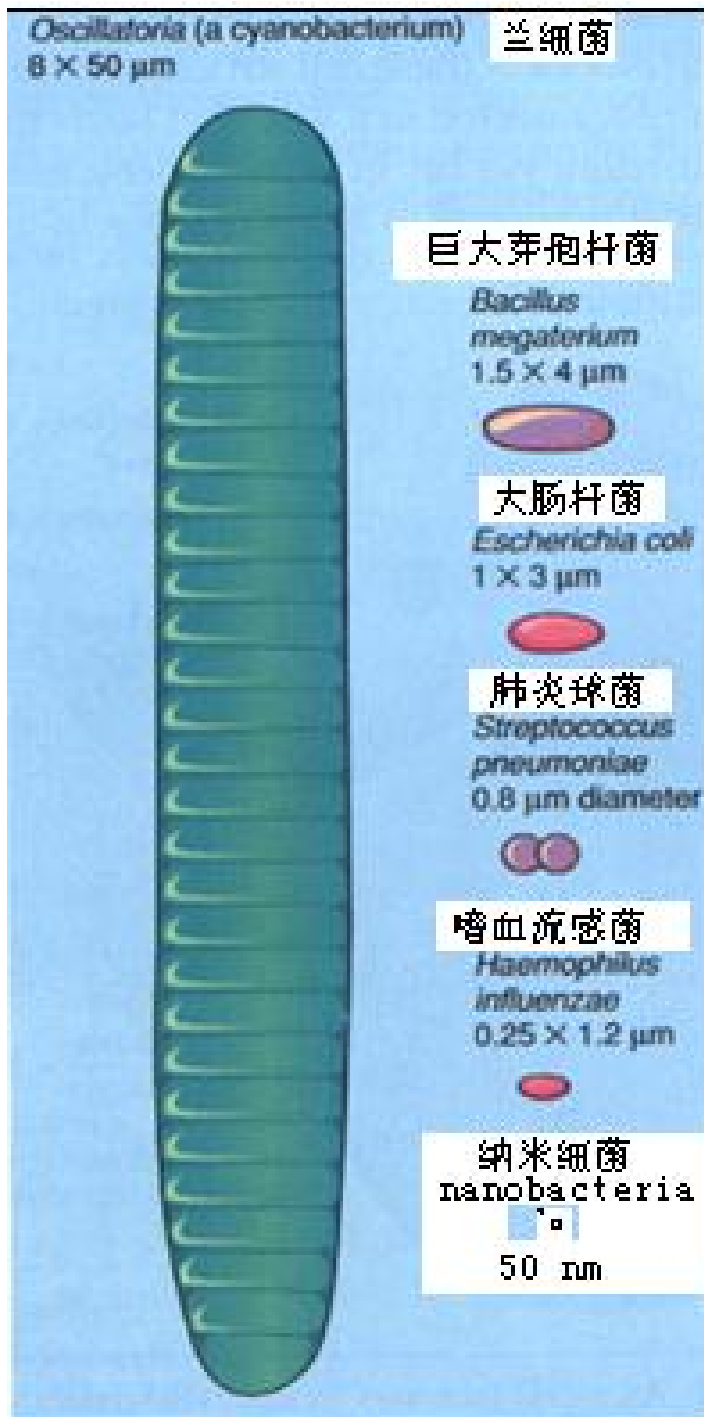
真核细胞

	原核细胞	真核细胞
细胞核	有明显核区， 无核膜、核仁	有核膜，核仁
细胞器	无线粒体，能量代谢和许多物质代谢在质膜上进行	有线粒体，能量代谢和许多合成代谢在线粒体中进行
核糖体	分布在细胞质中，沉降系数为70S	分布在内质网膜上，沉降系数为80S

原核微生物与真核微生物区别

特征	原核微生物	真核微生物
核 核膜 核仁	拟核 — —	完整的核 + +
核糖体	70S, 在细胞质中	80S, 胞质中; 70S, 胞器中
繁殖方式	多数二分裂无性	有性或无性
有性生殖	通常没有或有	+
中体	+	—
细胞器	—	线粒体、高尔基体、叶绿体、内质网等
细胞膜中甾醇	— (除极个别外)	+
呼吸链位置	细胞膜	线粒体
与氧的关系	好氧、兼性好氧、厌氧	好氧、少数兼性厌氧
细胞壁组成	肽聚糖	几丁质或纤维素
运动器官	较细的鞭毛 (中空管状结构)	较粗的鞭毛 (9+2结构)
细胞大小	较小 (0.25~10 μ m)	较大 (10~100 μ m)

原核微生物细胞大小比较



第一节 细菌

细菌（**Bacteria**）是一类个体微小、具有细胞壁的单细胞原核微生物

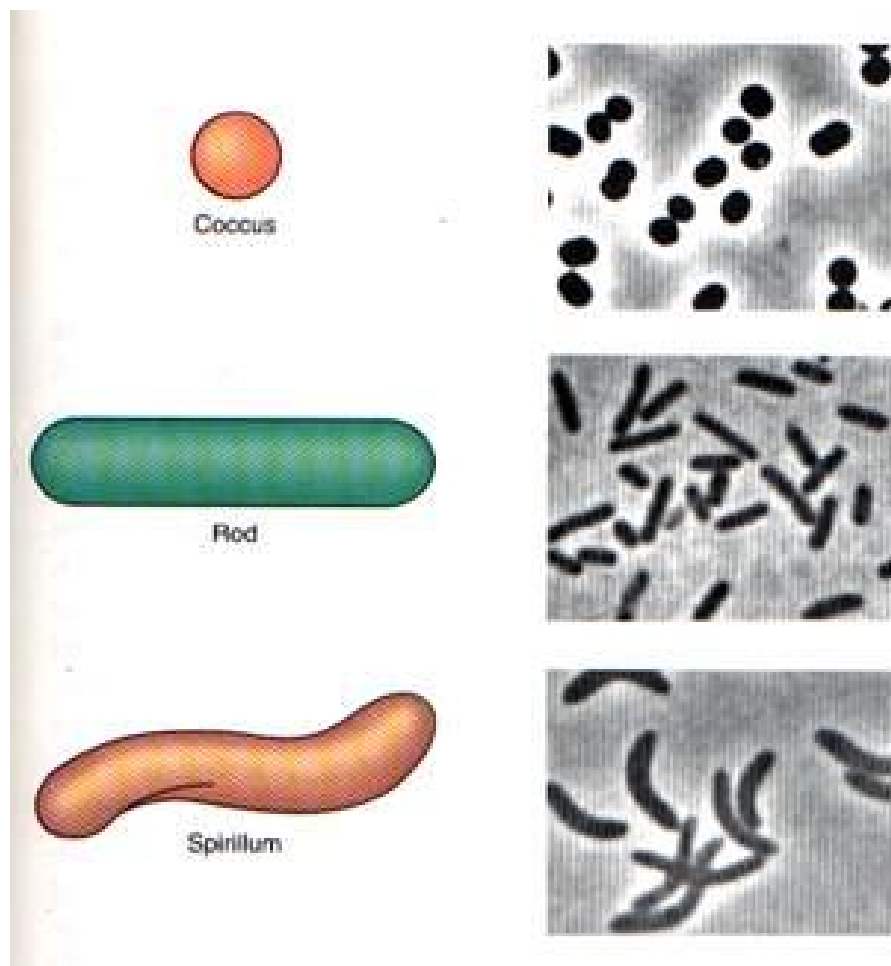
一、细菌的个体形态

基本形态

球状

杆状

螺旋状

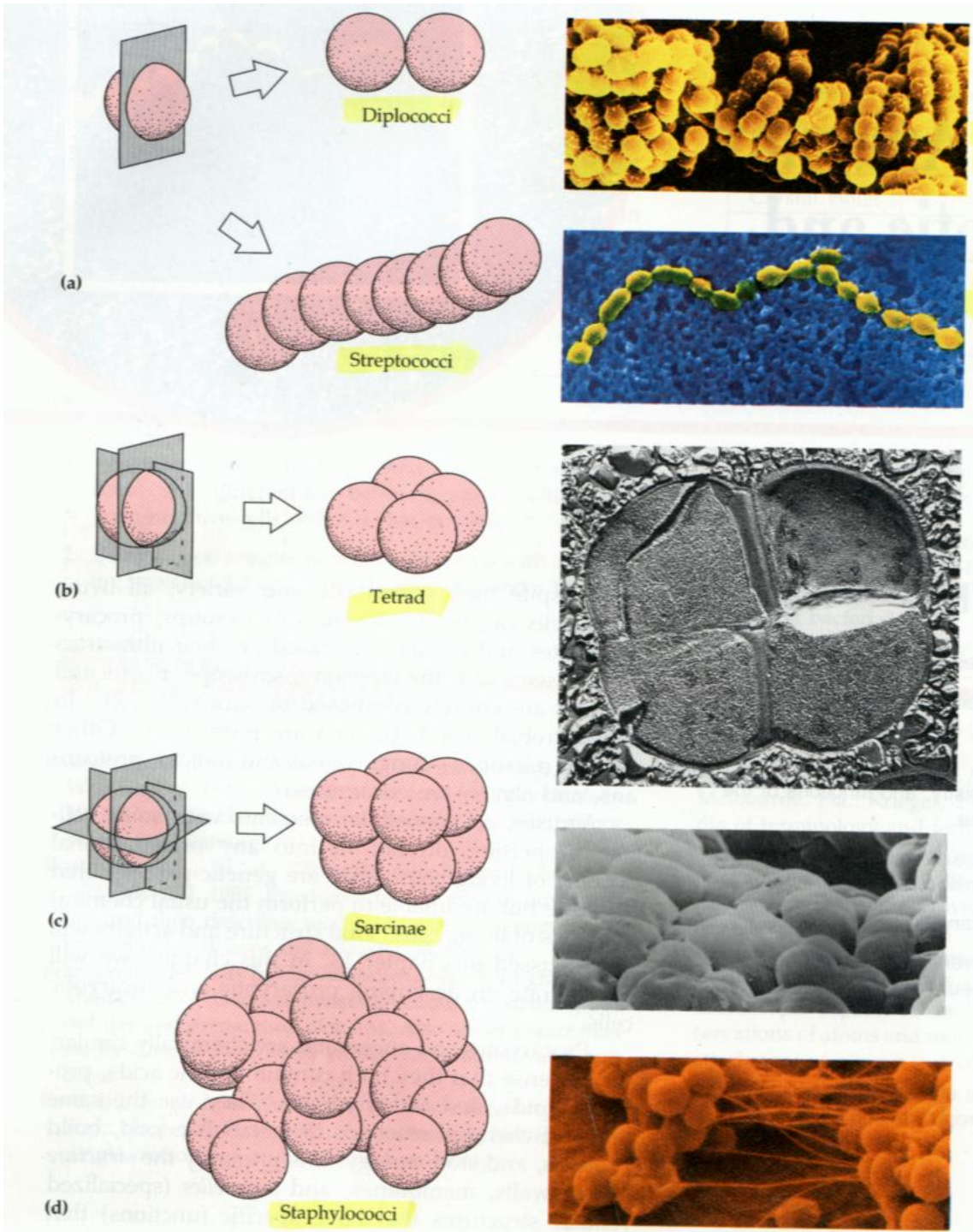


一、细菌的个体形态

1、球菌（Coccus）

细胞个体呈球形或椭圆形，不同种的球菌在细胞分裂时会形成不同的空间排列方式，常被作为分类依据。

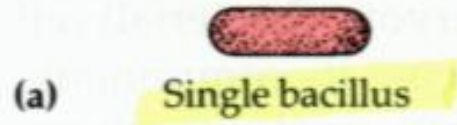
- (1) 单球菌 如尿素微球菌 (*Micrococcus ureae*) 。
- (2) 双球菌 如肺炎双球菌 (*Diplococcus pneumoniae*) 。
- (3) 链球菌 如乳链球菌 (*Streptococcus lactis*) 。
- (4) 四链球菌 如四链微球菌 (*Micrococcus tetragehus*) 。
- (5) 八叠球菌 如尿素八叠球菌 (*Sarcina ureae*) 。
- (6) 葡萄球菌 如金黄色葡萄球菌 (*Staphylococcus aureus*) 。



一、细菌的个体形态

2、杆菌（**Bacillus**）

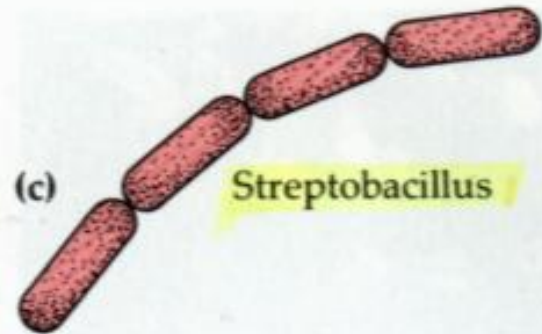
细胞呈杆状或圆柱形，一般其粗细（直径）比较稳定，而长度则常因培养时间、培养条件不同而有较大变化。



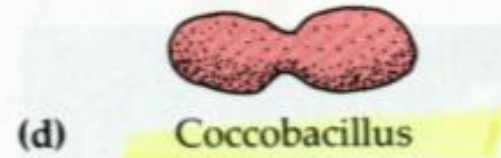
(a) Single bacillus



(b) Diplobacillus



(c) Streptobacillus



(d) Coccobacillus

一、细菌的个体形态

3、螺旋菌（Spirilla）

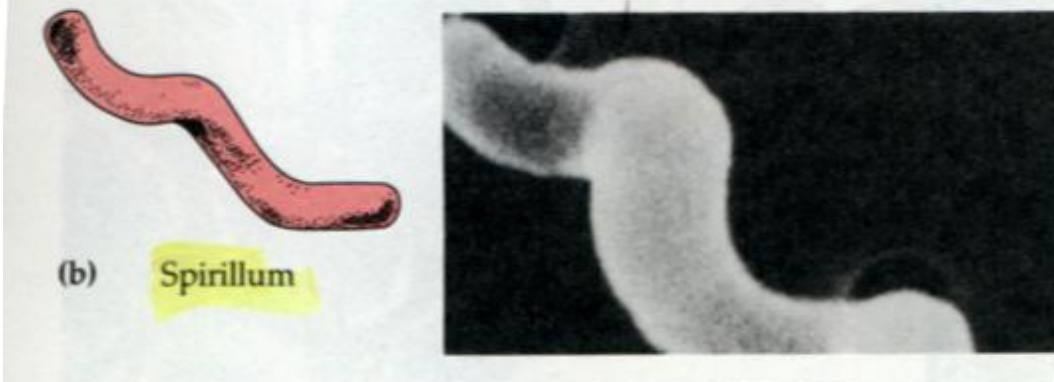
弧菌

螺菌

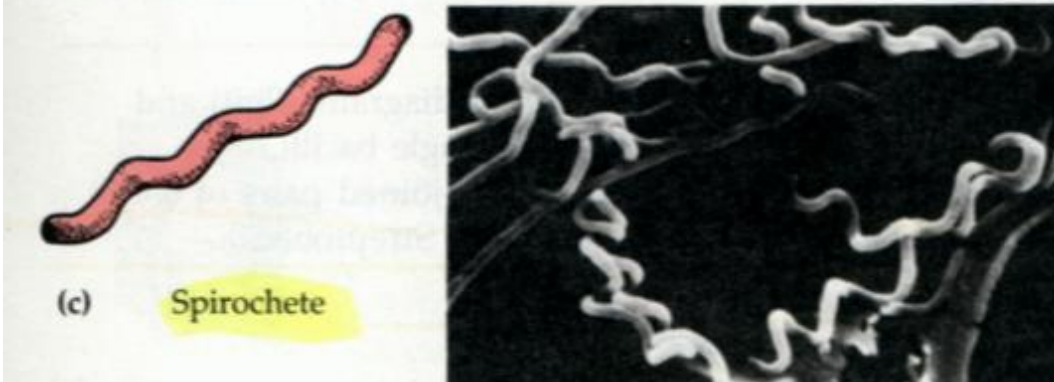
螺旋体



弧菌 (*Vibrio cholerae*, × 4800)



螺菌 (*Campylobacter jejuni*, × 17000)

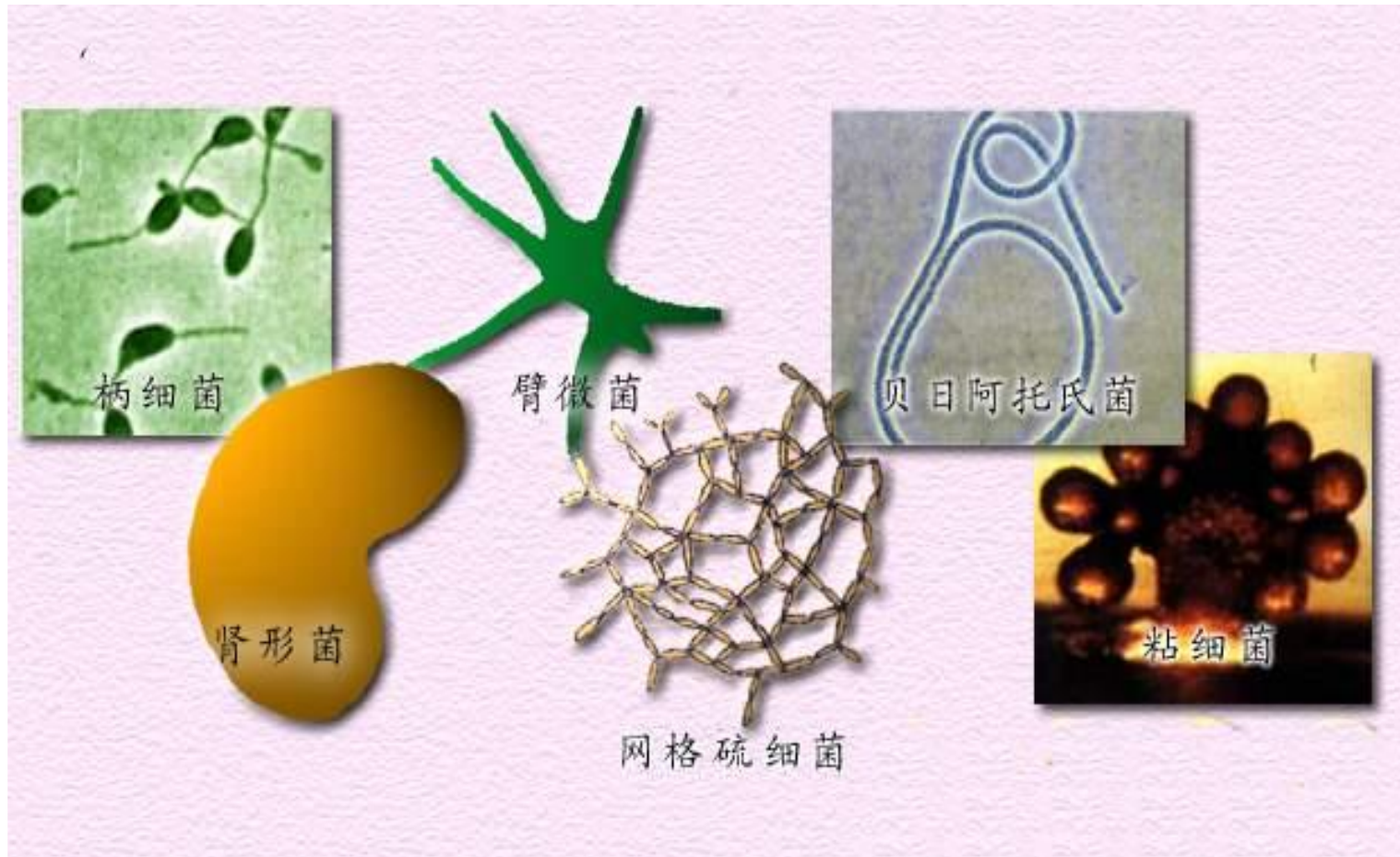


螺旋体 (*Treponema*, × 4000)

4、细菌的特殊形态

柄细菌、肾形菌、臂微菌、网格硫细菌、贝日阿托氏菌(丝状)、具有子实体的粘细菌、三角形、方形等特殊形态的细菌。

细菌的特殊形态



二、 细菌的个体大小

细菌大小的测定:

(1)测量: 测微尺

(2)长度单位: 微米(μm)

(3)表示:

球菌: 直径

杆菌: 宽 \times 长

螺菌: 宽、长、螺距

菌 名	直径或宽 × 长度 (mm)
乳链球菌 (<i>Streptococcus lactis</i>)	0.5-1
酿脓链球菌 (<i>Streptococcus pyogenes</i>)	0.6-1
金黄色葡萄球菌 (<i>Staphylococcus aureus</i>)	0.8-1
最大八叠球菌 (<i>Sarcina maxima</i>)	4-4.5
旋动泡硫菌 (<i>Thiophysa volutans</i>)	7-8
大肠杆菌 (<i>Escherichia coli</i>)	0.5 x 1 - 3
普通变形杆菌 (<i>Proteus vulgaris</i>)	0.5 - 1 x 1 - 3
伤寒沙门氏菌 (<i>Salmonella typhi</i>)	0.6 - 0.7 x 2 - 3
嗜酸乳细菌 (<i>Lactobacterium acidophilus</i>)	0.6 - 0.9 x 1.5 - 6
枯草芽孢杆菌 (<i>Bacillus subtilis</i>)	0.8 - 1.2 x 1.2 - 3
炭疽芽孢杆菌 (<i>Bacillus anthracis</i>)	1 - 1.5 x 4 - 8
土拉巴斯德氏菌 (<i>Pasteurella tularensis</i>)	0.2 x 0.7 - 0.7
德氏乳细菌 (<i>Lactobacterium delbruckii</i>)	0.4 - 0.7 x 2.8 - 7
霍乱弧菌 (<i>Vibrio cholerae</i>)	0.3 - 0.6 x 1 - 3
迂回螺菌 (<i>Spirillum volutans</i>)	1.5 - 2 × 10 - 20

细菌大小测量结果的影响因素

个体差异；

干燥、固定后的菌体会一般由于脱水而比活菌体缩短1/3-1/4；

染色方法的影响，一般用负染色法观察的菌体较大；

幼龄细菌一般比成熟的或老龄的细菌大；

环境条件，如培养基中渗透压的改变也会导致细胞大小的变化。

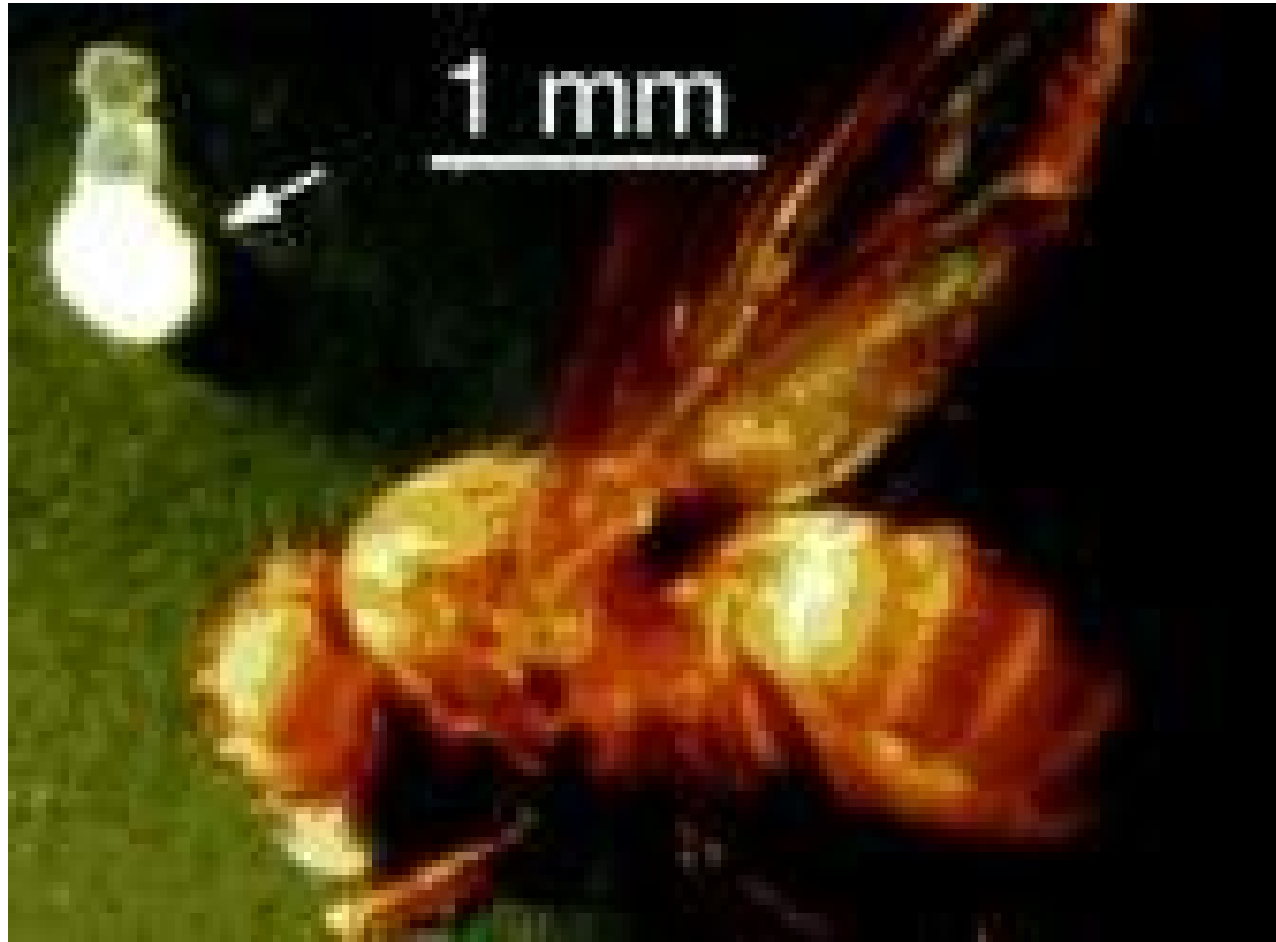
**细菌细胞的重量约为 $1 \times 10^{-9} \sim 1 \times 10^{-10}$ mg，
即每克细菌约含1~10万亿个菌体细胞**

最大和最小细菌的个体大小悬殊

(*Thiomargarita namibiensis*) (0.75mm) 肉眼可见

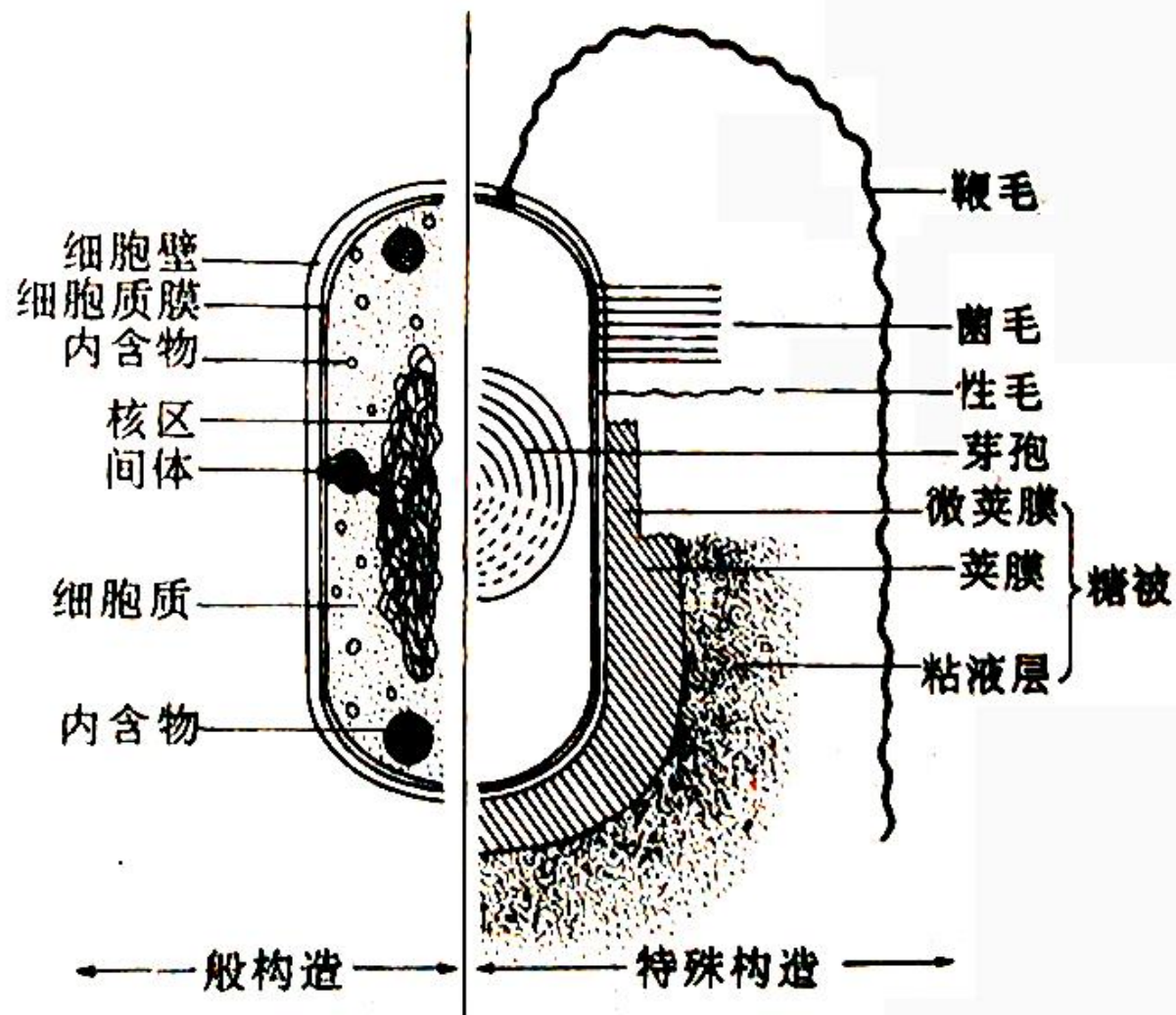


(nanobacteria) (50 nm) 与无细胞结构的病毒相仿



德国科学家H. N. Schulz等1999年在纳米比亚海岸的海底沉积物中发现的一种硫磺细菌（sulfur bacterium），其大小可达0.75 mm，*Thiomargarita namibiensis*，-----“纳米比亚硫磺珍珠”

三、细菌的细胞结构与功能



细菌细胞构造模式图

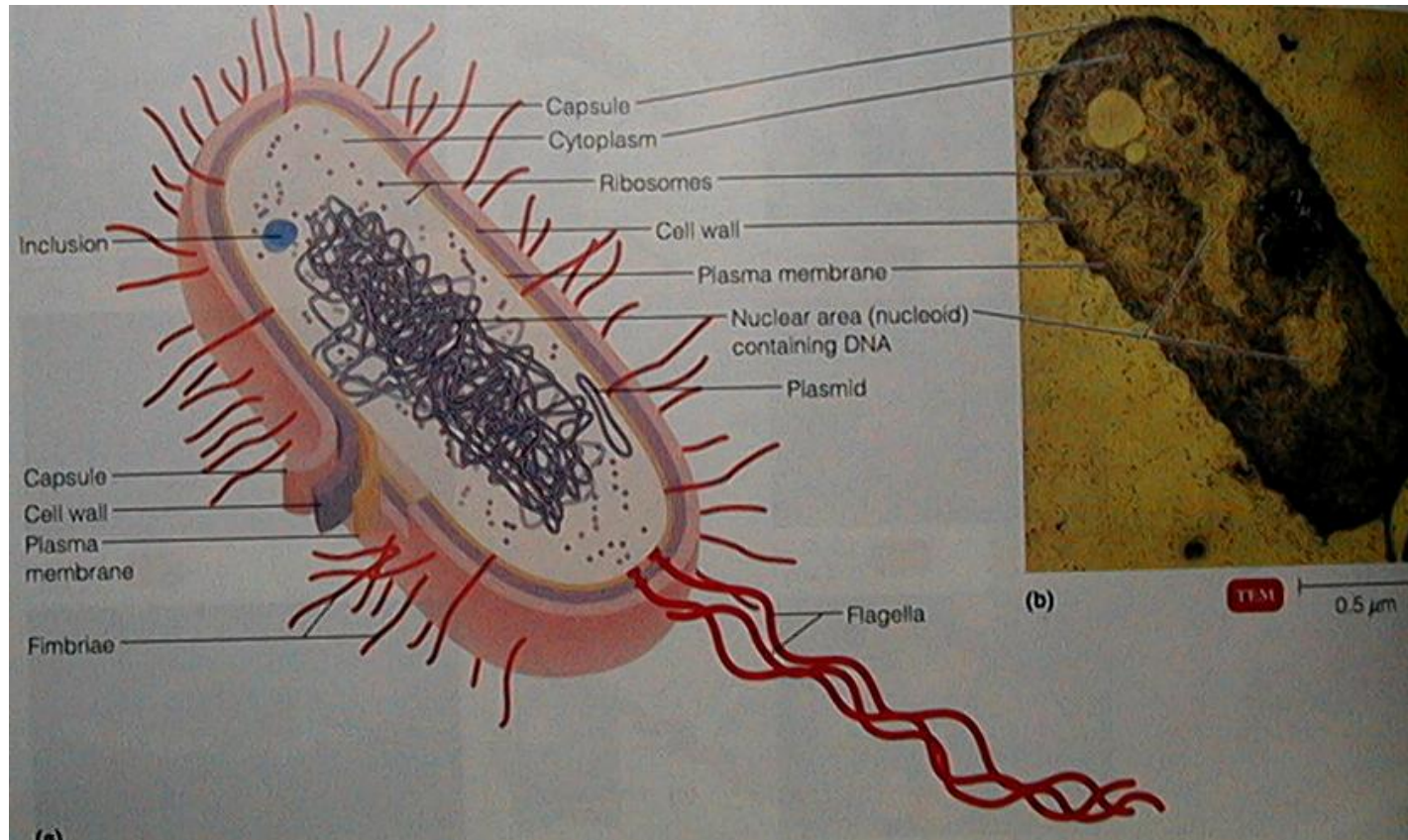
一般构造：一般细菌都有的构造

特殊构造：部分细菌具有的或一般细菌在特殊环境下才有的构造

(一) 细菌细胞的基本结构

1、细胞壁

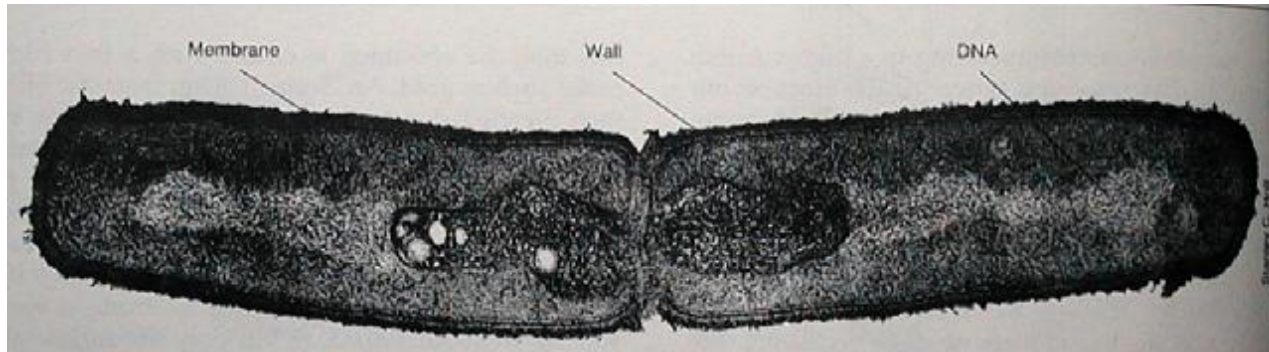
细胞壁 (cell wall) 是位于细胞表面，内侧紧贴细胞膜的一层较为坚韧，略具弹性的细胞结构。



1、细胞壁

(1) 证实细胞壁存在的方法:

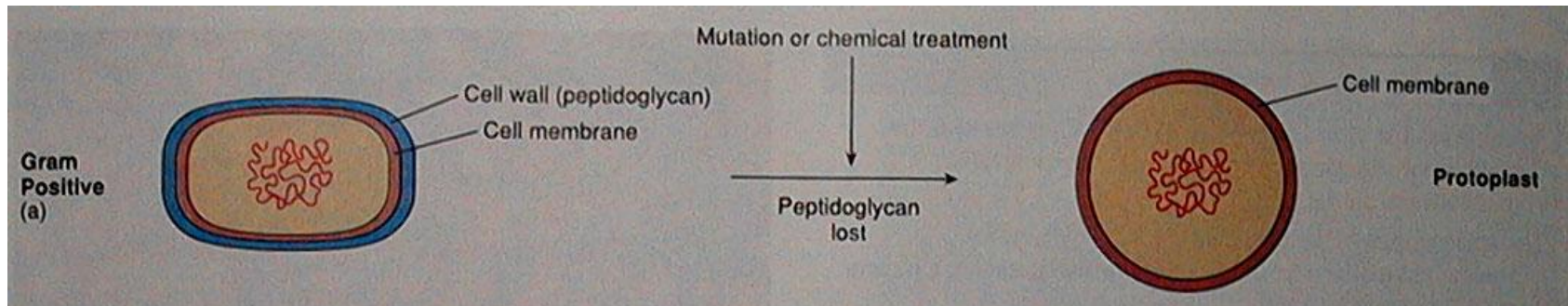
1) 细菌超薄切片的电镜直接观察;



2) 质、壁分离与适当的染色，可以在光学显微镜下看到细胞壁;

3) 机械法破裂细胞后，分离得到纯的细胞壁;

4) 制备原生质体，观察细胞形态的变化;



1、细胞壁

(2) 细胞壁的功能：

- 1) 固定细胞外形和提高机械强度；
- 2) 为细胞的生长、分裂和鞭毛运动所必需；
- 3) 阻拦有害物质进入细胞；
- 4) 细菌特定的抗原性、致病性以及对抗生素和噬菌体的敏感性的物质基础；

(3) 细胞壁的化学组成与结构

1) 革兰氏染色

Christian.Gram（革兰）于1884年发明的一种鉴别不同类型细菌的染色方法。



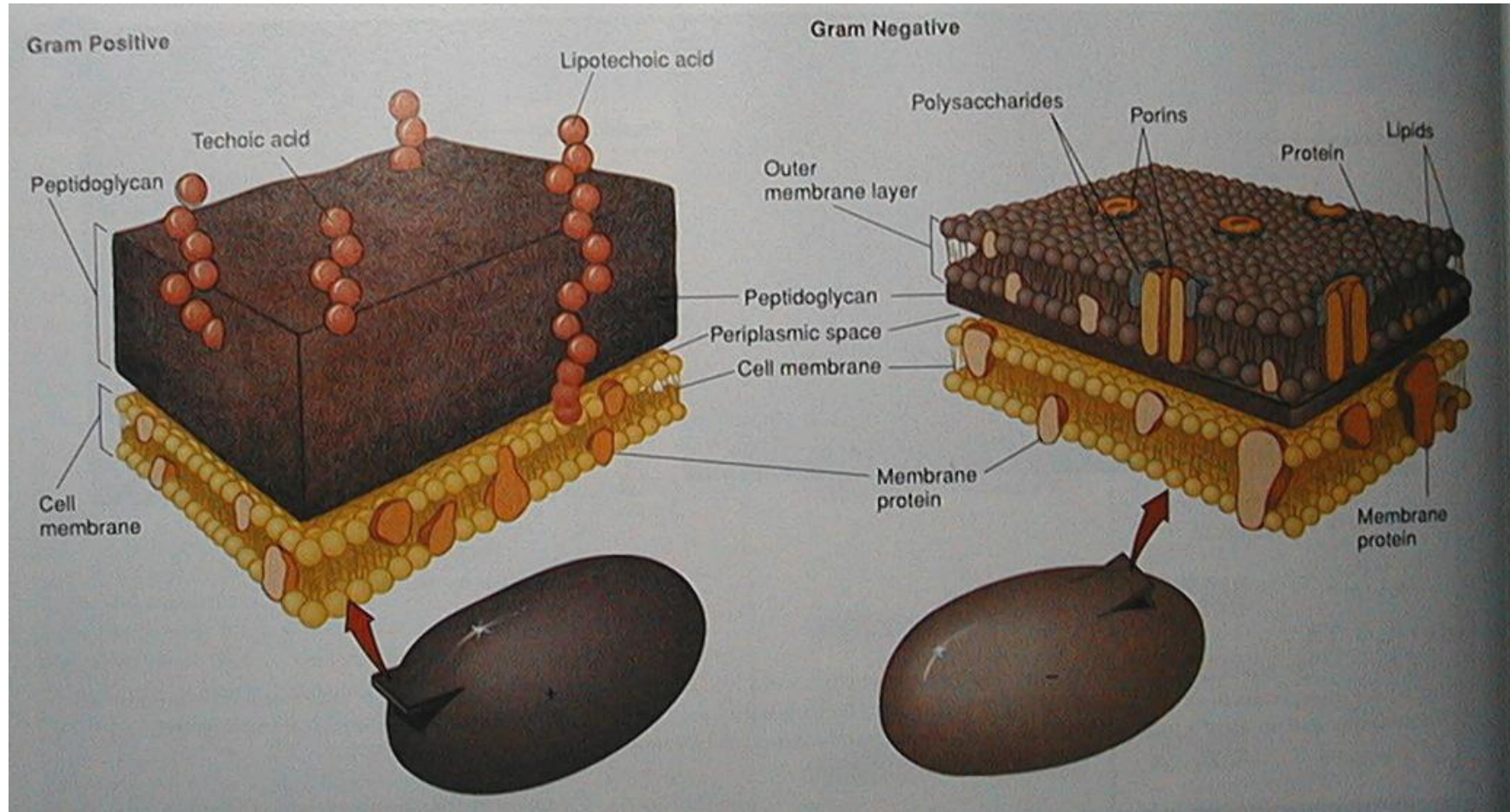
(3) 细胞壁的化学组成与结构

1) 革兰氏染色

革兰氏阳性和阴性细菌细胞壁成分的比较

成分	占细胞壁干重的%	
	革兰氏阳性细菌	革兰氏阴性细菌
肽聚糖	含量很高 (30~95)	含量很低 (5~20)
磷壁酸	含量较高 (<50)	无
类脂质	一般无 (<2)	含量较高 (~20)
蛋白质	无	含量较高

革兰氏阳性细菌与革兰氏阴性细菌细胞壁模式图



(3) 细胞壁的化学组成与结构

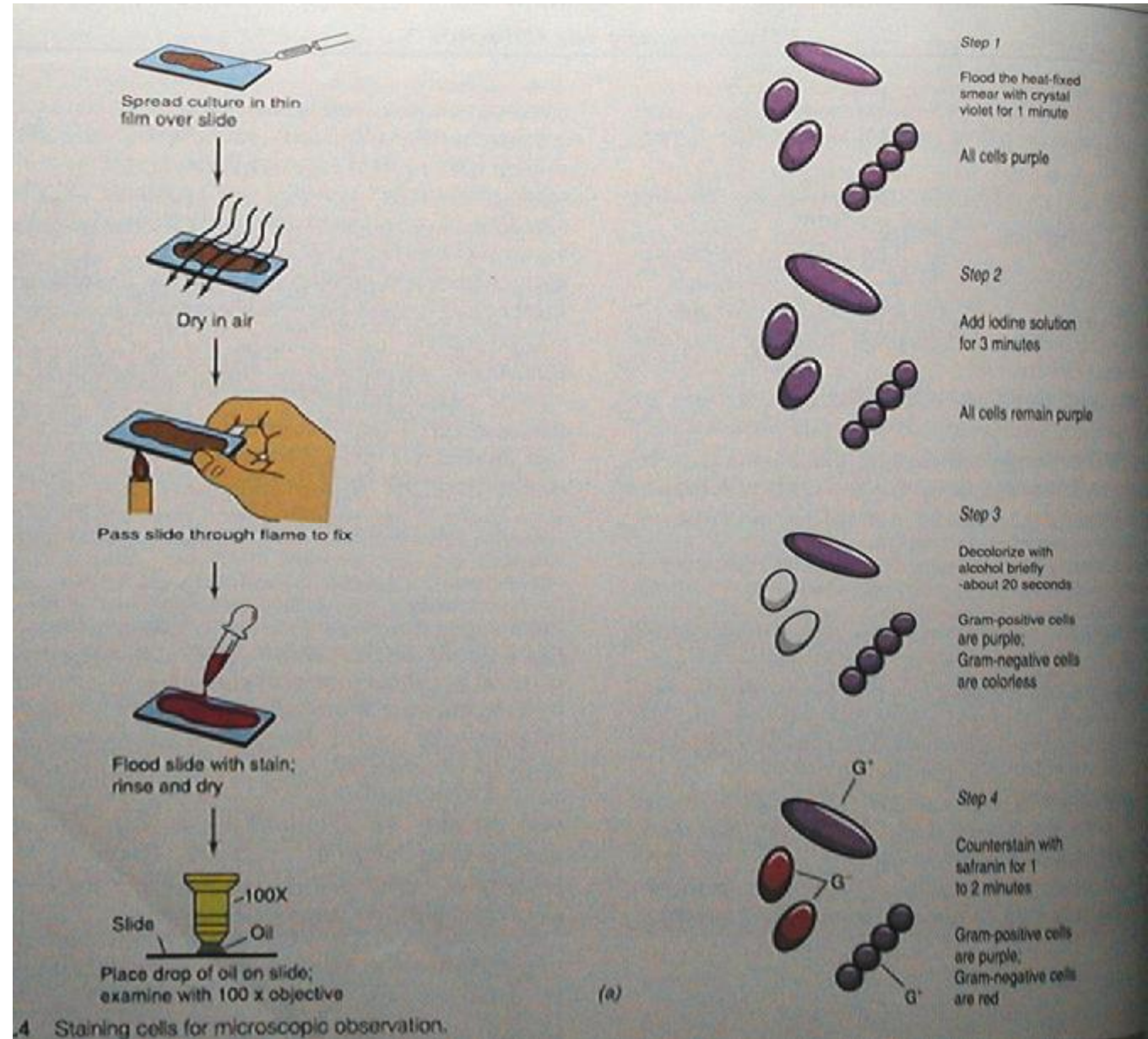
1) 革兰氏染色

1、结晶紫初染

2、碘溶液媒染

3、乙醇脱色

4、沙黄复染

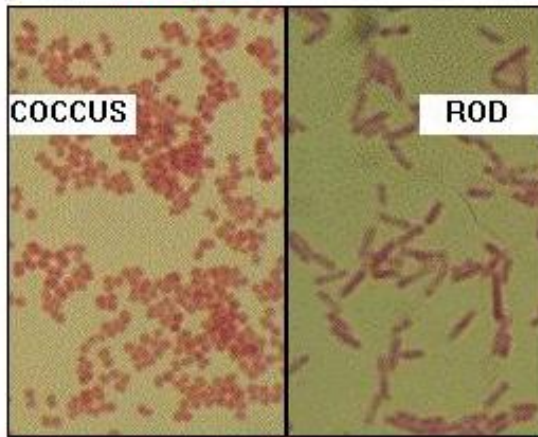


(3) 细胞壁的化学组成与结构

1) 革兰氏染色

Gram Stain Categories

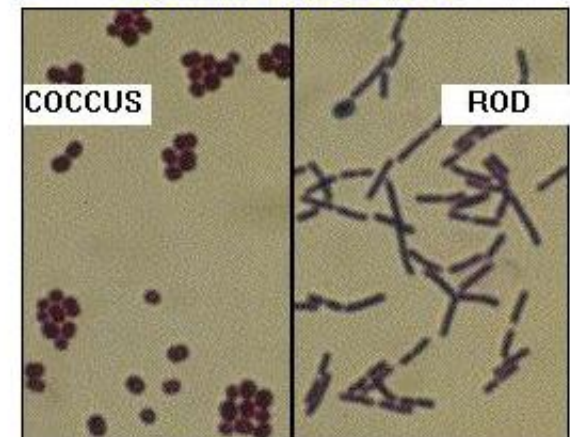
GRAM



Gram Negative
Stain Red

Gram Stain Categories

GRAM POSITIVE



Gram Positive
Stain Blue

(3) 细胞壁的化学组成与结构

2) 革兰氏阳性细菌的细胞壁

特点：厚度大（20~80nm）

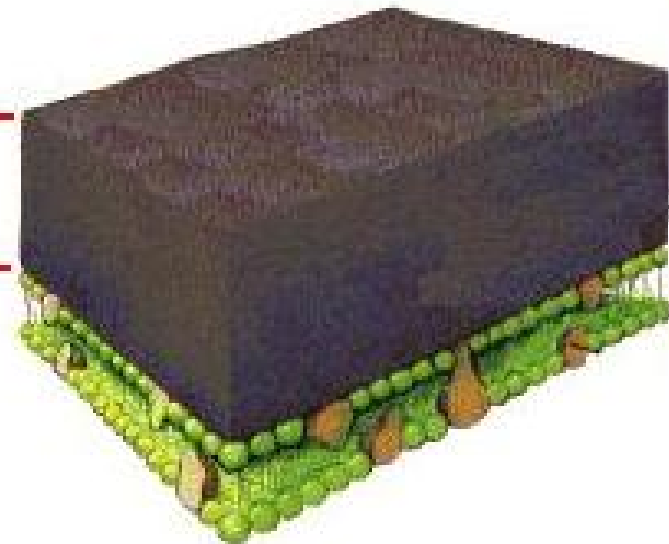
化学组分简单，一般只含90%肽聚糖和10%磷壁酸。

Gram Positive Cell Wall

Peptidoglycan

The major characteristic of the Gram positive cell wall is the depth of the peptidoglycan layer.

It may weigh up to 50% or more of the dry weight of the cell.

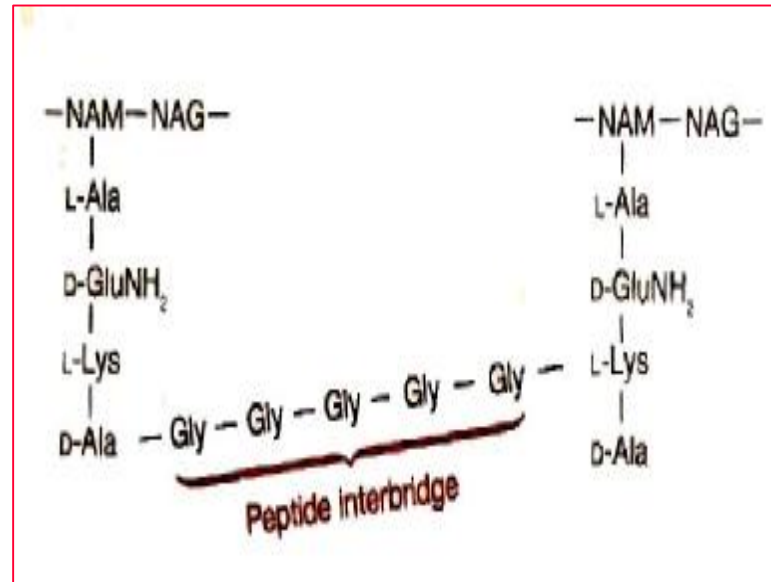


(3) 细胞壁的化学组成与结构

2) 革兰氏阳性细菌的细胞壁

A、肽聚糖

厚约20~80nm，由40层左右的网格状分子交织成的网套覆盖在整个细胞上。



革兰氏阳性细菌肽聚糖单体

(3) 细胞壁的化学组成与结构

2) 革兰氏阳性细菌的细胞壁

A、肽聚糖

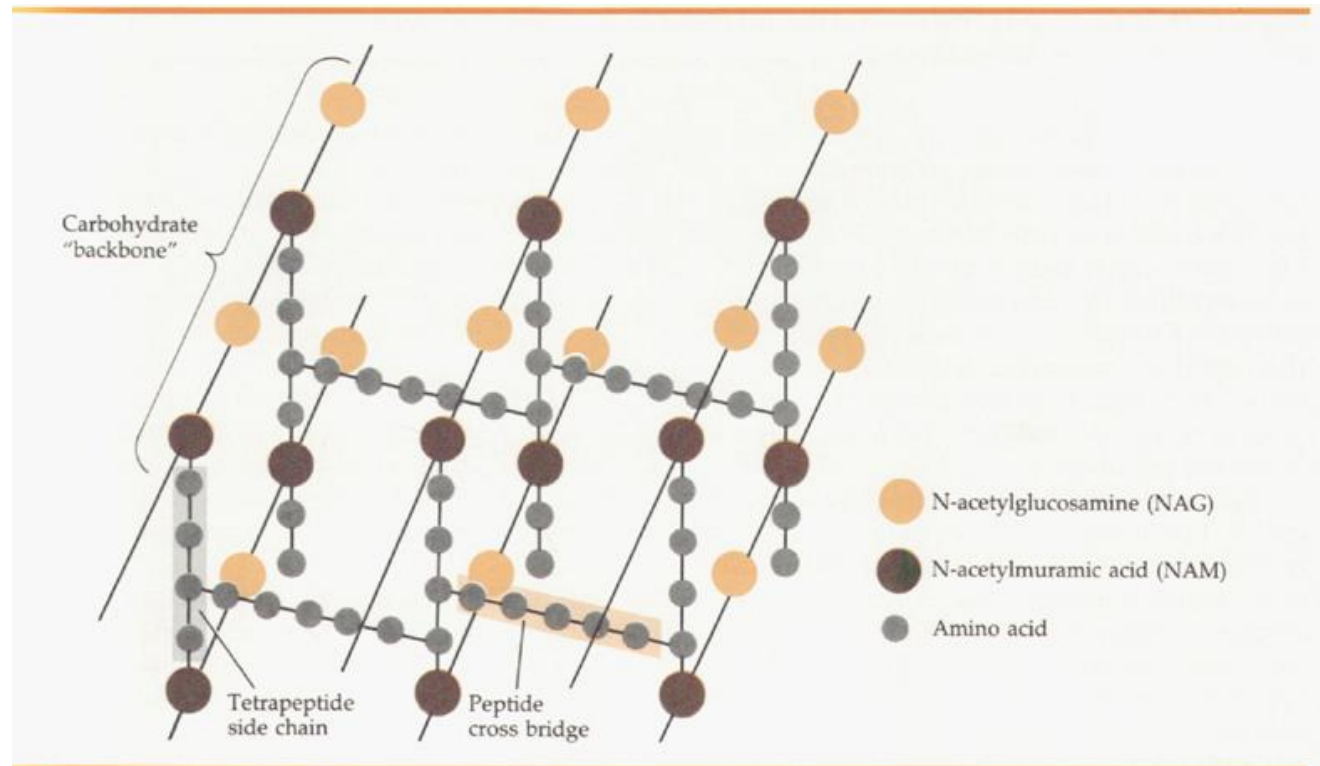


Figure 4-10 Chemical structure and organization of peptidoglycan of the bacterial cell wall. The frequency of peptide cross bridges and the number of amino acids in these bridges varies with the species of bacterium. In addition to the bridges between chains in each peptidoglycan sheet, there are bridges between different sheets. Thus, the peptidoglycan macromolecule might be quite thick.

肽聚糖网格状结构

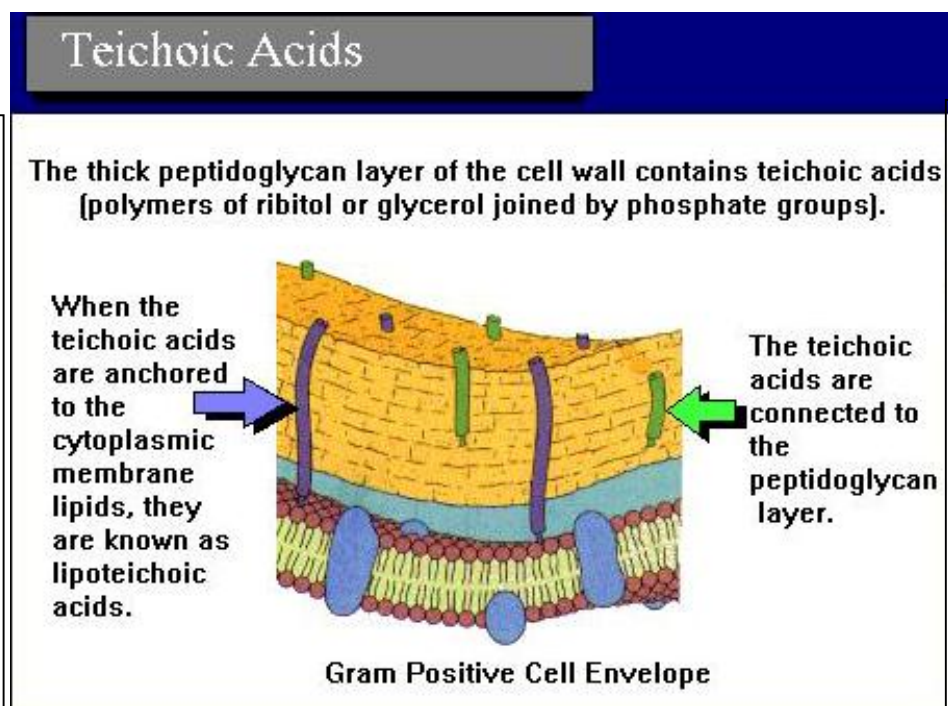
(3) 细胞壁的化学组成与结构

2) 革兰氏阳性细菌的细胞壁

B、磷壁酸

革兰氏阳性细菌细胞壁上特有的化学成分，主要成分为甘油磷酸或核糖醇磷酸。

跨越肽聚糖层并与细胞膜相交联的**膜磷壁酸**（又称**脂磷壁酸**），由甘油磷酸链分子与细胞膜上的磷脂进行共价结合后形成。

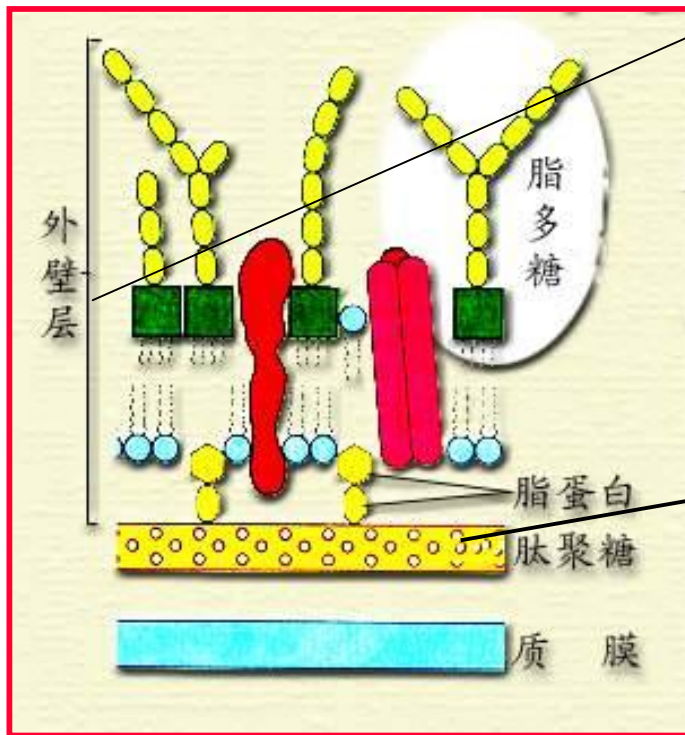


壁磷壁酸，它与肽聚糖分子间进行共价结合，含量会随培养基成分而改变，一般占细胞壁重量的10%，有时可接近50%。用稀酸或稀碱可以提取。

(3) 细胞壁的化学组成与结构

3) 革兰氏阴性细菌的细胞壁

革兰氏阴性菌细胞壁分内壁层和外壁层。



外壁层: 位于肽聚糖层的外部。

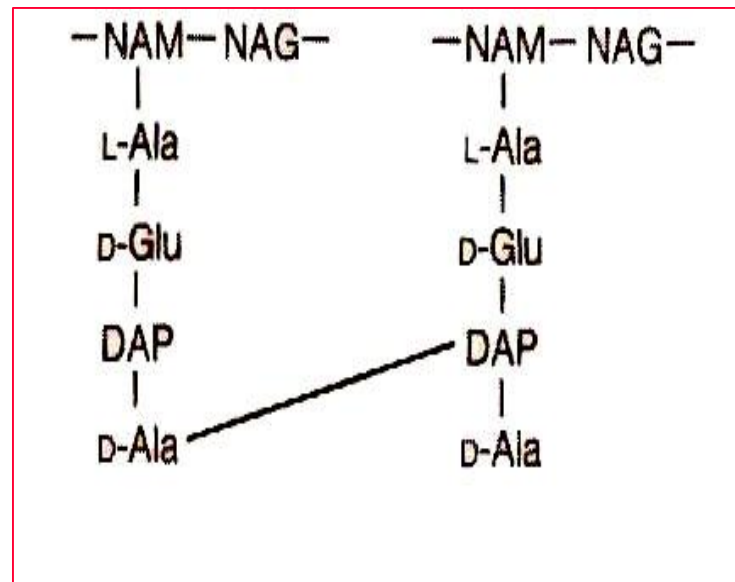
包括: { 脂多糖;
蛋白质层: { 脂蛋白、
基质蛋白、
外壁蛋白;
磷脂。

内壁层: 紧贴胞膜, 仅由1—2层肽聚糖分子构成, 占细胞壁干重5—10%, 无磷壁酸。

(3) 细胞壁的化学组成与结构

3) 革兰氏阴性细菌的细胞壁

A、肽聚糖 埋藏在外膜层之内，是仅由1~2层肽聚糖网状分子组成的薄层(2~3nm)，含量约占细胞壁总重的10%，故对机械强度的抵抗力较革兰氏阳性菌弱。

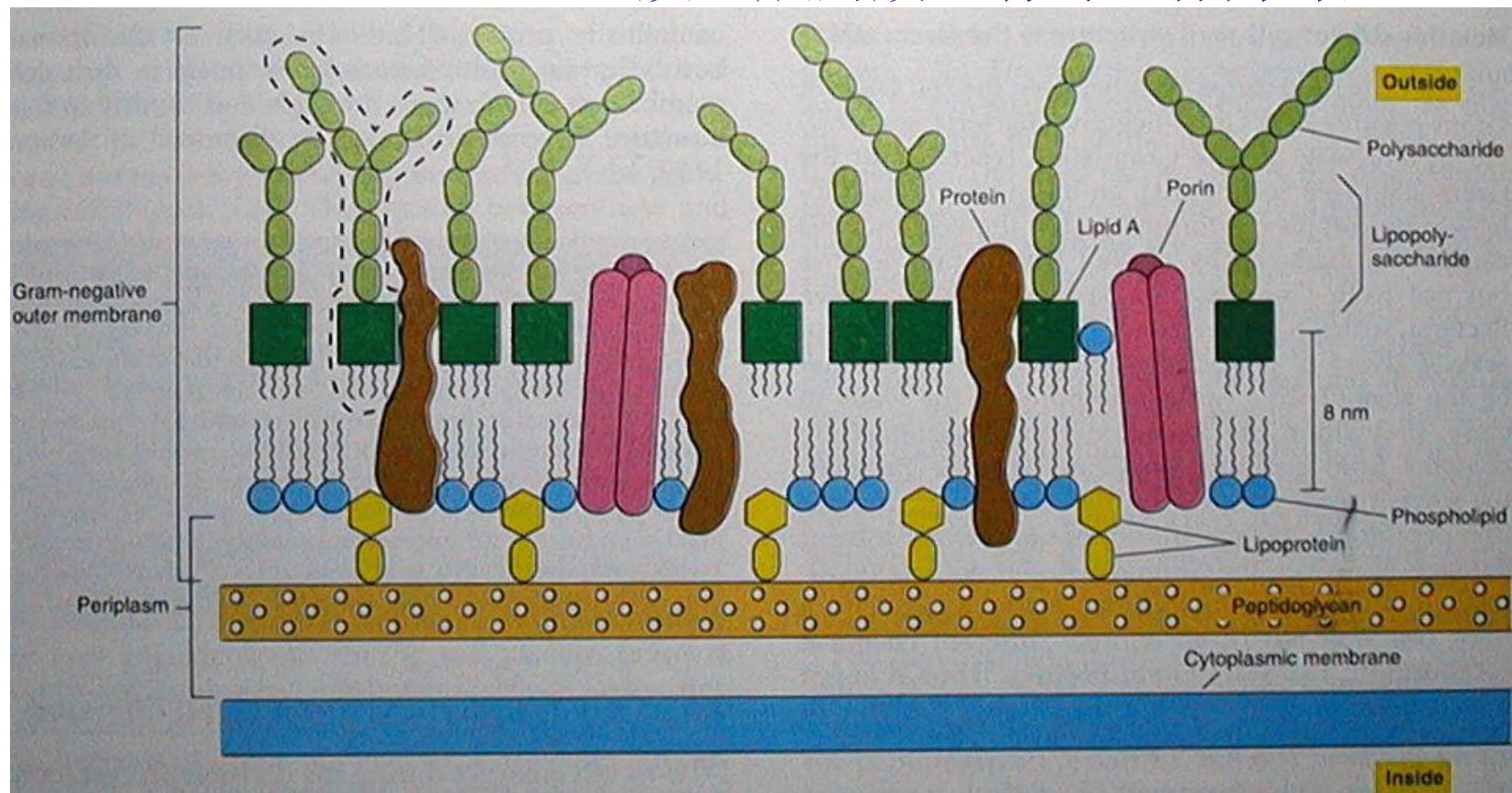


革兰氏阴性细菌肽聚糖单体

(3) 细胞壁的化学组成与结构

3) 革兰氏阴性细菌的细胞壁

B、外膜(outer membrane) 位于革兰氏阴性细菌细胞壁外层，由脂多糖、磷脂和脂蛋白等若干种蛋白质组成的膜，有时也称为外壁。

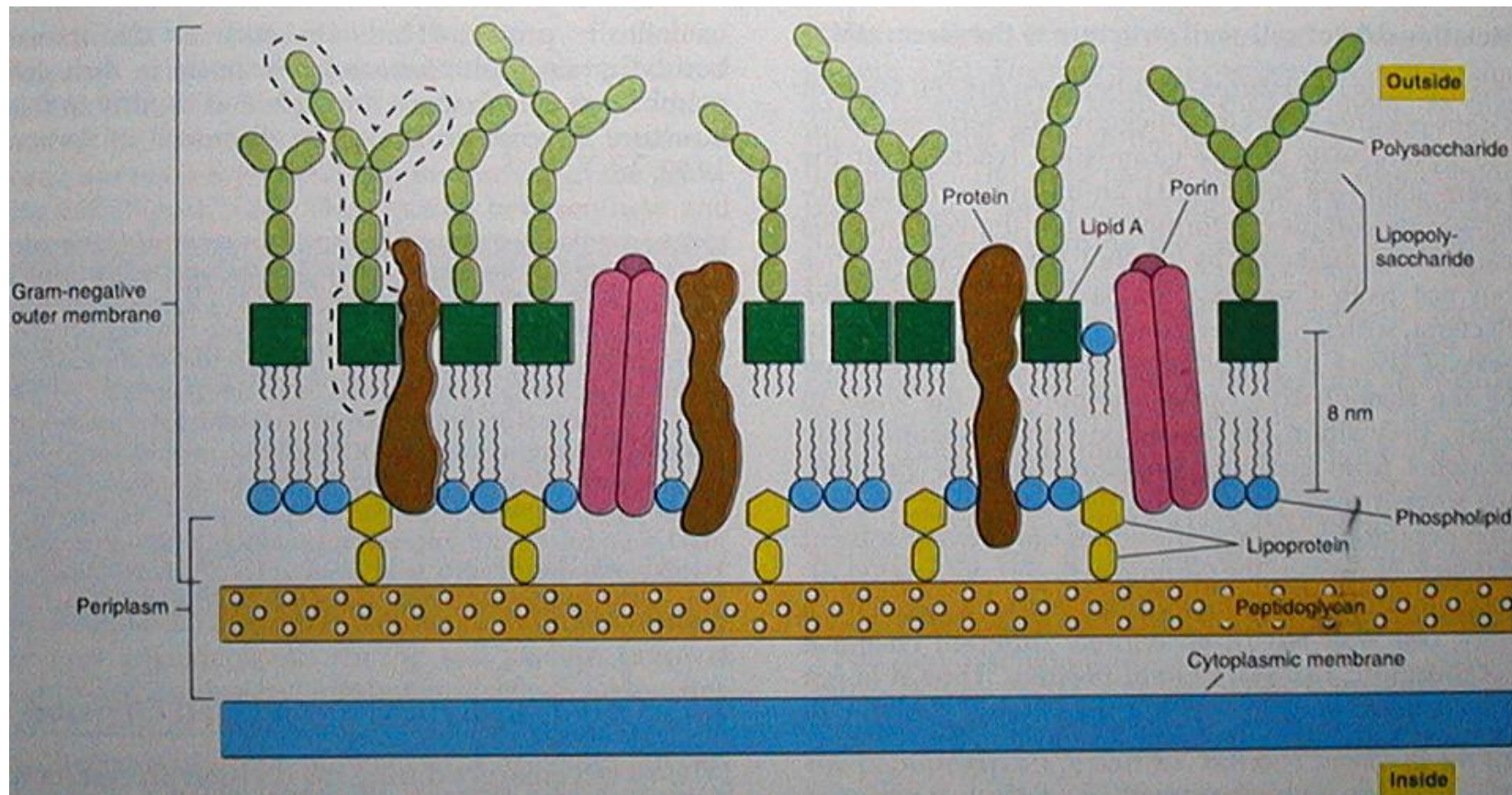


(3) 细胞壁的化学组成与结构

3) 革兰氏阴性细菌的细胞壁

C、外膜蛋白(outer membrane protein)

嵌合在LPS和磷脂层外膜上的蛋白，有20余种。



(3) 细胞壁的化学组成与结构

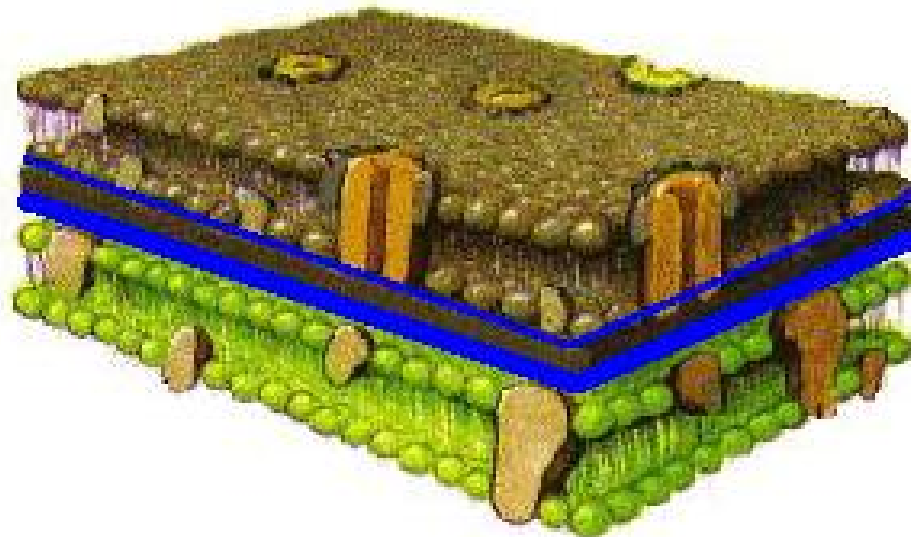
3) 革兰氏阴性细菌的细胞壁

D、周质空间(periplasmic space, periplasm)

Periplasmic Space (2)

Reaction Site

The periplasmic space surrounds a thin shell of peptidoglycan. It is the key receptacle and reaction site for a large and varied pool of substances entering and leaving the cell.



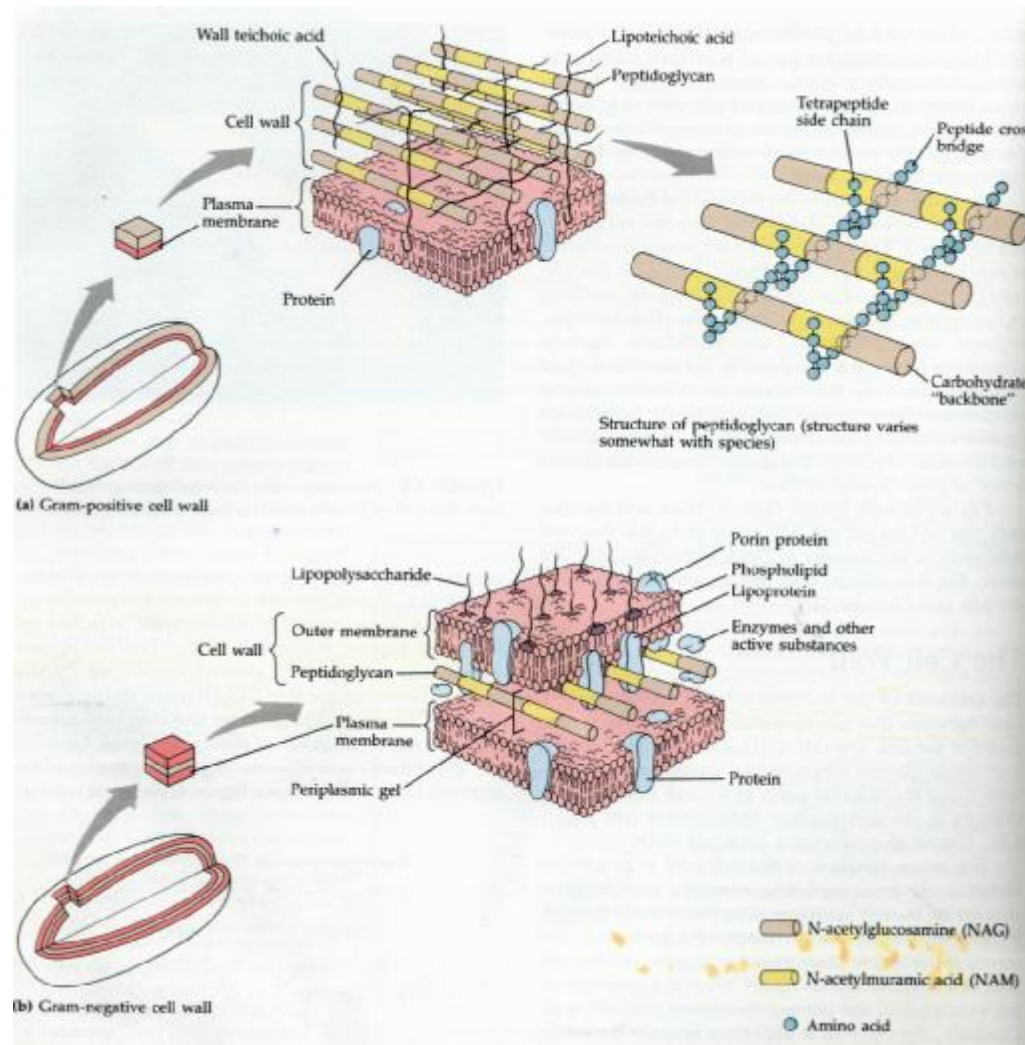
(3) 细胞壁的化学组成与结构

4) 革兰氏阳性和阴性细菌的比较

项 目	革兰氏阳性菌	革兰氏阴性菌
1、革兰氏染色反应	能阻留结晶紫而染成紫色	可经脱色而复染成红色
2、肽聚糖层	厚, 层次多	薄, 一般单层
3、磷壁酸	多数含有	无
4、外膜	无	有
5、脂多糖 (LPS)	无	有
6、类脂和脂蛋白含量	低 (仅抗酸性细菌含类脂)	高
7、鞭毛结构	基体上着生两个环	基体上着生四个环
8、产毒素	以外毒素为主	以内毒素为主
9、对机械力的抗性	强	弱
10、细胞壁抗溶菌酶	弱	强
11、对青霉素和磺胺	敏感	不敏感

(3) 细胞壁的化学组成与结构

4) 革兰氏阳性和阴性细菌的比较



(3) 细胞壁的化学组成与结构

4) 革兰氏阳性和阴性细菌的比较

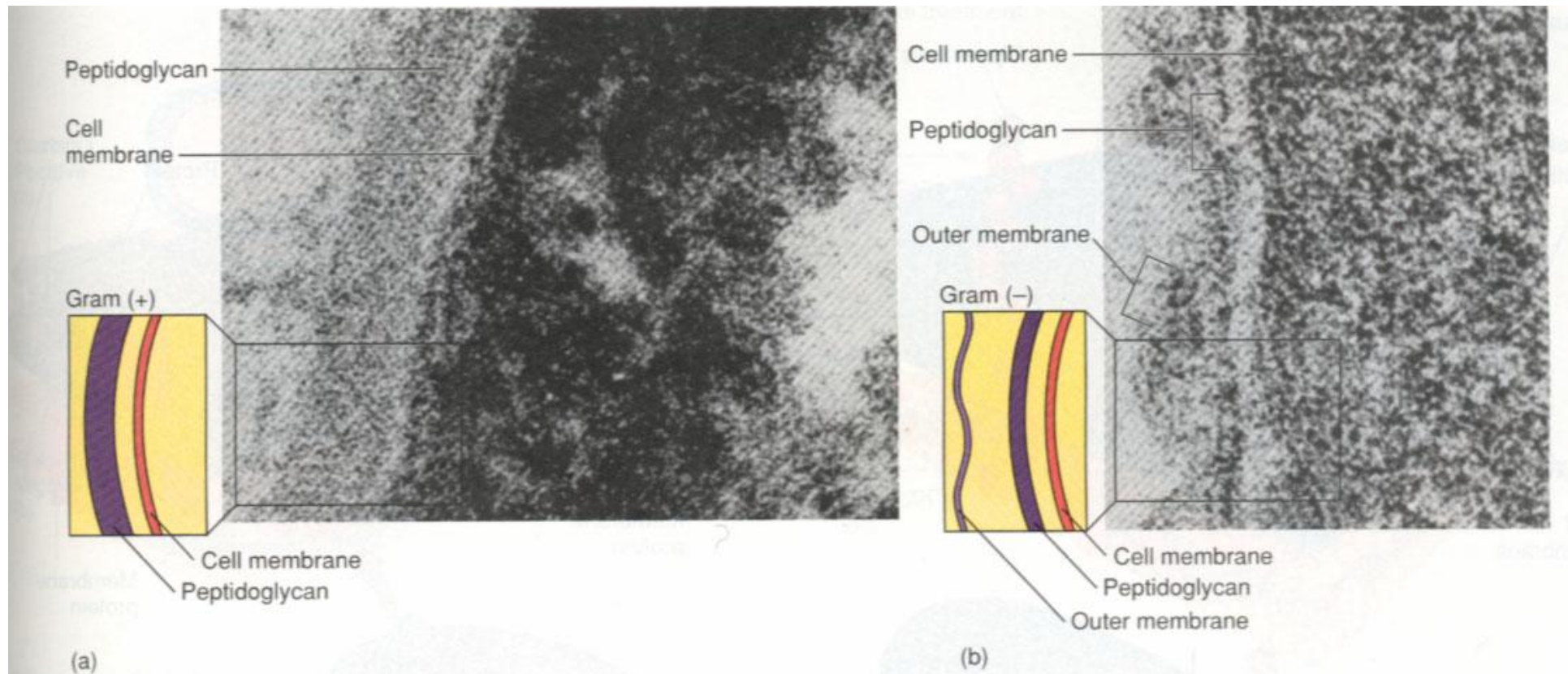


















Figure 4.15

A comparison of the envelopes of gram-positive and gram-negative cells. (a) A photomicrograph of a gram-positive cell wall/membrane and an artist's interpretation of its open-faced sandwich-style layering with two layers. (b) A photomicrograph of a gram-negative cell wall/membrane and an artist's interpretation of its complete sandwich-style layering with three distinct layers.

(4) 革兰氏染色的机制

Step	Microscopic Appearance of Cell		Chemical Reaction in Cell Wall		
	Gram (+)	Gram (-)	Gram (+)	Gram (-)	
1. Crystal violet					Both cell walls affix the dye
2. Gram's iodine					Dye crystals trapped in wall of gm (+) cell
3. Alcohol					Crystals remain in gm (+) cell wall; gm (-) cell wall is partially dissolved, loses the dye
4. Safranin (red dye)					Red dye stains the colorless gm (-) cell; does not affect gm (+)

(4) 革兰氏染色的机制

第一步：结晶紫使菌体着上紫色

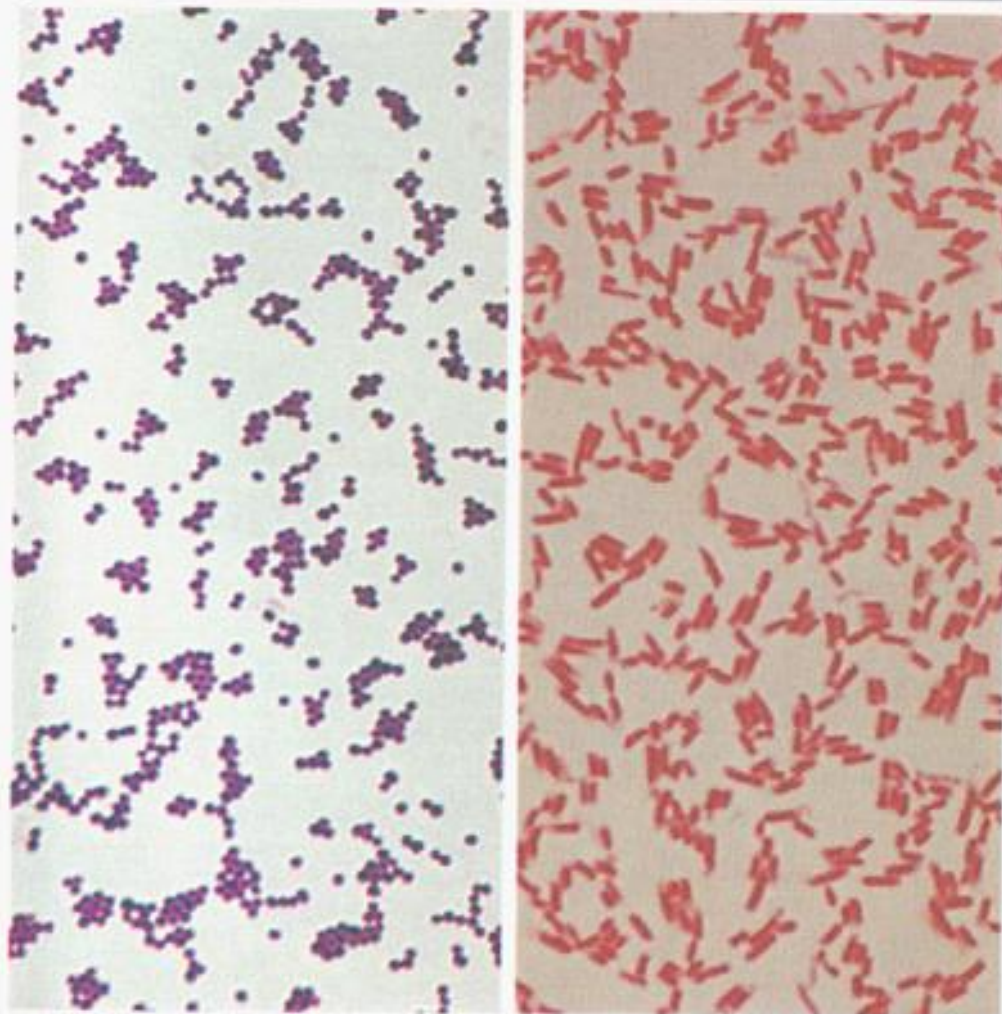
第二步：碘和结晶紫形成大分子复合物，分子大，能被细胞壁阻留在细胞内。

第三步：酒精脱色，细胞壁成分和构造不同，出现不同的反应。

G⁺ 菌：细胞壁厚，肽聚糖含量高，交联度大，当乙醇脱色时，肽聚糖因脱水而孔径缩小，故结晶紫-碘复合物被阻留在细胞内，细胞不能被酒精脱色，仍呈紫色。

G⁻ 菌：肽聚糖层薄，交联松散，乙醇脱色不能使其结构收缩，因其含脂量高，乙醇将脂溶解，缝隙加大，结晶紫-碘复合物溶出细胞壁，酒精将细胞脱色，细胞无色，沙黄复染后呈红色。

(4) 革兰氏染色的机制



G⁺ 菌

G⁻ 菌

2、细胞膜

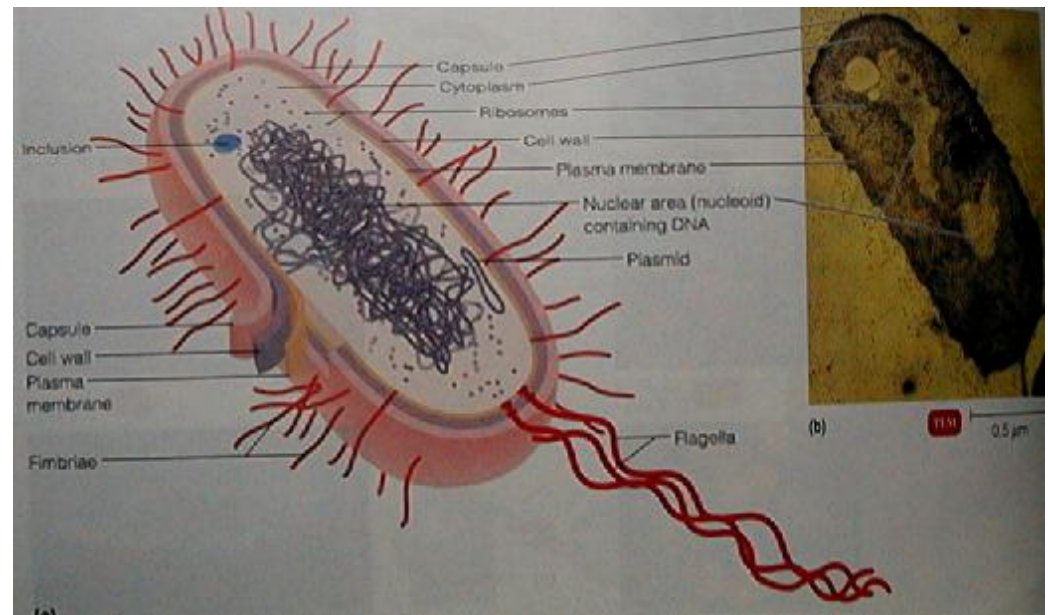
细胞质膜（cytoplasmic membrane），又称质膜（plasma membrane）、细胞膜（cell membrane）或内膜（inner membrane），是紧贴在细胞壁内侧、包围着细胞质的一层柔软、脆弱、富有弹性的半透性薄膜。

细胞膜的组成：

蛋白质（占50%~70%）

磷脂（占20%~30%）

多糖（占1.5%~10%）



2、细胞膜

(1) 观察方法:

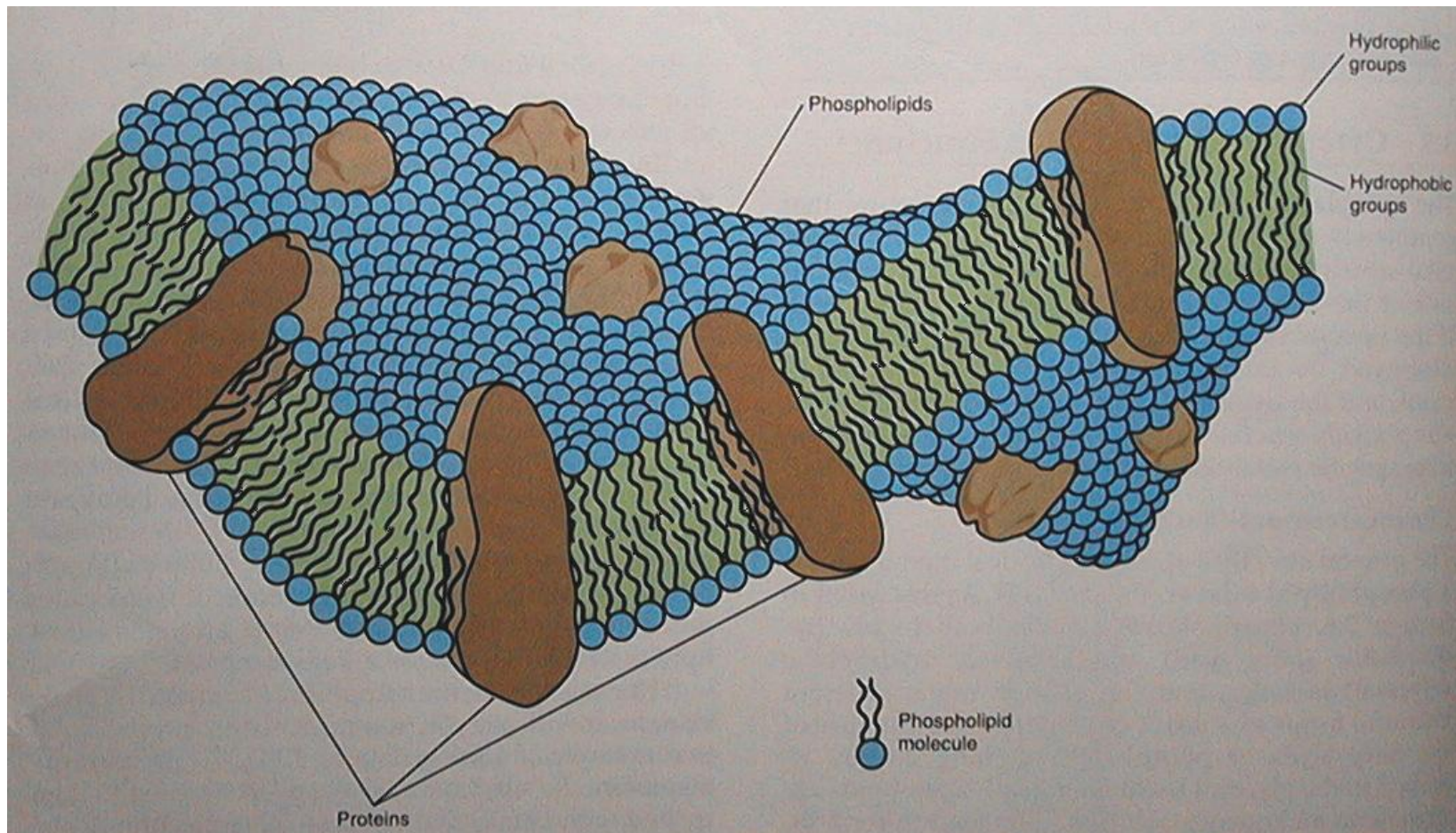
质壁分离后结合鉴别性染色在光学显微镜下观察;

原生质体破裂;

超薄切片电镜观察;

(2) 细胞膜的化学组成与结构模型:

液态镶嵌模型(fluid mosaic model)



(2) 细胞膜的化学组成与结构模型:

1972年，辛格（J.S.Singer）和尼科尔森（G.L.Nicolson）提出的细胞膜液态镶嵌模型：

- ①膜的主体是脂质双分子层；
- ②脂质双分子层具有流动性；
- ③整合蛋白因其表面呈疏水性，故可“溶”于脂质双分子层的疏水性内层中；
- ④周边蛋白表面含有亲水基团，故可通过静电引力与脂质双分子层表面的极性头相连；
- ⑤脂质分子间或脂质与蛋白质分子间无共价结合；
- ⑥脂质双分子层犹如一“海洋”，周边蛋白可在其上作“漂浮”运动，而整合蛋白则似“冰山”状沉浸在其中作横向移动。

(3) 细胞膜的生理功能:

- a. 细胞内、外的物质交换的主要屏障和介质;
- b. 合成细胞壁和糖被的各种组分的重要基地;
- c. 是细胞的产能场所;
- d. 传递信息;
- e. 是鞭毛基体的着生部位和鞭毛旋转的供能部位;

2、细胞膜

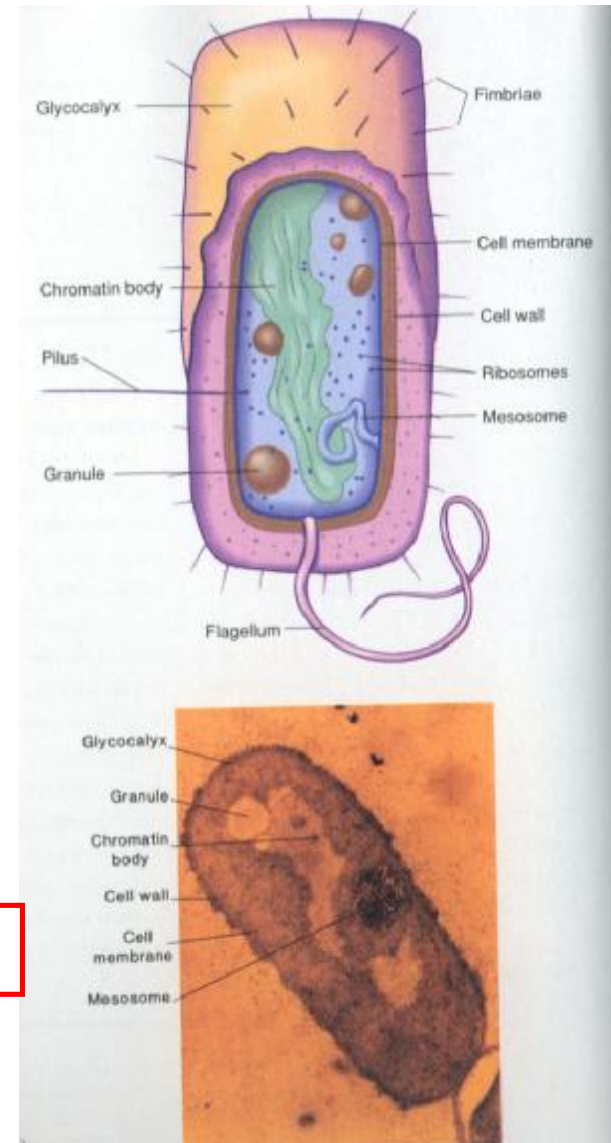
(4) 间体 (mesosome, 或中体) :

细胞质膜内褶而形成的囊状构造，
其中充满着层状或管状的泡囊。
多见于革兰氏阳性细菌。

青霉素酶分泌、DNA复制、分配以及细胞分裂有关



“间体”仅是电镜制片时因脱水操作而引起的一种假像



3、细胞质和内含物

细胞质（cytoplasm）是细胞质膜包围的除核区外的一切半透明、胶状、颗粒状物质的总称。

细胞质的主要成分为核糖体、贮藏物、多种酶类和中间代谢物、质粒、各种营养物和大分子的单体等，少数细菌还有类囊体、羧酶体、气泡或伴孢晶体等。

3、细胞质和内含物

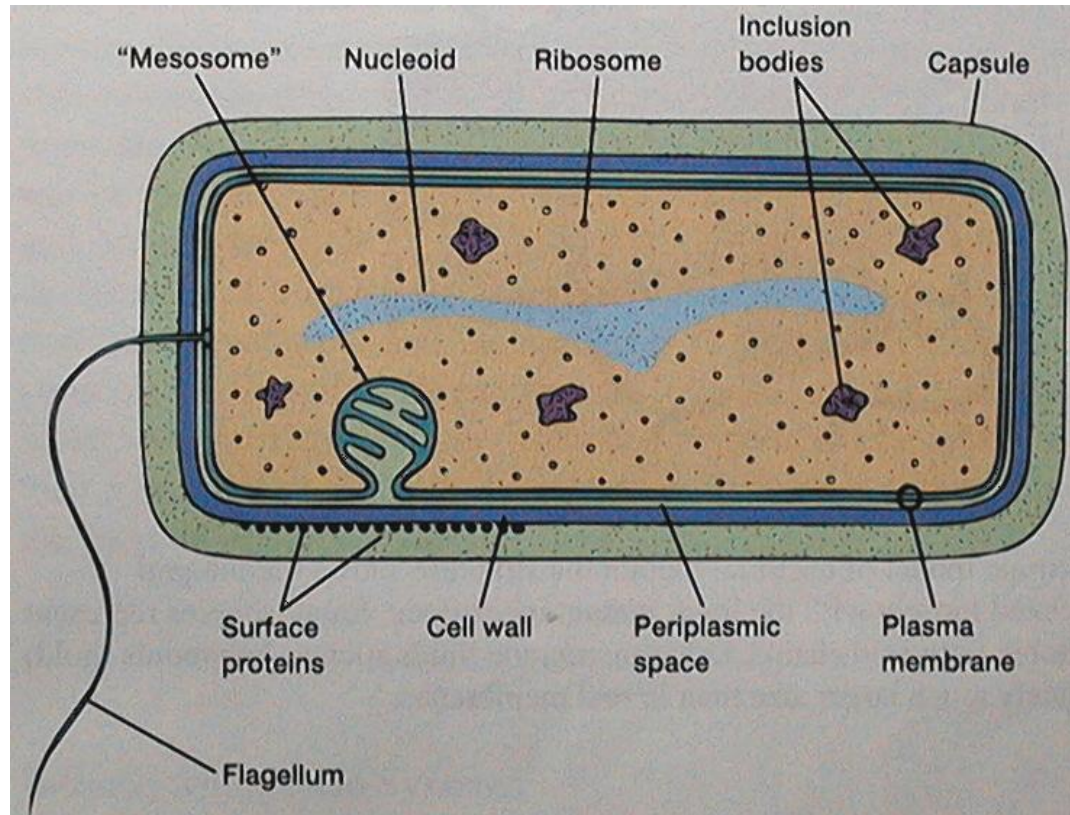


Figure 3.4 Morphology of a Gram-Positive Bacterium. The majority of the structures shown here are found in all gram-positive cells. Only a small stretch of surface proteins has been included to simplify the drawing; when present, these proteins cover the surface. Gram-negative bacteria are similar in morphology.

3、细胞质和内含物

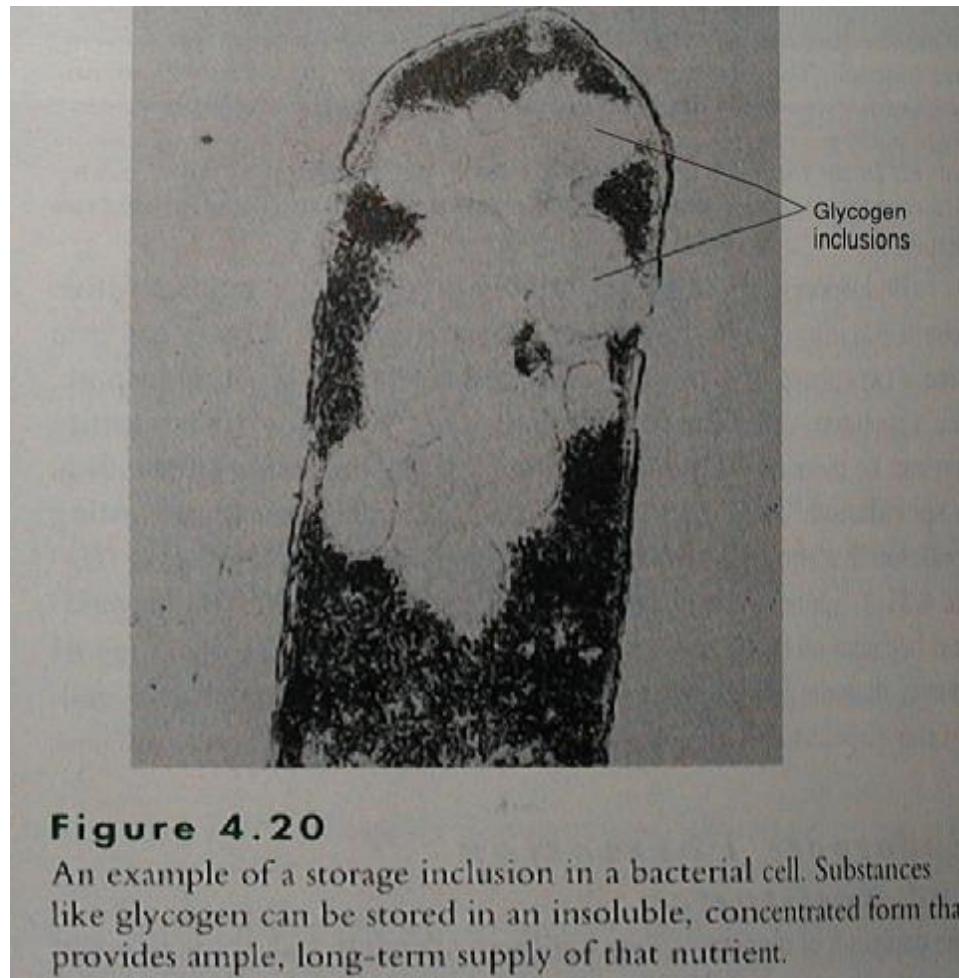
(1) 颗粒状贮藏物(reserve materials):

贮藏物是一类由不同化学成分累积而成的不溶性沉淀颗粒，
主要功能是贮存营养物。

贮藏物 {	碳源及能源类 {	糖原：大肠杆菌、克雷伯氏菌、芽孢杆菌和蓝细菌等
		聚 β -羟丁酸 (PHB)：固氮菌、产碱菌和肠杆菌等
		硫粒：紫硫细菌、丝硫细菌、贝氏硫杆菌等
	氮源类 {	藻青素：蓝细菌
	藻青蛋白：蓝细菌	
	磷源（异染粒）：迂回螺菌、白喉棒杆菌、结核分枝杆菌	

(1) 颗粒状贮藏物(reserve materials):

- ① 多糖类贮藏物
- 糖原粒
 - 淀粉粒



(1) 颗粒状贮藏物(reserve materials):

②聚-β-羟丁酸(poly-β-hydroxybutyrate, PHB)

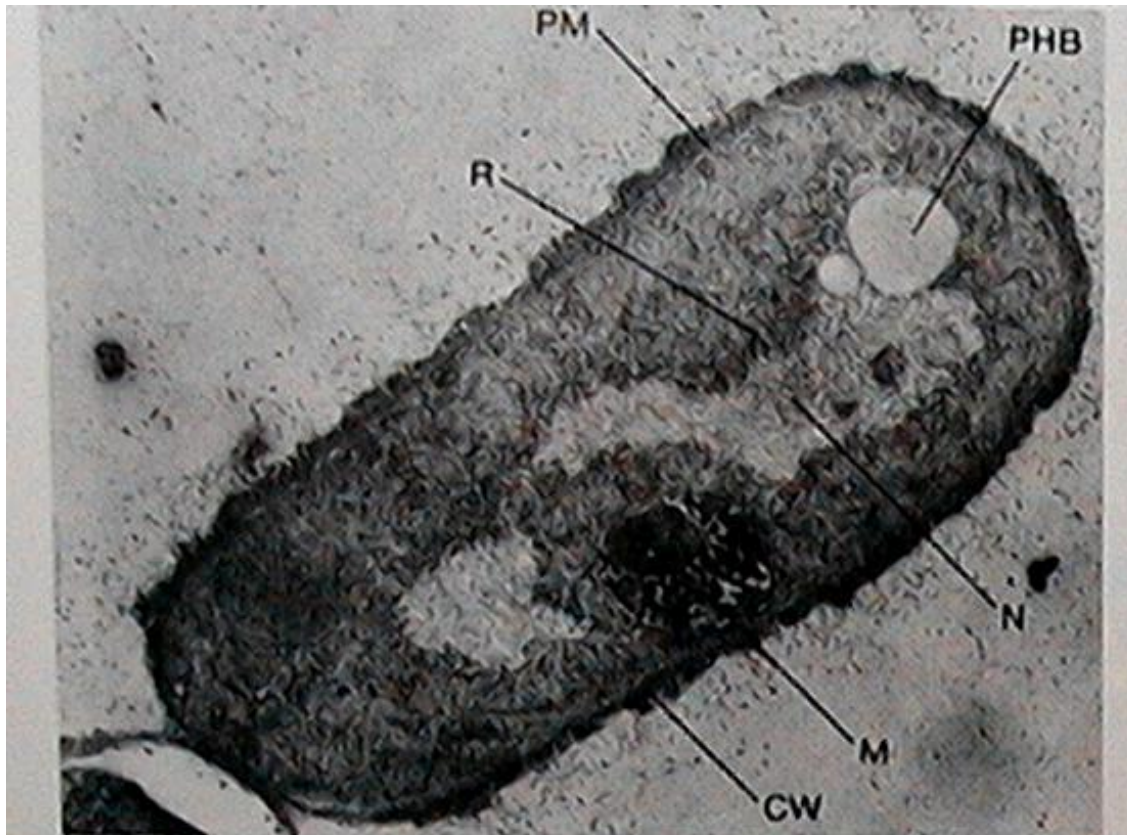


Figure 3.11 The Structure of a Typical Gram-Positive Cell. Electron micrograph of *Bacillus megaterium* ($\times 30,500$). Note the thick cell wall, CW; "mesosome," M; nucleoid, N; poly- β -hydroxybutyrate inclusion body, PHB; plasma membrane, PM; and ribosomes, R.

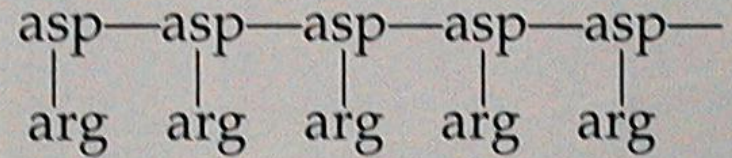
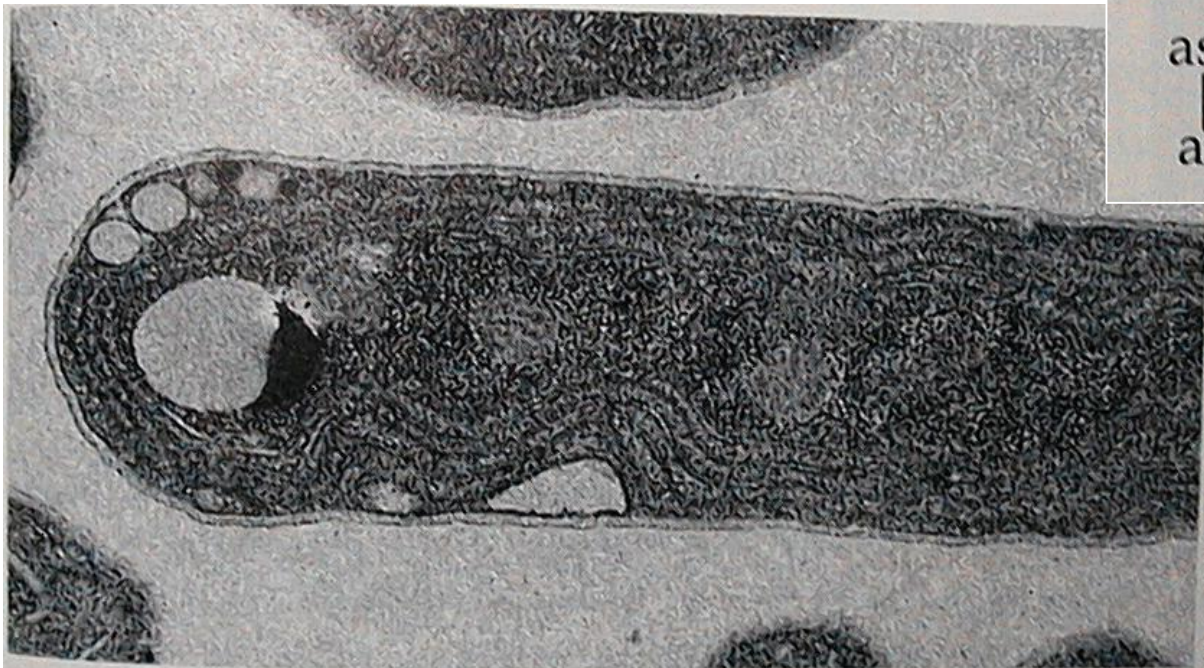
类脂性质的碳源类贮藏物，PHB于1929年被发现，至今已发现60属以上的细菌能合成并贮藏。

巨大芽孢杆菌 (*Bacillus megaterium*) 在含乙酸或丁酸的培养基中生长时，细胞内贮藏的PHB可达其干重的60%。

(1) 颗粒状贮藏物(reserve materials):

③藻青素 (cyanophycin)

一种内源性氮源贮藏物，同时还兼有贮存能源的作用。
通常存在于蓝细菌中。



由含精氨酸和天冬氨酸残基（1:1）的分枝多肽所构成，分子量在25000~125000。

FIGURE 19.19 Electron micrograph of a thin section of the cyanobacterium *Synechococcus lividus*.

(1) 颗粒状贮藏物(reserve materials):

④异染粒(metachromatic granules)

颗粒大小为 $0.5\sim 1.0\ \mu\text{m}$ ，是无机偏磷酸的聚合物，
一般在含磷丰富的环境下形成。
功能是贮藏磷元素和能量，并可降低细胞的渗透压。

(1) 颗粒状贮藏物(reserve materials):

⑤硫粒 (sulfur globules)

在环境中还原性硫素丰富时，常在细胞内以折光性很强的硫粒的形式积累硫元素。

当环境中环境中还原性硫缺乏时，可被细菌重新利用。

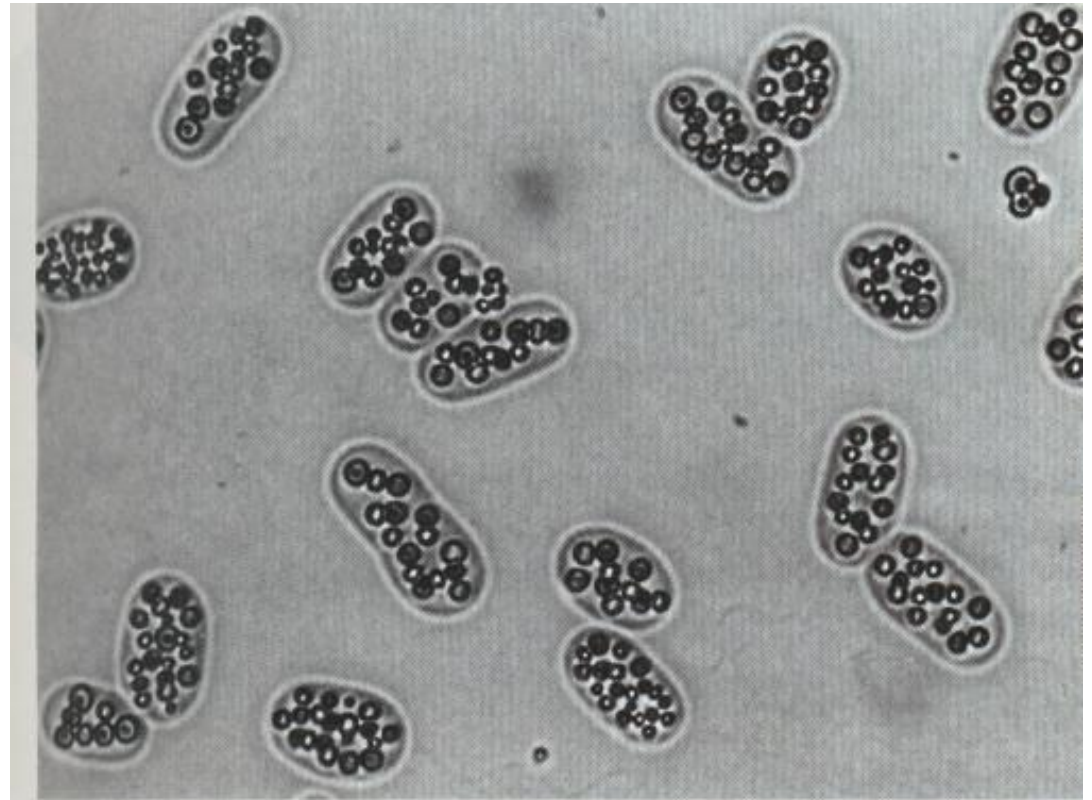
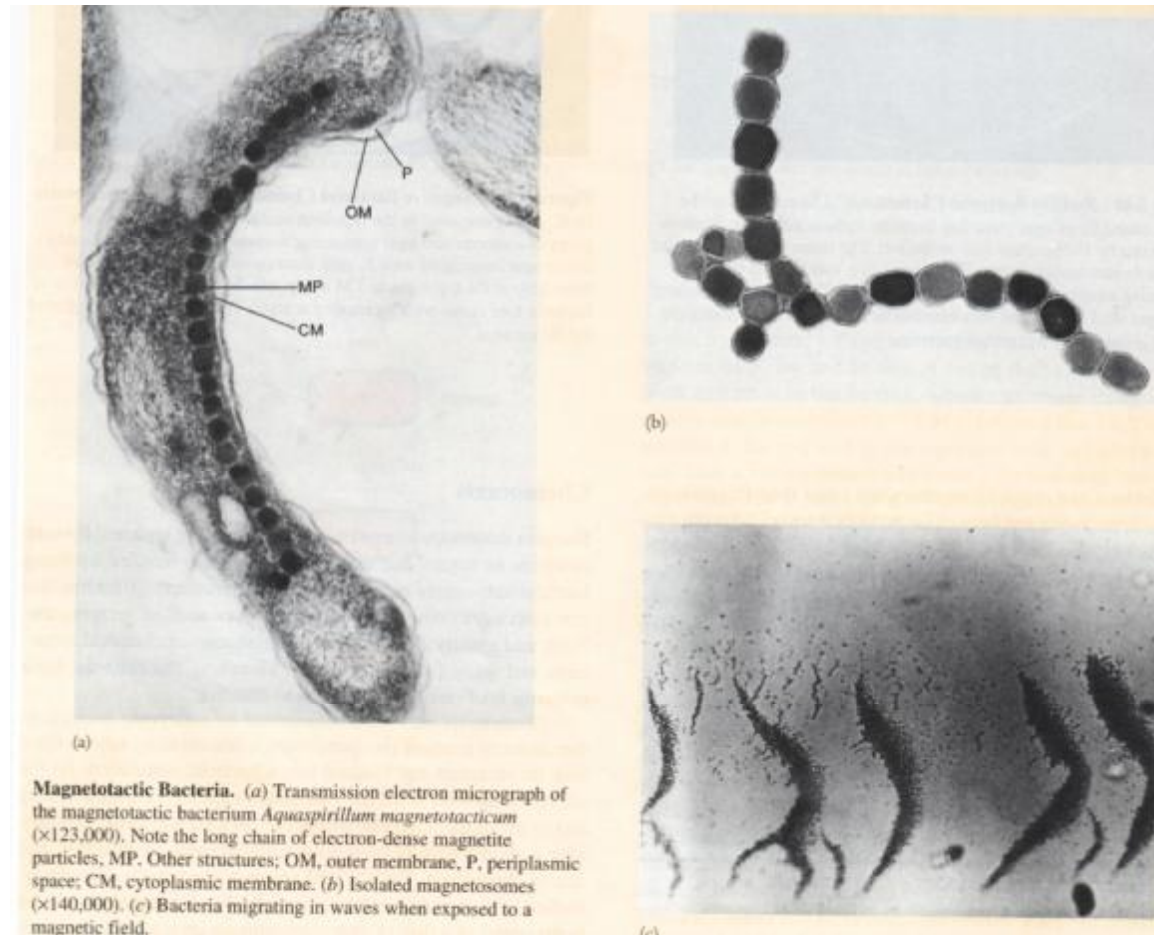


Figure 3.60 Bright-field photomicrograph of cells of the purple sulfur bacterium *Chromatium buderi*. Note the sulfur globules inside the cell. A single cell measures about $4 \times 7 \mu\text{m}$.

3、细胞质和内含物

(2) 磁小体(magnetosome)

趋磁细菌细胞中含有的大小均匀、数目不等Fe₃O₄颗粒，外有一层磷脂、蛋白或糖蛋白膜包裹。



3、细胞质和内含物

(3) 羧酶体(carboxysome)

一些自养细菌细胞内的
多角形或六角形内含物

其大小与噬菌体相仿，
约10nm，内含1,5-二
磷酸核酮糖羧化酶，
在自养细菌的CO₂固
定中起着关键作用。



FIGURE 12.31 Immunoelectron microscopy. Antibodies made in rabbits to the enzyme ribulose-1,5-bisphosphate carboxylase from the cyanobacterium *Chlorogloeopsis fritschii* were added to thin sections of *C. fritschii* and the preparation treated with goat anti-rabbit IgG conjugated to 20 nm colloidal gold particles. The concentration of the particles around large inclusions called carboxysomes (arrows) indicate that these are sites of large amounts of the enzyme.

3、细胞质和内含物

(4) 气泡 (gas vesicles)

许多光合营养型、无鞭毛运动的水生细菌中存在的充满气体的泡囊状内含物，大小为 $0.2\sim 1.0\ \mu\text{m}\times 75\text{nm}$ ，内由数排柱形小空泡组成，外有 2nm 厚的蛋白质膜包裹。

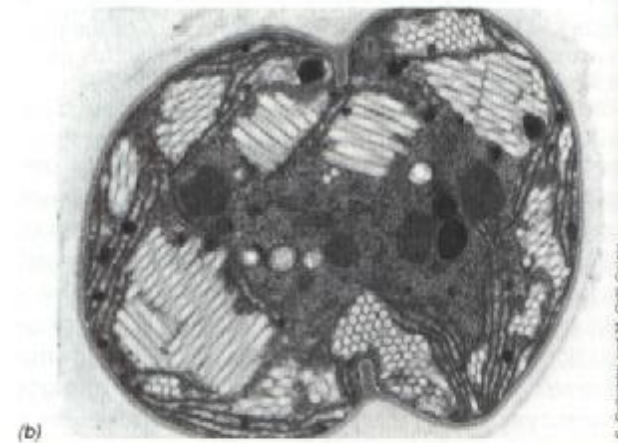
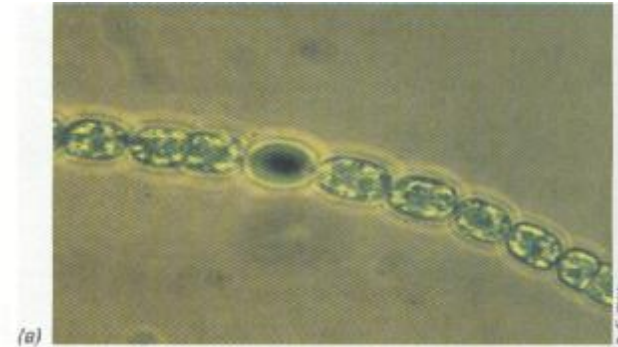


Figure 3.64 Gas vesicles of the cyanobacteria *Anabaena* and *Microcystis*. (a) *Anabaena flos-aquae*. The cell in the center (a heterocyst) lacks gas vesicles. In the other cells, the vesicles group together as phase-bright objects that scatter light. (b) Transmission electron micrograph of the cyanobacterium *Microcystis*. Gas vesicles are arranged in bundles, here observable in both longitudinal and cross section.

3、细胞质和内含物

(5) 载色体 (Chromatophore)

光和细菌进行光合作用的部位
相当于绿色植物的叶绿体

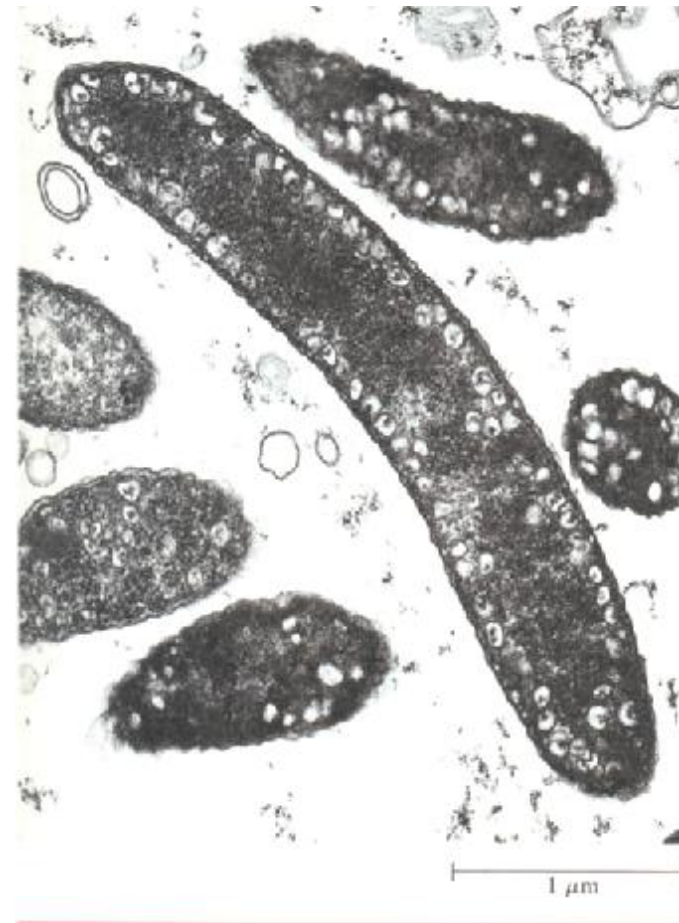


FIGURE 4.12 Chromatophores. Membranous structures that are sites of photosynthesis can be seen in this transmission electron micrograph of *Rhodospirillum rubrum*, a purple bacterium.

3、细胞质和内含物

(6) 核糖体 (ribosome)

核糖体是核糖核蛋白体 (ribosomes) 的简称, 在化学组成上含2/3的核糖核酸 (rRNA) 和1/3的蛋白质。

原核生物含70S核糖体, 由30S和50S两个亚单位组成。

70S 50S: 32种蛋白+23S RNA+ 5S RNA
 30S: 21种蛋白+ 16S RNA

3、细胞质和内含物

(7) 质粒 (plasmid)

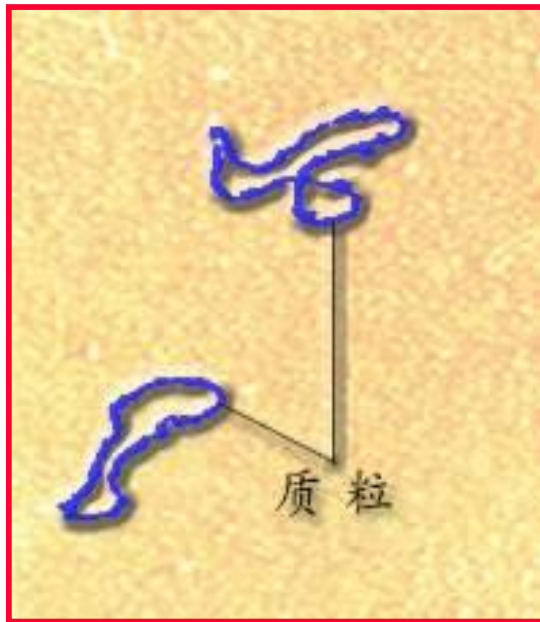
染色体外的共价闭合环状双链小分子
DNA。

3、细胞质和内含物

(7) 质粒 (plasmid)

细菌染色体外的遗传物质，由共价闭合环状双链DNA分子组成。

分子量约为 $2—100 \times 10^6$ D. 携带1—100个基因，一个菌细胞可有一至数个质粒。



质粒的特点:

q可自我复制，稳定遗传。对生存不是必要的。复制与染色体分开，但同步进行。

q不同质粒携带不同遗传信息。

q无质粒细菌可通过接合、转化、转导等方式获得，不能自发产生。

例：细菌抗药性因子、大肠杆菌的F因子。

质粒应用：基因工程，体外重组。

4、核区（nuclear region or area）

原核生物所特有的无核膜结构、无固定形态的原始细胞核

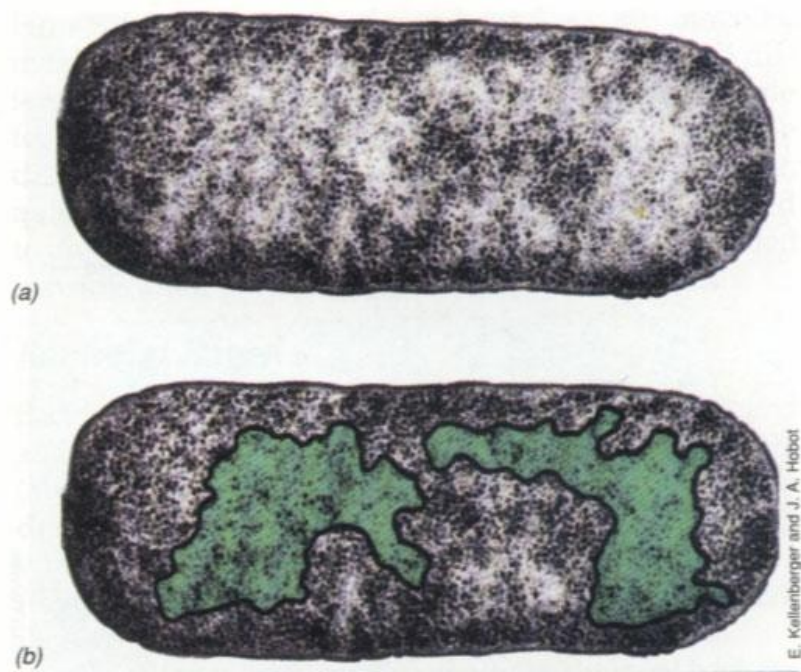


Figure 3.40 The bacterial nucleoid. (a) Transmission electron micrograph of a thin section of *Escherichia coli*. (b) Same as (a), but with the nucleoid colored.

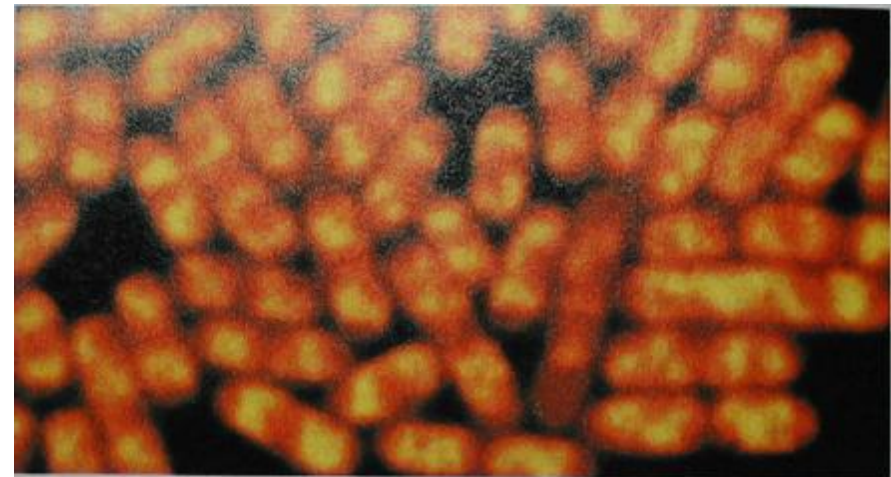


Figure 4.18

Fluorescent staining highlights the chromatin bodies (chromosomes) of the bacterial pathogen *Salmonella enteritidis*. The cytoplasm is orange and the chromatin body fluoresces bright yellow. Some bacteria appear to have more than one chromatin body because they are in the process of dividing.

(二) 细菌细胞的特殊结构

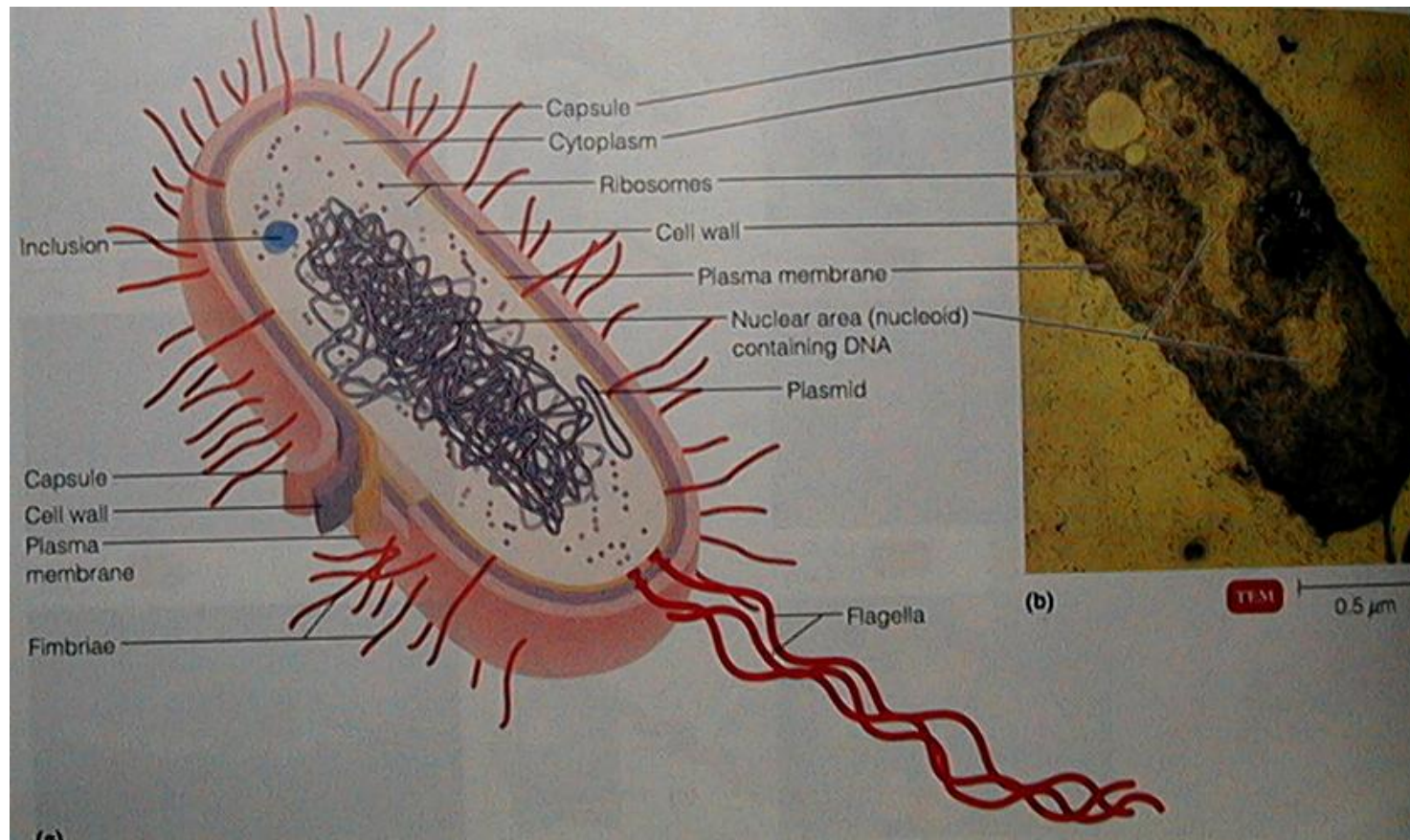
Ø 鞭毛

Ø 荚膜

Ø 芽孢

1. 鞭毛(flagellum,复flagella)

某些细菌细胞表面着生的一至数十条长丝状、螺旋形的附属物，具有推动细菌运动功能，为细菌的“运动器官”。



1、 鞭毛(flagellum,复flagella)

(1) 观察和判断细菌鞭毛的方法

t 电子显微镜直接观察

t 光学显微镜下观察：鞭毛染色和暗视野显微镜

t 根据培养特征判断：半固体穿刺、菌落（菌苔）形态

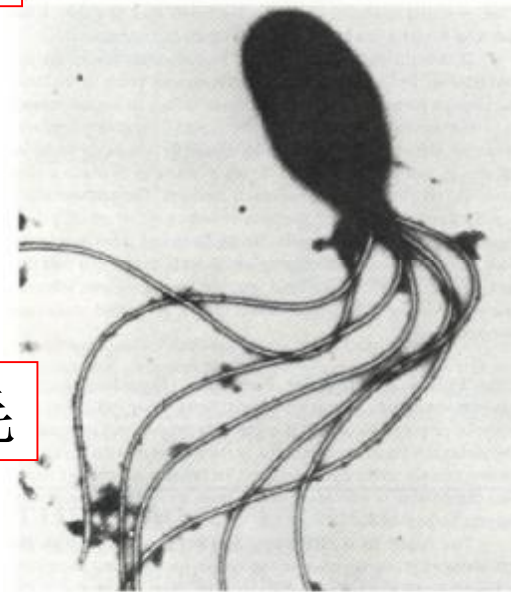
1、 鞭毛

(2) 鞭毛着生的方法

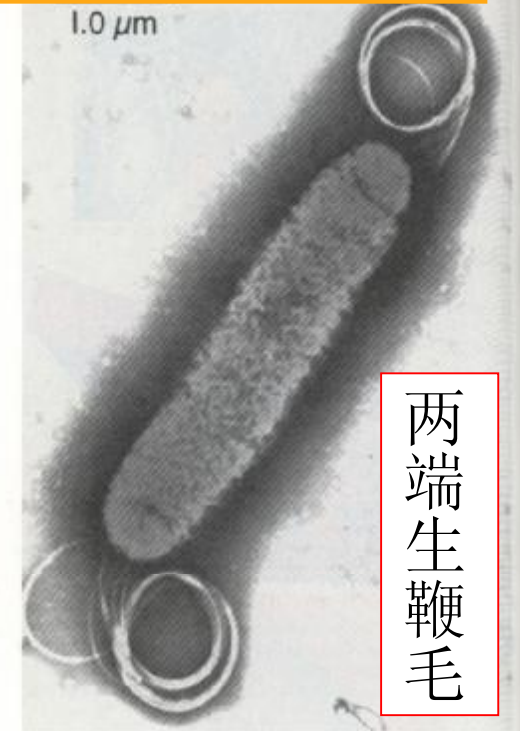
单端鞭毛



端生丛毛



两端生鞭毛



周生鞭毛

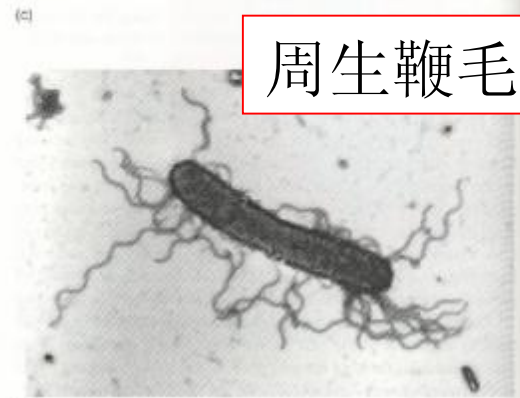


Figure 4.3
Electron micrographs depicting types of flagellar arrangements. (a) Monotrichous flagellum on the predatory bacterium *Bdellostibius*. (b) Lophotrichous flagella on *Vibrio fischeri*, a common marine bacterium ($\times 23,000$). (c) Unusual flagella on *Aquaspirillum* are amphitrichous (and lophotrichous) in arrangement and coil up into tight loops. (d) An unidentified bacterium discovered inside the cells of *Paramecium* exhibits peritrichous flagella.
(b) From Reichelt and Bassam, Arch. Microbiology 84:283-330 © Springer-Verlag, 1973.

1、 鞭毛(flagellum,复flagella)

(3) 鞭毛的结构

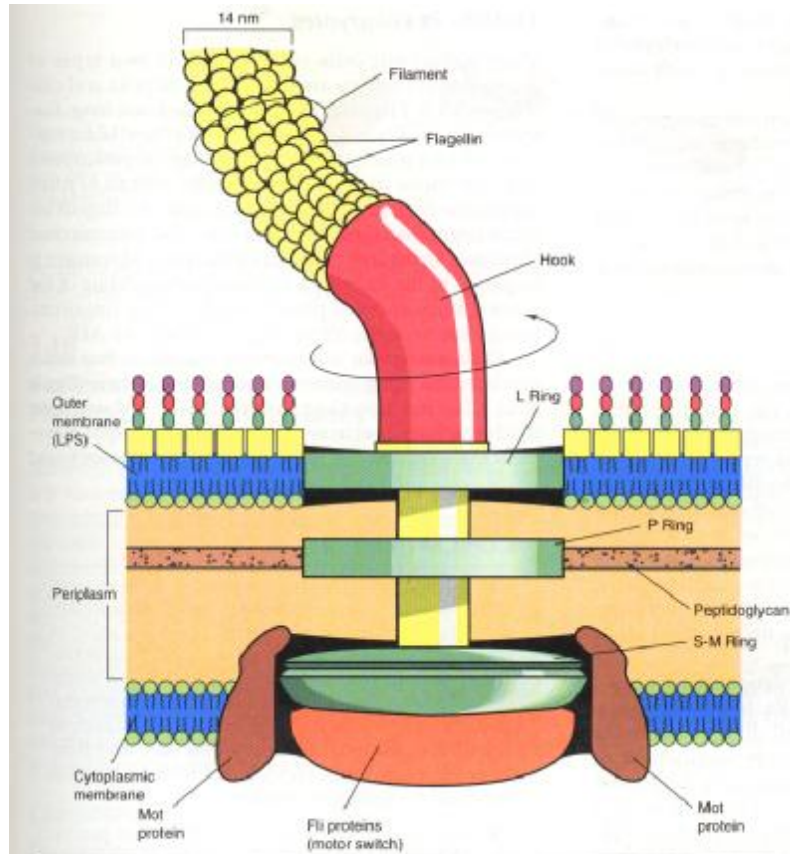
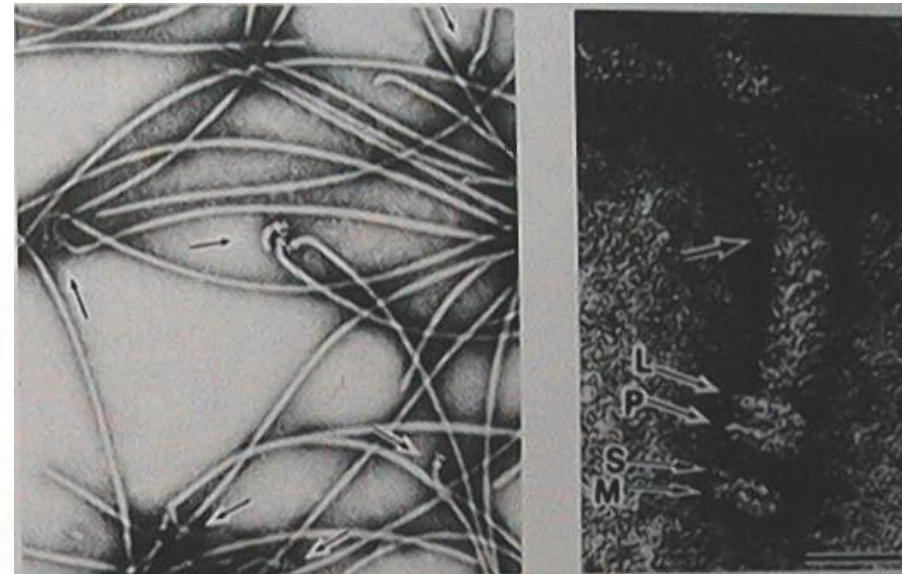


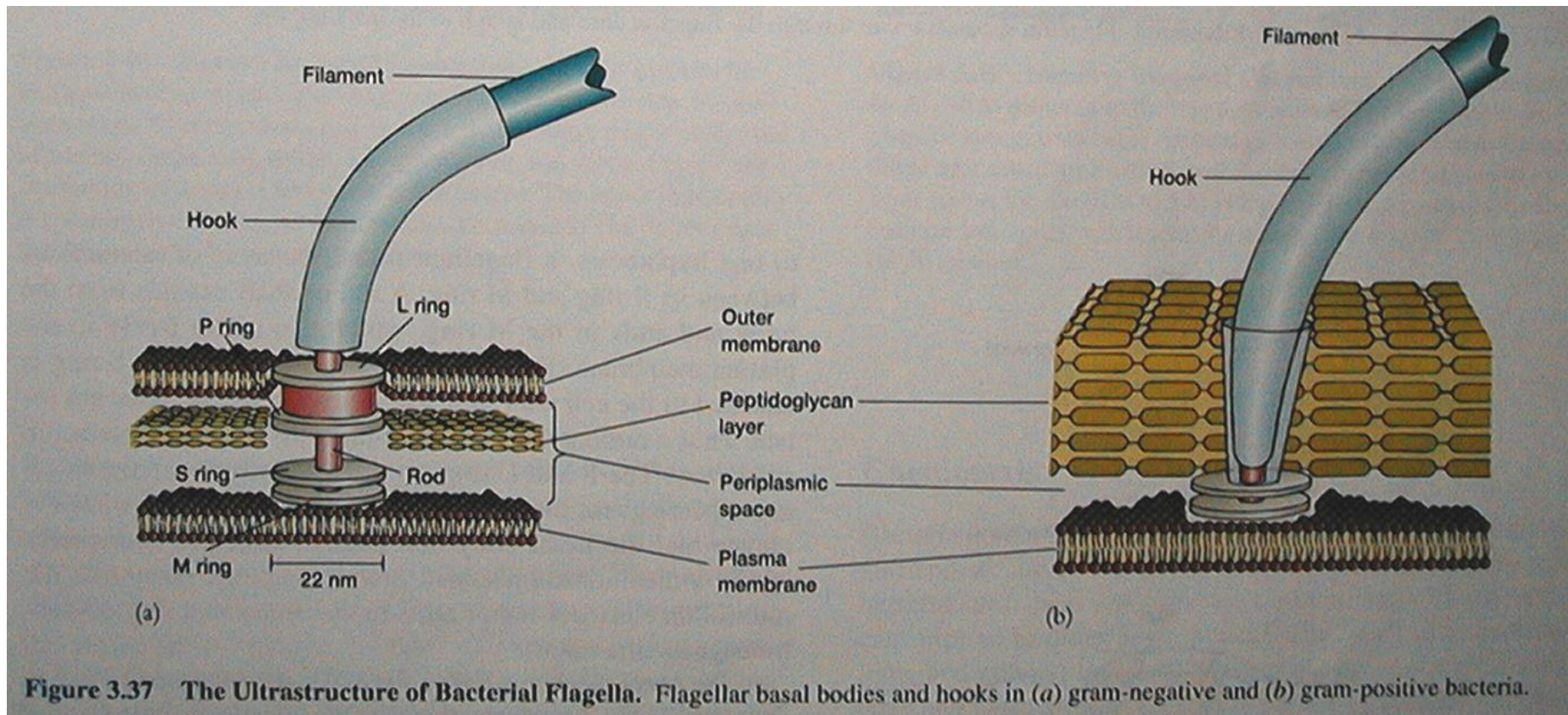
Figure 3.49 Structure of the prokaryotic flagellum and attachment to the cell wall and membrane in a gram-negative bacterium like *Escherichia coli*. Although cells of *E. coli* are peritrichously flagellated, for simplicity, only a single flagellum is shown. The L ring is embedded in the LPS layer, and the P ring in peptidoglycan. The S-M ring is embedded in the cytoplasmic membrane. The Mot proteins function as the flagellar motor, whereas the Fli proteins function as the motor switch. See text for further details.



革兰氏阴性菌的鞭毛构造

1、 鞭毛(flagellum,复flagella)

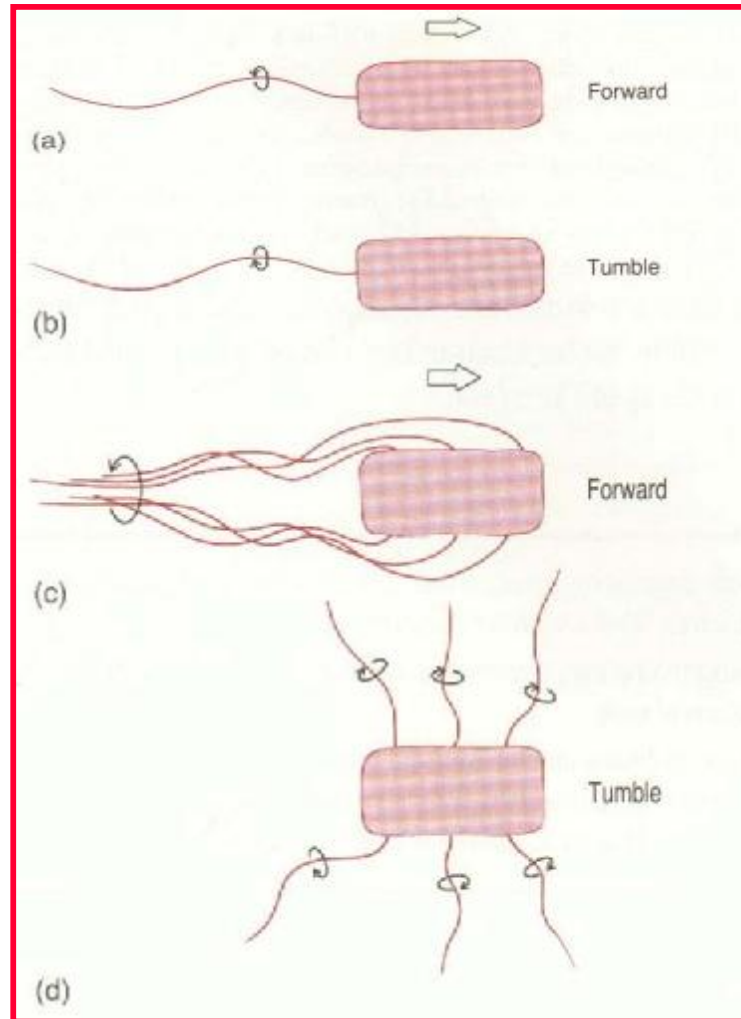
(3) 鞭毛的结构



1、 鞭毛(flagellum,复flagella)

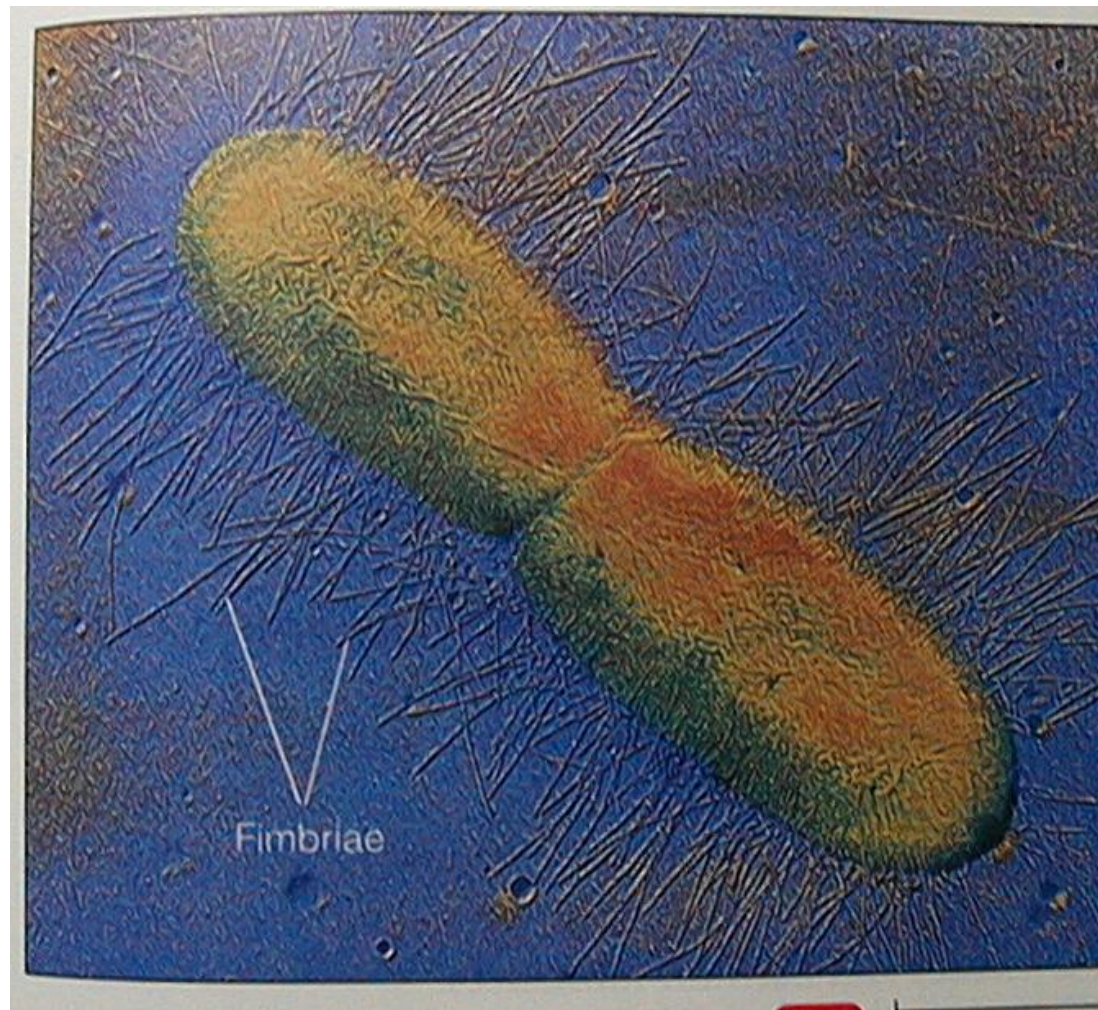
(4) 鞭毛的运动

靠鞭毛丝旋转而动，其动力来自质子动力，与细胞膜内外质子浓度差和电势差决定。



2、 菌毛(fimbria, 复数fimbriae)

长在细菌体表的纤细、中空、短直、数量较多的蛋白质类附属物，具有使菌体附着于物体表面的功能。



2、菌毛(fimbria, 复数fimbriae)

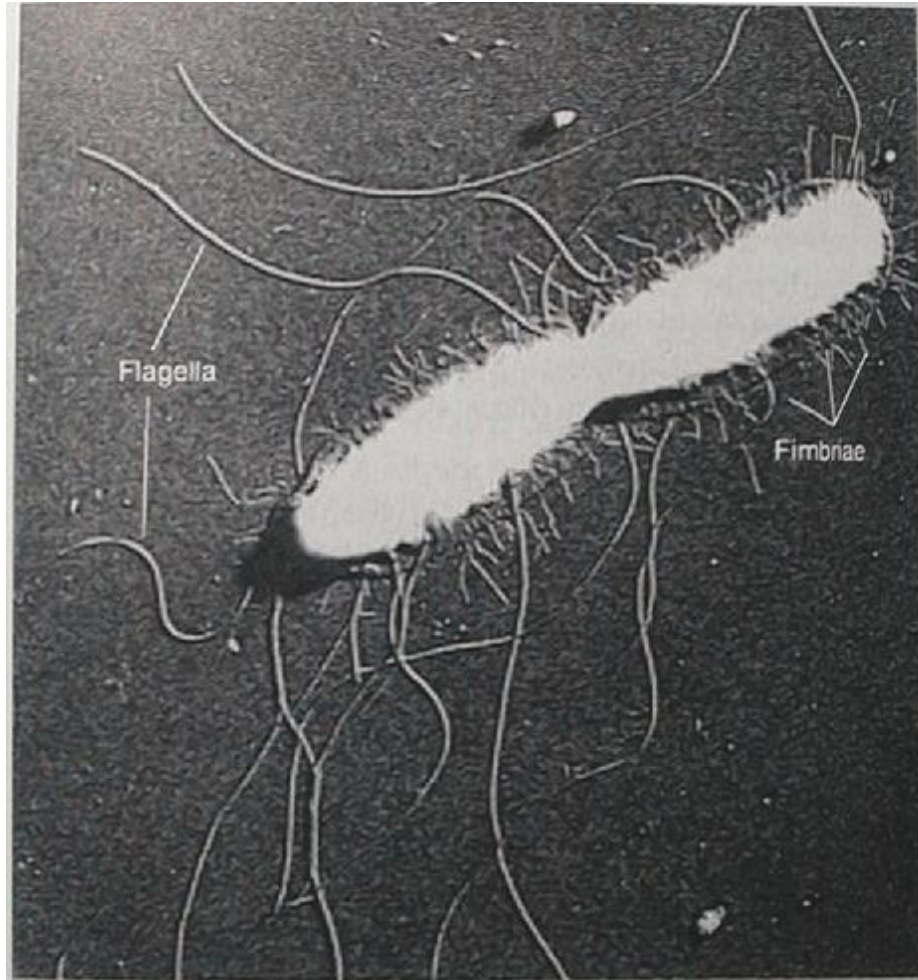


FIGURE 3.48 Electron micrograph of a dividing cell of *Salmonella typhi*, showing flagella and fimbriae. A single cell is about 0.9 μm in diameter.

每个细菌约有250~300条菌毛。有菌毛的细菌一般以革兰氏阴性致病菌居多，借助菌毛可把它们牢固地粘附于宿主的呼吸道、消化道、泌尿生殖道等的粘膜上，进一步定植和致病。

3、性毛(pili,单数pilus)

构造和成分与菌毛相同，但比菌毛长，数量仅一至少数几根。

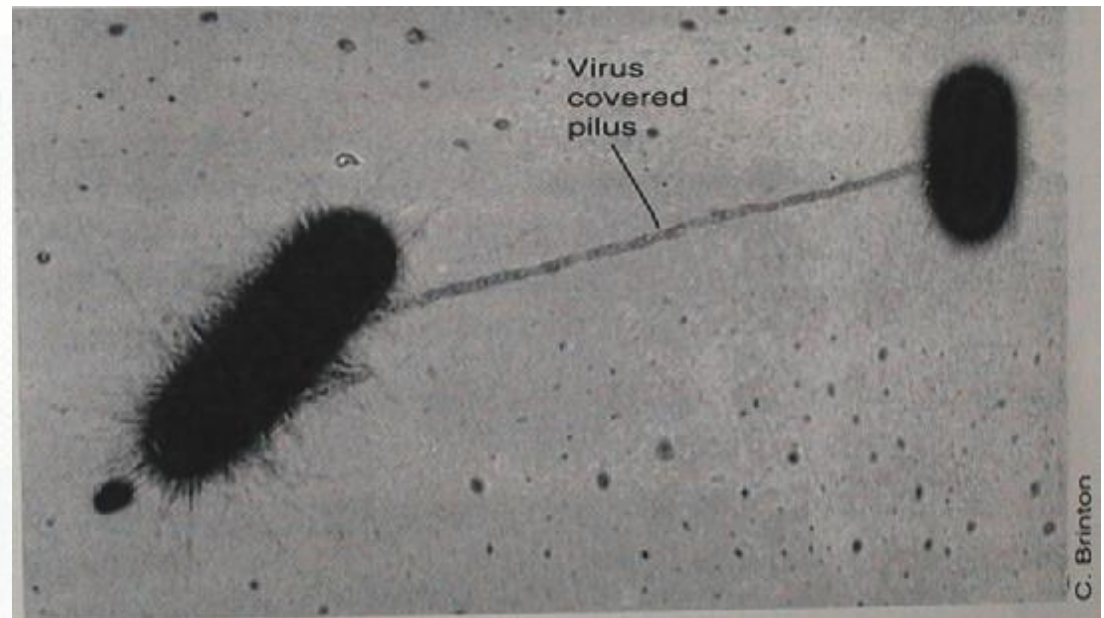
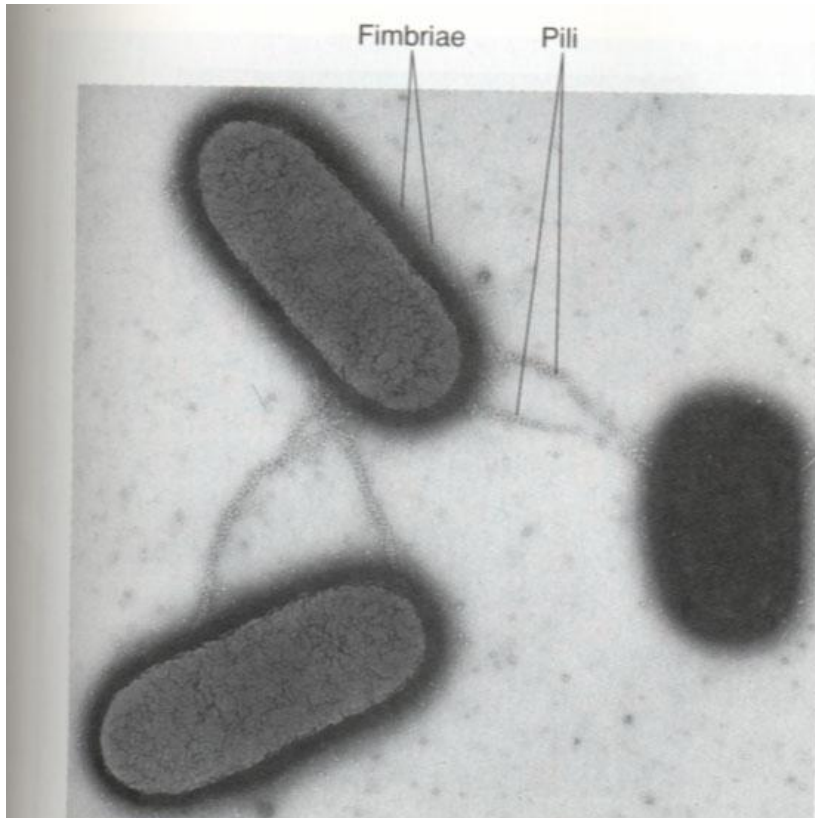


FIGURE 3.49 The presence of pili on an *Escherichia coli* cell is revealed by the use of viruses that specifically adhere to the pilus. The cell is about 0.8 μm in diameter.

性毛一般见于革兰氏阴性细菌的雄性菌株（即供体菌）中，其功能是向雌性菌株（即受体菌）传递遗传物质。有的性毛还是RNA噬菌体的特异性吸附受体。

4、荚膜（capsule）

包被于某些细菌细胞壁外的一层厚度不定的胶状物质。
[也叫糖被(glycocalyx)]

荚膜按其有无固定层次、层次厚薄又可细分为：

大荚膜（macrocapsule）

微荚膜(microcapsule)

粘液层(slime layer)

菌胶团(zoogloea)

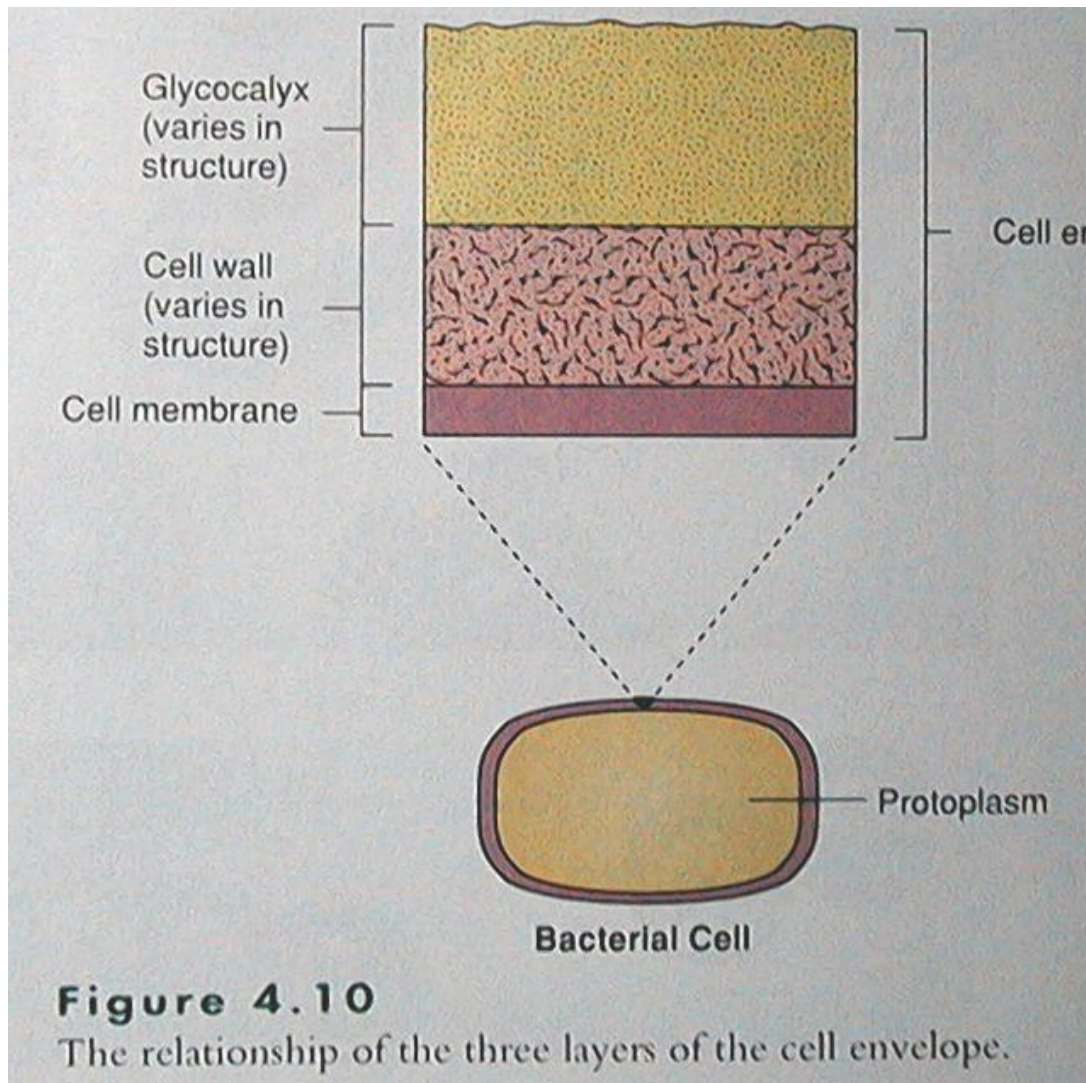


Figure 4.10

The relationship of the three layers of the cell envelope.

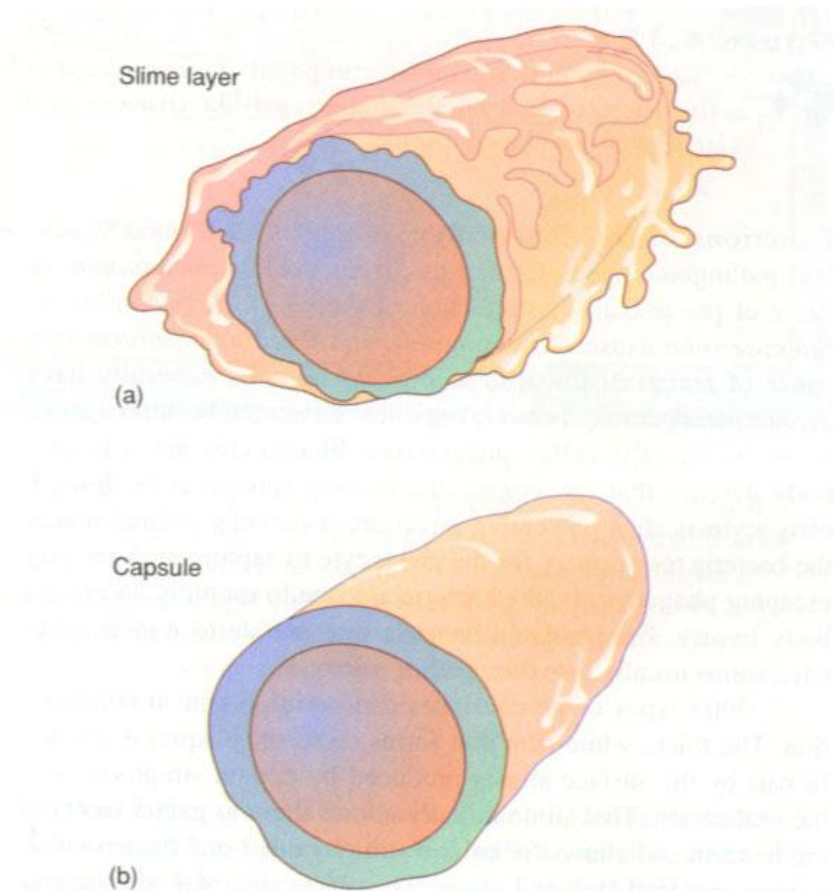


Figure 4.11

Bacterial cells sectioned to show the types of glycocalyxes. (a) The slime layer is a loose structure that is easily washed off. (b) The capsule is a thick, structured layer that is not readily removed.

不同细菌荚膜的化学组成

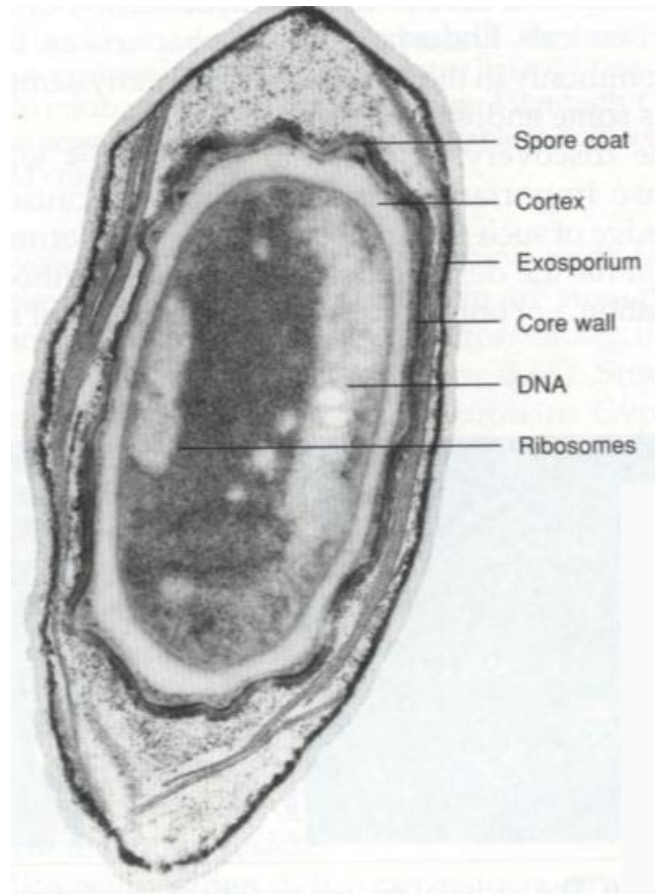
	菌名	组成	分解产物
G⁺ 细菌	巨大芽孢杆菌 炭疽芽孢杆菌 肠膜明串珠菌	多肽、多糖 多肽（聚谷氨酸） 多糖（葡萄糖）	D-谷氨酸、氨基酸 D-谷氨酸 葡萄糖
G⁻ 细菌	荚膜醋酸杆菌 大肠杆菌 痢疾志贺氏菌	多糖 多糖 多糖-多肽-磷酸复合物	葡萄糖 半乳糖、葡萄糖醛酸

荚膜的特点

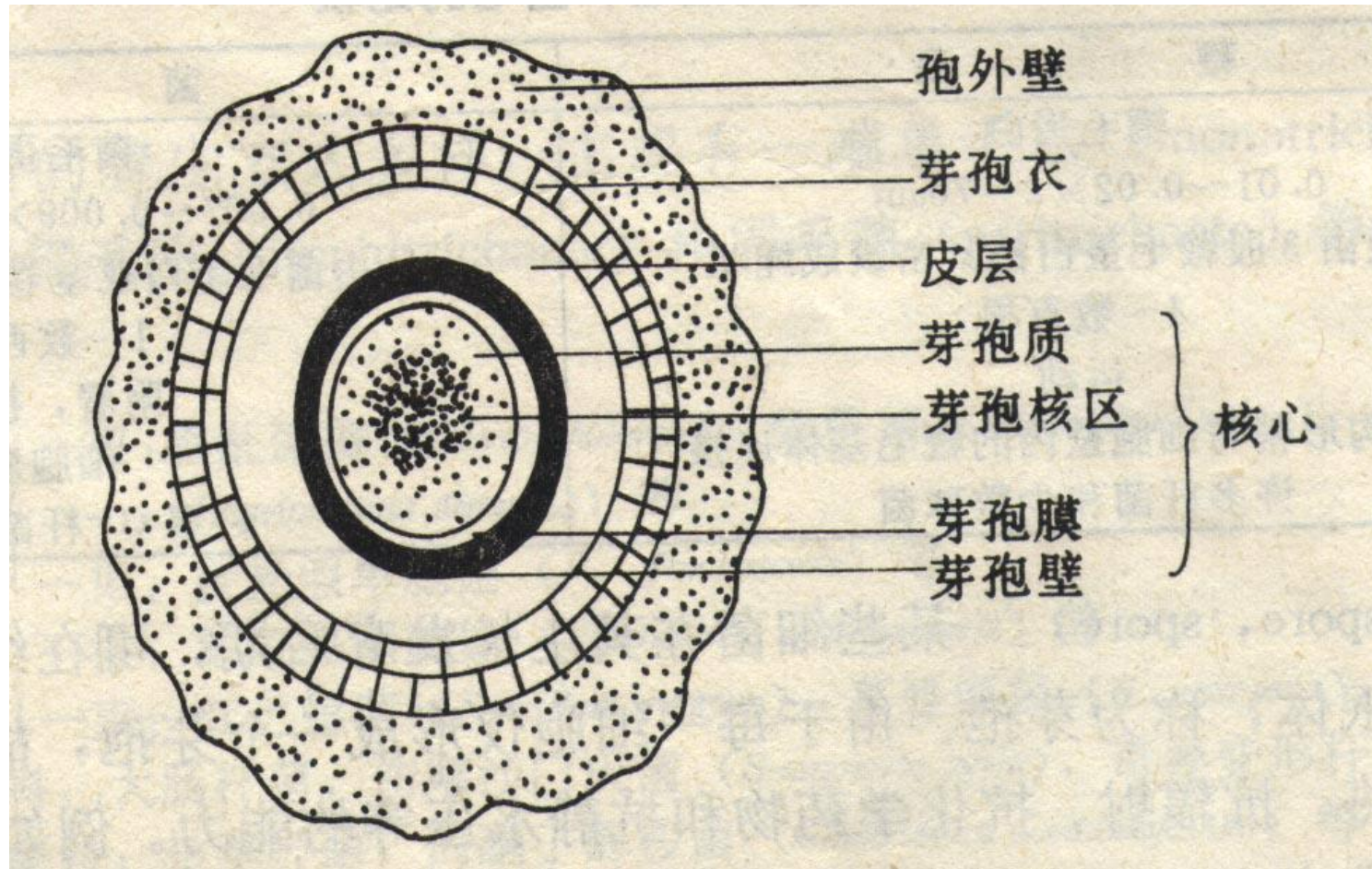
- (1) 主要成分是多糖、多肽或蛋白质，尤以多糖居多。
经特殊的荚膜染色，特别是负染色（又称背景染色）后可在光学显微镜清楚地观察到它的存在。
- (2) 产生荚膜是微生物的一种遗传特性，其菌落特征及血清学反应是细菌分类鉴定的指标之一。
- (3) 荚膜等并非细胞生活的必要结构，但它对细菌在环境中的生存有利。
- (4) 细菌荚膜与人类的科学研究和生产实践有密切的关系。

5、特殊的休眠构造——芽孢(spore或endospore)

某些细菌在其生长发育后期，在细胞内形成一个圆形或椭圆形、厚壁、含水量极低、抗逆性极强的休眠体，称为芽孢。



1) 细菌芽孢的结构



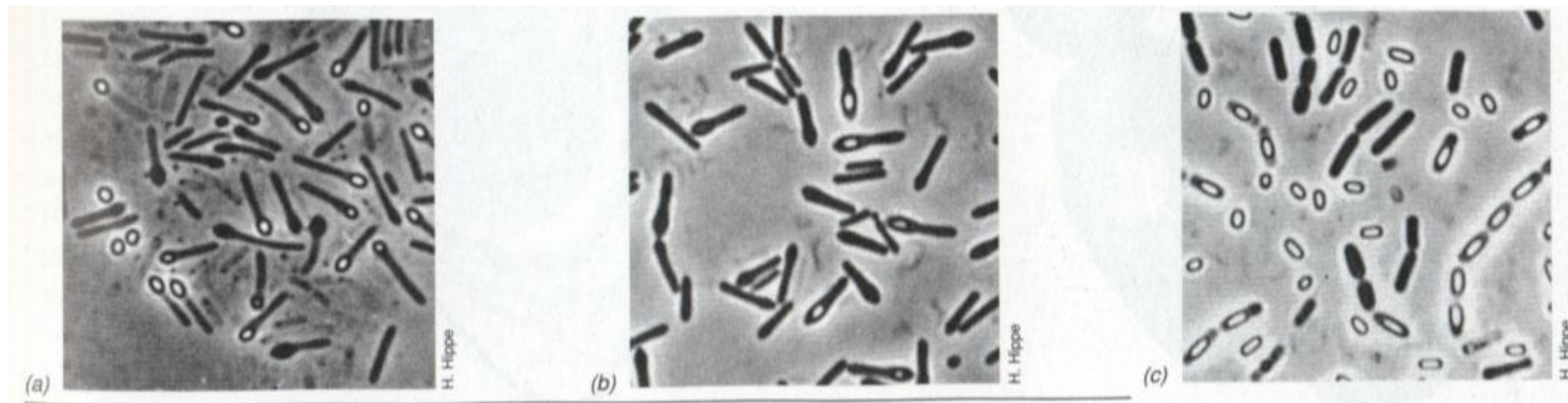
2) 细菌芽孢的特点

整个生物界中抗逆性最强的生命体，是否能消灭芽孢是衡量各种消毒灭菌手段的最重要的指标。

芽孢是细菌的休眠体，在适宜的条件下可以重新转变成为营养态细胞；产芽孢细菌的保藏多用其芽孢。

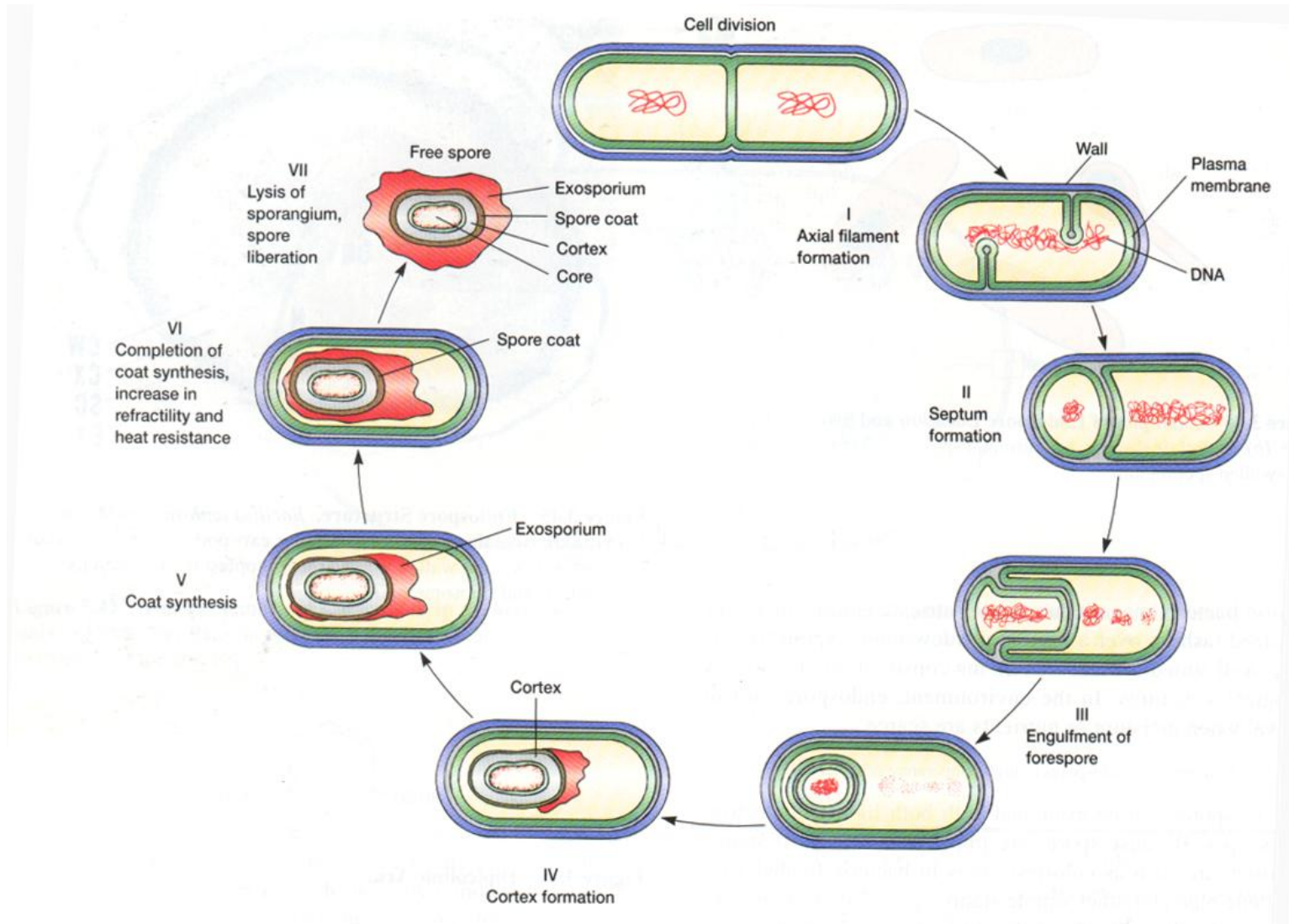
产芽孢的细菌多为杆菌，也有一些球菌。芽孢的有无、形态、大小和着生位置是细菌分类和鉴定中的重要指标。

芽孢与营养细胞相比化学组成存在较大差异，容易在光学显微镜下观察。（相差显微镜直接观察；芽孢染色）



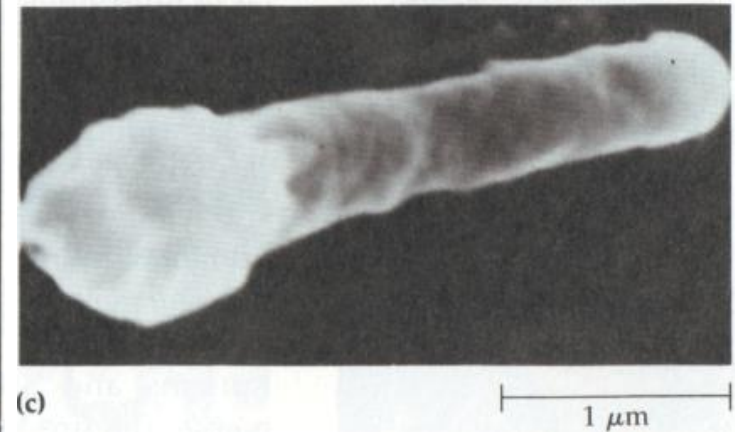
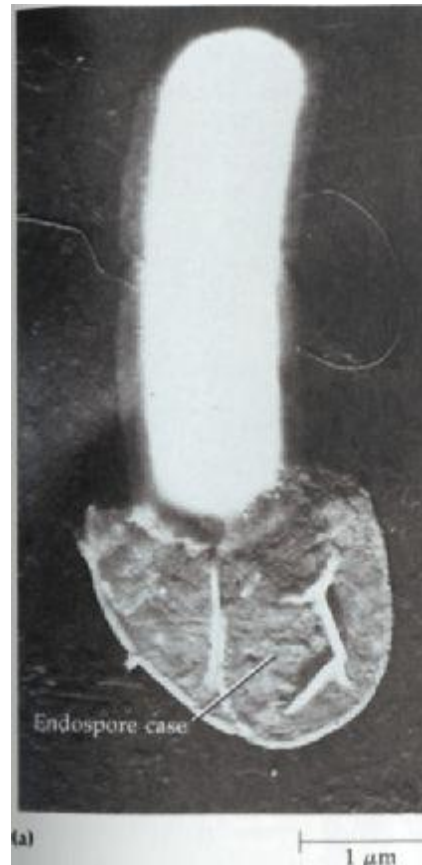
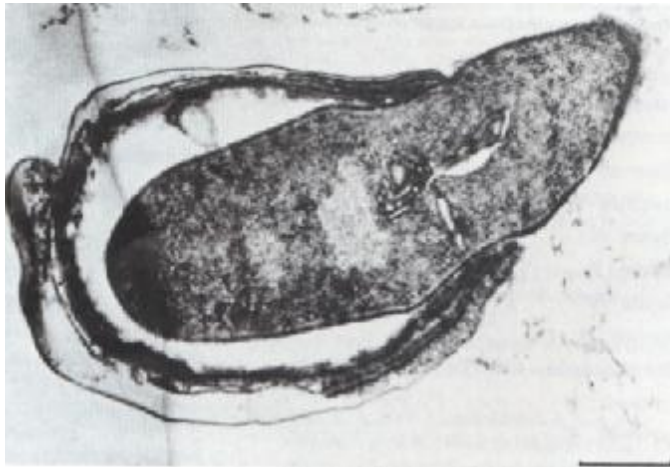
3) 芽孢的形成与芽孢的萌发过程

芽孢形成 (sporulation, sporogenesis)



3) 芽孢的形成与芽孢的萌发过程

芽孢萌发(germination): { 活化(activation)
出芽(germination)
生长(outgrowth)



4) 芽孢的耐热机制

芽孢与母细胞相比不论化学组成、细微结构、生理功能等方面都完全不同

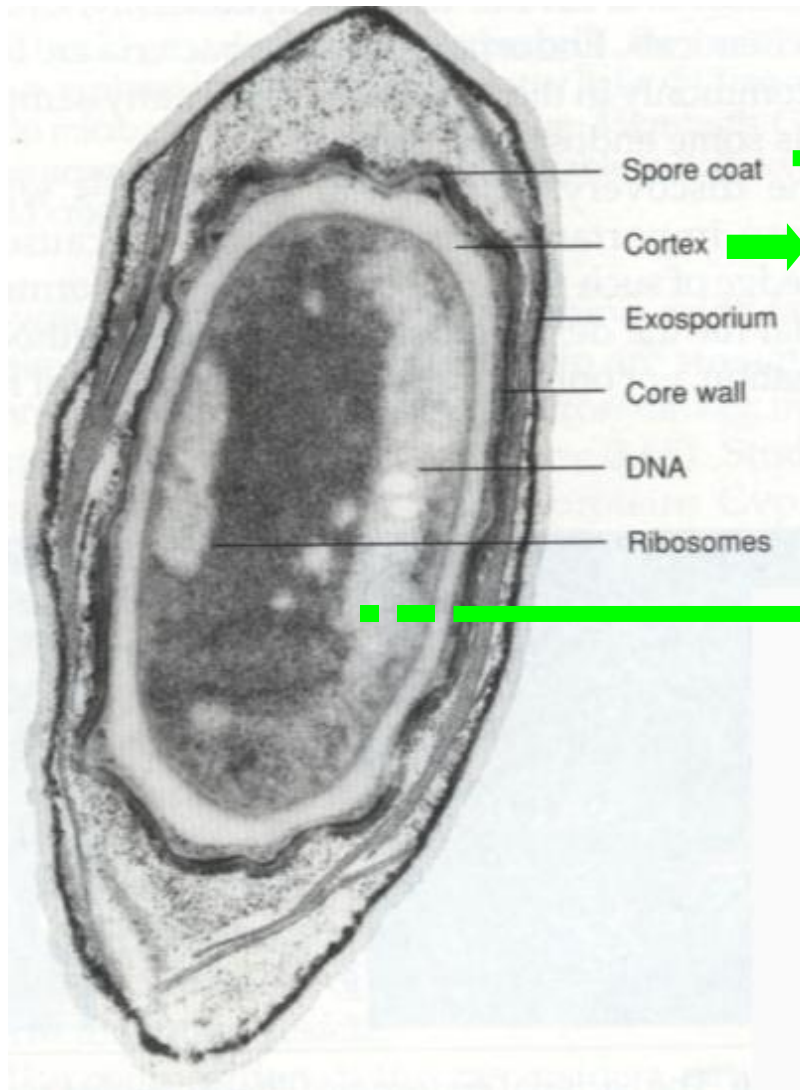
a. 芽孢中含有独特的DPA-Ca

2, 6-吡啶二羧酸钙盐 (DPA-Ca)

(dipicolinic acid - Ca)

b. 渗透调节皮层膨胀学说 (osmoregulatory expanded cortex theory)

4) 芽孢的耐热机制



芽孢衣对多价阳离子和水分的透性很差

皮层的离子强度很高，产生极高的渗透压夺取芽孢核心的水分，结果造成皮层的充分膨胀。

核心部分的细胞质却变得高度失水，因此，具极强的耐热性。

渗透调节皮层膨胀学说
(osmoregulatory expanded cortex theory)

四、细菌的繁殖

一个母细胞产生二个或二个以上子细胞的过程称为繁殖。

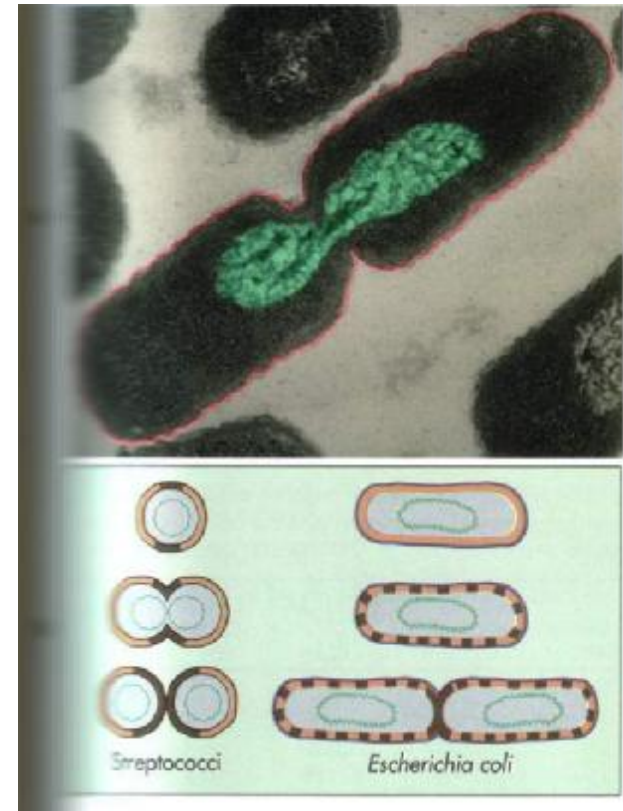
一般为无性繁殖，二分裂法 (binary fission) 。

同形裂殖：裂殖后形成的子细胞大小相等。

异形裂殖：分裂产生两个大小不等的子细胞。

细菌分裂过程：

- ①核分裂
- ②形成横隔壁
- ③子细胞分离



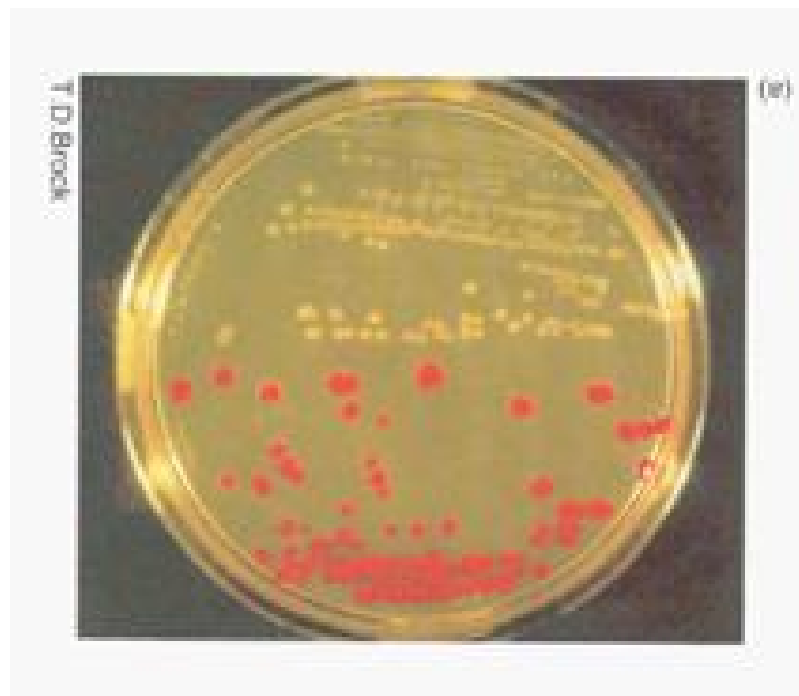
五、细菌的培养特征

细菌的培养特征是指细菌在培养基上所表现的群体形态和生长情况。

1. 细菌的菌落特征

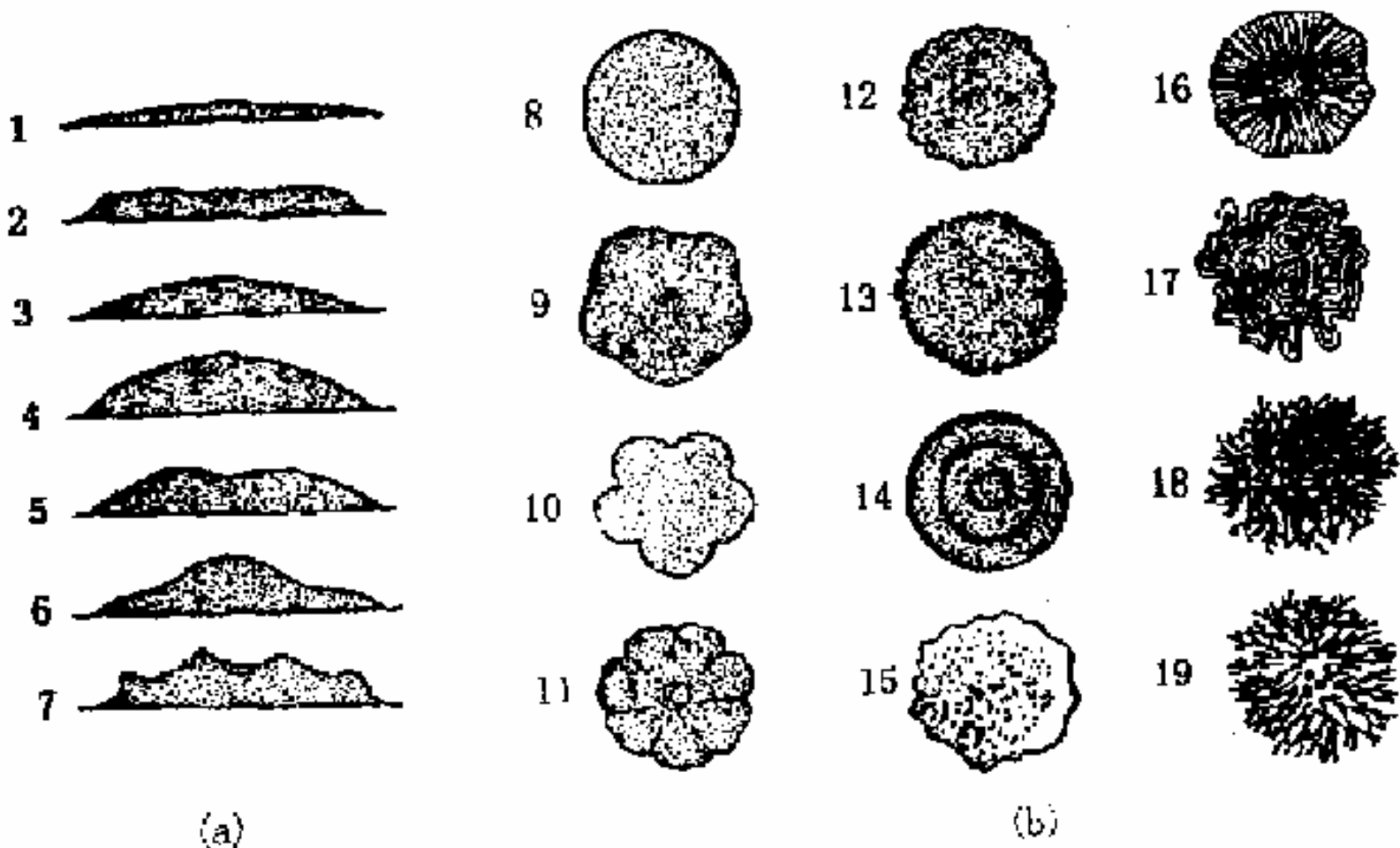
菌落 (colony) 在培养基表面或里面聚集形成一个以母细胞为中心的一堆肉眼可见的、具有一定形态的子细胞群体。

菌苔 (lawn) 大量细胞密集生长,结果长成的各“菌落”连接成一片。



细菌的菌落特征包括：

大小、形状、边缘、光泽、质地、透明度、颜色、隆起和表面状况



2.细菌的其他培养特征

斜面培养特征:

菌苔的生长程度、形状、光泽、质地、透明度、颜色、隆起和表面状况等。



液体培养



半固体培养

六、食品中常见的细菌

1. 假单胞杆菌属 (*Pseudomonas*)

直的或弯杆状 ($0.5\sim 1\ \mu\text{m}\times 1.5\sim 4\ \mu\text{m}$)，革兰氏阴性菌，极生鞭毛，可运动、不生芽孢。

荧光假单胞菌 (*Ps. fluorescens*)

腐败假单胞菌 (*Ps. putrefacicus*)

菠萝假单胞菌 (*Ps. ananas*)

2. 醋酸杆菌属 (Acetobacter)

革兰氏阴性菌杆状菌，单生或成链状，无芽孢，需氧，运动或不运动。

3. 无色杆菌属 (Achromobacter)

革兰氏阴性杆菌，有鞭毛，能运动。

4. 产碱杆菌属 (Alcaligenes)

革兰氏阴性菌

5. 黄杆菌属 (Flavobacterium)

革兰氏阴性，极生鞭毛，好氧或兼性厌氧，有机营养型。

6. 芽孢杆菌属 (*Bacillus*)

革兰氏阳性，端生或周生鞭毛，好氧或兼性厌氧，可产芽孢。

蜡状芽孢杆菌 (*Bacillus cereus*)

枯草芽孢杆菌 (*Bacillus subtilis*)

炭疽芽孢杆菌 (*Bacillus anthracis*)

7. 梭状芽孢杆菌 (*Clostridium*)

革兰氏阳性厌氧杆菌

解糖嗜热梭状芽孢杆菌 (*C. thermosaccharolyticum*)

腐败梭状芽孢杆菌 (*C. putrefaciens*)

肉毒梭状芽孢杆菌 (*C. botulinum*)

8. 微球菌属 (*Micrococcus*)

革兰氏阳性球菌，需氧或兼性厌氧。

9. 链球菌属 (*Streptococcus*)

革兰氏阳性，好氧或兼性厌氧，细胞为球形、卵形，呈短链或长链排列

酿脓链球菌 (*Streptococcus pyogenes*)

乳房链球菌 (*S. uberis*)

无乳链球菌 (*S. agalactiae*)

10. 葡萄球菌属 (Staphylococcus)

革兰氏阳性球菌，无荚膜、无鞭毛、无芽孢
金黄色葡萄球菌 (Staphylococcus aureus)

11. 北京棒状杆菌 (Corynebacterium Pekinensis)

革兰氏阳性，无芽孢，好氧或兼性厌氧

12. 乳酸菌 (Lactic Acid Bacteria)

革兰氏阳性，不运动或极少能运动，无芽孢，
厌氧或兼性厌氧

13. 肠杆菌科各属 (Enterobacteriaceae)

革兰氏阴性菌、需氧或兼性厌氧菌

埃希氏杆菌属 (Escherichia)

沙门氏菌属 (Salmonella)

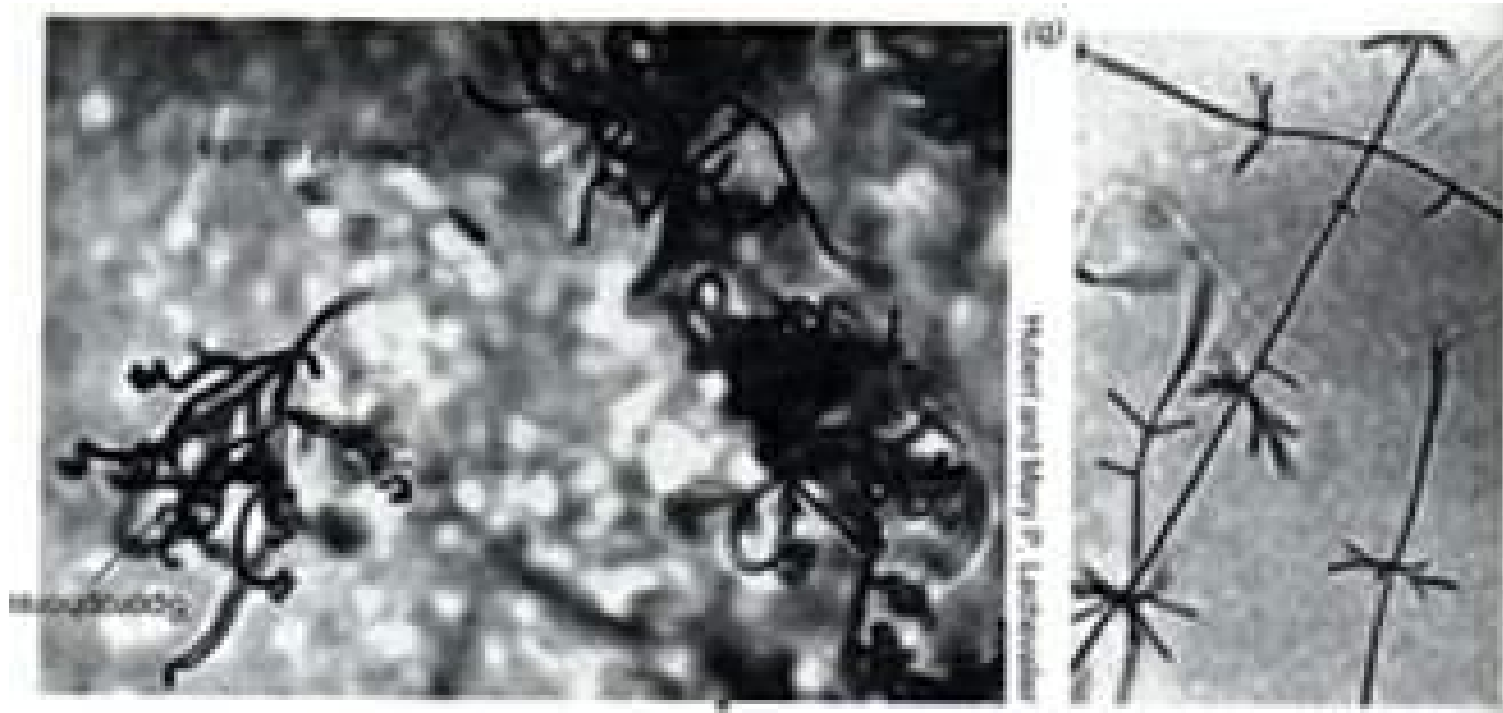
变形杆菌属 (Proteus)

第二节 放线菌 (Actinomyces)



放线菌的概念:

放线菌(Actinomycetes)是一类具有丝状分枝细胞和无性孢子的G⁺原核微生物,由于菌落呈放射状而得名。



放线菌实际上是属于细菌范畴内的原核微生物,只不过其细胞形态为分枝状菌丝。

一、放线菌的形态与结构

（一）放线菌的个体形态

- t 单细胞，大多由分枝发达的菌丝组成；
- t 菌丝直径与杆菌类似，约 $1\mu\text{m}$ ；
- t 细胞壁组成与细菌类似，革兰氏染色阳性（少数阴性）；
- t 细胞的结构与细菌基本相同，

(一) 放线菌的个体形态

放线菌的菌丝按形态和功能可分为：

营养菌丝、气生菌丝和孢子丝三种。



（一）放线菌的个体形态

1、营养菌丝

匍匐生长于培养基内，吸收营养，也称基内菌丝。一般无隔膜，直径0.2-0.8 μm ，长度差别很大，有的可产生色素。

2、气生菌丝

营养菌丝发育到一定阶段，伸向空间形成气生菌丝，叠生于营养菌丝上，可覆盖整个菌落表面。在光学显微镜下观察，颜色较深，直径较粗（1-1.4 μm ），有的产色素。

3、孢子丝

气生菌丝发育到一定阶段，其上可分化出形成孢子的菌丝，即孢子丝，又称产孢丝或繁殖菌丝。其形状和排列方式因种而异，常被作为对放线菌进行分类的依据。

(一) 放线菌的个体形态

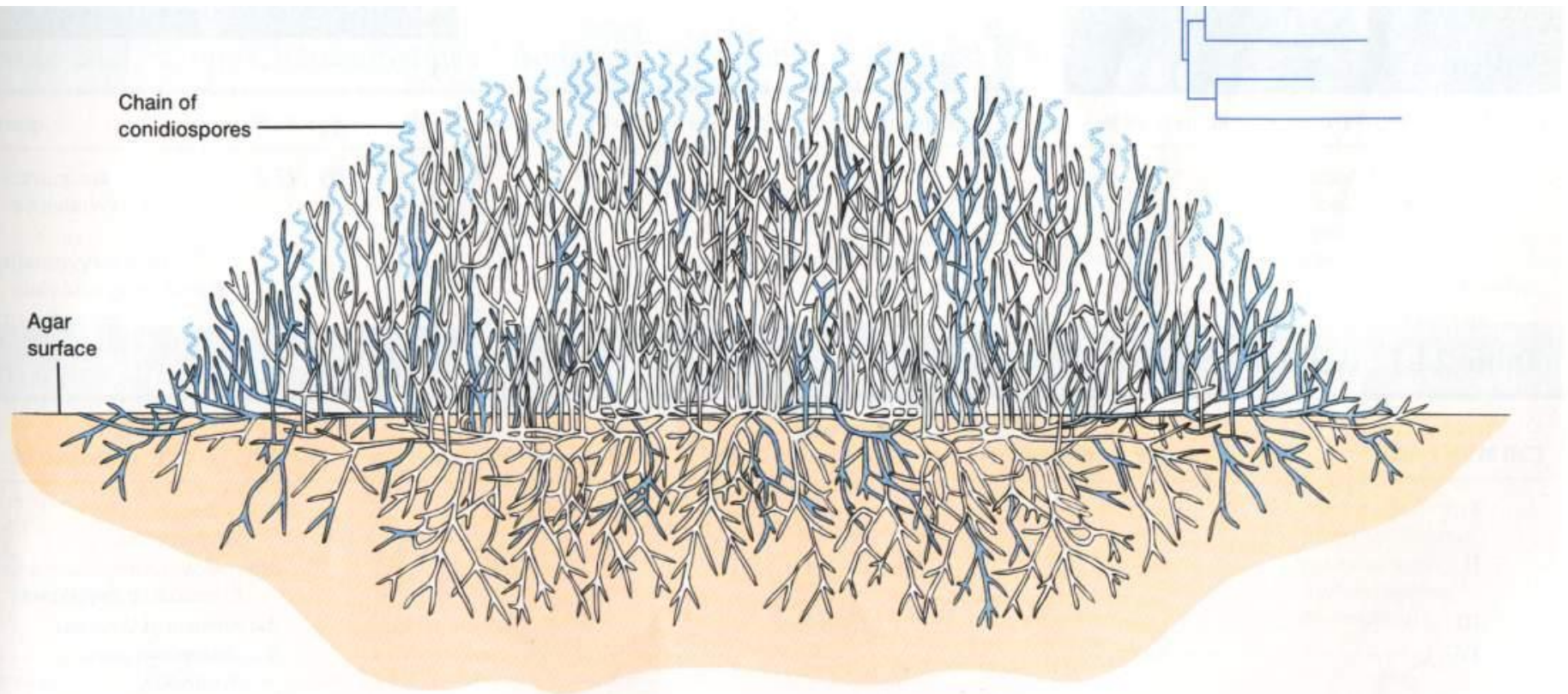


Figure 24.1 An Actinomycete Colony. The cross section of an actinomycete colony with living (green) and dead (white) hyphae. The substrate mycelium and aerial mycelium with chains of conidiospores are shown.

(二) 放线菌的菌落形态

菌落形态

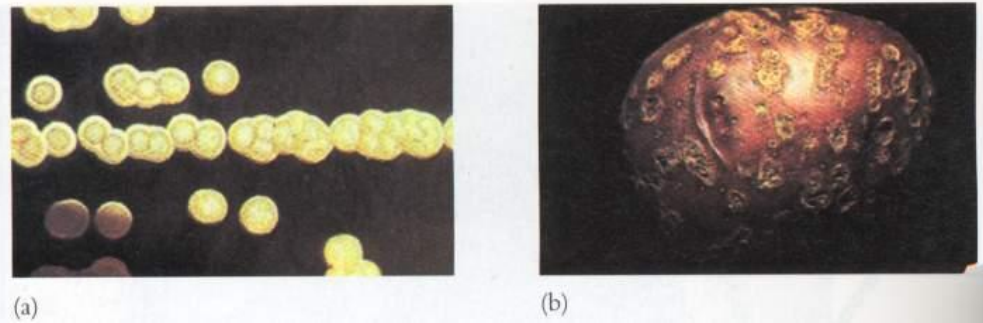
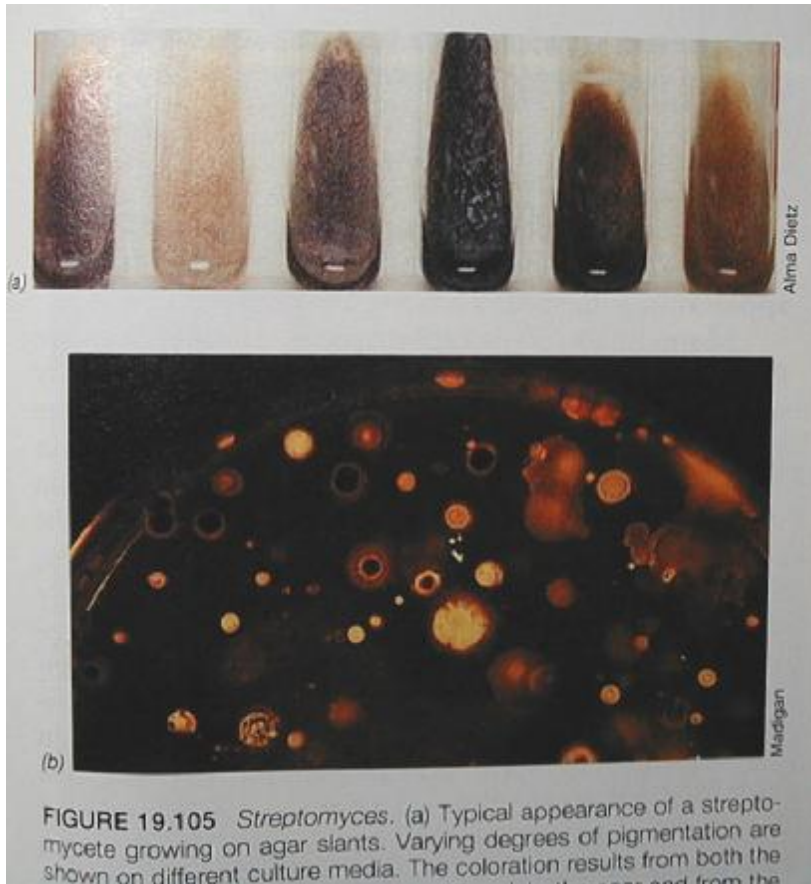
能产生大量分枝和气生菌丝的菌种（如链霉菌）

菌落质地致密，与培养基结合紧密，小而不蔓延，不易挑起或挑起后不易破碎。

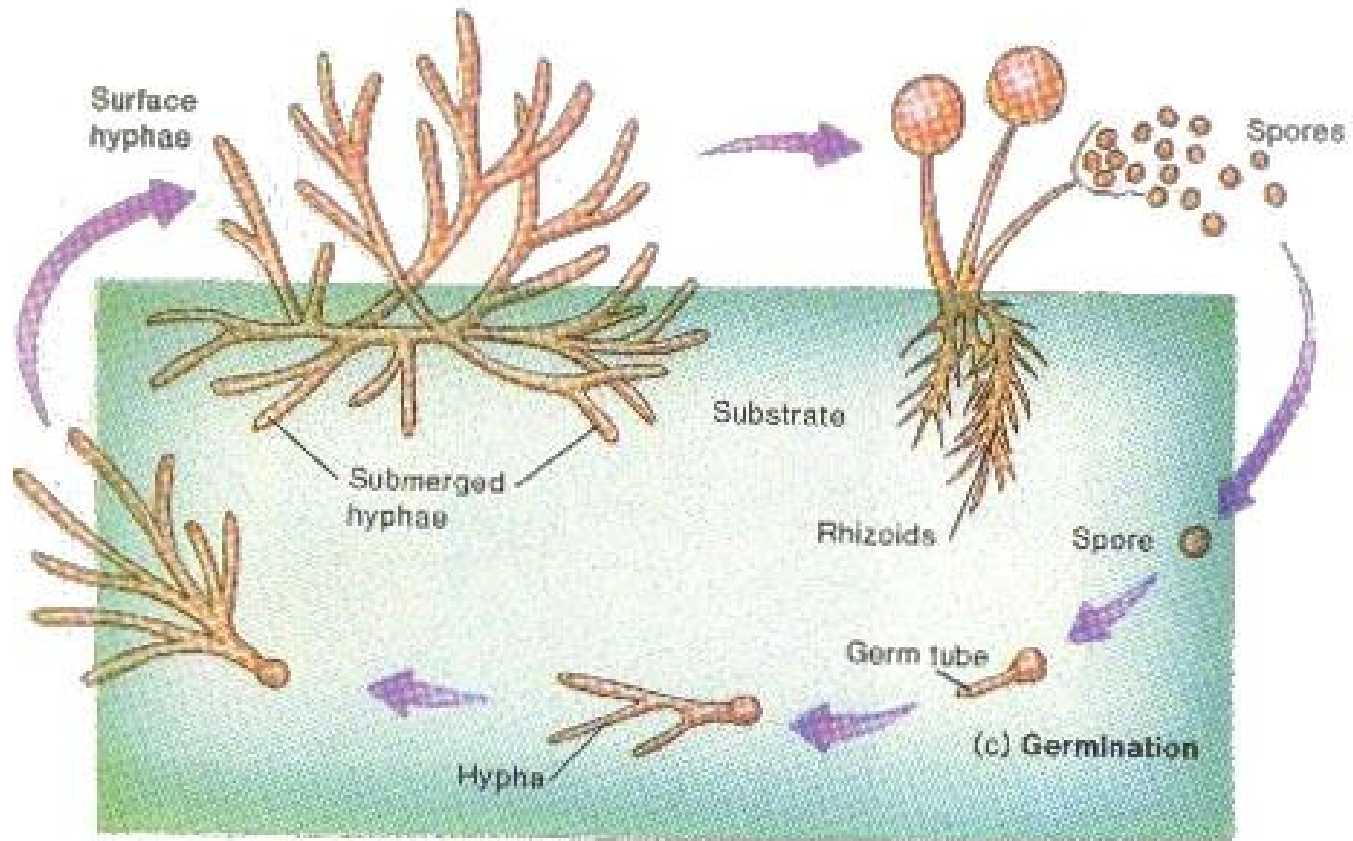
不能产生大量菌丝体的菌种（如诺卡氏菌）

粘着力差，粉质，针挑起易粉碎

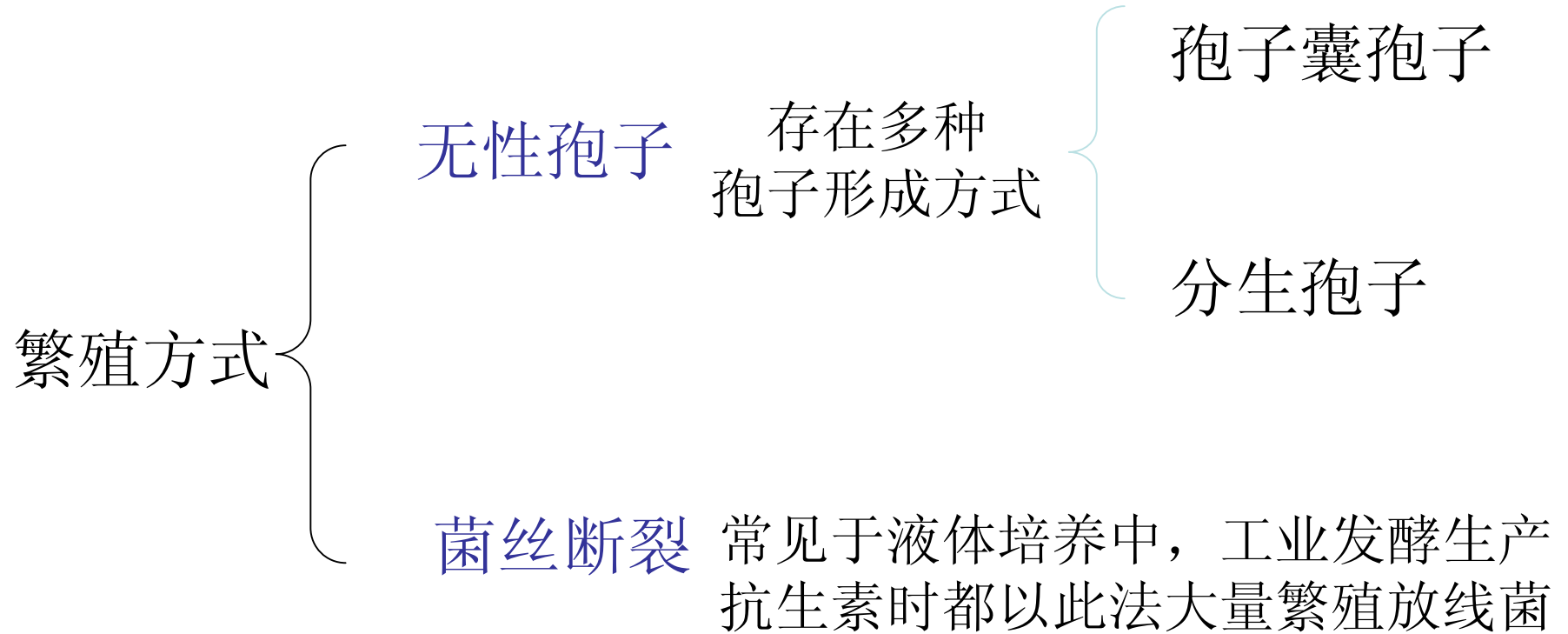
(二) 放线菌的菌落形态



二、放线菌的繁殖



二、放线菌的繁殖



细菌的芽孢是休眠体，而放线菌的孢子是繁殖体

三、放线菌的代表属

1. 链霉菌属 (*Streptomyces*)

- 龟裂链霉菌 (*S.rimosus*) 产生土霉素
- 灰色链霉菌 (*S.griseus*) 产生链霉素
- 红霉素链霉菌 (*S.erythreus*) 产生红霉素。

2. 诺卡氏菌属 (*Nocardia*)

3. 放线菌属 (*Aetinomyces*)

4. 小单孢菌属 (*Micromonospora*)

- 绛红小单孢菌 (*M.purpurea*) 和棘孢小单孢菌 (*M.echinospora*) 产生庆大霉素

5. 链孢囊菌属 (*Streptosporangium*)

- 粉红链孢囊菌 (*S.roseum*) 产生多霉素 (polymycin)
- 绿灰链孢囊菌 (*S.viridogriseum*) 产生绿菌素 (sporaviridin)。

四、分布特点及与人类的关系

放线菌常以孢子或菌丝状态极其广泛地存在于自然界，土壤中最 多，其代谢产物使土壤具有特殊的泥腥味。

能产生大量的、种类繁多的抗生素（其中90%由链霉菌产生）

有的放线菌可用于生产维生素、酶制剂；此外，在甾体转化、石油脱蜡、烃类发酵、污水处理等方面也有应用

少数寄生型放线菌可引起人、动物（如皮肤、脑、肺和脚部感染）、植物（如马铃薯和甜菜的疮痂病）的疾病。