

به نام خدا



دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی کرکان

میکروبیولوژی عمومی  
(علوم و مهندسی صنایع غذایی)  
گردآوری:

دکتر علی مویدی (عضو هیئت علمی گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی)

# علم میکروبیولوژی

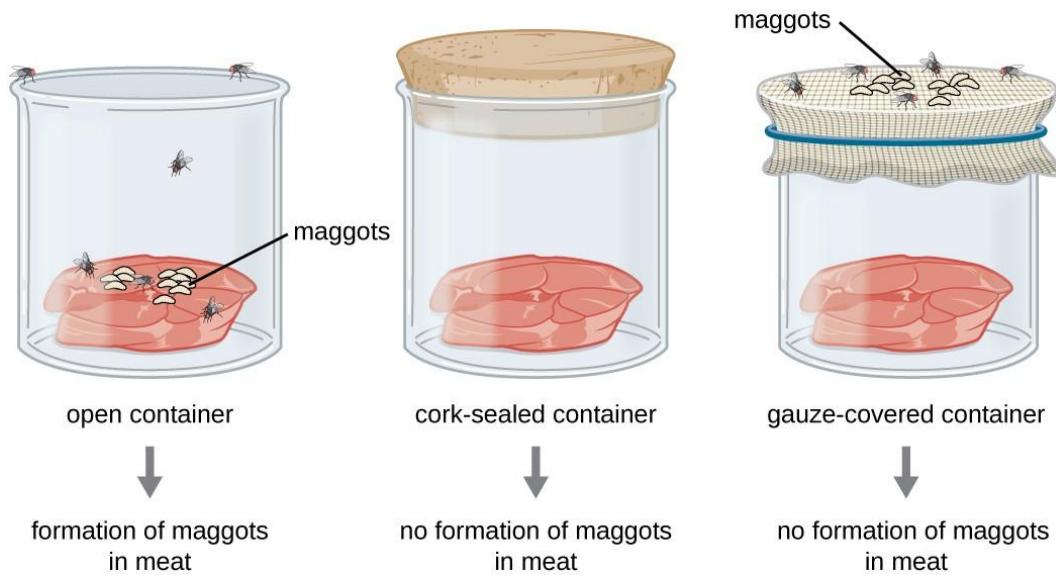
۵۰ این علم رشته ای از علوم زیستی است که به بررسی و مطالعه میکروارگانیسم ها (شکل، ساختمان، فیزیولوژی، متابولیسم و سایر ویژگی ها) و ارتباط این موجودات با خودشان و همچنین با دیگر موجودات مانند انسان، حیوان و گیاه می پردازد.

## ۵۱ اهمیت علم میکروبیولوژی

- ❖ به عنوان یک علم زیست شناسی پایه، ابزار پژوهشی فوق العاده ای جهت درک ماهیت فرایندهای زندگی فراهم می سازد.
- ❖ به عنوان علم زیست شناسی کاربردی، با بسیاری از مسائل عملی مهم در پزشکی، کشاورزی و صنایع مختلف سر و کار دارد.

# تاریخچه میکروب شناسی

- علم میکروبیولوژی از سال ۱۶۷۴ هنگامیکه آنتونی وان لیون هوک (antony-van leewen hook) تاجر هلندی، با میکروسکوپ ساده خود قطره آب دریاچه ای را مورد مطالعه قرار داد متولد گردید.
- در سال ۱۶۶۵ فرانسیسکو ردی نشان داد که کرم هایی که در گوشت های گندیده تولید می شوند، مراحل لاروی حشرات هستند و اگر گوشت را در ظرفی قرار داده و سر آن را با پارچه ای محکم بینندن، حشره نمی تواند در آن تخم ریزی کند و بنابراین کرم ظاهر نخواهد شد.

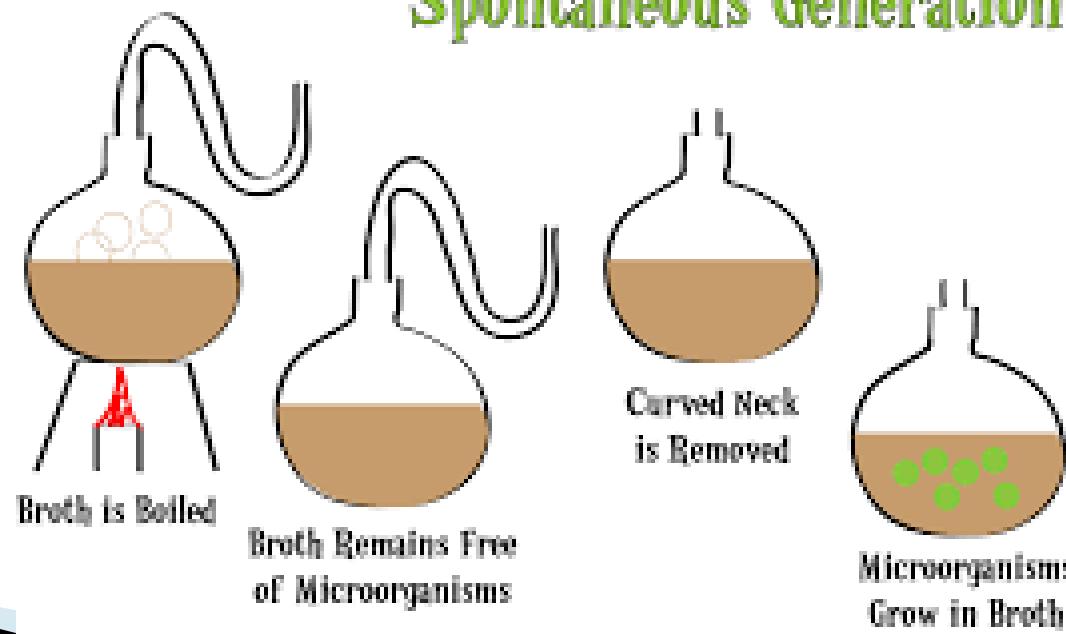


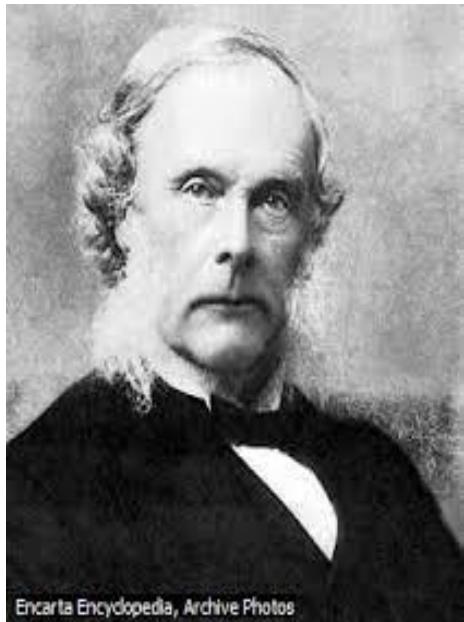
- با وجود این یافته و آزمایشات دیگری از این دسته، احتمال اینکه ماده آلی بتواند به طور خلق الساعه، اشکال ذره بینی را به وجود آورد به سرعت پیشنهاد گردید.

لوئی پاستور با یک آزمایش اختصاصی نظریه‌ی تولید خود به خودی اجرام (biogenesis) را برای همیشه رد کرد.



## Pasteur's Test of Spontaneous Generation





Encarta Encyclopedia, Archive Photos



- از دیگر کارهای پاستور، پیشنهاد اصول میکروب شناسی عملی، از قبیل: سترون کردن با حرارت خشک و مرطوب، طرز تهیه‌ی محیط کشت، شرایط محیط کشت از قبیل pH، درجه حرارت، فشار اکسیژن و ... استفاده از پنبه برای بستن سر لوله‌ها، وجود میکروب‌های اولترا میکروسکوپی و واکسیناسیون جهت پیشگیری بیماری‌های عفونی بود.
- یک جراح انگلیسی به نام ژوزف لیستر (Joseph Lister)، با کمک مطالعات پاستور، دریافت که میکروب‌های موجود در هوا، لباس و دست‌های جراح، طی عمل جراحی بافت را آلوده می‌کنند و موجب مرگ و میر دیگری می‌شوند.
- ژوزف لیستر با روش‌های استریل کردن وسایل جراحی، ضد عفونی کردن لباس‌ها و پخش مواد ضد عفونی در هوای اتاق عمل، موفق شد از عفونت‌های جراحی بکاهد.



➤ روبرت کخ (Robert Koch)، در نخستین مشاهده های خود بر روی سیاه زخم، اختصاصی بودن یک میکروب خاص را برای ایجاد یک عفونت معین به اثبات رسانید.

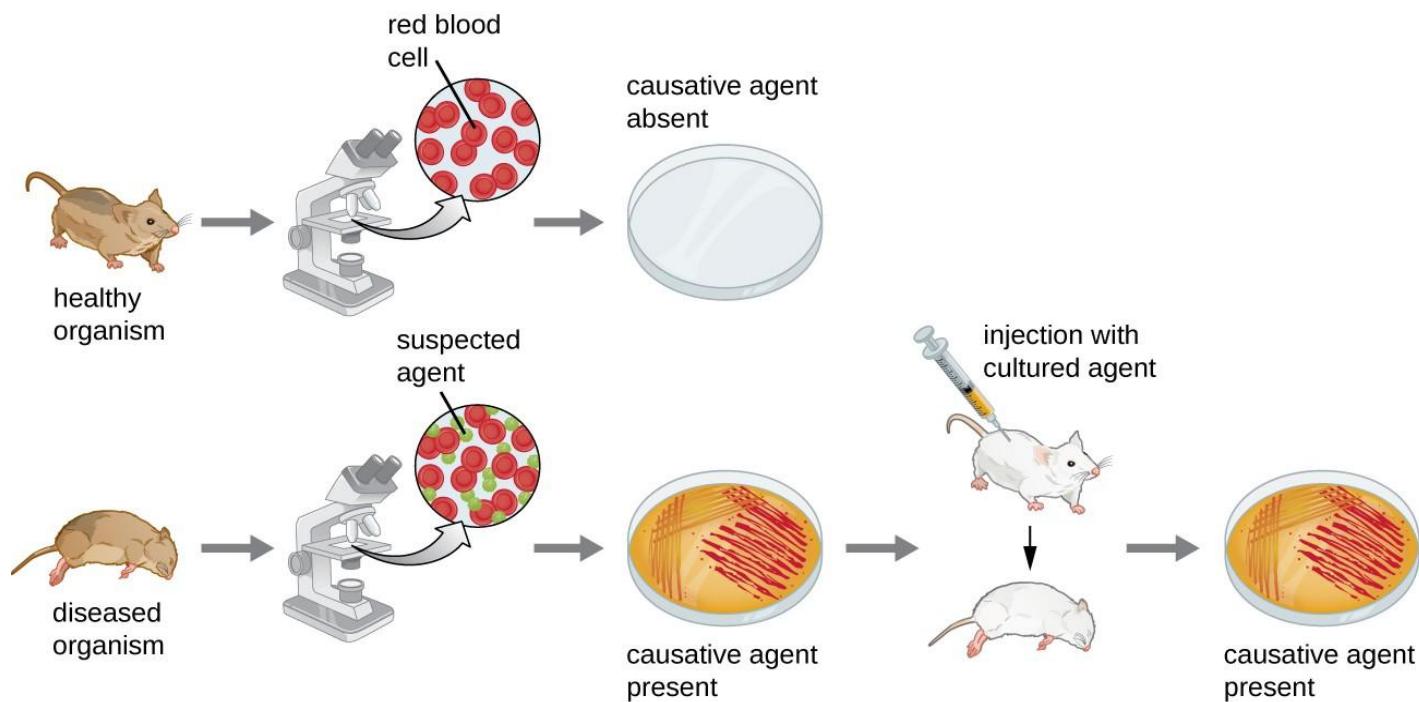
➤ روبرت کخ اصول چهارگانه ای «اصول کخ» منتشر کرد، که باید به هنگام نسبت دادن یک میکروب به یک عفونت معین در نظر گرفت.

➤ کخ درباره‌ی تهیه‌ی گسترش، رنگ آمیزی، عکس برداری از میکروب‌ها، نیز رساله‌ی دیگری انتشار داد.

# اصول کخ

- ۱- باید میکروب را در رابطه با بیماری مشاهده کنیم.
- ۲- باید بتوانیم از آن میکروب خاص، کشت خالص تهیه کنیم.
- ۳- میکروبی را که از آن کشت خالص تهیه کردیم به یک حیوان حساس تزریق می کنیم و همان بیماری در همان حیوان حساس باید به وجود بیاید.
- ۴- دوباره از آن حیوان حساس میکروبی که جدا می کنیم باید همان میکروب اولیه باشد که کشت خالص داده ایم.

# کخ و نظریه عامل مولد بیماری



1 The suspected causative agent must be absent from all healthy organisms but present in all diseased organisms.

2 The causative agent must be isolated from the diseased organism and grown in pure culture.

3 The cultured agent must cause the same disease when inoculated into a healthy, susceptible organism.

4 The same causative agent must then be reisolated from the inoculated, diseased organism.

استفاده از ژلاتین در محیط کشت شد خوب بود اما دو عیب بود:

.1 هضم و ذوب ژلاتین توسط بعضی از میکروب‌ها

.2 مایع شدن در حرارت‌های بالاتر از ۷۲ درجه

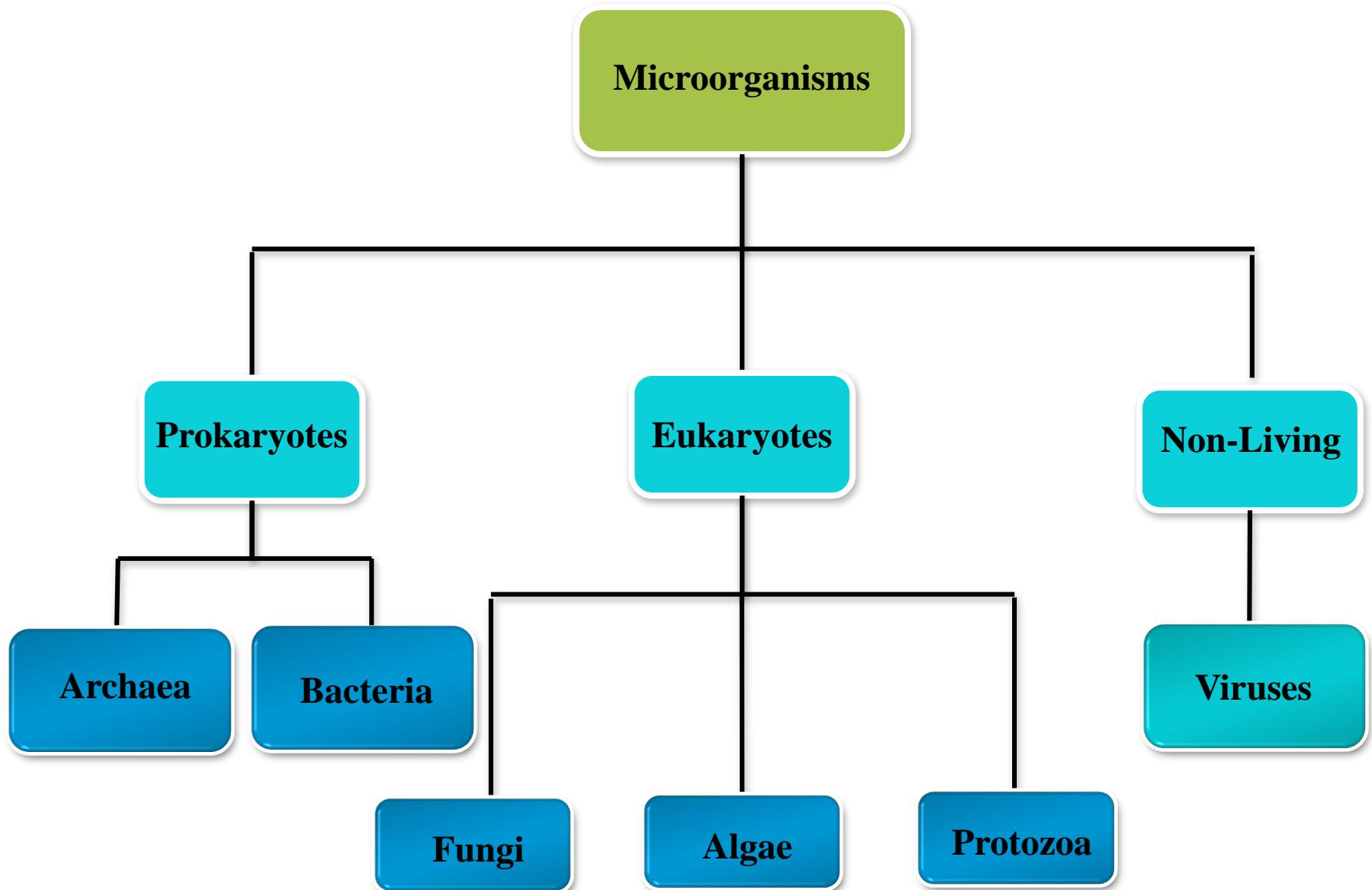
▶ **Hess** از آگار به عنوان ماده‌ی جامد کننده‌ی محیط کشت استفاده نمود.

آگار از یک نوع جلبک قرمز دریایی است که برخلاف ژلاتین می‌تواند حرارت ۳۷ درجه را که برای رشد تمام باکتری‌های بیماری‌زای انسان مناسب است، تحمل نماید و هیچ میکروبی به جز انواع کمی از باکتری‌ها آن را هضم و ذوب نمی‌نمایند.

پتری **Petri** دستیار کخ، تشتک پتری (پتری دیش) را ابداع کرد.

کخ در سال ۱۸۸۲ میکروب مولد سل و در سال ۱۸۸۳، ویبریون مولد وبا را کشف کرد و بدین وسیله در سال ۱۹۰۵، موفق به دریافت جایزهٔ نوبل شد.

دورانی که پاستور و کخ به مطالعهٔ موجودهای ریز و ذره بینی پرداختند، سال‌های ۱۸۷۵-۱۹۱۰ «دوران طلایی میکروبیولوژی» نامیده شد، زیرا شناسایی موجودات ریز، با سرعت بسیار زیادی در آن زمان گسترش یافت.



- ▶ میکروبیولوژی به گروه های زیر تقسیم می شود:
۱. باکتری شناسی



۱. قارچ شناسی
۲. جلبک شناسی
۳. ویروس شناسی

**نکته:** همه گروه ها جز ویروس ها دارای ساختار سلولی هستند. برخی ویروس ها را دارای حیات نمی دانند اما چون ویروس ها دارای ژن هستند و توانایی تکثیر و ساختن پروتئین را دارند نمی توان این موضوع را نادیده گرفت.

یک سلول انسان ۳۰ هزار ژن- یک سلول باکتریایی ۳ هزار ژن- یک ویروس ۳ ژن  
نکته دیگر: عواملی مانند پریون ها و ویروئید ها از ویروس ها نیز ساده ترند.

پریون ها: پریون ها پاتوژنهای جدیدی که بیماری های کشنده با آسیبهای عصبی را ایجاد می نمایند. **prion** ذره عفونت زای پروتئینی است که نام آن از ابتدای دو کلمه (PROteinaceous INfected Cells) گرفته شده . استانگی بروسینر از اصطلاحات **Only protein** (فقط پروتئین) برای بیان این پدیده استفاده کرد (یعنی تبدیل پروتئین طبیعی بدن به فرم غیر طبیعی بیماریزا، بدون دخالت اسید نوکلئیک).

▶ **ویروئید ها:** **Viroids** کوچکترین عوامل بیماری زای گیاهی هستند. اصطلاح ویروئید اولین بار توسط دینر در سال ۱۹۷۱ برای توصیف عامل بیماری دوکی شدن غده سیب زمینی به کار برده شد. **ویروئید ها مولکول های RNA** بیمارگر، قادر پوشش پروتئینی، حلقوی تک رشته ای و کوچک با طول چند صد نوکلئوتید (۴۰۲ الی ۲۴۶ نوکلئوتید).

# طبقه بندی میکروارگانیسم ها

- وقتی دنیای میکروبی در قرن ۴۶ کشف گردید شکی نبود که این اجرام ذره بینی زنده، بر حسب شکل و رفتار، جزء گیاهان یا جانوران قرار دارند.
- به منظور پیشگیری از قرار گرفتن موجودات حد واسط در قلمرو گیاهان و یا جانوران، هگل در سال ۱۸۶۶ پیشنهاد نمود که میکروارگانیسم ها را در یک قلمرو مجزا به نام پروتیست ها (آغازیان) جای دهند. بنا به تعریف هگل، پروتست ها شامل جلبک ها، قارچ ها، باکتری ها و تک یاخته ها می شوند.
- با بکارگیری تکنیک های میکروسکوپ الکترونی، مشخص شد جلبک ها، پروتوزوئرها و قارچ ها دارای سلول هایی هستند که شباهت بسیار با سلول های گیاهان و جانوران دارند و به نام سلول های یوکاریوت (Eukaryotic) خوانده می شوند.
- سلول باکتری دارای ساختمان ساده و ابتدایی بوده و به نام سلول پروکاریوت (Prokaryotic) نامیده می شود. به این ترتیب باکتری در سلسله ای مستقل پروکاریوت ها یا سلسله ای مونرا (Monera) جای گرفت.
- در سال ۱۹۶۹ ، ویتاکر (R.H.Wittaker) قارچ ها را به دلیل تفاوت های اساسی که با گروه پروتوزوئرها و جلبک ها داشتند از سلسله آغازیان جدا کرد و در سلسله ای جدایانه ای قرار داد و به این ترتیب سیستم ۵ سلسله ای را برای طبقه بندی موجودات زنده پیشنهاد کرد:
  - .۱ سلسله جانوران
  - .۲ سلسله گیاهان
  - .۳ سلسله قارچ ها
  - .۴ سلسله آغازیان
  - .۵ سلسله باکتری ها (پروکاریوت ها).

نکته: تفاوت یوکاریوت ها و پروکاریوت ها در نبودن غشا دور هسته و عدم وجود میتوکندری و واکوئل و شبکه اندوپلاسمی در پروکاریوت ها است.

# The Three-Domain System

**TABLE 10.1**

**Some Characteristics of Archaea, Bacteria, and Eukarya**

	Archaea	Bacteria	Eukarya
<b>Cell Type</b>	Prokaryotic	Prokaryotic	Eukaryotic
<b>Cell Wall</b>	Varies in composition; contains no peptidoglycan	Contains peptidoglycan	Varies in composition; contains carbohydrates
<b>Membrane Lipids</b>	Composed of branched carbon chains attached to glycerol by ether linkage	Composed of straight carbon chains attached to glycerol by ester linkage	Composed of straight carbon chains attached to glycerol by ester linkage
<b>First Amino Acid in Protein Synthesis</b>	Methionine	Formylmethionine	Methionine
<b>Antibiotic Sensitivity</b>	No	Yes	No
<b>rRNA Loop*</b>	Lacking	Present	Lacking
<b>Common Arm of tRNA<sup>†</sup></b>	Lacking	Present	Present

\*Binds to ribosomal protein; found in all bacteria.  
†A sequence of bases in tRNA found in all eukaryotes and bacteria: guanine-thymine-pseudouridine-cytosine-guanine.

# Nomenclature of Microorganisms

- Today, microorganism names originate from four different sources
  - 1. **Descriptive** – For example *Staphylococcus aureus* (grape-like cluster of spheres)
  - 2. **Scientist's names** – e.g., *Escherichia coli* (Theodor Esherich)
  - 3. **Geographic places** – *Legionella longbeachiae* (Long Beach, California)
  - 4. **Organizations** - *Bilophila wadsworthia* (VA Wadsworth Medical Center)
  
- Abbreviations for Species
  - – use “sp.” for a particular species, “spp.” for several species (“spp” stands for “species plural”). These abbreviations are not italicized; e.g. Clostridium sp. or Clostridium spp.

# طبقه بندی سلسله باکتری ها

پروکاریوت شامل دو گروه :

۱. باکتری های حقیقی یا یوباكترها (**Eubacteria**) : در برگیرنده همان باکتری های معمولی
۲. آرک ها (**Archae**) به نام باکتری های باستانی نیز نامیده می شوند، که در شرایط محیطی ویژه مانند دمای بالا، غلظت بالای نمک یا PH پایین می توانند زندگی می کنند.

سلسله باکتری ها بر مبنای مشخصات دیواره ای سلولی به ۱ چهار شاخه ای زیر تقسیم می شوند :

- شاخه گراسیلیکوتس (**Grasilicutes**) : باکتری های حقیقی دارای دیواره سلولی و از نوع گرم منفی.
- شاخه فیرمی کوتس (**Firmicutes**) : باکتری های حقیقی دارای دیواره ای سلولی از نوع گرم مثبت هستند، که به دو رده ای زیر تقسیم می شوند:

- ۱- فیرمی باکتری ها (**Firmibacteria**) : باکتری های گرم مثبت ساده هستند که اسپوردار و یا بدون اسپور است .
- ۲- تالوباكتری ها (**Thallobacteria**) : باکتری های گرم مثبت شاخه ای شکل (آکتینومیست ها) است.
- ۳- شاخه تنریکوتس (**Tenericutes**)

این شاخه شامل باکتری های حقیقی فاقد دیواره ای سلولی است. در این شاخه فقط رده ای مولیکوتس شامل انواع متنوعی از مایکوپلاسمها است.

- ۴- شاخه مندوزیکوتس (**Mendosicutes**)
- شامل پروکاریوت هایی اند که دارای دیواره ای سلولی فاقد پپتیدو گلیکان هستند در این شاخه فقط رده آرکئوباكتری ها جای دارند.

# آرکئوباکتری ها یا باکتری های باستانی

- ▶ این باکتری ها:
- ▶ فاقد اسید مورامیک در دیواره‌ی سلولی خود هستند، و بنابراین دیواره سلولی ناقص و فاقد پپتیدوگلیکان دارند.
- ▶ عمدتاً در شرایط نامطلوب مانند غلظت بالای نمک، دمای بالا، شرایط بی‌هوایی، خشکی و آب زندگی می‌کنند.
- ▶ روش تکثیر این ارگانیسم‌ها از طریق تقسیم دوتایی، جوانه‌زن، چروک خوردن، قطعه قطعه شدن است.
- ▶ آرکئوباکتری‌ها شامل سه گروه متانوژن‌ها، هالوفیل‌های مطلق و ترمومواسیدوفیل‌ها می‌باشند.

# اشکال مختلف باکتری ها

- ▶ اشکال مختلف باکتری ها شامل: کوکوس ها، باسیل ها و اسپریل ها می باشد.
- ▶ **کوکوسها**
- ▶ **دیپلوكوکوسها:** هر گاه تقسیم فقط در یک سطح انجام گیرد و باکتریها دو به دو به یکدیگر اتصال داشته باشند آنها را دیپلوكوکوس گویند.
- ▶ **استرپتوكوک:** اگر تقسیمات یاخته ای در یک سطح انجام شود و چند باکتری به دنبال هم قرار گیرند استرپتوكوک می نامند.
- ▶ **تتراد:** اگر تقسیم در دو سطح عمود بر هم باشد، اشکال چهارتایی بوجود می آید که آن را تتراد می نامند.
- ▶ **سارسین:** هر گاه تقسیم یاخته در سه سطح عمود بر هم انجام شود توده های هشت تایی شبیه پاکت پستی بوجود می آید که آن را سارسین می نامند.
- ▶ **استافیلوکوک:** اگر تقسیمات یاخته بطور نامنظم در سطوح مختلف انجام گیرد اشکالی شبیه به خوش انگور بوجود می آورد که استافیلوکوک نامیده می شود.
- ▶ **باسیلهای میله مانند:** باسیلهای میله مانند معولاً به صورت دوتایی یا زنجیری دیده می شوند.
  - ▶ باکتریهای میله ای را از نظر شکل به چند دسته تقسیم می کنند:
    - ▶ **باسیل کوکوسی**، که کوتاه و شبیه کوکوس است.
    - ▶ **باسیل دوکی شکل**، که دو انتهای آن گرد است.
    - ▶ **باسیل رشته ای**، که درازتر از باسیلهای معمولی است.
- ▶ **باکتریهای مارپیچی:** باکتریهای مارپیچی معولاً منفرد، دراز و مارپیچی اند ولی از نظر ابعاد، تعداد و اندازه پیچها و حتی سختی دیواره گوناگون هستند. باسیلهای کوتاه و خمیده ویبریو نام دارند.



Coccus



Coccobacillus



Vibrio



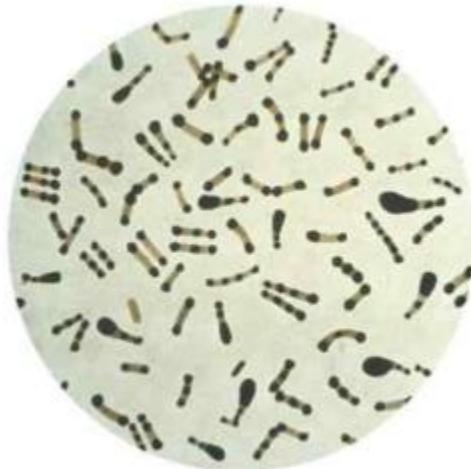
Bacillus



Spirillum



Spirochete



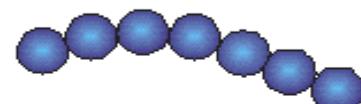
diphtheroid bacilli



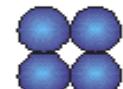
coccus



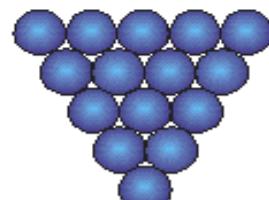
diplococcus



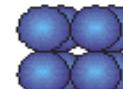
streptococcus



tetrad



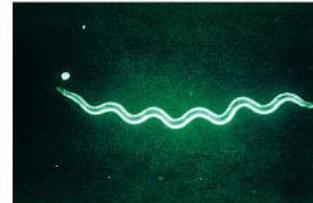
staphylococcus



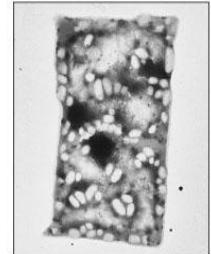
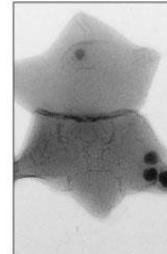
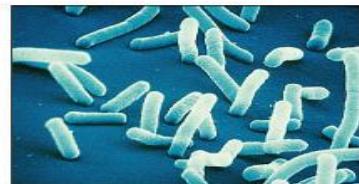
sarcina

# Size and shape of bacterial cells

- Average size: **0.2 -1.0  $\mu\text{m}$   $\times$  2 - 8  $\mu\text{m}$**
- **Basic shapes:**
  - spherical (coccus),
  - rod-shaped (bacillus, coccobacillus)
  - Spiral (vibrio, spirillum, spirochete)



- **Unusual shapes**
  - Star-shaped *Stella*
  - Square *Haloarcula*
- Most bacteria are monomorphic
- A few are pleiomorphic

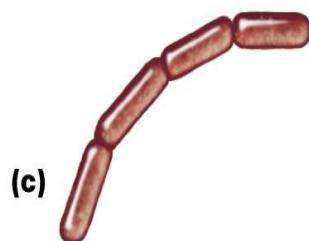
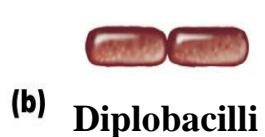


(a) Star-shaped bacteria

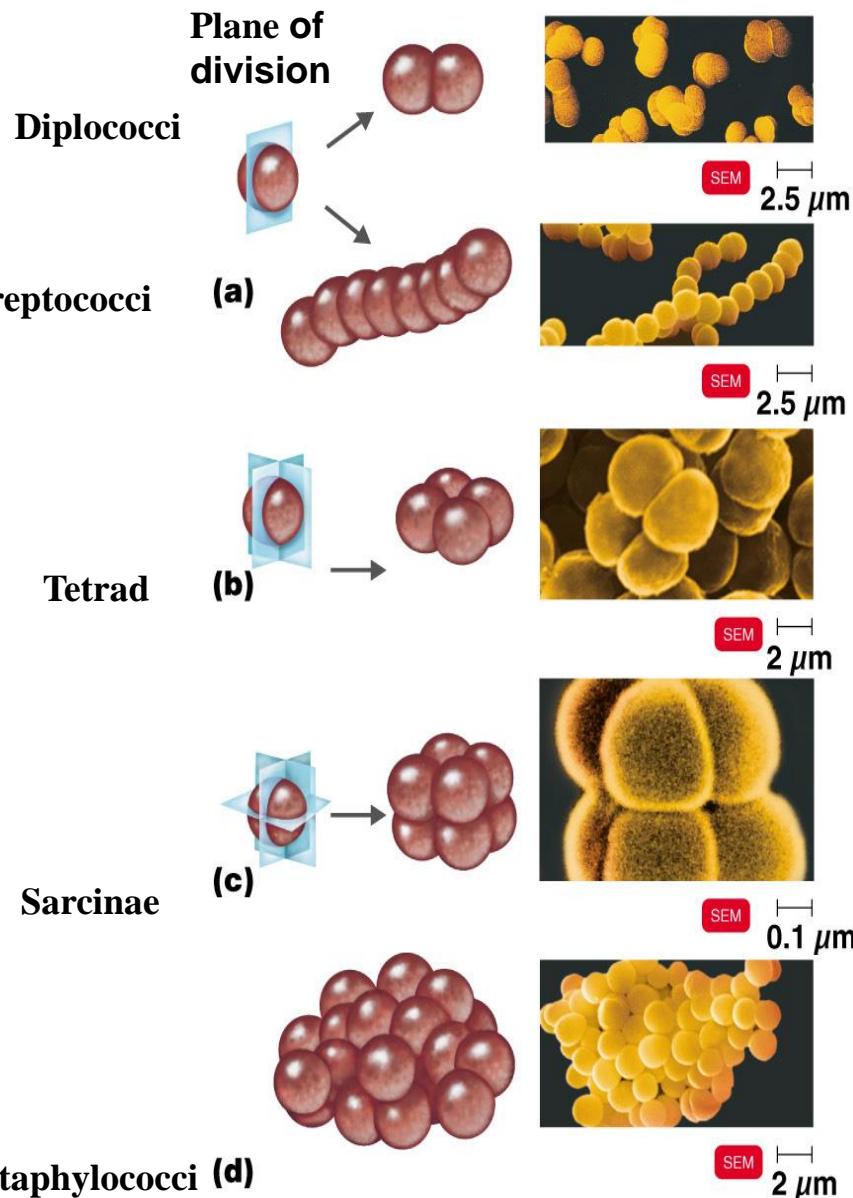
(b) Rectangular bacteria

# Arrangements

- Depend on the **planes of dividing** bacteria form different structures

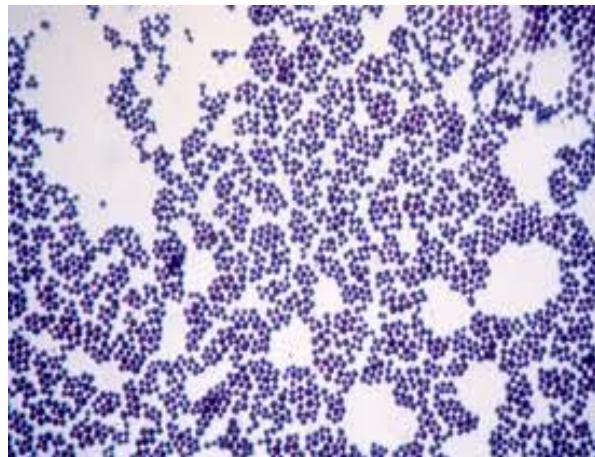


Streptobacilli

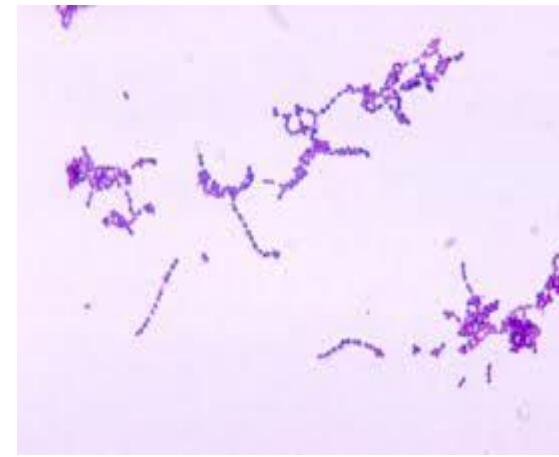




diphtheroid bacilli



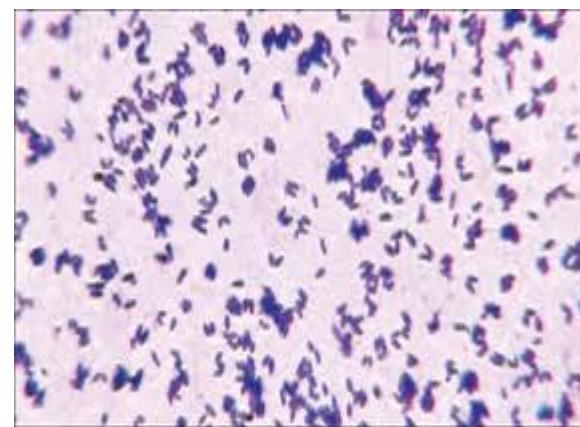
staphylococcus cocci



streptococcus cocci



gram negative bacilli



diphtheroid bacilli

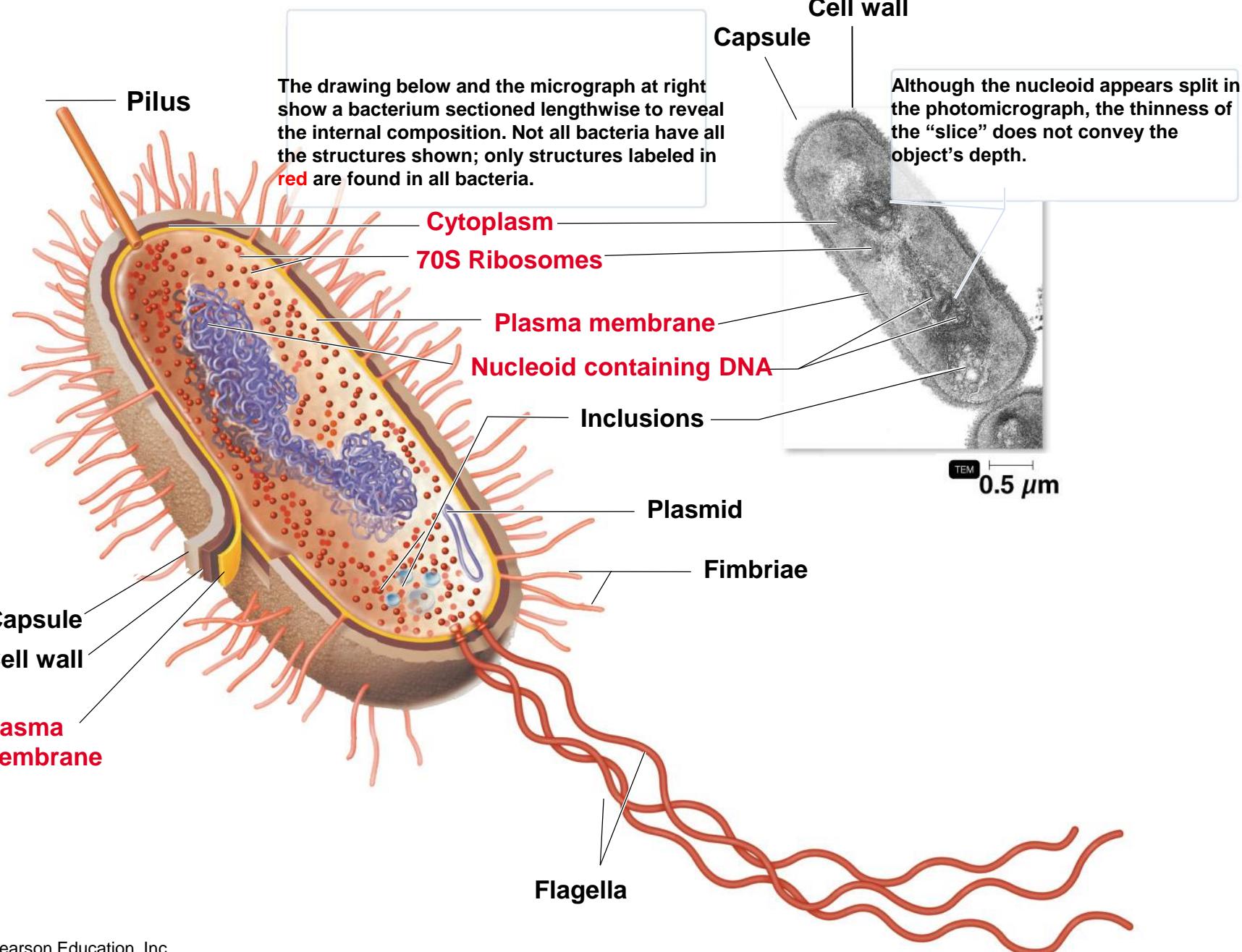
# اندازه‌ی باکتری‌ها

- واحد اندازه‌گیری باکتری‌ها  $0.001$  میلی‌متر است که آن را میکرومتر یا میکرون یا  $\mu$  می‌نامند.
- شکل و اندازه‌ی هر باکتری تابع ژنتیک، شرایط و واکنش محیط کشت، درجه حرارت، سن باکتری و بعضی عوامل دیگر است. شکل و اندازه‌ای که برای هر باکتری تعریف می‌شود، شکل جوان و در شرایط معمولی باکتری است. باکتری وقتی پیر می‌شود یا در شرایط نامساعد قرار می‌گیرد، شکل و اندازه‌ی غیر عادی پیدا می‌کند.

# ساختمان و اجزاء ساختمانی باکتری ها

- ▶ باکتری ها دارای:
  - .1 غشاء سلولی
  - .2 سیتوپلاسم
  - .3 هسته
- .4 دیواره سلولی، **همه ی باکتری ها به جزء مایکوپلاسمها** در خارج غشاء سلولی، لایه‌ی دیگری به نام دیواره سلولی دارند.
- ▶ در بعضی از باکتری ها ممکن است ضمائم دیگری از قبیل تار لرزان تاژک یا فلاژل، کپسول، اسپور و فیمبریه یا پیلی نیز وجود داشته باشد.

# Typical structure of a prokaryotic cell



# Cell Wall

- They are composed of unique components found nowhere else in nature.
  - **Bacteria - Peptidoglycan**
    - Exceptions:
      - **Mycoplasmas – Lack cell walls**
    - **Archaea – no peptidoglycan**  
  - The cell wall of bacteria is **an essential structure for viability**.
    - **Protects the cell (protoplast )** from mechanical damage and from osmotic rupture or **lysis**
  - They provide **ligands for adherence**.
  - They cause symptoms of disease in animals.
  - Receptor sites for drugs or viruses.
    - They are one of the most important sites for attack by antibiotics.
  - They provide immunological variation among strains of bacteria.

# دیواره سلولی یا پوسته‌ی خارجی (Cell wall)

لایه‌های پوشش سلولی که بین غشا سیتوپلاسمی و کپسول قرار گرفته‌اند در مجموع به عنوان دیواره سلولی شناخته می‌شوند.

در باکتری گرم مثبت: دیواره سلولی از پپتیدوگلیکان و اسید تیکوئیک تشکیل شده است.

در باکتری گرم منفی: دیواره سلولی شامل پپتیدوگلیکان و غشا خارجی است.

عملکرد دیواره سلولی:

.1 محافظت از غشا سیتوپلاسمی در مقابل فشار اسمزی زیاد (۵-۲۰ اتمسفر)

.2 نقش حیاتی در تقسیم سلولی

.3 لایه‌های مختلف دیواره سلولی، محل شاخص‌های عمدۀ آنتی ژنی در سطح باکتری هستند.

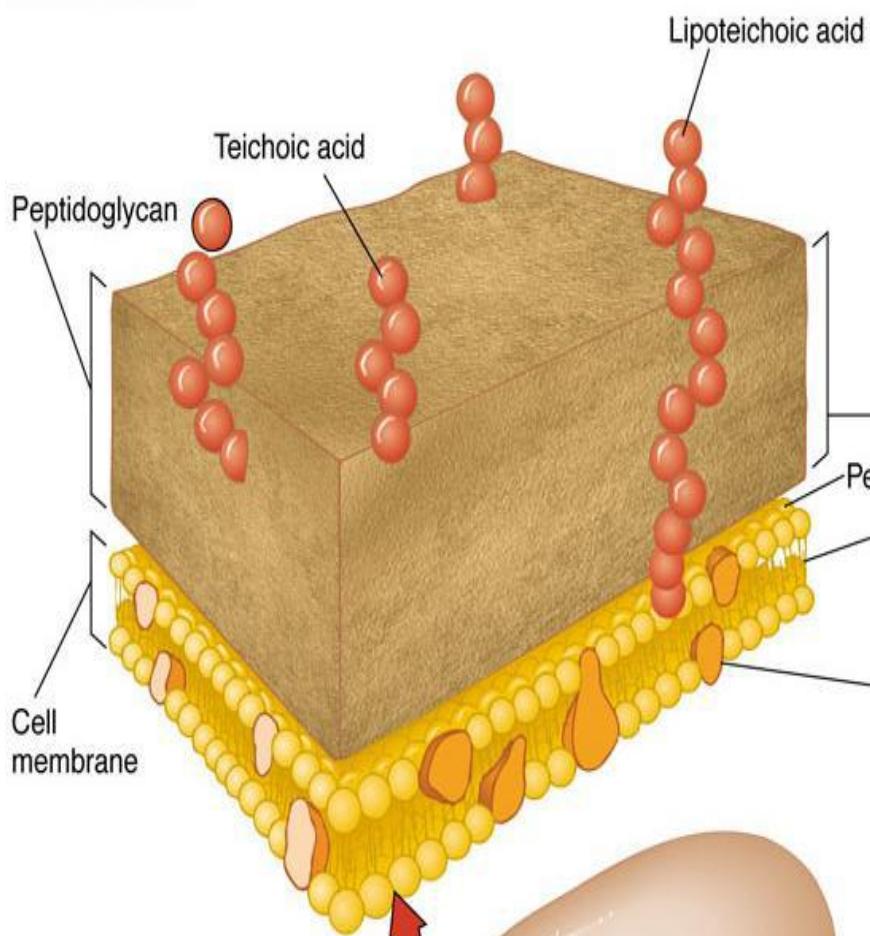
.4 تفاوت بین باکتری گرم مثبت و گرم منفی در دیواره سلولی آنهاست.

.5 این لایه قابلیت انعطاف داشته و دارای خلل و فرج زیادی است. مولکول‌های کوچکتر از ۱۰۰۰ دالتون وزن و یک نانومتر قطر، آزادانه از آن عبور می‌نمایند.

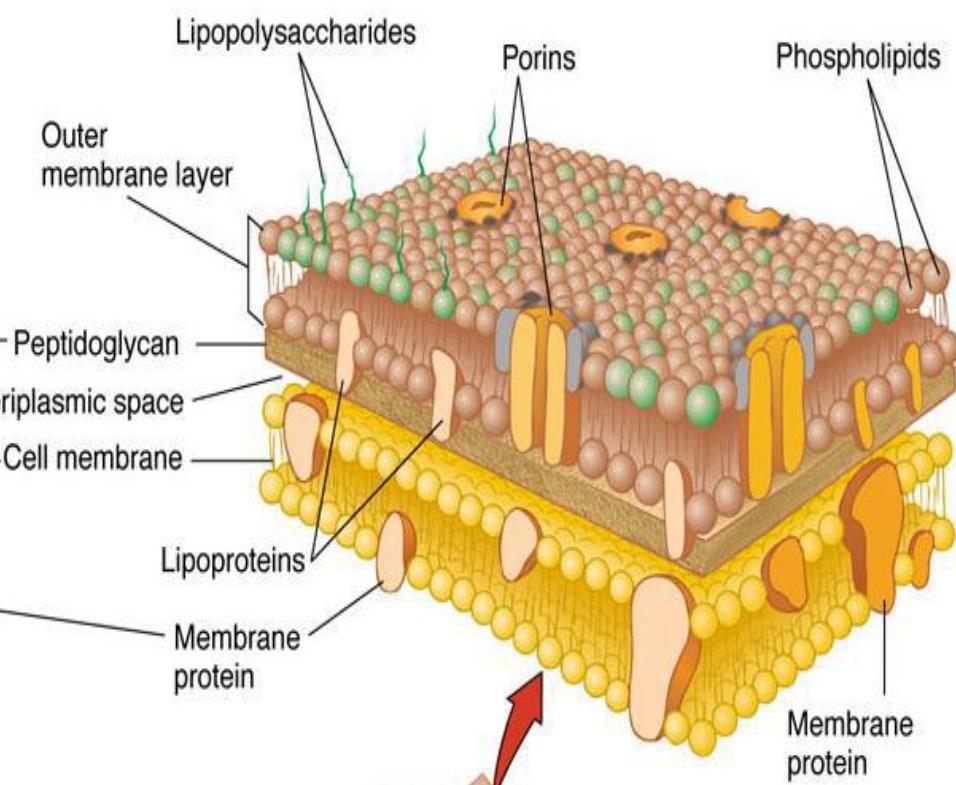
.6 باکتری را در مقابل عوامل خارجی محافظت می‌کند.

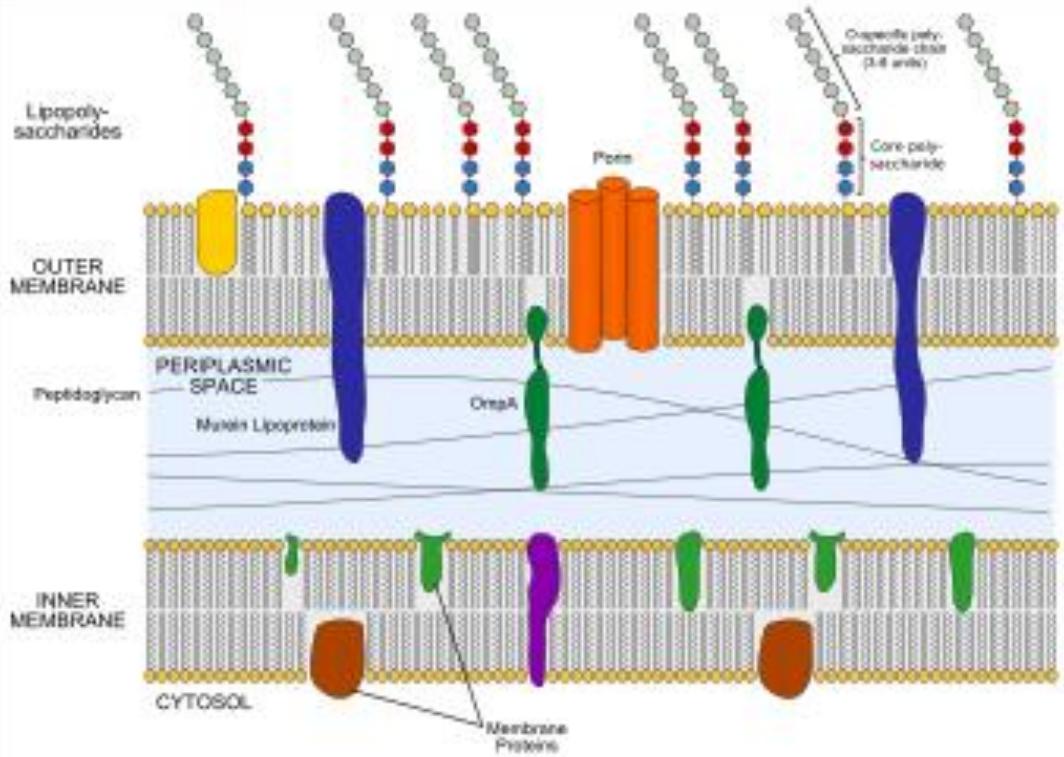
.7 از نظر رابطه‌ی باکتری‌ها با داروهای ضد باکتری، باکتریوفاژها، آنتی کرها، نفوذ، قابلیت رنگ آمیزی گرم و ... دارای اهمیت بسزایی است.

### Gram Positive

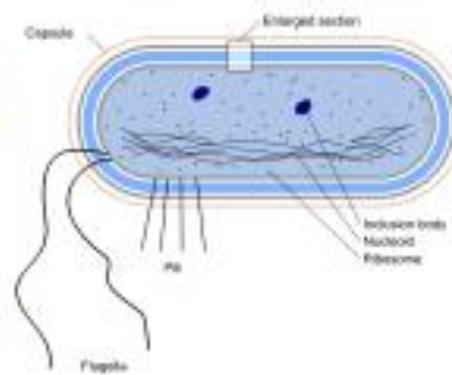


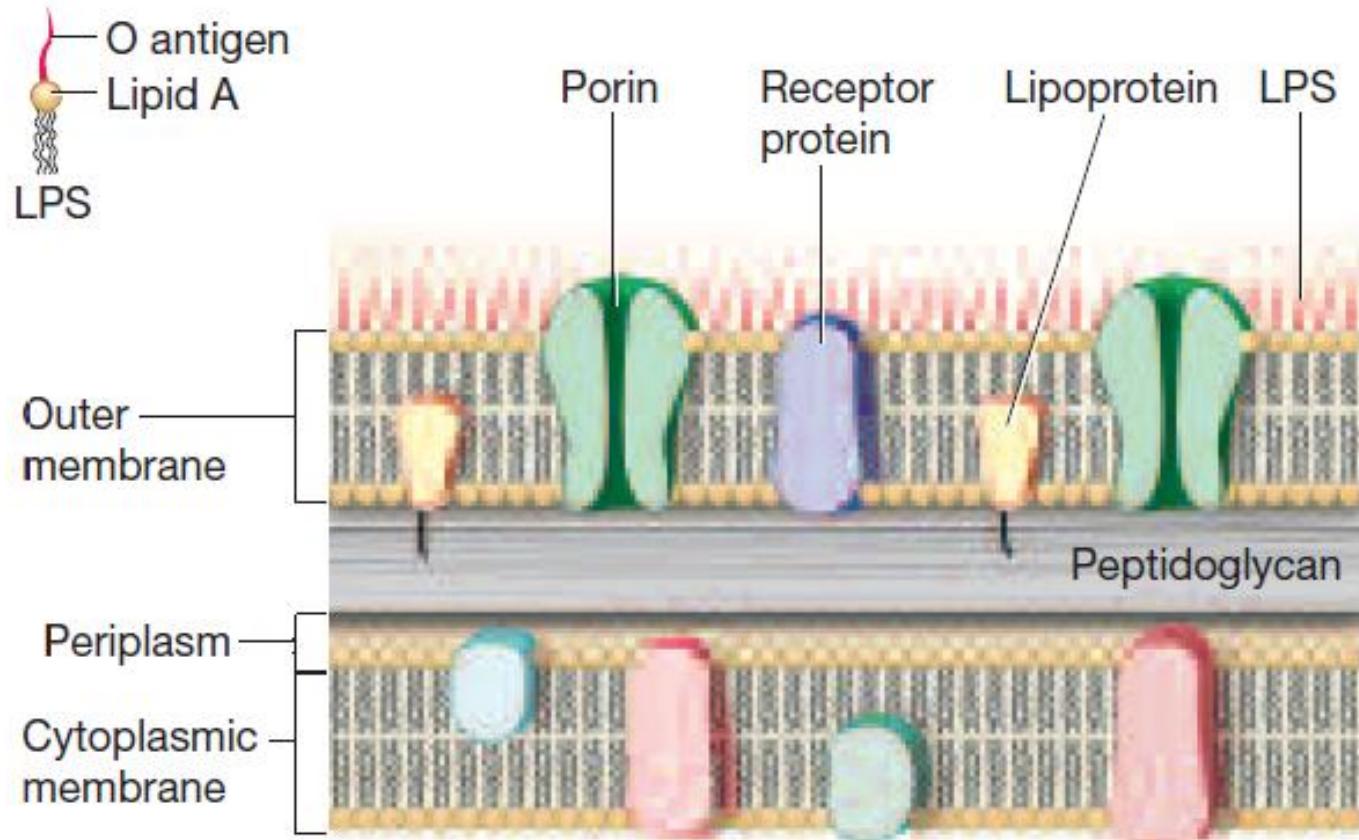
### Gram Negative





Gram Negative  
Bacterial Cell Wall





Cell Wall of Gram Negative Organism

# ساختمان شیمیایی دیواره سلولی

- ▶ ترکیب شیمیایی دیواره سلولی در انواع مختلف متفاوت است. ولی در تمام باکتری ها دارای یک ساختمان اصلی است که از پپتیدوگلیکان (مورین یا موکوپپتید) تشکیل شده است.
- ▶ علاوه بر پپتیدوگلیکان، دیواره سلولی دارای ترکیبات دیگری به نام ساختمان مخصوص نیز می باشد.

## پپتیدوگلیکان (Peptidoglycan)

- ▶ ساختمان شیمیایی آن از سه قسمت تشکیل یافته است:
- ▶ الف- اسکلت پلی ساکاریدی: از واحدهای ان استیل گلوکزآمین و ان استیل مورامیک اسید تشکیل شده است که به طور متناوب و یک در میان به وسیلهٔ اتصال بتا ۱ به ۴ به یکدیگر متصل شده و زنجیرهای موأزی را تشکیل می دهند.
- ▶ این ساختمان در تمام باکتری ها یکسان است مگر در آرکئوبакتری ها که دیوارهٔ آن ها فاقد اسید مورامیک است و مایکوپلاسمها که فاقد دیواره هستند.

## ب- زنجیره های تترالپتیدی (Tetra peptide chain)

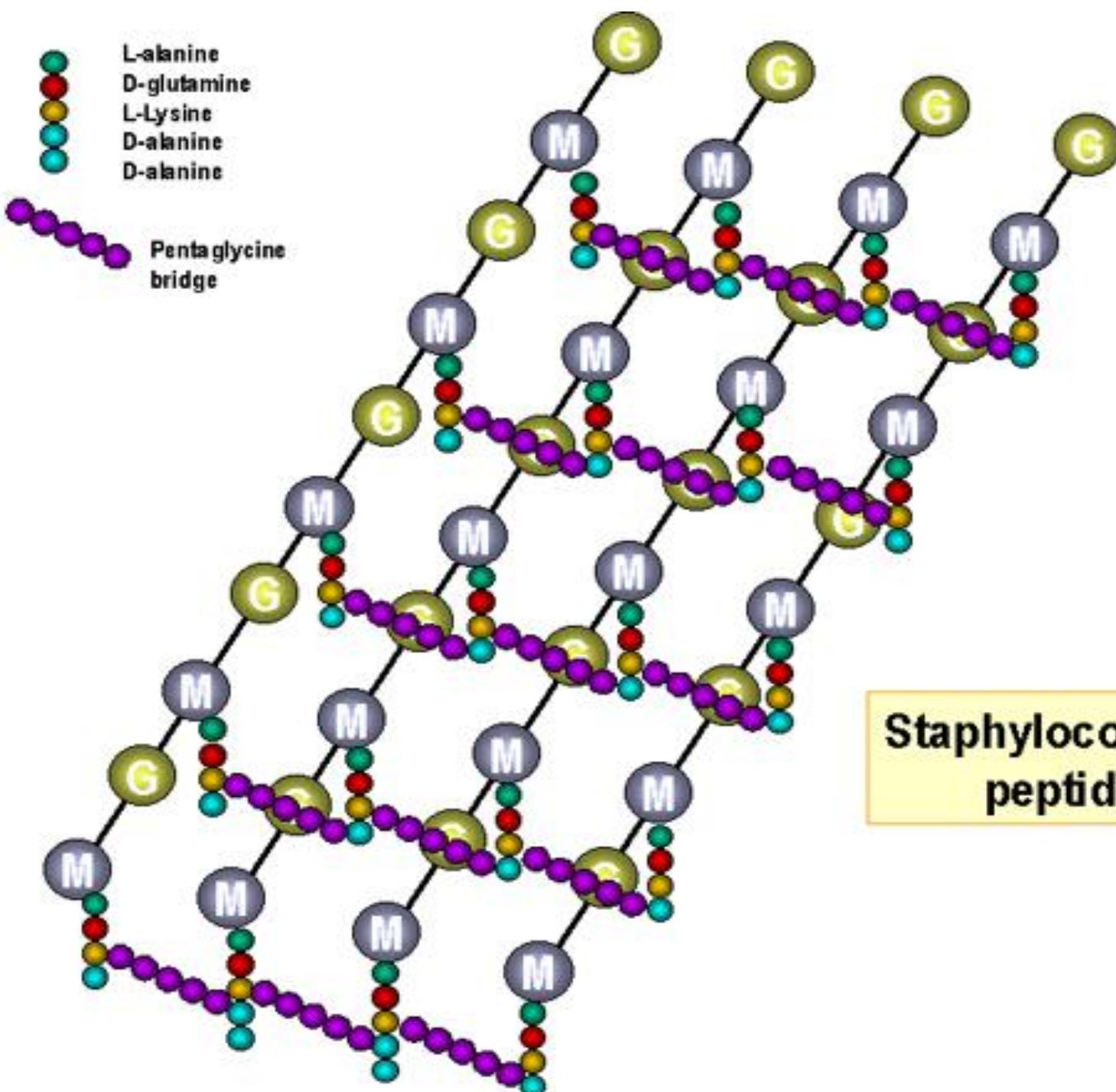
- زنجیره های تترالپتیدی به این استیل مورامیک اسید متصل هستند و در یک نوع، ساختمان آن ثابت است و در انواع مختلف، ساختمان های متفاوت دارند. اما تشابهاتی بین اسید آمینه های تترالپتیدهای مختلف موجود است مثلا در جایگاه اول آل آلانین و در جایگاه دوم د- گلوتامیک و در جایگاه چهارم د- آلانین است.
- جایگاه سوم در گرم مثبت و منفی متفاوت است:
- باکتری های گرم منفی در این جایگاه (سوم) دی آمینو پیمیلیک اسید (DAP) هستند.
- باکتری های گرم مثبت در این جایگاه (سوم) می توانند:
  1. دارای دی آمینو پیمیلیک اسید (DAP)
  2. اسید آمینه ی ال- لیزین
  3. اسید آمینه از نوع ال دیگر

## ج- پل های عرضی (Cross links)

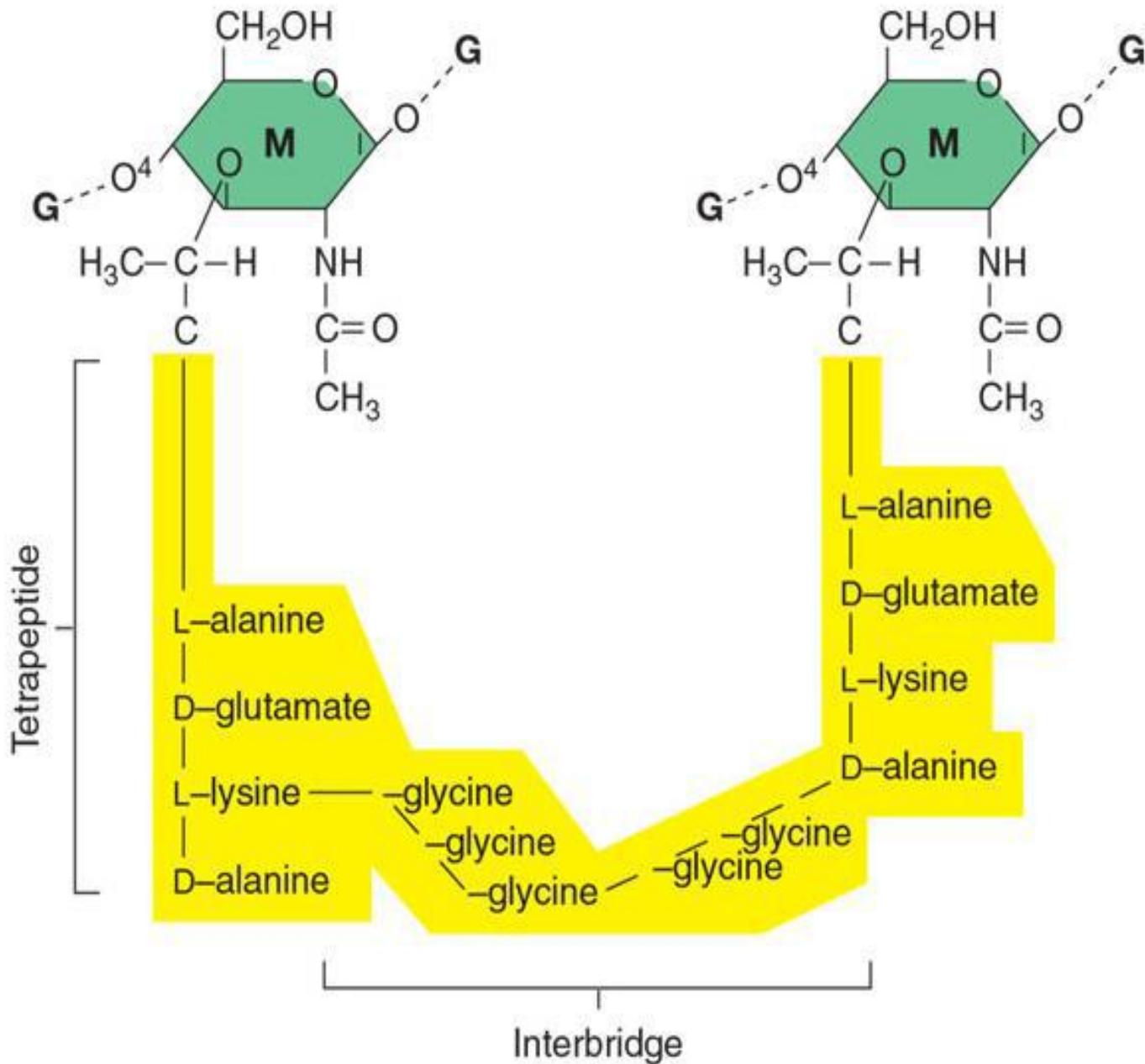
- ▶ این پل ها پلی پپتیدی هستند و در انواع مختلف باکتری ها ساختمان های متفاوت دارند. این پل های عرضی (د- آلانین) انتهایی تترابپتید یک زنجیره را، به جایگاه سوم تترابپتید زنجیره ی مجاور متصل می کنند. پل عرضی در استافیلوکوک طلایی، پنتاگلیسین است.
- ▶ در باکتری های گرم منفی، اکثرا اتصال عرضی به صورت یک پیوند پپتیدی مستقیم بین عامل آمین DAP یک زنجیره و عامل کربوکسیل د- آلانین در زنجیره ی دیگر است. عمل سنتز پل های عرضی را، ترانسپپتیداسیون (Teranspiptidation) می نامند.
- ▶ **نکته:** دو ماده ی مورامیک اسید و دی آمینوپپتیدیک اسید (DAP) جز در پروکاریوت ها، در هیچ یک از موجودات زنده ی دیگر مشاهده نشده است.

L-alanine  
D-glutamine  
L-Lysine  
D-alanine  
D-alanine

Pentaglycine  
bridge



Staphylococcus aureus  
peptidoglycan



- ▶ وجود پپتید و گلیکان باعث استحکام و سختی دیواره سلولی می شود.
- ▶ فقدان مجموعه ای پپتیدوگلیکان در سلول های پستانداران، استفاده ای بالینی مهمی دارد. به طوری که پنی سیلین و آنتی بیوتیک های دیگر، از ساخته شدن پپتیدوگلیکان جلوگیری و به این وسیله از تشکیل دیواره سلولی باکتری ها ممانعت می کنند.
- ▶ پنی سیلین به طور اختصاصی، از سنتز پل های عرضی جلوگیری می نماید و سختی دیواره سلولی را از بین می برد (بی آن که بر سلول های پستانداران اثر سوء گذارد).
- ▶ به طور کلی ساختمان دیواره سلولی باکتری های گرم مثبت نسبتا ساده و قسمت اعظم آن، حدود ۹۰٪ پپتیدوگلیکان شامل لایه های متعددی است که در یک طبقه به طور یکنواخت قرار گرفته اند و ترکیبات پپتیدی آن کم است و یا اصلا وجود ندارند.
- ▶ در باکتری های گرم منفی، پپتیدوگلیکان غالبا یک لایه است و از ۲ یا ۳ لایه تجاوز نمی کند و فقط ۵ تا ۱۰ درصد وزن دیواره سلولی را شامل می شود. این لایه در قسمت درونی دیواره سلولی واقع شده است و قسمت اعظم دیواره سلولی را، ساختمان مخصوص تشکیل می دهد.

## ساختمان اختصاصی دیواره سلوالی

### ساختمان مخصوص دیواره سلوالی باکتری های گرم مثبت:

- ▶ غالبا دیواره سلوالی گرم مثبت ها دارای مقادیر مشابهی از اسیدهای تئی کوئیک است که گاهی تا ۵۰٪ وزن خشک دیواره سلوالی و یا ۱۰٪ وزن خشک سلوول را در برگیرد.
- ▶ اسیدهای تئی کوئیک، پلی مرهای فسفاتی هستند که محتوى ریبیتول و یا گلیسرول می باشند و به وسیله ی پیوندهای دی استر، بهم متصل شده اند.
- ▶ محل دقیق اسید تئی کوئیک در پوشش سلوالی، به خوبی مشخص نیست، لیکن بیشتر آن به اسید مورامیک موجود در موکوپیتید و مقدار کمی از آن، به گلیکولیپید (لیپوپلی ساکارید) موجود در غشاء سیتوپلاسمی متصل است که آن را اسید تئی کوئیک غشاء سلوالی یا اسید لیپوتئی کوئیک می نامند. بخش اخیر در مژوزوم تراکم بیشتری دارد.
- ▶ اسید تئی کوئیک، بیشتر در بین لایه های پپتیدوگلیکان قرار داشته و احتمالا از منافذ لایه ی موکوپیتید، به خارج راه پیدا کرده است.
- ▶ اسید تئی کوئیک، آنتی ژن های مهم سطحی باکتری های گرم مثبت را تشکیل می دهد.
- ▶ اسید تئی کوئیک، مشخص کننده ی اختلاف سرولوژیکی گروه های مختلف در باکتری های گرم مثبت است.
- ▶ اسیدهای تئی کوئیک به یون منیزیم می چسبند و در رساندن آن به سلوول نقشی به عهده دارند.

## ساختمان مخصوص دیواره سلولی باکتریهای گرم منفی

این ساختمان از لیپید، پروتئین و پلی ساکارید ساخته شده است. در ساختمان مخصوص گرم منفی ها، اسیدهای تئی کوئیک وجود ندارند، و شامل سه لایه است که در خارج لایه‌ی پپتیدوگلیکان قرار دارند:

### ۱- لایه‌ی لیپبروتئین:

- .۱ موجب اتصال پپتیدوگلیکان به غشاء خارجی می‌شود.
- .۲ قسمت پروتئینی آن اسید آمینه است که به صورت پیوند پپتیدی به دی‌آمینو پیمیلیک زنجیره تترابپتیدوگلیکان متصل است.
- .۳ قسمت لیپیدی آن به غشاء خارجی اتصال دارد.

### ۲- غشاء خارجی (Outer Membrane):

مانند غشاء سیتوپلاسمی از دو لایه‌ی فسفولیپید که لایه‌ی خارجی با مولکول‌های لیپوپلی ساکارید اشغال شده است. پورین‌ها، پروتئین‌های مهمی که فقط در غشاء خارجی وجود دارند. این پروتئین‌ها در ساخت منافذ یا کانال‌های غشایی شرکت می‌کنند. مولکول‌های ریز هیدروفیلک از این طریق از غشاء خارجی عبور کنند، پورین‌ها محل اتصال برای فاژ، ویتامین  $B_{12}$  و مواد غذایی دیگر هستند.

### ۳- لیپولی ساکارید (LPS):

لیپولی ساکارید توسط پیوندهای هیدروفوبیک به غشاء خارجی متصل شده است. LPS در غشاء سیتوپلاسمیک سنتز شده و سپس به مکان نهایی خود در سطح خارجی باکتری منتقل می‌شود. لیپولی ساکارید از دو بخش لیپید A و پلی ساکارید تشکیل شده است.

## لیپوپلی ساکارید (LPS) یا اندوتوكسین

۱- **لیپید A:** شامل یک زنجیره از واحدهای دی ساکاریدی گلوکزآمین است که به وسیلهٔ پیوند پیروفسفات به یکدیگر متصل شده‌اند و به آن‌ها زنجیره‌های دراز اسید چرب متصل گشته‌اند.

▶ بتا هیدروکسی میرستیک اسید که محتوی ۱۴ کربن است، همیشه در این لیپید موجود بوده و از خصوصیات آن به شمار می‌آید. لیپید A به پلی ساکارید متصل است. خاصیت سمی بودن LPS مربوط به بخش لیپید A آن است. این سم به آن سبب آندوتوكسین نامیده می‌شود که به سطح سلول متصل است و فقط پس از لیز باکتری آزاد می‌شود.

۲- **پلی ساکارید:** که خود از دو بخش به وجود آمده است:

▶ قسمتی موسوم به هسته که در تمام باکتری‌ها یکسان است.  
▶ واحدهای انتهایی تکرار شونده که در انواع مختلف باکتری‌ها متفاوت است. واحدهای تکرارشونده معمولاً تری، تتراد و پنتا ساکارید هستند.

▶ پلی ساکارید نقش آنتی ژنی مهمی را داراست که در باکتری‌های گرم منفی به آنتی ژن O موسوم است. ویژگی آنتی ژنیک، مربوط به واحدهای تکرار شوندهٔ انتهایی است که به صورت مولکول‌هایی در سطح خارجی سلول قرار گرفته و بر اساس اختلاف این واحدهای تکرار شونده، تقسیم بندی باکتری‌ها بر اساس گروه‌های آنتی ژنیکی صورت می‌گیرد.

□ **LPS** دارای اثر فوق العاده سمی بر روی جانوران است = اندوتوكسین باکتری‌های گرم منفی  
بعضی از باکتری‌ها دارای آنزیم‌های اتوالیزین هستند که قادرند مواد تشکیل دهندهٔ دیواره سلولی را لیز نمایند. اتوالیزین‌ها تحت بعضی شرایط نامساعد فیزیولوژیکی، باعث لیز سلول می‌شوند.

## اتصال بایر (Bayer junction)

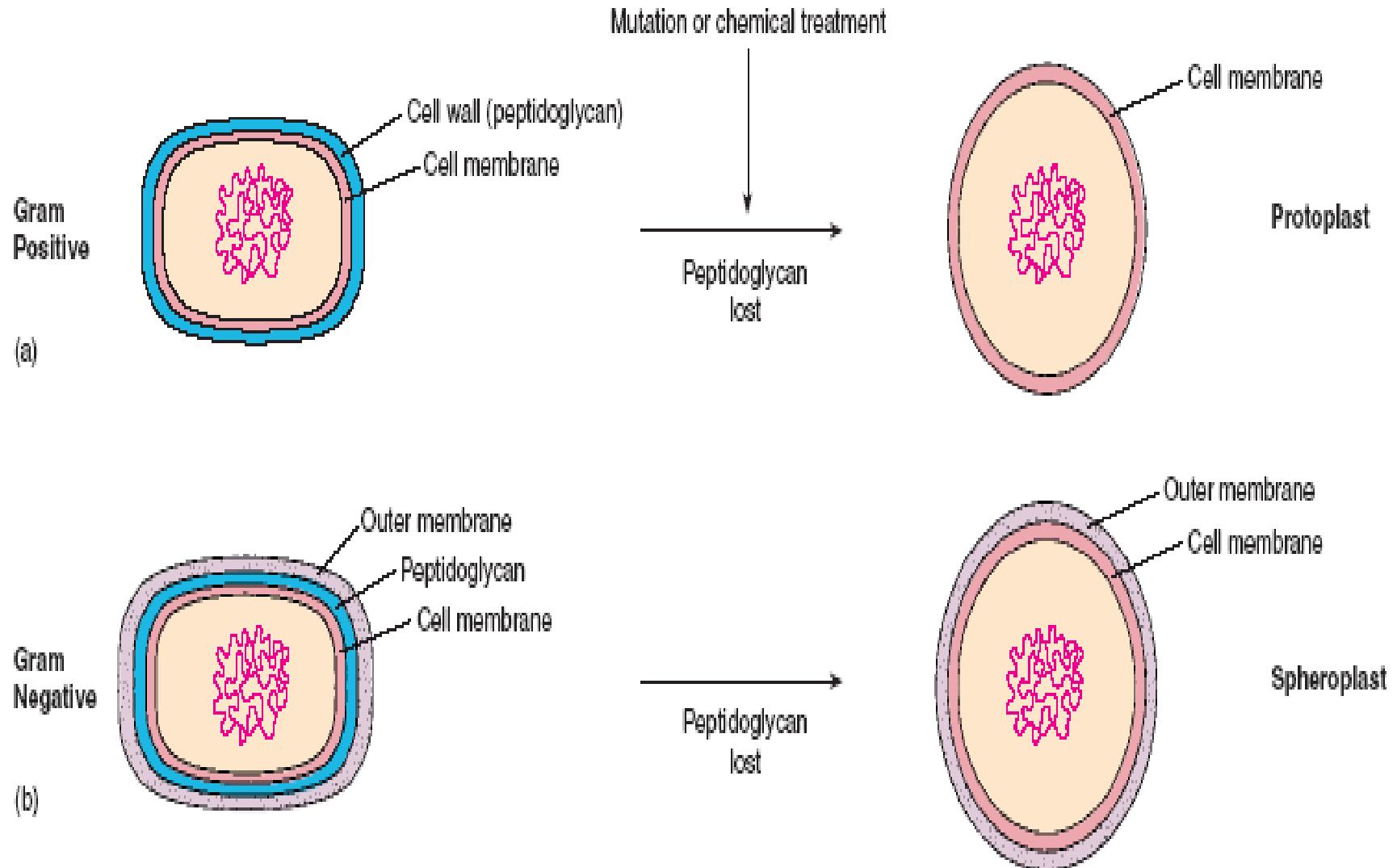
- ▶ در باکتری های گرم منفی نقاط اتصال بین غشاء سیتوپلاسمی و دیواره سلولی وجود دارد که آن ها را مکان های چسبندگی یا اتصالات بایر می نامند.
- ▶ این اتصالات دارای فعالیت فیزیولوژیکی است. از طرف دیگر، خارج مناطق رشد است و محل جابجایی پروتئین های مترشحه، پروتئین های غشاء خارجی، لیپوپلی ساکارید و پلی ساکارید کپسول می باشد.
- ▶ همچنین پلی جنسی و فلاژل های باکتری از این مکان های اتصال، سرچشمه می گیرند.
- ▶ ساختمان جدار باکتری های گرم منفی از خارج به داخل شامل: کپسول (در بعضی موارد)، لیپوپلی ساکارید، غشاء خارجی، لیپوپروتئین، پپتیدوگلیکان، فضای پری پلاسمیک و غشای داخلی (غشا سیتوپلاسمی) است.

## پرتوپلاست (Protoplast)

- ▶ در بعضی شرایط خاص می توان دیواره سلولی باکتری گرم مثبت را بدون این که صدمه ای به پرده‌ی سیتوپلاسمی برسد جدا نمود. جسم حاصل که پرتوپلاست نامیده می شود به صورت گرد در می آید (حتی اگر شکل ابتدایی باکتری، میله‌ای شکل باشد).
- ▶ این تغییر شکل، اهمیت دیواره سلولی را در حفظ شکل ظاهری باکتری نشان می دهد. در بعضی از باکتری‌ها، آنزیمی به نام لیزوزیم، عمل هیدرولیز اتصال بین ان استیل مورامیک اسید و ان استیل گلوکز آمین را کاتالیز کرده و آن‌ها را به صورت پرتوپلاست در می آورد.
- ▶ پرتوپلاست‌ها نسبت به فشار اسمزی بسیار حساس می باشند و برای حفظ و جلوگیری از متلاشی شدن آن‌ها باید شرایط محیط، کاملاً مناسب باشد.
- ▶ اشکال ال باکتری‌ها و میکوپلاسمها، دیواره سلولی ندارند و پرتوپلاست هستند.

## اسفروپلاست (Spheroplast )

- ▶ در شرایطی، که دیواره سلولی باکتری ضعیف شده یا قسمتی از آن از بین رفته باشد آن را اسفروپلاست می نامند.
- ▶ اسفروپلاست به آسانی از باکتری های گرم منفی، هنگامی که در حضور ماده ای مانند پنی سیلین، سیکلوسرین یا گلایسین کشت داده شوند به دست می آید. این مواد از سنتز پیتیدوگلیکان دیواره سلولی جلوگیری می نمایند.
- ▶ نتایج مشابهی را می توان با کشت باکتری در محیطی که فاقد مواد لازم جهت سنتز دیواره سلولی باشد، به دست آورد.
- ▶ پرتوپلاست ها نمی توانند دیواره سلولی خود را بسازند و به صورت یک باکتری معمولی درآیند. اما اسفروپلاست ها قدرت بازگشت دارند و هنگامی که در یک محیط فاقد مهار کننده ای سنتز دیواره سلولی ، کشت داده شوند، تبدیل به سلول طبیعی می گردند.
- ▶ پرتوپلاست ها و اسفروپلاست ها، در محیط رقیق متورم شده و لیز می شوند، اما در محیط با فشار اسمزی محافظت کننده زنده می مانند ولی تکثیر نمی شوند.
- ▶ اسفروپلاست ها در محیطی که دارای یک ماده ای ضد دیواره ای سلولی نباشد، پس از کشت های متوالی، با تقسیم دوتایی یا جوانه زدن تکثیر حاصل می کنند.



## Gram-Positive cell walls

- The cell wall is thick (15-80 nanometers), consisting of **several layers of peptidoglycan**.
- Running perpendicular to the peptidoglycan sheets are a group of molecules called **teichoic acids** which are unique to the Gram-positive cell wall.
  - **Wall teichoic** acid links to peptidoglycan
  - **Lipoteichoic** acid links to plasma membrane

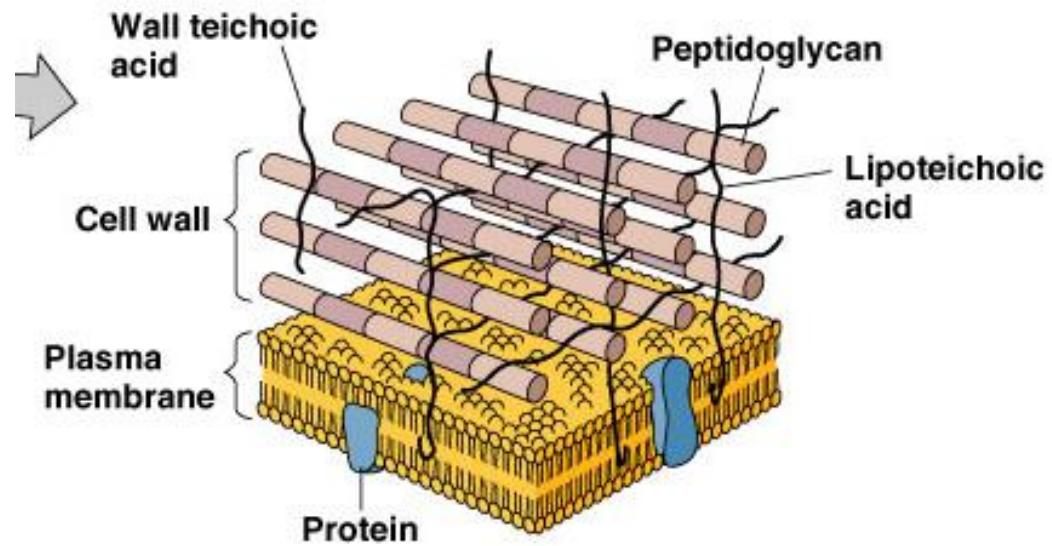


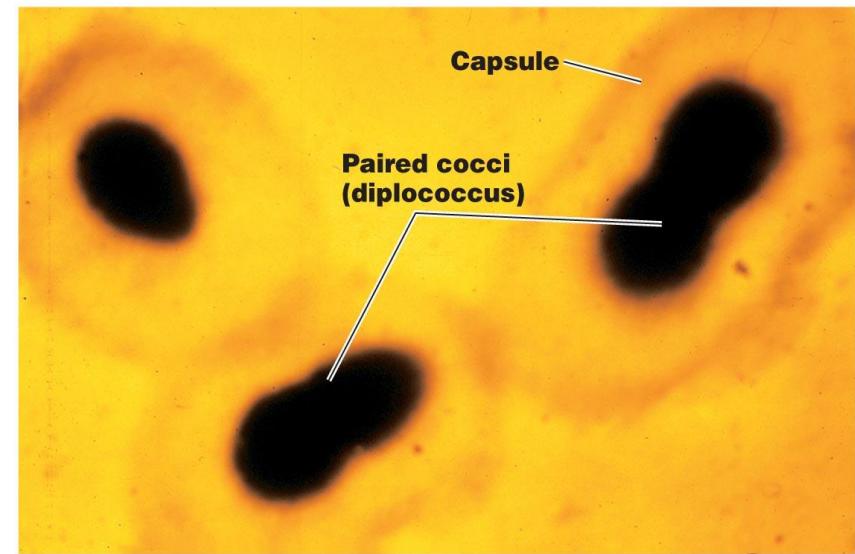
Figure 4.13b

## Damage to Cell Walls

- **Lysozyme** digests disaccharide in peptidoglycan.
  - **Protoplast** is a wall-less cell.
  - **Spheroplast** is a bacterial cell with a cell wall that has been altered or is partly missing, resulting in a spherical shape.
  - **L forms** are wall-less cells that swell into irregular shapes.
  - Protoplasts and spheroplasts are susceptible to **osmotic lysis**.
- **Penicillin** (beta-lactam antibiotics) inhibits peptide bridges in peptidoglycan.

# Glycocalix

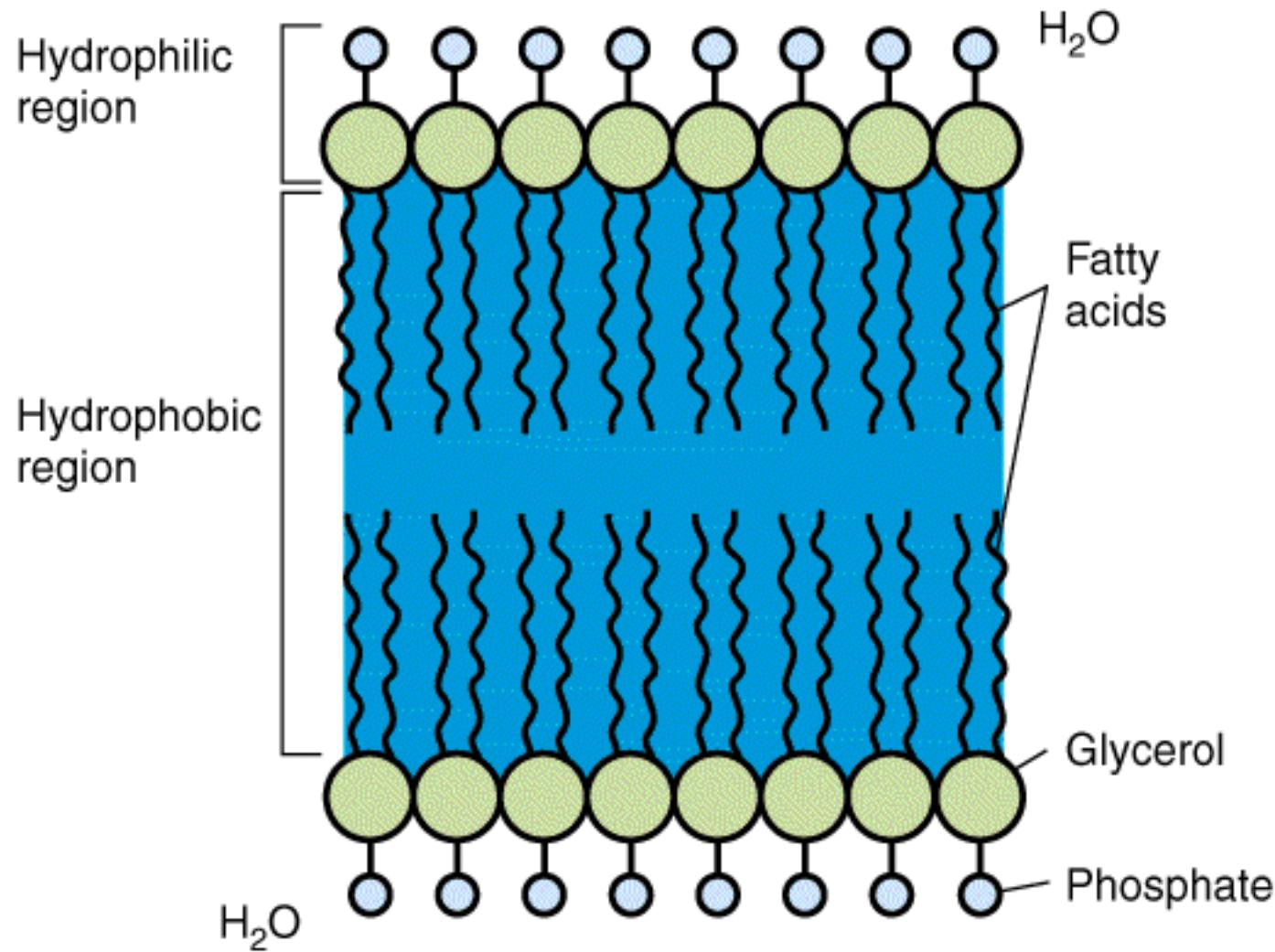
- **Glycocalix** means sugar coat
- **External** to the cell (outside of cell wall)
  - Many prokaryotes secrete a substance on their surface.
  - Usually sticky – **polysaccharide, polypeptide or both.**
- If the substance is organized and is firmly attached to the cell wall - **capsule**
- If the substance is unorganized and loosely attached to the cell wall –**slime layer**
- Function
  - Extracellular polysaccharide allows cell to **attach**
  - Capsules prevent **phagocytosis**

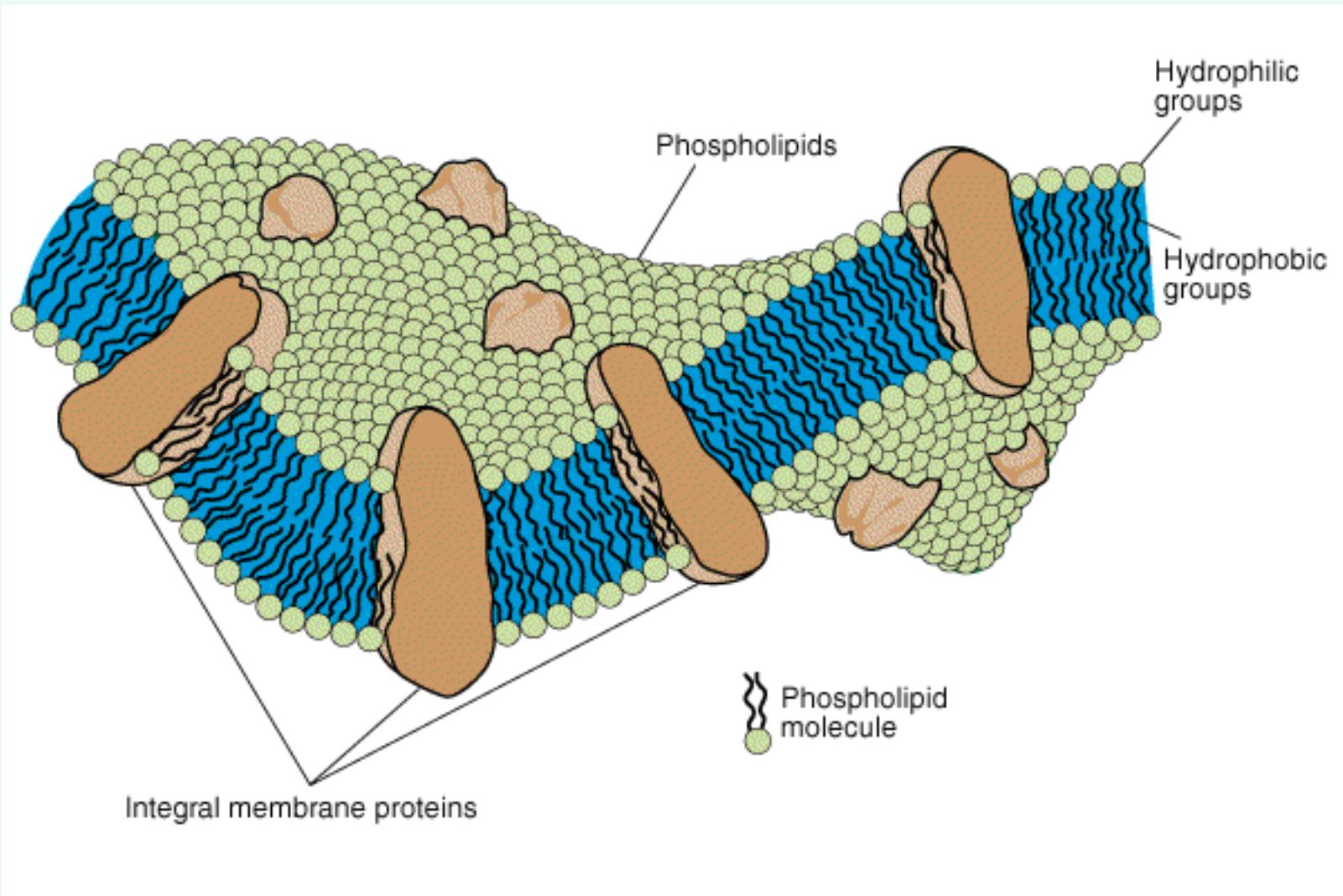


LM  
Figure 4.0a, b

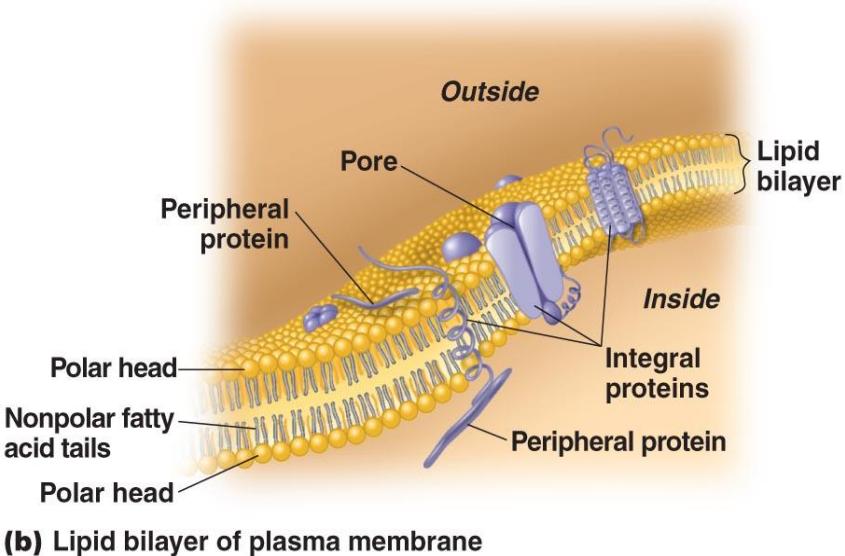
# غشاء سیتوپلاسمی Cytoplasmic membrane

- ▶ بطور عمدۀ از فسفولیپید و پروتئین ساخته شده است.
- ▶ اعمال غشاء سیتوپلاسمی
- .1 قابلیت نفوذ انتخابی : در انتقال مواد به داخل سلول که ممکن است همراه با مصرف انرژی (انتقال فعال) یا بدون مصرف انرژی (انتقال غیرفعال) باشد.
- .2 جایگاه واکنش های تنفسی: آنزیم های تنفسی (خصوصاً فسفریلاسیون اکسیداتیو) و سیتوکروم های مختلف (در زنجیره های انتقال الکترون) در داخل غشاء سیتوپلاسمی (بنخصوص مزوژوم ها) واقع اند.
- .3 دفع اگزوآنزیم ها و اگزوتوكسین ها
- .4 نقش مهم در عمل تقسیم سلولی
- .5 جایگاه واکنش های بیوسنترز: کلیه آنزیم ها و مولکول های ضروری برای بیوسنتر دیواره ای سلولی، لیپیدهای غشاء، قسمت های خارج سلول و همانند سازی **DNA** در غشاء سیتوپلاسمی واقع اند (مزوجوم هایی که **DNA** به آنها متصل است).





# Plasma Membrane



- **Transmembrane proteins**
  - **Peripheral proteins** – easily removed from the membrane
  - **Integral proteins**- can be removed only after disrupting the lipid bilayer
    - Some integral protein are **channels**

Figure 4.14b

# Fluid Mosaic Model

- Membrane is as **viscous** as olive oil.
- Proteins **move** to function
- **Phospholipids rotate** and move **laterally**
- The dynamic arrangement of phospholipids and proteins is referred to as the **fluid mosaic model**

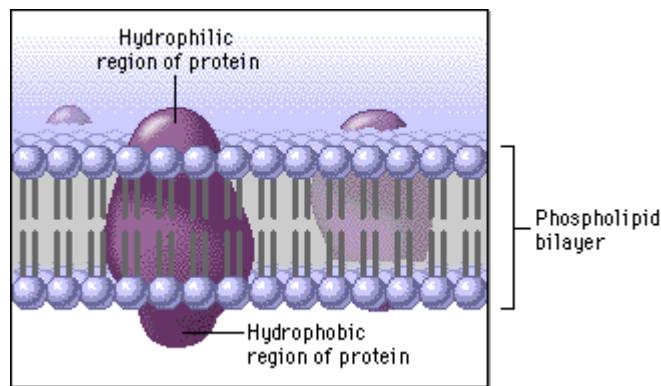


Figure 4.14b

# Functions of the prokaryotic plasma membrane

- Osmotic or **permeability barrier**.
- Location of **transport systems** for specific solutes (nutrients and ions).
- **Energy generating functions**
  - Involving respiratory and photosynthetic electron transport systems
    - establishment of proton motive force, and ATP-synthesizing ATPase
- **Synthesis of membrane lipids**
  - including lipopolysaccharide in Gram-negative cells
- **Synthesis of murein** (cell wall peptidoglycan)
- **Coordination of DNA replication** and segregation with septum formation **and cell division**
- Location of **specialized enzyme systems**
  - CO<sub>2</sub> fixation - **Photosynthetic pigments**
  - nitrogen fixation



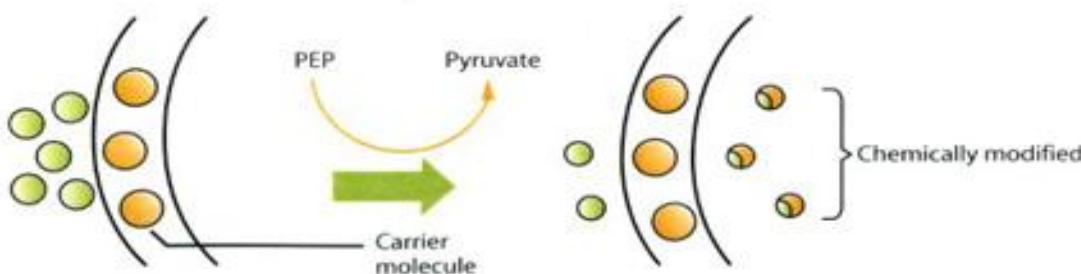
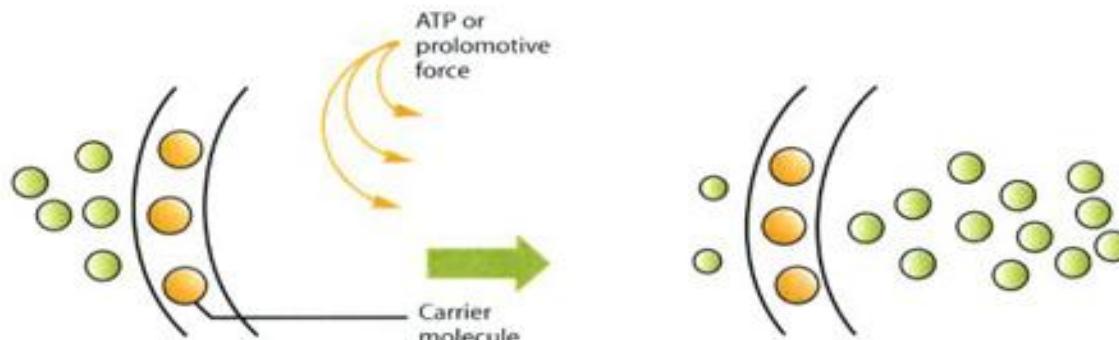
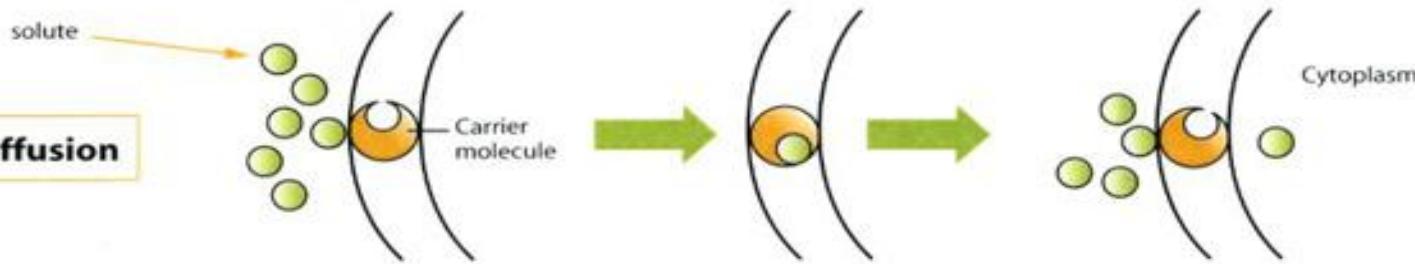
Copyright © 2007 Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings.

Figure 4.15

# Movement Across Membrane

- **Selective permeability** allows passage of some molecules
  - Materials move across plasma membrane of both prokaryotic and eukaryotic cells by two kinds of process:
  - **Passive** process
    - **Simple diffusion:** Movement of molecules or ions from an area of high concentration to an area of low concentration.
    - **Osmosis:** Movement of **water** (solvent molecules) across a selectively permeable membrane **from an area of high water concentration to an area of lower water.**
    - **Facilitated diffusion** is a carrier-mediated system that **does not require energy** and does not concentrate solutes against a gradient
  - **Active** process
    - **Active transport** – move the substances across the plasma membrane, usually from outside to inside against concentration gradient
      - Cell uses a **transporter protein** and **energy** in the form of **ATP**
    - **Group translocation** of substances – the substance is chemically altered during the transport (used by bacteria for sugar uptake).
      - **Energy from phosphoenolpyruvic acid (PEP)**, typical for bacteria

# Movement Across Membrane

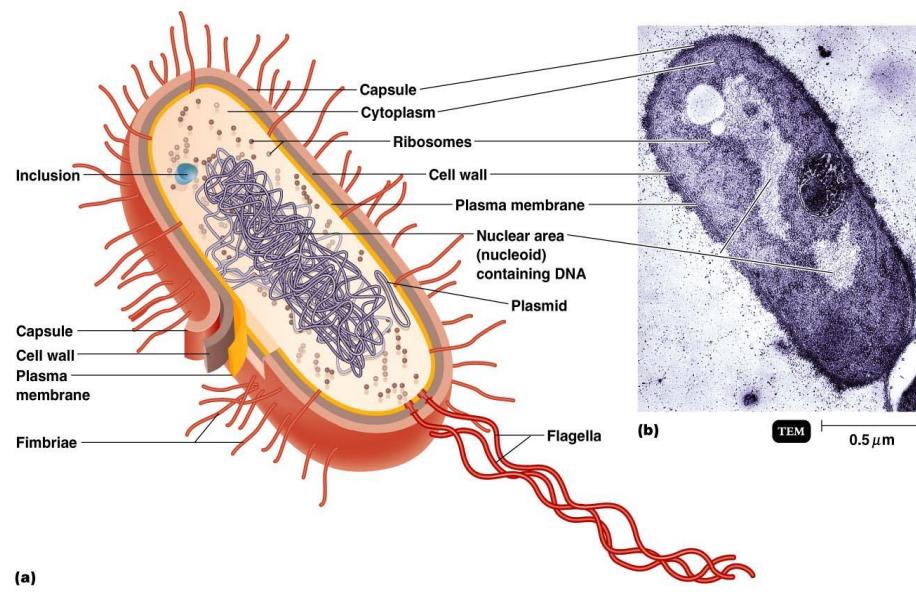


## Plasma Membrane

- **Damage to the membrane:**
  - Alcohols
  - Quaternary ammonium salts (detergents) and
  - Polymyxin antibiotics causes leakage of cell contents.

# Cytoplasm

- Cytoplasm is the substance inside the plasma membrane
  - Consist of about 80% water
  - Contains primary **proteins** (enzymes), **carbohydrates**, **lipids**, **inorganic ions** and many low-molecular weight compounds
  - **Protein filaments** most likely responsible for the rod and helical cell shapes of bacteria



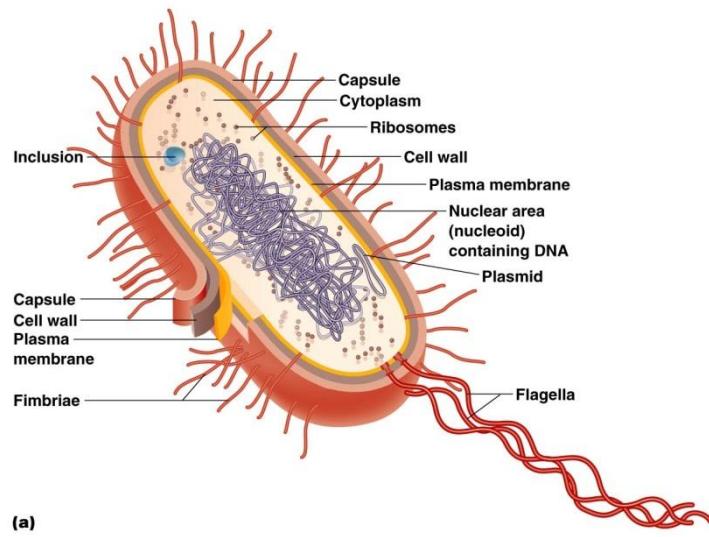
Copyright © 2007 Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings.

4.6a, b

Figure 4.6 - Overview

## Nuclear Area

- Nuclear area - **Nucleoid** - bacterial chromosome
  - Long, continuous, circularly arranged double stranded DNA
- **Not** surrounded of nuclear membrane
- The chromosome **is attached** to the **plasma membrane**
- In actively growing bacteria, as much as 20% of the cell volume is occupied by DNA.



Copyright © 2007 Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings.

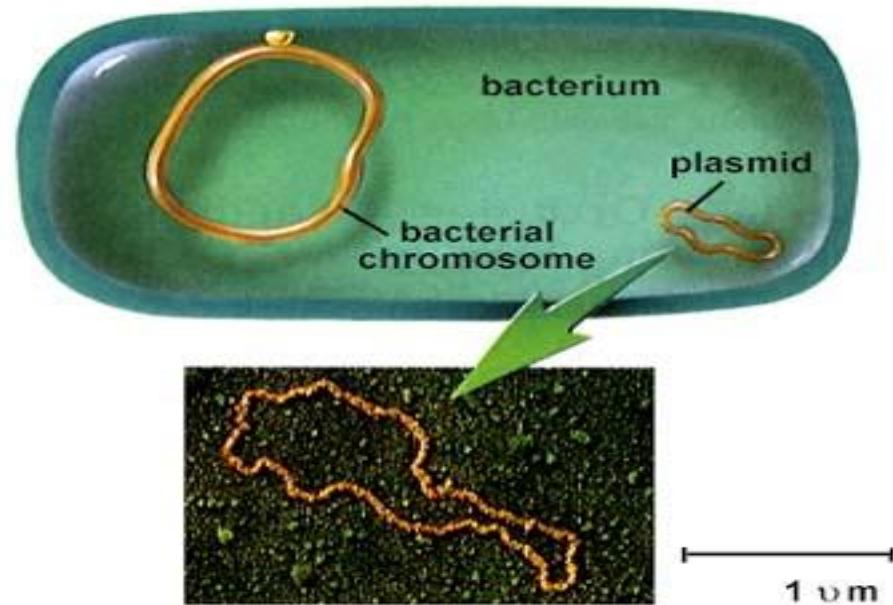
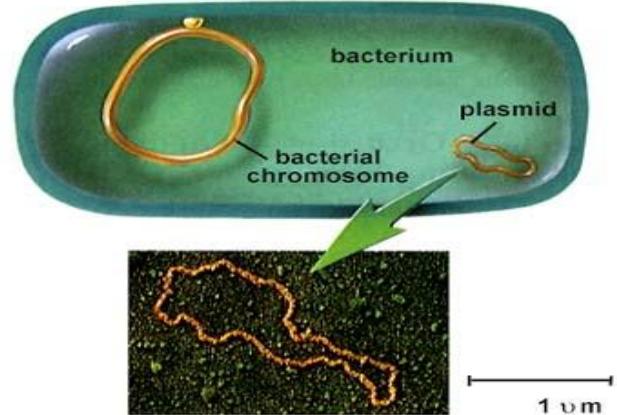


Figure 4.6a, b

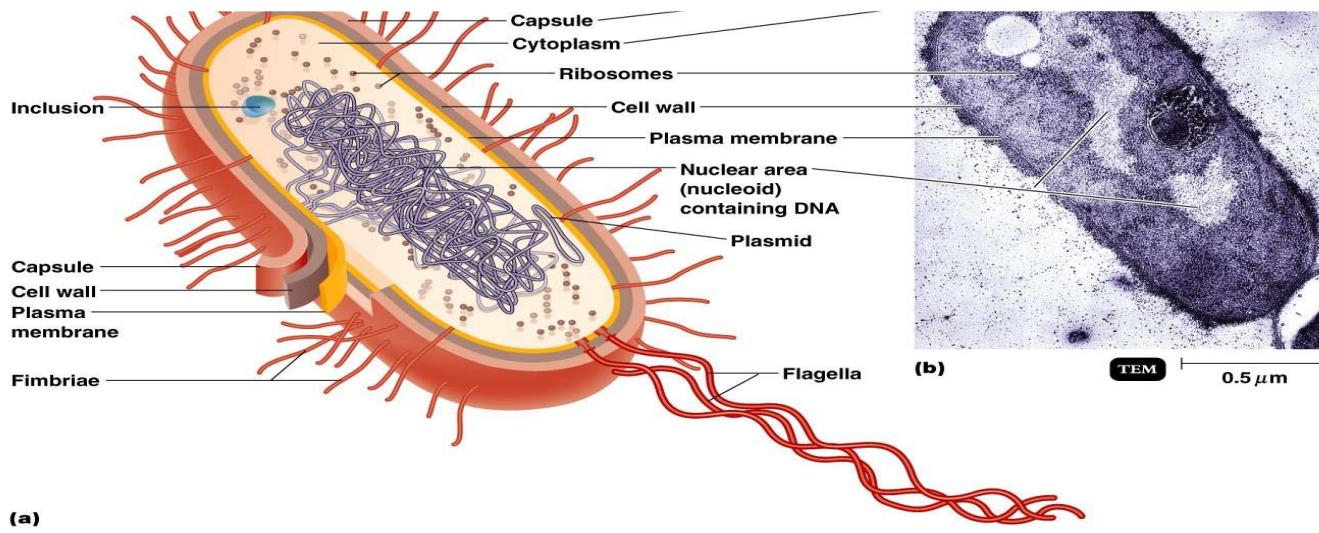
# Plasmids



- **Small circular, double-stranded DNA molecules.**
- **Extrachromosomal** genetic elements
- They **replicate independently** of chromosomal DNA
  - The cell can carry from **one to hundreds of copies** of a plasmid
- Contain 5 – 100 genes, generally not crucial for the survival of bacteria under normal environmental condition.
  - Plasmids may carry genes for such activities as **antibiotic resistance, tolerance to toxic metals, the production of toxins, and the synthesis of enzymes.**
- Plasmids can be **transferred** from one bacteria to another.

## Ribosomes

- **Ribosomes** are cellular structures which function as the sites of **protein synthesis**
- Prokaryotic cell contains tens of thousands of this small structures, which give the cytoplasm a granular appearance

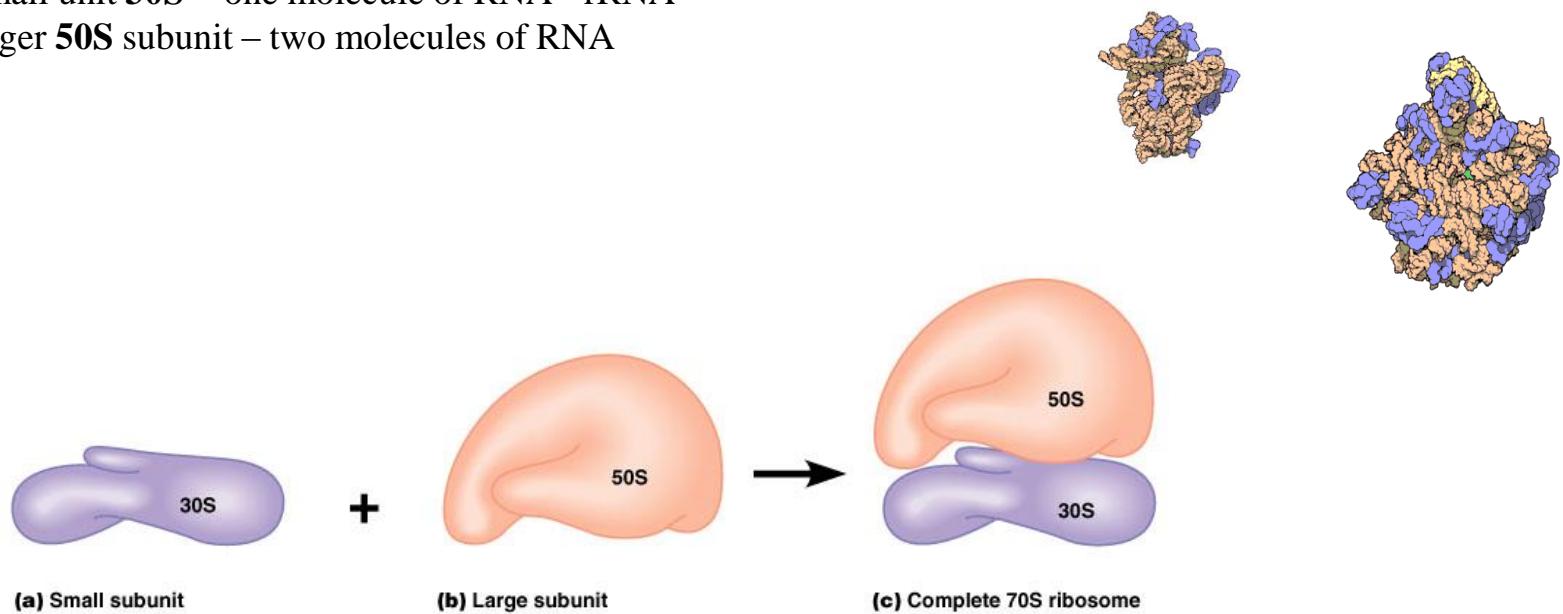


Copyright © 2007 Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings.

Figure 4.6 - Overview

# Ribosomes

- Ribosomes are composed of **two subunits** – small and large
- The subunits consists of:
  - Very large RNA molecules (known as ribosomal RNA or **rRNA**)
  - Multiple smaller **protein** molecules
- Prokaryotic and Eukaryotic ribosomes differ in the number of proteins and rRNA molecules they contain.
- **Prokaryotic ribosomes are called 70S ribosomes**
  - A small unit **30S** - one molecule of RNA - rRNA
  - A larger **50S** subunit – two molecules of RNA



**S** - The sedimentation coefficient of a particle is used to characterize its behaviour in sedimentation processes, notably centrifugation

## Ribosomes

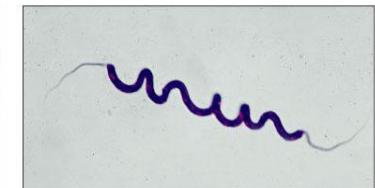
- Because of differences in prokaryotic and eukaryotic ribosomes, the microbial cell can be killed by antibiotic while the eukaryotic host cell remains unaffected.
- Several **antibiotics** work by inhibiting protein synthesis on prokaryotic cells.
  - Streptomycin and Gentamycin – attach to the 30S subunits
  - Erythromycin and chloramphenicol - attach to the 50S subunits

# Flagella

- Some prokaryotic cells have a **flagellum** or **flagella** (plural) - tail-like structure that projects from the cell body
  - **Outside cell wall**
  - **Different arrangement**
- Made of chains of protein **flagellin**
- Attached to a **protein hook**
- Anchored to the wall and membrane by the **basal body**
  - **2 or 4 rings**



(a) Monotrichous



(b) Amphitrichous



(c) Lophotrichous



(d) Peritrichous

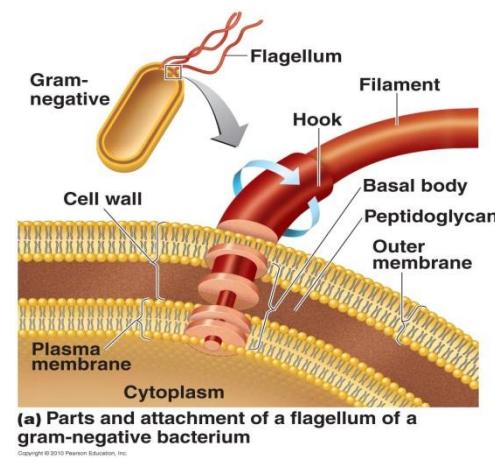
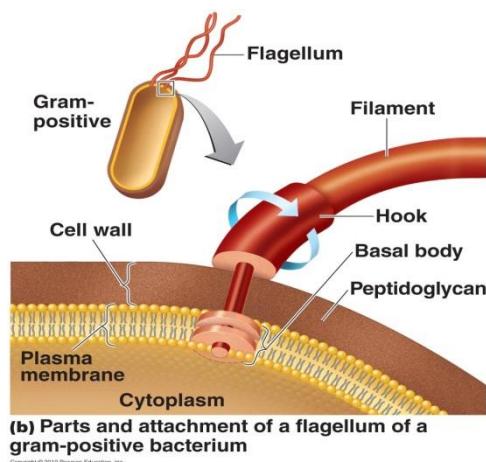
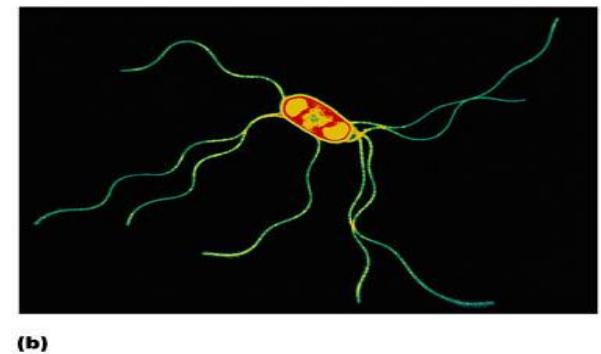
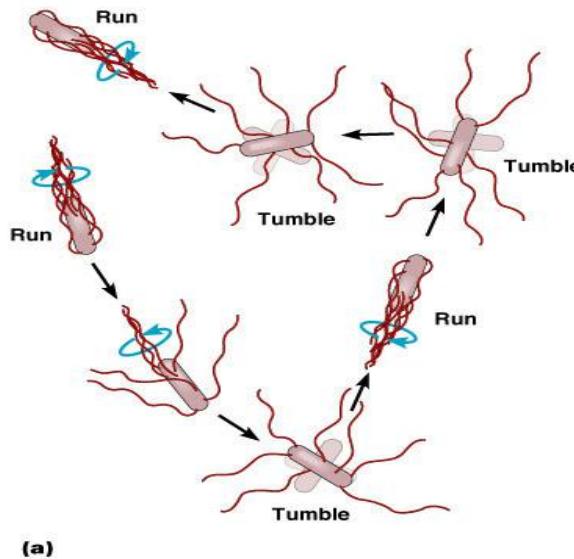
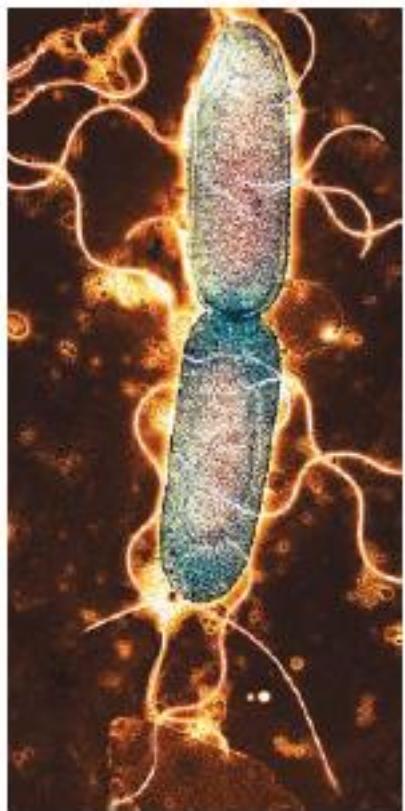


Figure 4.8

# Flagella

- Function - **locomotion**
  - Rotate flagella to **run**, **swim** or **tumble**
  - Some bacteria can “**swarm**”
- Move toward or away from particular stimuli (**taxis**) – **chemotaxis and phototaxis**
- Flagella proteins are H antigens –useful for distinguishing among variation within the species





TEM 0.5  $\mu\text{m}$

(a) Peritrichous



TEM 0.8  $\mu\text{m}$

(b) Monotrichous and polar



TEM 1.5  $\mu\text{m}$

(c) Lophotrichous and polar

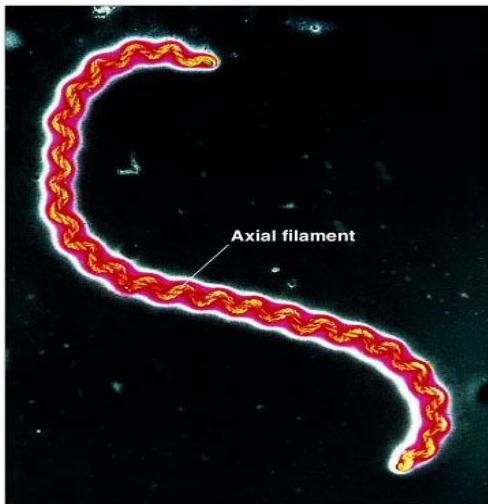


TEM 4  $\mu\text{m}$

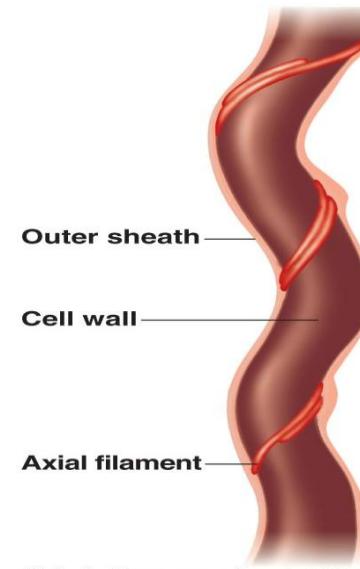
(d) Amphitrichous and polar

## Axial Filaments

- **Endoflagella**
- Structure similar to flagella
- Located in the **periplasmic space** (between the cell membrane and outer membrane) , anchored at one end of a cell
- Rotation causes cell to move
- **In Spirochaetes**



(a)



(b) A diagram of axial filaments wrapping around part of a spirochete. (See Figure 11.24a for a cross section of axial filaments)

Copyright © 2010 Pearson Education, Inc.

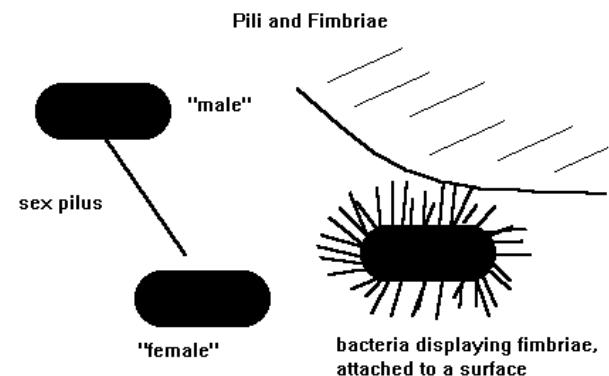
Figure 4.10a

## Fimbriae and pili

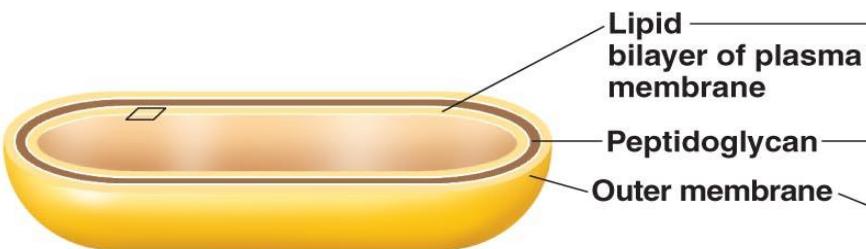
- **Fimbriae** - hair like appendages that are shorter, straighter and thinner than flagella, found in many **G-negative bacteria**
  - Used for **attachment** and also forming **biofilms**
  - In *E. coli* O157, it enable this bacterium to adhere to the lining of the small intestine, where it causes a severe watery diarrhea. When fimbriae are absent colonization cannot happen, and no disease ensues.
- **Pili** are usually longer than fimbriae, only one or two per cell
  - Used to transfer DNA from one cell to another - **conjugation**



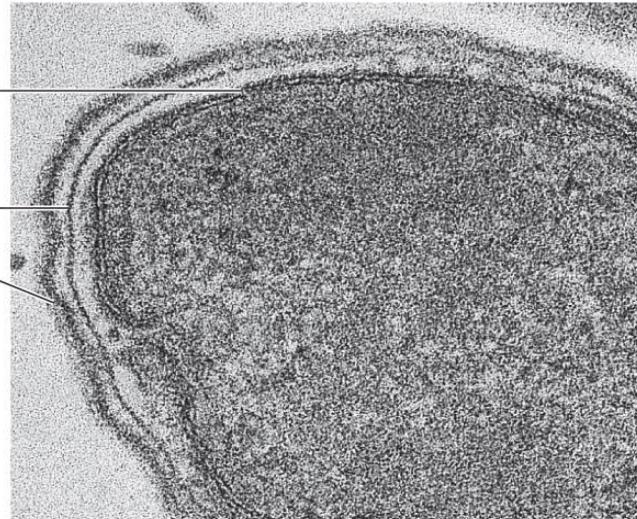
Copyright © 2010 Pearson Education, Inc.



# Plasma Membrane

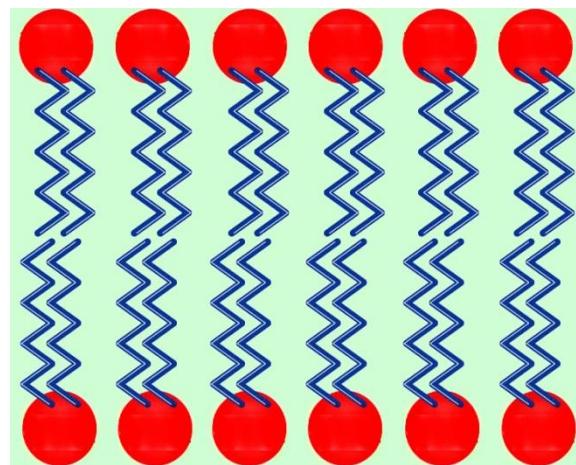
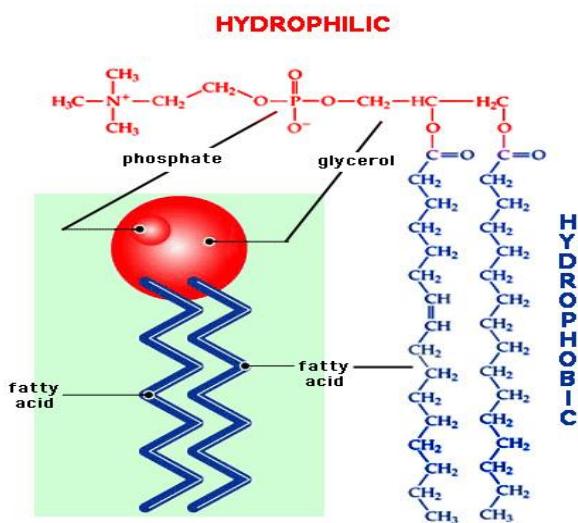


(a) Plasma membrane of cell



TEM 50 nm

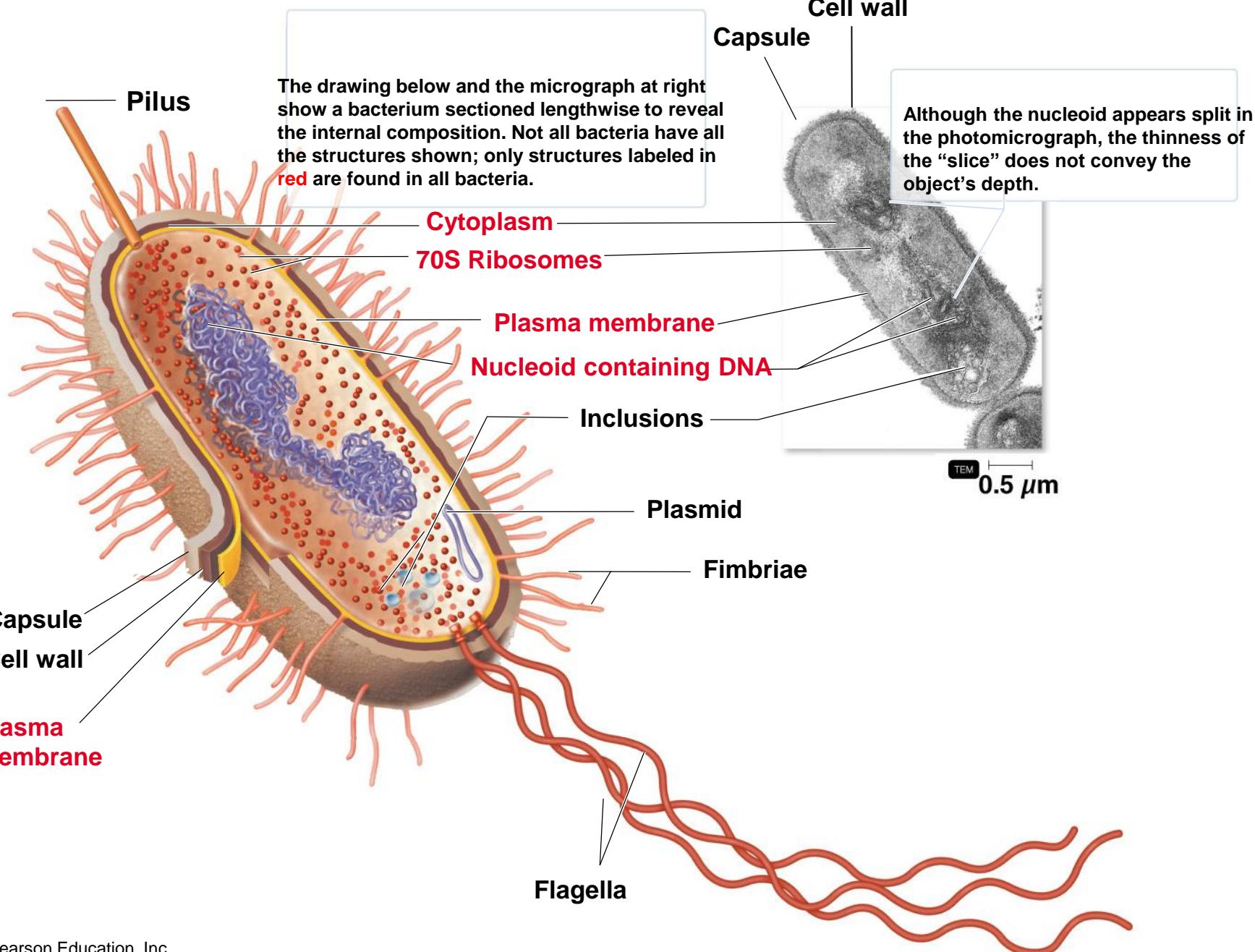
- Phospholipid bilayer



# Reserve deposits - Inclusions

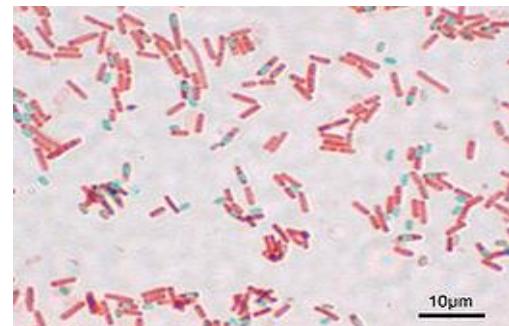
- Metachromatic granules (volutin)
- Polysaccharide granules
- Lipid inclusions
- Sulfur granules
- Carboxysomes
  - Phosphate reserves
  - Energy reserves
  - Energy reserves
  - Energy reserves
  - Ribulose 1,5-diphosphate carboxylase for CO<sub>2</sub> fixation
- Gas vacuoles
- Magnetosomes
  - Protein covered cylinders
  - Iron oxide  
(destroys H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>)

# Typical structure of a prokaryotic cell



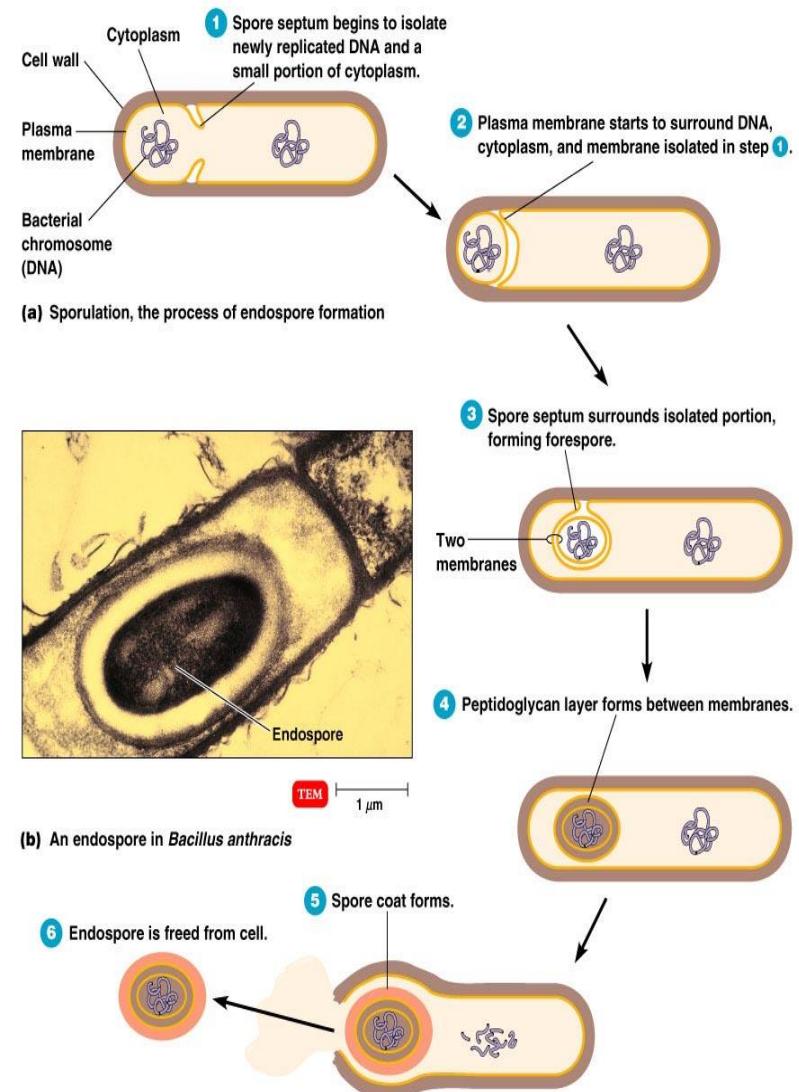
# Endospores

- When essential nutrients are depleted, certain gram-positive bacteria form specialized “**resting**” cells called **endospores**
  - The primary function of most endospores is to ensure the **survival of a bacterium** through periods of environmental stress
  - Sporulation in bacteria **is not** a mean of reproduction
- Unique to bacteria**
  - Durable **dehydrated** cells **with thick walls** and additional layers
  - Resistant to desiccation, heat, chemicals
  - They are formed internal to the bacterial cell membrane
    - Located- **terminally, sub terminally or centrally**
- Endospores can **remain dormant** for **thousands of years**
- Germination:** Return to vegetative state
  - Germination is triggered by physical or chemical damage to the endospore’s coat



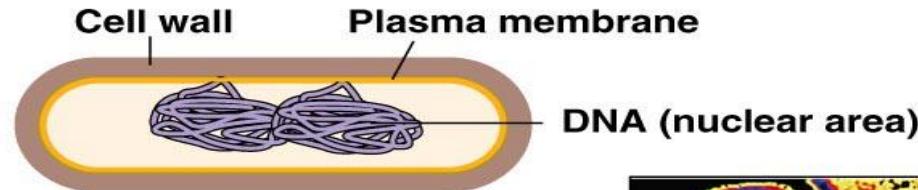
# Endospores

- Sporulation - endospore formation
  - Spore septum
  - Forespore - a structure entirely enclosed within the original cell
  - Peptidoglycane layers
  - Spore coat
  - Release
- Endospore core contains
  - DNA,
  - Small amounts of RNA,
  - Ribosomes,
  - Enzymes
  - Few important small molecules.

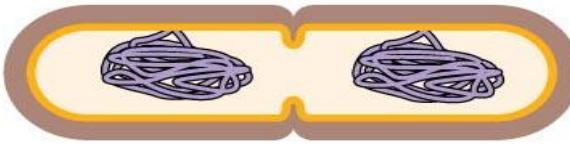


# Cell division –Binary fission

- 1 Cell elongates and DNA is replicated



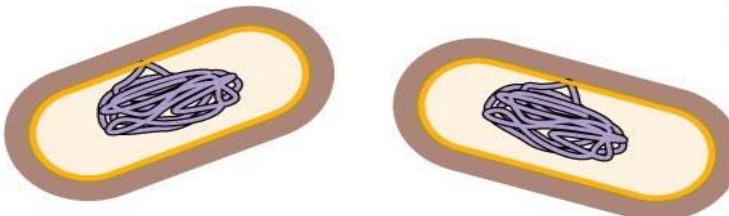
- 2 Cell wall and plasma membrane begin to grow inward



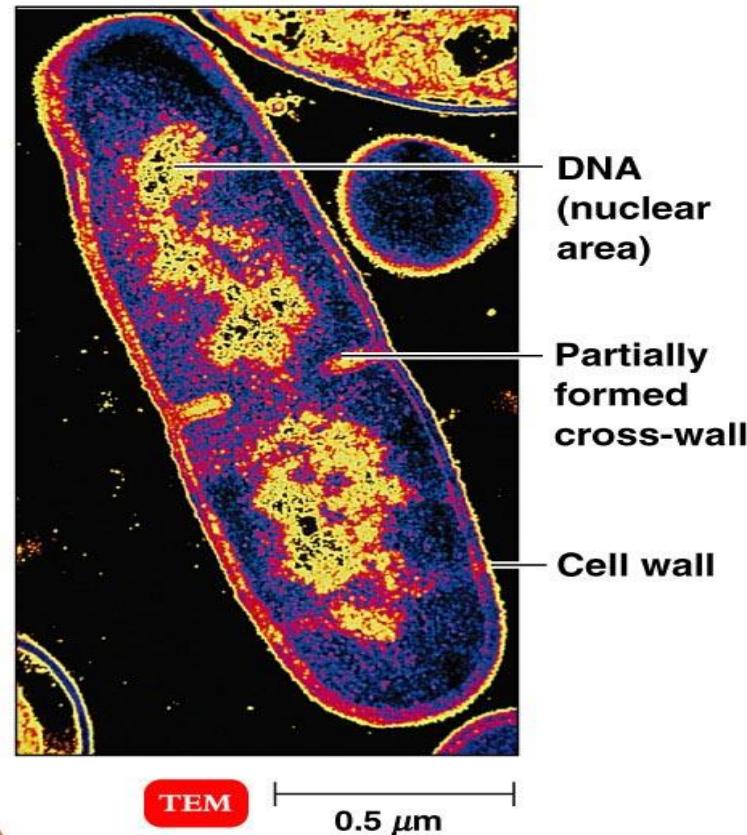
- 3 Cross-wall forms completely around divided DNA



- 4 Cells separate

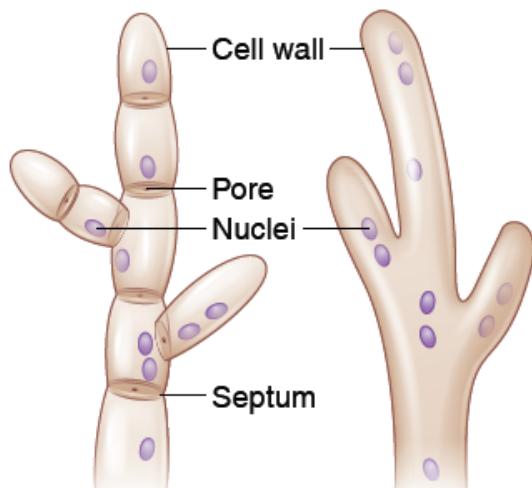


(a) A diagram of the sequence of cell division.

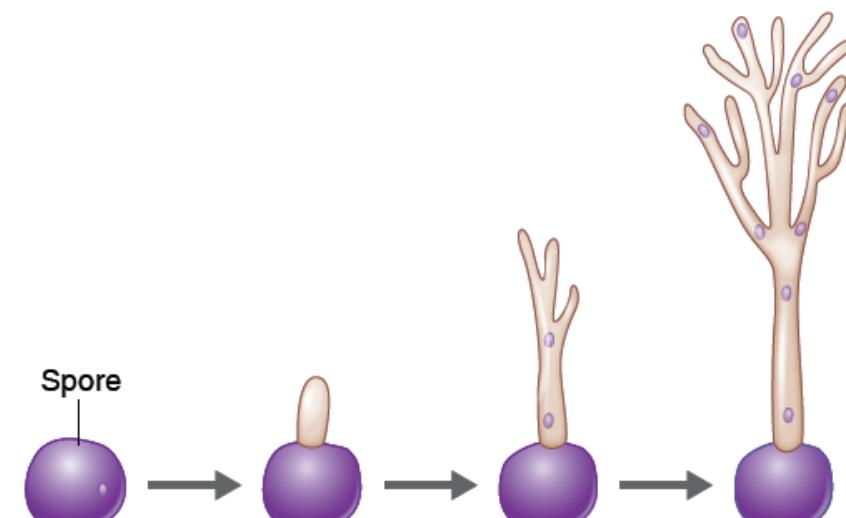


(b) A thin section of a cell of *Bacillus licheniformis* starting to divide.

## Filamentous Fungi- Molds



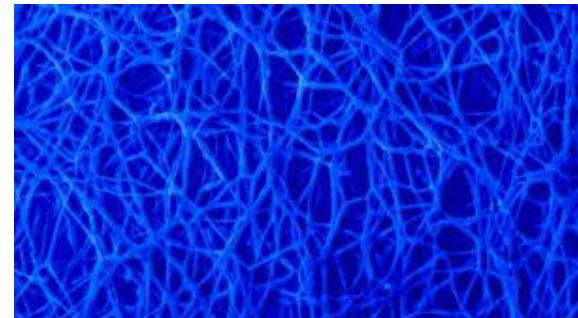
(a) Septate hypha



(c) Growth of a hypha from a spore

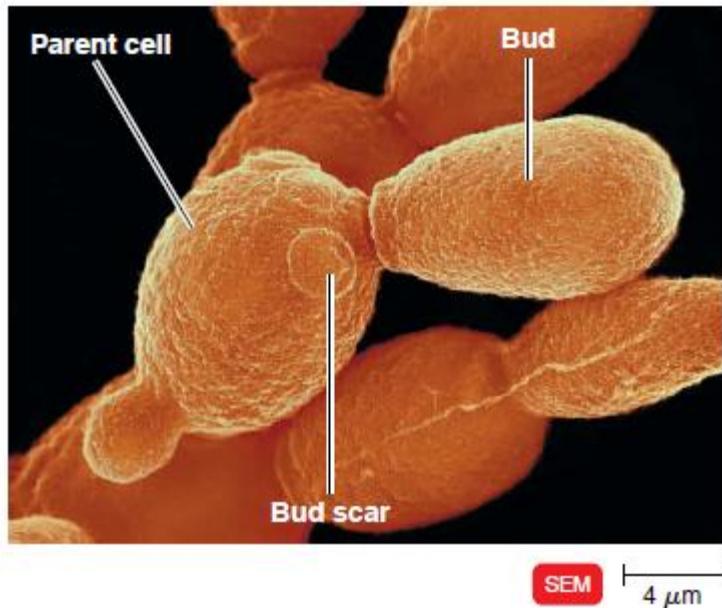
## Characteristics of Fungi

- Identifying yeasts and bacteria requires biochemical tests. However, multicellular fungi are identified on the basis of physical appearance, including colony characteristics and reproductive spores.
- Fungal colonies are described as **vegetative** structures because they're composed of the cells involved in catabolism and growth.
- Molds and Fleshy Fungi: The body of a mold or fleshy fungus consists of long filaments of cells joined together; these filaments are called **hyphae** (singular: **hypha**).
- When environmental conditions are suitable, the hyphae grow to form a filamentous mass called a **mycelium**.



## Yeasts

- Nonfilamentous, unicellular fungi that are typically spherical or oval.
  - **Budding yeasts**, such as *Saccharomyces*, divide unevenly.
  - Some yeasts produce **pseudohypha** (a short chain of buds).
  - **Fission yeasts**, such as *Schizosaccharomyces*, divide evenly to produce two new cells.

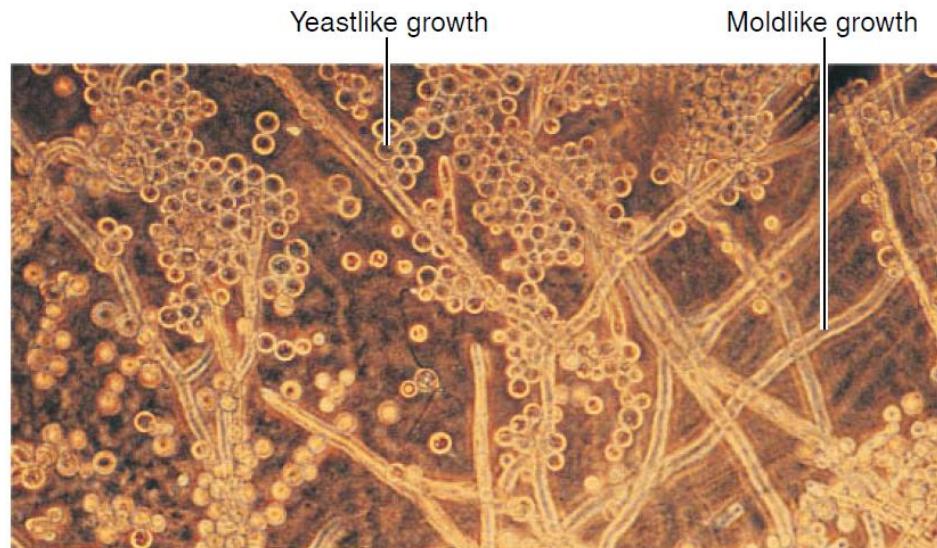


## Yeasts

- Yeasts are capable of facultative anaerobic growth, which allows these fungi to survive in various environments.
- If given access to oxygen, yeasts perform aerobic respiration to metabolize carbohydrates into carbon dioxide and water; denied oxygen, they ferment carbohydrates and produce ethanol and carbon dioxide.

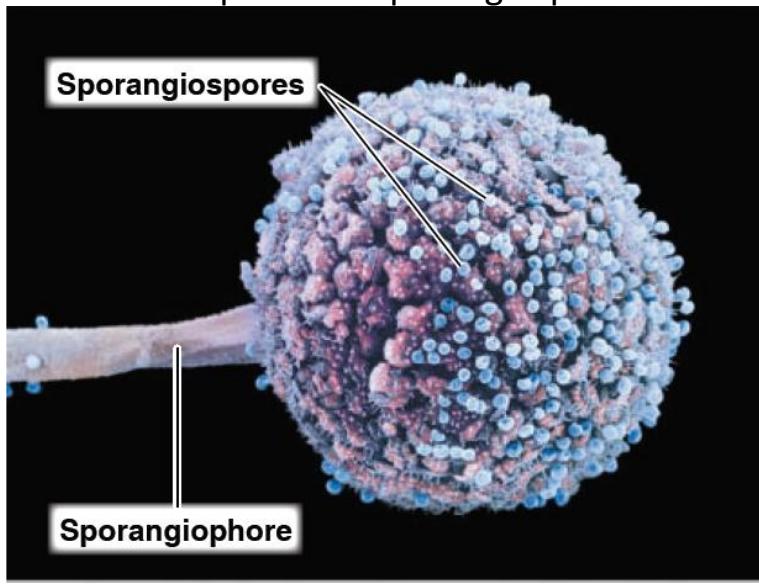
## Dimorphic fungi

- Some fungi, most notably the pathogenic species, exhibit **dimorphism**—(either as a mold or as a yeast).
- The moldlike forms produce vegetative and aerial hyphae; the yeastlike forms reproduce by budding.
- Dimorphism in pathogenic fungi is temperature-dependent: at 37°C, yeastlike, and at 25°C, moldlike.
- Appearance of the dimorphic in some nonpathogenic fungus (*Mucor indicus*) changes with CO<sub>2</sub> concentration.

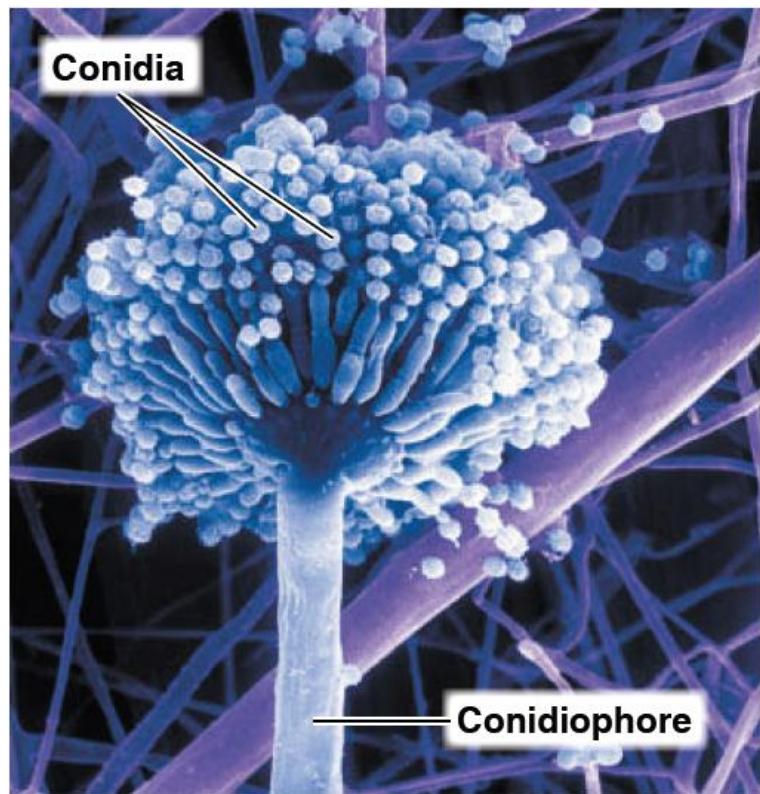


# Life cycle

- Filamentous fungi can reproduce **asexually** or **sexually**.
- Asexually: by fragmentation of hyphae or formation of spore
- Sexually: by formation of spore
- Asexual spore: Conidiospore and sporangiospore

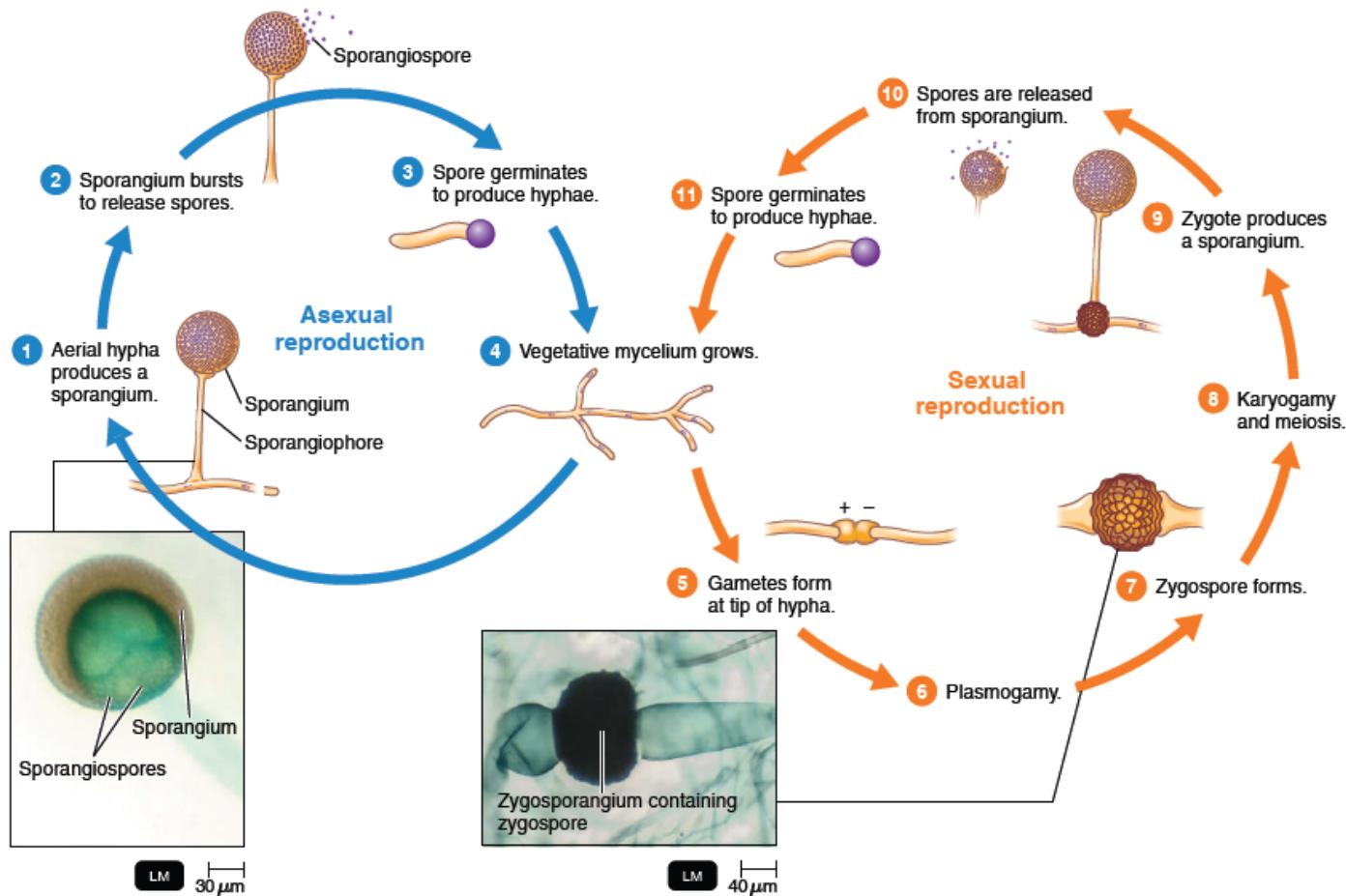


(e) Sporangiospores are formed within a sporangium of *Rhizopus stolonifer*. SEM 5 μm

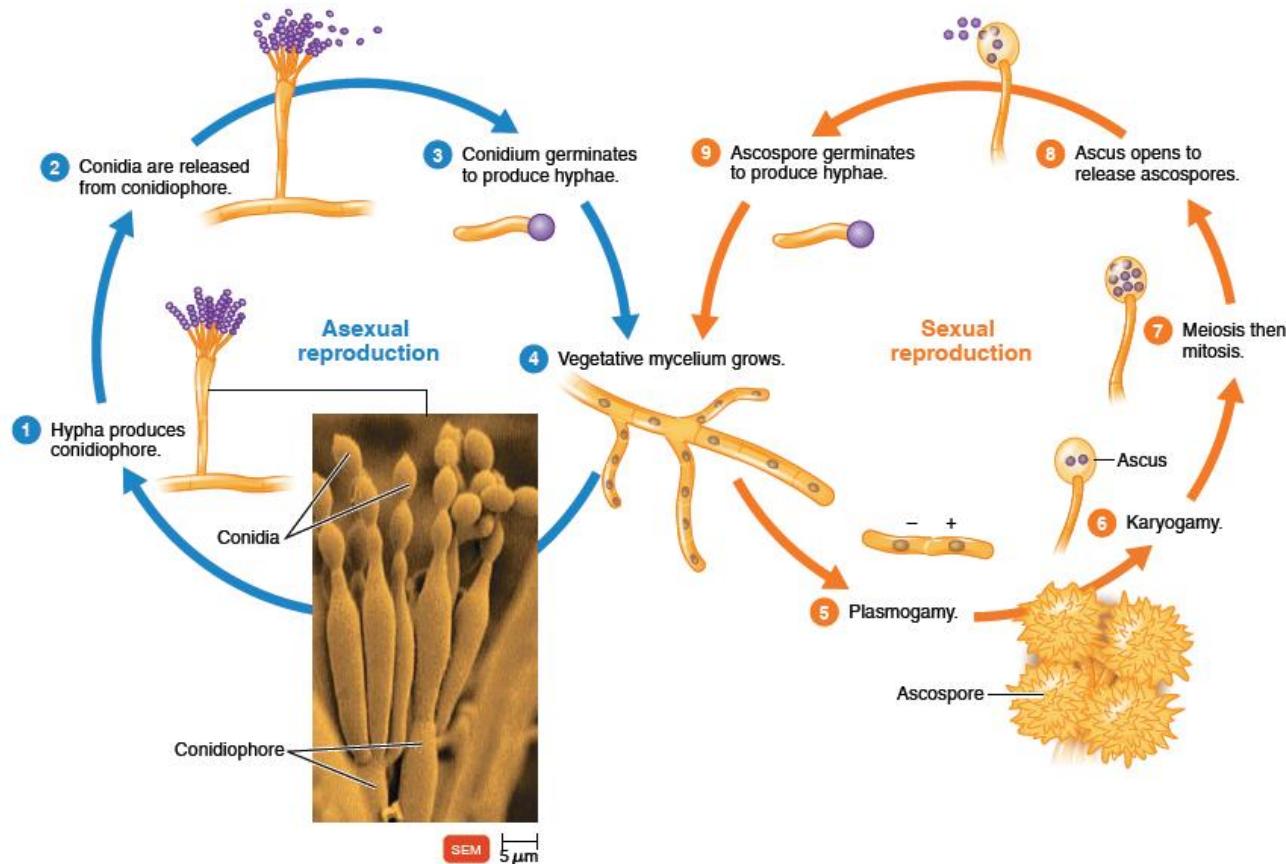


(a) Conidia are arranged in chains at the end of an *Aspergillus niger* conidiophore. SEM 12 μm

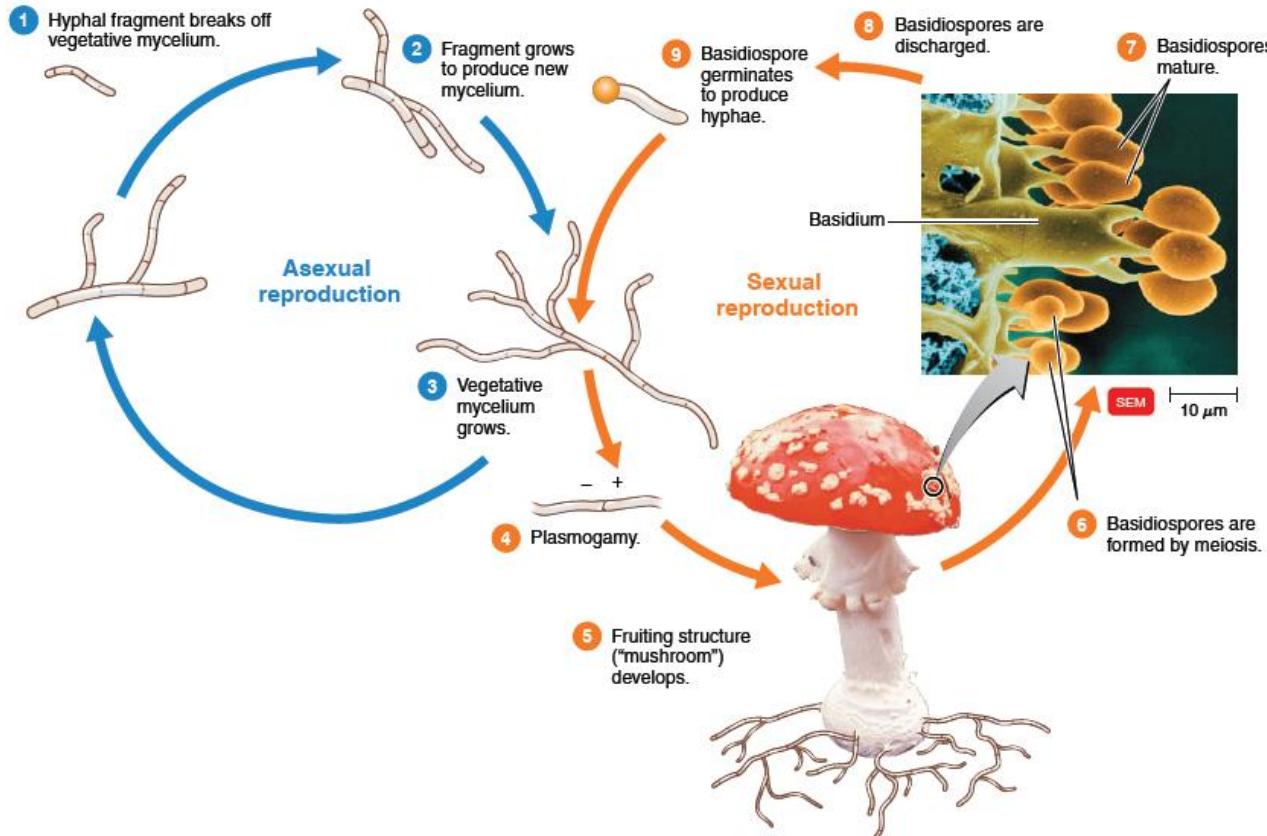
# Zygomycota



# Ascomycota



# Basidiomycota



## Protozoa

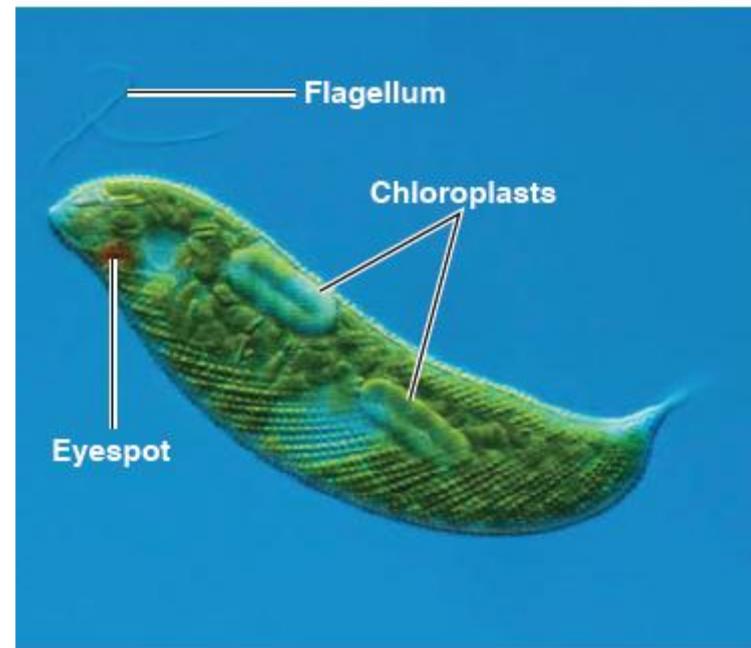
- Unicellular eukaryotic organisms, with many variations in cell structures among them.
- The term *protozoa* means “first animals,” meant to describe animal- like nutrition. However, protozoa are quite different from animals—a few are photosynthetic, and many have complex life cycles that enable them to get from one host to the next.
- **Life cycle**
- Protozoa reproduce asexually by fission, budding, or schizogony.
- **Schizogony** is multiple fission; the nucleus undergoes multiple divisions before the cell divides. After many nuclei are formed, a small portion of cytoplasm concentrates around each nucleus, and then the single cell separates into daughter cells.
- **Sexual reproduction** has been observed in **some protozoa**.

## Characteristics of Protozoa

- **Encystment** Under certain adverse conditions, some protozoa produce a protective capsule called a **cyst**. A cyst permits the organism to survive when food, moisture, or oxygen are lacking, when temperatures are not suitable, or when toxic chemicals are present. A cyst also enables a parasitic species to survive outside a host. This is important because parasitic protozoa may have to be excreted from one host in order to get to a new host.
- **Life cycle**
- Protozoa are mostly aerobic heterotrophs, although many intestinal protozoa are capable of anaerobic growth. Two chlorophyll-containing groups, dinoflagellates and euglenoids, are often studied with algae.

## Photoautotrophic protozoa

- Euglenoids have a semirigid plasma membrane called a pellicle, and they move by means of a flagellum at the anterior end.



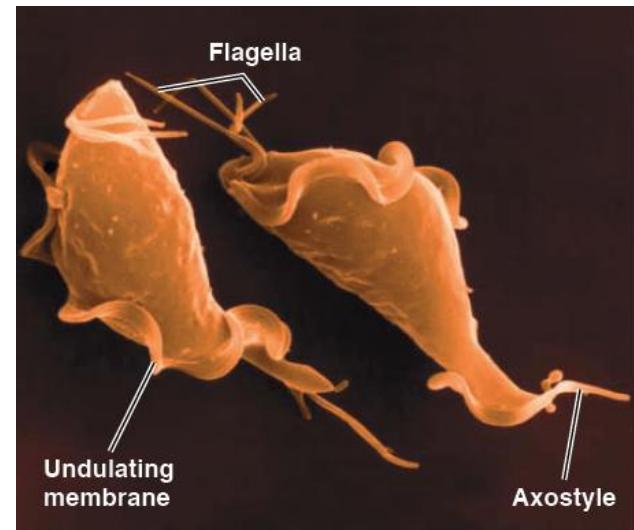
(c) *Euglena*. Euglenoids are autotrophs. Semirigid rings supporting the pellicle allow *Euglena* to change shape. SEM 10 μm

# Flagellates

- A parasite without mitochondria is ***Giardia intestinalis***, sometimes called ***G. lamblia***.
  - Another human parasite that lacks mitochondria is ***Trichomonas vaginalis***.



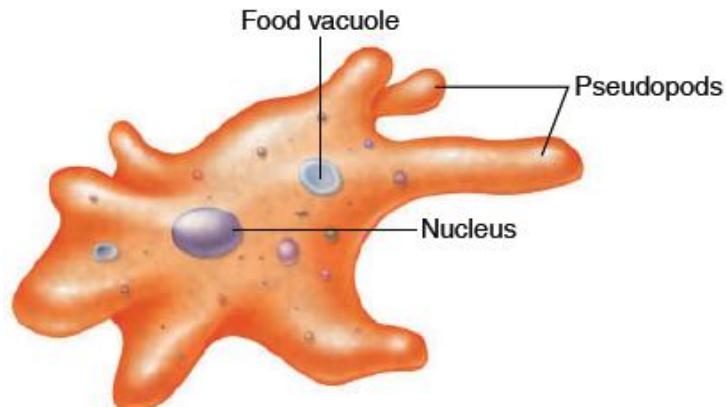
(a) *Giardia intestinalis*. SEM  $3\ \mu\text{m}$   
This parasite has eight flagella and a ventral sucker disk that the parasite uses to attach itself to the intestine.



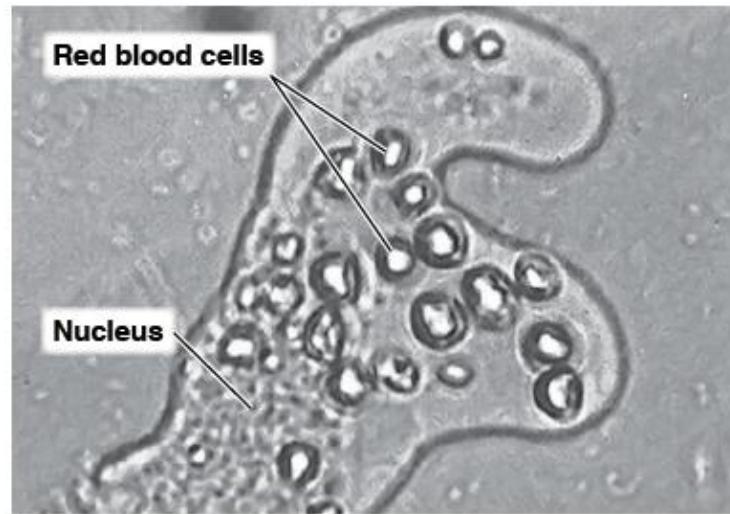
(b) *Trichomonas vaginalis*. This flagellate causes urinary and genital tract infections. Notice the small undulating membrane. This flagellate does not have a cyst stage. SEM  $7.5\ \mu\text{m}$

## Protozoa with pseudopods- Amebae

- *Entamoeba histolytica* is the only pathogenic ameba found in the human intestine. As many as 10% of the human population may be colonized by this ameba.



(a) *Amoeba proteus*

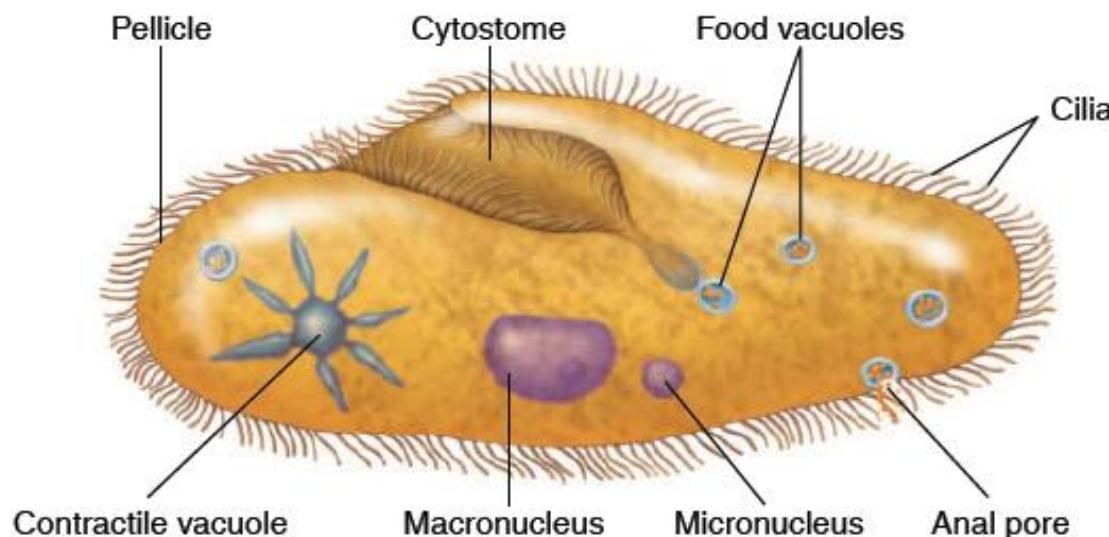


(b) *Entamoeba histolytica*

LM  
5  $\mu\text{m}$

## Ciliates

- Ciliates have cilia that are similar to but shorter than flagella.
- The only ciliate that is a human parasite is *Balantidium coli*.



# Apicomplexa (Sporozoa!)- Plasmodium

