

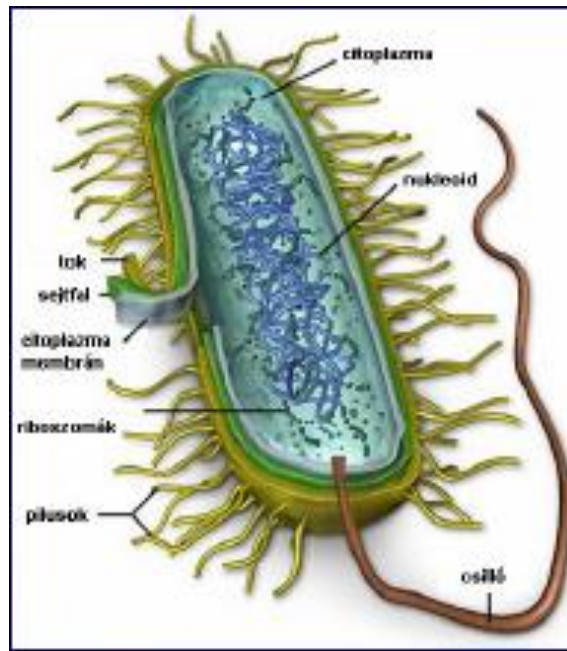
MIKROBIOLÓGIA

A prokarióták jellemzése

Szőlész-borász mérnök nappali képzés

PTE TTK BI

Általános és Környezeti Mikrobiológiai Tanszék
2018.



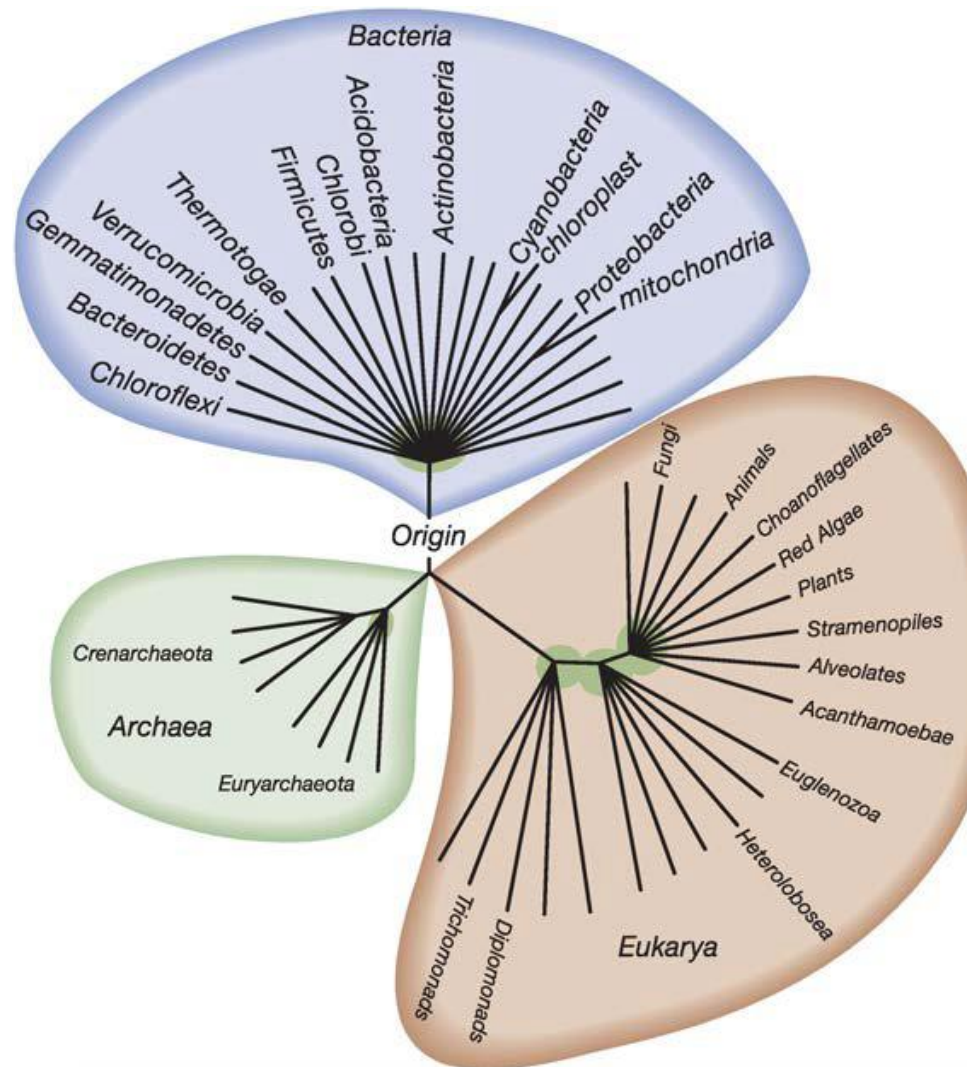
A mikroorganizmusok evolúciója

- 3,5 milliárd éve alakultak ki az első sejtes szerveződések,
- 2,3 milliárd éve alakultak ki az első oxigéntermelő mikrobák,
- oxigénes légkör kialakulása kb. 2 milliárd évvel ezelőtt
- első eukarióták 1,5 milliárd évvel ezelőtt jelentek meg,
- endoszimbiózis teória szerint ősi eubaktériumok beépülése az ősi eukarióta sejtbe eredményezte a mitokondrium, megjelenését,
- a fotoszintézisre képes eubaktérium beépülése pedig a kloroplasztisz megjelenését,
- a riboszómális rRNS-t használják az evolúció molekuláris szintű vizsgálatára.

A baktériumok helye

- Korábbi taxonómiai felosztás:
5 ország (Monera, Protista, Fungi, Animalia, Plantea)

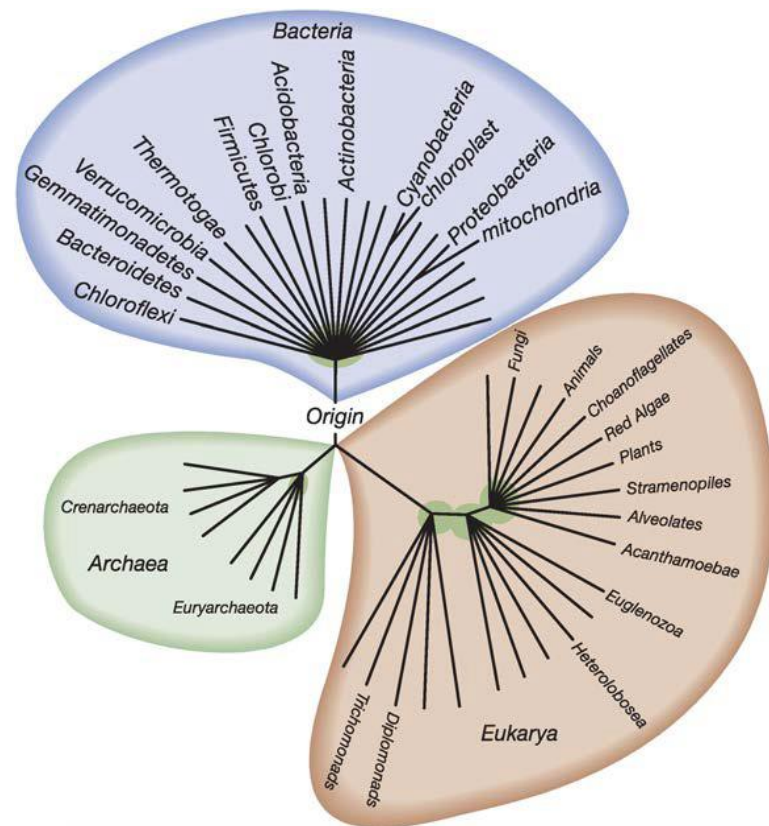
- **Mikrobiális taxonómia** →
- 1. elektronmikroszkóp,
- 2. m.o.-ok biokémiai és fiziológiai tulajdosságainak megismerése,
- 3. nukleinsav-, fehérje szekvencia → rRNS → Carl Woese (1970-es évek)
→ *Bacteria*, *Archea*



Univerzális filogenetikai törzsfa rRNS szekvencia összehasonlítás alapján összeállítva.

Az eukarióta mikroorganizmusok helye az élőlények rendszerében

- A riboszómális RNS szekvencia adatok alapján felállított evolúciós törzsfa egyértelműen azt mutatja, hogy az eukarióta élőlények közös (monofiletikus) eredetűek. A **prokarióta-eukarióta** közös őssejt az evolúció korai szakaszában két ágon fejlődött tovább, az egyik az **(eu)baktériumok vonala**, a másik pedig az **ősbaktérium-eukarióta** közös vonal volt.



Univerzális filogenetikai törzsfa rRNS szekvencia összehasonlítás alapján összeállítva.

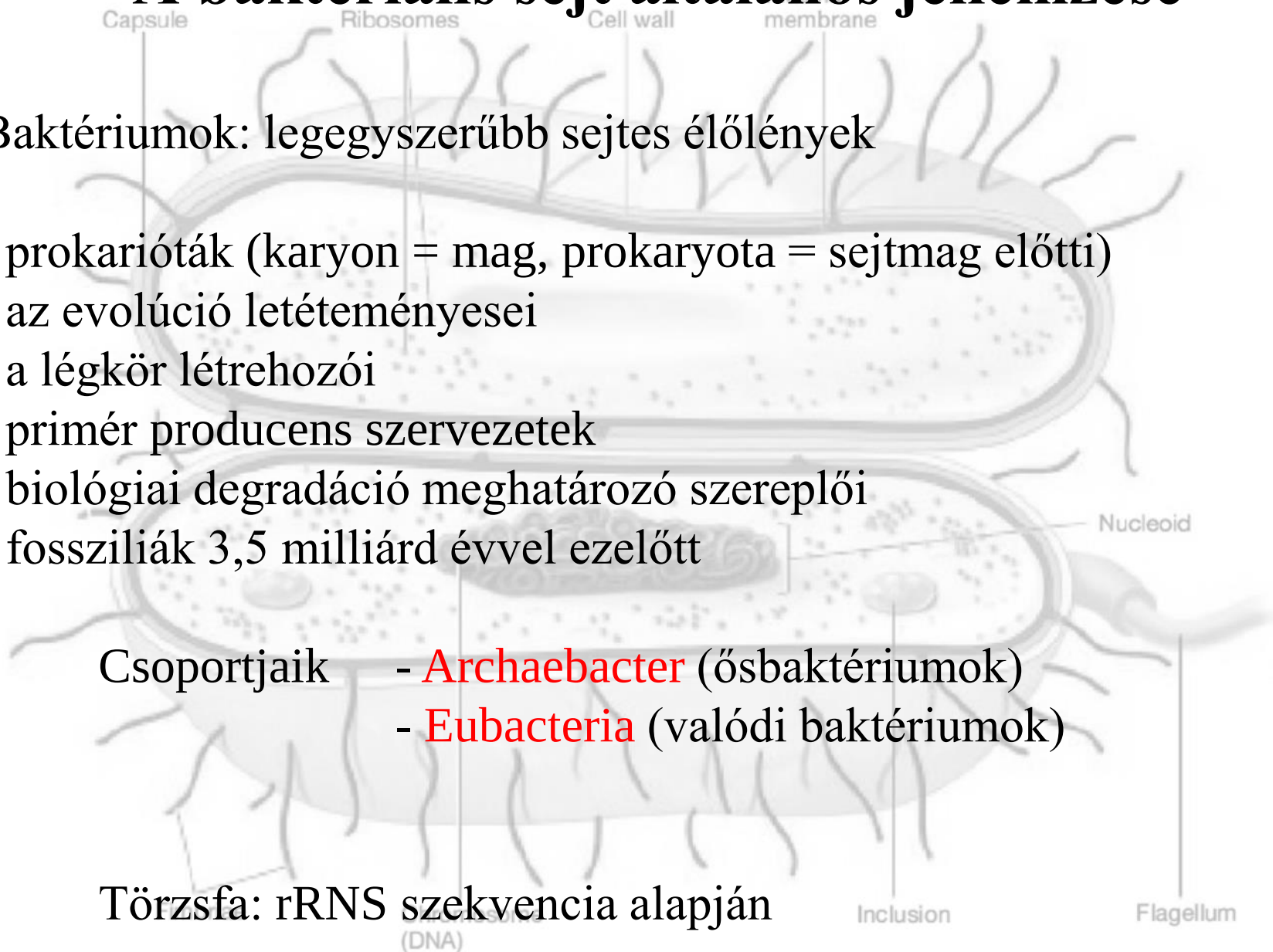
A bakteriális sejt általános jellemzése

- Baktériumok: legegyszerűbb sejtes élőlények
- prokarióták (karyon = mag, prokaryota = sejtmag előtti)
- az evolúció letéteményesei
- a légkör létrehozói
- primér producens szervezetek
- biológiai degradáció meghatározó szereplői
- fossziliák 3,5 milliárd évvel ezelőtt

Csoportjaik

- **Archaeobacter** (ősbaktériumok)
- **Eubacteria** (valódi baktériumok)

Törzsfa: rRNS szekvencia alapján



A bakteriális sejt általános jellemzése

- általában **egysejtű** élőlények,
- A legtöbbjük **peptidoglükán** tartalmú sejtfallal rendelkezik,
- Általában **sejtmaghártya nélküliek**, de *Planctomycetes* genetikai anyagát membrán veszi körül (ez is indokolja a „prokarióta” fogalom elhagyását - „**procaryote controversary**”)
- Talajba, vízben, levegőben, extrém körülmények között (pH, T, só....)
- Az **embert is** kolonizálják, (bőr, tápcsatorna, ... emésztés, vitaminok, stb.)
- **Humán patogének** (1347 – pestis- járvány Európában a populáció 75%-át megölte → reneszánsz előkészítése.)
- **Szerepük:** lebontó folyamatok, globális anyagkörforgás részei, ipari alkalmazások (élelmiszer (antibiotikumok, sajt, kenyér (kovász), tejtermékek, enzimek, vitaminok, stb.))

A bakteriális sejt általános jellemzése

- néhány ml folyadékban több Md baktérium zsúfolható össze.
- Pici térfogat, de nagy felület.
- Gyorsan szaporodnak (matematikai haladvány szerint: 1-2-4-8-16-...), ezért betegségek gyors lefolyása, lebomlási folyamatok gyorsasága.
- Táplálkozásuk:** 1 sejt, a környezetükben levő makromolekulákat, fémeket, alkotókat (aminosav, glükóz) felveszik, vagy enzimeket bocsátanak ki (exoenzim), amelyek a makromolekulákat alkotókra bontják. Külső emésztésűek.
- Transzportfolyamatok!

Méret, felszín, térfogat

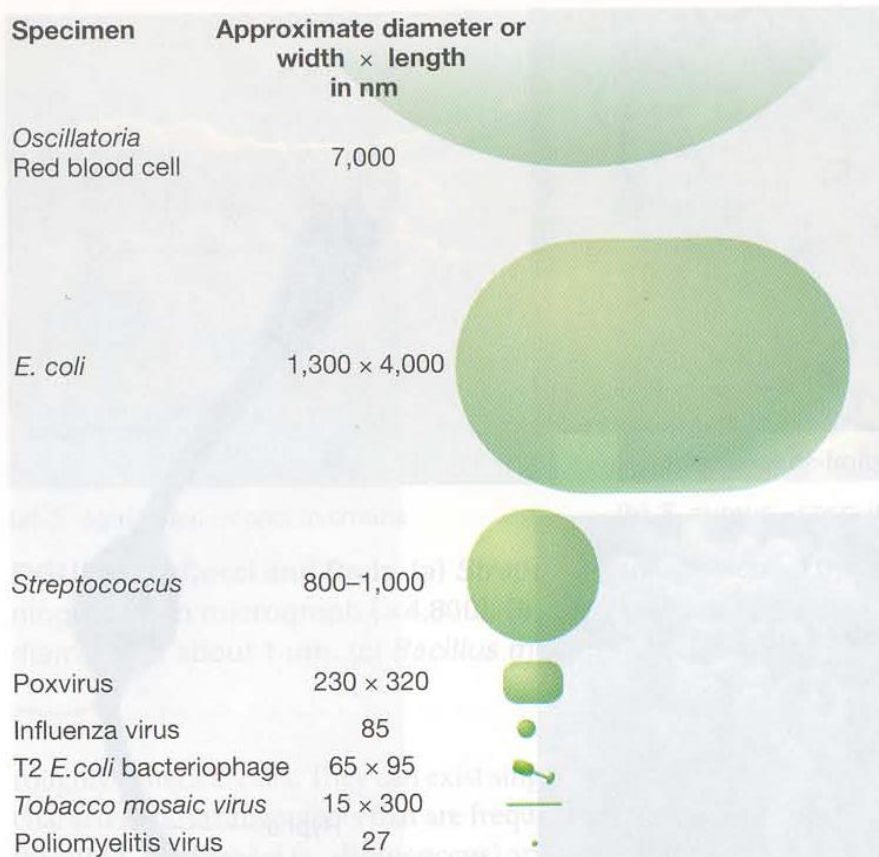


FIGURE 3.3 Sizes of Bacteria Relative to a Red Blood Cell and Viruses. The size range of archaeal cells is similar to that of *Bacteria*. Recall that 1,000 nm = 1 μ m. Thus *E. coli* is $1.3 \times 4 \mu$ m.

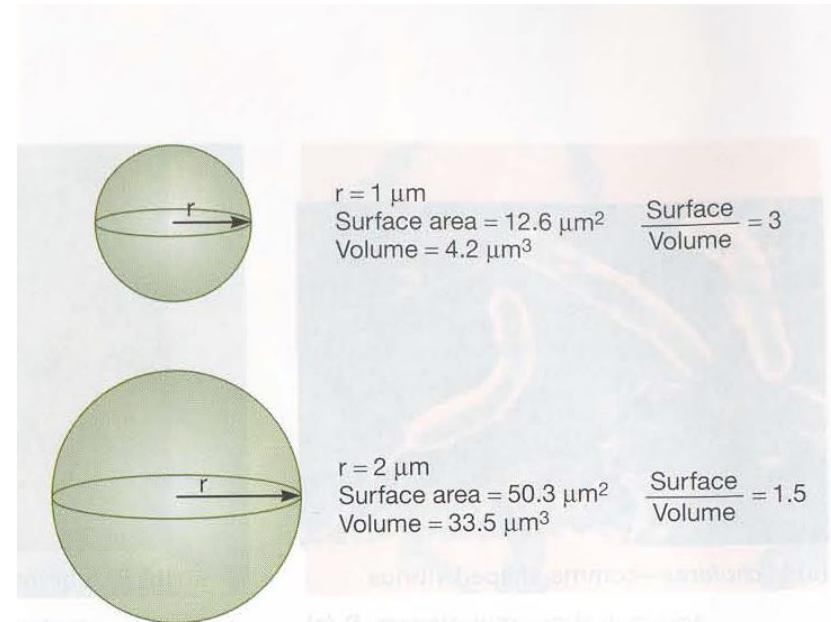


FIGURE 3.5 The Surface-to-Volume Ratio. Surface area is calculated by the formula $4\pi r^2$. Volume is calculated by the formula $\frac{4}{3}\pi r^3$. Shape also affects the S/V ratio; rods with the same diameter as a coccus have a greater S/V ratio.

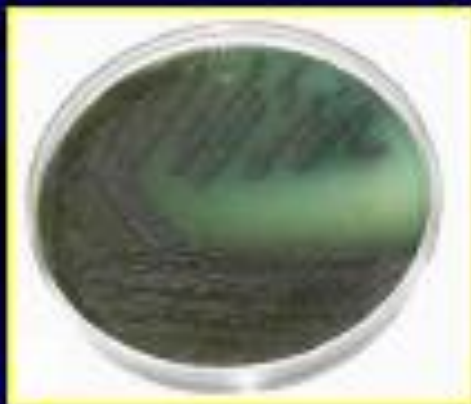
A prokarióta sejt általános jellemzése



telepmorfológia



zsíroldékony pigmentek



vízoldékony pigment



a: beta hemolízis, b: alfa hemolízis, c: gamma hemolízis

hemolízisek

A bakteriális sejt általános jellemzése

- Méretük változatos: kb. 0,2-100 mikrométer

A baktériumok mérete általában a μm -es mérettartományba esik, (*Spirochaeta* és *Spirillum* fajok hosszmérete a 100 μm -t is elérheti ~ kisebb eukarióta sejt, míg a *Rickettsia* és *Mycoplasma* fajok sejtjei 0,2-0,4 μm méretűek ~ poxvírusok).

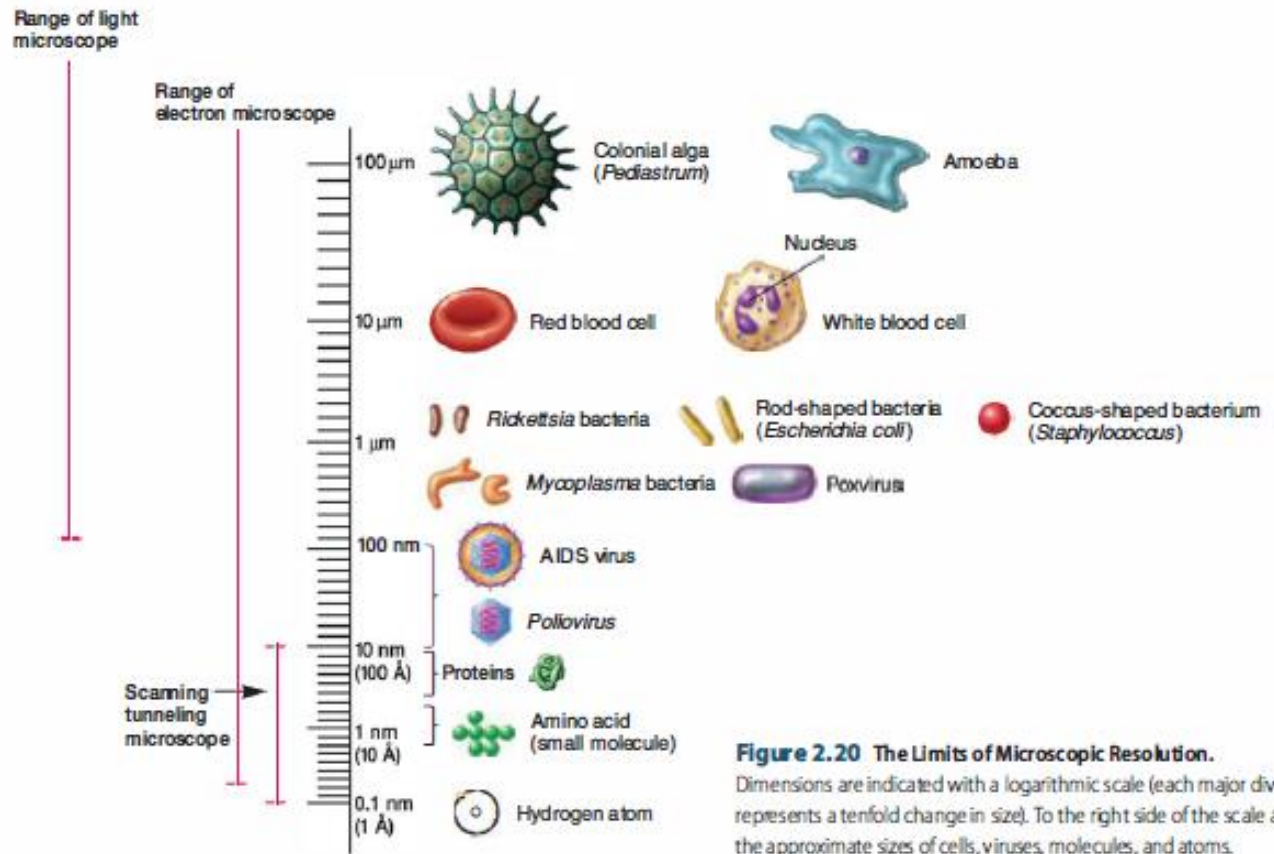
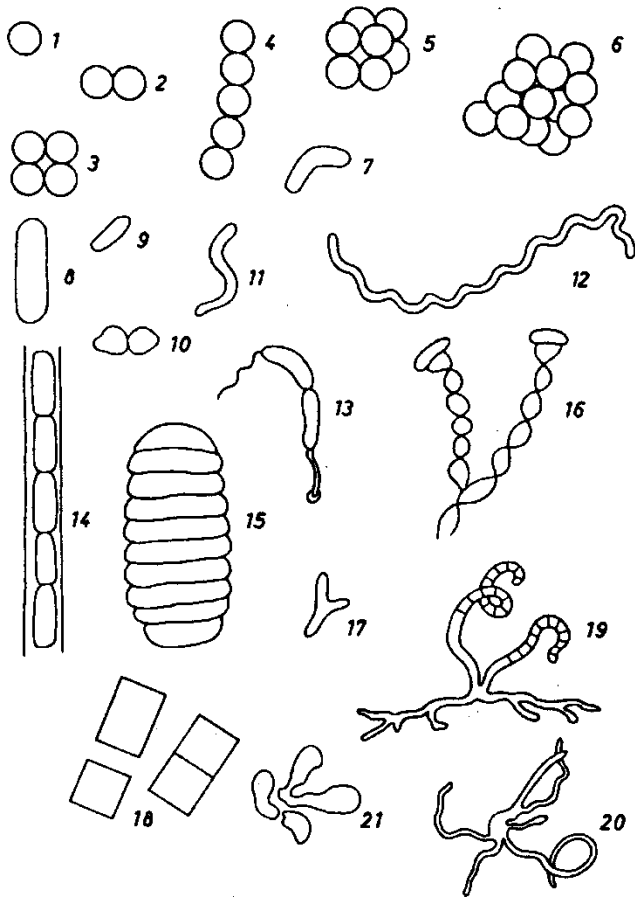


Figure 2.20 The Limits of Microscopic Resolution. Dimensions are indicated with a logarithmic scale (each major division represents a tenfold change in size). To the right side of the scale are the approximate sizes of cells, viruses, molecules, and atoms.

Gyakoribb baktérium alakok



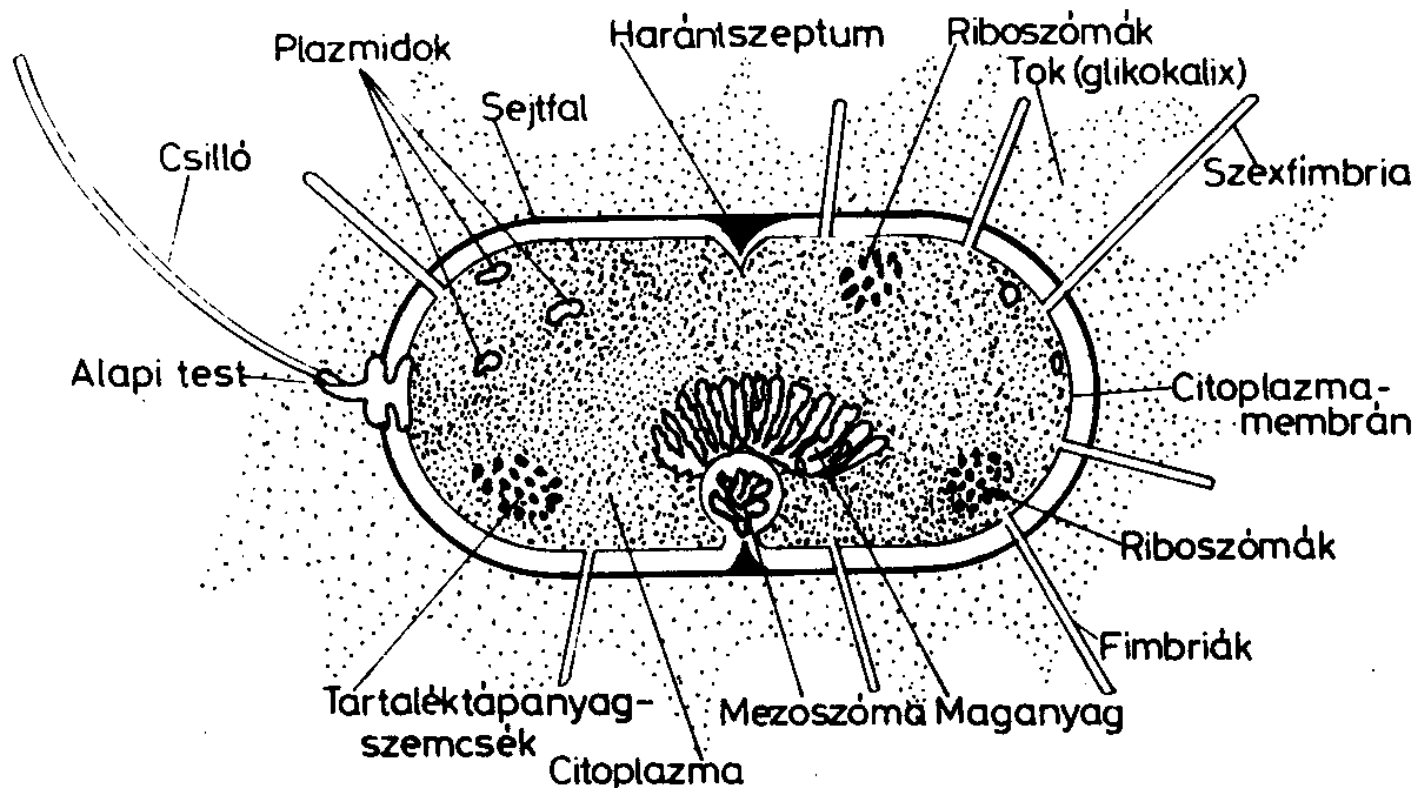
Alak szerint két fő csoportba oszthatók.

- kokkusz (coccus),
- pálca (bacillus)
- kokkobacillus, ha a pálca rövid,
- vibrio, ha görbült,
- spirillum, dugóhúzóforma,
- spirocheta, hajlékonyabb, inkább rugó.

De lehet
pleomorfizmus is!

1. ábra 1. *Micrococcus*. 2. *Diplococcus*. 3. *Tetrad*. 4. *Streptococcus*. 5. *Sarcina*. 6. *Staphylococcus*. 7. *Vibrio*. 8. *Bacillus*. 9. *Haemophilus*. 10. Osztódó kokkoid alakok. 11. Rövid *Spirillum*. 12. *Spirochaeta*. 13. *Caulobacter*. 14. *Sphaerotilus-fonal*. 15. *Caryophanon latum* óriásbaktérium. 16. *Gallionella*. 17. *Mycobacterium*. 18. Téglatest alakú baktériumok. 19. *Streptomyces*. 20. *Metallogenium*. 21. *Arthrobacter*.

Az átlagos baktériumsejt szerkezetének vázlata



A bakteriális citoszkeleton

Table 3.2 Bacterial Cytoskeletal Proteins

Type	Function	Comments
Tubulin homologs		
FtsZ	Cell division	Widely observed in <i>Bacteria</i> and <i>Archaea</i>
BtubA/BtubB	Unknown	Observed only in <i>Prostheco bacter</i> ; thought to be encoded by eukaryotic tubulin genes obtained by horizontal gene transfer
Actin homologs		
FtsA	Cell division	Observed in many bacterial species
MamK	Positioning magnetosomes	Observed in magnetotactic species
MreB/Mbl	Maintains cell shape, segregates chromosomes, localizes proteins	Most rod-shaped bacteria
Intermediate filament homologs		
CreS (crescentin)	Induces curvature in curved rods	<i>Caulobacter crescentus</i>
Unique bacterial cytoskeletal proteins		
MinD	Prevents polymerization of FtsZ at cell poles	Many rod-shaped bacteria
ParA (chromosome-encoded form)	Segregates chromosomes	Observed in many species including <i>Vibrio cholerae</i> and <i>C. crescentus</i>

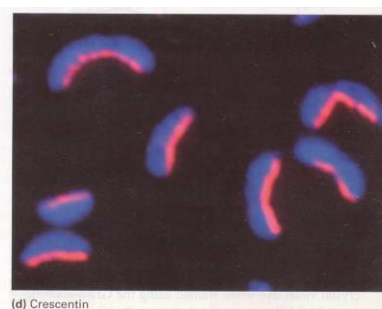
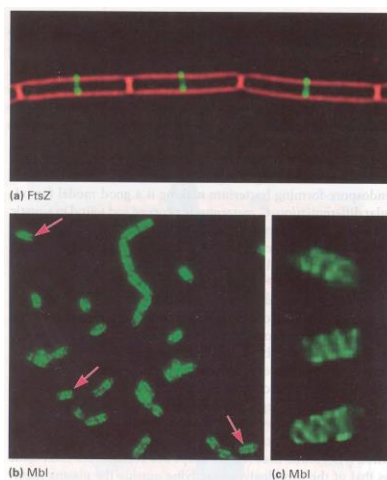
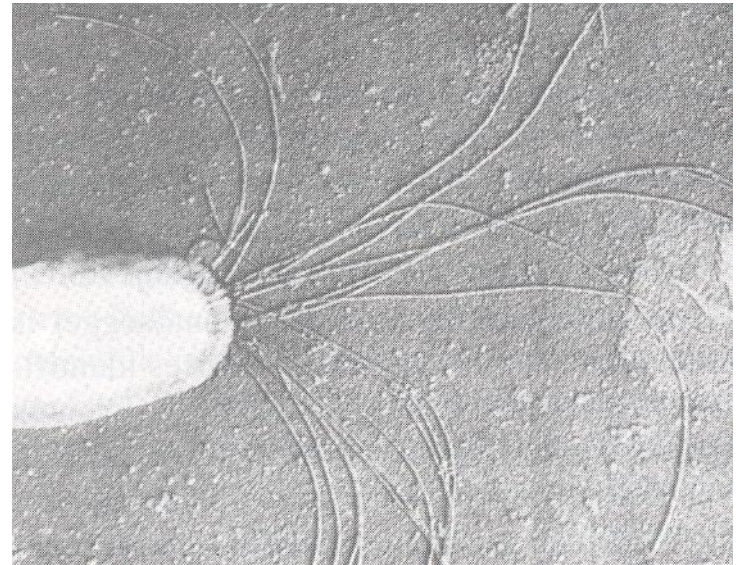
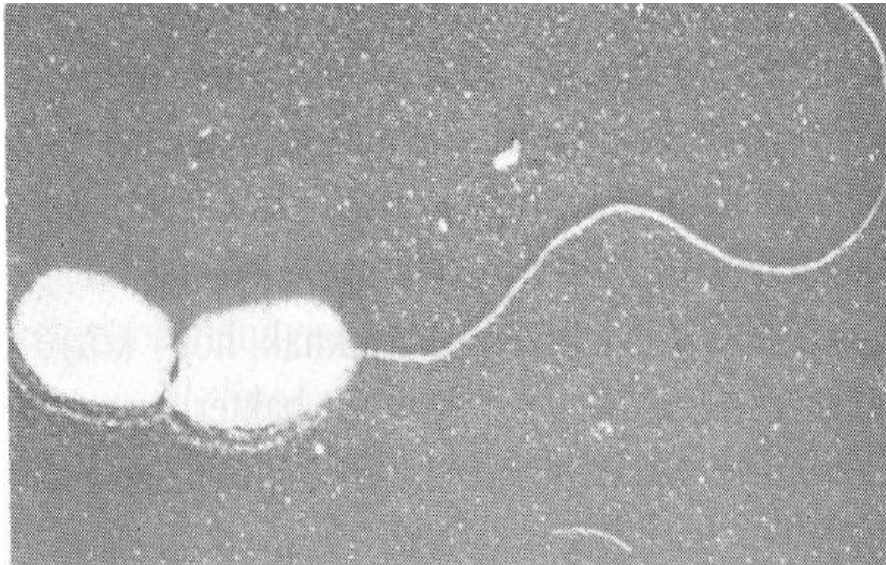


FIGURE 3.30 The Bacterial Cytoskeleton. (a) FtsZ protein of *Bacillus subtilis*; FtsZ-green fluorescent (GFP) fusion protein viewed by fluorescence microscopy. (b) Visualization of the MreB-like cytoskeletal protein (Mbl) of *Bacillus subtilis*; Mbl-GFP in live cells was examined by fluorescence microscopy. Arrows point to the helical cytoskeletal cables that extend the length of the cells. (c) Three of the cells from (b) are shown at a higher magnification. (d) CreS (crescentin), in red, of *Caulobacter crescentus*. The DNA in the cells was stained blue with DAPI.

Prescott's Microbiology 9th Ed.c, 2014

***Vibrio metchnikovii* monotrich csillóval valamint
Spirillum serpens lophotrich csillóval**



(W. van Interson felvétele)

A baktérium sejt általános jellemzése

- A **flagellumok** (ostorok és csillók) az aktív mozgást, a **pilusok** és **fimbriák** pedig a sejtek tapadását szolgálják.
- A flagellumok flagellin fehérje monomerekből épülnek fel helikális elrendeződés szerint, egy csőszerű képletet alkotva.
- Az ostor óramutató járásával megegyező irányú forgása a baktériumsejtnek bukdácsoló mozgást kölcsönöz, ezzel teremtve meg az irányváltoztatás lehetőségét
- Elhelyezkedésük alapján: (atrich- nincs, monotrich(1-1),
lophotrich(1-sok), amphitrich(2-1), amphi-lophotrich(2-sok),
peritrich). Jó antigének (**H**).

Motilitás

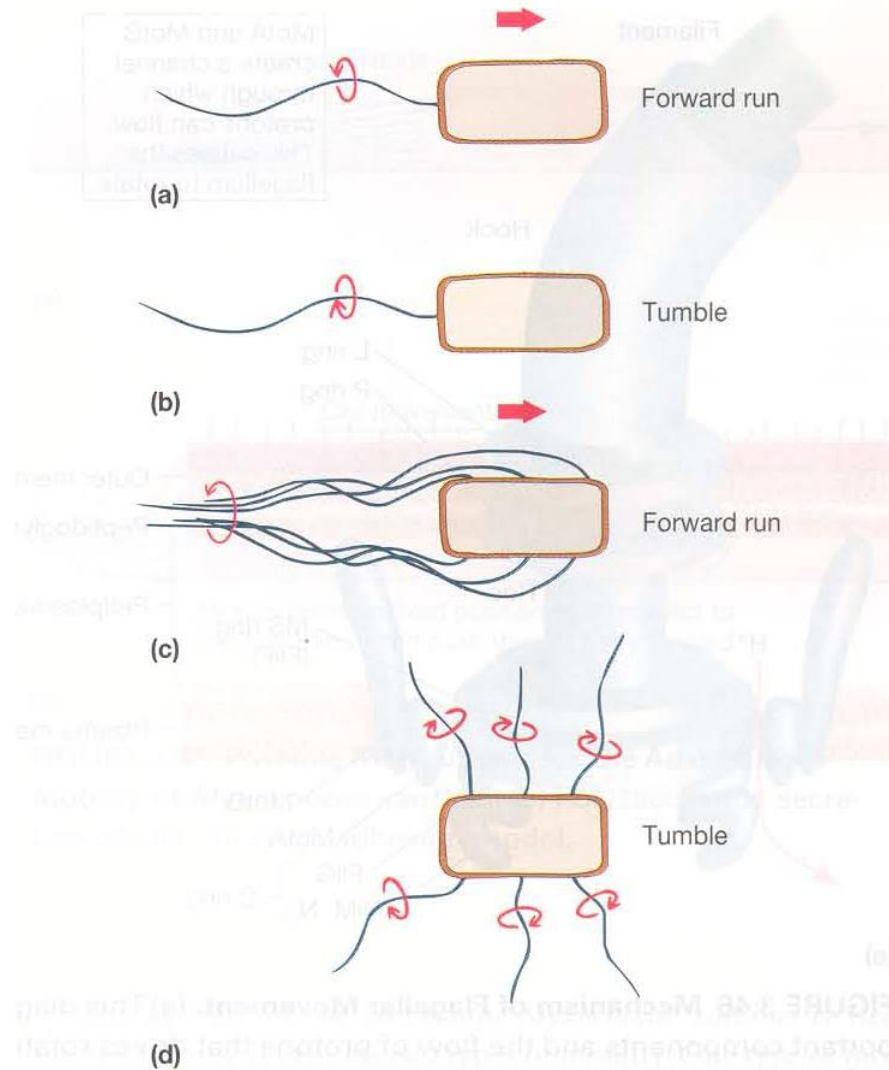
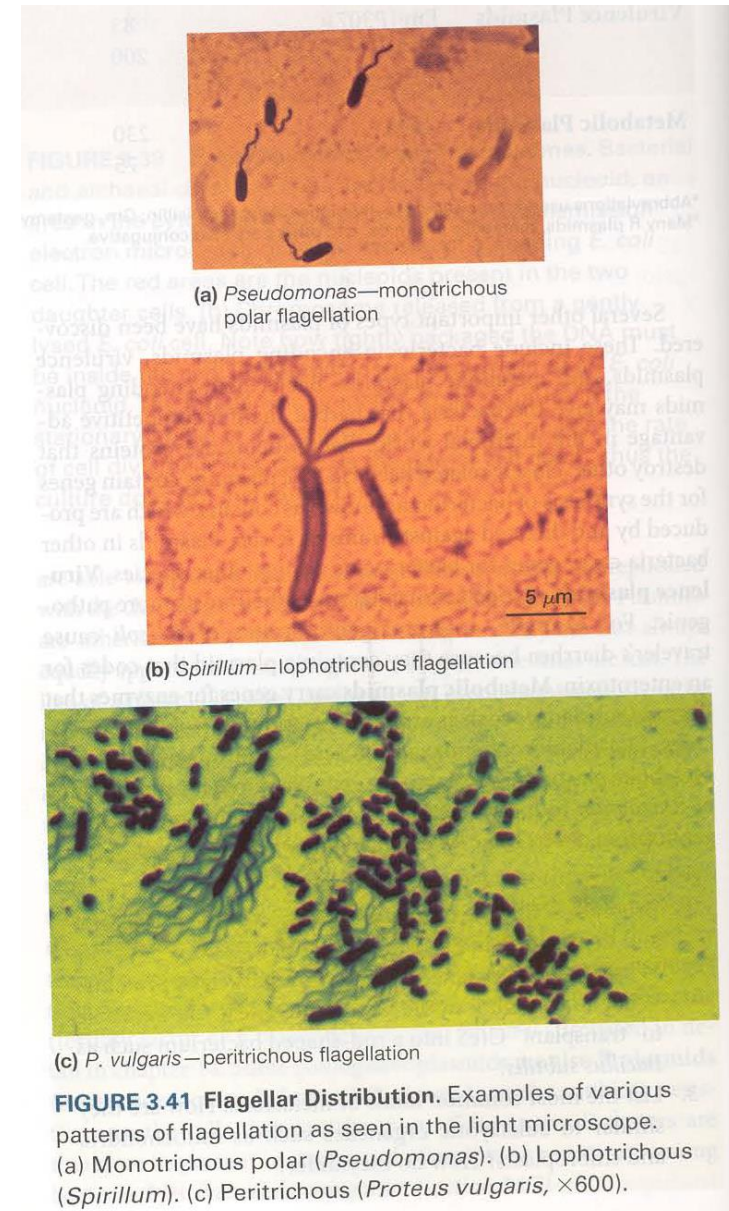


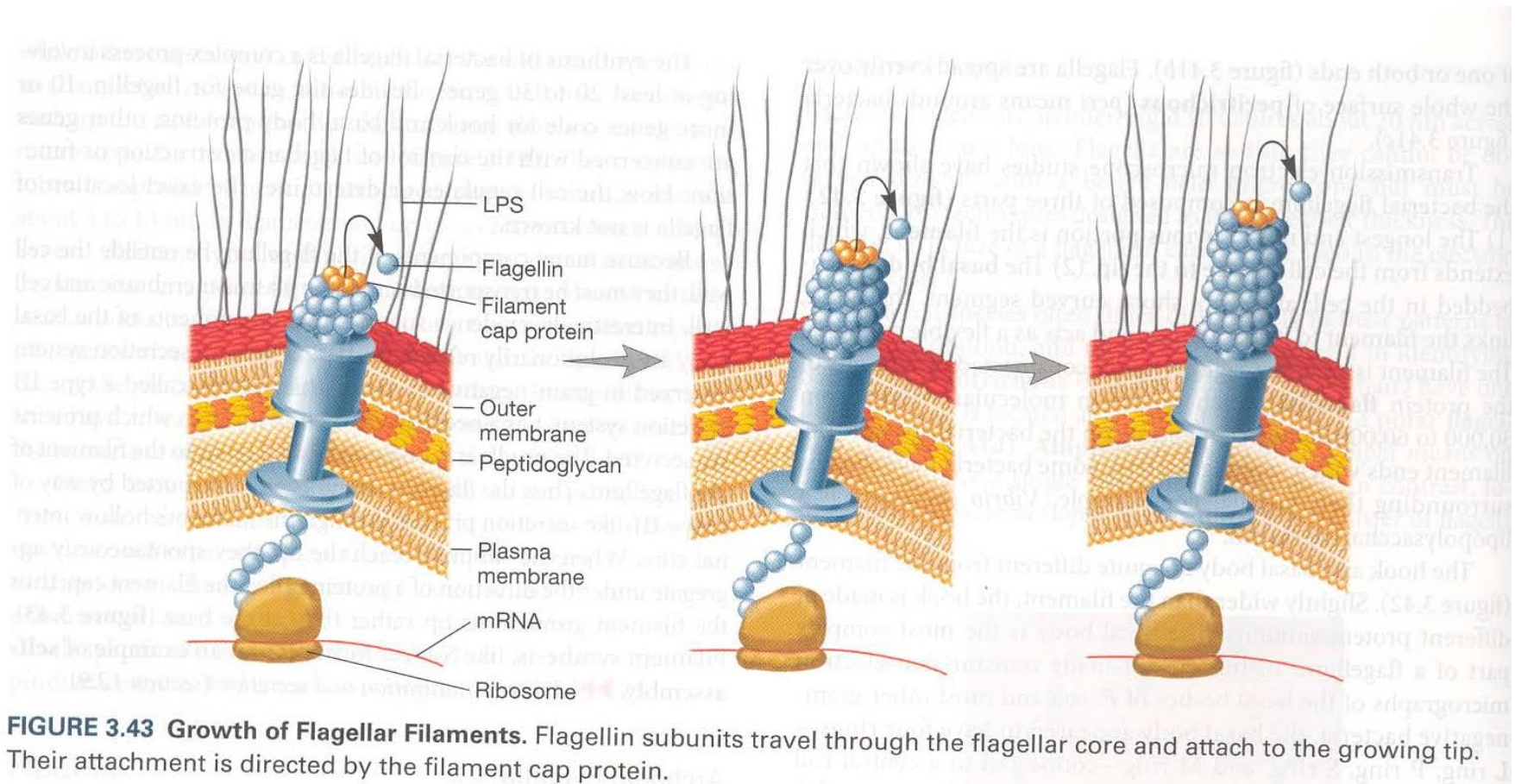
FIGURE 3.45 Flagellar Motility. The relationship of flagellar rotation to bacterial movement. Parts (a) and (b) describe the motion of monotrichous, polar bacteria. Parts (c) and (d) illustrate the movements of peritrichous organisms.

Flagellumok, fimbria

- Monotrich, amfitrich, lophotrich, peritrich, amfi-lophotrich...
- A **fimbria** rövid, serteszerű képlet, melyek funkciója az egymáshoz és más felületekhez való tapadás (adhéziós fimbriák).
- Szerepük van egyes baktériumok **patogenitásában**, mivel ezekkel tapadnak meg a gazdaszervezet szöveteihez.



Flagellum képződése



A bakteriális flagellum szerkezete

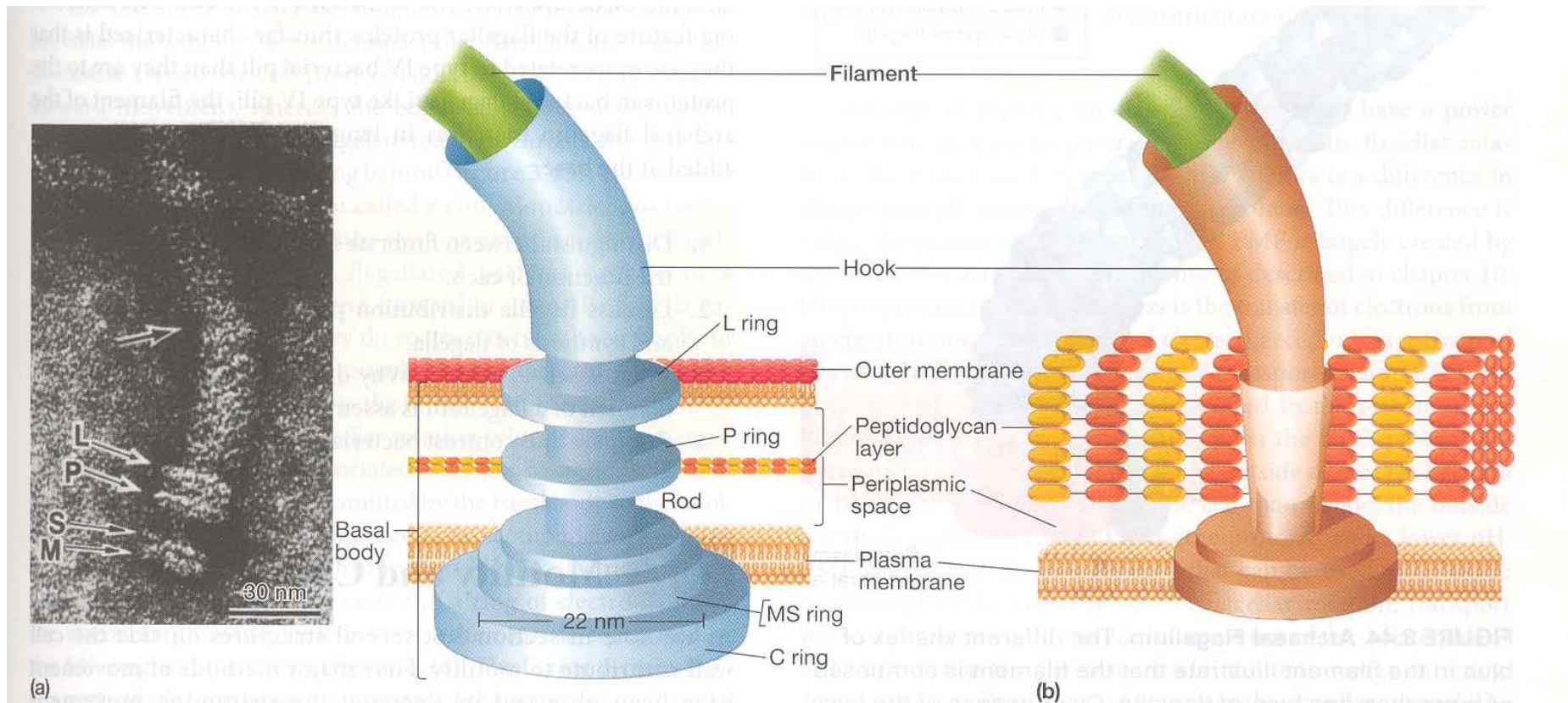


FIGURE 3.42 The Ultrastructure of Bacterial Flagella. Flagellar basal bodies and hooks in (a) gram-negative and (b) gram-positive bacteria. The photo shows an enlarged view of the basal body of an *E. coli* flagellum. All three rings (L, P, and MS) can be clearly seen. The uppermost arrow is at the junction of the hook and filament.

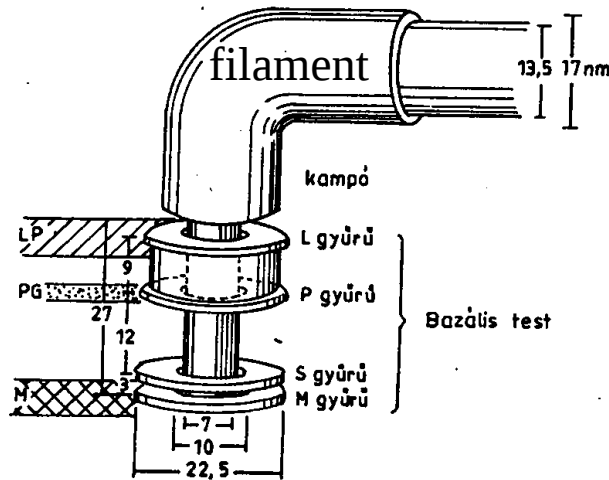
CSILLÓ (ostor, flagellum)

mozgást biztosít - kemotaxis (cukor, aminosav)

H - antigén

I - 30 μm hosszú

360 °C-os mozgást végez (ATP igény)



A csilló szerkezete

FIMBRIA (pilus)

fehérjéből felépülő cső
erős antigén

fimbria: sertésszerű → megtelepedés
patogenezis
pilus: csőszerszerű

I pilus: rezisztencia és bakteriocinogén plazmidok (10 - 1000 db) átjuttatása

F pilus: "szex faktorok átjuttatása (1 - 2 db/sejt)

pilust csak plazmid tartalmú sejt képez

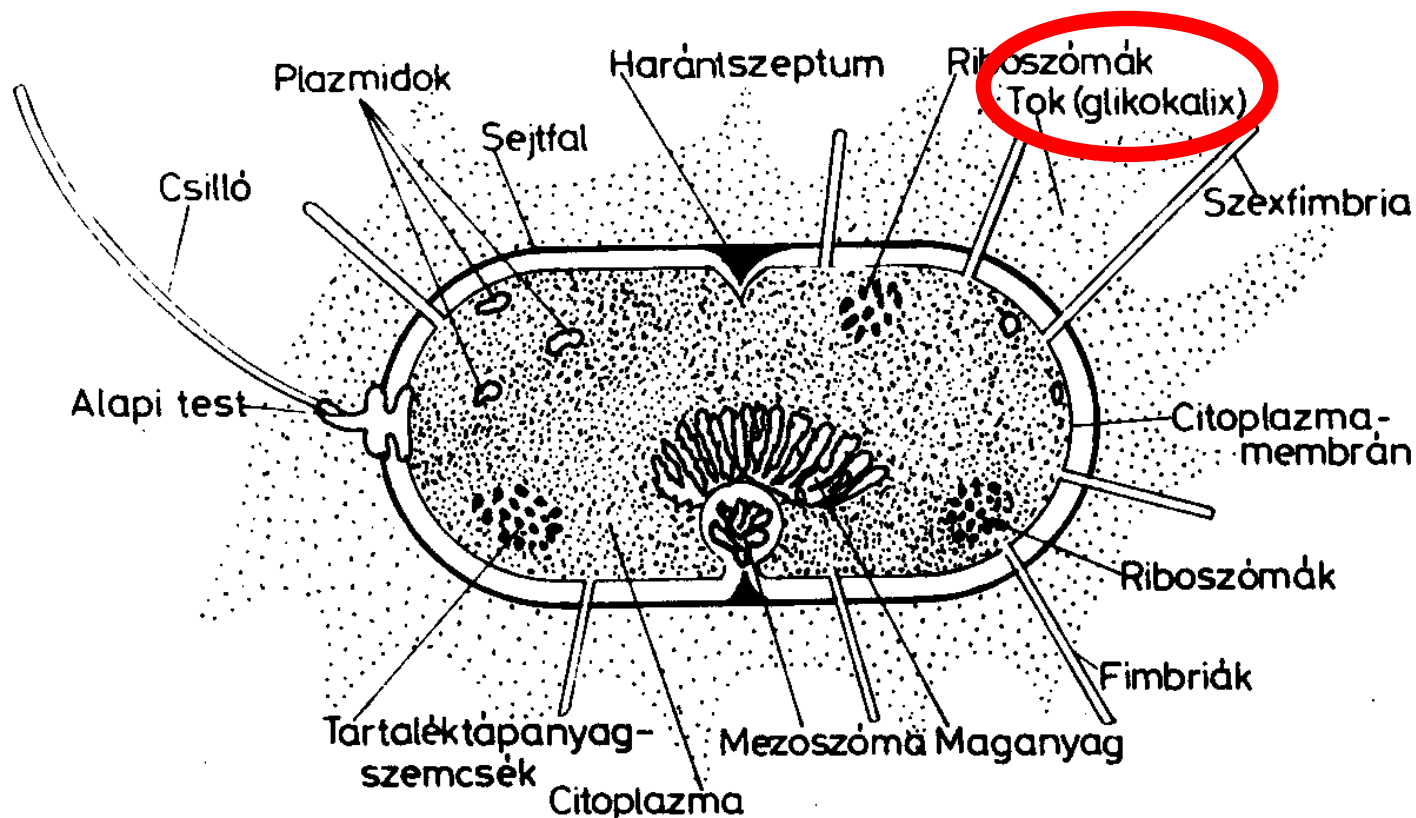
Pílusok

- A **pílusok** hosszabb csőszerű, rigid képletek, amelyek a baktériumok közötti **konjugációt** (genetikai állományuk átadása más sejteknek) biztosítják.

- A nagyobb számban található **I pilus** az **antibiotikum rezisztencia** és **bakteriocinogén faktorok** átvitelében játszik szerepet, míg a sejtenként csak 1-2 példányban előforduló **F pilus** a baktériumok "**sex faktorának**" az F plazmidnak az átjutását biztosítja.

- Mindkettő szintéziséért plazmidon található gének felelősek.

Az átlagos baktériumsejt szerkezetének vázlata



A glikokalix (tok)

- **nyálkaburok** - szerkezete laza,
- **tok** - ha a glikokalix szerkezete kompaktabb, vastagabb, a sejtfalhoz is kapcsolódik.
- Kémiaiilag poliszacharid, fehérje, vagy fehérje-lipopoliszacharid komplex.
- A tok megléte vagy hiánya jelentősen befolyásolja a telepmorfológiát.
- A tokos baktériumot az angol smooth (sima) szóból eredően **S variánsnak**, a tokot nem képezőket pedig durvább felszíne miatt (rough = durva) **R variánsnak** is nevezik (*S. pneumoniae*).

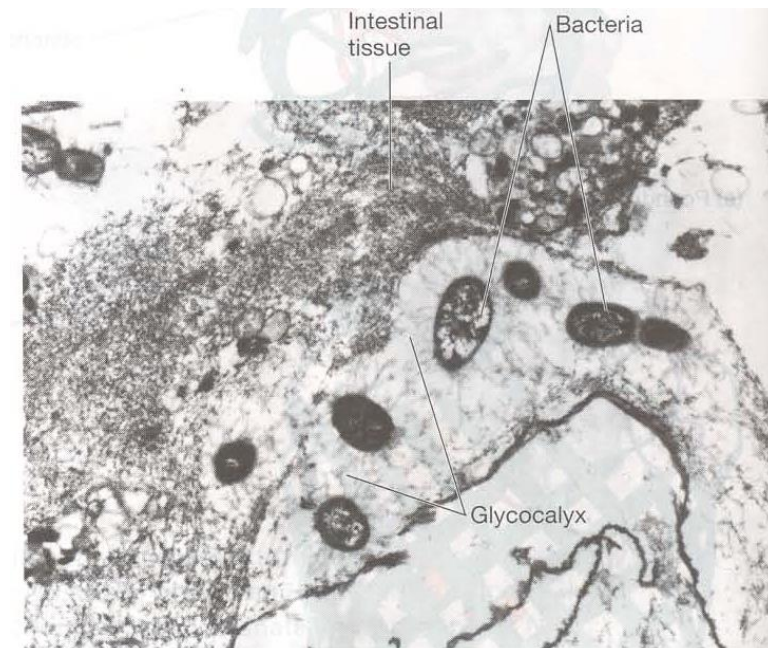


FIGURE 3.24 Bacterial Glycocalyx. Bacteria connected to each other and to the intestinal wall by their glycocalyxes, the extensive networks of fibers extending from the cells ($\times 17,500$).

A glikokalix (tok)

Ipari termeltetésre is használt baktériumok:

- *Leuconostoc mesenteroides* - dextrán (α -1,6 kötéseket tartalmazó poli-glükóz),
- *Streptococcus* fajok - leván (β -2,6 kötéseket tartalmazó poli-fruktóz),
- *Xanthomonas campestris*- xantán (β -1,4 kötéseket tartalmazó poli-glükóz),
- *Neisseria* fajok - keményítő
- *Acetobacter* fajok - cellulóz

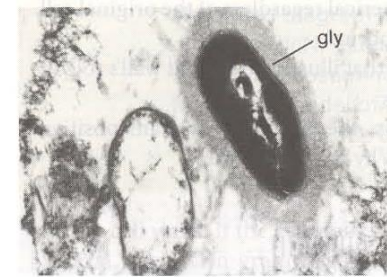
A tokanyagok antigénként viselkednek, **K antigénként**, vagy **virulencia antigénként** ismeri a szakirodalom.

Funkciói:

- patogénitási faktor (Griffith kísérlete, *Streptococcus pneumoniae*)
- invazivitási faktor (*Xanthomonas* fajok - növény)
- védelem (fágfertőzéssel szemben)
- jelzőfunkció (*Rhizobiumok* gümőképzése)



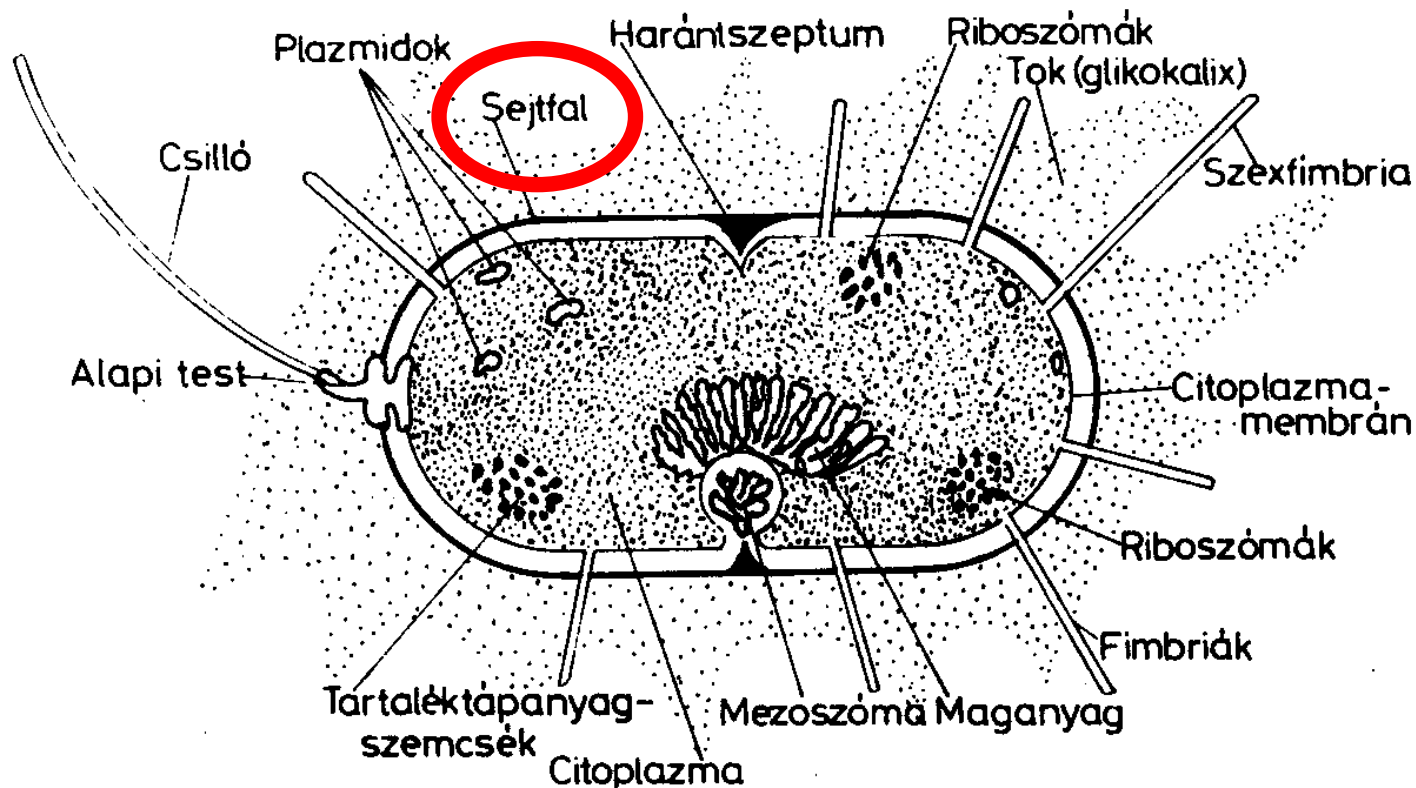
(a) *K. pneumoniae*



(b) *Bacteroides*

FIGURE 3.23 Bacterial Capsules. (a) *Klebsiella pneumoniae* with its capsule stained for observation in the light microscope ($\times 1,500$). (b) *Bacteroides* glycocalyx (gly), TEM ($\times 71,250$).

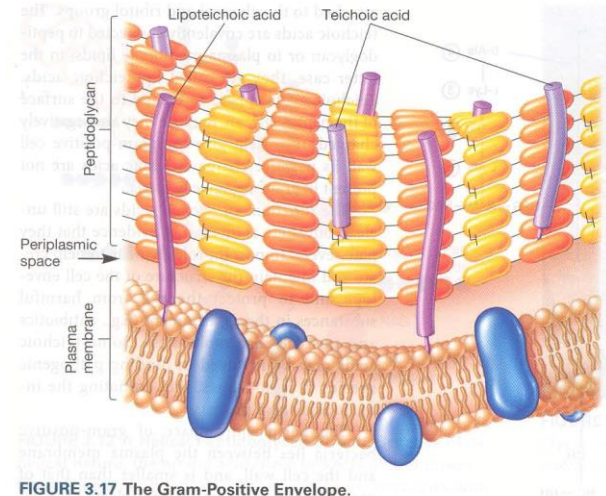
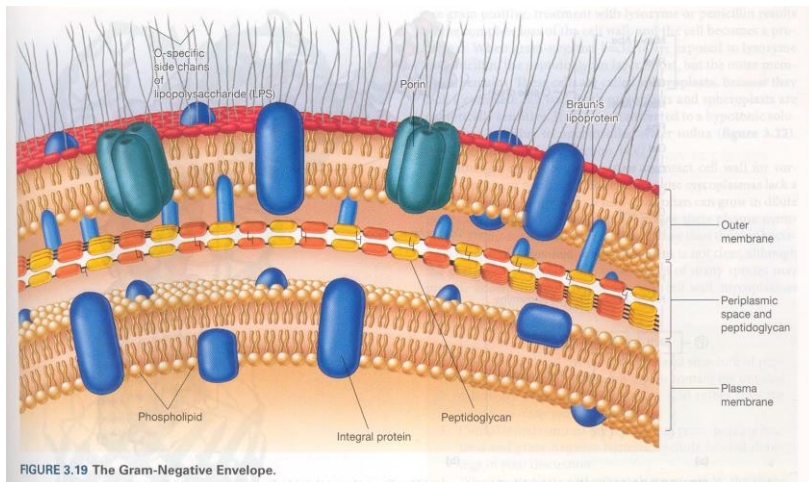
Az átlagos baktériumsejt szerkezetének vázlata



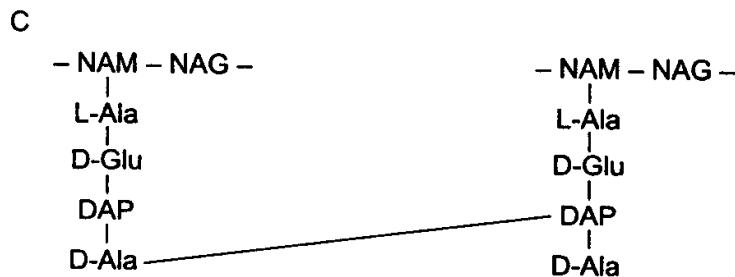
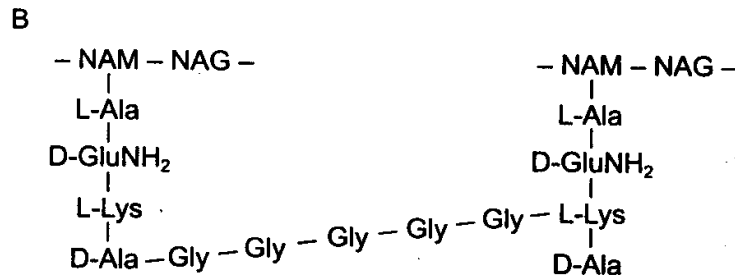
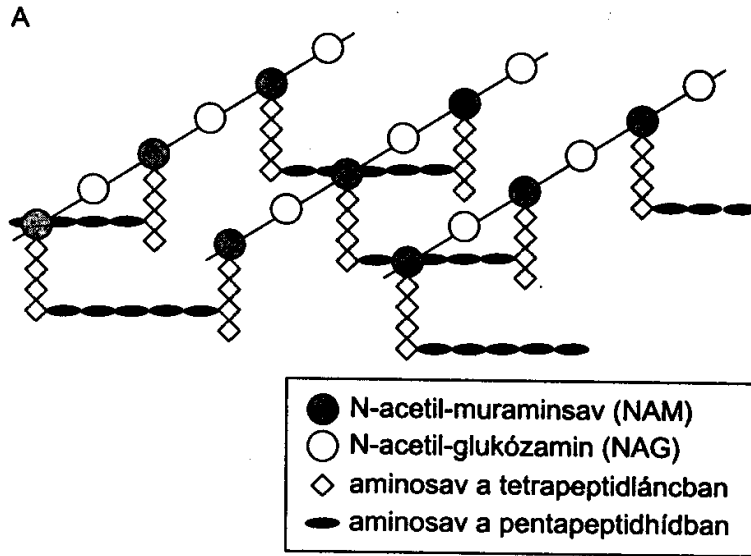
A sejtfa

- Közvetlenül a glikokalix alatt elhelyezkedő réteg a sejtfa. (A *Mycoplasma* csoportot kivéve minden baktériumot sejtfa határol).
- A sejtfa rigid sajátságát egy különleges molekulának a **peptidoglükán**nak köszönheti. (Peptidoglükán csak az *Archaeobacteriumok* és *Planctomycesek* sejtfalában nem található.)
- *Eubaktériumokban* a peptidoglükán egy olyan térhálós óriásmolekula, amely alternáló **N-acetil glükózamin (NAG)** és **N-acetil muraminsavból (NAM)** felépülő glükánból, és a glükán láncok között keresztkötéseket létrehozó rövid peptidekből épül fel. Ezt **mureinnek** is nevezik.

Egyes baktériumok jól festődnek, ezeket **Gram-pozitívnak (G+)** míg mások nem festődnek, ezeket **Gram-negatívnak (G-)** nevezzük.



Gram-pozitív (G+) és Gram-negatív (G-) sejtfal



A peptidoglikán szerkezete

A: Gram-pozitív peptidoglikán
vázlatos ábrázolása

B: A *Staphylococcus aureus*
peptidokligánja

C: Az *Escherichia coli*
peptidoklikánja

(DAP - diaminopimelinsav)

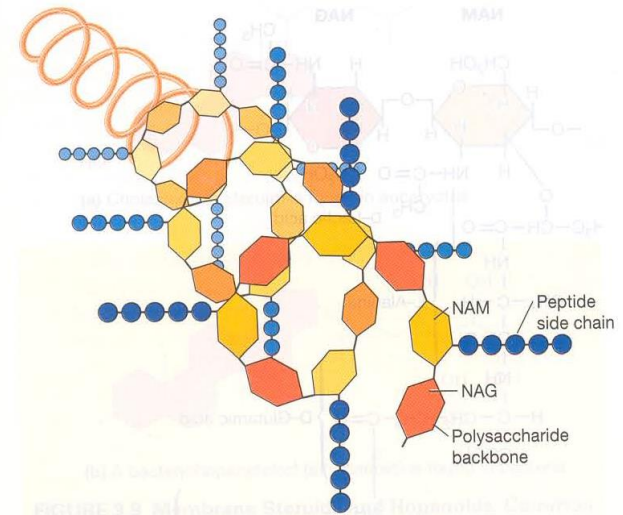
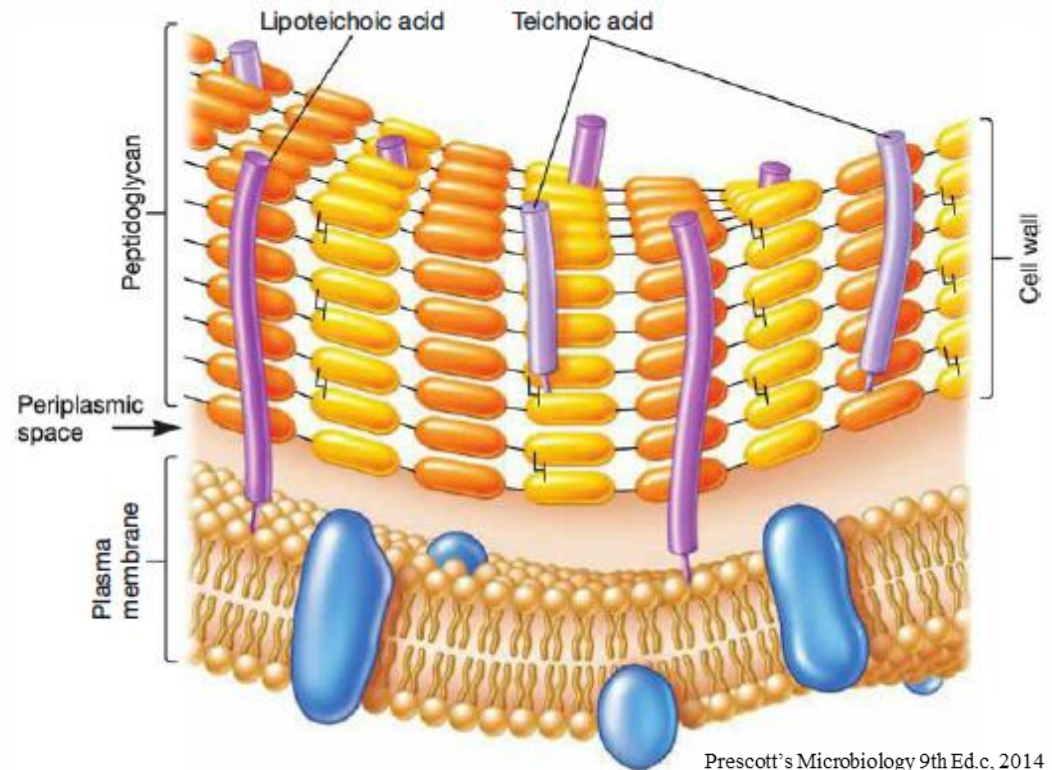


FIGURE 3.12 A Helical Peptidoglycan Strand. Because of its helical nature, the amino acid chain projects in four directions. Thus a peptidoglycan strand can form cross-links with strands above, below, and to either side.

Gram-pozitív (G⁺) sejtfal

- A **G⁺ baktérium**-okat kívülről egy vastag (10-80 nm), több réteg peptidoglükánból álló sejtfal határolja, mely alatt közvetlenül a sejtmembrán található.
- A vastag peptidoglükánhoz savas poliszaharidok, elsősorban **teichonsav** és lipoteichoinsav kapcsolódnak. A teichoinsavak antigénként viselkednek.



Prescott's Microbiology 9th Ed.c, 2014

Figure 3.23 Typical Gram-Positive Cell Wall. This component of the cell envelope lies just outside the plasma membrane.

A teichonsav szerkezete

- Áll foszfátból, glicerinnél és egy R oldalláncból, amely lehet D-alanin, glukóz, vagy egyéb molekulák

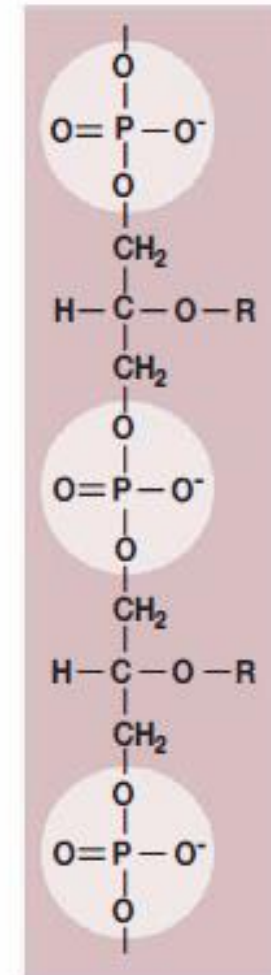


Figure 3.24 Teichoic Acid Structure.

The segment of a teichoic acid made of phosphate, glycerol, and a side chain, R. R may represent D-alanine, glucose, or other molecules.

Gram-pozitív (G+) és Gram-negatív (G-) sejtfal

- A **G- baktériumok** sejtfala sokkal komplexebb morfológiájú. Legkívül egy úgynevezett **külső membránt** (**OM** = outer membrane), ez alatt egy vékony **peptidoglükán** réteget tartalmaz, majd pedig a **sejtmembrán** következik. A vékony peptidoglükán réteg mindkét oldalán, a sejtmembrán és a külső membrán által határoltan egy kiterjedt rés található, melyet **periplazmatikus térnek** nevezünk.

A külső membrán részben hasonlít a sejtmembránra, de attól eltérő lipideket, poliszacharidokat és fehérjéket is tartalmaz.

Az OM külső rétege tartalmazza az ún. **lipopoliszacharidokat**.

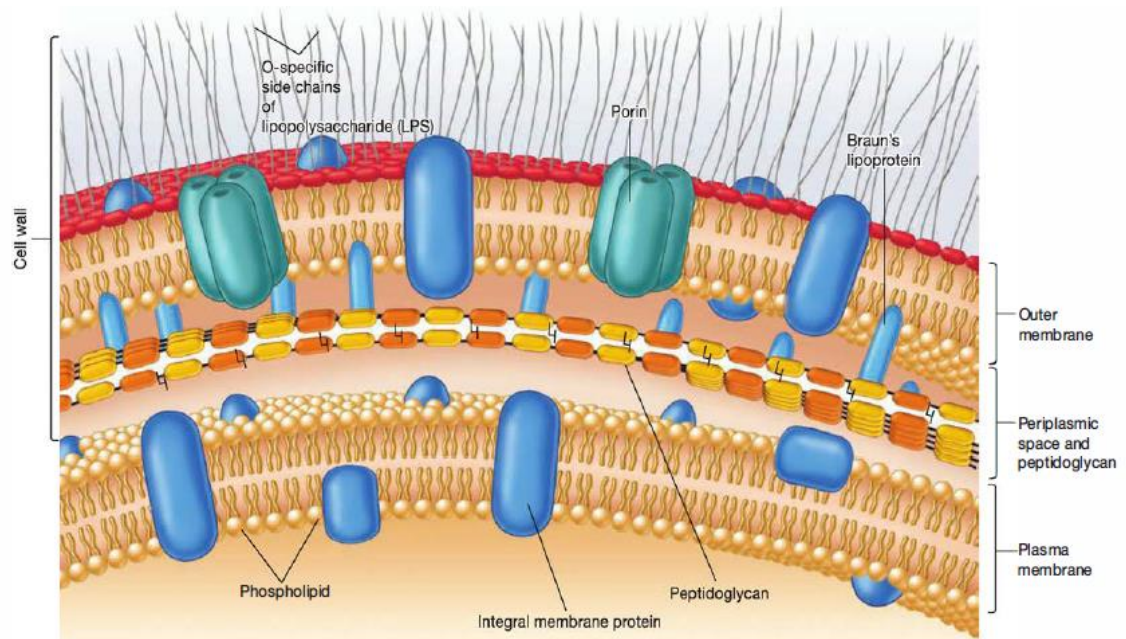


Figure 3.25 Typical Gram-Negative Cell Wall. Notice that these bacteria are bounded by two membranes, the plasma membrane and the outer membrane of the cell wall.

MICRO INQUIRY How does the outer membrane of the cell wall differ from the plasma membrane?

Lipopoliszacharidok (LPS)

Az OM külső rétege tartalmazza az ún. **lipopoliszacharidokat** (**endotoxinok**) (LPS (lipid A, R core, O oldallánc)), melyek lényegesen eltérőek a különböző **G-** baktériumokban, molekulatömegük 10,000 dalton feletti.

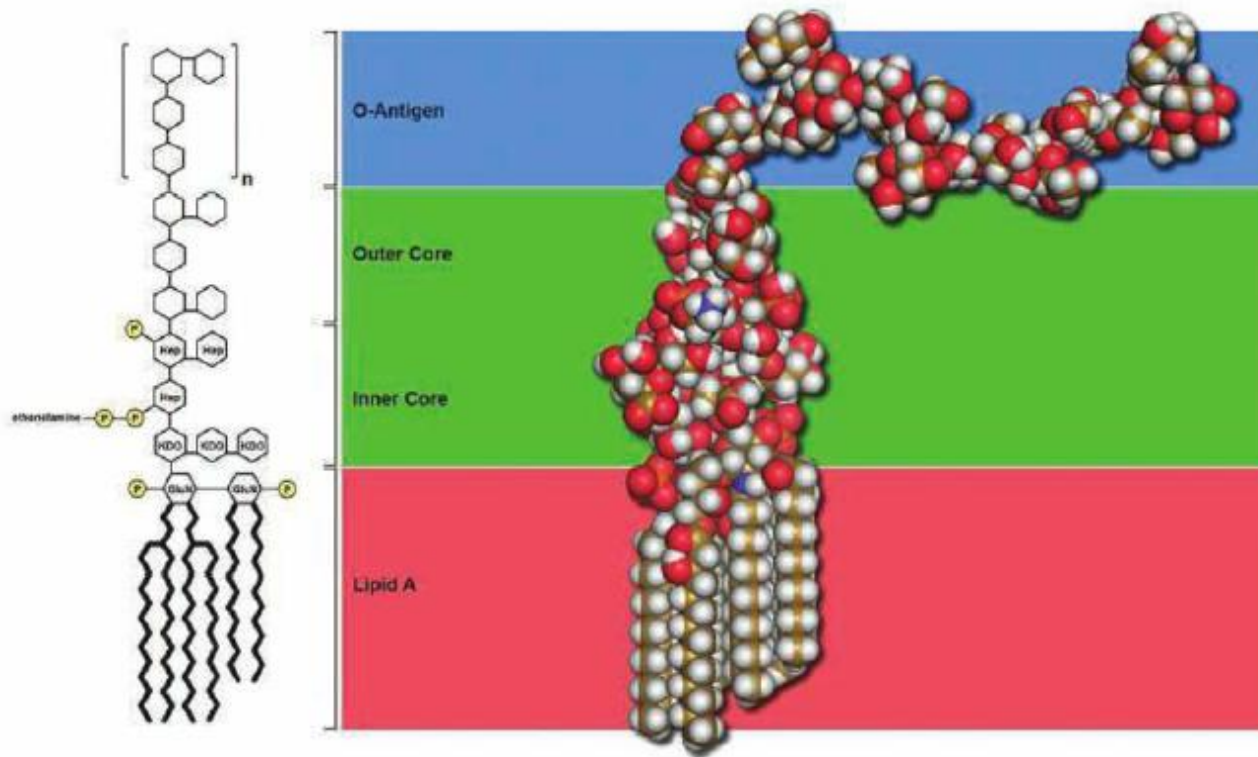


Figure 3.26 Lipopolysaccharide Structure. (a) A simplified diagram of LPS. Abbreviations: GlcN, glucosamine; Hep, heptulose; KDO, 2-keto-3-deoxyoctonate; P, phosphate. Lipid A is buried in the outer membrane. (b) Molecular model of a lipopolysaccharide. The lipid A and core polysaccharide are straight; the O side chain is bent at an angle in this model.

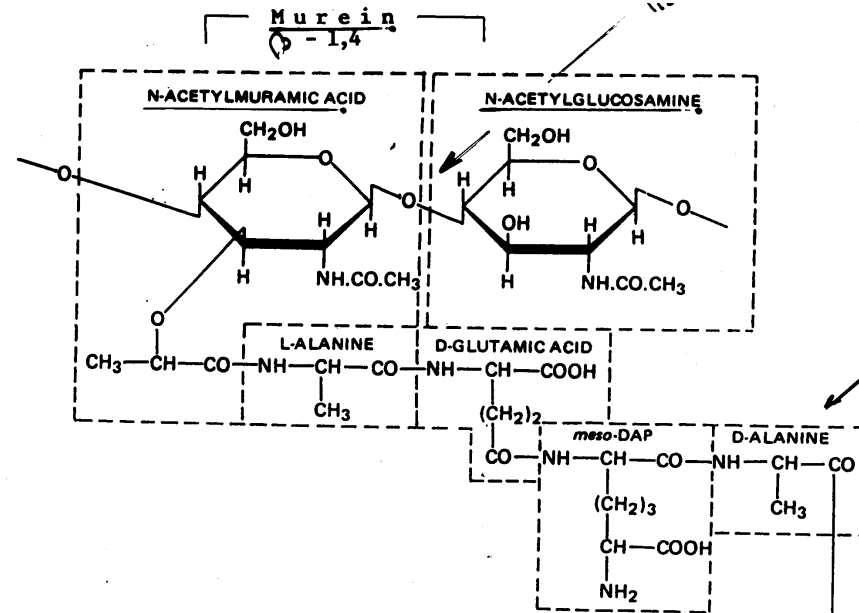
Gram-pozitív (G+) és Gram-negatív (G-) sejtfal

- A **sejtfal épsége** a baktériumsejtek számára létfontosságú. Éppen ezért a sejtfal bioszintézis bármely lépését gátló szer **baktériumellenes szerként** használható.
- Ezen alapul egy nagyon fontos antibiotikum család, a **β -laktámok** (penicillinek és cefalosporinok) hatása.
- Hatásuk lényege, hogy **gátolják a** peptidek közötti kötések kialakulását, az ún. **transzpeptidációt**, mivel gátolják a transzpeptidáz enzim működését.
- Ezáltal nem jön létre egy erős, az ozmotikus nyomásnak ellenálló sejtfal.
- A hatásmechanizmus alapján érthető, hogy csak osztódó sejtekre hatnak. Enzimek is bontják (glükózidázok, muramidázok).

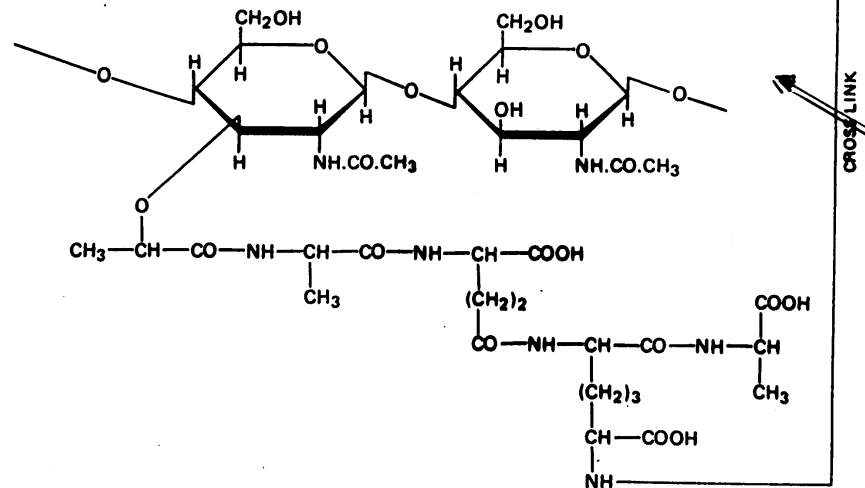
Érdekesség:

Iain Sutcliffe: **diderm-monoderm** a G- G+ helyett (pl. *Deinococcus* – G+, de diderm)

lizozim

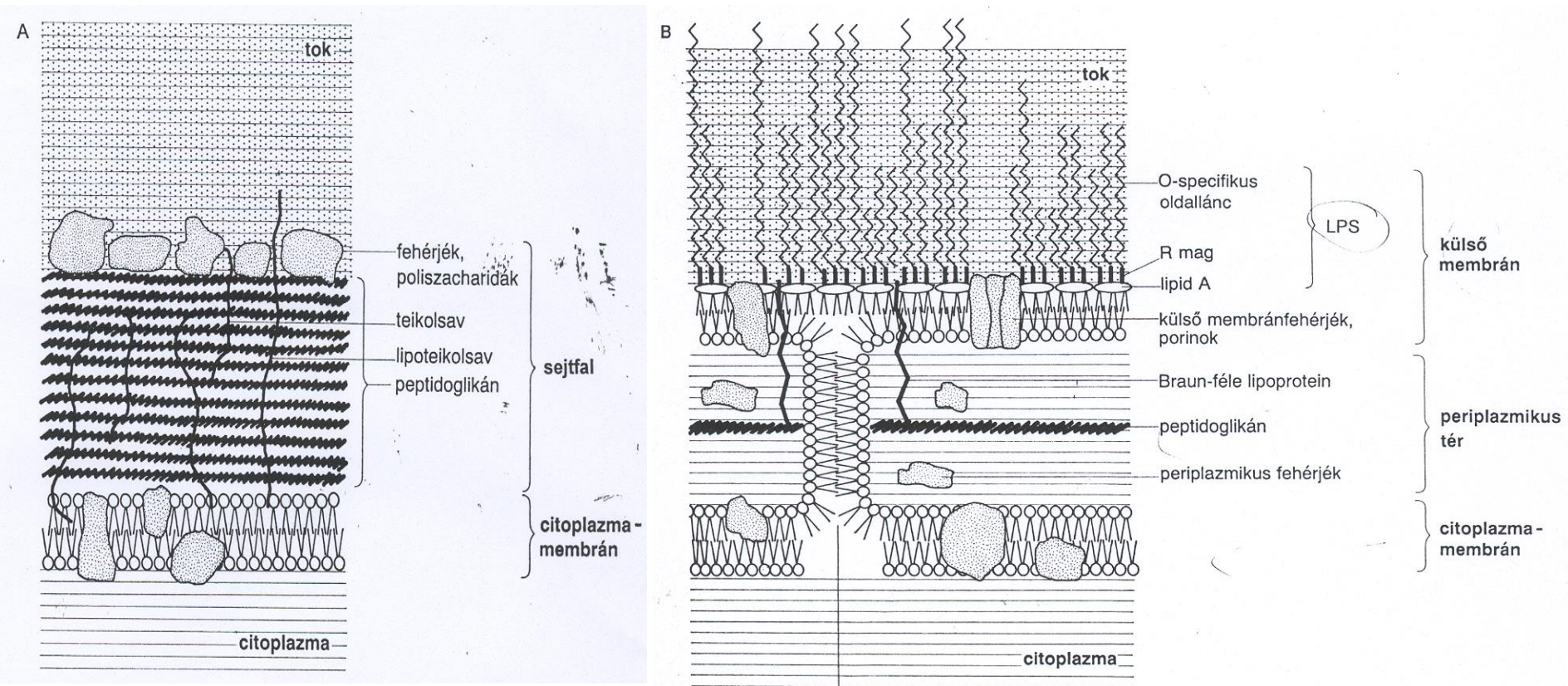


D-cikloszerin



penicillin

Gram-pozitív (G+) és Gram-negatív (G-) sejtfal



A GRAM-pozitív és a GRAM-negatív baktériumok sejtfalának vázlatos összehasonlítása. Az első esetben a fal egyetlen, igen vastag mureinrétegből áll. A GRAM-negatívak vékonyabb falát több eltérő összetételű és jellegű réteg alkotja.

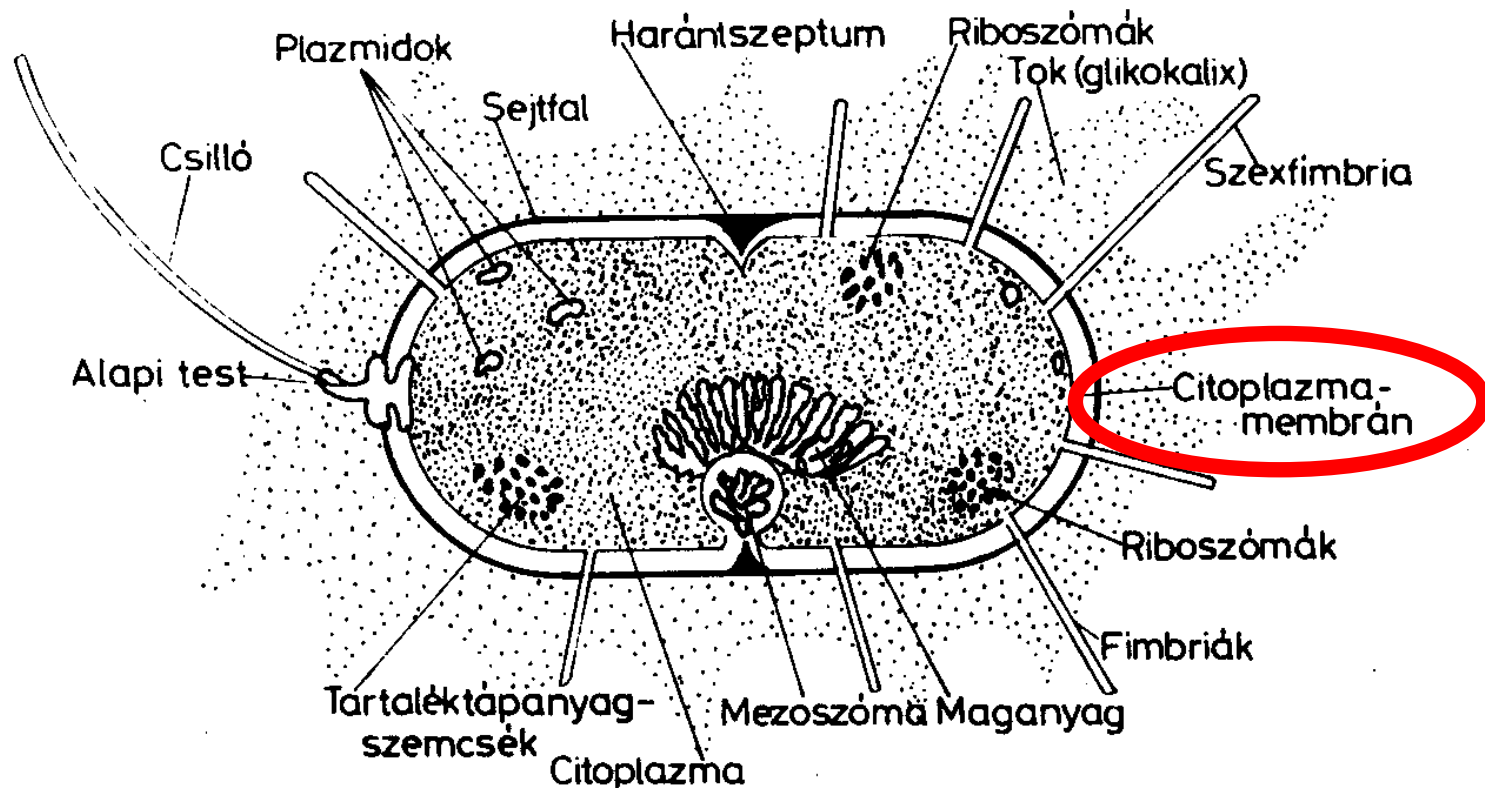
A Gram-festés

Az eljárás során egymást követően **kristályibolya**, és **kálium jodidos jóoldattal** történő festés, alkoholos mosás, majd szafraninnal történő festés követi egymást.

- A **kristályibolya** minden egyes sejtet egyformán fest.
- A **KI-I** oldat használata kulcsfontosságú, mivel a kristályibolyával **nagy kristályokat képez**, amelyek a peptidoglükán térhálóban megrekednek.
- Az **alkoholos** mosás a külső membrán lipidjeinek kioldása után a vékony peptidoglükán rétegből könnyebben kioldja a festéket.

Mivel ezután a lépés után a G- sejtek színtelenek, a könnyebb észlelés miatt egy, a kristályibolya-KI-I komplextől eltérő színű festékekkel, a **szafraninnal** festjük meg őket, s így a festés után a G+ sejtek bíborvörösek, a G- sejtek pirosak lesznek.

Az átlagos baktériumsejt szerkezetének vázlata



Az eubaktériumok membránja

- 7-8 nm vastagságú kettős hártya,
- **szterolt nem tartalmaz** (kivéve *Mycoplasma*),
- helyette **hopanoidok** találhatók (ua. szkvalénból indul a szintézisük, kőolaj!),
- **mezoszómának** nevezzük a membrán pénztekercsszerű betüremkedését, (különösen jellemző ez a G+ baktériumokra),
 - a DNS tapadási helye
 - légzési lánc enzimeit
- **Transzport fehérjék** találhatók a membránban
- DNS, sejtfal polimerek, lipidek szintézisének a helye,
- egyes *Cyanobacteriumok* esetén a fotoszintetizáló rendszer enzimeit tilakoidszerű lapos membránzsákok membránjában helyezkednek el,
- fehérjetartalma 70% is lehet.

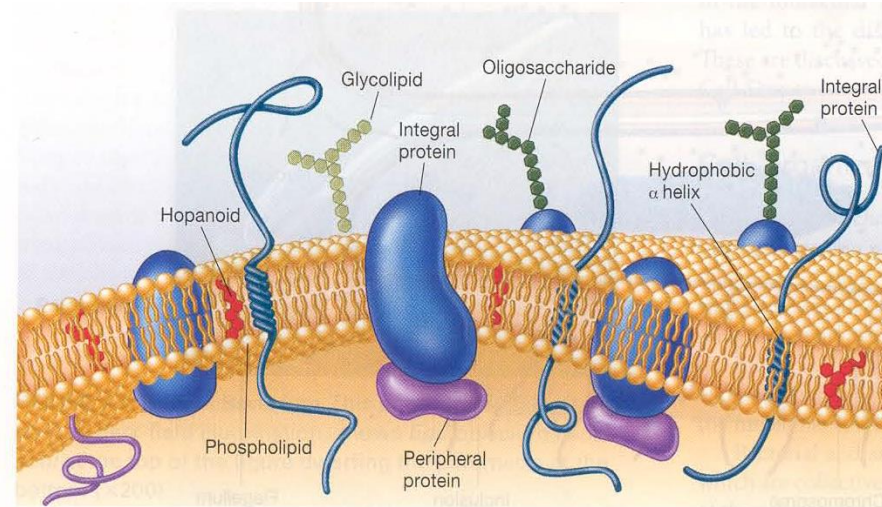
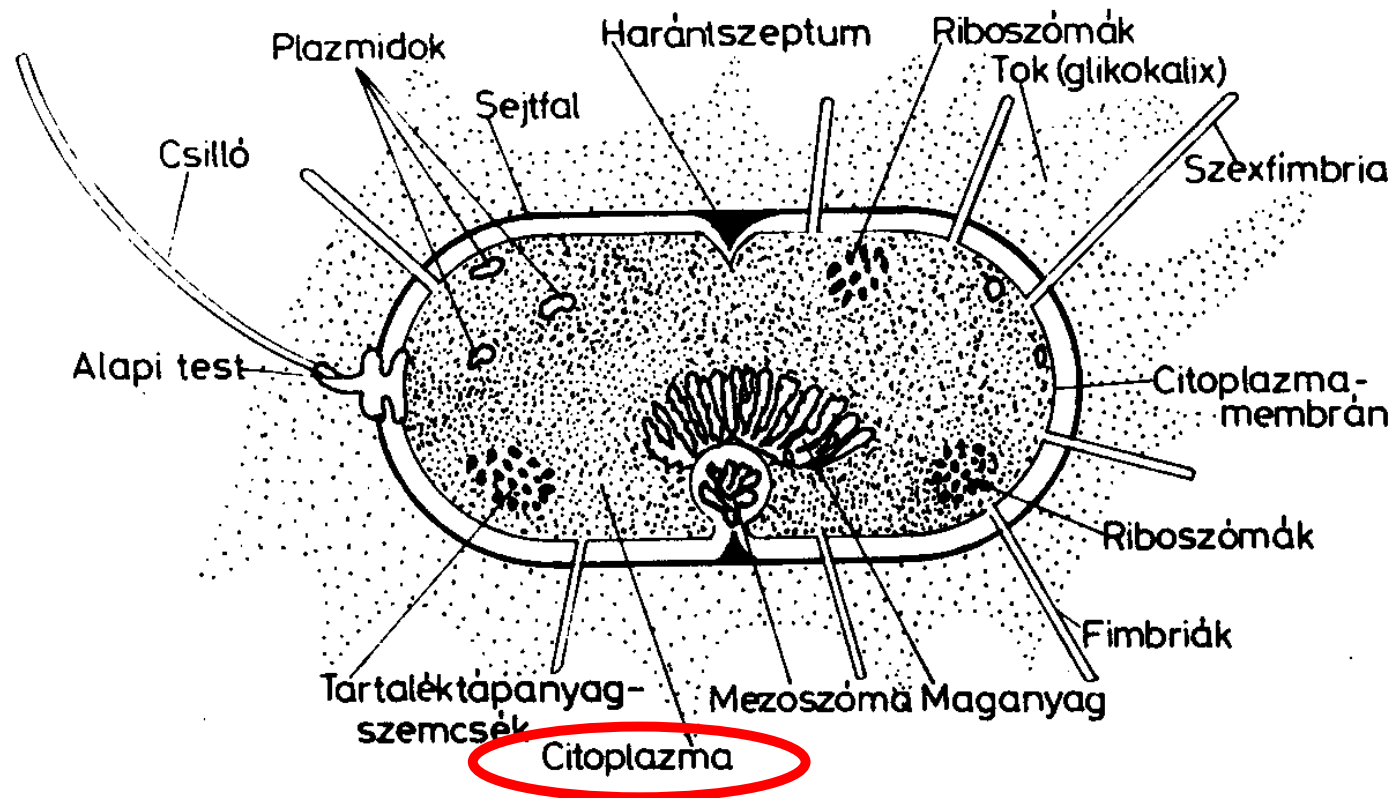


FIGURE 3.7 The Fluid Mosaic Model of Bacterial Membrane Structure. This diagram shows the integral proteins (blue) floating in a lipid bilayer. Peripheral proteins (purple) are associated loosely with the inner membrane surface. Small spheres represent the hydrophilic ends of membrane phospholipids, and wiggly tails are the hydrophobic fatty acid chains. Other membrane lipids such as hopanoids (red) may be present. For the sake of clarity, phospholipids are shown in proportionately much larger size than in real membranes.

Az átlagos baktériumsejt szerkezetének vázlata



A citoplazma szerkezete

- Fő komponense a víz, melyben a különböző tápanyagok (cukrok, aminosavak, nukleotidok, ionok) oldatban találhatók,
- a **maganyag** (nukleoid),
- **plazmidok**,
- **riboszómák**,
- **mezoszóma** (intracitoplazmatikus membrán),
- gázvakuólumok, lipid cseppek,
- granulumok, (poli-hidroxi-vajsav, glükán, polifoszfát), kéntartalmú granulumok
- Kloroszóma, magnetoszóma, karboxiszóma

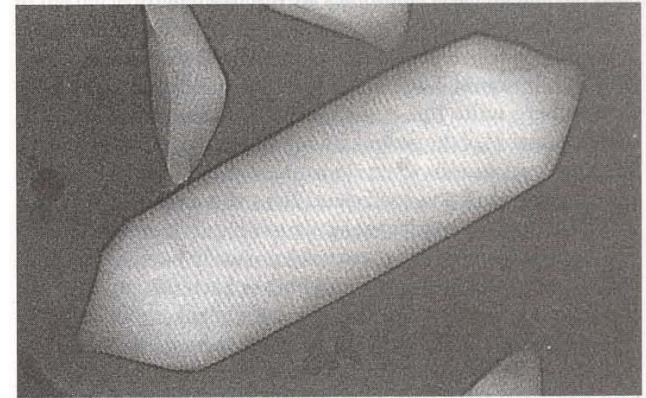
Speciális prokarióta organellek szerkezete és funkciói

Speciális prokarióta organeliumok szerkezete és funkciói

- Ilyen képletek például a **gáz vakuolumok**, melyek a vízben élő baktériumokban találhatók.
- Ezek funkciója a sejtek denzitásának szabályozása, s a sejteknek olyan rétegben való tartása, ahol a környezeti paraméterek (fényviszonyok, oldott oxigén koncentráció, tápanyagok) optimális a baktérium populáció számára.



(a)



(b)

FIGURE 3.36 Gas Vacuoles and Gas Vesicles. (a) A freeze-fracture preparation of *Anabaena flosaquae* ($\times 89,000$) showing gas vesicles and gas vacuoles. Clusters of the cylindrical vesicles form gas vacuoles. Both longitudinal and cross-sectional views of gas vesicles are indicated by arrows. (b) Gas vesicles of *Halobacterium salinarum* ($\sim \times 150,000$).

Speciális prokarióta organellek szerkezete és funkciói

Bizonyos vízi környezetben élő baktériumokban található egy organellek, a **magnetoszóma**, amely magnetit (Fe_3O_4) kristályokat tartalmaz, s a baktériumok mágneses térben való orientálódását, s ezzel az optimális vízrétegben való elhelyezkedést segíti.

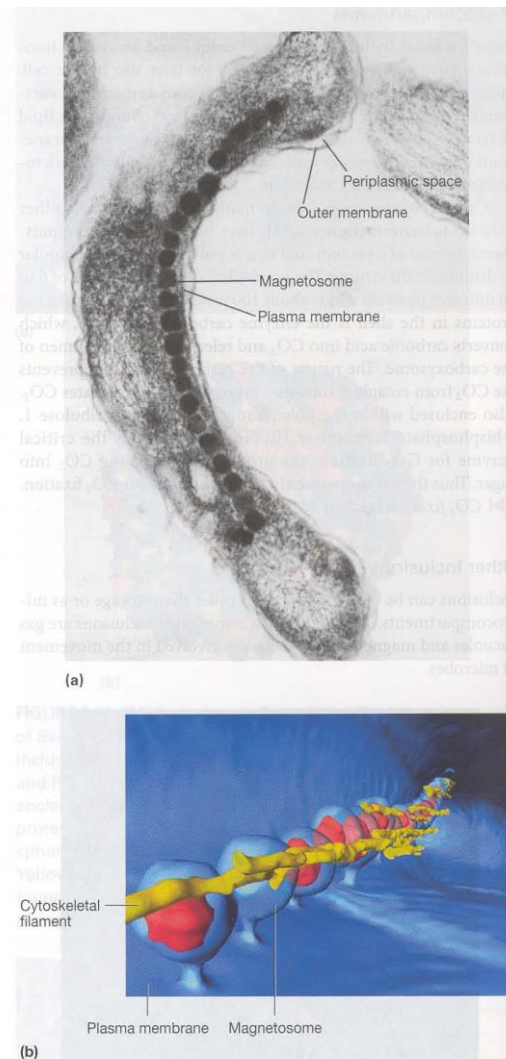
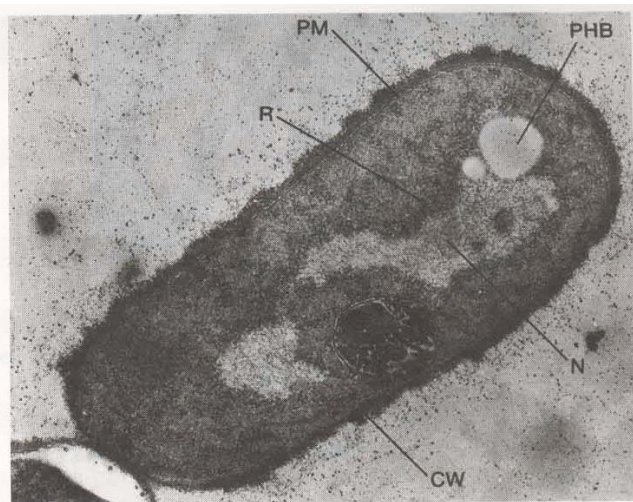
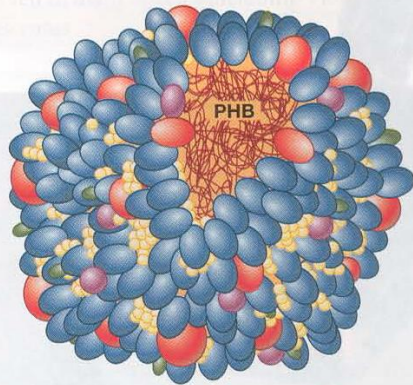


FIGURE 3.37 Magnetosomes. (a) Transmission electron micrograph of the magnetotactic bacterium *Aquaspirillum magnetotacticum* ($\times 123,000$). (b) An electron cryotomography three-dimensional reconstruction of the magnetosomes of *Magnetospirillum magneticum*.

Vakuolumok



(a)



(b)

FIGURE 3.33 PHB Inclusions in Bacteria. (a) Electron micrograph of *Bacillus megaterium* ($\times 30,500$). PHB, poly-β-hydroxybutyrate inclusion; CW, cell wall; N, nucleoid; PM, plasma membrane; and R, ribosomes. (b) Structure of a PHB granule. PHB is enclosed by a membrane composed of several different proteins, including the PHB-synthesizing enzyme (red sphere) and the PHB-degrading enzyme (green sphere). Yellow spheres represent the phospholipids that are also found in the membrane. Note that the membrane is not a phospholipid bilayer.



FIGURE 3.34 Sulfur Globules.

Chromatium vinosum, a purple sulfur bacterium, with intracellular sulfur globules, bright-field microscopy ($\times 2,000$).

Speciális prokarióta organelumok szerkezete és funkciói

A fotoszintetizáló zöld baktériumokban a fényenergia hasznosítását végző fotoszintetikus apparátus található egy, a sejtmembrán alatt közvetlenül elhelyezkedő vezikulumban, amit **kloroszómának** neveznek.

Sok fotoszintetizáló baktériumban (*Cyanobacterium*, bíborbaktérium) megtalálható az ún. **karboxiszóma**, melyben a széndioxid fixálás kulcsenzime, a ***ribulóz-biszfoszfát-szintetáz*** akkumulálódik a sejtekben, s ennek megfelelően ez a széndioxid megkötés helye ezekben az autotróf baktériumokban.

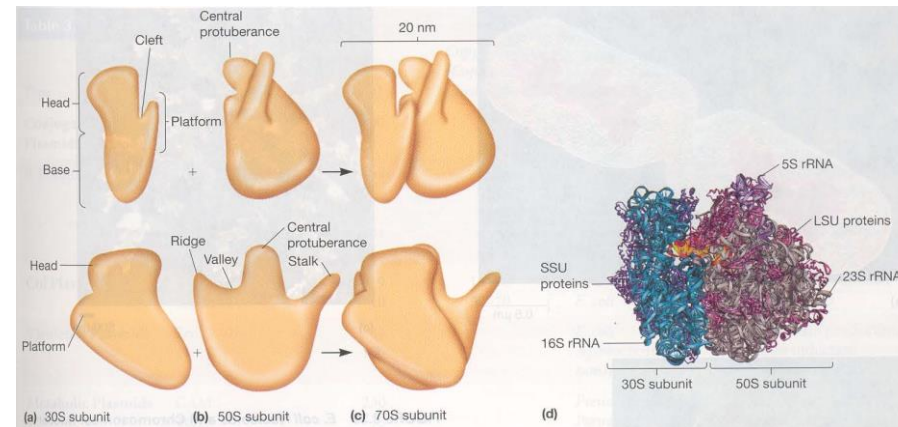


FIGURE 3.35 Carboxysomes. Carboxysomes in the bacterium *Halothiobacillus neapolitanus*. This is one image of a tilt series taken for electron cryotomography. Each carboxysome is approximately 100 nm in diameter.

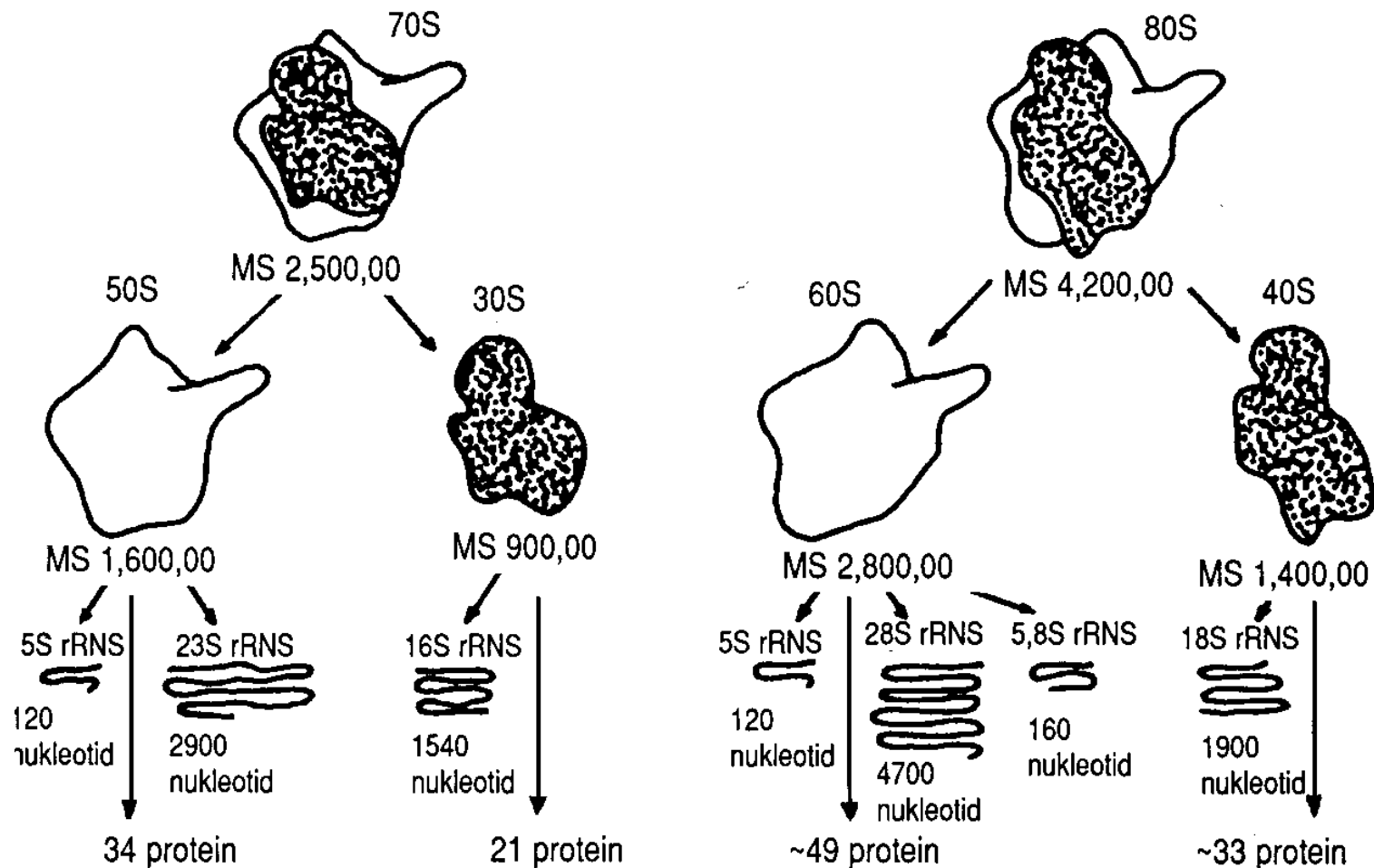
Prescott's Microbiology 9th Ed.c, 2014

A riboszómák

- Több ezer riboszóma található,
- aktív fehérjeszintézis folyamán mRNS-ekre „felfűzve” poliszómás hálózatot alkotnak (poliriboszóma)
- elvileg nem, csupán a felépítő molekulák számát és méretét, az alegységek méretét tekintve térnek el az eukarióta sejtek riboszómáitól,
- különböznek továbbá az antibiotikumokkal szembeni érzékenységükben is, mivel eltér az iniciációs lépés, transzlációs, elongációs faktorok.
 - nagy riboszómális alegység - kloramfenikol
 - kis riboszómális alegység - tetraciklinek, sztreptomycin,
- az alegységek mérete **50S** és **30S**, melyek egy **70S (S: Svedberg egység)** ülepedési állandójú partikulumot adnak. A rRNS méretei **30S: 16S rRNS + 21 fehérjemolekula; 50S: 23S és 5S rRNS és 34 fehérjemolekula** építi fel. A **16S rRNS** szekvenciák hasonlósága ma a legpontosabb filogenetikai bélyeg, transzkripció és transzláció szorosan kapcsolt.



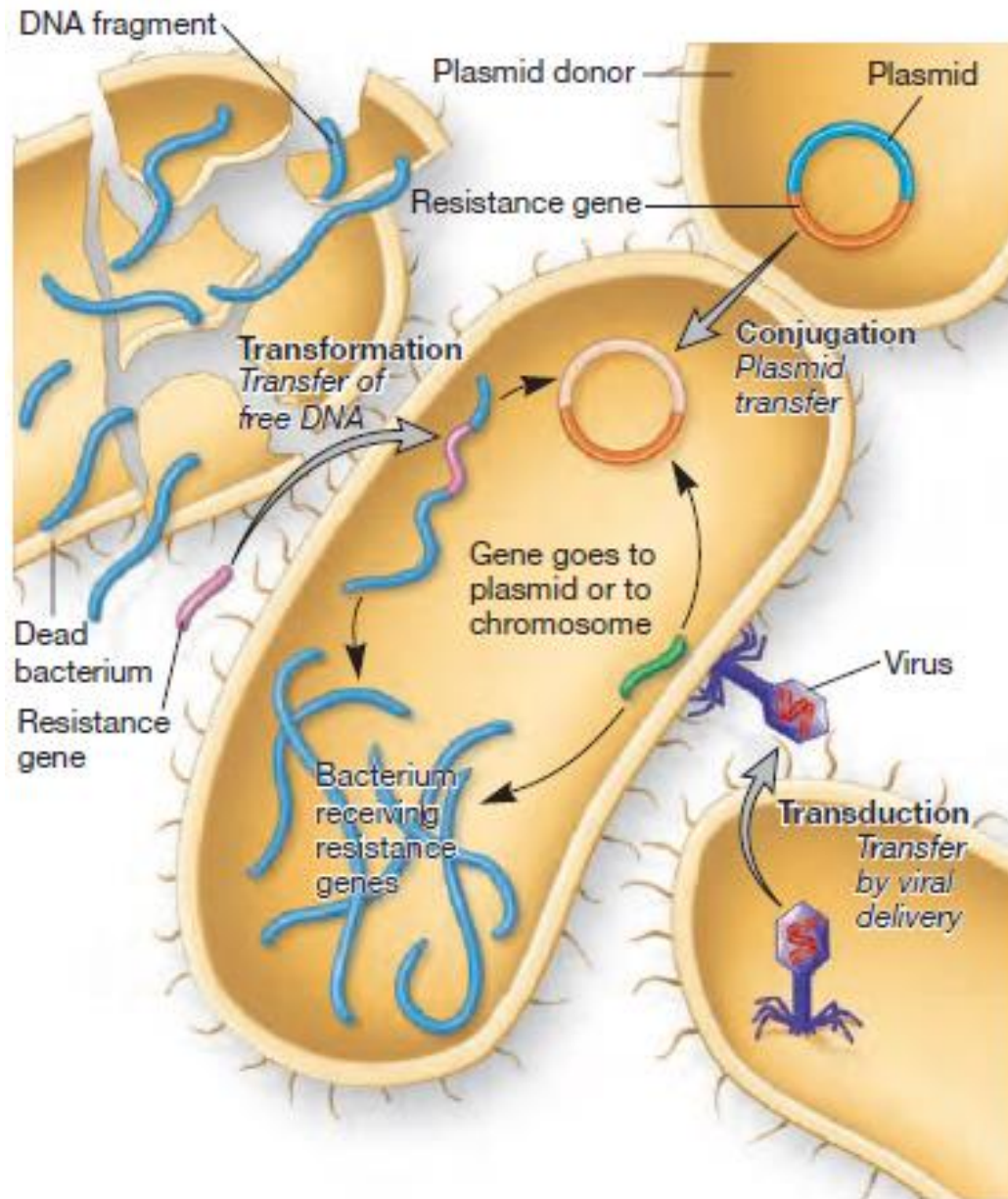
A prokarióták és a gombák riboszómáinak szerveződési különbségei



A baktériumok genetikai anyagának szerkezete

- Általában cirkuláris szerkezetű, duplaszálú DNS (lineáris - *Streptomyces*, *Borellia burgdorferi*),
- szeptális mezoszómához tapad,
- haploid (1 db/sejt)
- "hisztonszerű"** bázikus **fehérjék** (REP régióhoz kötődnek),
- plazmidok** (kicsiny cirkuláris DNS molekulák),
 - antibiotikum rezisztencia,
 - sugárzás elleni rezisztencia,
 - toxinok termelése (*E. coli* - colicin, *B. megaterium* - megacin),
 - enzimek termelése (hemolizinek), stb. (antibiotikum termelés (*Streptomyces*), nitrogénkötés (*Rhizobium*))
- profág** (fág DNS, amely a genomba beépül)
- intronokat nem tartalmaznak**, a **messenger RNS policisztronális**,
- a transzkripció és transzláció térben és időben nem különül el.
- DE! az *Ősbaktériumok* génjeiben az eukariótákhoz hasonlóan intronokat fedeztek fel.

Horizontális géntranszfer típusai



1. Transzformáció
2. Konjugáció
3. Transzdukció

Horizontális géntranszfer típusai 1.

Konjugáció

és

transzformáció

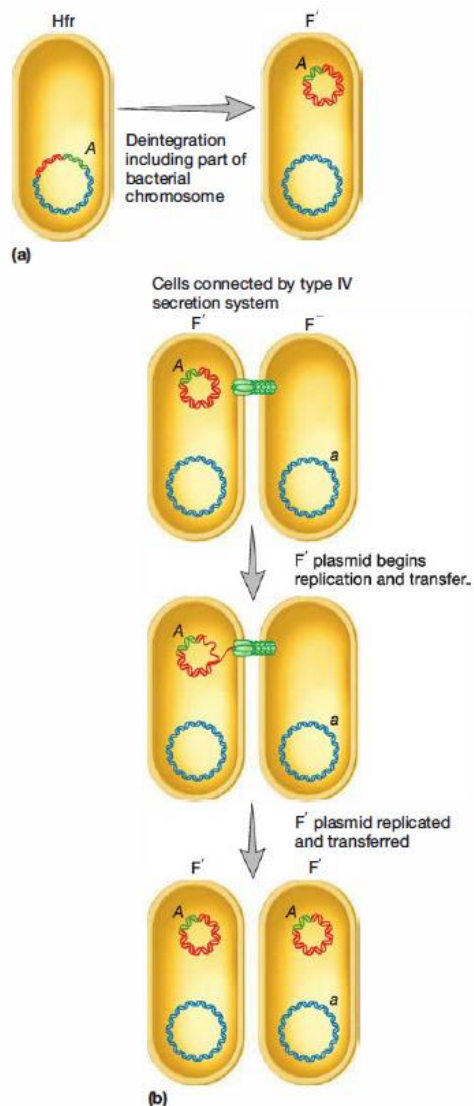
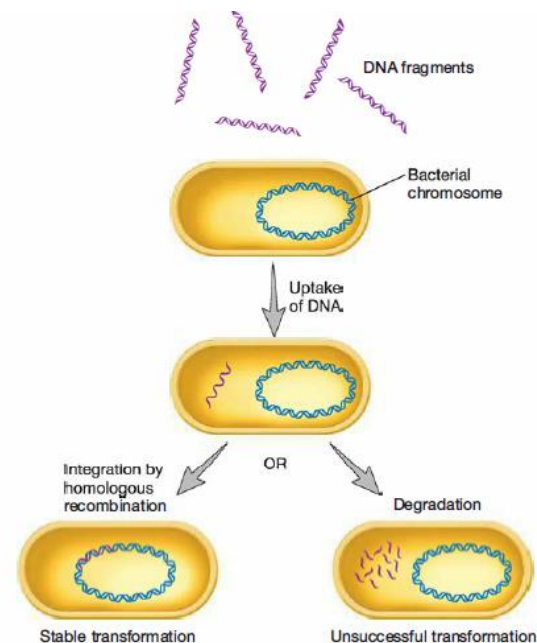
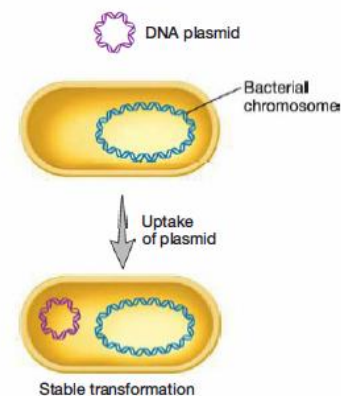


Figure 16.23 F' Conjugation. (a) Due to an error in excision, the *A* gene of an Hfr cell is picked up by the F factor. (b) During conjugation, the *A* gene is transferred to a recipient, which becomes diploid for that gene (i.e., Aa).



(a) Transformation with DNA fragments



(b) Transformation with a plasmid

Figure 16.24 Bacterial Transformation. Transformation with (a) DNA fragments and (b) plasmids. Transformation with a plasmid often is induced artificially in the laboratory. The transforming DNA is in purple, and integration is at a homologous region of the genome.

Horizontális géntranszfer típusai 2.

A transzdukció

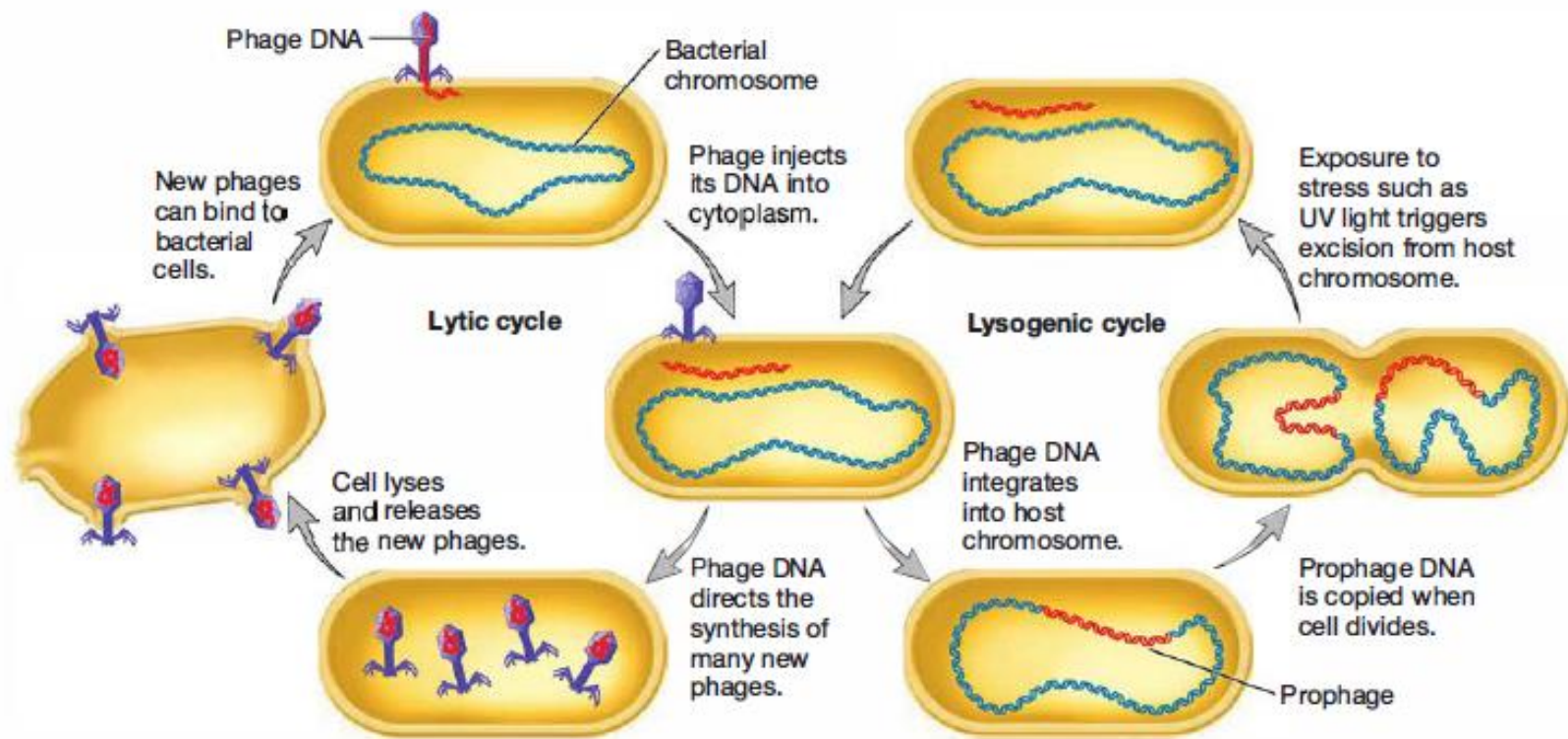
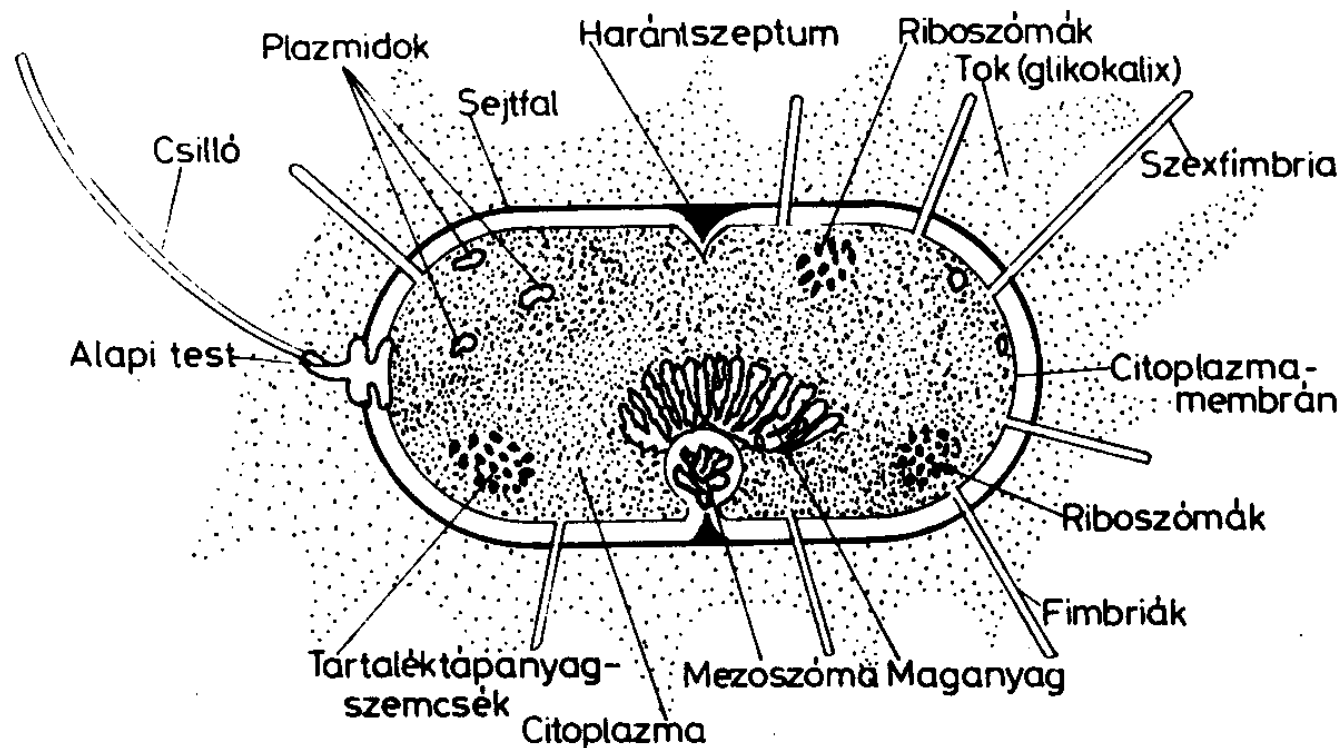


Figure 16.27 **Lytic and Lysogenic Cycles of Temperate Phages.** Virulent phages undergo only the lytic cycle. Temperate phages have two phases to their life cycles. The lysogenic cycle allows the genome of the virus to be replicated passively as the host cell's genome is replicated. Certain environmental factors such as UV light can cause a switch from the lysogenic cycle to the lytic cycle. In the lytic cycle, new virions are made and released when the host cell lyses.

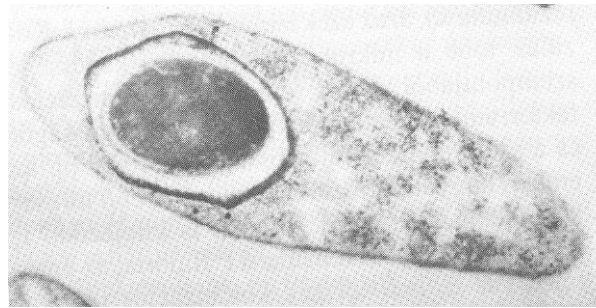
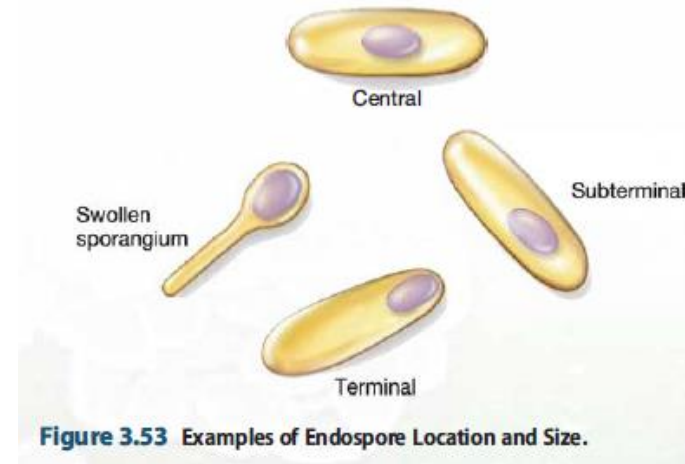
Az átlagos baktériumsejt szerkezetének vázlata



Endospóra képzés

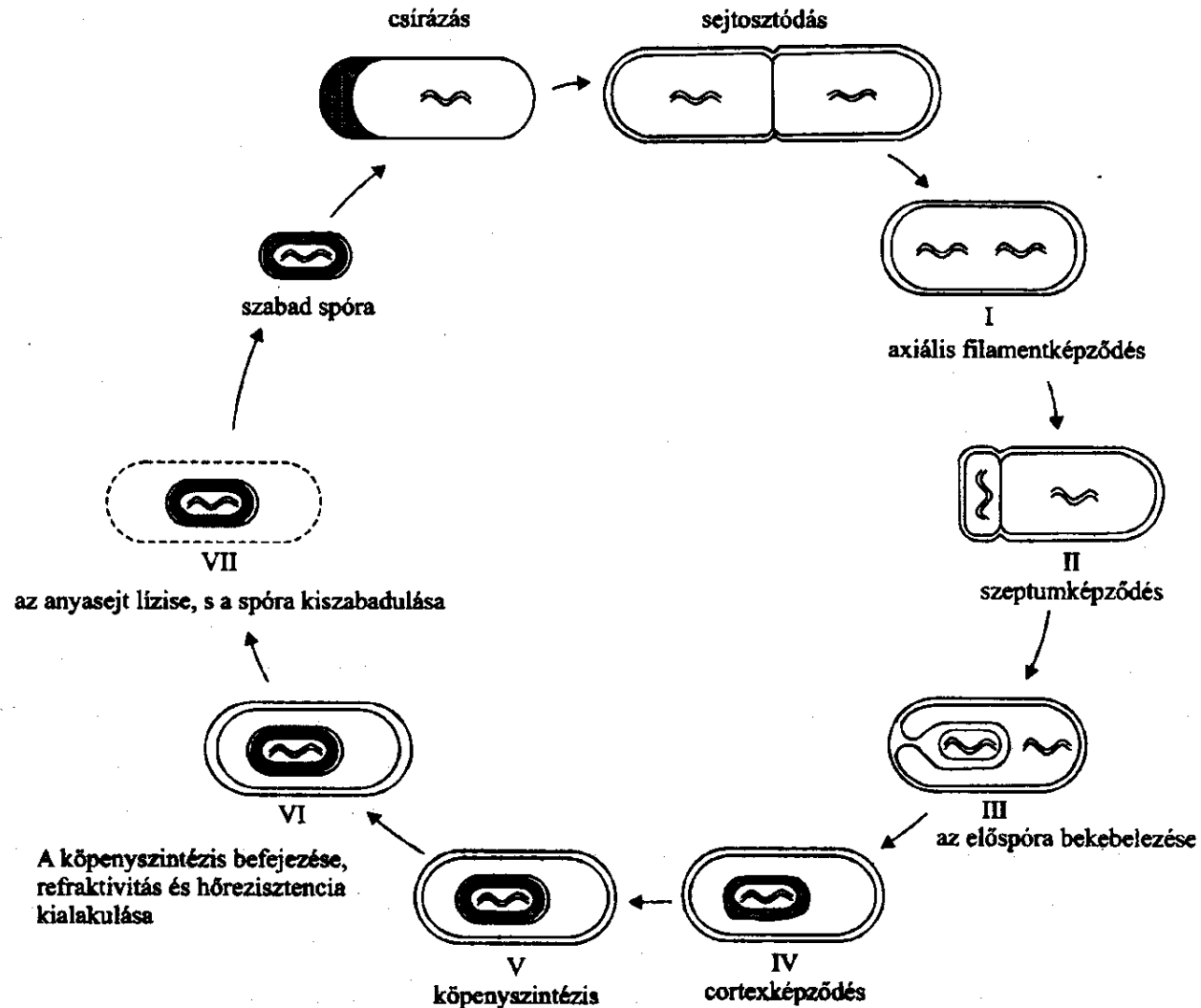
Folyamata:

- sejtmembrán betüremkedés, előspóra
- **kortex**, (kálcium és dipikolinsav) akkumulálódása,
- **köpeny**
- Az endospóra rendkívül ellenálló hővel, kiszáradással, sugárzással, s különböző kémiai ágensekkel szemben egyaránt.
- **kálcium dipikolinát**, dehidratált állapot.
- A spórák életképességüket évszázadokig, sőt több ezer évig is megőrzik (7500 éves *Thermoactinomyces*, az egyetlen endospóra képző *Actinomyceta* spóráit is sikerült felnövesztetni),
- kedvező körülmények között **germináció** következik be.



Spórás baktérium metszetének elektronmikroszkópos képe

Endospóra képzés



Gram-pozitív endospóráképző baktériumok életciklusa és endospóráképzése

Exospóra képzés

Az Actinomyceták spóraképzése:

- **micélium (szubsztrát micélium)**
- **légmicéliumnak**
 - intenzív szeptumkézés, sejtfal megvastagodás,
 - aszexuális, ellenálló szaporítósejtek, spórák képződnek. Bizonyos fajok esetében spóraképzés a szubsztrátmicéliumon is megfigyelhető.

Az archeák (ősbaktériumok) általános jellemzése

- Prokarióták, de elkülönülnek az eubaktériumoktól – közös ős...
- **Alak szerint:** kokkuszek, pálcák, fonalas és mycoplazmaszerű képletek
- Festődés szerint G+ és G- egyaránt
- Sokat közülük **extrém körülmények** között találták meg (termofilek, extrém halofilek)
- Parodontózison kívül még nem bizonyították patogén szerepüket.

Az archeák (ősbaktériumok) általános jellemzése

- rRNS szekvenciájuk alapján elkülönülnek a baktériumoktól,
- Nincs peptidoglükán a sejtfalukban,
- Egyedi membránlipidekkel rendelkeznek,
- Különleges metabolikus tulajdonságokkal rendelkeznek (metanogének, szulfátredukálók)
- Ribotimidin helyett pszeudouridin a tRNS-ükben
- Kloramfenikol rezisztens fehérjeszintézis
- B-laktám rezisztencia

A borászatban fontos szerepet játszó baktérium csoportok

- Szerepük, jelenlétük:
- talajmirobióta
- növénypatogén
- must erjedése
- bor romlása
- bor-gasztronómia: Tartósítási eljárások, élelmiszerhigiénia

A borászatban fontos szerepet játszó baktérium csoportok – az ecetsavbaktériumok

- Gram-negatív, aerob, heterotróf.
- Etanolt ecetsavvá alakítják – savtűrők (pH 4,5-ön is jól nőnek)
- Természetes élőhelyeik: bomló növényi anyagok (gyakran élesztőkkel együtt).
- Kicsi, rövid, néha megnyúlt pálcák, egyesével, kettesével, néha láncokban fordulnak elő.
- Mozgás alapján: *Acetobacter* (mozdultlan, vagy peritrich csillós), *Gluconobacter* polárisan flagellált.

A borászatban fontos szerepet játszó baktérium csoportok – az ecetsavbaktériumok

- ***Gluconobacter*** fajok az alkoholt teljes mennyiségben ecetsavvá oxidálják „aluloxidálók” (*Gluconobacter suboxydans*), mert nincs citromsav ciklusuk, a ciklus köztestermékeit nem tudják oxidálni.
- ***Acetobacter*** fajok az ecetsavat továbboxidálják CO_2 -dá, - „túloxidálók” (*Acetobacter peroxidans*). Citromsav ciklussal rendelkeznek, az ecetsavat is képesek szubsztrátként felhasználni (glioxálsav-híd: 2 ecetsav molekulából készít 1 oxálecetsavat).

A borászatban fontos szerepet játszó baktérium csoportok – a tejsavbaktériumok

- Gram-pozitív, heterotróf, erjedési végtermékeik között a tejsav a legjelentősebb (50%+)
- Csak tejsavas erjedéssel történő energianyerésre képesek, obligát erjesztők, - **anaerobok, de elviselik az oxigén jelenlétét, tehát aerotoleráns anaerobok.**
- Nincs citromsav-ciklusuk ezért komplex tápanyagigényűek.
- Savtűrők, pH optimumuk 5,5, de 5 alatti pH-n is megélnek.
- Megélnek növényi anyagokon, ezekből készített élelmiszereken.
- Emberi, állati szervezeten, pl. száj- orrüreg, tápcsatorna, vagina
- Tej, tejtermékek!

A borászatban fontos szerepet játszó baktérium csoportok – a tejsavbaktériumok

- *Streptococcus* nemzetség – gömb alakú, láncokban homofermentatívak (Tiszta (homofermentatív) tejsavas erjedéskor glükózból vagy galaktózból két molekula tejsav keletkezik.)
- *Leuconostoc* nemzetség – gömb alakú, láncokban heterofermentatívak
- *Pediococcus* és *Aerococcus* nemzetség – gömb alakú, négyesével, homofermentatívak (A kevert –heterofermentatív- tejsavas erjedésnél a cukorból csak részben keletkezik tejsav mellett kisebb mennyiségű alkohol, ecetsav, széndioxid- és hidrogén gáz is termelődik.)
- *Lactobacillus* – pálca alakú, homo- és heterofermentatívak
- Borászatban elsősorban a heterofermentatív tejsavbaktériumoknak van jelentőségük, tehát a *Leuconostoc* és *Lactobacillus* fajoknak.

A borászatban fontos szerepet játszó baktérium csoportok – a bélbaktériumok

- Heterotróf, fakultatív anaerob, Gram-negatív, valódi baktériumok
- Többnyire pálcák, de lehetnek vibrio formák is. Endospórákat nem képeznek.
- A mozgásra képes bélbaktériumok peritrich csillósak, vagy polárosan flagelláltak.
- Aerob körülmények között szerves vegyületeket (szénhidrátok szerves savak, aminosavak) bontanak, anaerob körülmények között számos mono- és diszacharidot polialkoholt tudnak erjeszteni.

A borászatban fontos szerepet játszó baktérium csoportok – a bélbaktériumok

- *Enterobacteriaceae* család közegészségügyi és élelmiszerhigiéniai szempontból rendkívül fontosak.
- Bélbaktériumok, de nem ott fordulnak elő: *Erwinia*, *Citrobacter*, *Enterobacter*, *Serratia* fajok talajban, növényeken, jobbra ártalmatlan szaprofiták (kivétel: *Erwinia*)
- *Salmonella typhi* (hastífusz), *Yersinia pestis*, *Shigella* (vérhas), *Escherichia coli*

Köszönöm a figyelmet!