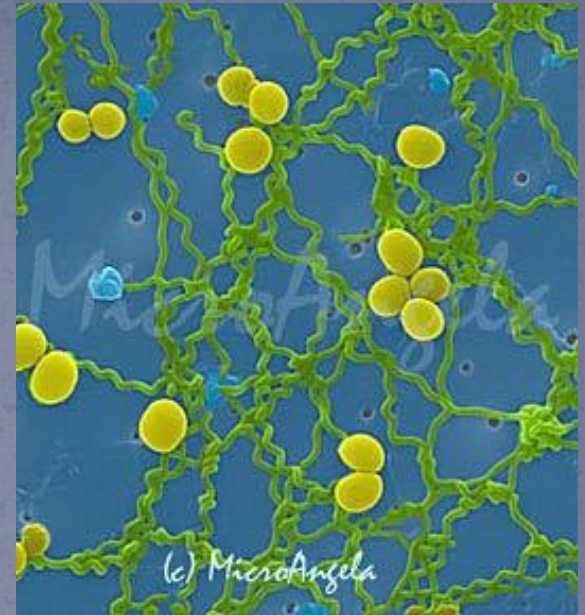


Morfologija mikroorganizama



-
- Bakterije - prokariote
 - Gljivice - eukariote
 - Subcelularni agensi – virusi, prioni

Građa bakterijske ćelije

- Bakterije su jednoćelijski prokariotski mikroorganizmi jednostavnije građe od eukariota i veličine mitohondrija.
- Izuzetak predstavljaju omotači bakterija koji su kompleksnije strukture nego kod eukariota.



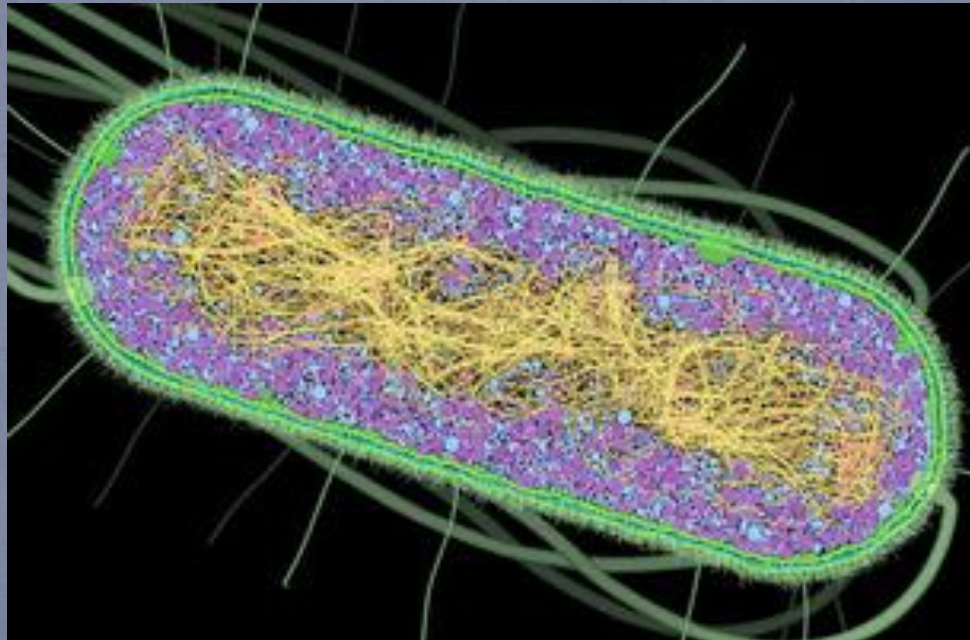
Grada bakterijske ćelije

- Iako se razlikuju po obliku ćelija, u građi i strukturi pojedinih ćelijskih komponenti razlike nisu velike.
- Sve bakterije, izuzev mikoplazmi, pored citoplazmatske membrane imaju i dodatni omotač ćelijski zid a neke i kapsulu.



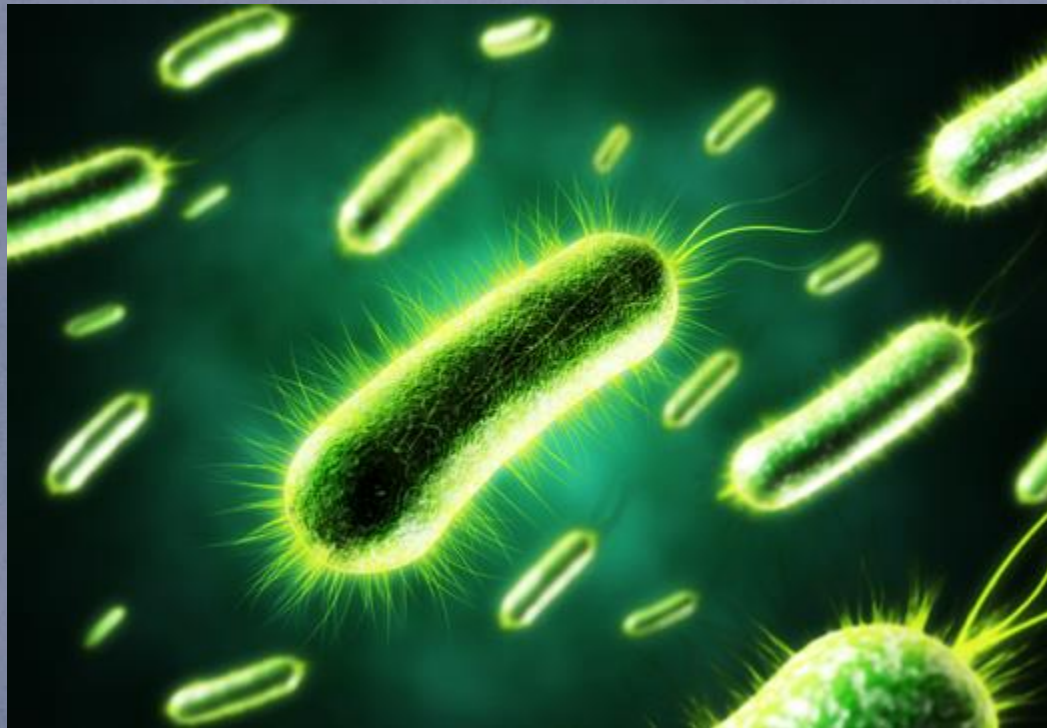
Grada bakterijske ćelije

- U citoplazmi su smeštene jedrova regija sa hromozomom (nukleoid), plazmidi kao ekstrahromozomski genetski materijal, ribozomi, različite granule (inkluzije) kao i mezozomi.

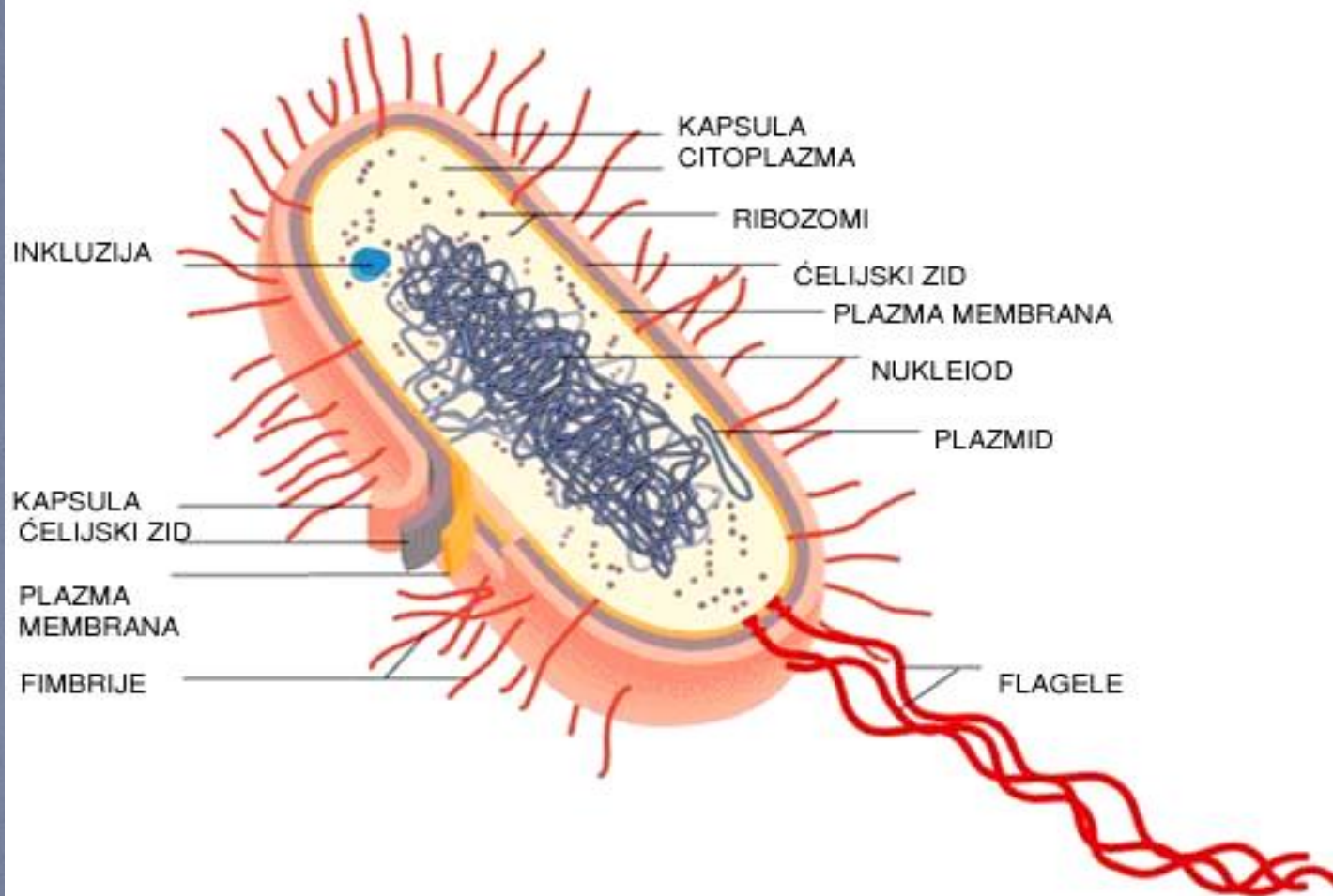


Građa bakterijske ćelije

- Neke vrste bakterija poseduju organele za kretanje (flagele) ili dugačke produžetke za adherenciju za određenu površinu (fimbrije).



Grada bakterijske ćelije



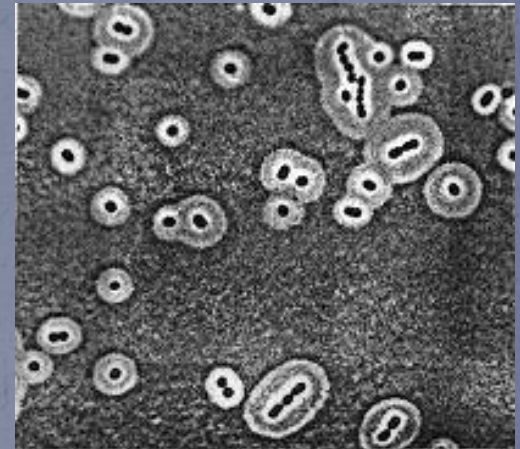
Omotači bakterijske ćelije

- Glikokaliks - kapsula i sluzavi omotač
- Ćelijski zid
- Plazma membrana

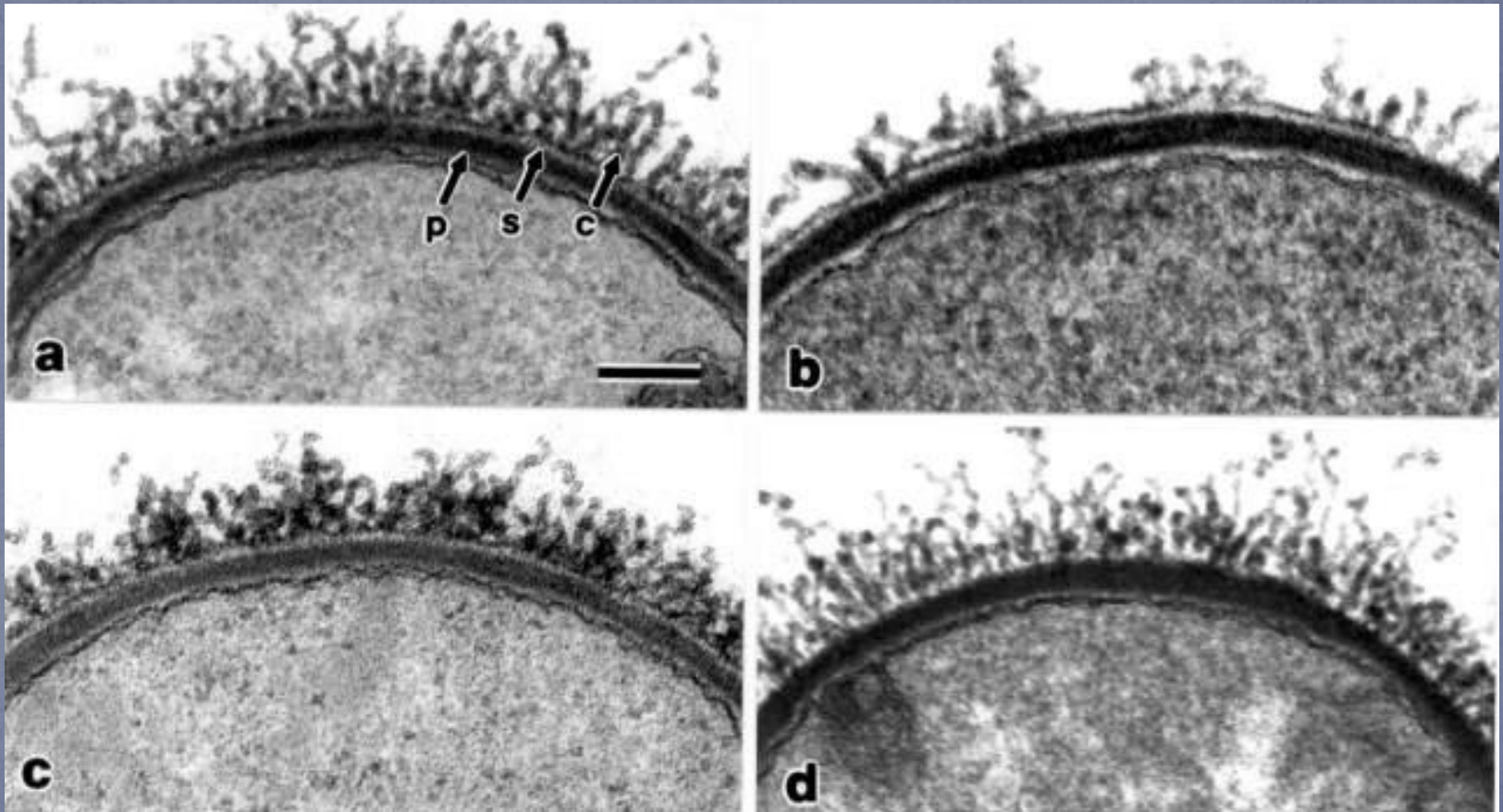


Glikokaliks - Sluzavi omotač i kapsula

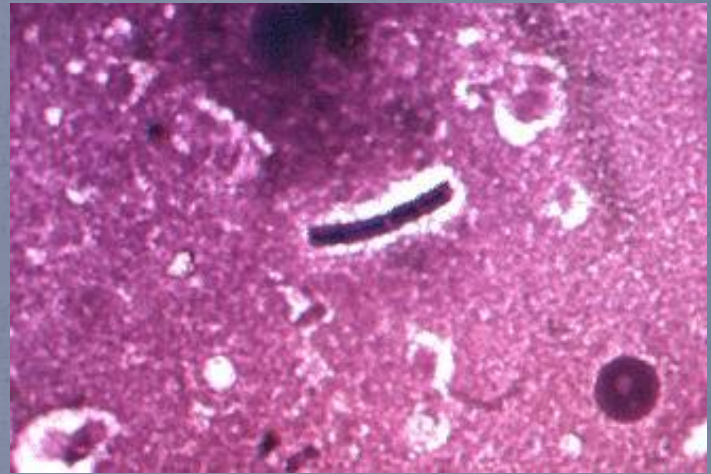
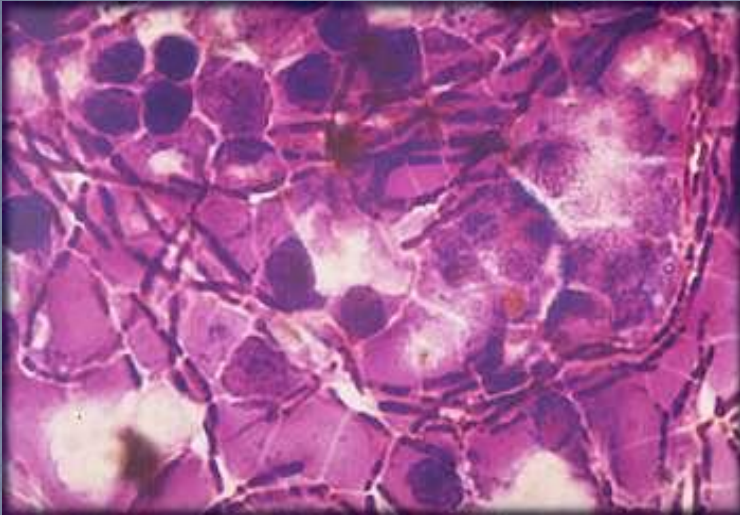
- Omotač koji se nalazi na površini
- glikokaliks
- Ekstracelularni polimera polisaharida
– Ugljenohidratni omotač – “kaput”
- U zavisnosti od konzistencije
 - Amorfna masa – **sluzavi omotač** – **S sloj**
 - Viskozni gel – **kapsula**
- Kapsula može biti i do 10 μm debela
- *Bacillus anthracis* – poliglutamat
- *Haemophilus influenzae* - poliribozofosfat



Kapsula



Kapsula *Bacillus anthracis*

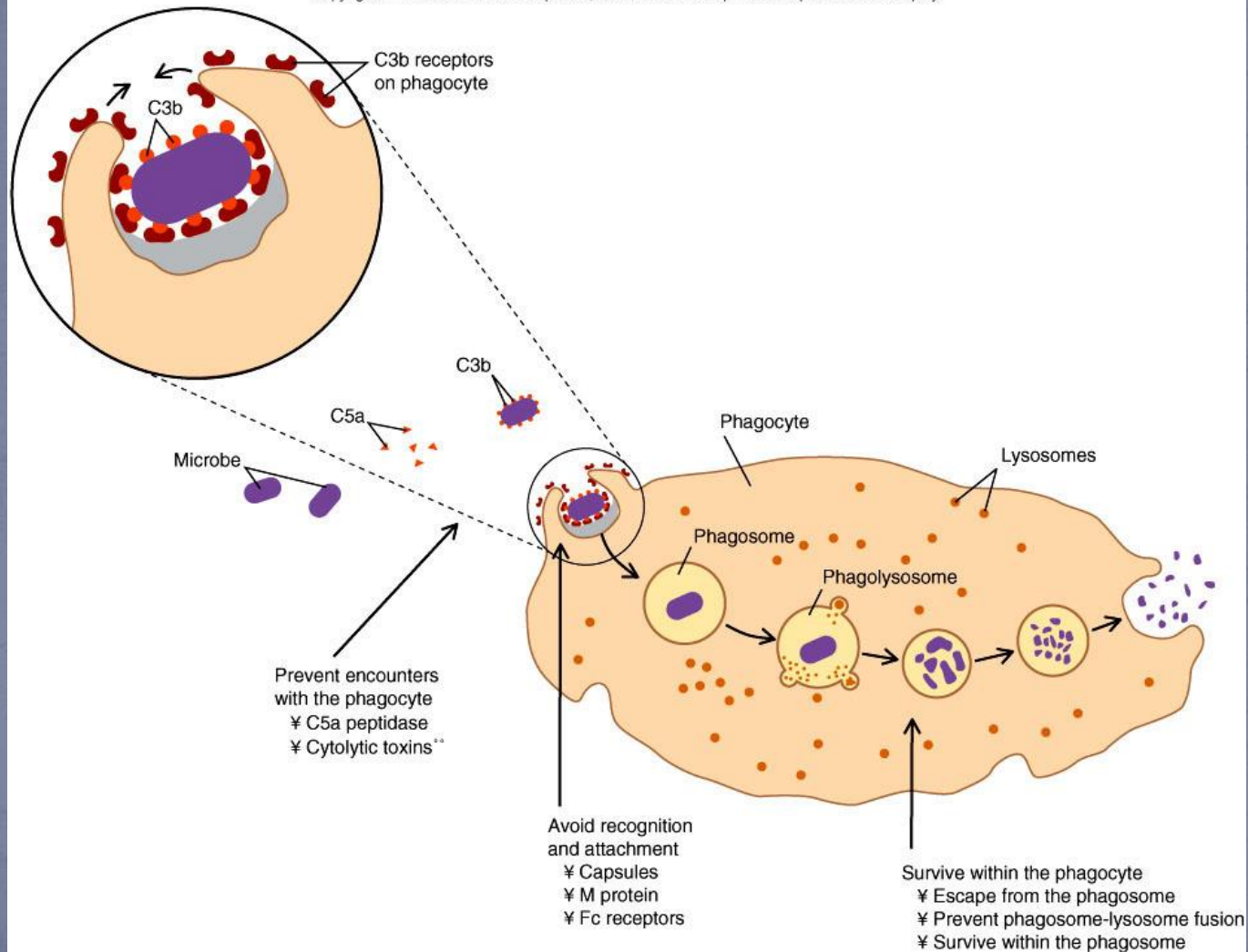


Uloga sluzavog omotača – S sloja i kapsule

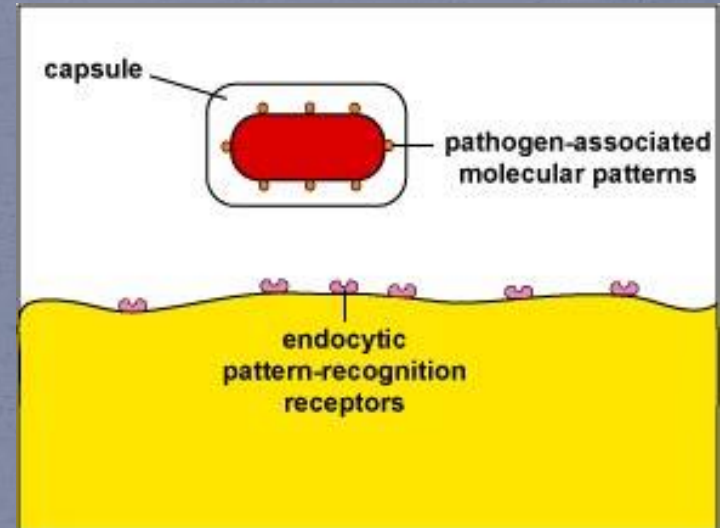
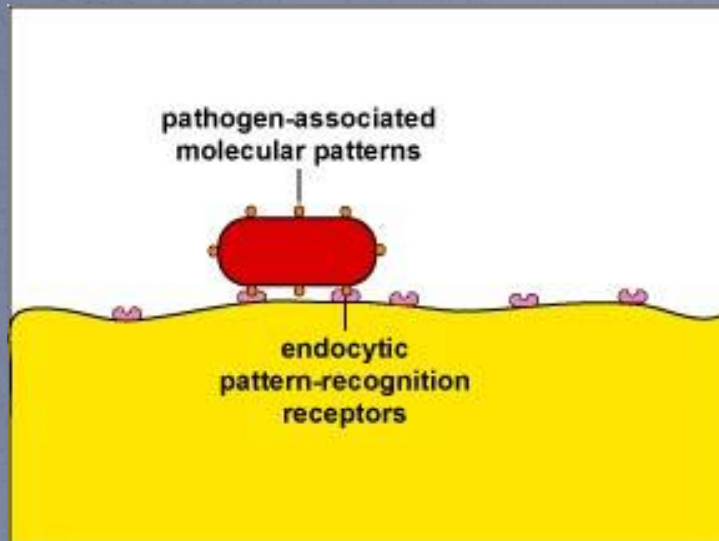
- Glikokaliks - S sloj i kapsula
 - Adherencija za površinu
 - Važna komponenta ekstracelularne polimerne substance biofilma
- Kapsula
 - Zaštita bakterije od “proždiranja” od strane fagocita ili predatorskih protozoa
 - Zaštita od antimikrobnih supstanci
 - Zaštita od isušivanja
-

Uloga kapsule i glikokaliksa

Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.



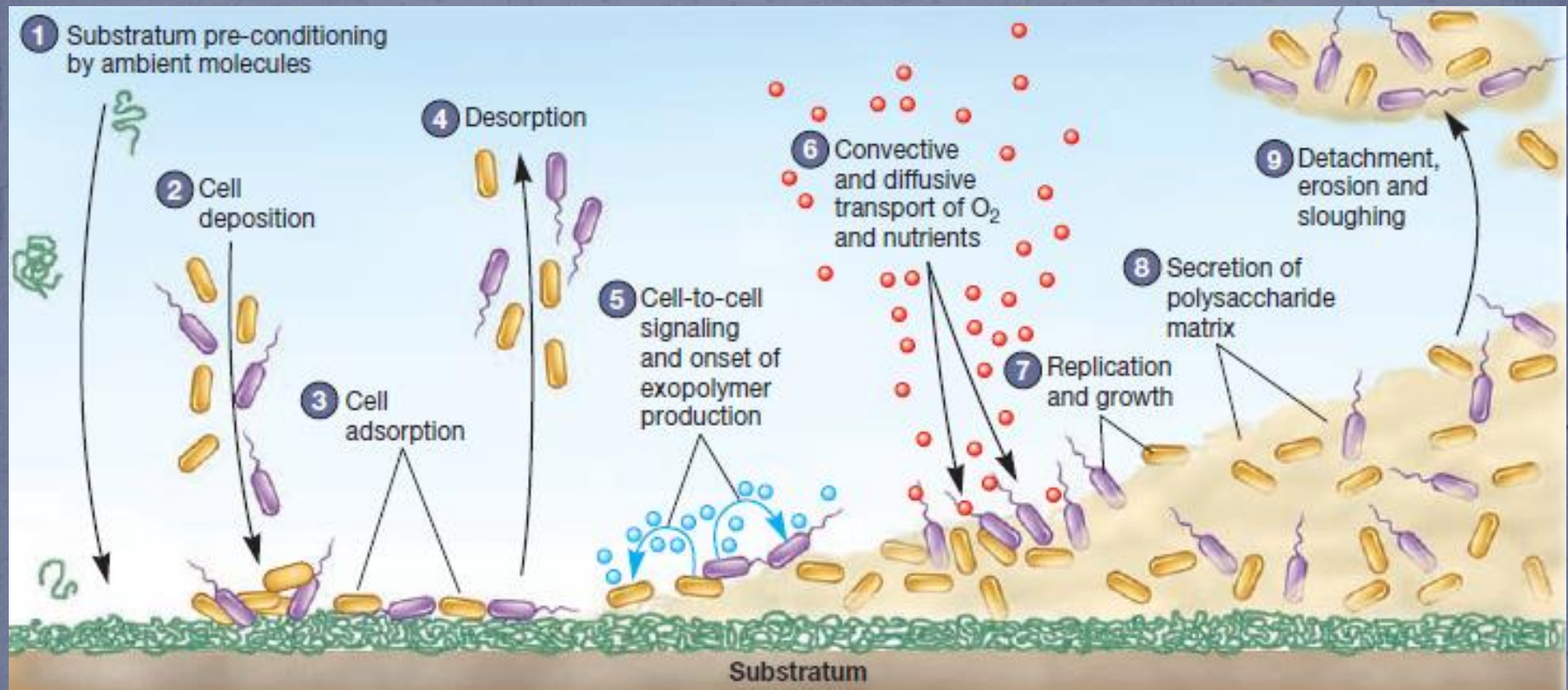
Uloga sluzavog omotača – S sloja i kapsule



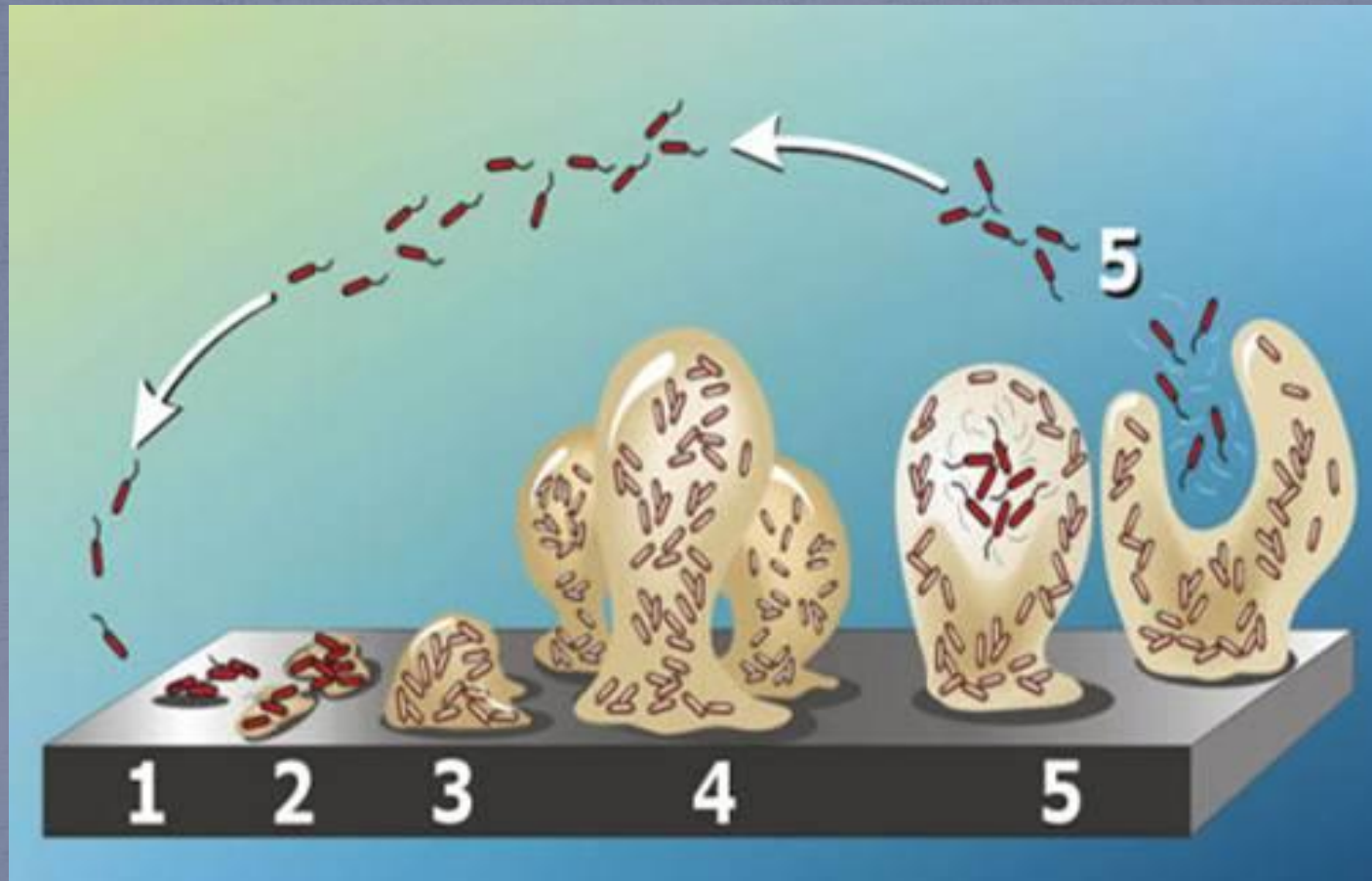
Biofilm

- U prirodi bakterije retko žive zasebno
- One formiraju zajednice koja se sastoje od većeg broja različitih vrsta
- Matriks biofilma sačinjavaju pretežno polisaharidi ali se mogu naći i DNK i proteini
- Hidrogel debljine oko 10 μm sa produžecima do 200 μm
- Quorum sensing – komunikacija između bakterija
- 70% infekcija ljudi uključuje stvaranje biofilma

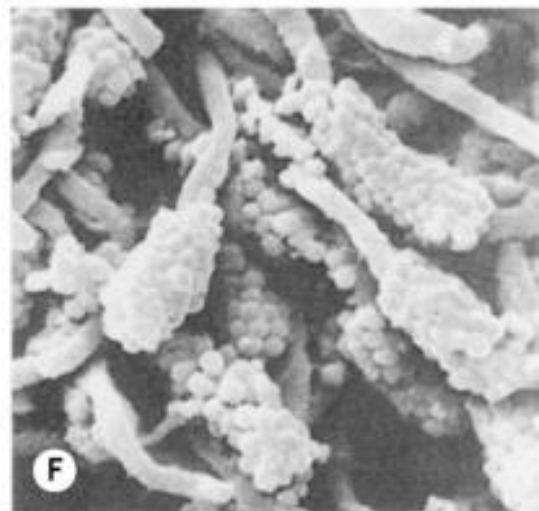
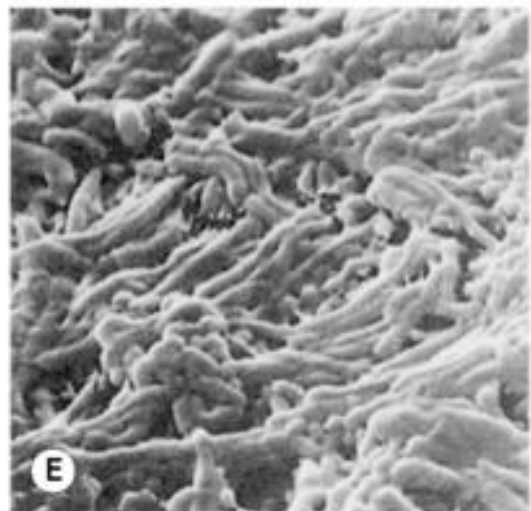
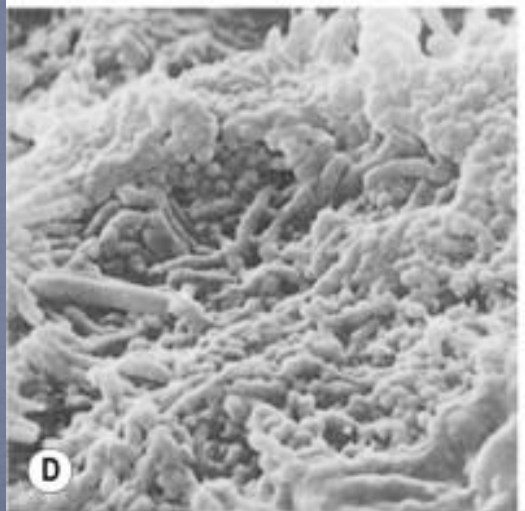
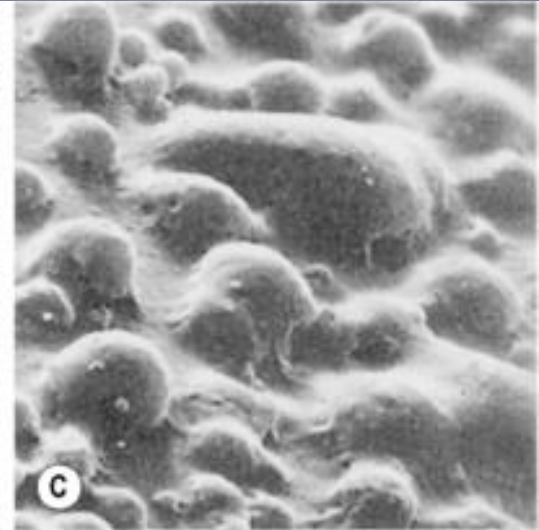
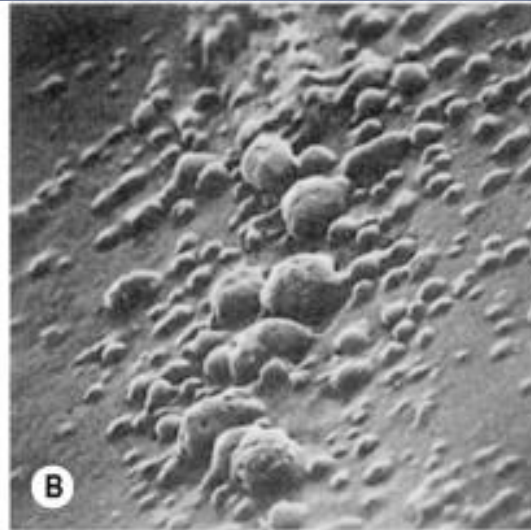
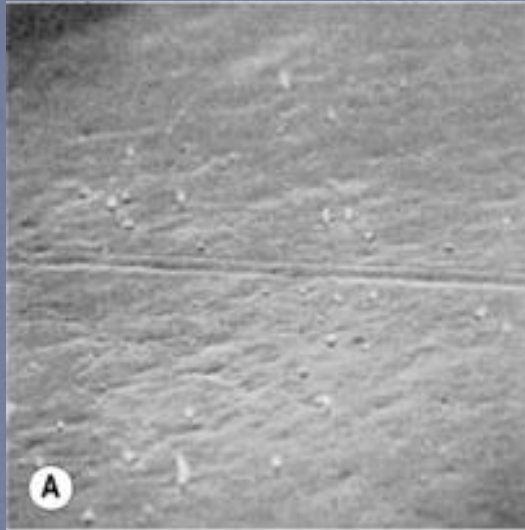
Biofilm



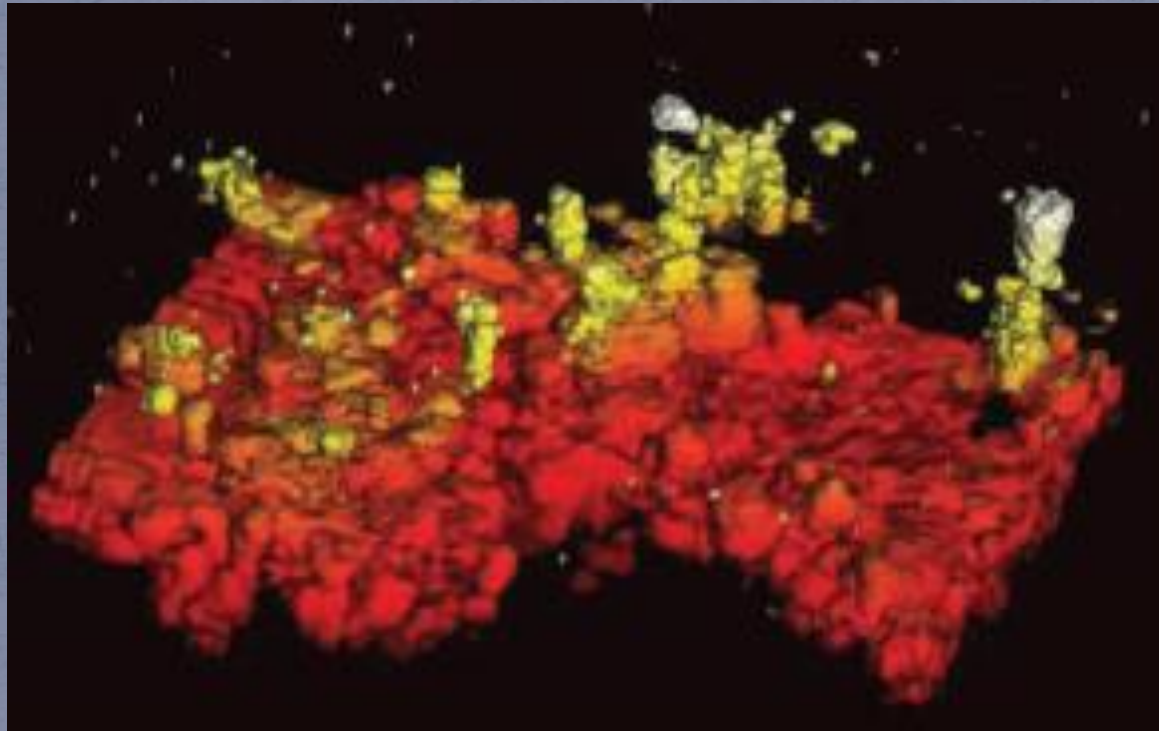
Biofilm



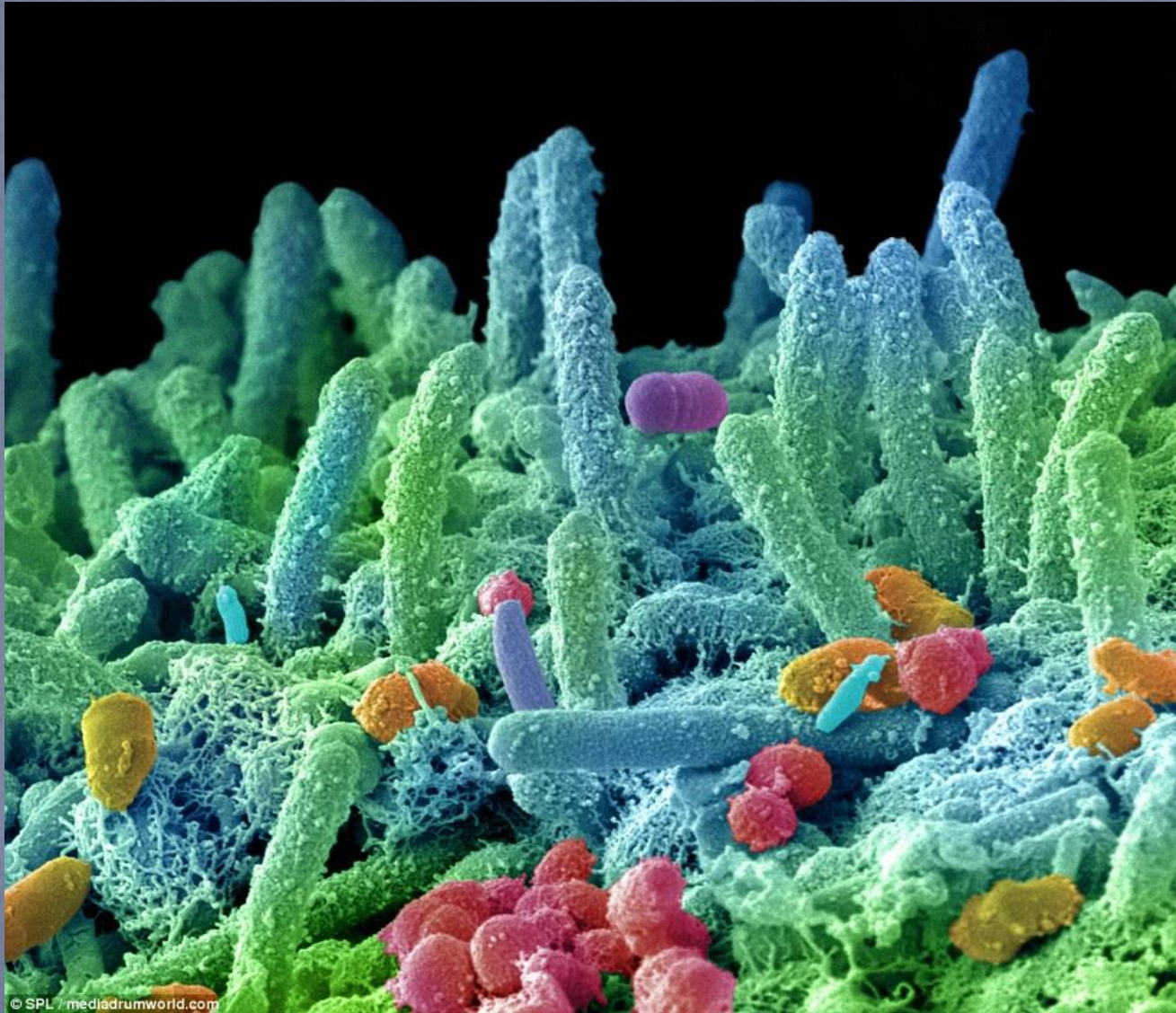
Biofilm



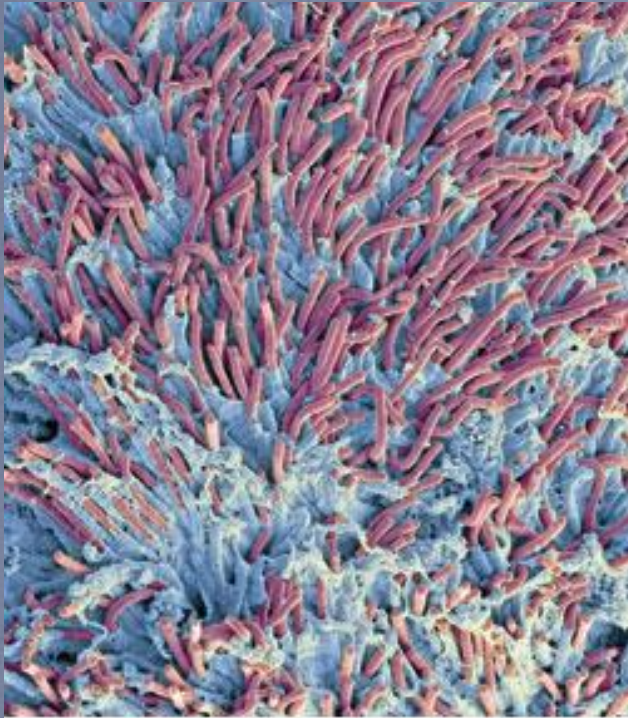
Biofilm – Konfokalni mikroskop 3D



Biofilm

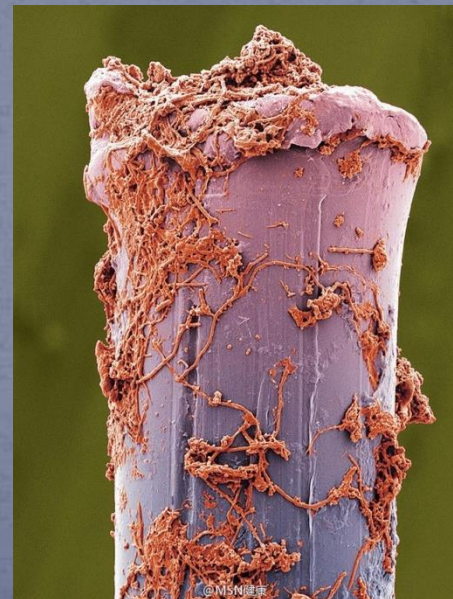
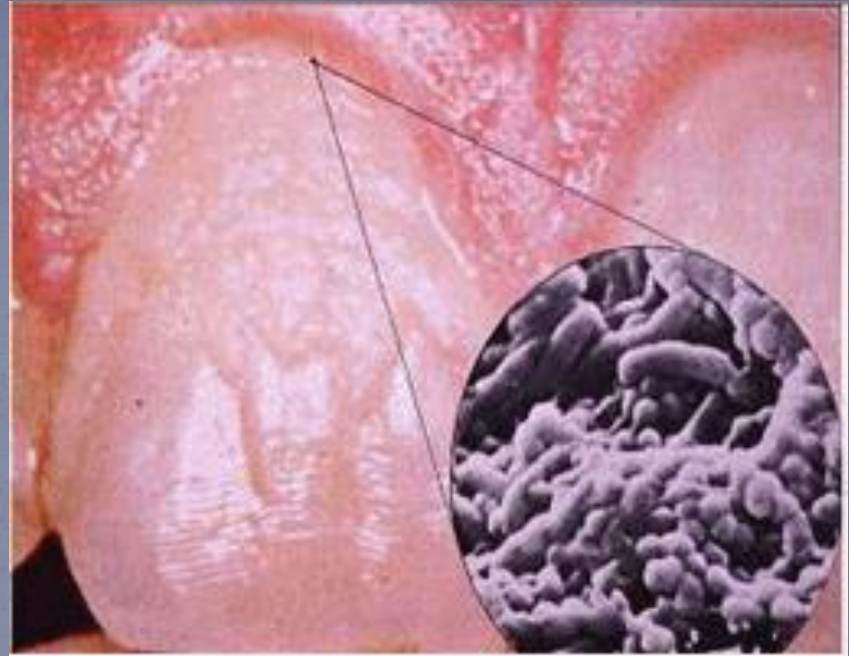


Biofilm



Dental plaque biofilm

© Eye of Science/Photo Researchers, Inc.

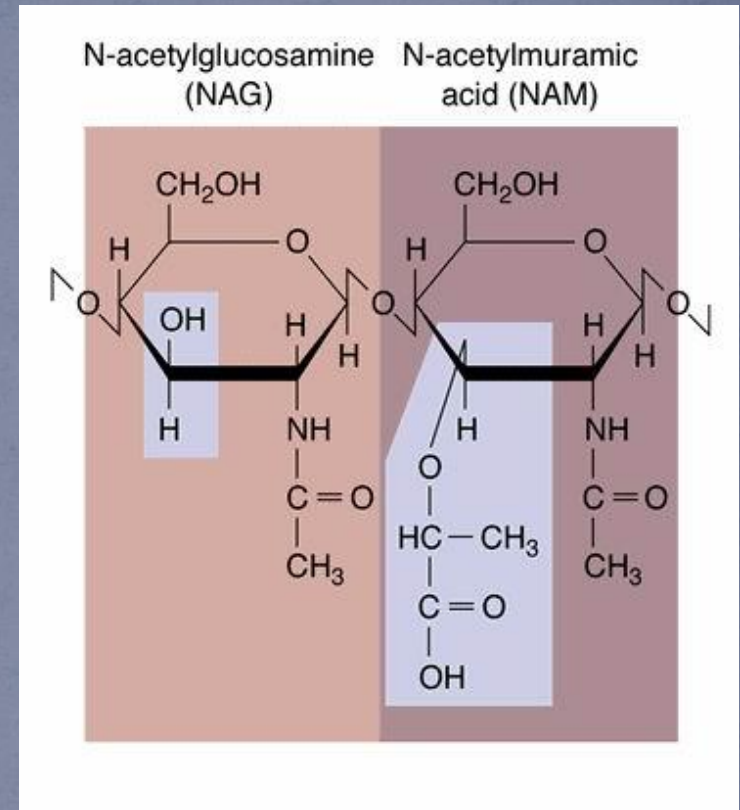


Ćelijski zid

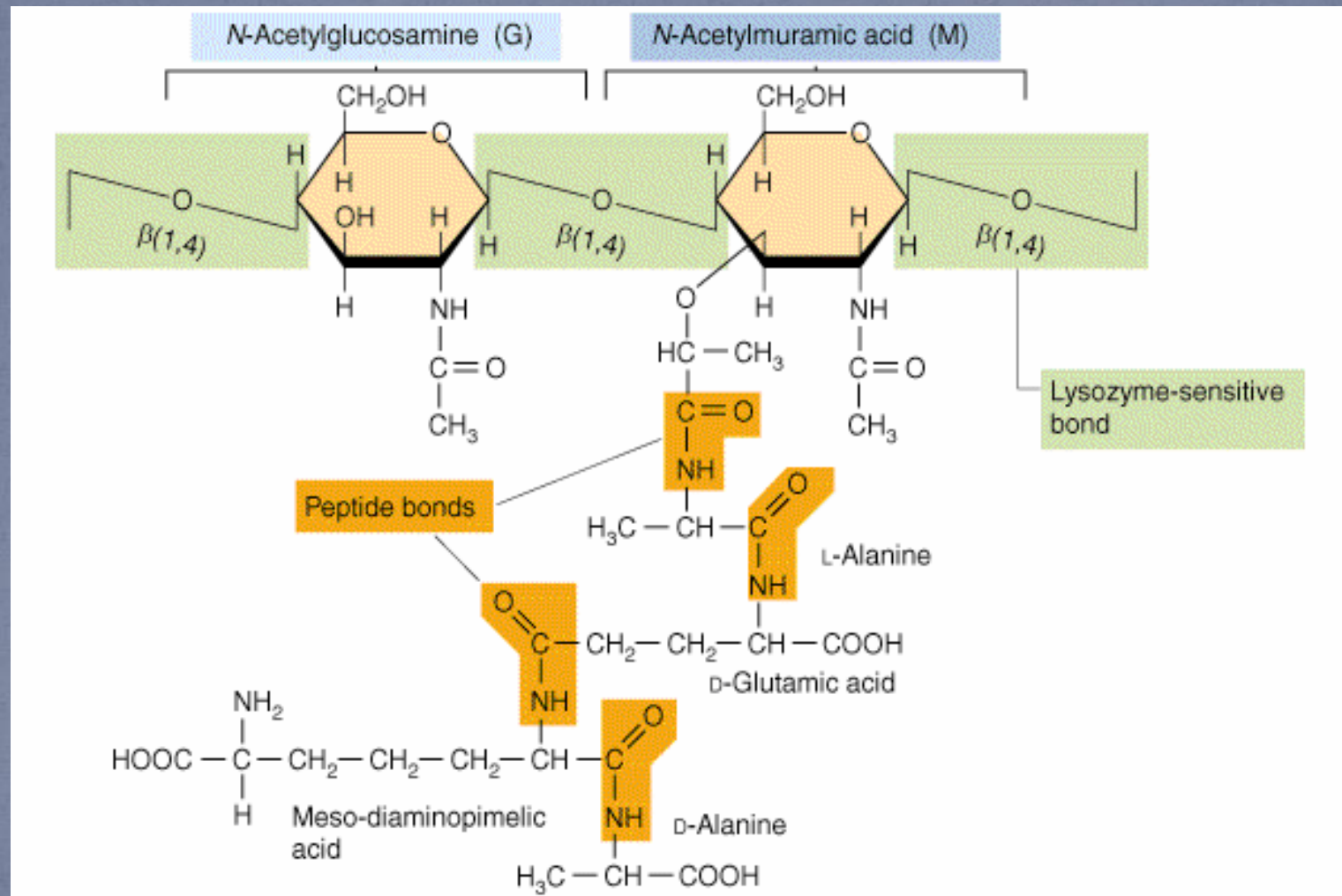
- Čvrst omotač koji obezbeđuje oblik bakterije
- Zaštitna uloga – mehanička, od osmotskog pritiska, ulaska antimikrobnih ili toksičnih supstanci
- Uloga u deobi ćelije, faktori virulencije, antigeni
- Poseduju ga sve bakterije
 - Izuzetak Mollicutes – *Mycoplasma* vrste
- **Peptidoglikan** - glavna komponenta - ime nastalo zbog hemijske građe - peptida i šećera – glikan

Peptidoglikan

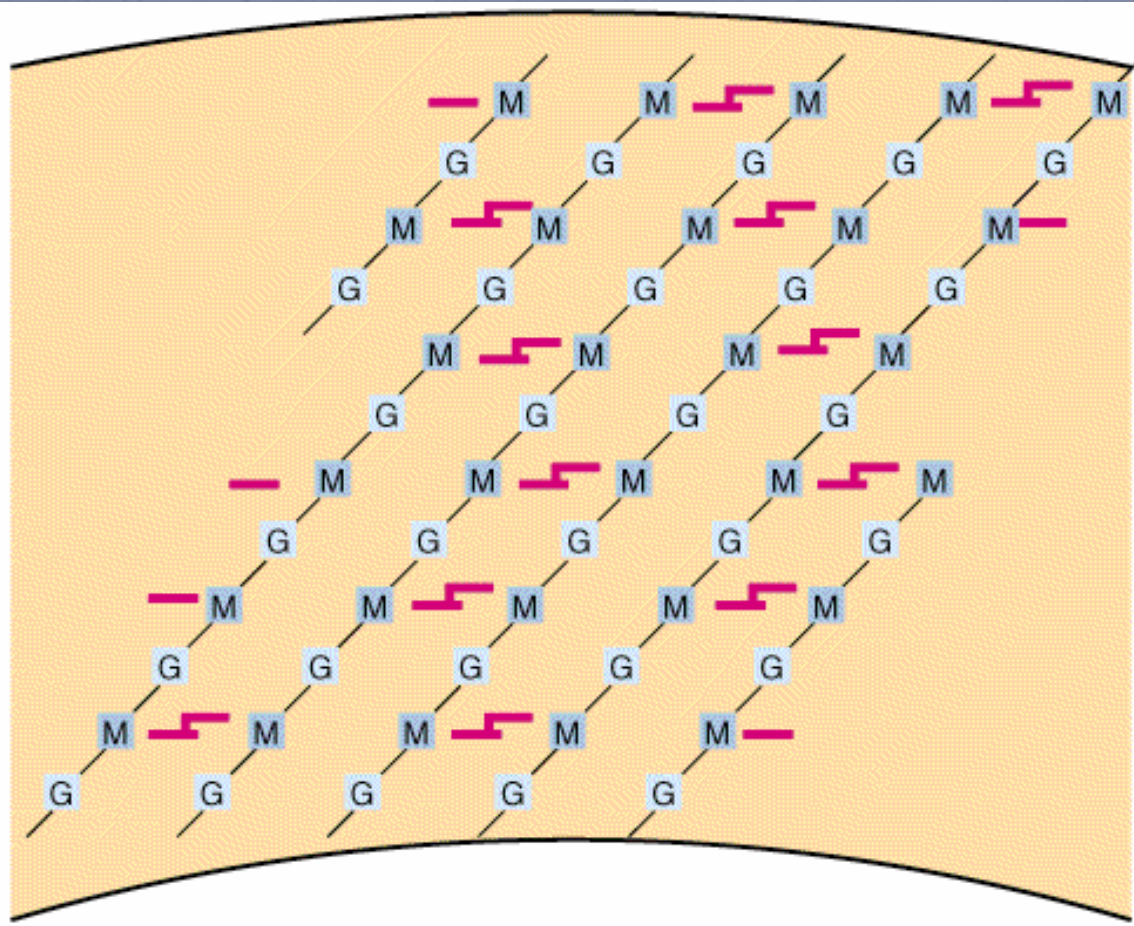
- Hemijski sastav jedinstven u živom svetu
- **Peptidoglikan** — **murein** — **mukopeptid**
- **Polimer disaharida**
N-acetilglukozamina +
N-acetilmuraminske kiseline
- Polimerni lanci sadrže između 10 i 65 saharida spojeni β 1-4 glikozidnim vezama
- **Tetrapeptidi** — veze između polimernih lanaca



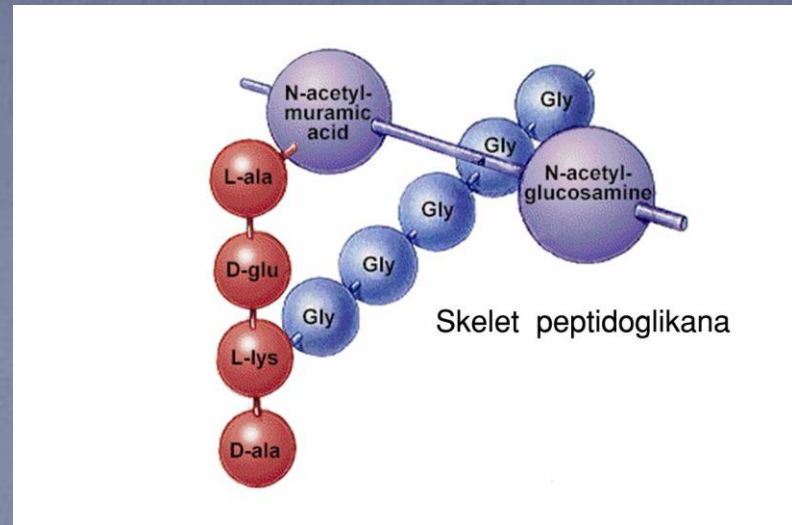
Disaharid sa tetrapeptidom



Peptidoglikan



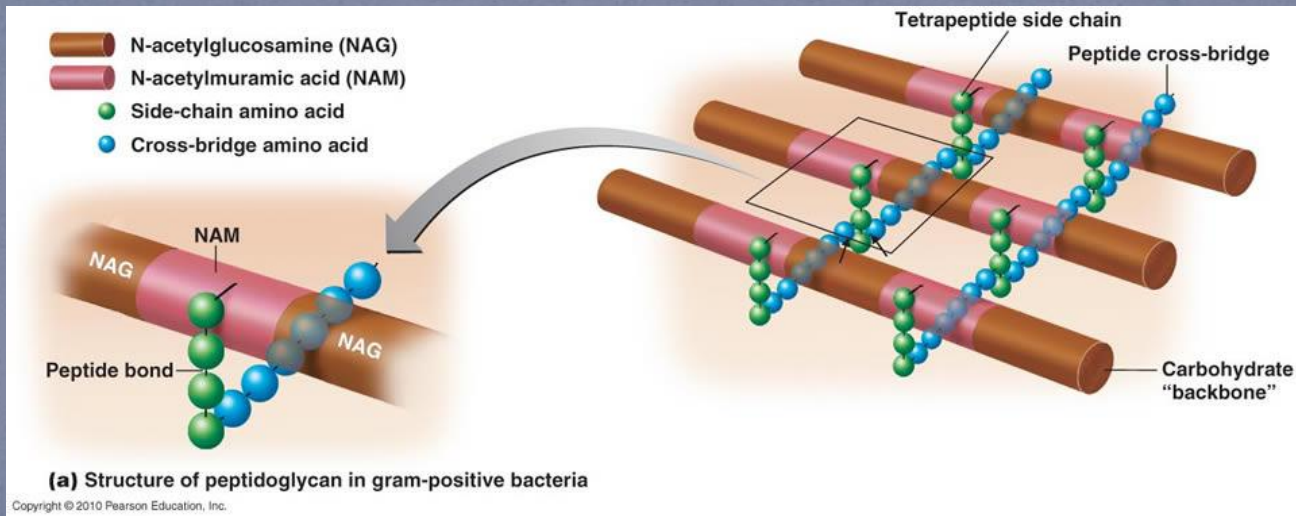
Tetrapeptidi



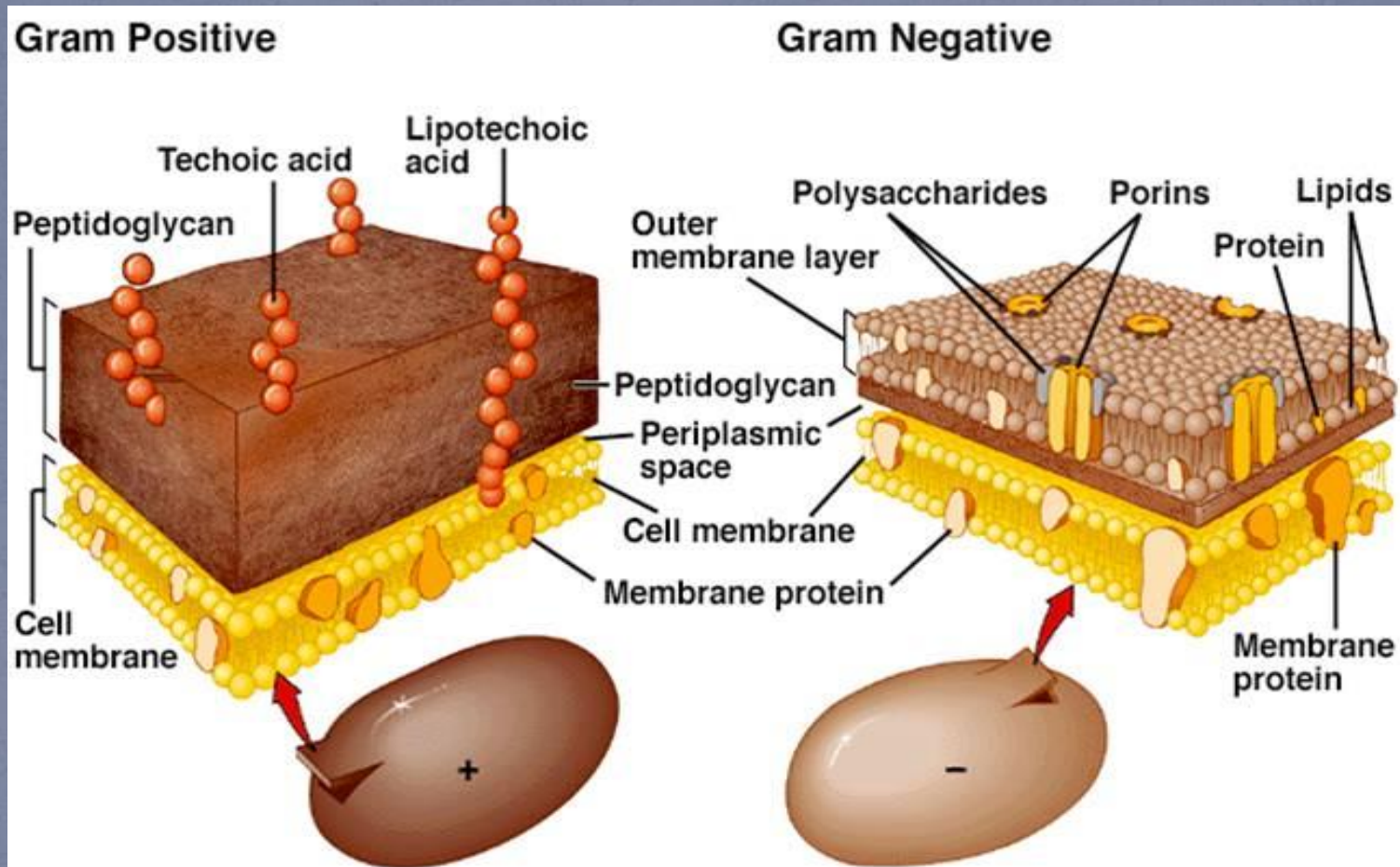
- Tetrapeptid – različiti aminokiselinski sastav kod pojedinih vrsta, prisustvo D- izomera aminokiselina
- Primer- L-alanin – D-izoglutaminska kiselina- L-lizin (ili diaminopimelinska kiselina) – D-alanin
- Povezani za karboksilnu grupu muraminske kiseline
- Međusobno tetrapeptidi povezani preko D-alanina i L-lizina ili diaminopimelinske kiseline
- Kod nekih bakterija tetrapeptidi povezani pentapeptidom glicina

Peptidoglikan

- Slojevi kovalentno povezanog peptidoglikana podsećaju na vrećicu oko unutrašnjosti bakterije odnosno na listove kupusa
- Broj slojeva peptidoglikana je drastično različit kod određenih vrsta bakterija, jedan sloj kod *Escherichia coli* (*E.coli*), preko 40 kod *Bacillus subtilis*

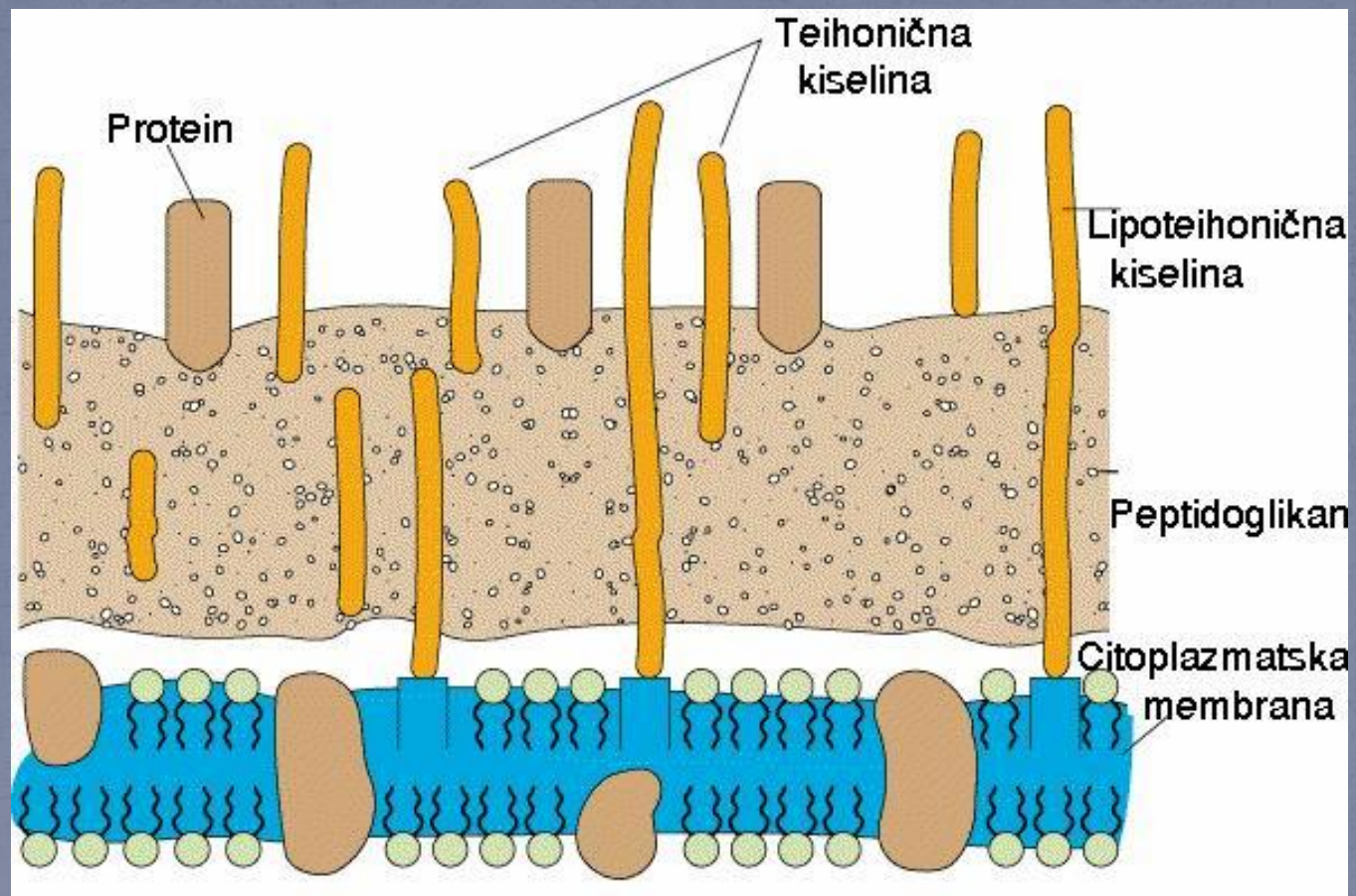


Ćelijski zid Gram pozitivnih bakterija i Gram negativnih bakterija



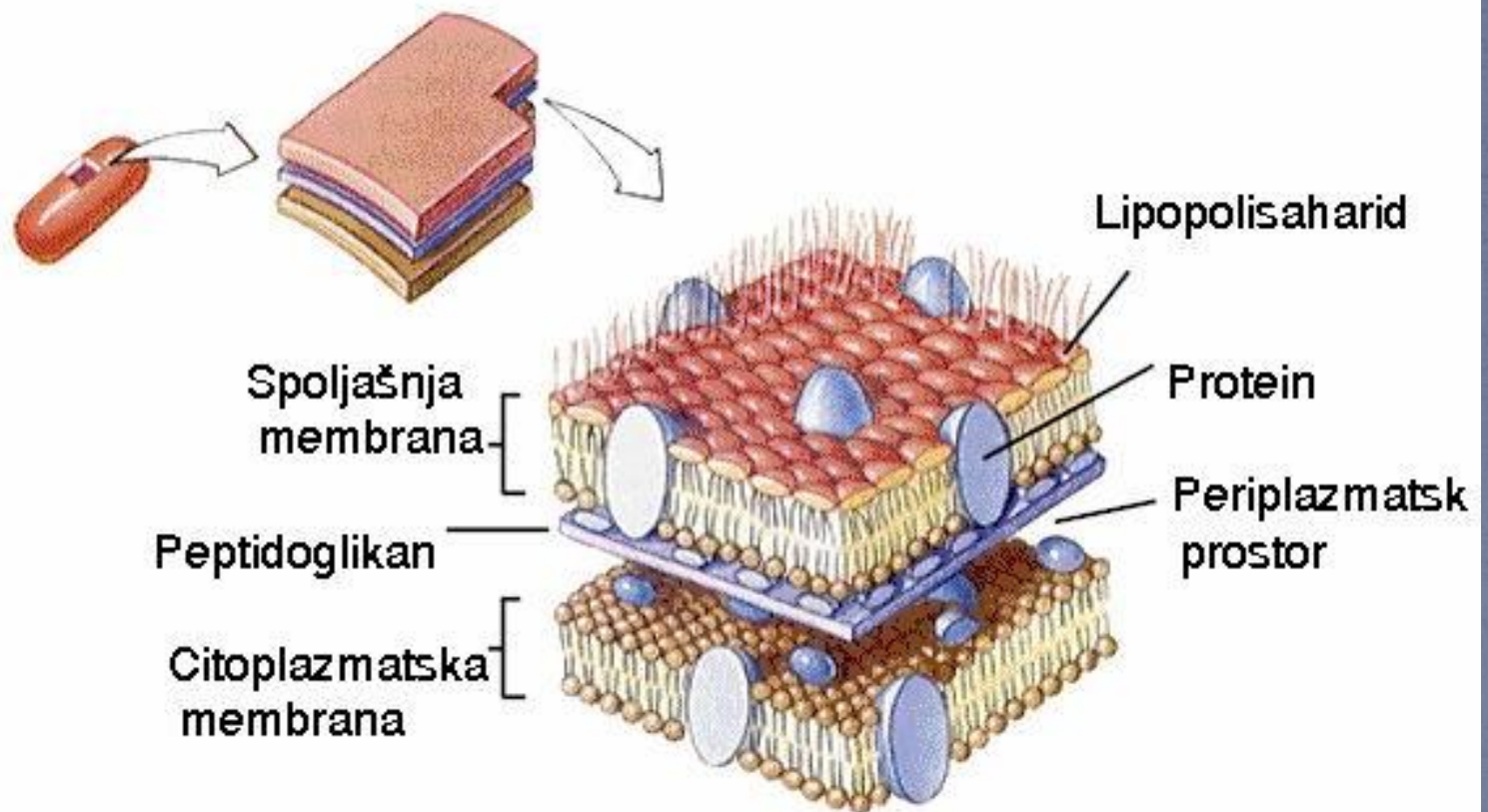
Ćelijski zid Gram pozitivnih bakterija

- Debeo 20 – 80 nm i sastavljen najvećim delom od peptidoglikana 60 – 100 %
- Veći broj slojeva peptidoglikana
- U sastav ulaze
 - Teihoična kiselina – polimeri glicerolfosfata vezani za peptidoglikan
 - Lipoteihoična kiselina – vezani za citoplazmatsku membranu



Ćelijski zid Gram negativnih bakterija

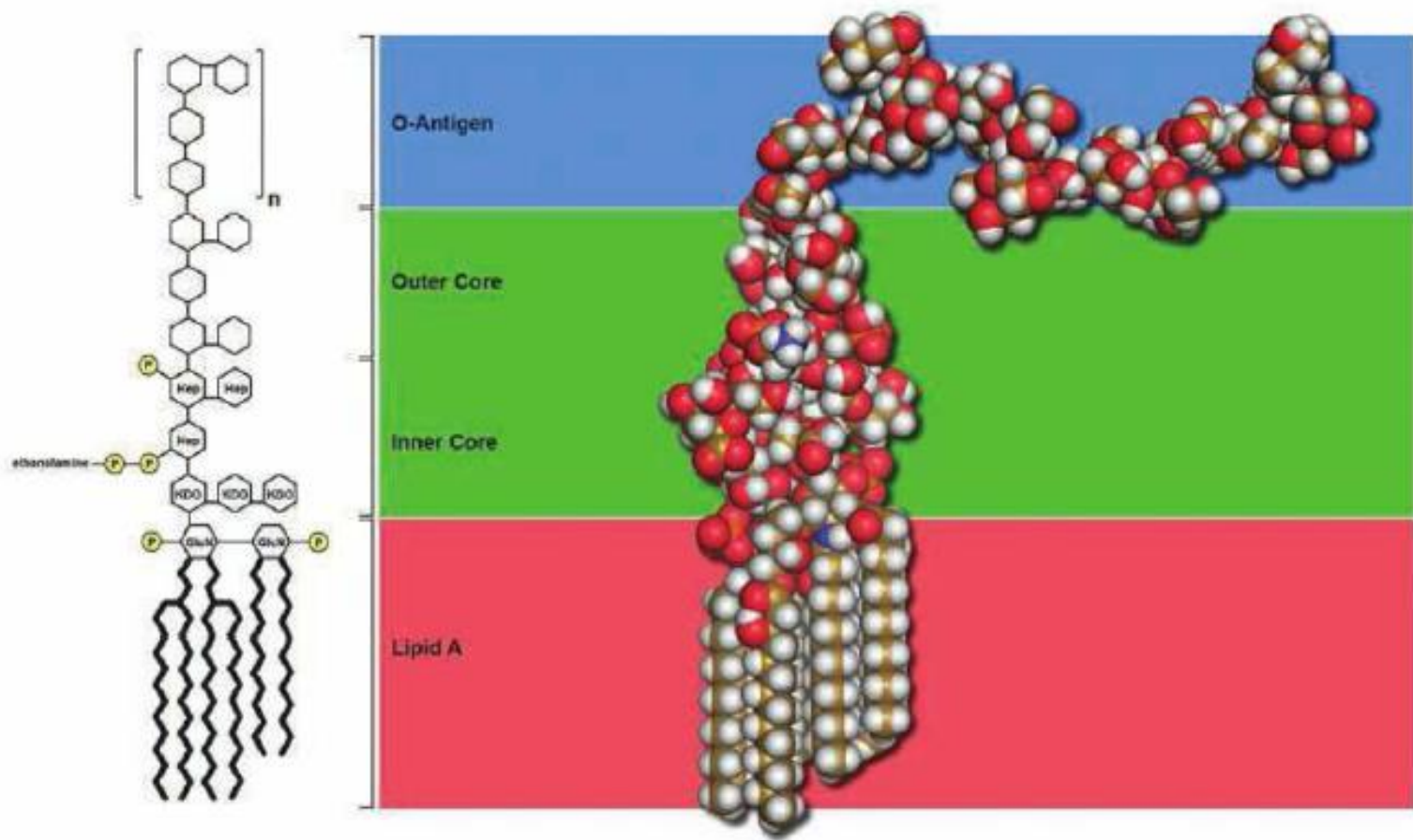
- Tanak 10 – 15 nm i kompleksne građe
- Sastoji se od jednog ili nekoliko slojeva peptidoglikana i spoljašnje membrane
- Spoljašnja membrana
 - Dvoslojni fosfolipidi
 - Lipopolisaharidi – LPS - endotoksin
 - O polisaharid - antigen
 - Lipid A - toksičan
 - Porini – transmembranski proteini
 - Lipoproteini- Braunov lipoprotein vezan peptidoglikan



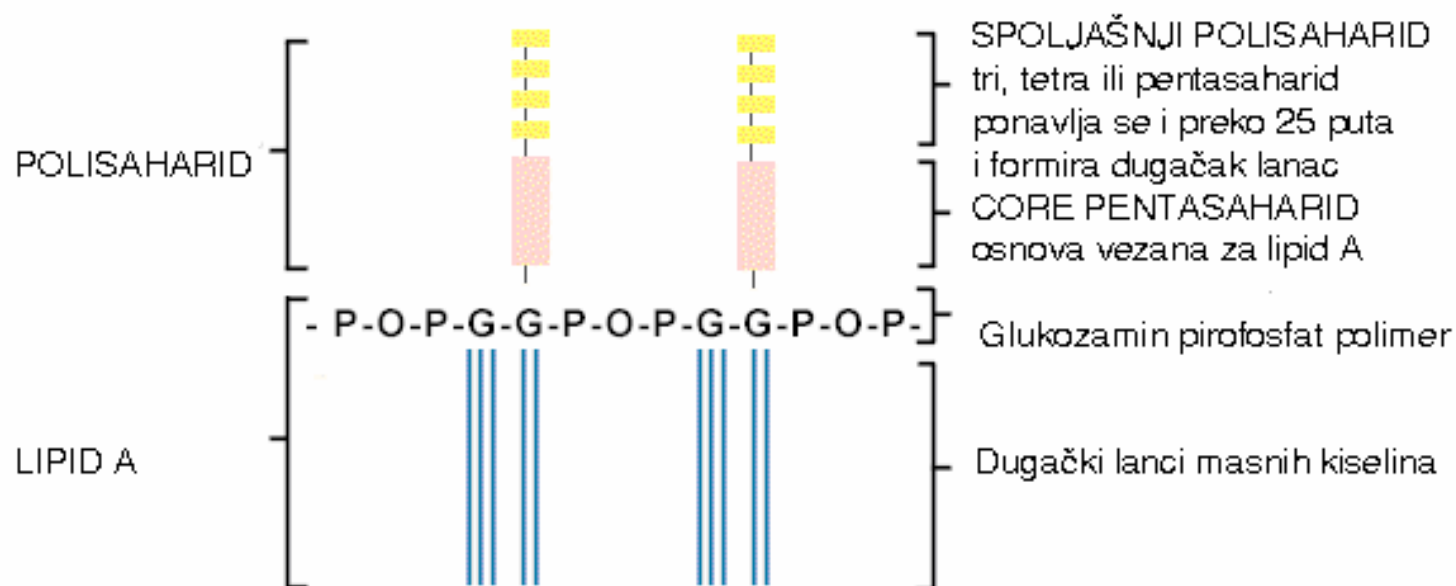
Ćelijski zid Gram negativnih bakterija

- LPS – endotoksin – aktivacija makrofaga i stvaranje pirogena, aktivacija komplementa, zapaljenska reakcija, intravaskularna koagulacija i hemoragije
- Spoljašnja membrana i citoplazmatska membrana mestimično povezane – Bayer-ova polja
- Diskontinuitet peptidoglikana
- Između citoplazmatske membrane i peptidoglikana odnosno spoljašnje membrane – Periplazmatski prostor
- Periplazmatski prostor – hidrolitični enzimi

Hemijska struktura lipopolisaharida

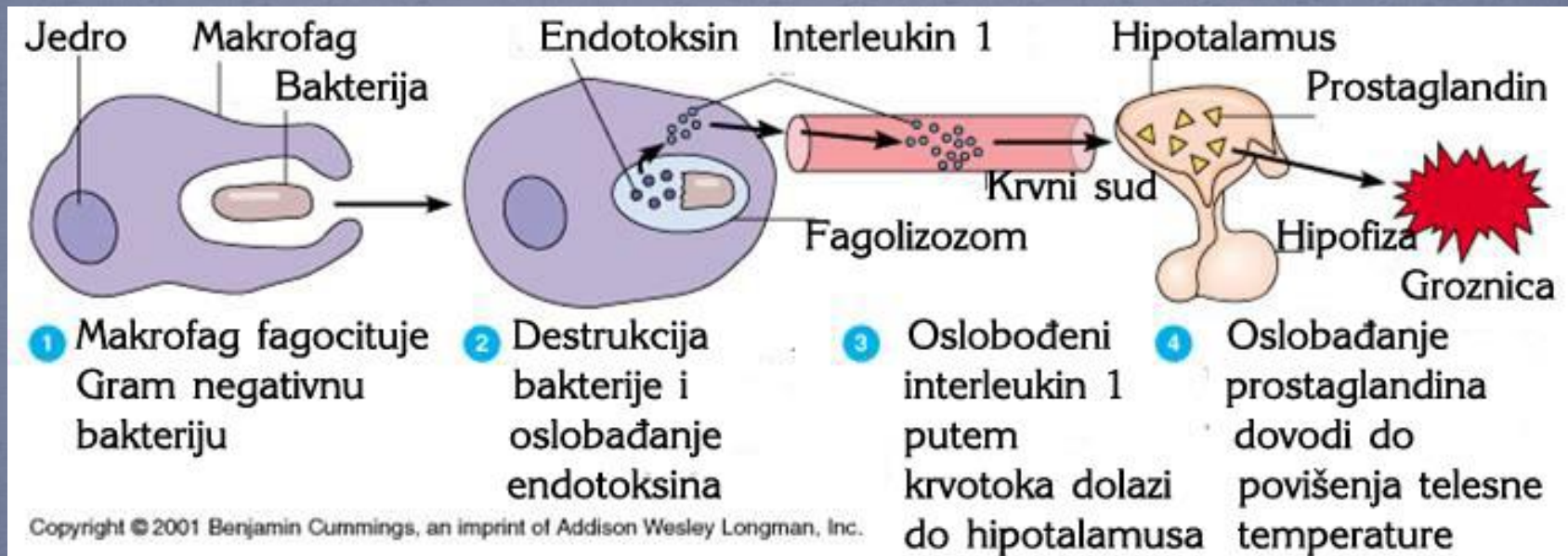


Hemijska struktura lipopolisaharida



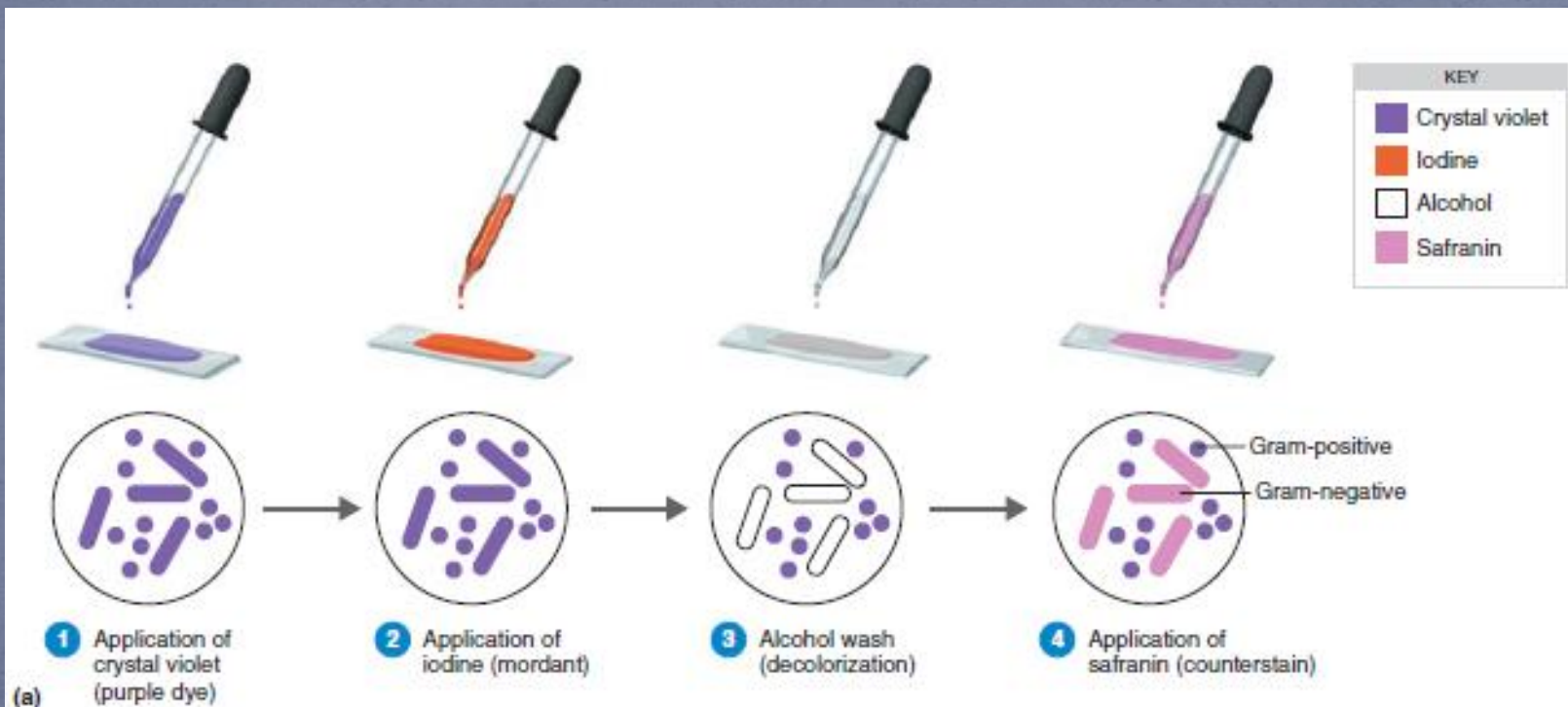
Endotoksin

- Komponente ćelijskog zida Gram negativnih bakterija
- Lipopolisaharid
- Termostabilni
- Nespecifično delovanje, pirogeni



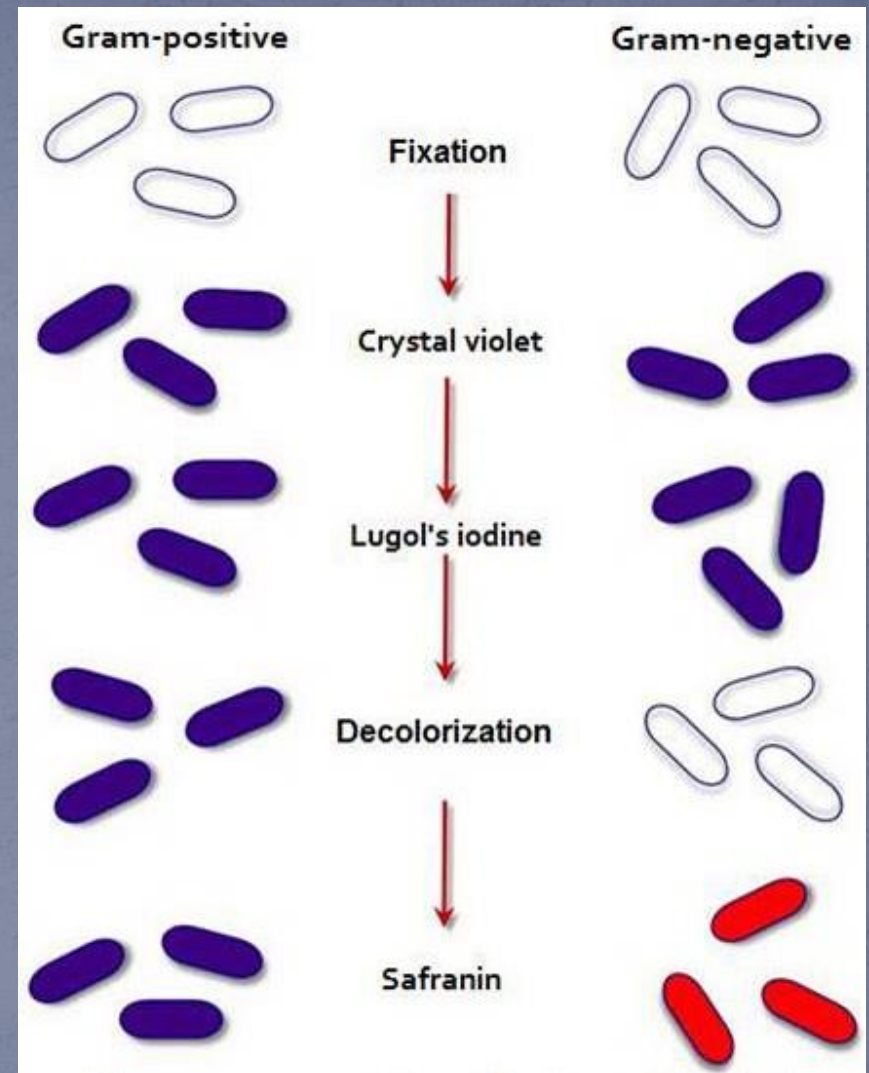
Bojenje po Gramu

- Najvažnije bojenje u mikrobiologiji
- Christian Gram 1884 godina
- Složeno diferencijalno bojenje

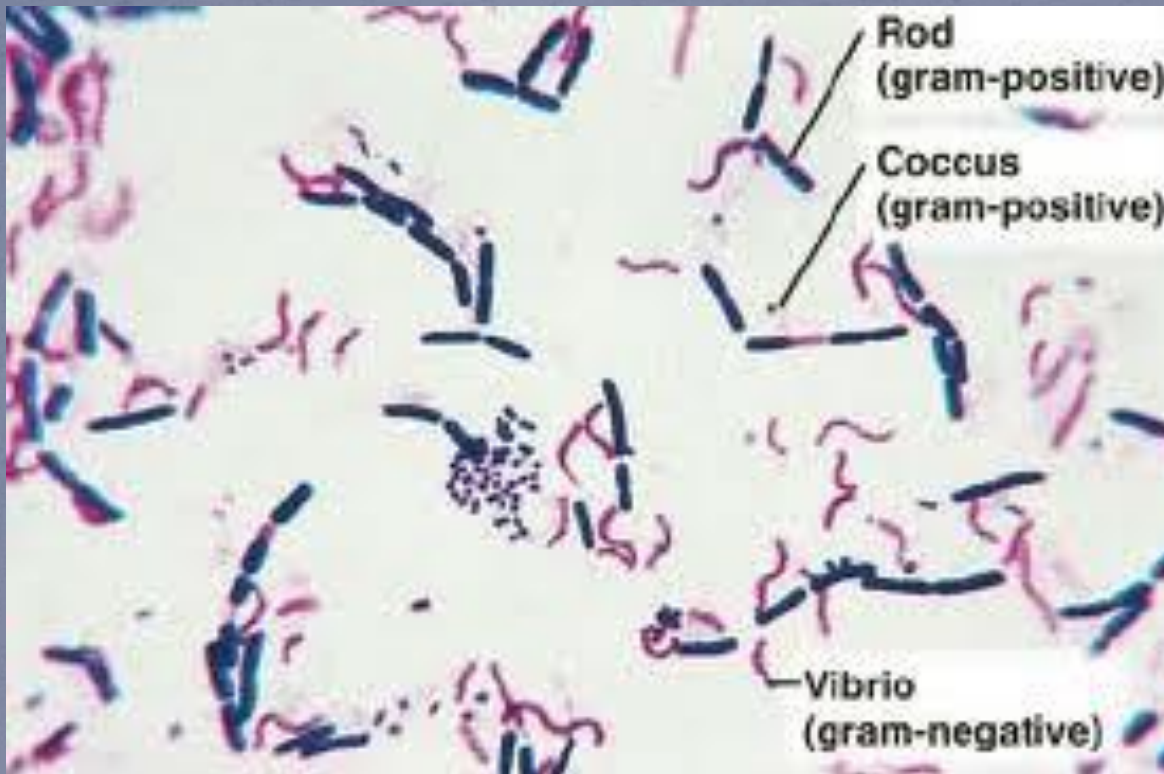


Bojenje po Gramu

- U zavisnosti od građe ćelijskog zida nakon bojenja primarnom plavom bojom – gencijana violet ili kristal violet u slučaju prisustva malog broja slojeva peptidoglikana alkohol ispere boju
- Sekundarna crvena boja - karbol fuksin ili safranin oboji prethodno obezbojene bakterije



Mikroskopski izgled Gram pozitivnih i Gram negativnih bakterija

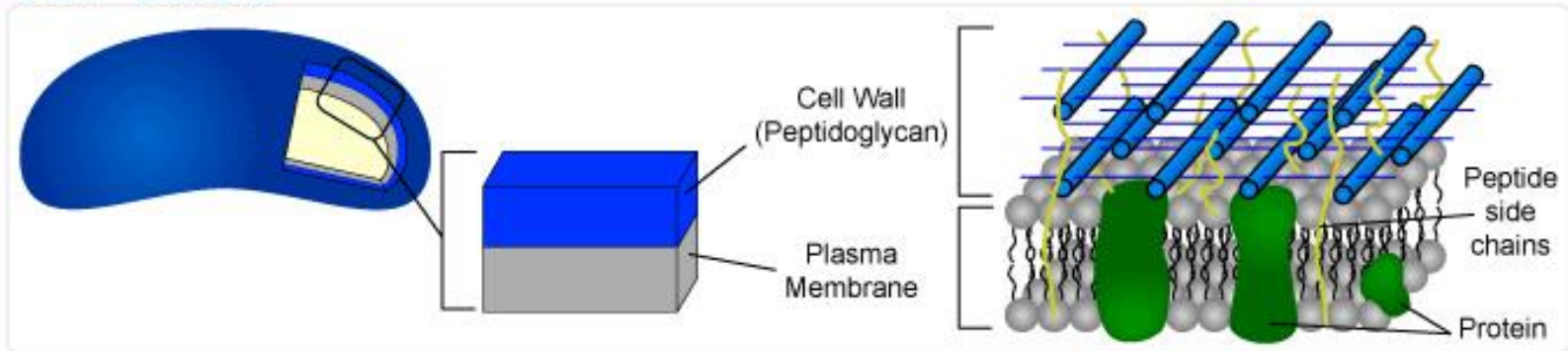


Karakteristike ćelijskog zida Gram pozitivnih i Gram negativnih bakterija

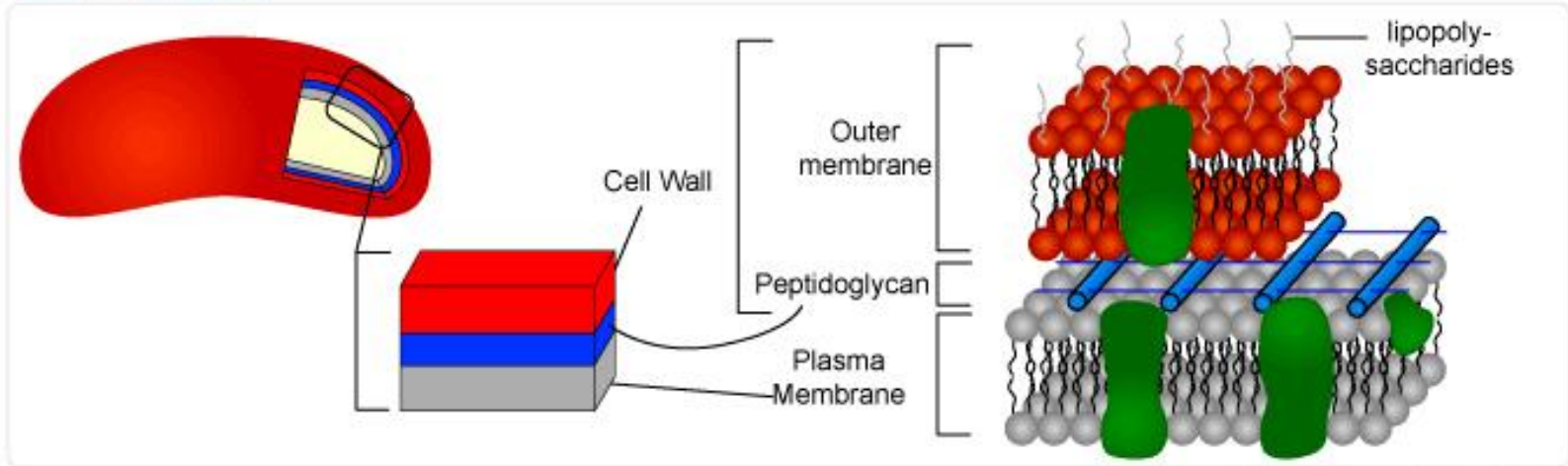
Debljina zida	Debeo 20 - 80 nm	Tanak 5 - 15 nm
Broj strukturnih komponenti	1 peptidoglikan	2 peptidoglikan i spoljašnju memb.
Sadržaj peptidoglikana	>50 %	10 - 20 %
Teihoična kiselina	Da	Ne
Lipidi i lipoproteini	0 – 3 %	58 %
Proteini	0 %	9 %
Lipopolisaharidi	0 %	13 %
Penicilin	Osetljivi	Otporni – ima izuzetaka
Lizozim	Osetljivi	Otporni

Karakteristike ćelijskog zida Gram pozitivnih i Gram negativnih bakterija

Gram⁺ Bacteria



Gram⁻ Bacteria



Atipični ćelijski zid

- **Mycobacteriaceae** – debeo kao i kod Gram pozitivnih, 60 % lipidi, voštane konzistencije, mikolična kiselina, teško primaju boju, bojenje po Zeihl Neelson-u – bojenje za acido rezistentne mikroorganizme
- **Mollicutes** – nemaju ćelijski zid
 - U citoplazmatskoj membrani steroli
- **Arcaebacteria** – pseudomurein

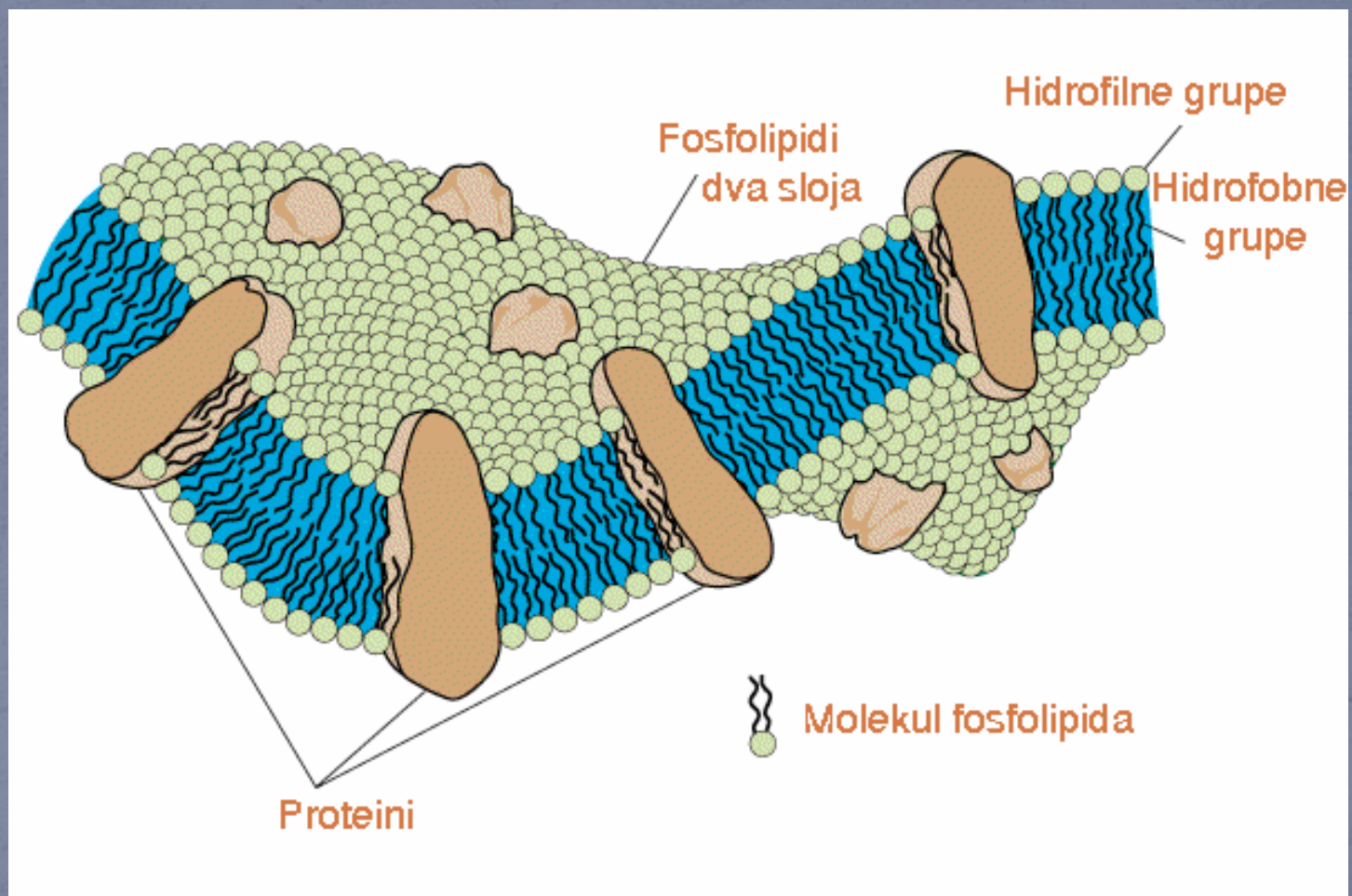
L oblici bakterija

ime po Lister-ovom institutu gde su otkriveni

- Nastaju usled dejstva sredstava koja razlažu ćelijski zid lizozim ili sprečavaju njegovu sintezu – penicilin, vankomicin
- Nepravilni oblici koji su zadržali osnovne funkcije ćelije uključujući i deobu
- Izuzetno osetljive na osmotske uslove sredine
- **Protoplasti** – Gram pozitivne bakterije
- **Sferoplasti** - Gram negativne bakterije
- U određenim uslovima mogu ponovo sintetisati ćelijski zid i povratiti normalnu strukturu

Citoplazmatska membrana

- Tanka membrana debljine 8 nm
- **Fosfolipidi** – dva sloja – 40 %
- **Proteini** – 60 %
 - Integralni
 - Periferni
- Nema sterola
 - Izuzetak *Mycoplasma spp*
- Funkcije
 - Selektivna barijera- Transport hranljivih materija
 - Respiracija, transport elektrona i stvaranje energije oksidativnom fosforilacijom
 - Uloga u sintezi ćelijskog zida i replikaciji DNK

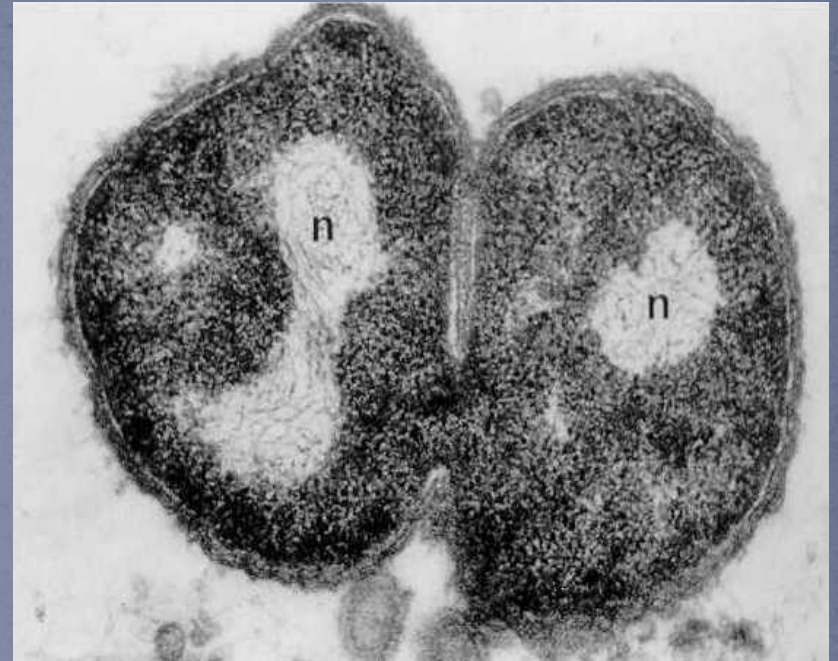


Mezozomi

- Invaginacije citoplazmatske membrane koje se uočavaju u tankim rezovima pre svega kod Gram pozitivnih bakterija
- Nije dokazana njihova specifična biohemijska ili fiziološka funkcija
- Uloga ?
 - Deoba ćelije
 - “Mitohondrije prokariota”
 - Greške ili artefakti prilikom pravljenja preparata za elektronsku mikroskopiju

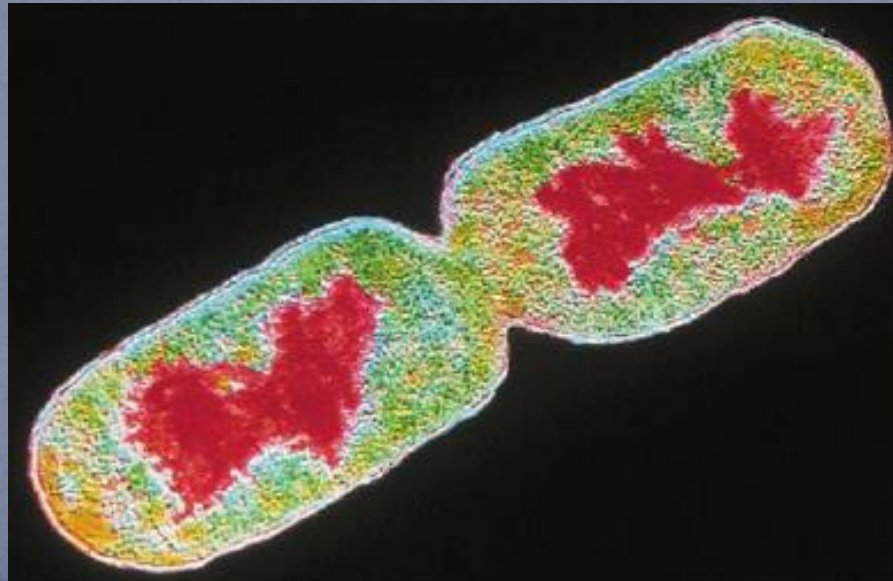
Citoplazma

- Supstanca unutar citoplazmatske membrane
 - 80 % voda
 - Proteini
 - Ugljeni hidrati
 - Lipidi
 - Neorganski joni
- Odsustvo citoskeleta



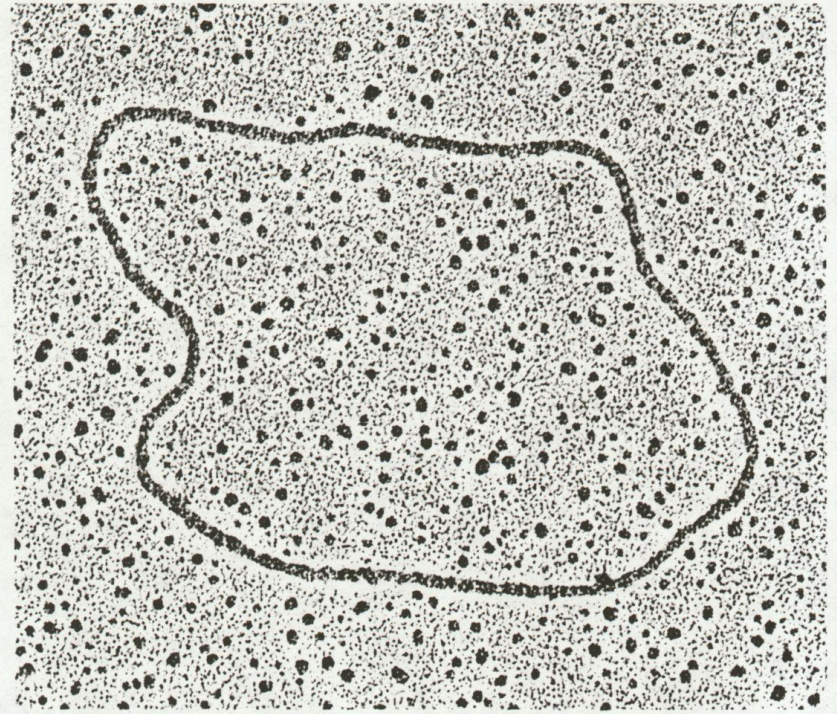
Jedarna regija - nukleoid

- Odsustvo jedarne membrane i mitotičkog aparata
- **Nukleoid** – jedan hromozom dugački cirkularni molekul DNK
- Hromozom vezan za plazma membranu
- Zauzima i preko 20 % intracelularne zapremine



Plazmidi

- Ekstrahromozomski samoreplikujući materijal koji nije od vitalnog značaja za ćeliju
- Epizom – plazmid koji nije samostalan u citoplazmi nego je ugrađen u hromozom

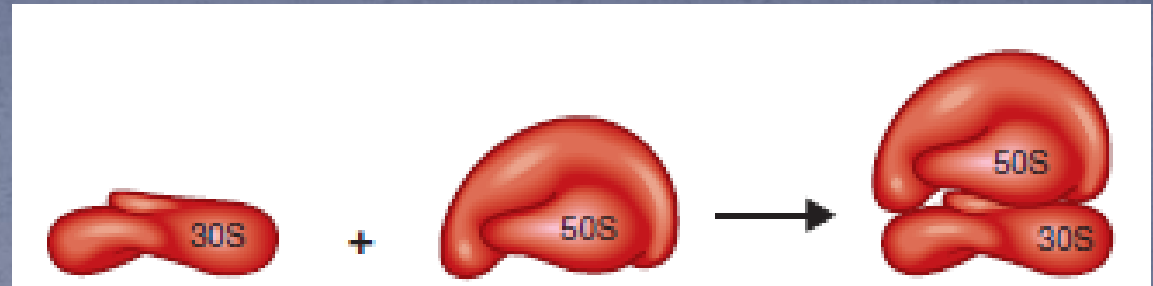


(a)



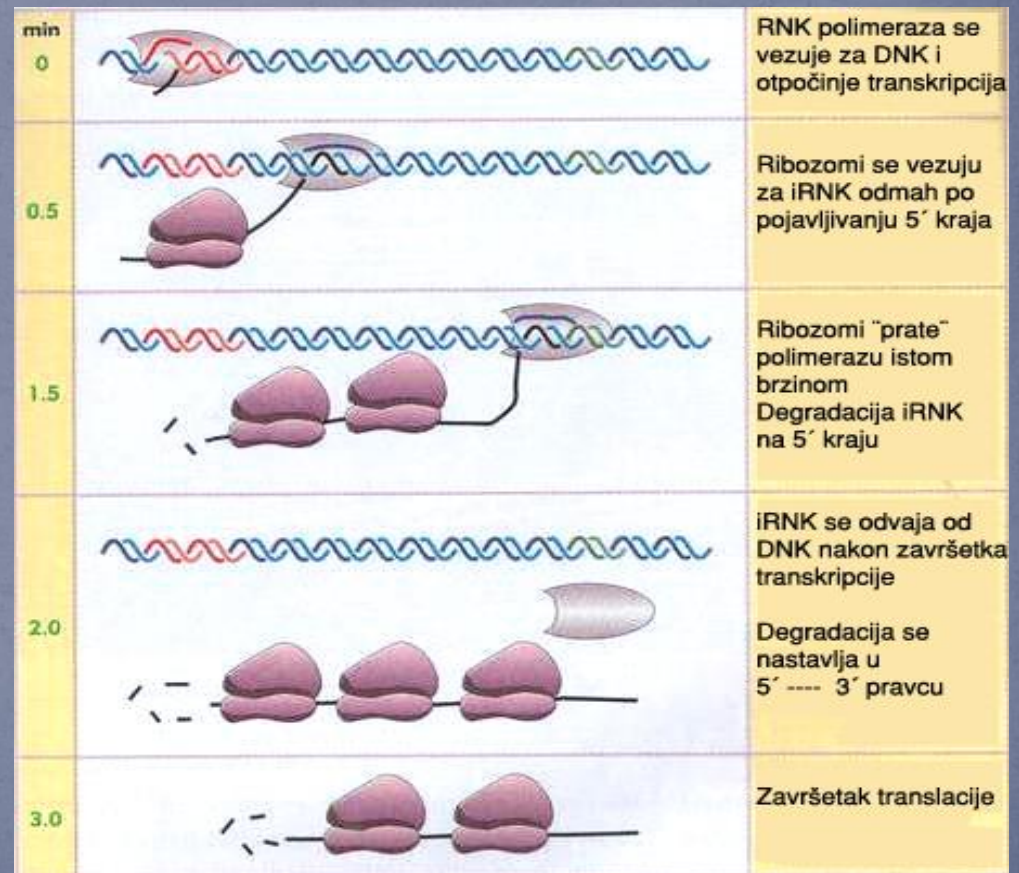
(b)

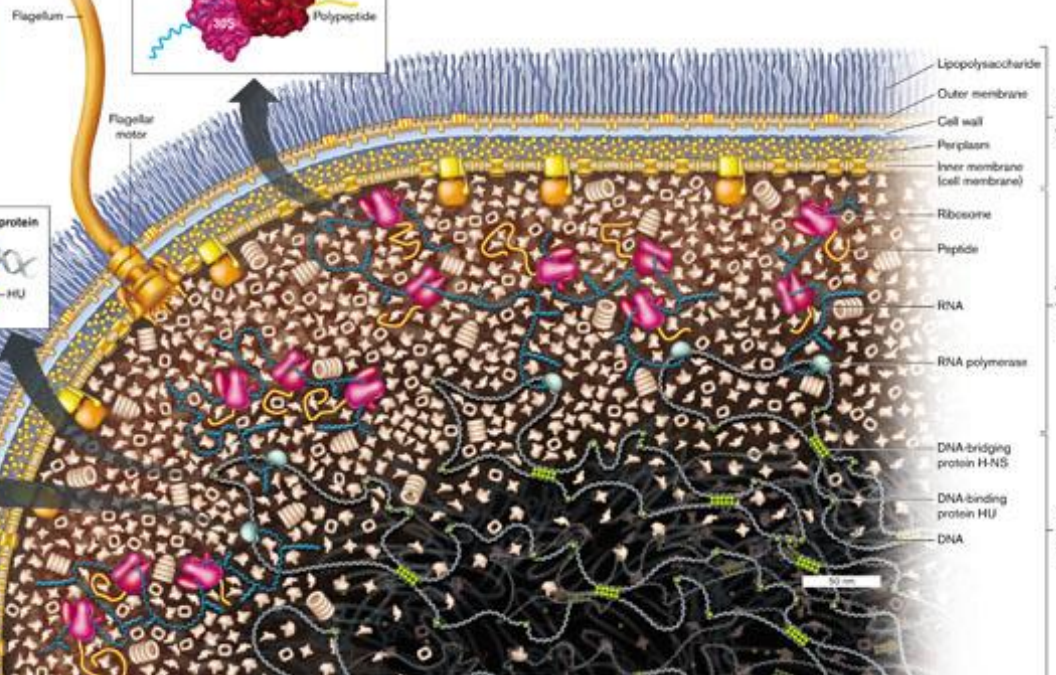
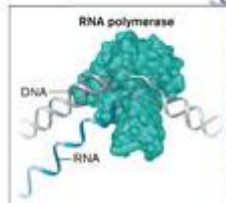
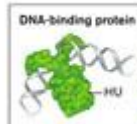
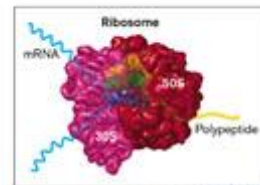
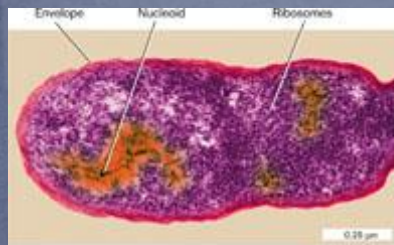
Organele



- **Ribozomi** – sinteza proteina

- 70 S – dve subjedinice 50 S i 30 S





Bacterial Cell Components (Examples)

Outer membrane proteins:

- Sugar porin (10 nm)
- Braun lipoprotein (8 nm)

Inner membrane proteins:

- Transporter
- Secretory complex (Sec)
- ATP synthase (20 nm diameter in inner membrane; 32 nm total height)

Periplasmic proteins:

- Aminocyclase binding protein (3 × 3 × 6 nm)
- Acid resistance chaperone (HsaA) (3 × 3 × 6 nm)
- Disulfide bond protein (DsbA) (3 × 3 × 6 nm)

Cytoplasmic proteins:

- Pyruvate kinase (5 × 10 × 10 nm)
- Phosphofructokinase (4 × 7 × 7 nm)
- Proteasome (12 × 12 × 15 nm)
- Chaperone GroEL (18 × 14 nm)
- Other proteins

Transcription and translation complexes:

- RNA polymerase (10 × 10 × 16 nm)
- Ribosome (21 × 21 × 21 nm)

Nucleoid components:

- DNA (2.4 nm wide × 3.4 nm/10 bp)
- DNA-binding protein (3 × 3 × 5 nm)
- DNA-bridging protein (3 × 3 × 5 nm)

Organele

- **Inkluzije** – rezervne materije, nisu prisutne kod svih vrsta
 - Metahromatske granule – neorganski fosfat
 - Inkuzije sa glikogenom, skrobom, lipidima, sumporom

