



Morfologija mikroorganizama II predavanje

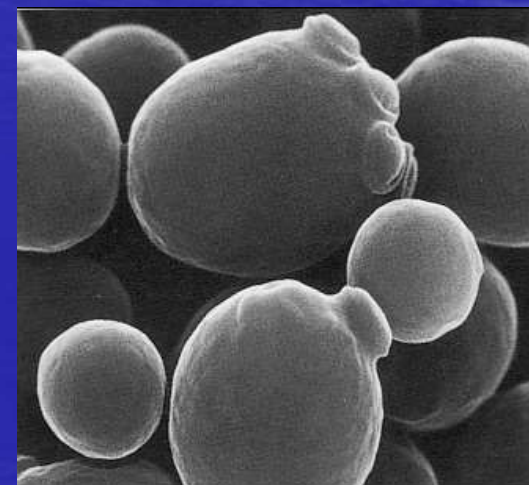
- **Pitanja:**

- Šta izučava morfologija mikroorganizama?
- Kako se dijele mikroorganizmi prema građi ćelije?
- Koje su mjerne jedinice za veličinu mikroorganizama?
- Koji je odnos veličina mikroorganizama?
- Koja je osnovna razlika između prokariota i eukariota?
- Koji mikroorganizmi pripadaju prokariotima?
- Koji mikroorganizmi pripadaju eukariotima?
- Nacrtaj jednu prokariotsku ćeliju i objasni funkciju njenih omotača, unutrašnjih struktura i organela za kretanje.
- Nacrtaj jednu eukariotsku ćeliju i opiši funkciju njenih organela.
- Koji su osnovni oblici mikroorganizama?
- Koji su oblici za preživljavanje mikroorganizama u nepovoljnim uslovima?
- Šta su hife?
- Šta je micelijum?
- Šta su blastospore?
- Šta su pseudohife?
- Šta su artrospore?

- Morfologija mikroorganizama izučava **oblik, veličinu i građu i mikroorganizama.**
- Zahvaljujući elektronskom mikroskopu, omogućeno je detaljnije proučavanje ne samo spoljašnjeg izgleda, nego i unutrašnje strukture ćelije mikroorganizama.
- **TEM**-transmisiona elektronska mikroskopija-daje sliku kroz objekat. Oblikuje sliku pomoću elektrona koji se propuštaju kroz preparat.
- **SEM**-skenirajuća elektronska mikroskopija-daje sliku površine objekta. Sliku oblikuje detekcijom elektrona koji se odbijaju od spoljašnje površine preparata-daje utisak dubine, trodimenzionalnosti.
- Rezolucija(razdvojna moć)-najmanje rastojanje između dvije tačke pri kome se one raspoznaju kao razdvojeni objekti.
- Elektronski mikroskop ima oko 100 puta veću razdvojnu moć od svjetlosnog mikroskopa (100.000 puta).

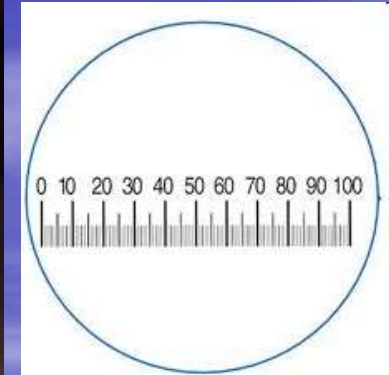
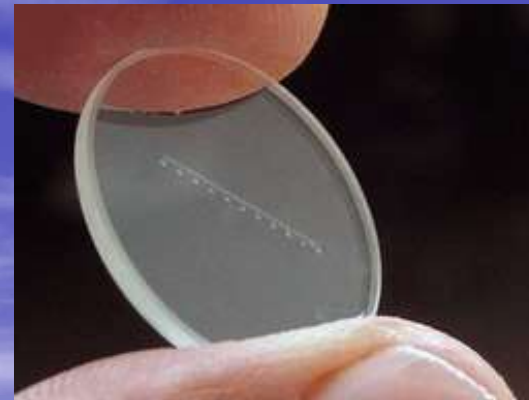


E. Coli (SEM)

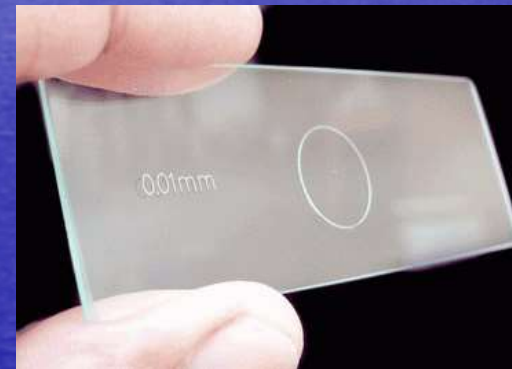


Ćelije kvasca Saccharomyces cerevisiae (SEM)

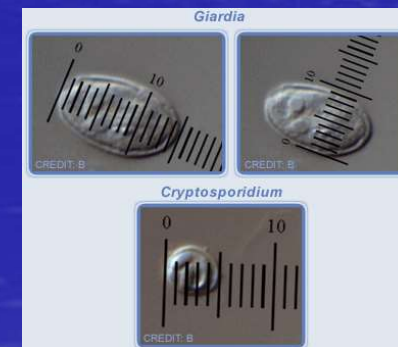
- Veličina mikroorganizama se izražava mikrometrima i nanometrima.
- Mikroorganizmi se razlikuju po veličini.
- Veličina štapićastih bakterija određuje se mjerenjem dužine i širine, a okruglih bakterija mjerenjem prečnika.
- Prečnik većine loptastih mikroorganizama ima prečnik oko **1 μ m**.
- Prosječna dužina štapićastih bakterija je **1-5 μ m**, a širina **0,5-1 μ m**.
- **Virusi** su najsitniji mikroorganizmi i njihova veličina se kreće od 10 nanometara do nekoliko stotina nanometara.



Okularni mikrometar

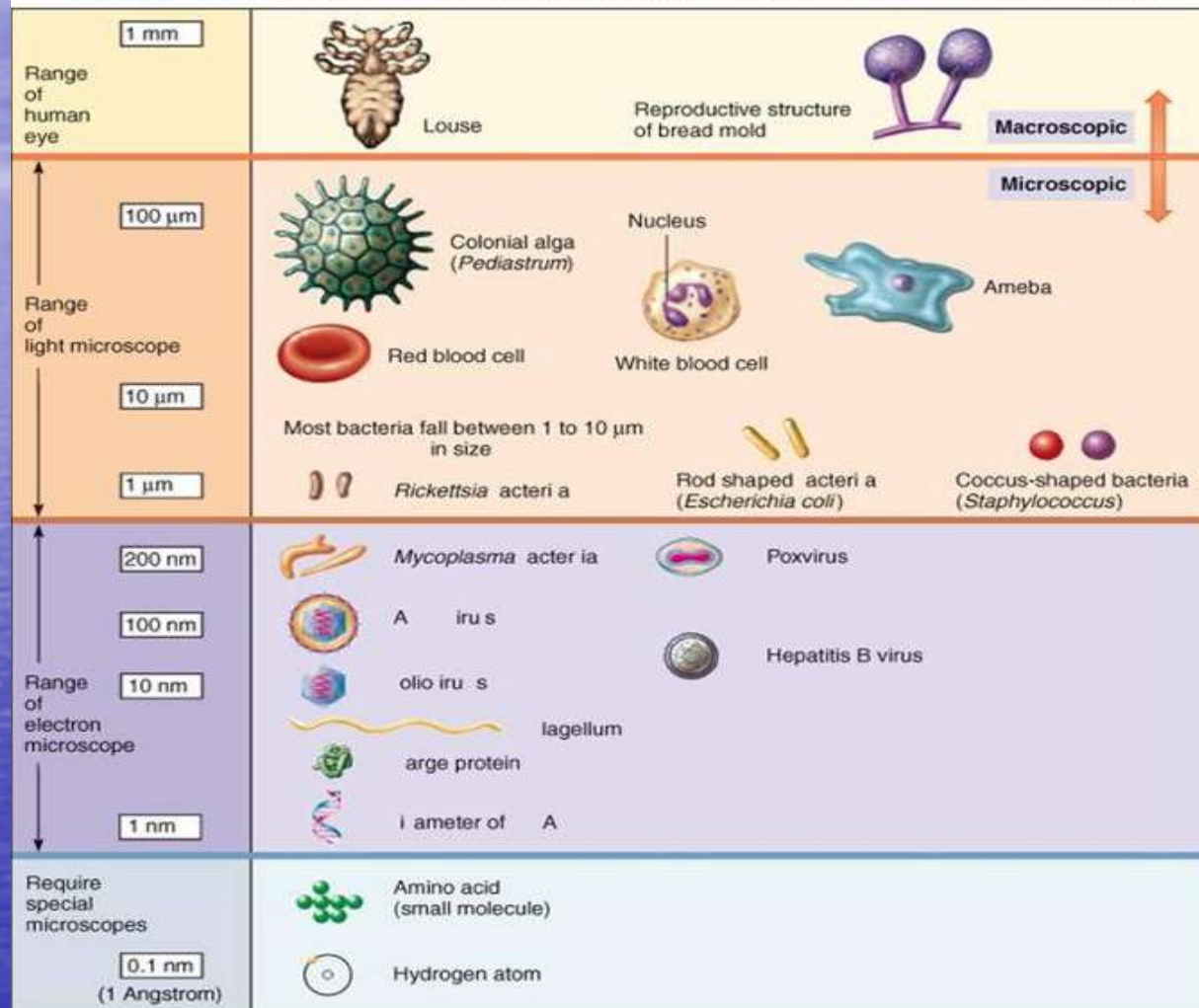


(Objektni mikrometar -podeok iznosi 0,01mm ili **10 μ m**.)

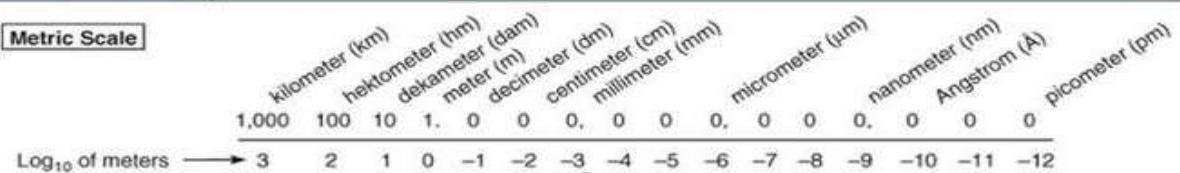


Odnos veličina atoma, molekula, virusa, prokariotskih i eukariotskih ćelija,

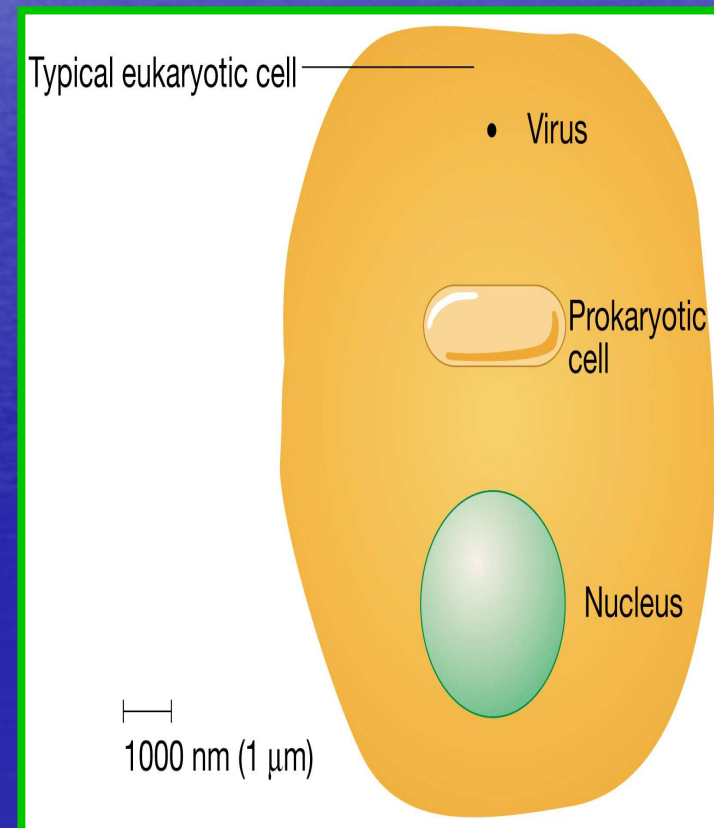
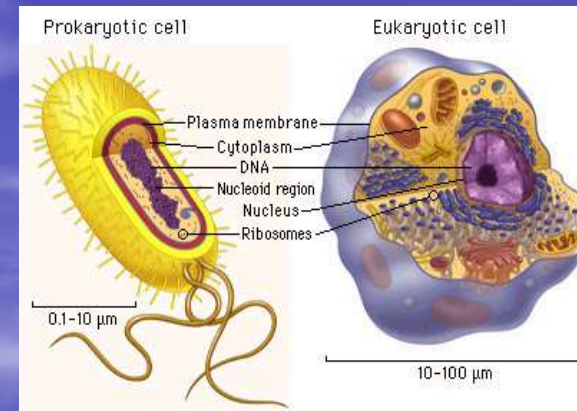
Copyright © The McGraw-Hill Companies, Inc. Permission required for reproduction or display.



Metric Scale



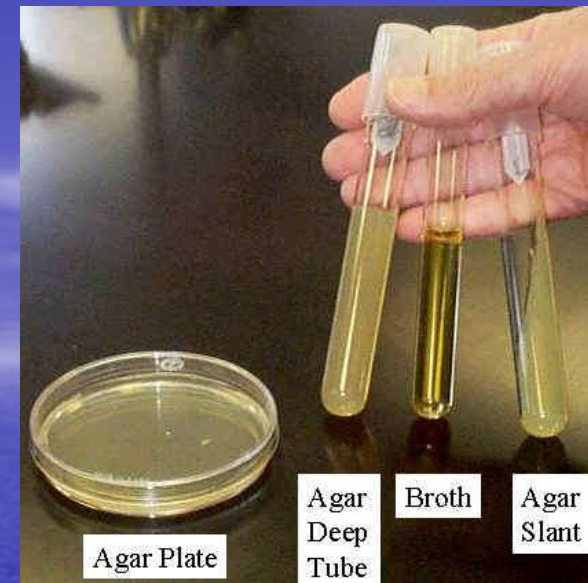
- Eukariotski mikroorganizmi (gljive, alge, protozoe) su krupniji od prokariotskih (prave bakterije i arheobakterije).
- **Veličina kvasaca je 5-15 μm , a veličina protozoa 2-400 μm .**
- Kod končastih mikroorganizama (gljiva, algi) mjeri se širina ćelije i ona iznosi nekoliko μm , što zavisi od vrste.
- Zapremina ćelije mikroorganizama je mala i **površina ćelije u odnosu na zapreminu** je znatno veća.
- Zahvaljujući povoljnom odnosu između površine i zapremine, omogućeno je brzo odvijanje metaboličkih procesa.
- Kad se zapremina poveća do te mjere da se preko površine više ne mogu usvojiti dovoljne količine hranjivih materija, dolazi do deobe ćelije.



Odnos veličina mikroorganizama

- **Morfologija kolonija mikroorganizama**

- Da bi se mikroorganizmi mogli proučavati, moraju se izolovati **u čistoj kulturi**. Dobijanje čistih kultura mikroorganizama predstavlja osnovu mikrobiološkog rada.
- Čista kultura nekog mikroorganizma predstavlja potomstvo mikroorganizma nastalo **razmnožavanjem jedne jedine ćelije**.
- Potomstvo jedne ćelije nastalo njenim razmnožavanjem na čvrstoj hranjivoj podlozi predstavlja **koloniju**.



Čvrste i tečne hranjive podloge



Rast različitih vrsta streptokoka na krvnom agaru

Oblik kolonija može biti tačkast, okrugao, končast, nepravilan, korenolik, sočivast, ameboidan itd.

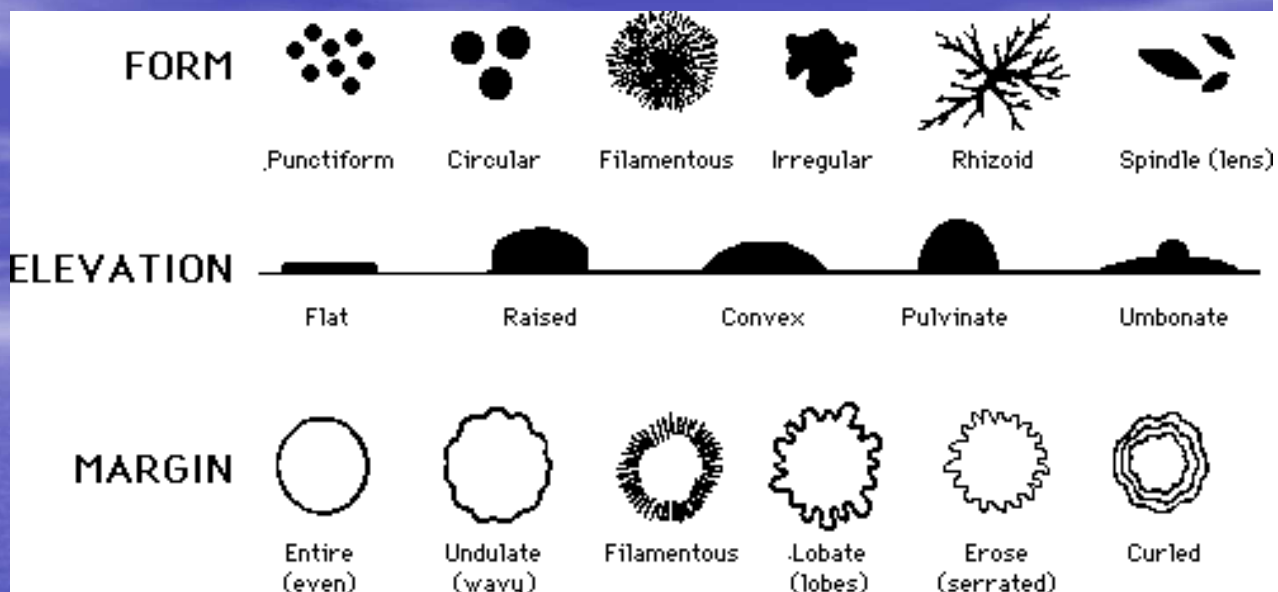
Profil kolonija može biti ravan, ispupčen i udubljen.

Ivica kolonija može biti ravna, talasasta, testerasta i končasta.

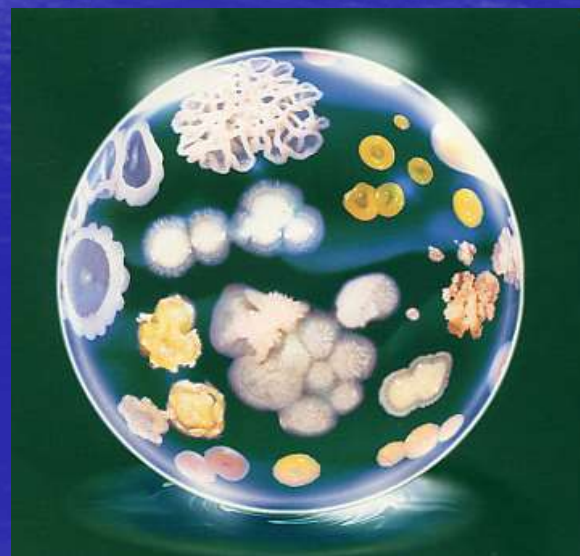
Površina kolonija može biti glatka, sjajna i naborana.

Konzistencija kolonija može biti sluzasta, zrnasta, praškasta, kompaktna itd.

Položaj kolonija u podlozi može biti površinski i dubinski.



Različiti oblici, profili i ivice kolonija



Izgled različitih kolonija na hranjivoj podlozi

Dva tipa kolonija na hranjivom agaru
(*Micrococcus luteus* i *Escherichia coli*)

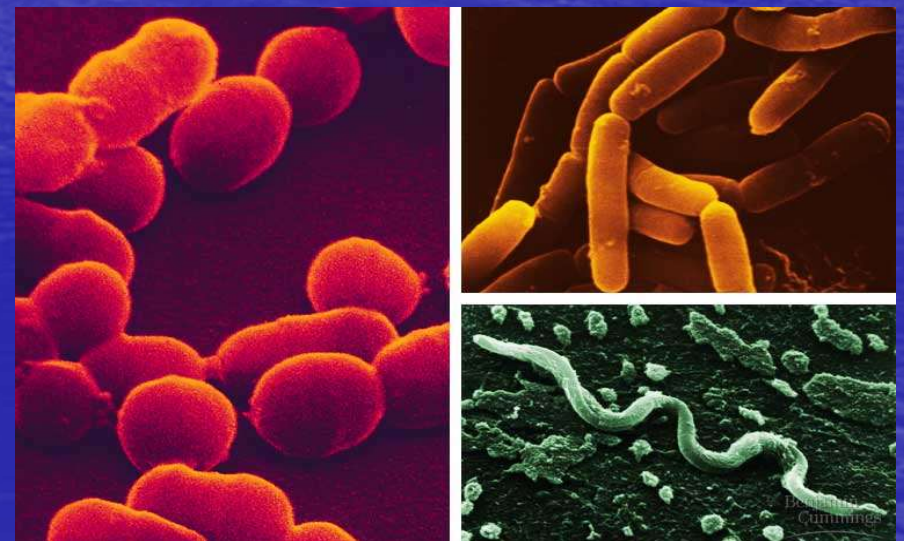
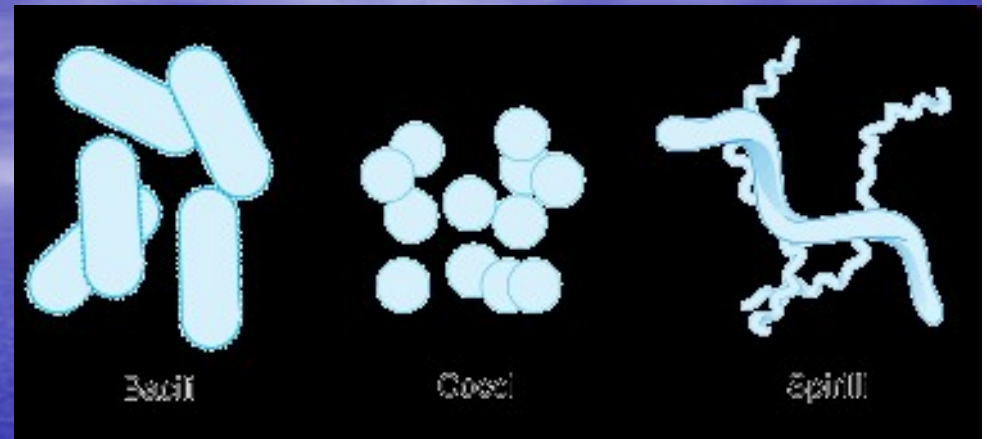
Kolonije po veličini mogu biti:
sitne (do 3mm),
srednje (do 5mm) i
krupne (preko 5mm) u prečniku.
Boja kolonija može biti različita, kao što su:
bijela, žuta, crna, narandžasta,
crvena, ružičasta, zelena, plava itd.



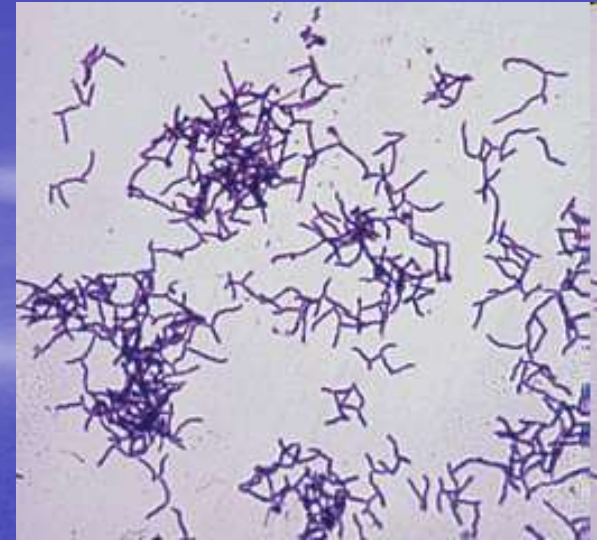
Oblici mikroorganizama

Mikroorganizmi se najčešće javljaju u četiri osnovna oblika:

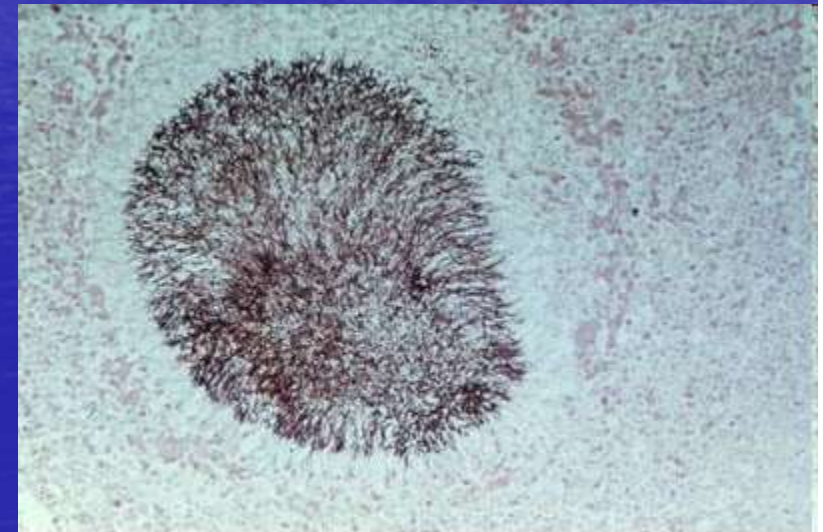
1. Okrugao
2. Štapićast
3. Izvijen i
4. Končast
5. Pored ovih, postoje i mikroorganizmi zvjezdastog, kockastog oblika i oblika rozete.



- Okrugao ili loptast oblik(koka) je najrasprostranjeniji oblik mikroorganizama, a zastupljen je **kod bakterija, algi i gljiva.**
- **Štapićast oblik** je zastupljen kod bakterija i algi.
- **Izvijeni oblik** je naročito zastupljen kod bakterija.
- **Končast oblik** je zastupljen kod višćelijskih eukariotskih i prokariotskih mikroorganizama, a najčešće kod gljiva, algi, cianobacteria, aktinomiceta, sumpornih i gvožđevitih bakterija.



Actinomyces israeli

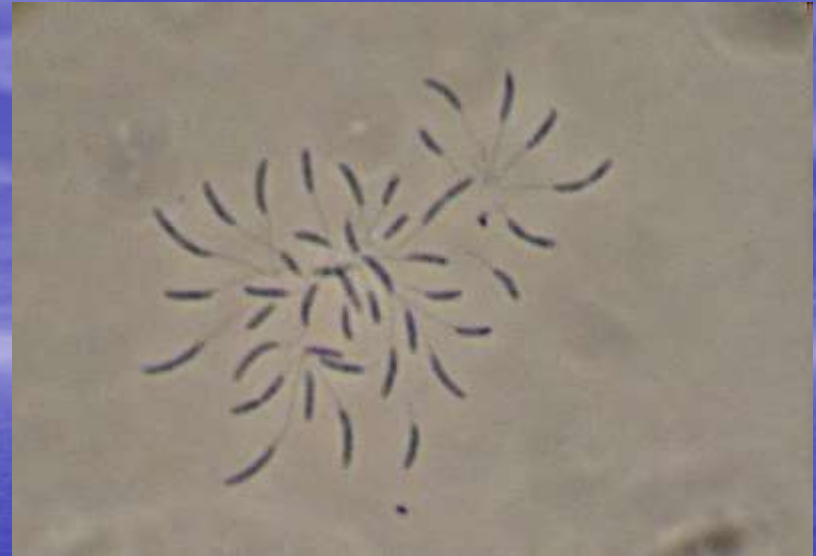


Medscape®

<http://www.medscape.com>

Actinomyces species, grananje filamenata

- **Zvezdast oblik** imaju bakterije iz roda *Astra*
- **Oblik rozete** imaju bakterije iz roda *Caulobacter*.
- **Četvrtast oblik** imaju bakterije iz roda *Arcula*
- **Pleomorfan oblik** imaju npr. mikoplazme, jer nemaju ćelijski zid (oblik im varira od končastog do okruglog)

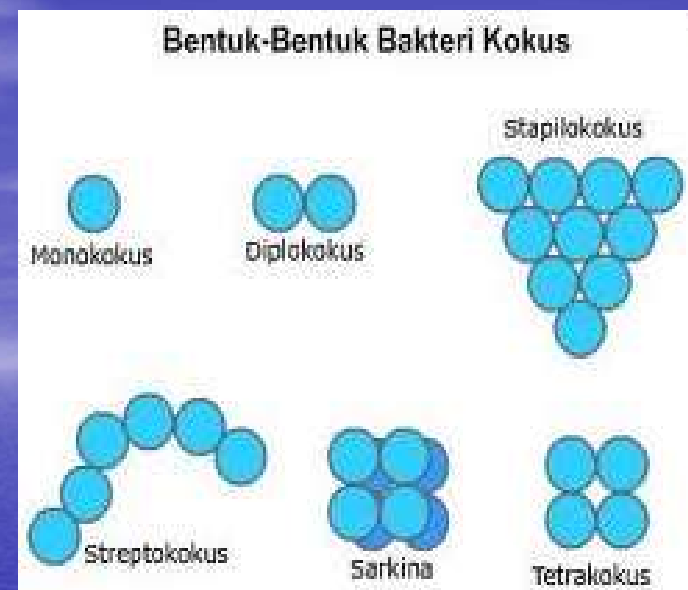


Caulobacter spp., ima izgled rozete (ruže)



Mycoplasma pneumoniae

- **Oblik bakterija**
- Najčešći je oblik koka i štapića
- Koke mogu biti **sferične, elipsoidne, mahunaste i lancetaste**.
- Deoba koka može da se vrši u jednoj, dvije, tri ili više ravni, tako da se dobijaju različite grupacije.
- **Monokoke** (pojedinačni okrugli oblici koji nastaju poprečnom deobom ćelije na dvije odvojene kćerke ćelije
- **Diplokoke** nastaju poprečnom deobom ćelije, ali novonastale ćelije ostaju zajedno
- **Tetrade (tetrakoke)** su po četiri koke međusobno povezane
- **Streptokoke** su okrugli oblici povezani u lance
- **Sarcine** su paketići od po osam koka zajedno, a nastaju deobom koka u tri ravni pod pravim uglom
- **Stafilokoke** su grozdaste skupine okruglih bakterija koje nastaju deobom koka u više ravni pod različitim uglovima.



Zajednice bakterija nakon dijeljenja



Streptococcus pneumoniae (lancetastog oblika)

Bakterije okruglog oblika

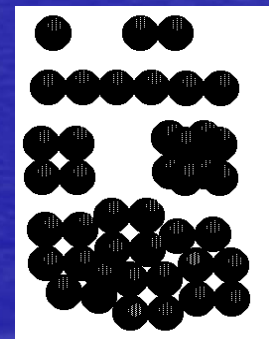
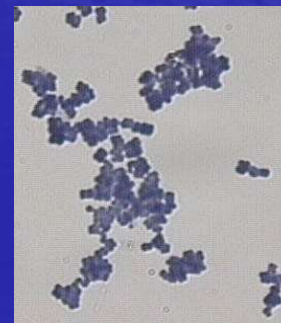
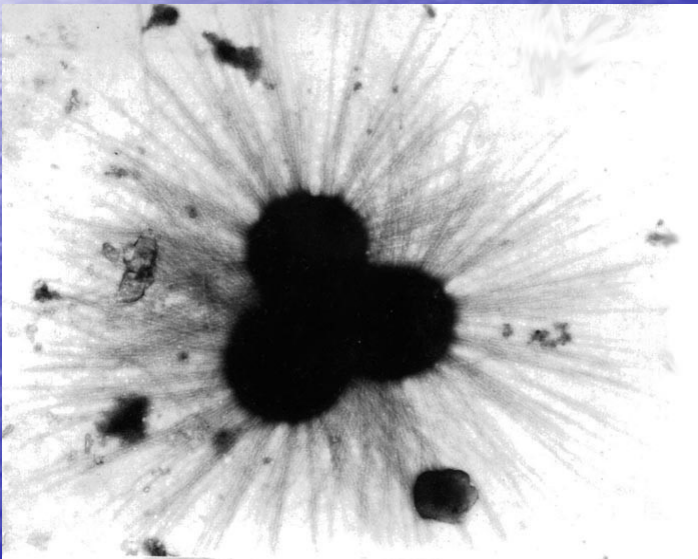
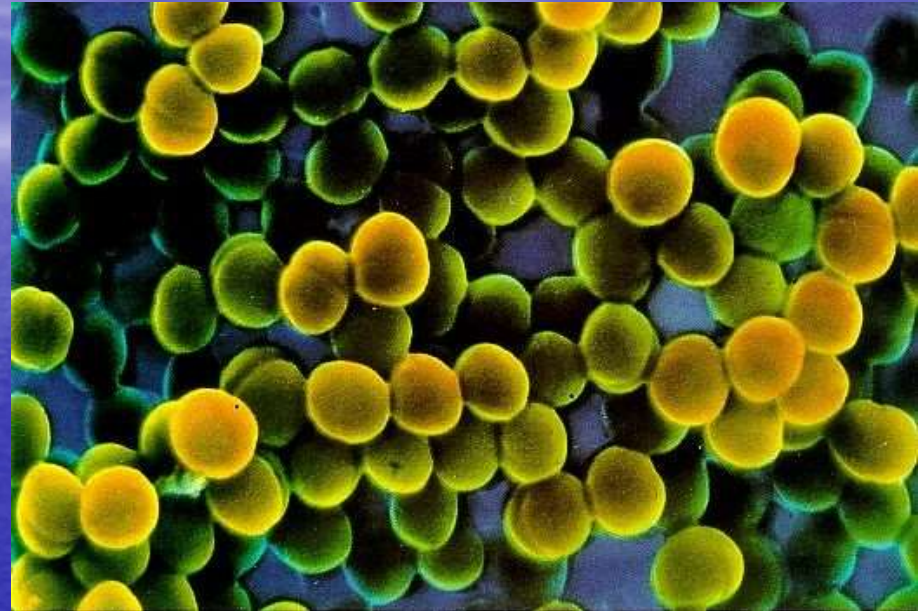
Diplocoques



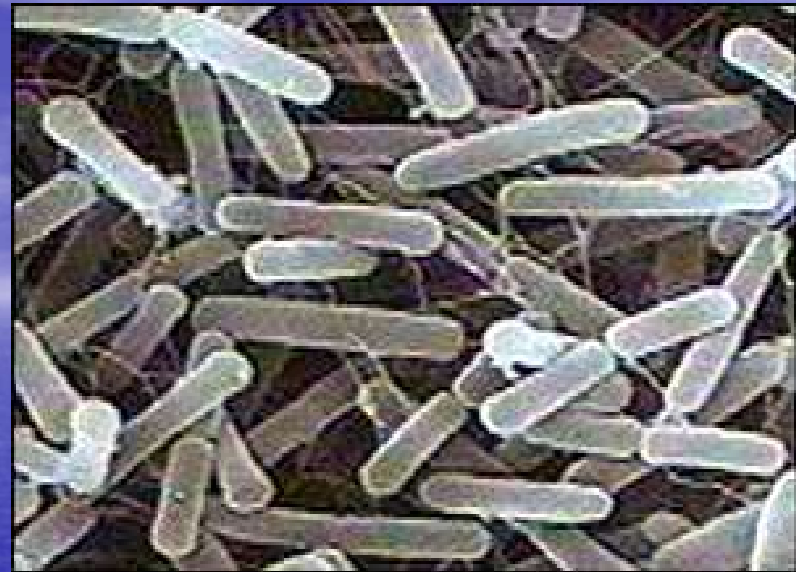
Streptocoques



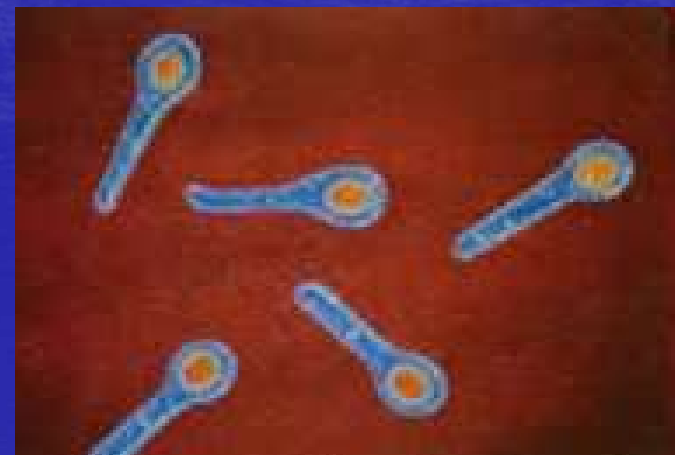
Staphylocoques



- **Štapićaste bakterije** se razlikuju po obliku, veličini, obliku krajeva ćelije kao i na osnovu njihovog rasporeda.
- Štapići mogu imati ravne, zaoštrene i zaobljene krajeve.
- Štapići koji stvaraju spore zovu se sporogene bakterije ili bacili, a oni koji ne obrazuju spore asporogeni štapići ili štapićaste bakterije.

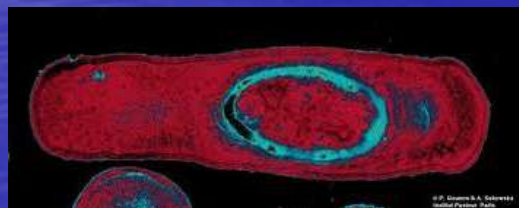


Escherichia coli

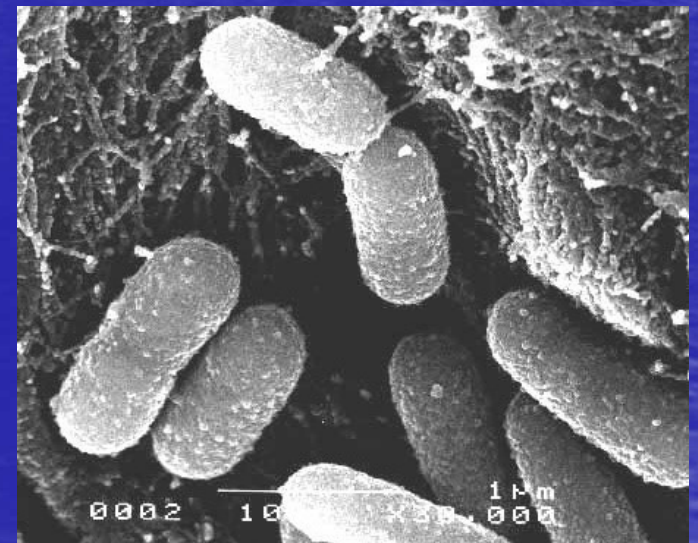
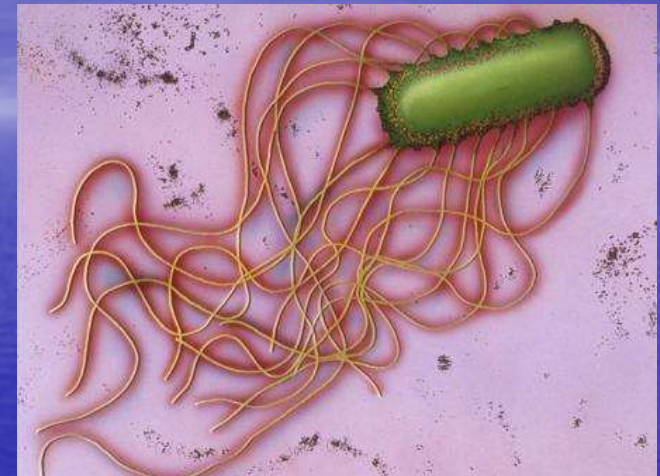
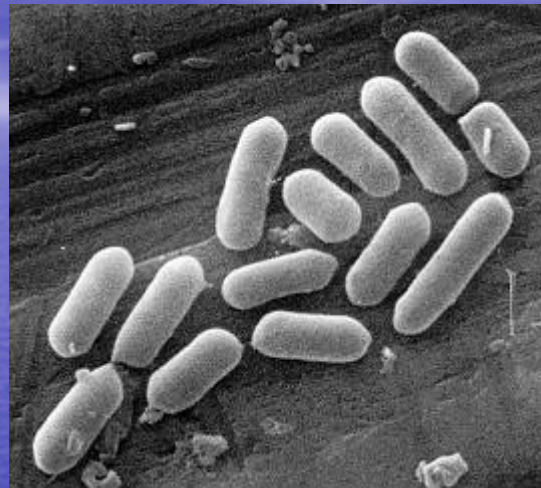
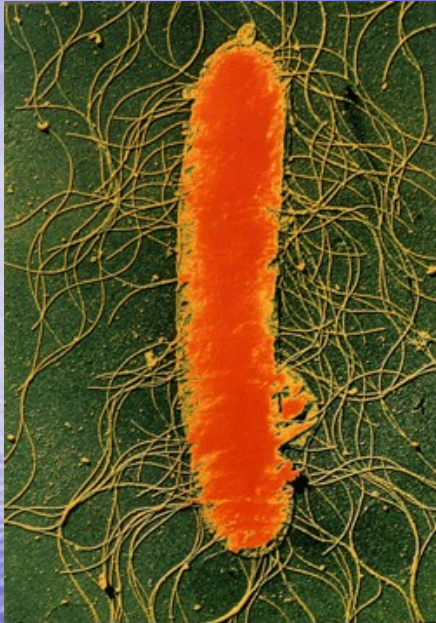


• *Clostridium tetani*

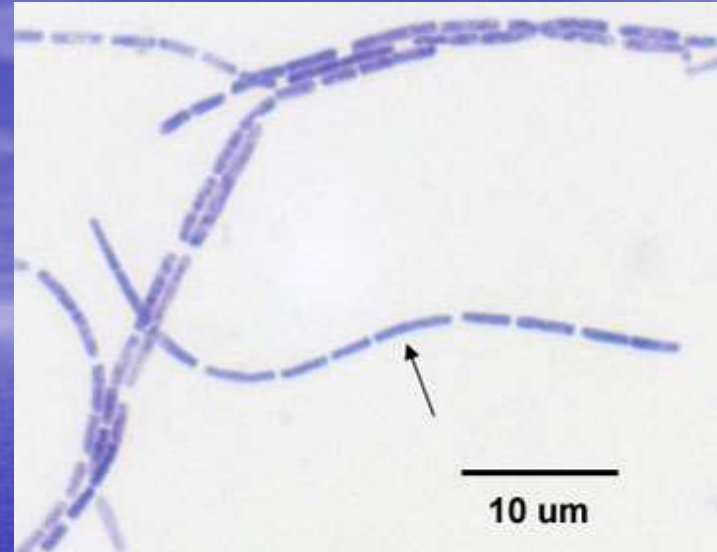
Bacillus subtilis



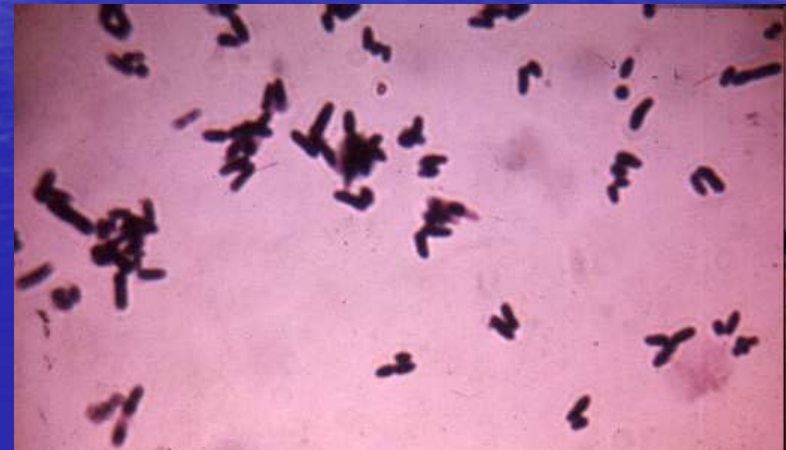
Bakterije štapičastog oblika



- Štapićasti oblici bakterija takođe stvaraju određene grupacije.
- Ako su po dvije ćelije povezane, nazivaju se diplobacili ili diplobakterije, ako su u lancima nazvani su streptobacili ili streptobakterije.
- Neke patogene štapićaste bakterije obrazuju skupine koje liče na palisade, razbacane šibice, prste na ruci ili formiraju oblike slične latiničnim slovima N, X, Y.



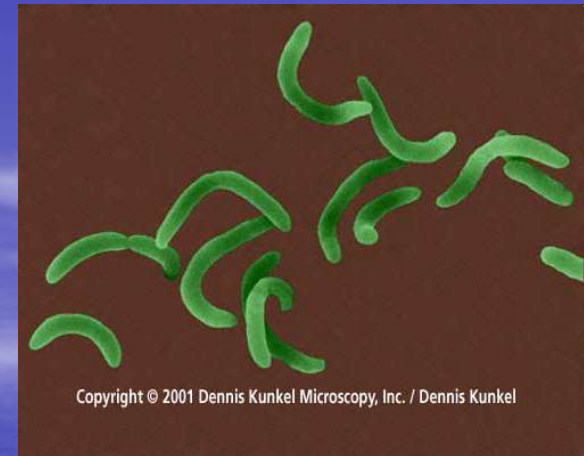
streptobacili



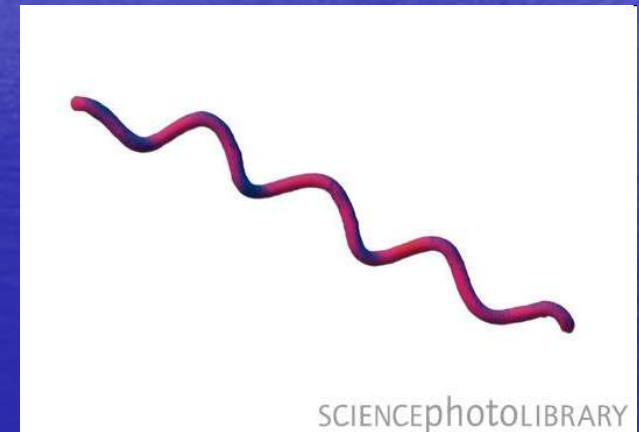
Corynebacterium spp., ćelije su grupisane u vidu palisada, slova Y i X.

- **Spiralne bakterije** mogu biti sa različitim brojem zavoja:
- **vibrio** (čine samo četvrti dio zavoja spirale, **sličan zapeti**),
- **spirile** (4-6 zavoja) i
- **spirohete**-dugačke i tanke ćelije sa velikim brojem (6-15 i više) malenih zavoja.

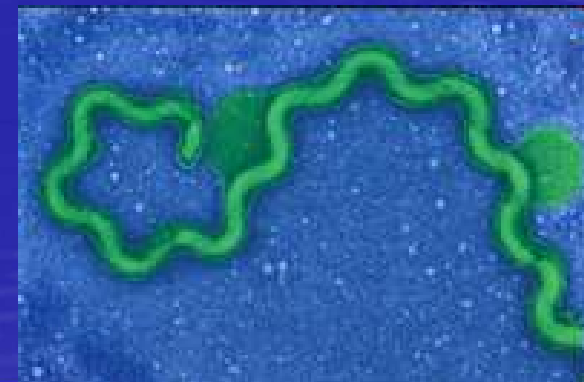
Vibrio



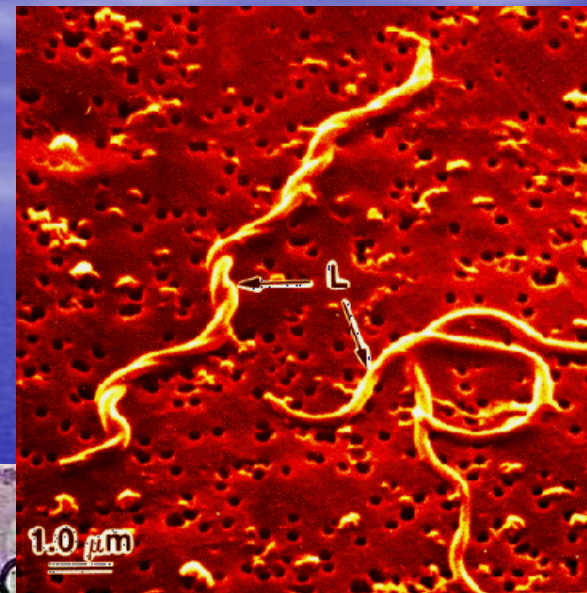
spirile



spirohete

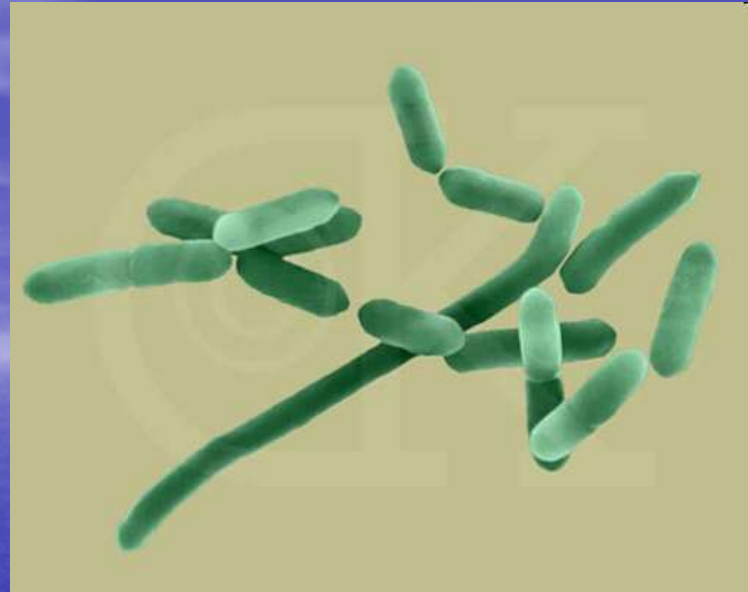


Bakterije spiralnog oblika



copyright: Tim DeLine tdeline@gw.broward.cc.fl.us

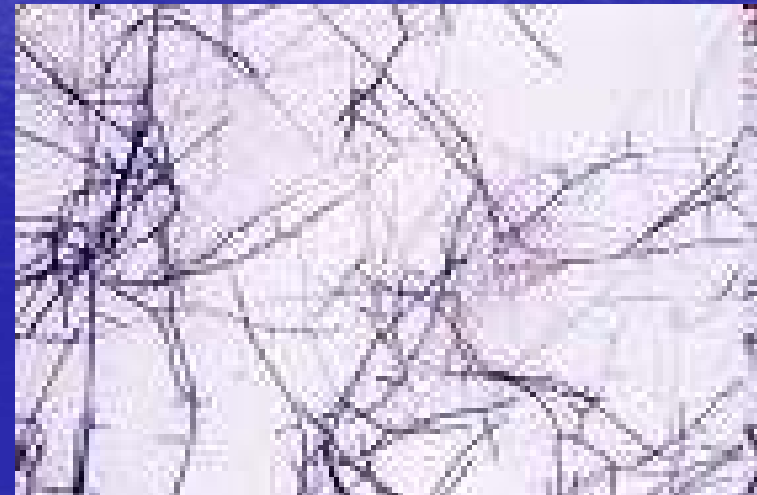
- Nitasti i razgranati oblici bakterija su zastupljeni kod mikobakterija i aktinomiceta.



Mycobacterium leprae

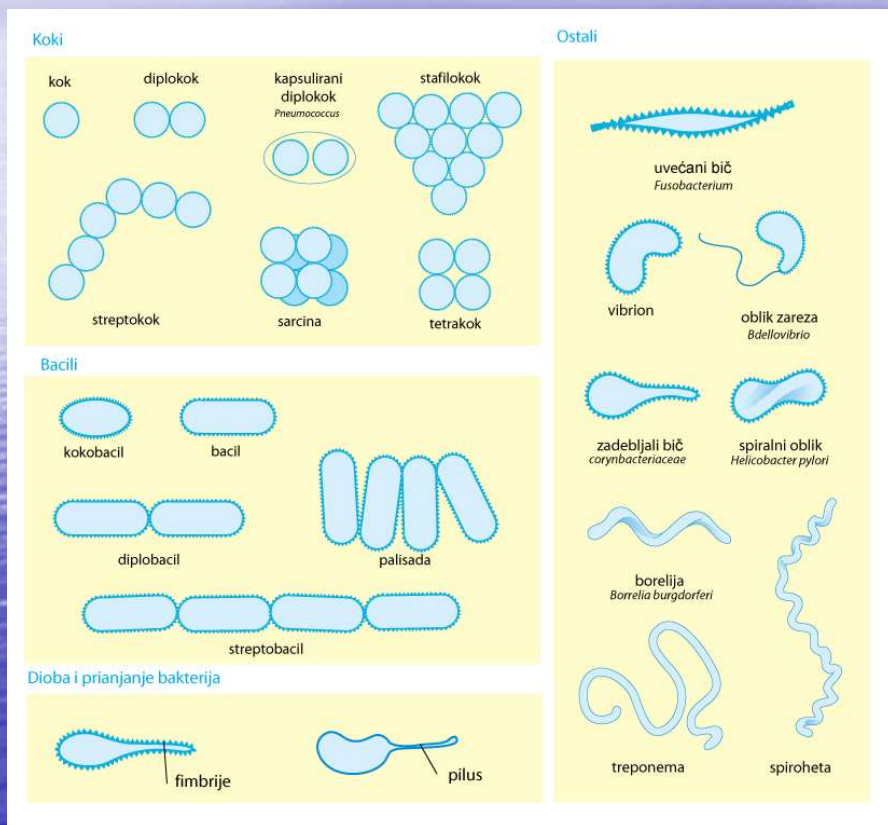


Kolonije *Streptomyces* spp.



Streptomyces spp


















Osnovni oblici bakterija



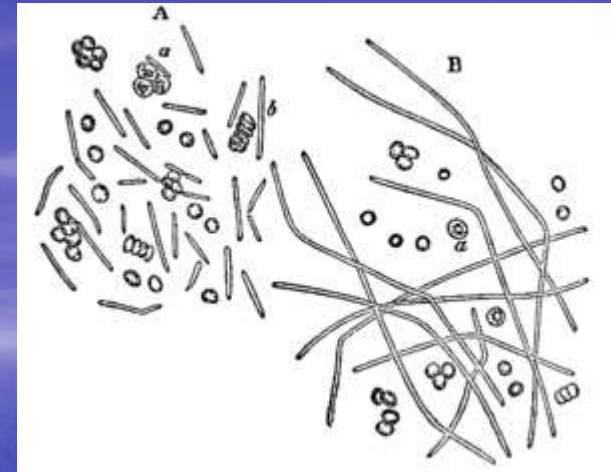
Osnovni oblici bakterija

Kathleen Park Talaro and Arthur Talaro, *Foundations in Microbiology*, 3e Copyright © 1999 The McGraw-Hill Companies, Inc. All rights reserved.

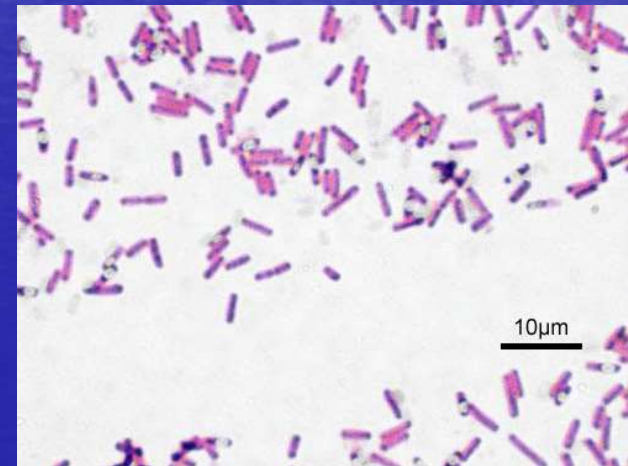
Bacterial shapes and arrangements

 <p>Coccus</p>		 <p>Rod, or Bacillus</p>		 <p>Curved forms: Spirillum/Spirochete</p>
 <p>Diplococci (cocci in pairs)</p>	 <p>Neisseriae (coffee-bean shape in pairs)</p>	 <p>Coccobacilli</p>		 <p>Vibrios (curved rods)</p>
 <p>Tetrads (cocci in packets of 4)</p>	 <p>Sarcinae (cocci in packets of 8,16,32 cells)</p>	 <p>Mycobacteria</p>	 <p>Corynebacteria (palisades arrangement)</p>	 <p>Spirilla</p>
 <p>Streptococci (cocci in chains)</p>	 <p>Micrococci and staphylococci (large cocci in irregular clusters)</p>	 <p>Spore-forming rods</p>	 <p>Streptomyces (moldlike, filamentous bacteria)</p>	 <p>Spirochetes</p>

- **Polimorfizam** je pojava kod nekih mikroorganizama da u toku života mijenjaju oblik. Npr. kod sluzavih bakterija životni ciklus počinje klijanjem spore, a nakon toga se obrazuje štapićasta vegetativna ćelija koja prelazi u vretenast oblik. Nakon izvjesnog vremena ova ćelija se skraćuje, zaokružuje i opet prelazi u sporu.
- Oblici i veličine bakterija znatno variraju **zavisno od starosti kulture, sastava sredine i njenih osmotskih svojstava, temperature i drugih faktora.**
- Među tri osnovna oblika bakterija, koke su najstabilnije u pogledu njihove veličine, dok su štapićaste bakterije nešto promjenjivije, pri čemu se naročito značajno mijenja dužina ćelija.

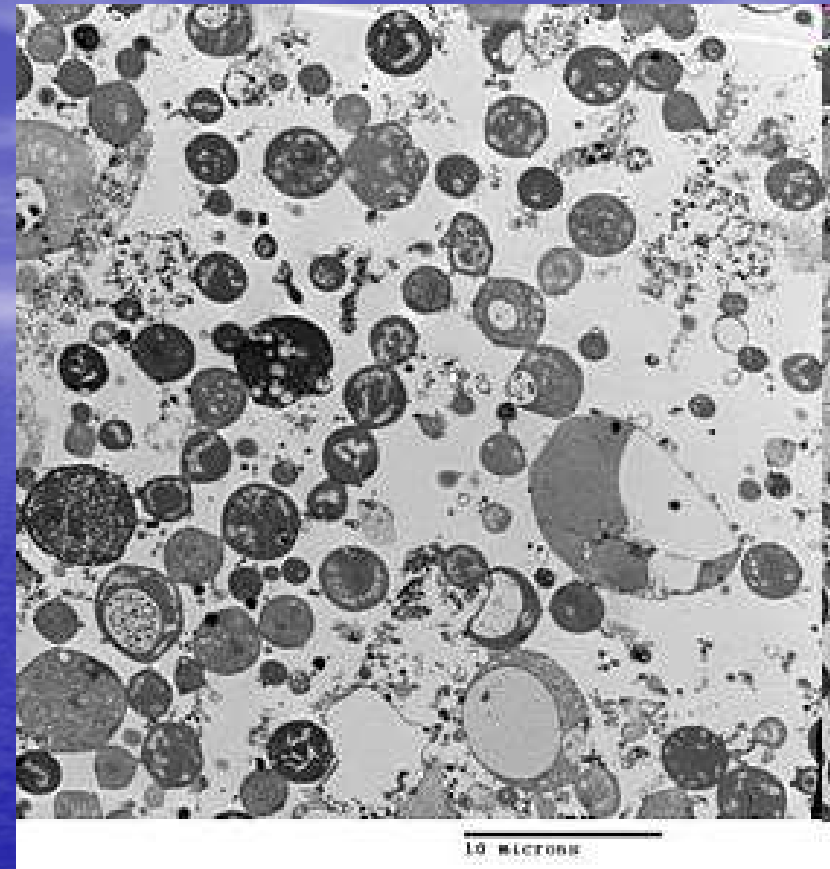


Bacillus anthracis



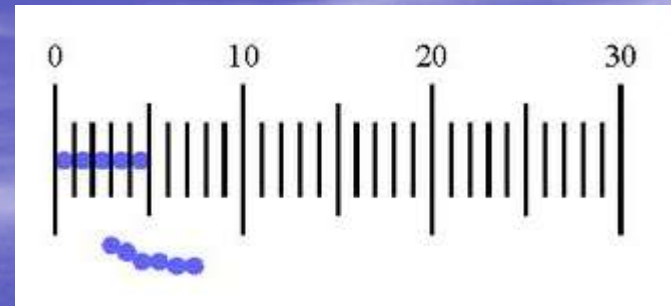
Bacillus subtilis, bojenje po Gramu

- **Involucioni oblici** nastaju starenjem ćelije, kao i rastom ćelije u nepovoljnim uslovima.
- Najčešće nastaju pod uticajem antibiotika, pesticida i drugih otrovnih materija.
- Ćelije prelaze u nepravilne, naduvane, razgranate, okrugle, ameboidne, kruškaste i druge nepravilne oblike.
- Ovakve ćelije ne mogu da se razmnožavaju, poremećen im je metabolizam i samo mali broj u povoljnim usovima može da se vrati u normalne prilike.
- **L-oblici bakterija**- predstavljaju bakterije koje su u potpunosti ostale bez ćelijskog zida (obično pod dejstvom antibiotika). Kod njih ne funkcionišu normalni mehanizmi ćelijske deobe.



L forme *Bacillus subtilis*, TAM

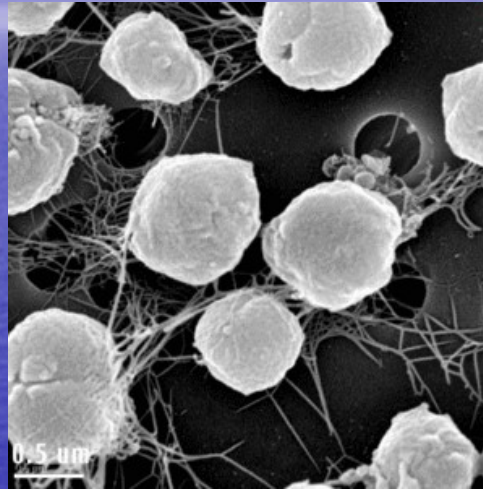
- Bakterijske ćelije su veoma sitne. Veličina im se određuje mikrometrima, a detalji fine strukture nanometrima.
- Koke su obično prečnika od $0,5-1,5\mu\text{m}$
- Širina štapićastih oblika bakterija u većini slučajeva se kreće od $0,5-1\mu\text{m}$, a dužina od $2-10\mu\text{m}$.
- Sitni štapići su obično širine $0,2-0,4\mu\text{m}$ i dužine $0,7-1,5\mu\text{m}$.



Salmonella spp.

Osnovni oblici arhea

- okrugao,
- štapićast,
- izvijen
- polimorfan

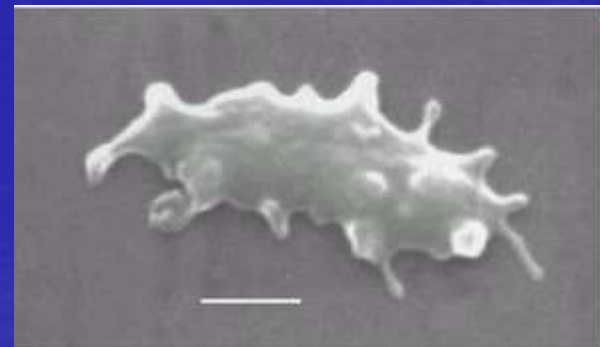


Methanococcus



Halobacterium

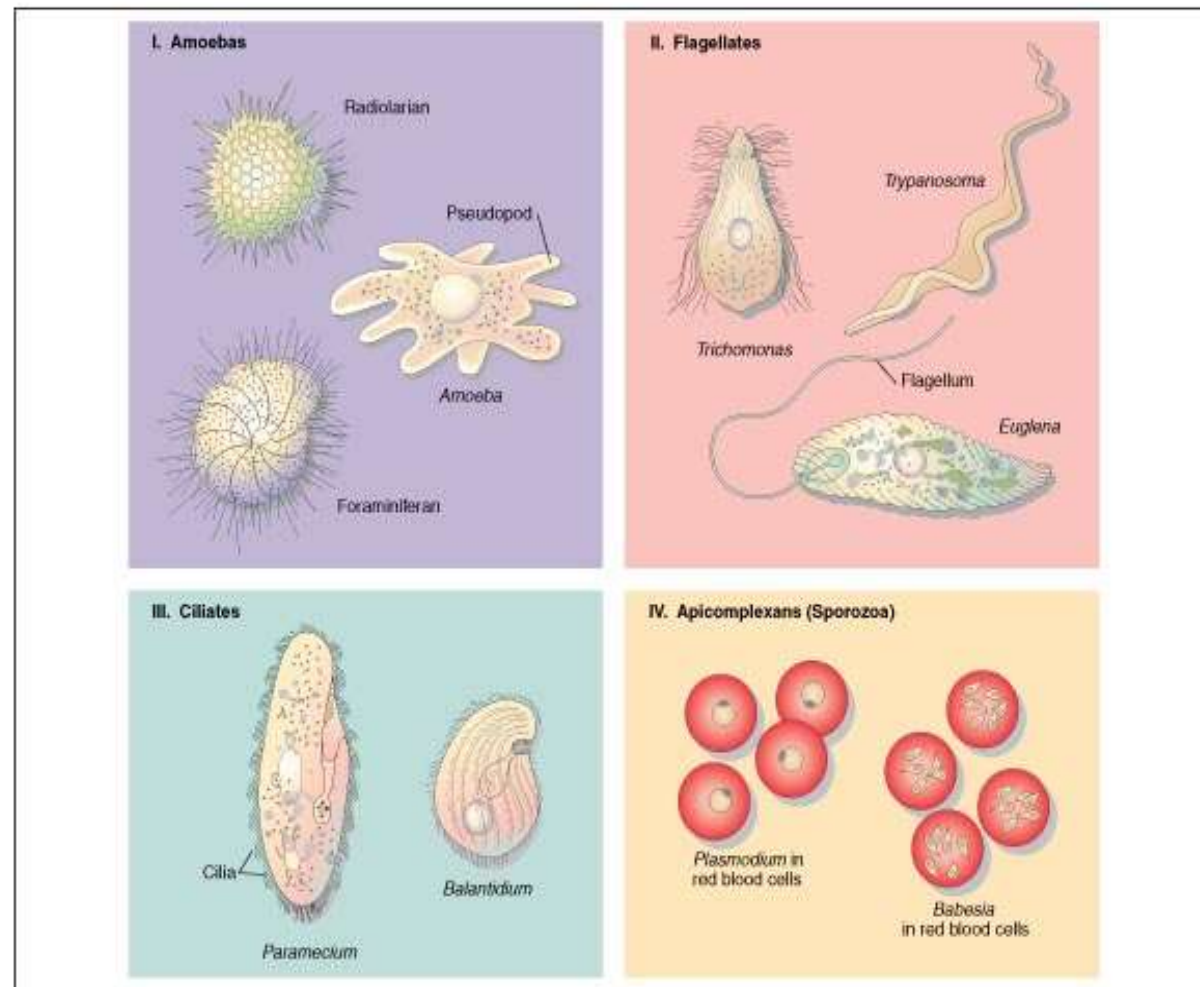
Thermoplasma (bez ćelijskog zida, polimorfne)



Osnovni oblici protozoa

The Four Major
Groups of Potozoa

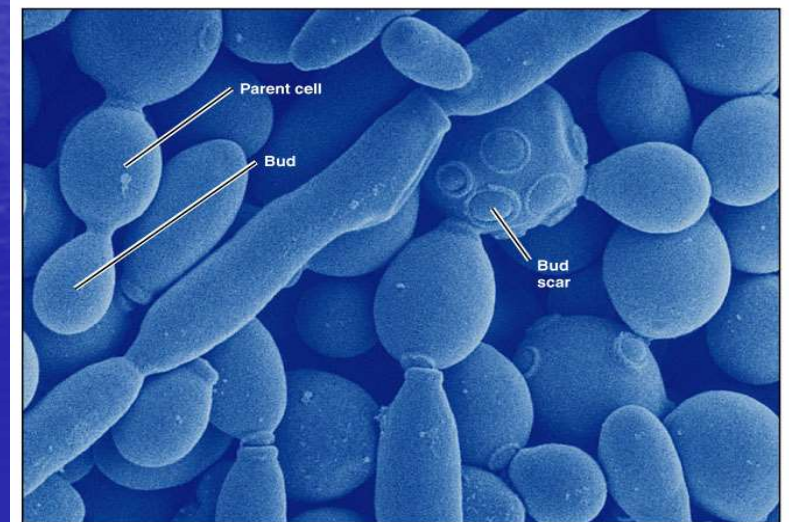
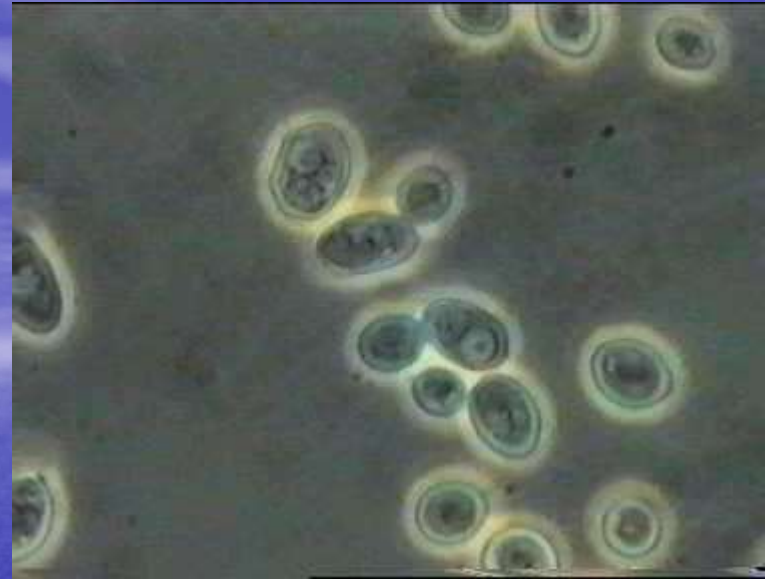
Figure 5.3



- Osnovni oblici kvasaca

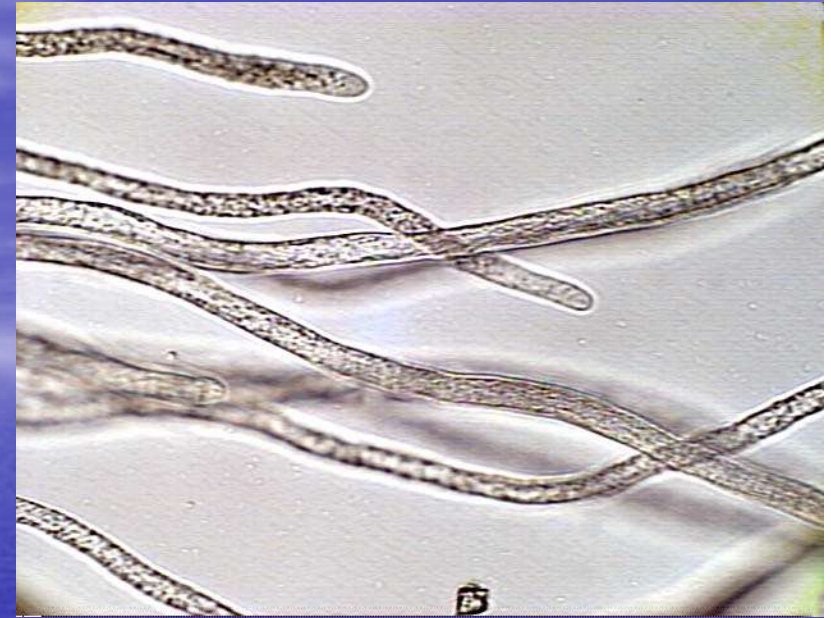
- Blastospora je osnovna ćelija jednoćelijskih gljiva, odnosno kvasaca. Ona je **okrugla, ovalna ili poput cigare** izdužena ćelija veličine 4-15 μ m, koja se razmnožava deobom ili pupljenjem.

Blastospore nekih kvasaca u posebnim uslovima se izduže i tako nastaju izdužene, međusobno spojene ćelije koje liče na hife i zato se zovu ***pseudohife***.

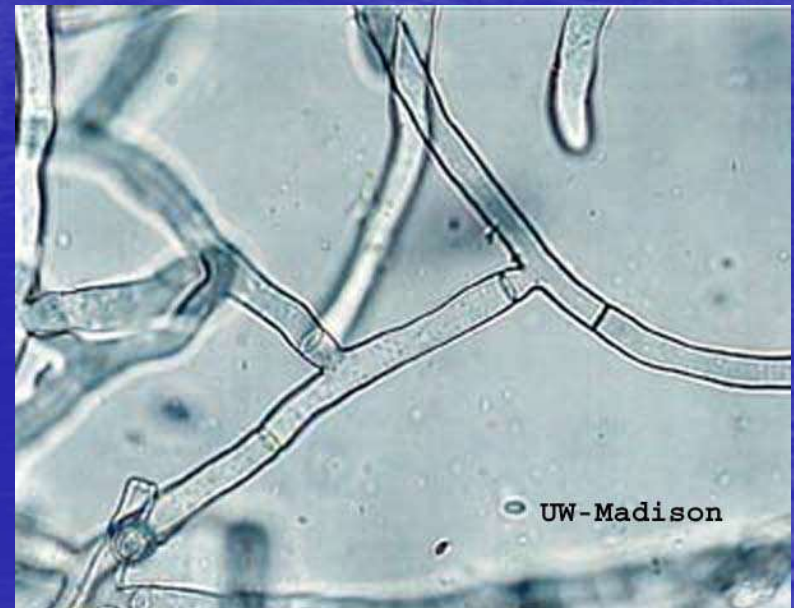


Oblik plijesni

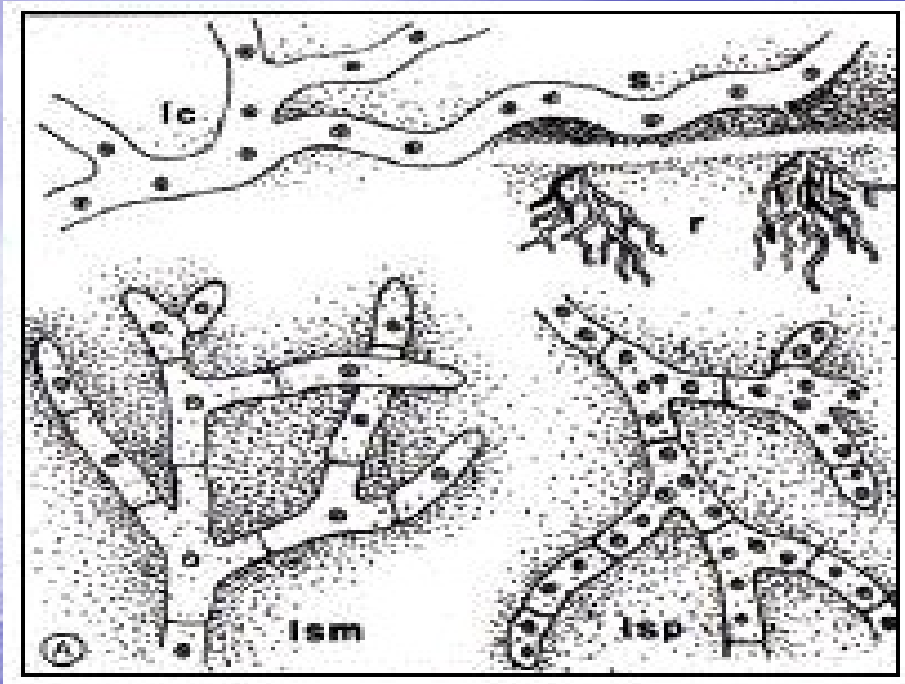
- Plijesni imaju končasti oblik, zbog građe hifa.
- **Hypha (hifa)** je osnovna ćelija višećelijskih gljiva. Ona je izdužena cijev, prečnika 1-10 μ m, ispunjena protoplazmom i ostalim sastavnim djelovima ćelije.
- Hife mogu biti bezbojne i obojene u raznim tonovima žute, smeđe ili zelene boje, a neke mogu biti skoro crne.
- Hife mogu biti bez pregrada, *hife nonseptate (jednoćelijske)*, a mogu biti pregrađene poprečnim pregradama (septama)- *hife septate (višećelijske)*
- Hife nastaju iz spora klijanjem.



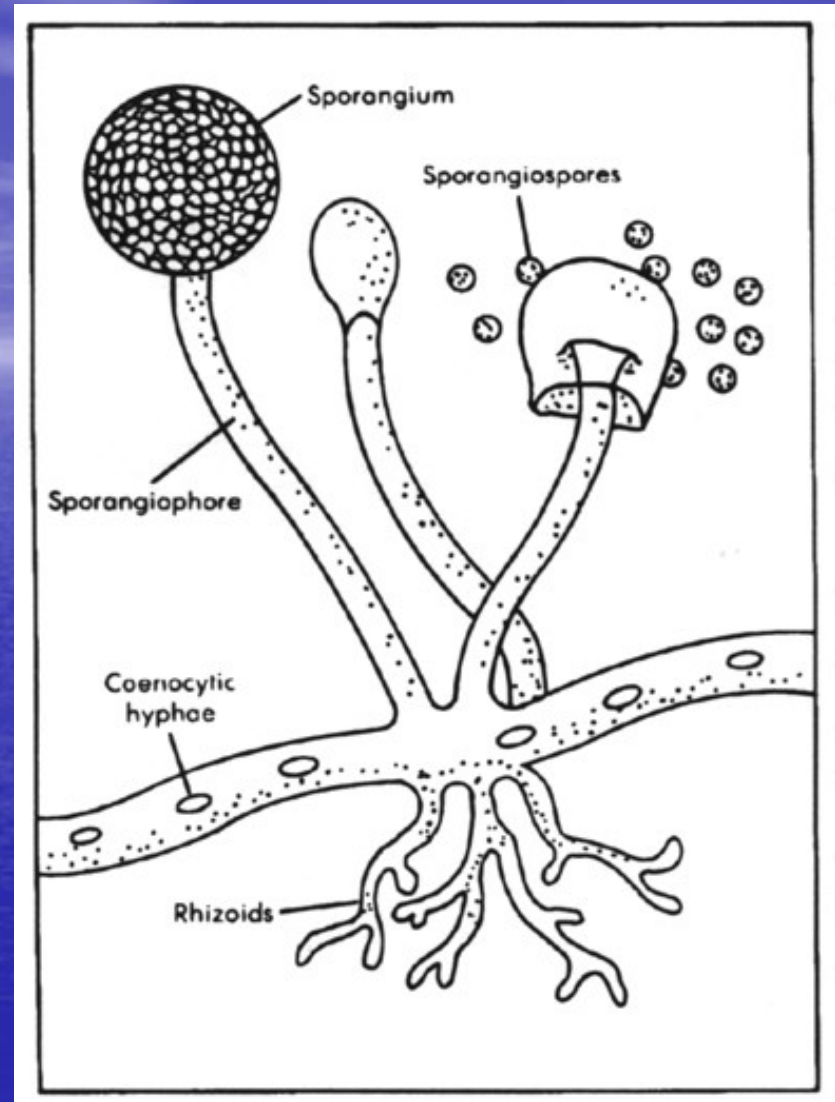
hife nonseptate



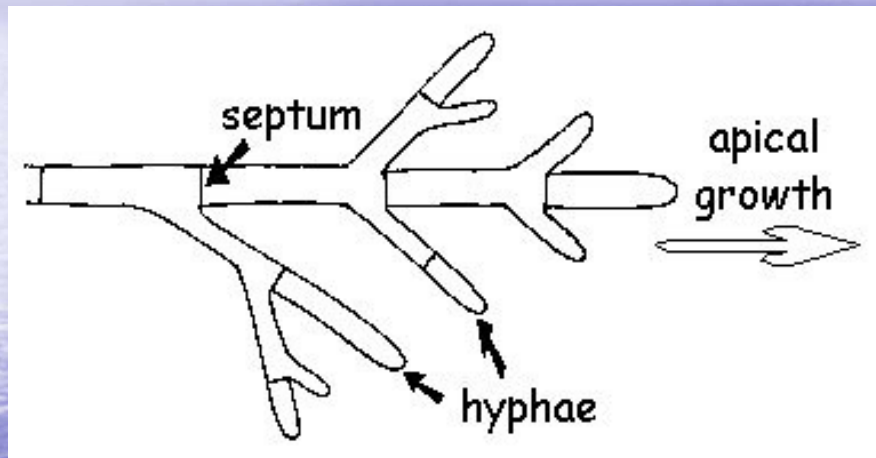
hife septate



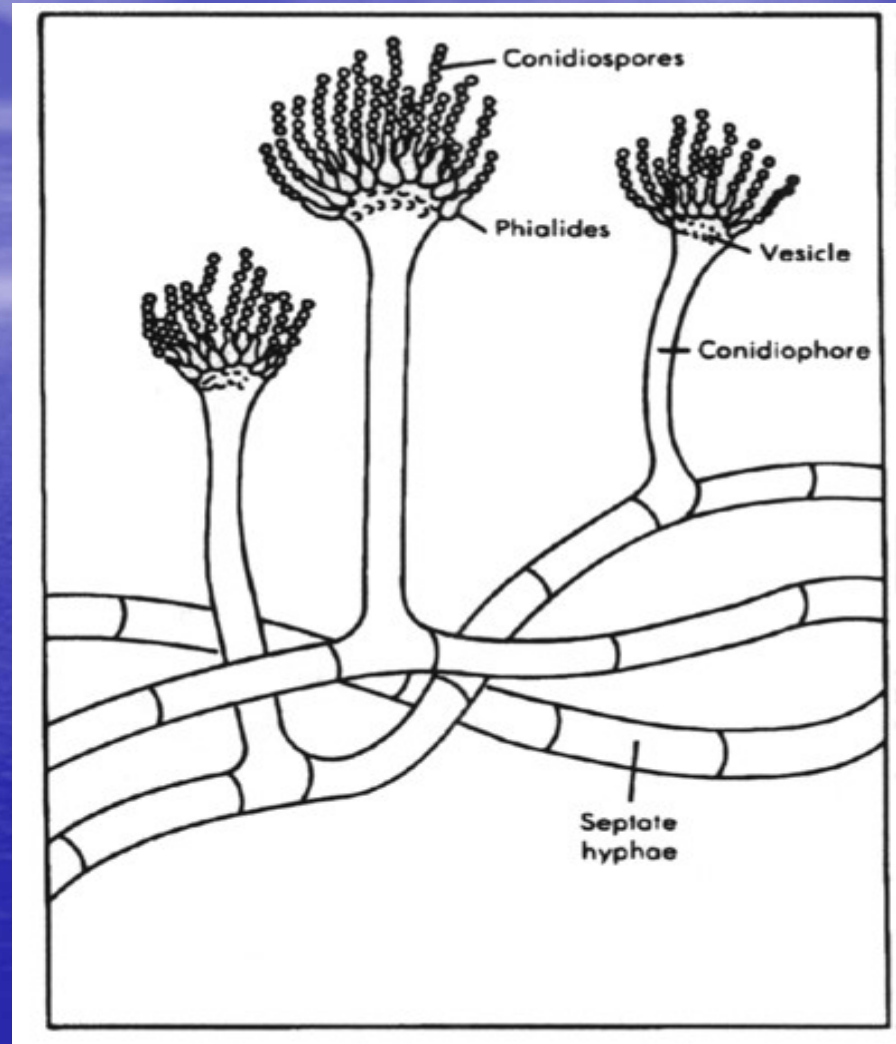
Neseptirane hife (gore)
Septirane hife (dolje)



Rhizopus spp.: neseptirane hife i rizoidi,
sporangija, sporangiofora, sporangiospore,

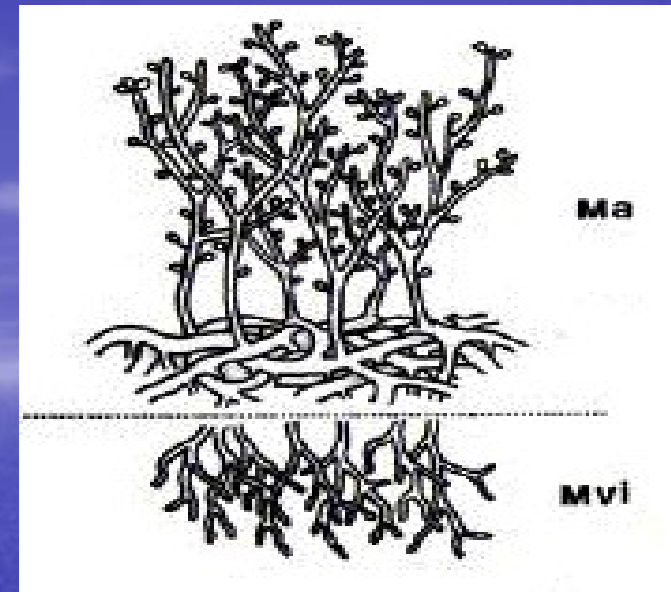


smjer rasta hife

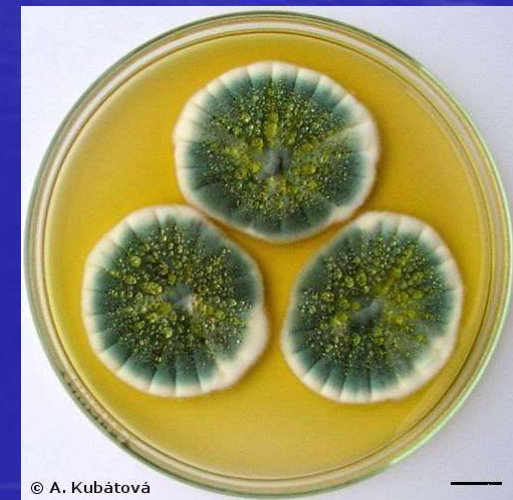


Aspergillus spp.: septirane hife, konidiofore, vezikule, fialide i konidiospore

- **Micelium (micelijum)** predstavlja splet hifa. Razlikuju se dva micelijuma. Jedan se nalazi na podlozi na kojoj gljiva raste i prodire u nju. On služi gljivi za primanje hrane iz okoline. Naziva se *bazalni ili vegetativni micelijum*. Drugi micelijum se diže u vazduh iznad podloge na kojoj gljiva raste. To je *vazdušni micelijum*. Ako taj micelijum stvara reproduktivne organe naziva se *reproduktivni micelijum*.
- Splet razgranatih pseudohifa obrazuje *pseudomicelijum*

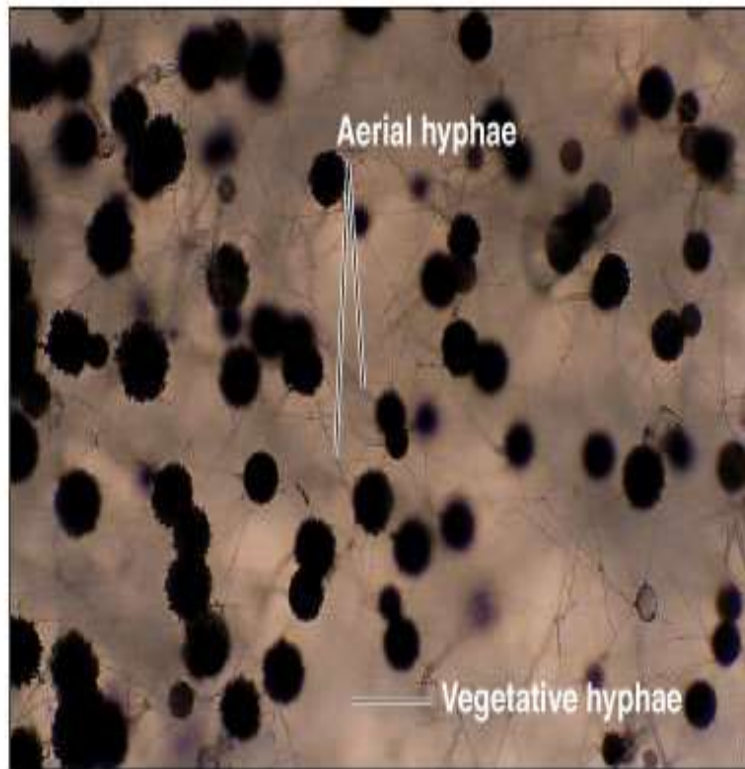


Ma- aeralni micelijum
Mvi- vegetativni micelijum

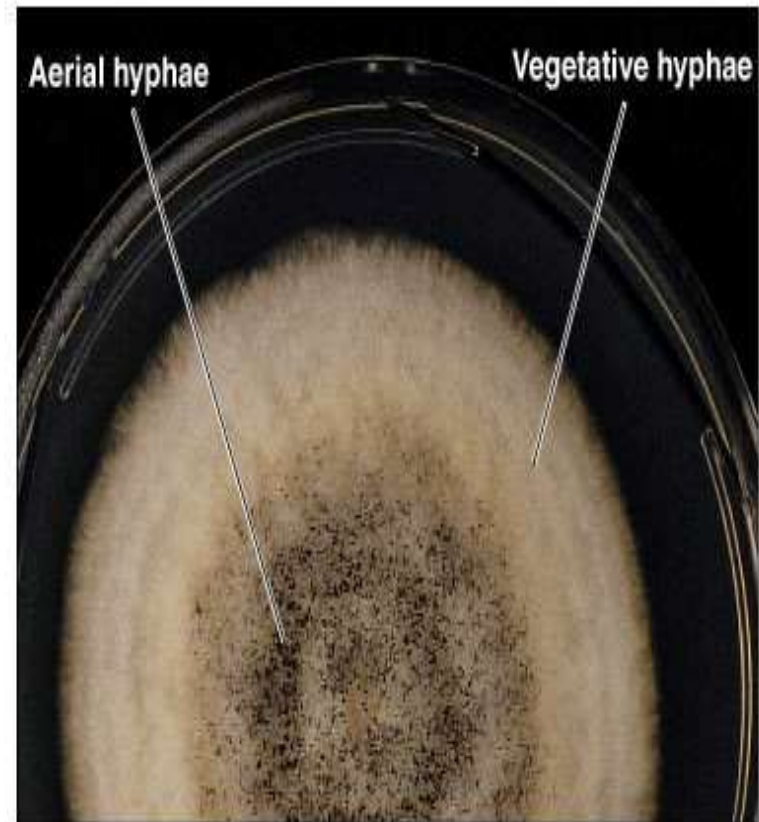


Penicillium chrysogenum-micelijum

Aerialne i vegetativne hife plijesni *Aspergillus niger*



(a) *Aspergillus niger*



(b) *A. niger* on agar

Oblik algi

Alge su fotosintetički eukariotski mikroorganizmi.

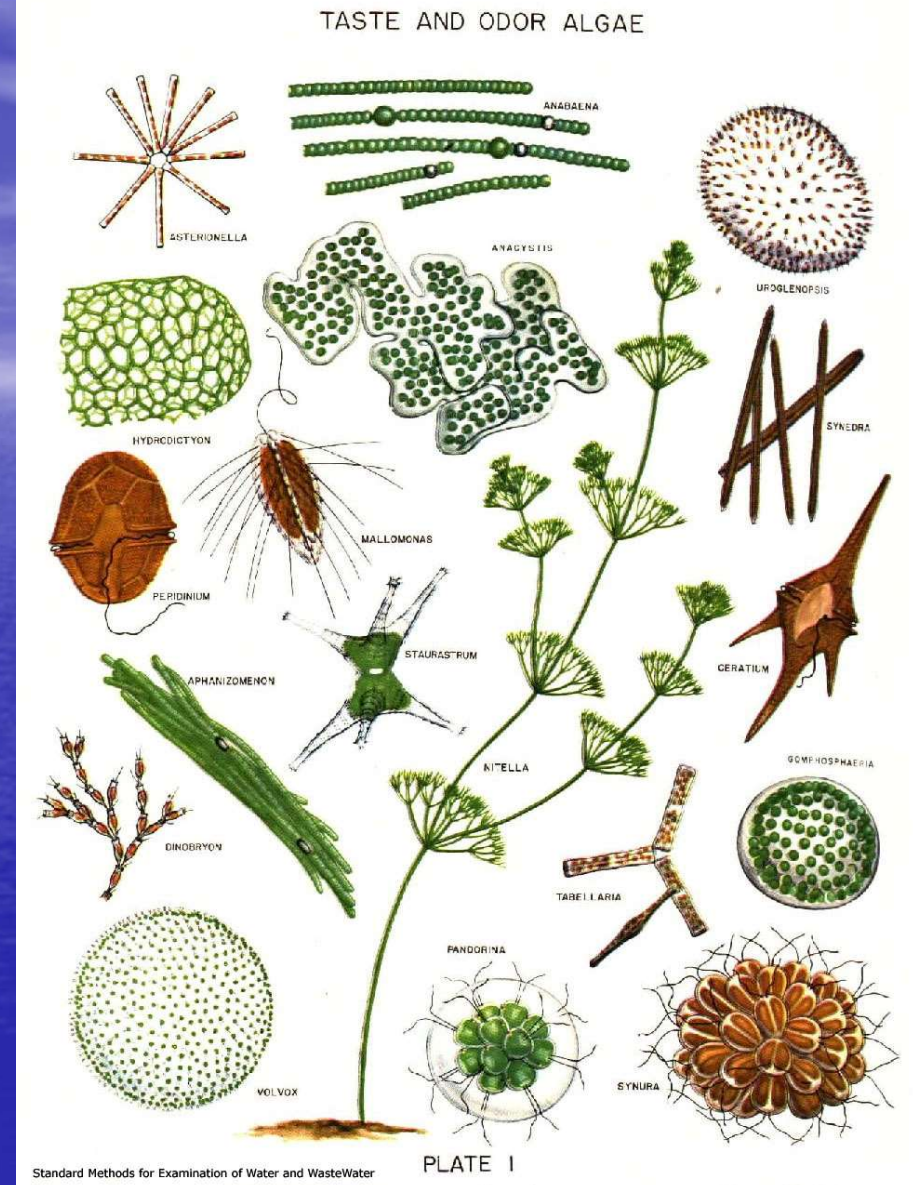
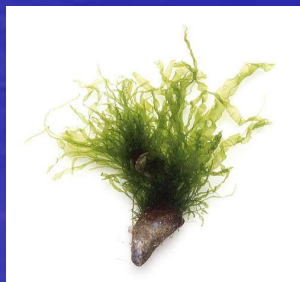
Vegetativno tijelo algi se zove talus.

Prema obliku mogu biti okrugle, končaste, štapičaste, zvjezdaste i raznih drugih oblika.

Mogu biti jednoćelijske i viđećelijske, pojedinačne i kolonijalne.

Sve alge u svojoj ćeliji sadrže hlorofil, a neke pored hlorofila sadrže i dopunske pigmente

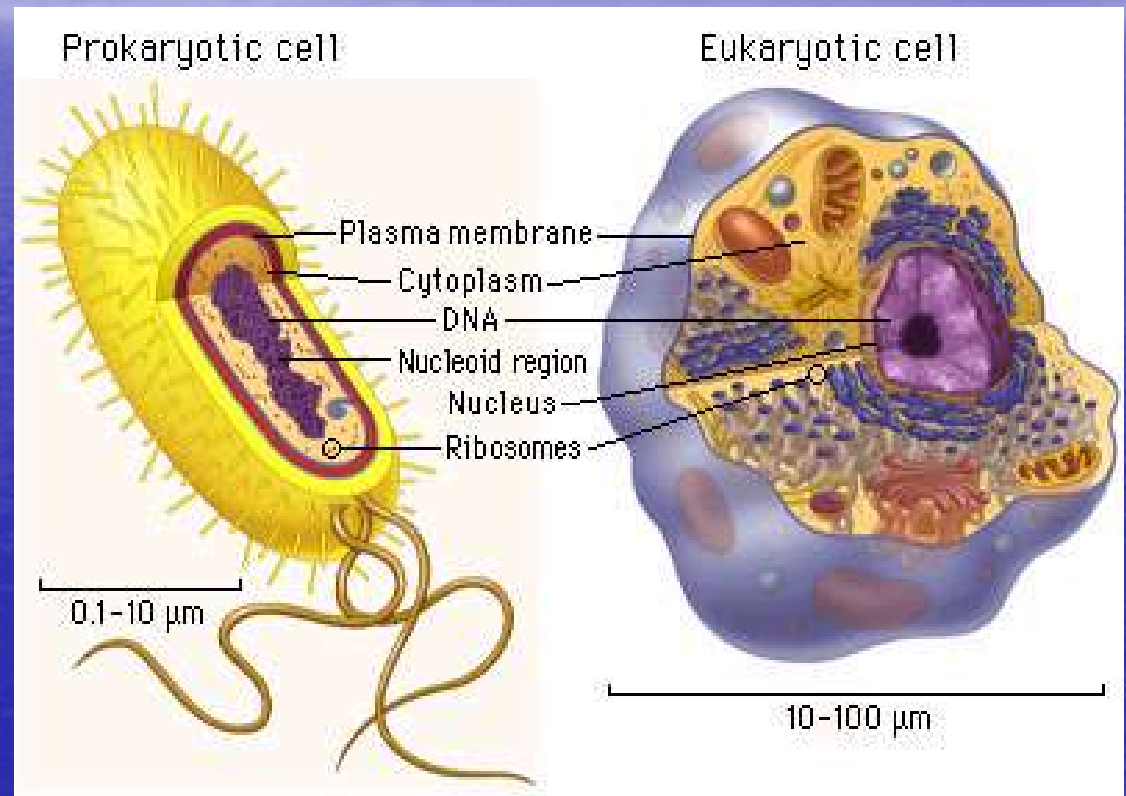
Chlorophyta (zelene alge)



Oblici algi

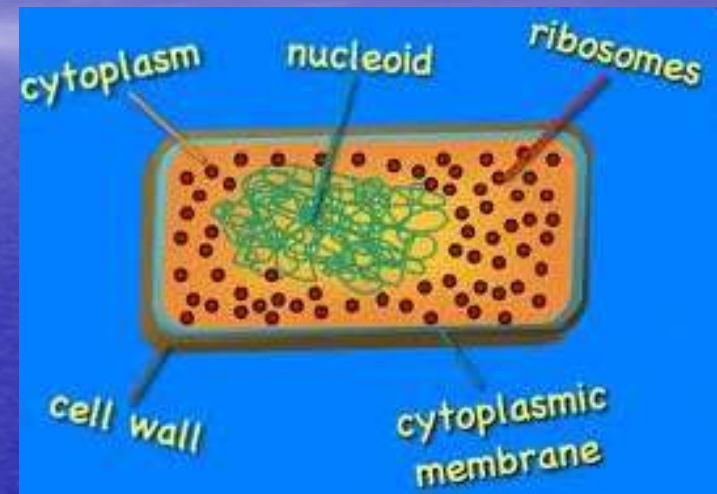
Ćelijska građa mikroorganizama

- Prema građi ćelije, mikroorganizme dijelimo na prokariote i eukariote.



- Građa prokariotske ćelije (bakterije i arhea)

- Prokarioti imaju **primitivan jedarni aparat-nucleoid**
- Kod prokariotskih ćelija ne postoji jasna granica između jedra i citoplazme, jer ne postoji jedarna membrana.
- DNA ne stvara strukture slične hromozomima kao kod eukariota.
- Kod prokariotskih ćelija nema unutarćelijskih organela, ograničenih membranama.



Građa prokariotske ćelije

Grada bakterijske-prokariotske ćelije

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

Glycocalyx (pink coating)—A coating or layer of molecules external to the cell wall. It serves protective, adhesive, and receptor functions. It may fit tightly or be very loose and diffuse.

Bacterial chromosome or nucleoid—Composed of condensed DNA molecules. DNA directs all genetics and heredity of the cell and codes for all proteins.

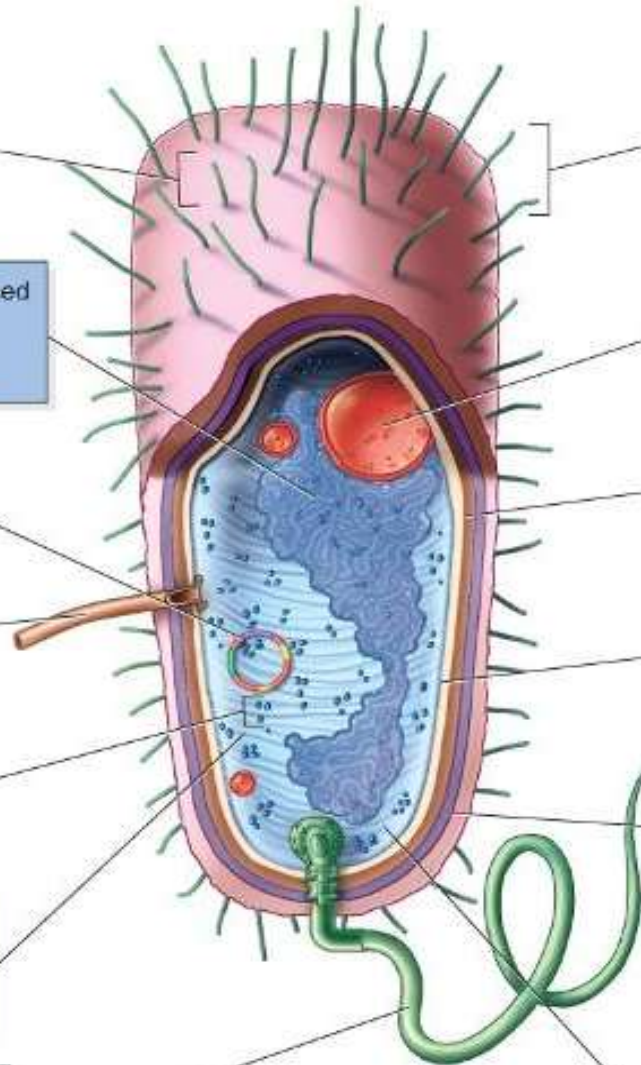
Plasmid—Double-stranded DNA circle containing extra genes.

Pilus—An elongate, hollow appendage used in transfers of DNA to other cells.

Ribosomes—Tiny particles composed of protein and RNA that are the sites of protein synthesis.

Actin cytoskeleton—Long fibers of proteins that encircle the cell just inside the cell membrane and contribute to the shape of the cell.

Flagellum—Specialized appendage attached to the cell by a basal body that holds a long, rotating filament. The movement pushes the cell forward and provides motility.



Fimbriae—Fine, hairlike bristles extending from the cell surface that help in adhesion to other cells and surfaces.

Inclusion/Granule—Stored nutrients such as fat, phosphate, or glycogen deposited in dense crystals or particles that can be tapped into when needed.

Cell wall—A semirigid casing that provides structural support and shape for the cell.

Cell (cytoplasmic) membrane—A thin sheet of lipid and protein that surrounds the cytoplasm and controls the flow of materials into and out of the cell pool.

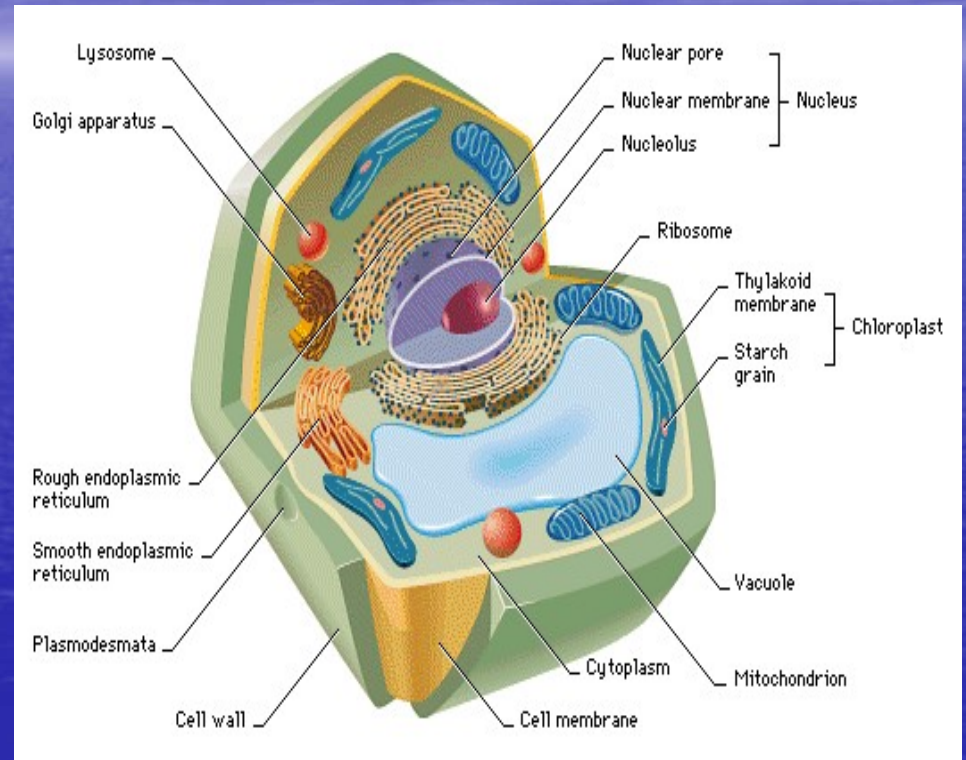
Outer membrane—Extra membrane similar to cell membrane but also containing lipopoly saccharide. Controls flow of materials and portions of it are toxic to mammals when released.

Endospore (not shown)—Dormant body formed within some bacteria that allows for their survival in adverse conditions.

Cytoplasm—Water-based solution filling the entire cell.

Građa eukariotske ćelije

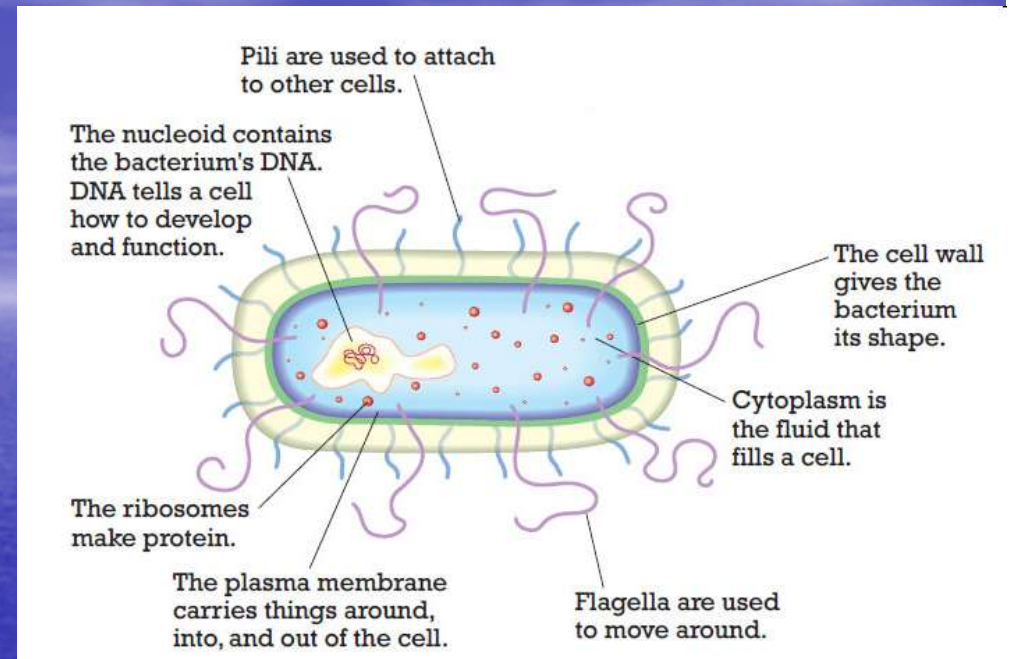
- U eukariotskoj ćeliji se nalazi **jedro**, koje je od okolne citoplazme odvojeno dvoslojnom membranom sa porama.
- U jedru se nalaze **jedno ili dva jedarceta** koji predstavljaju centre sinteze ribozomalne RNA i hromozoma.



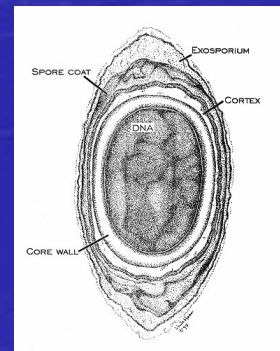
Građa eukariotske ćelije

- Osnovni elementi građe ćelije mikroorganizama

- Osnovnu građu ćelije mikroorganizama čine:
- Omotači ćelije (kapsula, sluzasti sloj, S omotač, ćelijski zid, ćelijska membrana)
- Unutrašnje strukture ćelije (nukleoid, jedro, plazmidi, endoplazmatični retikulum, ribozomi, Goldžijev aparat, mitohondrije, plastidi, vakuole, lizozomi, citoplazmatične inkluzije, mezozomi)
- Organele za kretanje (pseudopodije, flagele, cilije)
- Organele za adheziju (fimbrije)
- Organele za konjugaciju (pile)
- Oblici za preživljavanje u nepovoljnim uslovima (spore, ciste)



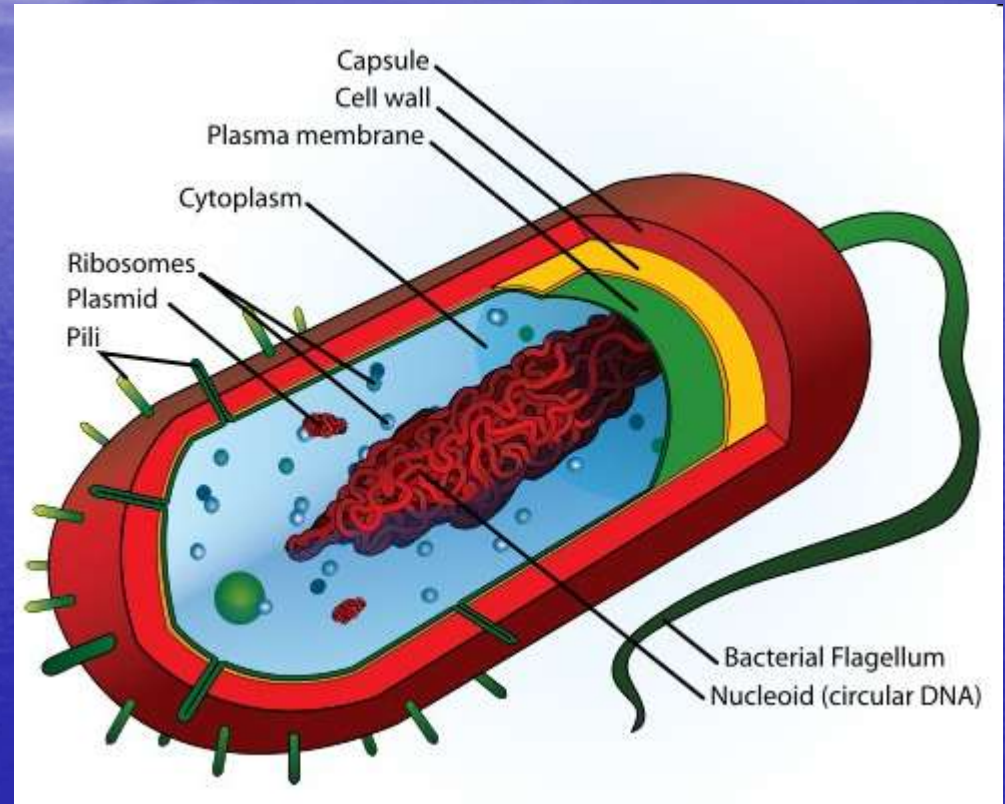
Osnovni elementi građe bakterijske ćelije



endospora

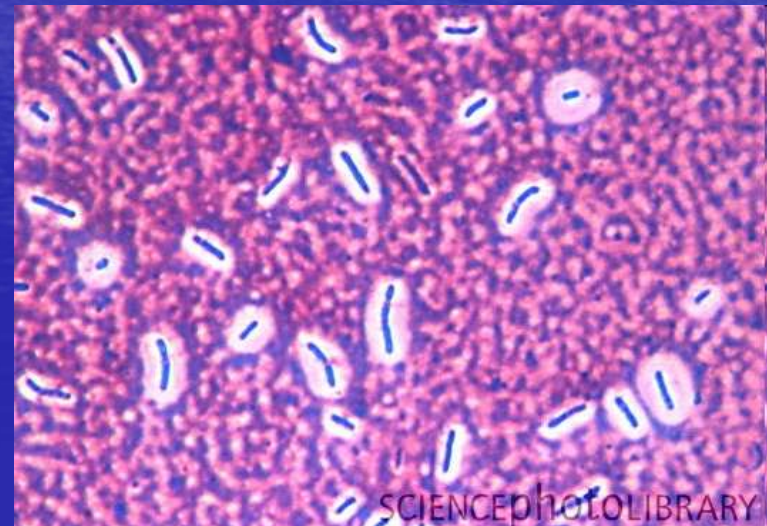
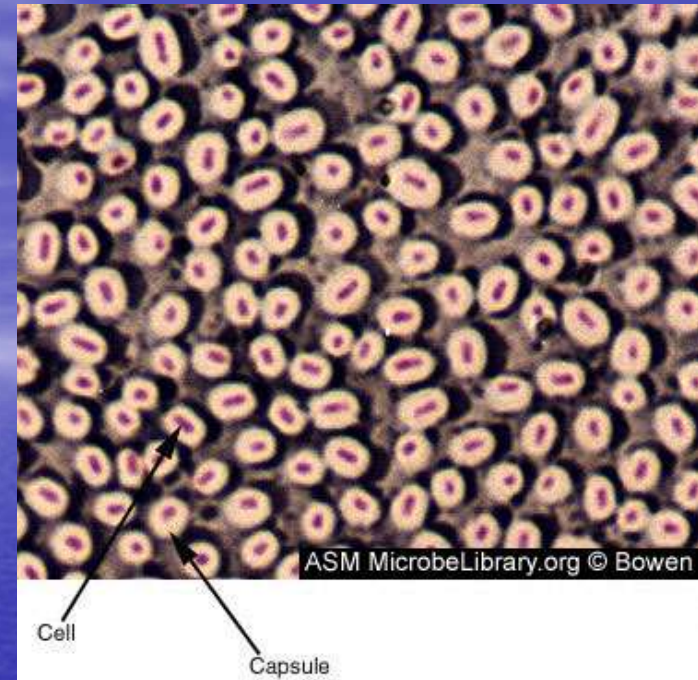
Omotači ćelije:

- kapsula,
- sluzasti sloj,
- S omotač (kod Archea),
- ćelijski zid,
- ćelijska membrana



- **Kapsula:**

- Je sluzasti sloj koji okružuje ćelije većine bakterija. Razlikuje se kod različitih vrsta bakterija, kako po debljini, tako i po konzistenciji.
- Postoji **makrokapsula** debljine veće od $0,2\mu\text{m}$ i **mikrokapsula** debljine ispod $0,2\mu\text{m}$.
- Kod nekih mikroorganizama makrokapsula je čak nekoliko puta deblja od ćelije.
- Kapsula je dobro organizovana i ne može se lako odstraniti.



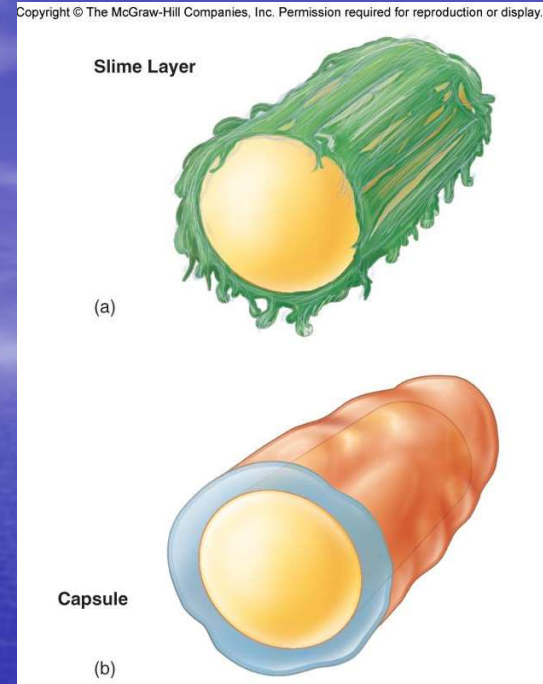
Kapsula-neobojena zona oko bakterije:

- Kapsula sadrži do 98% vode, zbog čega predstavlja dopunsku osmotsku barijeru.
- Uloga kapsule:
- štiti ćeliju od mehaničkih povreda, dejstva toksičnih materija, radijacije, isušivanja, napada drugih mikroorganizama, kao i od nepovoljnih uslova spoljašnje sredine
- patogene bakterije štiti od fagocitoze
- predstavlja dopunsku osmotsku barijeru ćelije
- pomaže mikroorganizmu da se pričvrsti za neki substrat
- Daje antigena i serološka svojstva mikroorganizmima

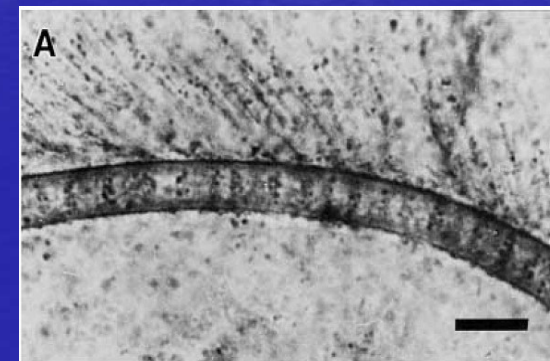


Bakterijska kapsula- nebojeni –svijetli omotač oko ćelije (stvaraju je npr. *Streptococcus pneumoniae*, *Bacillus anthracis*, *Klebsiella pneumoniae*)

- Nekada ćelije mikroorganizama stvaraju samo **sluzasti sloj**.
- Sluzasti sloj je difuzna labilno povezana materija koja se lako odstranjuje od ćelije. Sluzasti sloj povezuje veći broj ćelija u trake, paketiće isl., što im omogućava stvaranje biofilma.
- Kapsula, sluzasti sloj i S omotač se sastoje iz vode, polisaharida i ređe proteina.

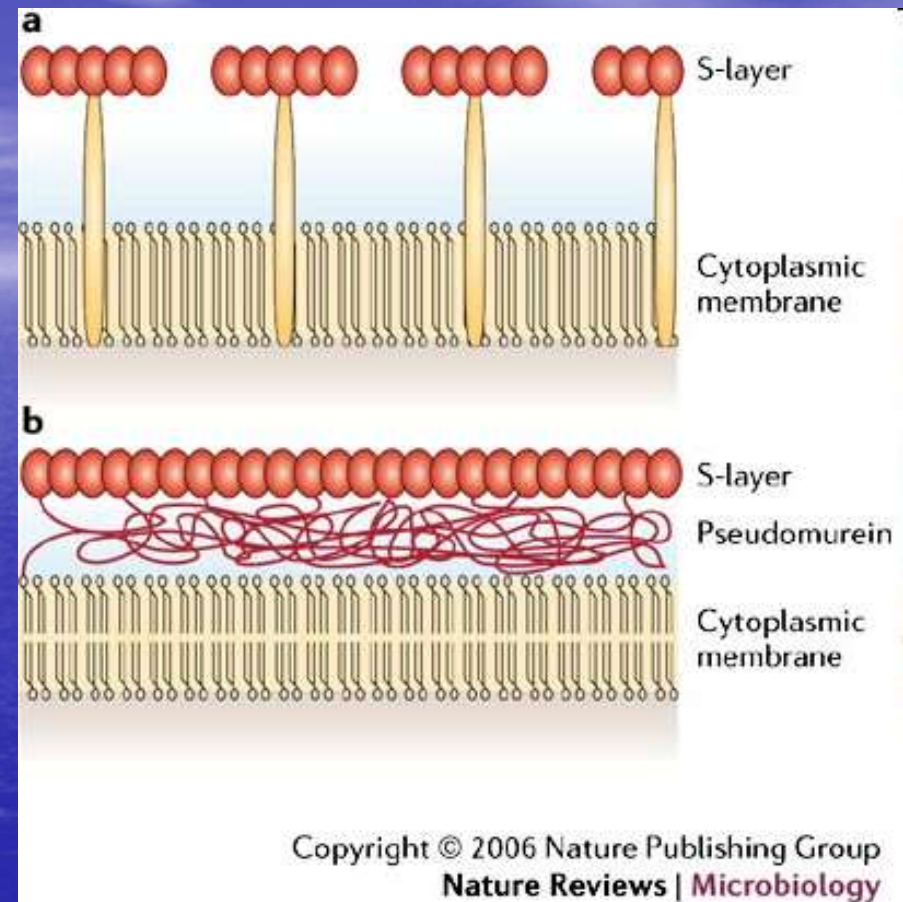


a) sluzasti sloj oko bakterije b) kapsula



Bakterijska sluz

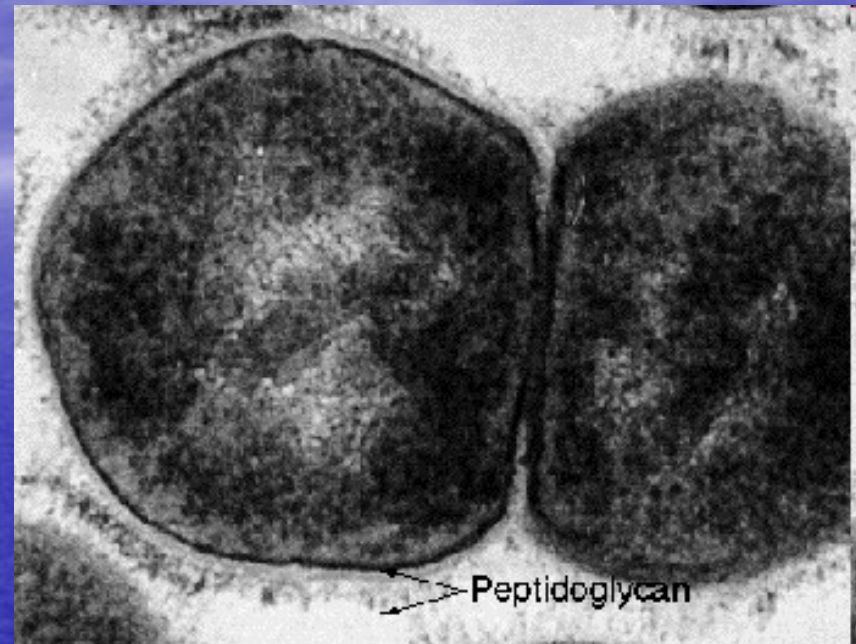
- S-omotač posjeduju *Archea*, kod kojih često predstavlja jedini sloj oko citoplazmine membrane i ima ulogu ćelijskog zida.
- Kod gram negativnih arhea ovaj omotač se naslanja na citoplazminu membranu, a kod gram pozitivnih na ćelijski zid.
- S omotač štiti ćeliju od promjene pH sredine, promjene osmotskog pritiska, enzima isl.



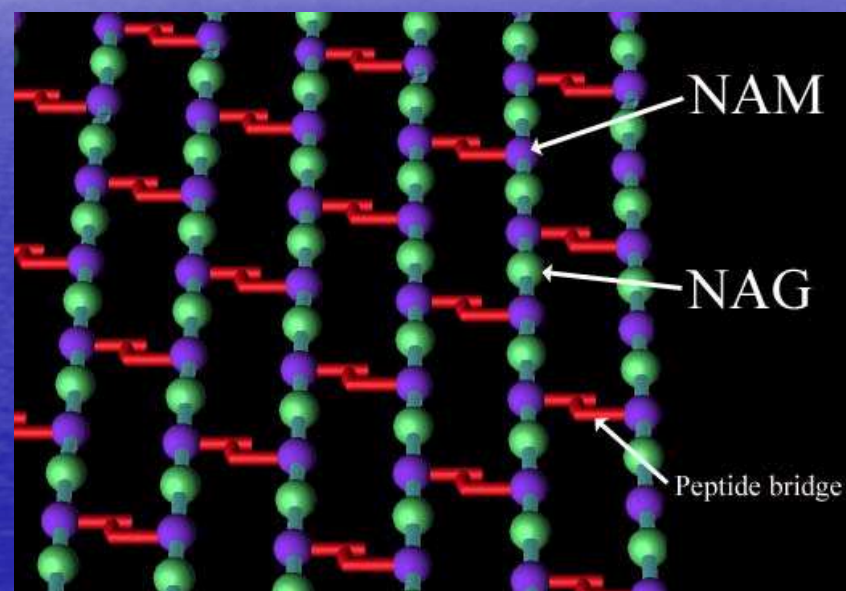
a-omotači ćelije gram negativnih arhea
b: omotači ćelije gram pozitivnih arhea

- **Ćelijski zid:**

- Ćelijski zid je spoljašnji omotač ćelije koji se nalazi oko citoplazmine membrane.
- Njegova uloga je sledeća:
- Daje ćeliji oblik i čvrstinu
- Štiti je od mehaničkih i drugih nepovoljnih uticaja spoljne sredine
- Ima antigena svojstva kod patogenih bakterija
- Građa ćelijskog zida kod eukariota i prokariota se razlikuje.

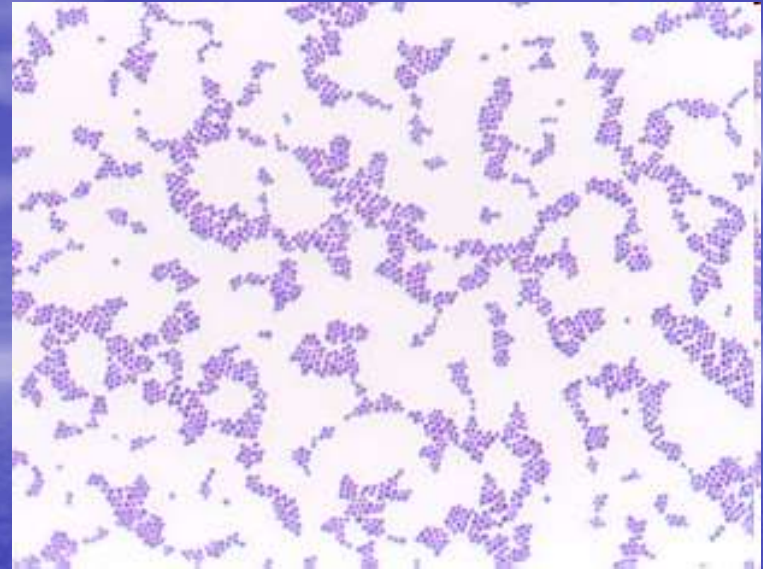


- Kod prokariota (osim mikoplazmi i arhea) ćelijski zid je čvrst i elastičan. Građen je od peptidoglikana koji se zove murein.
- Murein je heteropolimer sastavljen iz polisaharidnog i peptidnog dijela.
- U sastav polisaharidnog dijela ulaze dva aminošećera, N-acetilglukozamin (NAG) i N-acetilmuraminska kiselina (NAM), koji su međusobno povezani β 1-4 glikozidnim vezama.
- Peptidni dio je tetrapeptid izgrađen od L i D alanina, D-glutaminske kiseline i mezodiaminopimelinske kiseline.



Građa peptidoglikana- ćelijski zid

- Na osnovu građe ćelijskog zida i bojenja po Gramu (*Christian Gram, 1884*), bakterije su podijeljene u dvije velike grupe:
- Gram pozitivne i
- Gram negativne
- Gram pozitivne bakterije se boje ljubičasto, a
- Gram negativne bakterije se boje crveno ili roze

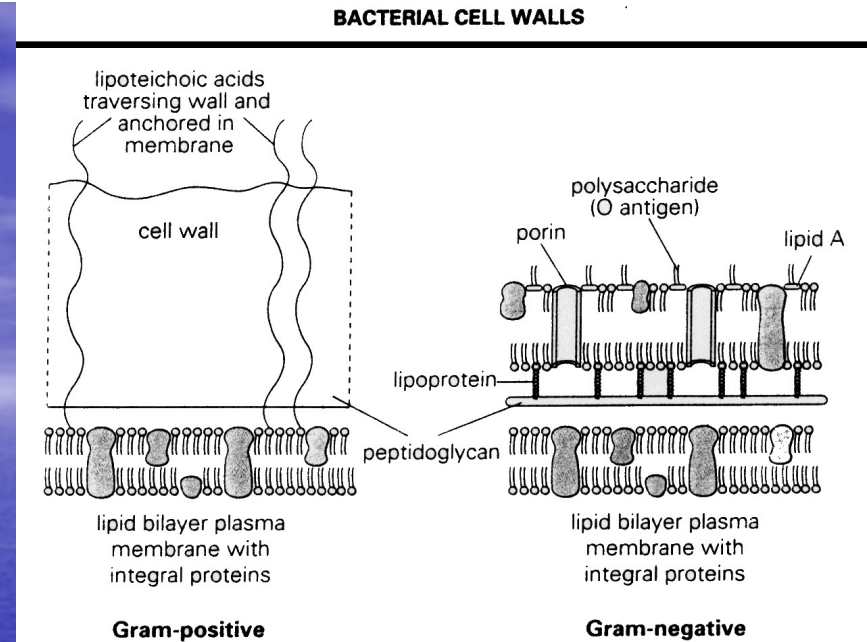


Gram pozitivne bakterije, Staphylococcus spp.

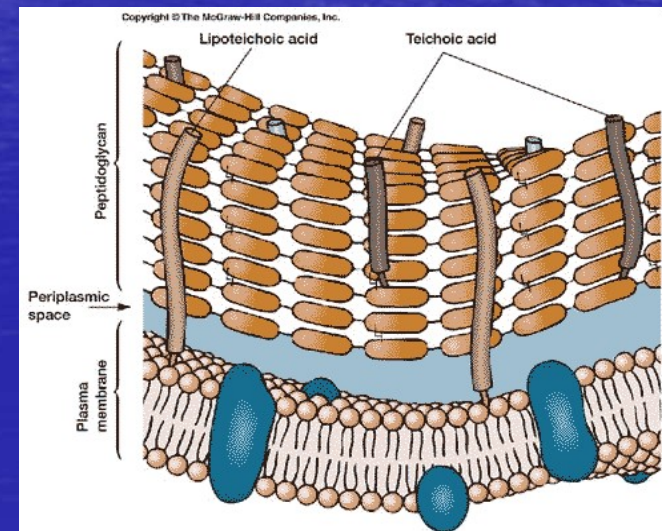


Gram negativne bakterije, E.coli

- **Ćelijski zid gram pozitivnih bakterija** je homogen. Sastoji se od veće količine mureina koji čini 50-90% ukupne mase ćelijskog zida. Debljina ovog sloja je od 20-80nm.
- Pored mureina, u ćelijskom zidu ovih bakterija nalaze se i drugi sastojci, među kojima najveći dio zauzima tejkonska (tejhojna) kiselina.
- Tejkonska kiselina je polimer glicerola ili ribitola međusobno povezanih fosfatnim grupama.

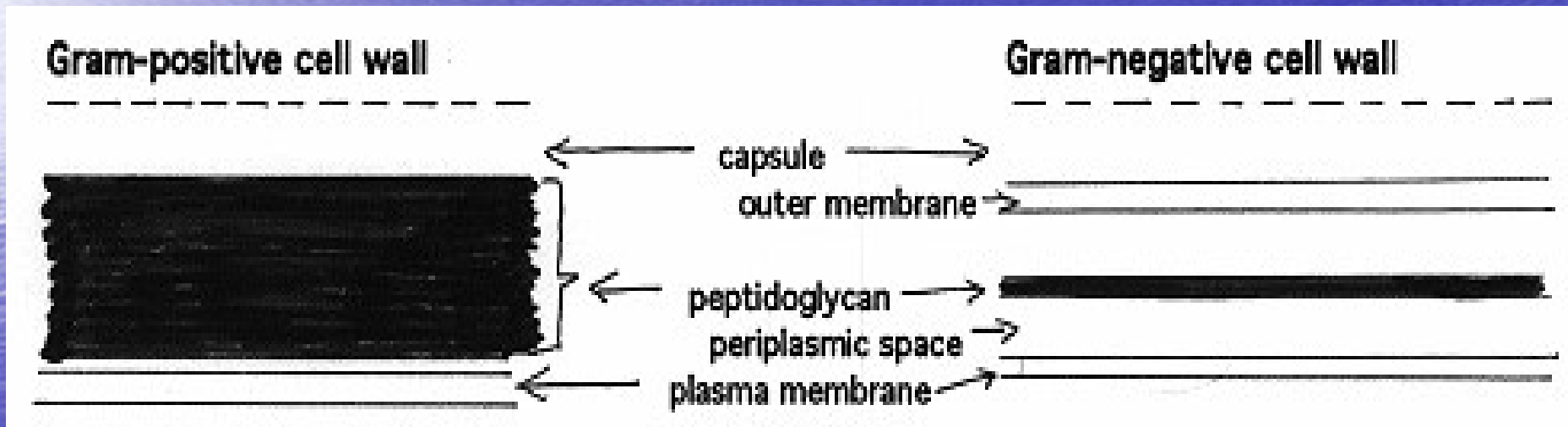


Građa ćelijskog zida bakterija



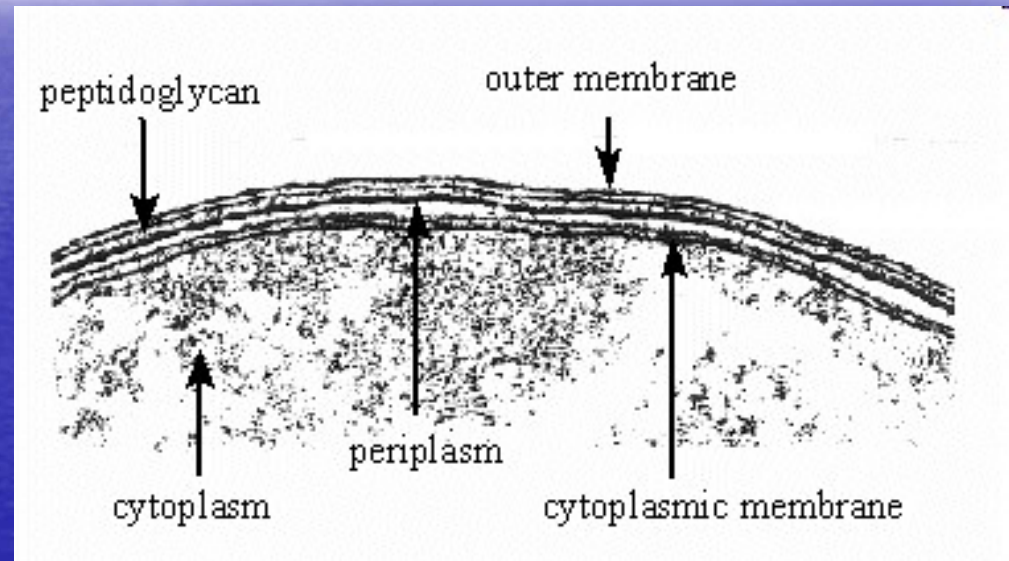
Građa ćelijskog zida gram + bakterija

- Ispod ćelijskog zida nalazi se periplazmatični prostor koji je popunjen periplazmom.
- Kod gram pozitivnih bakterija periplazmatični prostor je mali.



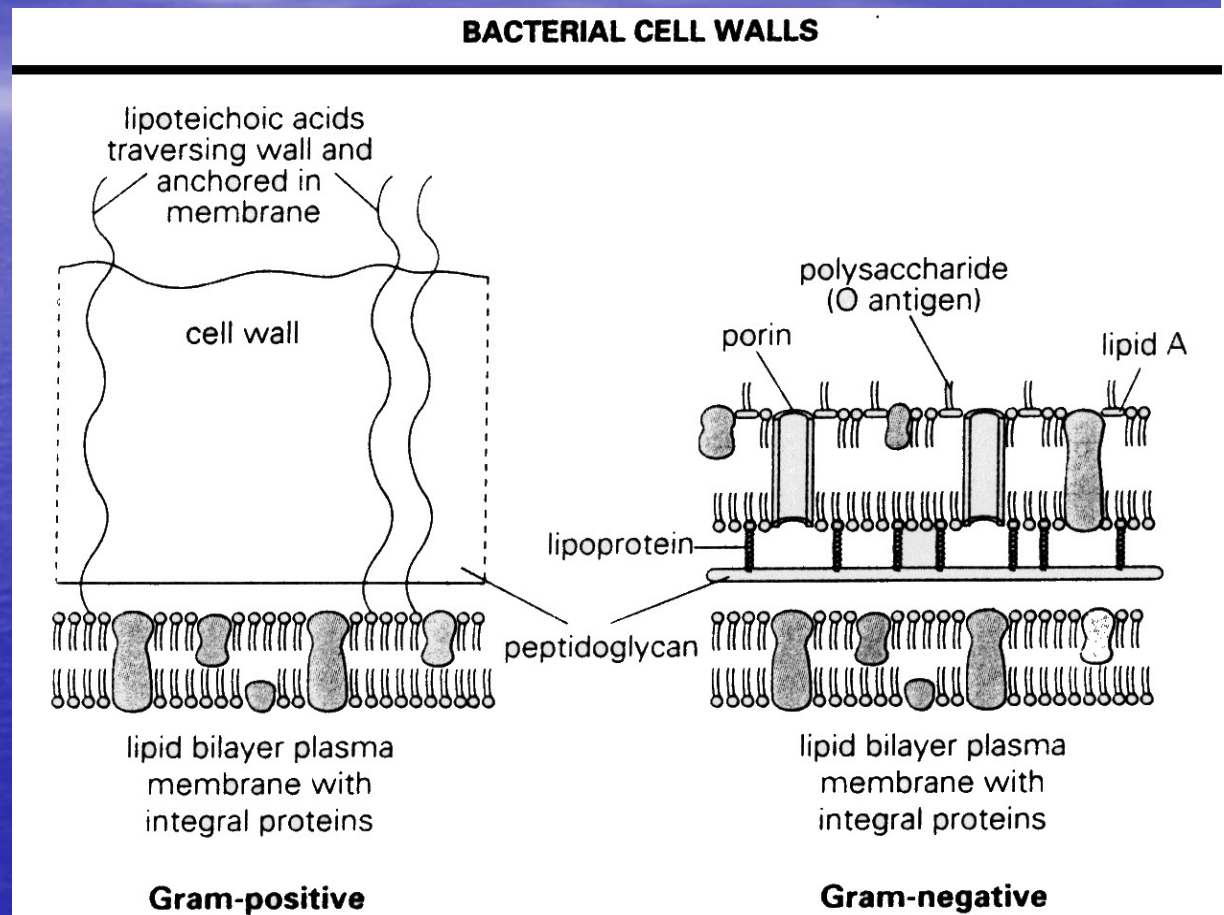
Šematski prikaz građe ćelijskog zida Gram + i Gram – bakterija

- Čelijski zid gram negativnih bakterija je složenije građe. Sastoji se iz:
- spoljne membrane,
- mureina i
- periplazmatičnog prostora
- Spoljna membrana je izgrađena od lipopolisaharida koji su prožeti molekulima specifičnih proteina, tzv. porin-proteina.
- Osnovna uloga spoljne membrane je zaštita od toksičnih materija.

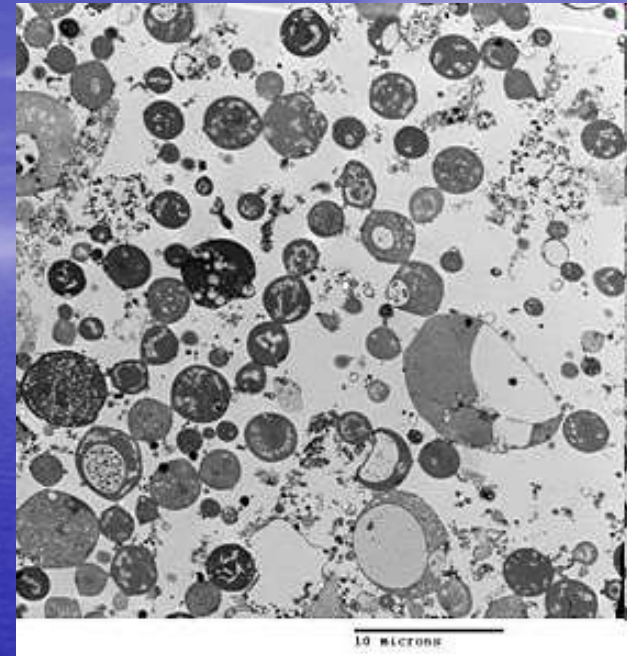


Elektronska mikrofotografija čelijskog zida gram negativnih bakterija

- **Murein** je debljine 2-7nm i čini 5-10% ukupne mase ćelijskog zida. Najčešće je jednoslojan, ponekad dvoslojan.
- Sa spoljnom membranom murein je povezan pomoću **lipoproteina**.
- Na taj način spoljna membrana i murein grade ćelijski zid.
- **Periplazmatični prostor** je punjen periplazmom.
- U periplazmi se nalaze enzimi koji učestvuju u sintezi mureina, hidrolitički enzimi i proteini koji učestvuju u transportu materija u ćeliji.

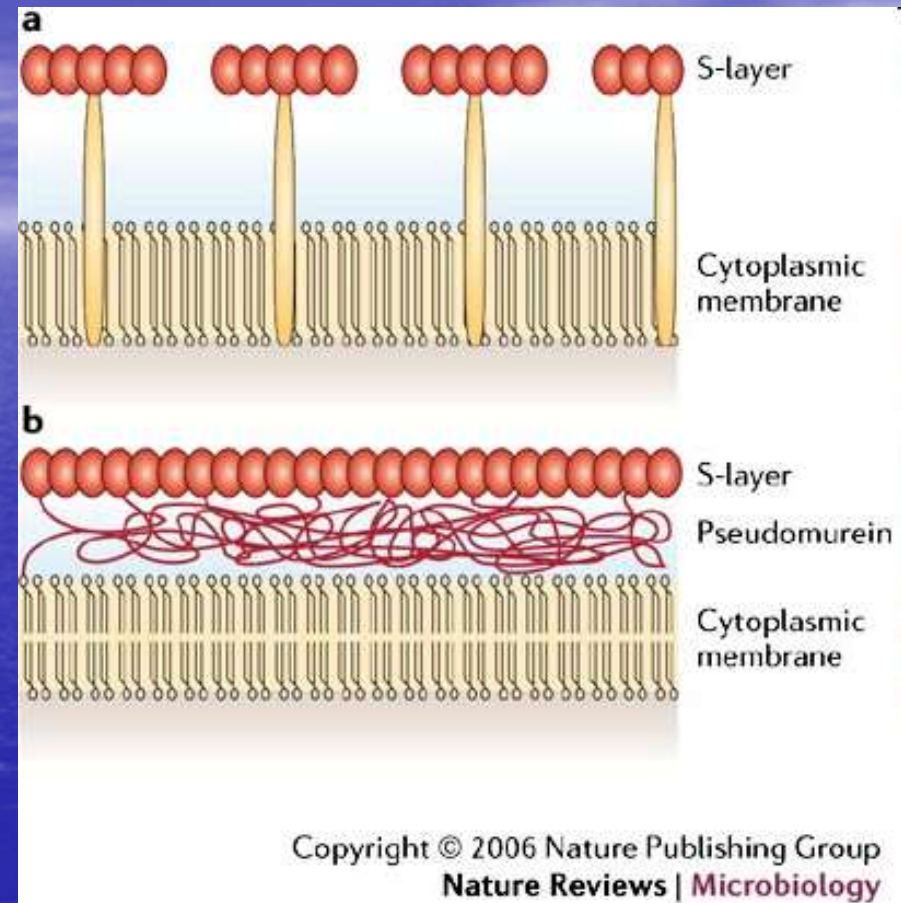


- U slučaju razgradnje ćelijskog zida sadržaj ćelije okružen citoplazmatskom membranom dobija loptast oblik.
- Tako zaokrugljena ćelija naziva se protoplast, a ako zid nije potpuno razgrađen- sferoplast
- L-oblici bakterija- predstavljaju bakterije koje su u potpunosti ostale bez ćelijskog zida (obično pod dejstvom antibiotika). Kod njih ne funkcionišu normalni mehanizmi ćelijske deobe.



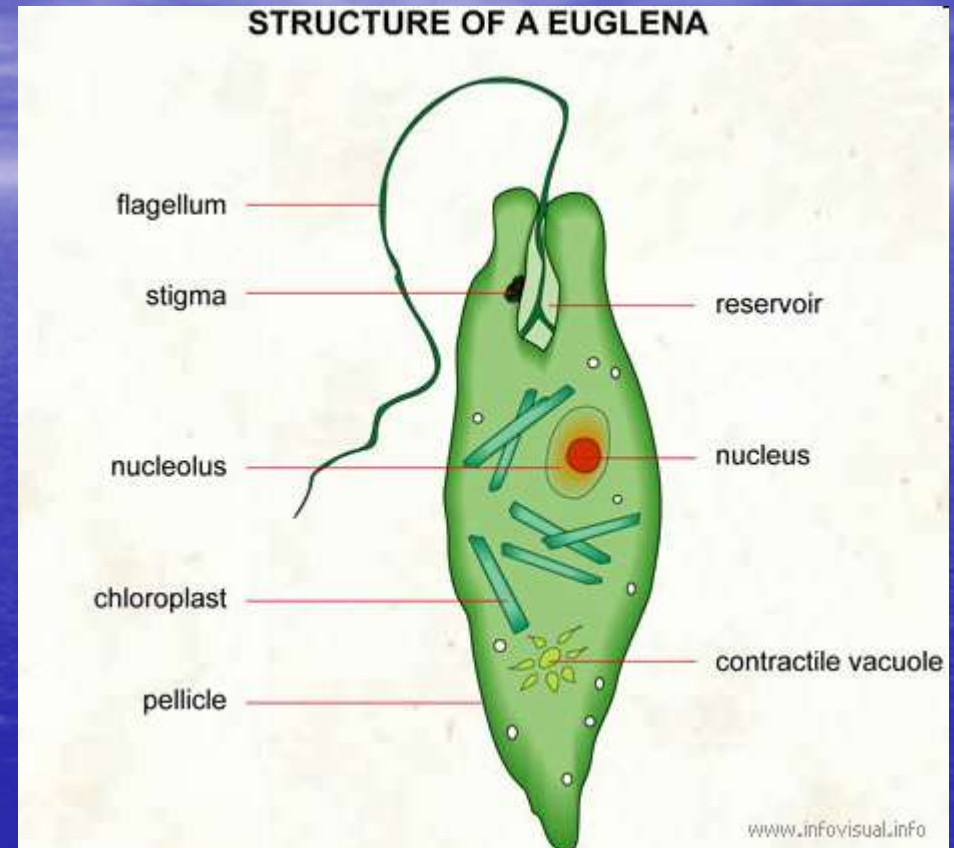
L-oblici *Bacillus subtilis*

- Arheobakterije (arhea) se po građi ćelijskog zida razlikuju od ostalih prokariota.
- Gram pozitivne arhea u svom ćelijskom zidu mogu imati različite polimere, kao što je pseudomurein.
- Neke arhea u zidu sadrže polisaharid hondroitin.
- Gram negativne arhea imaju ćelijski zid građen od proteina ili glikoproteina.

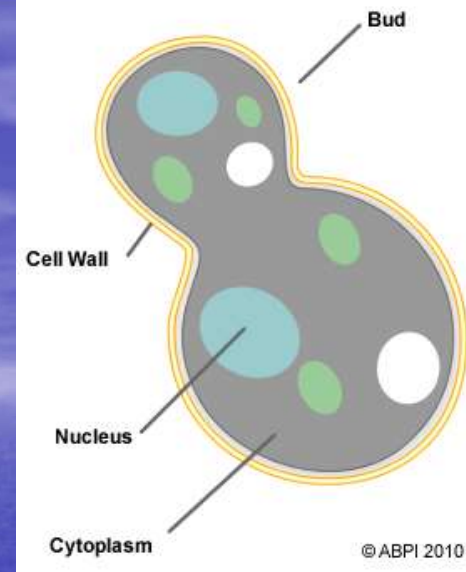


Grada ćelijskog zida archea

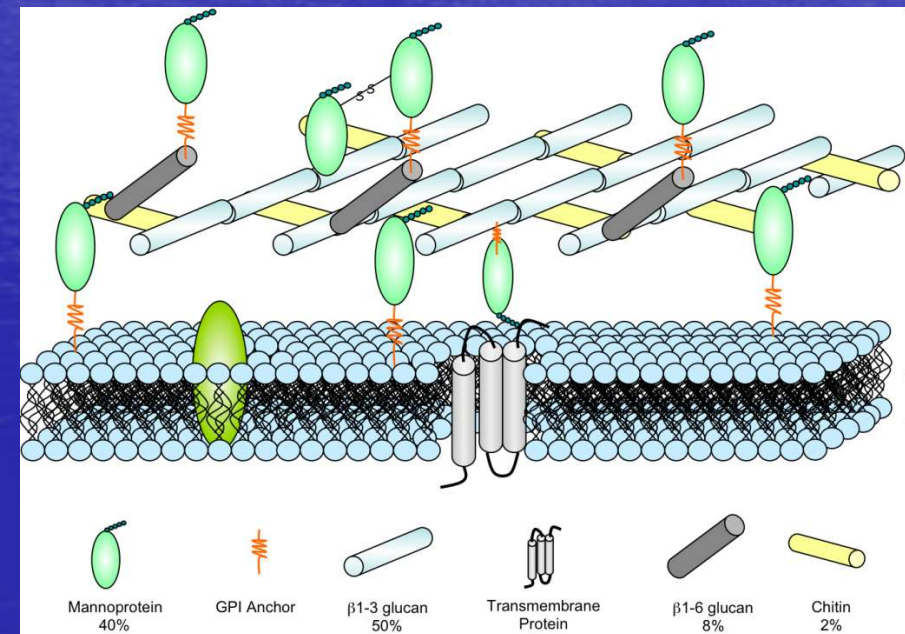
- Kod većine eukariota ćelijski zid se sastoji od matriksa u koji su uronjeni mikrofibrilni konci.
- Matriks ćelijskog zida algi izgrađen je od različitih polisaharida. Mikrofibrilni konci kod nekih algi su građeni od celuloze, a kod nekih od manana, ksilana i pektina.
- Jednoćelijske zelene alge *Protophyta* umjesto ćelijskog zida imaju pelikulu. To je sloj koji predstavlja zadebljanje citoplazmine membrane. Pelikula je elastična, pa mikroorganizmi sa pelikulom nemaju stalan oblik ćelije.
- Pelikula kod roda *Euglena* se sastoji iz nekoliko izbrazdanih membrana.



- Ćelijski zid končastih gljiva je čvrst, a hemijski sastav se razlikuje u zavisnosti od gljive.
- Matriks je najčešće građen od **glukana i galaktana**, a mikrofibrilni konci od N-acetilglukoamina i celuloze.
- Ćelijski zid kvasaca građen je od glukana, manana, a u manjem procentu od proteina, lipida i glukozamnina.
- **Protozoe nemaju čvrst ćelijski zid**, pa ima se oblik djelimično mijenja. U sastav ćelijskog zida ulazi pseudohitin, a kod nekih još CaCO_3 i SiO_2 .
- Mnoge protozoe umjesto ćelijskog zida imaju pelikulu.



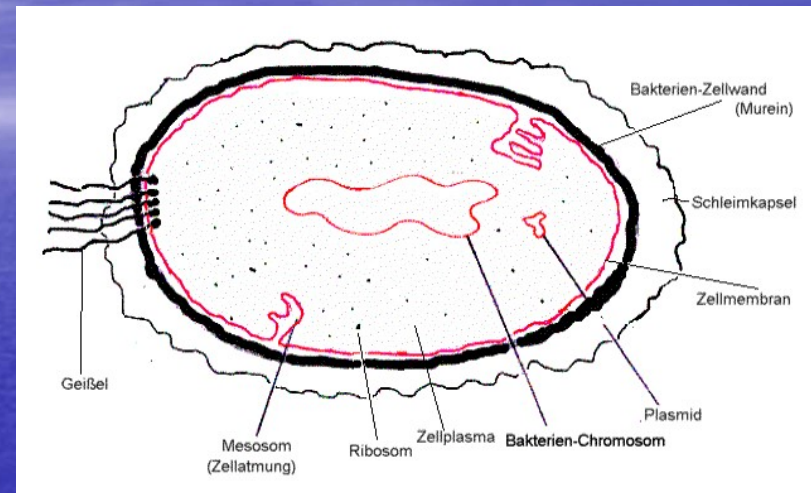
Građa kvasaca



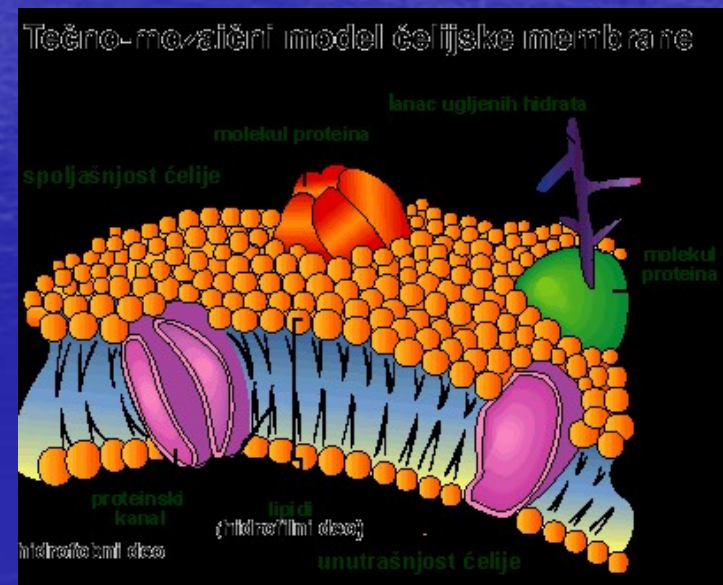
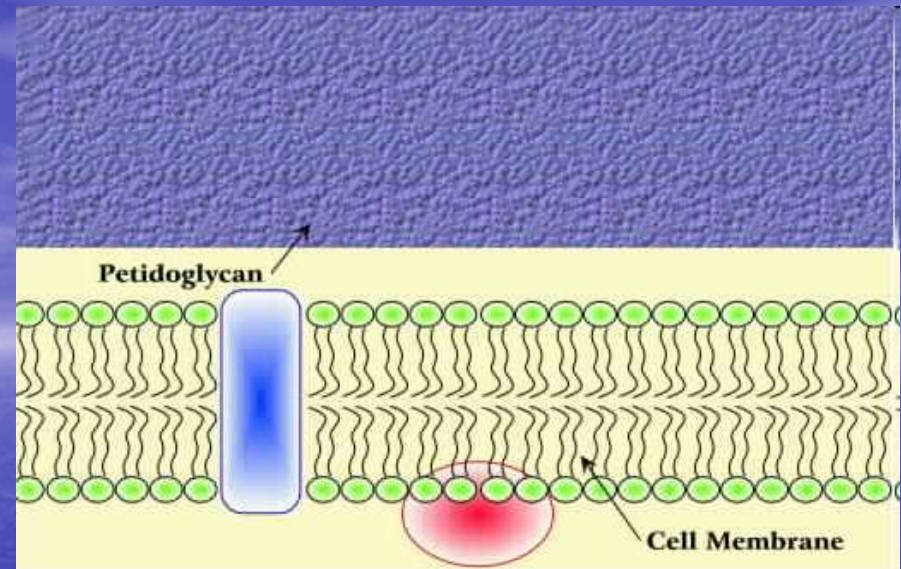
građa ćelijskog zida kvasaca

- Citoplazmina membrana

- Citoplazmina membrana se nalazi ispod ćelijskog zida i obavija citoplazmu.
- Veoma je tanka, debljine 5-10nm i vidi se samo elektronskim mikroskopom.
- Kod prokariotskih mikroorganizama citoplazmina membrana pravi invaginacije-uvrnuća u unutrašnjost ćelije u vidu džepova koji se zovu mezozomi.
- Kod eukariotskih ćelija citoplazmina membrana je povezana sa endoplazmatičnim retikulumom i drugim organelama u ćeliji.
- Citoplazmatska membrana je polupropustljiva.

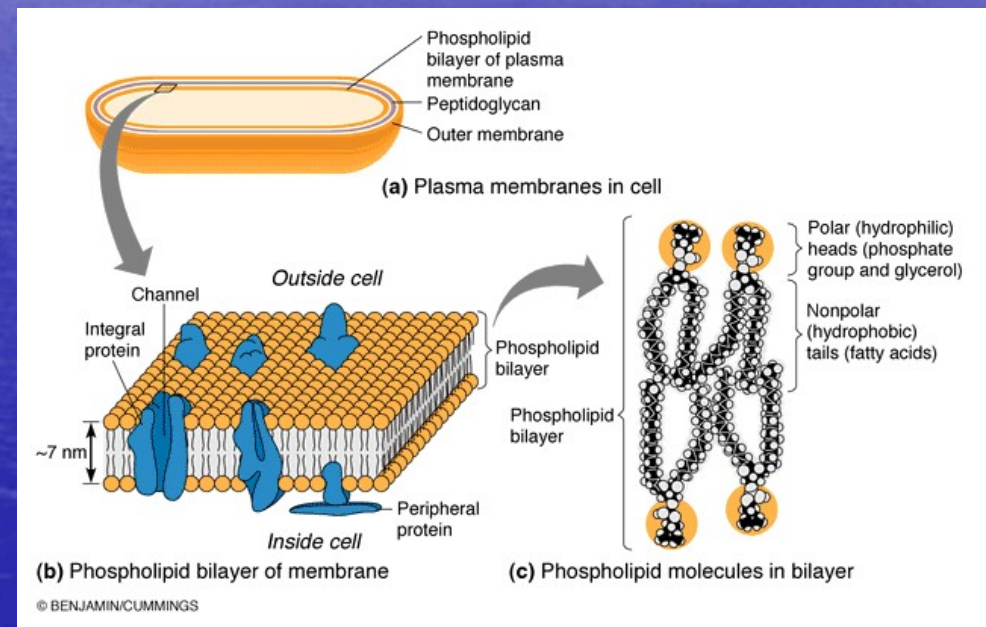


- Uloga citoplazmine membrane:
- ima funkciju osmotske barijere i tako reguliše razmjenu materija sa ćelijom.
- Kod prokariota se u njoj obavlja disanje, fotosinteza, sinteza lipida itd.
- U njoj se vrši sinteza sastojaka ćelijskog zida i kapsule.
- U njoj su smješteni specijalni receptori za prepoznavanje hemijskih jedinjenja u okolini ćelije
- U njoj se nalazi permeaza sistem koji omogućava ulazak specifičnih većih molekula u ćeliju

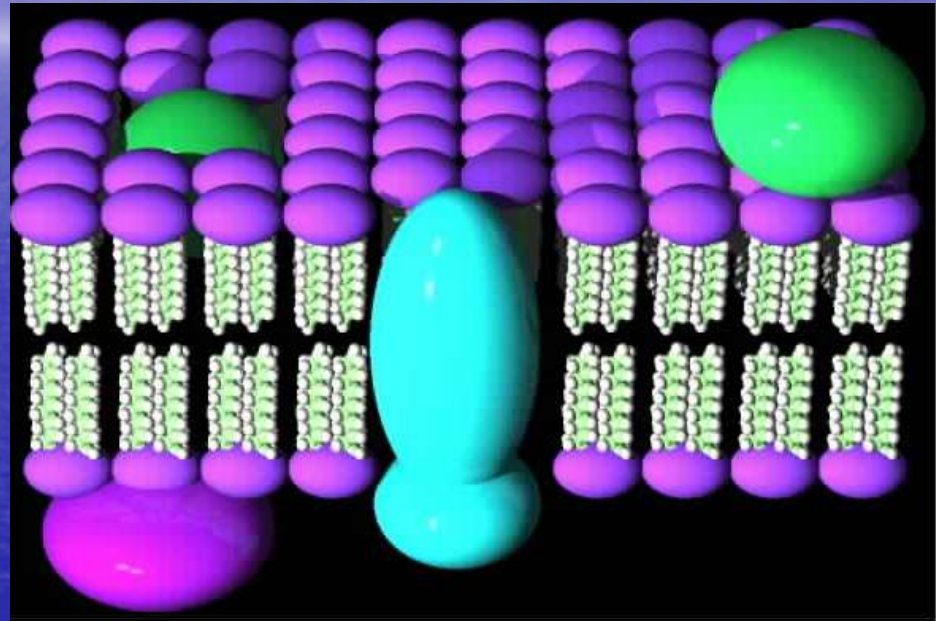


- Citoplazmina membrana se sastoji od lipida i proteina.
- Kod nekih mikroorganizama u citoplazminoj membrani u manjem procentu su i različiti glikolipidi (molekuli lipida vezani ugljenim hidratima).
- Periferni proteini su labavo vezani za membranu i lako se odstranjuju. Rastvorljivi su u vodi i čine 20-30% ukupnih proteina membrane.
- Oko 70-80% proteina su integralni proteini. Nisu rastvorljivi u vodi i teško se odstranjuju.

Građa ćelijske membrane



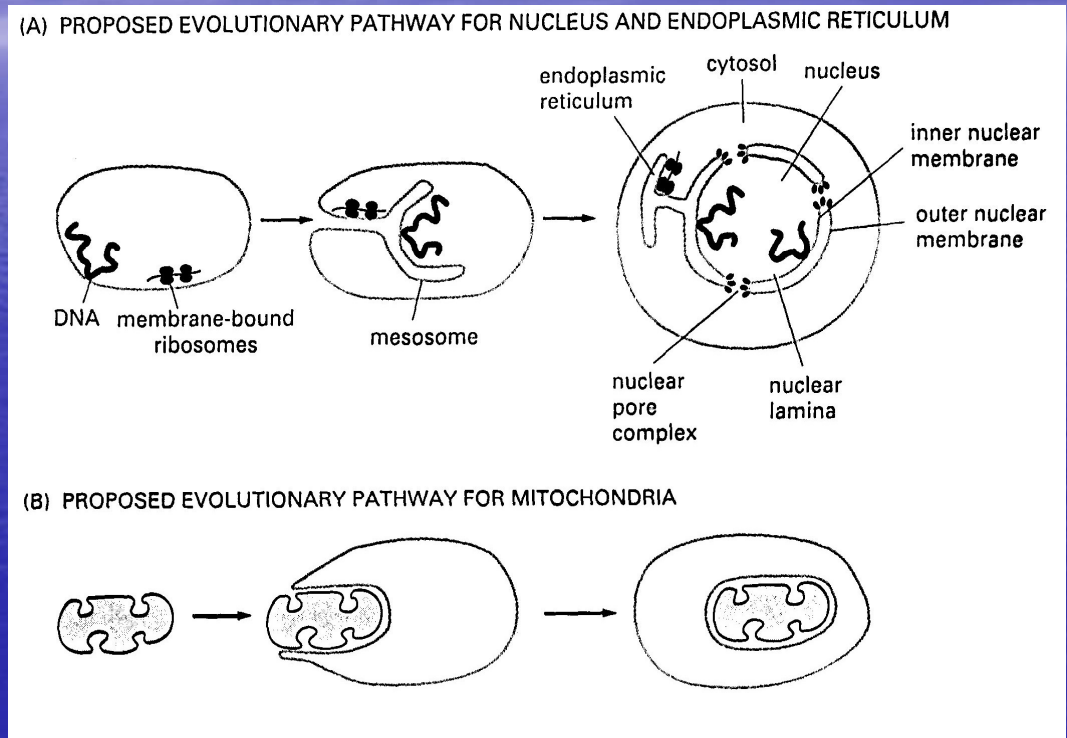
- Integralni proteini su hidrofobnim krajem uronjeni u lipidni sloj, a hidrofилnim izlaze na površinu membrane.
- Lipidi čine centralni sloj citoplazmine membrane.
- Lipidni sloj je bimolekularan i najvećim dijelom je građen od fosfolipida.
- Arheobakterije, za razliku od drugih mikroorganizama imaju samo jedan sloj lipida.
- Polarni hidrofилni krajevi fosfolipida okrenuti su prema sredini i reaguju međusobno.
- Vrsta i količina lipida u citoplazminoj membrani zavisi od vrste mikroorganizama.



Lipidni membranski dvosloj

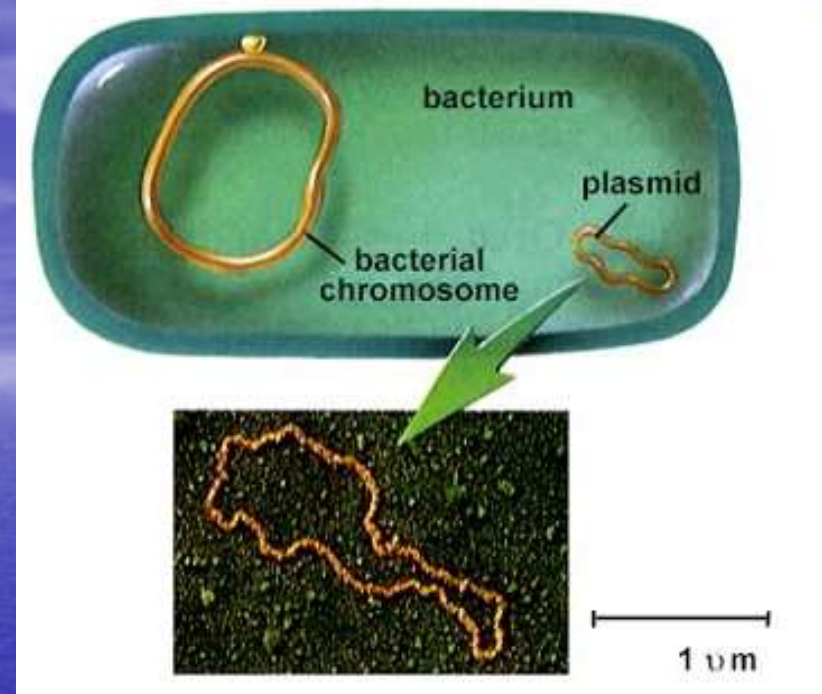
Evolicija ćelijskih organela

- Smatra se da je jedarna membrana eukariotskih ćelija nastala iz membrane mezozoma (A)
- Prema endosimbiotskoj hipotezi, mitohondrije i hloroplasti su bili nekada slobodni prokarioti koji su progutani od strane eukariotskih ćelija (B)

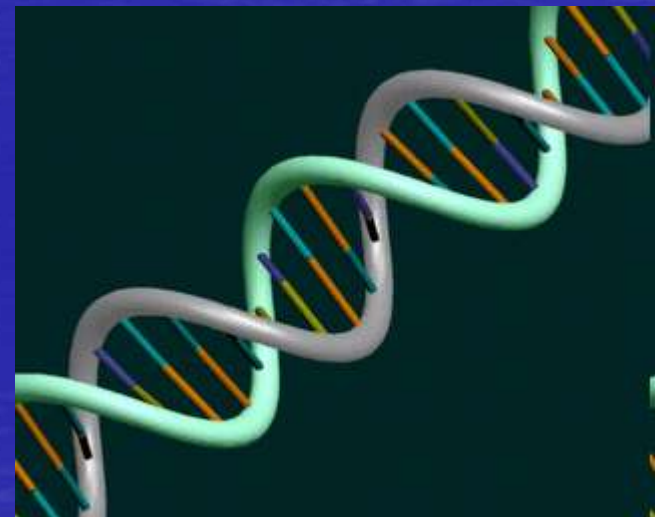


Jedro

- Jedro je kontrolni centar ćelije koji upravlja svim funkcijama ćelije. Preko dezoksiribonukleinske kiseline (DNK) koja je sastavni dio jedra, prenose se nasledne osobine.
- Molekul DNK se sastoji od dva polinukleotidna lanca koji su uvijeni jedan oko drugog čineći dvojnu spiralu. To su polimeri koji se sastoje od 1500 do 5.000.000 mononukleotida.

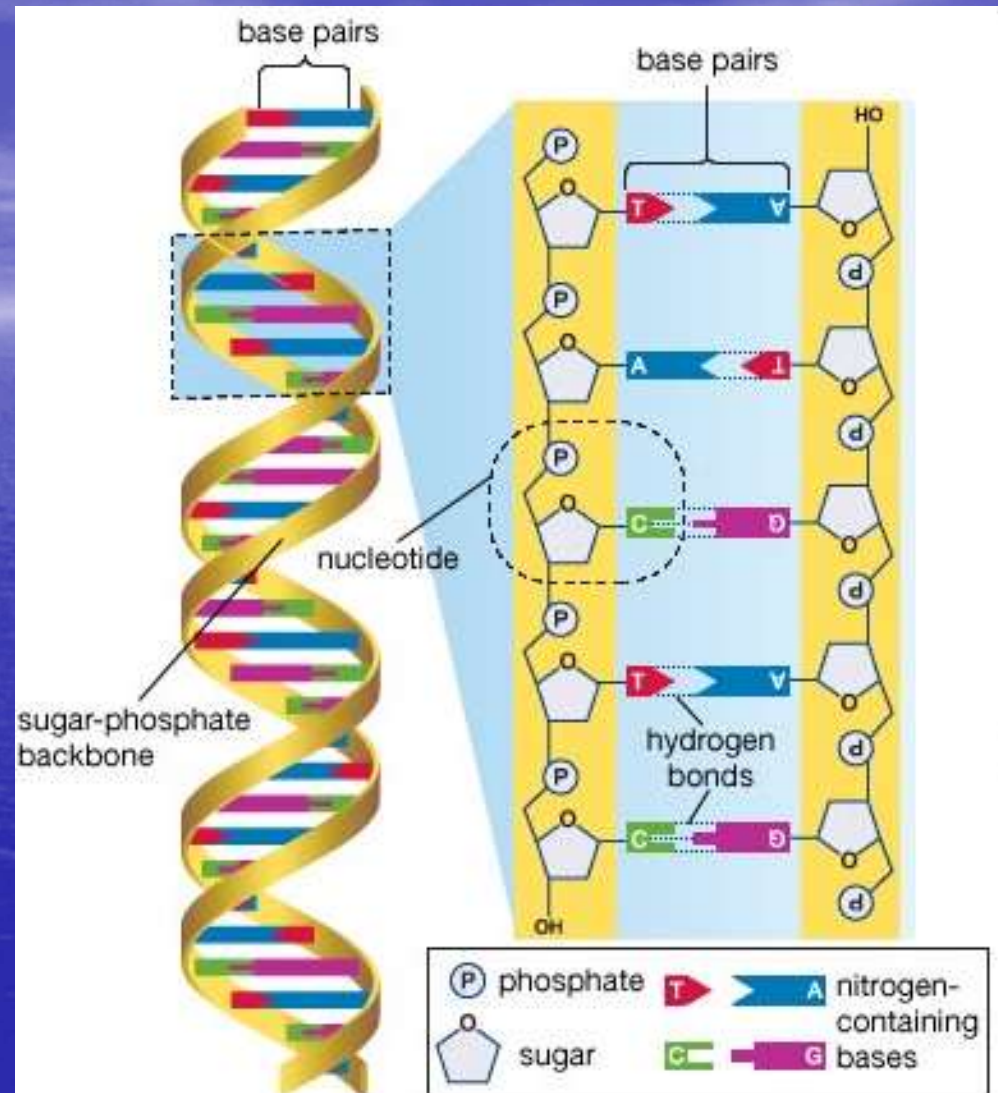


- Bakterijski hromozom



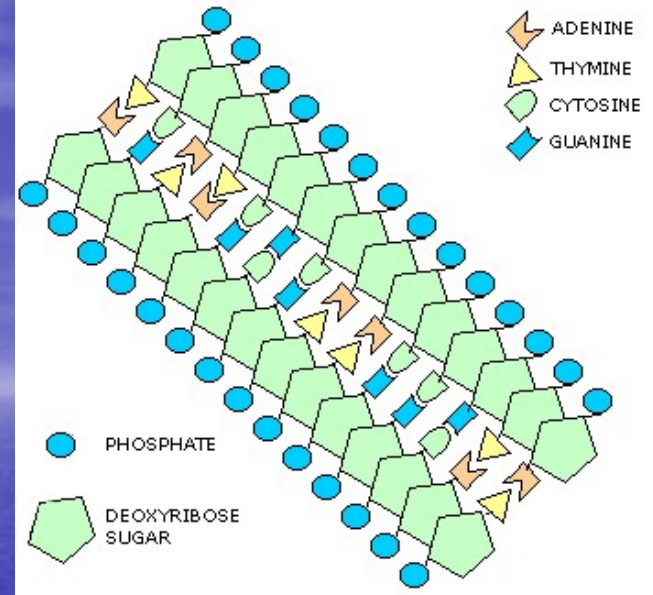
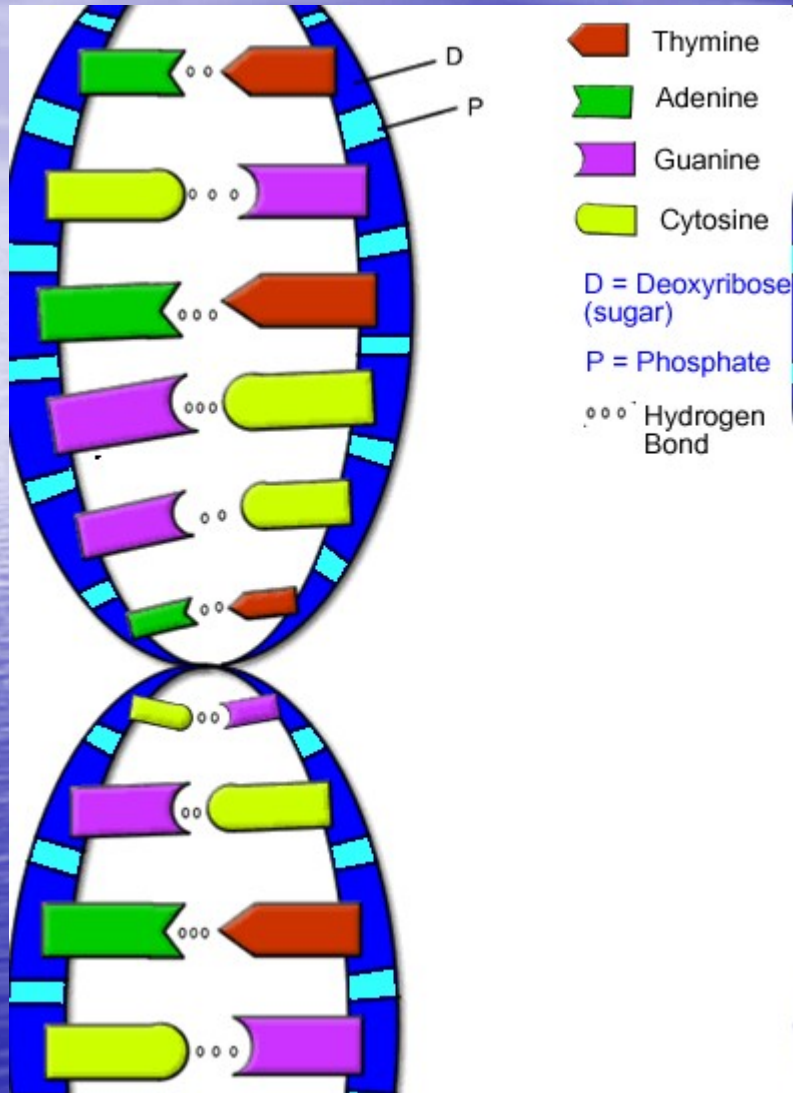
Molekul DNK

- Mononukleotidi se sastoje iz dezoksiriboze koja je preko fosforne kiseline vezana za purinske (adenin i guanin) i pirimidinske (timin i citozin) baze.
- Baze su međusobno povezane vodoničnim mostovima: timin jednog lanca se vezuje za adenin drugog i guanin jednog lanca za citozin drugog.
- Prečnik DNK je 0,2nm, a svaki zavoje se sastoji iz deset nukleotida.
- Lanac DNK zajedno sa proteinima tipa histona i protamina gradi hromozom.

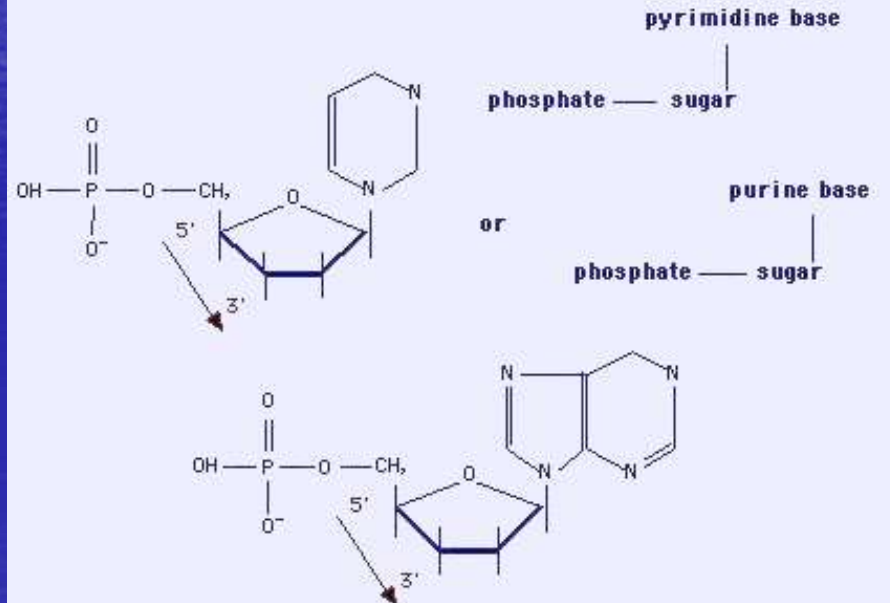


Molekul DNK

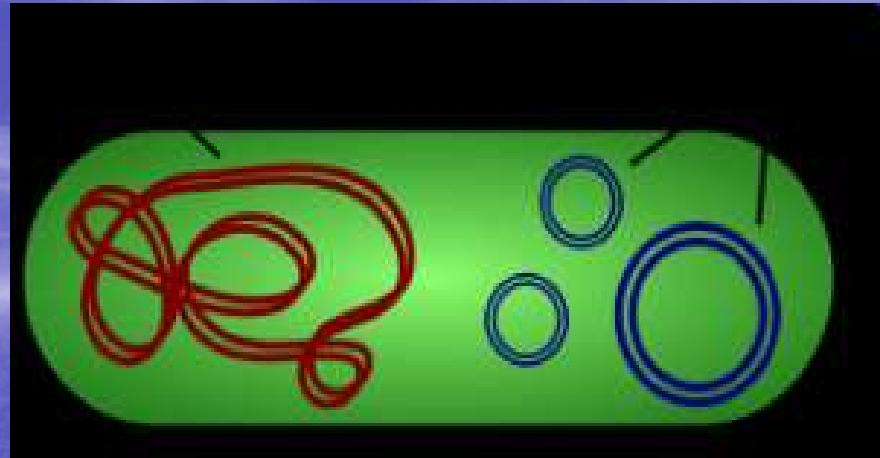
Molekul DNK



nucleoside = sugar + base
nucleotide = phosphate + sugar + base



- Prokarioti imaju samo jedan hromozom, a eukarioti više od jednog.
- Broj hromozoma zavisi od vrste mikroorganizama.
- Hromozom se sastoji od manjih segmenata-gena. Gen u sebi sadrži jedan ili više parova nukleotida i on je osnova nasleđivanja.

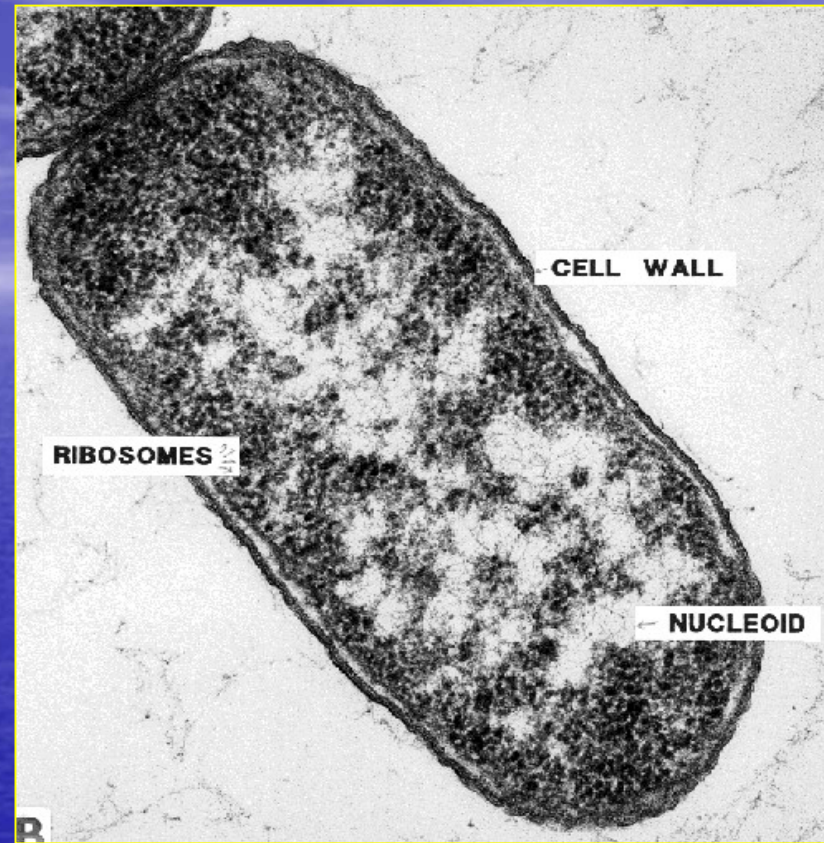


bakterijski hromozom sa plazmidima



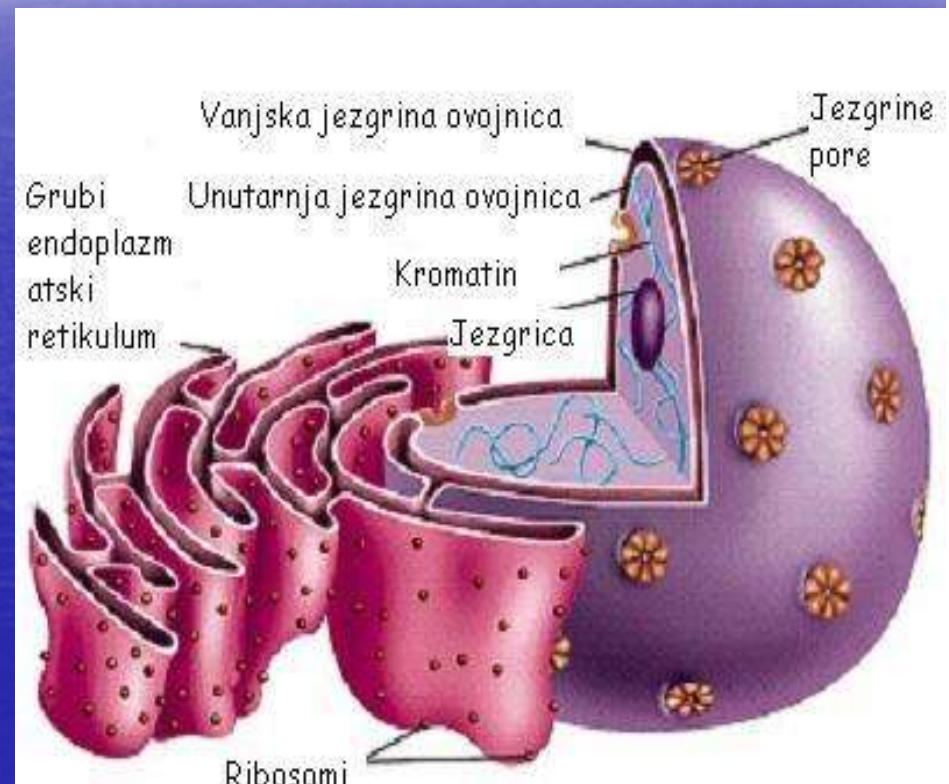
bakterijski hromozom

- U zavisnosti od toga da li je genetski materijal pomoću membrane odvojen u posebnu organelu ili je samo lociran u određenom dijelu ćelije, ali bez membrane, razlikuju se pravo jedro-nucleus i hromatinsko tjelašce-nucleoid.

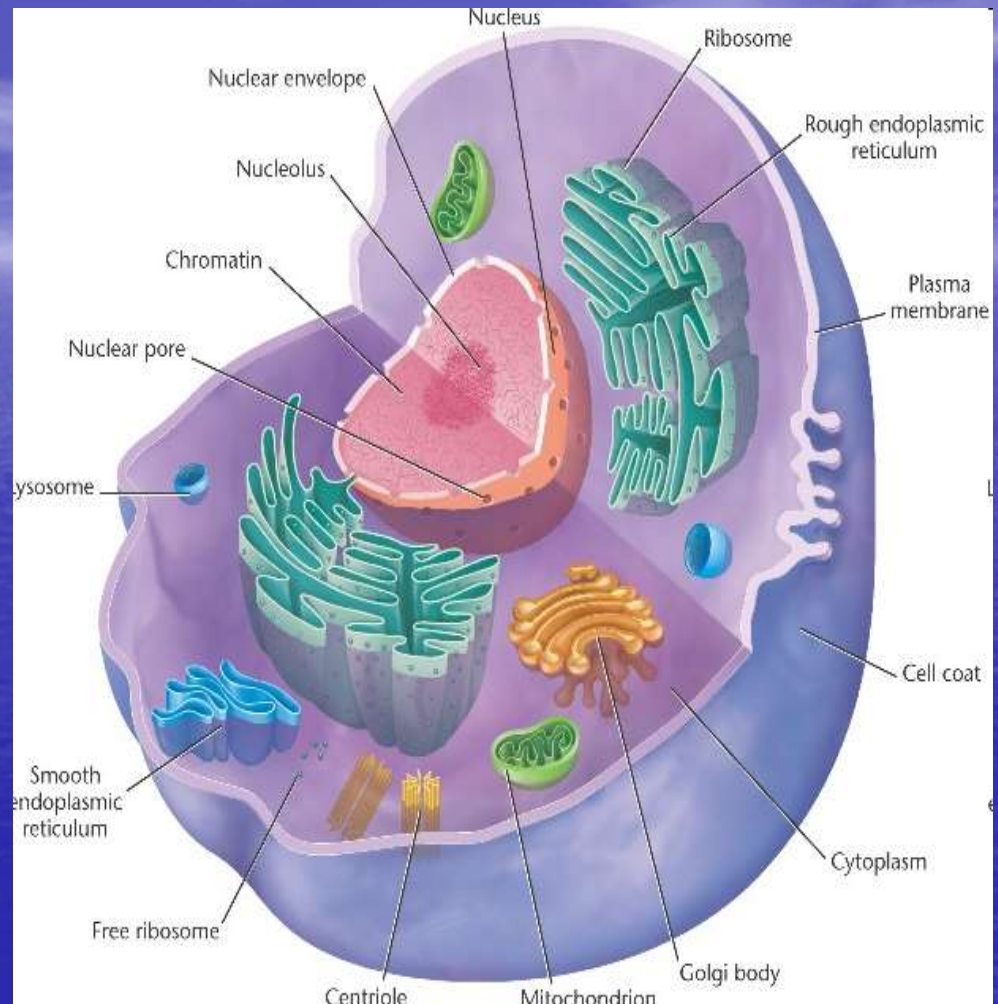


- Nucleus (jedro kod eukariota) je okruglasto tjelašce prečnika oko 5-7 μ m.
- Unutrašnjost jedra je ispunjena nukleoplazmom u kojoj su guste niti hromatina. To su u stvari molekuli DNK.
- U periodu kad jedro miruje hromatin je rasut po cijeloj nukleoplazmi, a za vrijeme mitoze hromatin se skuplja u hromosome.
- Jedarni materijal je obavijen dvojnomo membranom, spoljašnjom i unutrašnjom.
- Spoljašnja membrana je povezana sa endoplazmatičnim retikulumom, a preko njega sa ribozomima.
- Na membranama jedra se nalaze pore kroz koje prolaze molekuli, pa je tako jedro povezano sa citoplazmom

Građa jedra



- U jedru nekih eukariotskih mikroorganizmama nalazi se **jedarce (nucleolus)** čija je uloga sinteza ribozoma. Jedarce nije obavijeno membranom.
- Sinteza ribozoma počinje tako što se najprije sintetiše **ribosomalna RNK (rRNK) na osnovu informacija sa DNK**. Ribosomalna RNK se zatim kombinuje sa ribozomalnim proteinima koji se sintetišu u citoplazminom matriksu i formiraju ribosomalne subjedinice koje se vide u jedarcu.
- Ribosomalne subjedinice kroz pore na jedarnoj membrani napuštaju jedro i odlaze u citoplazmu.

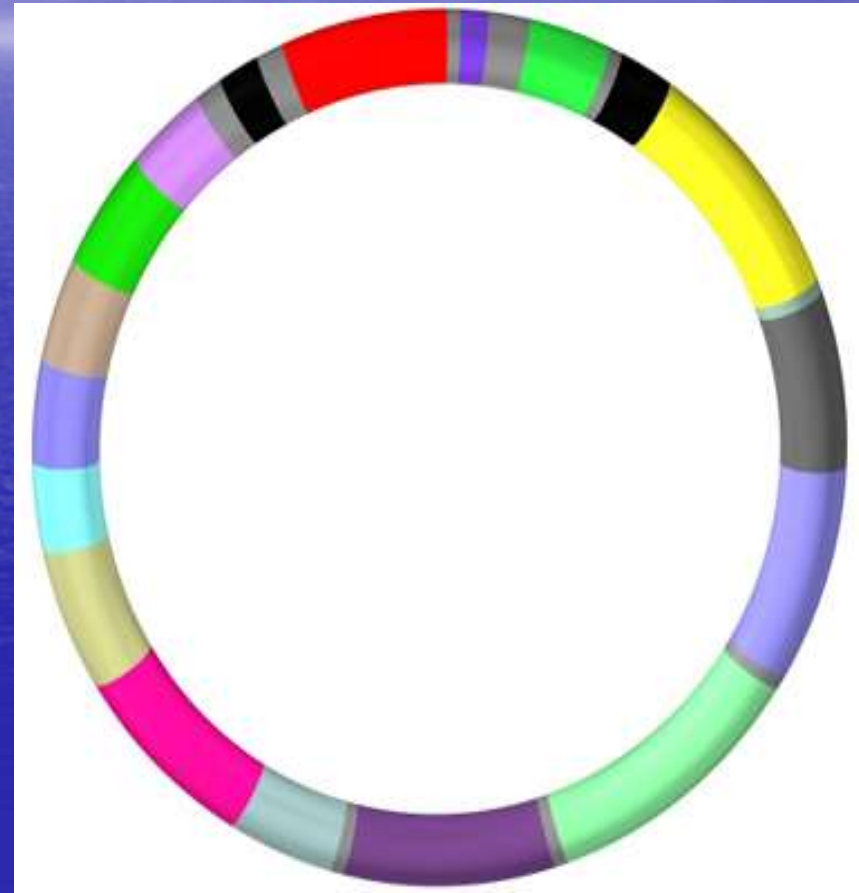


Eukariotska ćelija

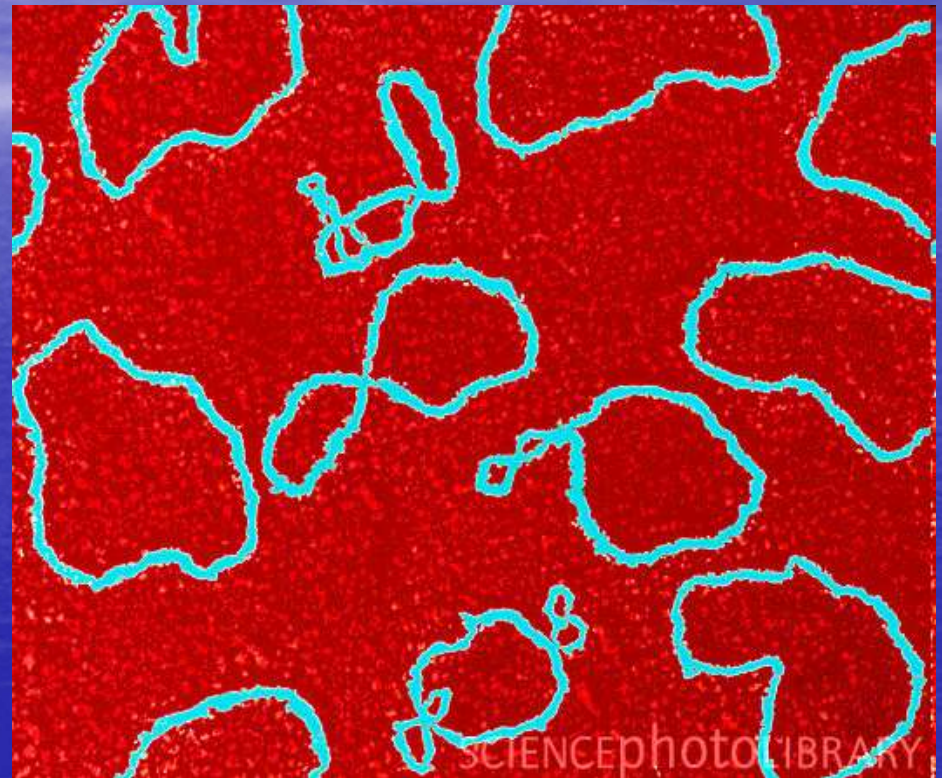
• Plazmidi:

- Plazmidi su mali DNK molekuli u obliku prstena (kruga).
- Mogu biti prisutni u mnogim bakterijama, kao i nekim kvascima i končastim gljivama.
- Plazmidi se umnožavaju odvojeno od replikacije hromozoma.
- Plazmidi sadrže nekoliko gena, obično manje od 30.
- Iz ćelije se mogu odstraniti procesom koji se zove sječenje.
- Sječenje može biti spontano ili indukovano nekim inhibitorima koji sprečavaju replikaciju plazmida.

Plazmid

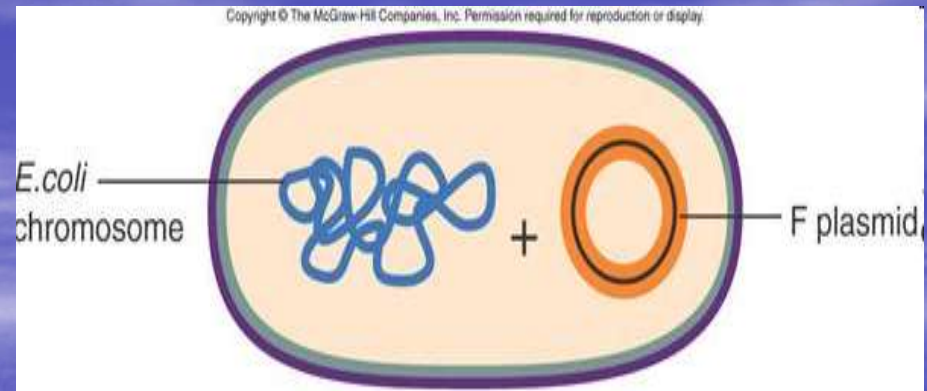


- Kao inhibitori koriste se akridinski mutagensi, UV i jonizujuće zračenje, tiamin i gajenje ćelije iznad optimalne temperature.
- Takvi inhibirani plazmidi se lako isperu iz žive bakterijske ćelije.
- Ovaj postupak se koristi u genetskom inženjeringu koji podrazumijeva prenošenje nekog svojstva iz jedne vrste u drugu.
- Prema funkciji za koju su odgovorni, postoji više vrsta plazmida.

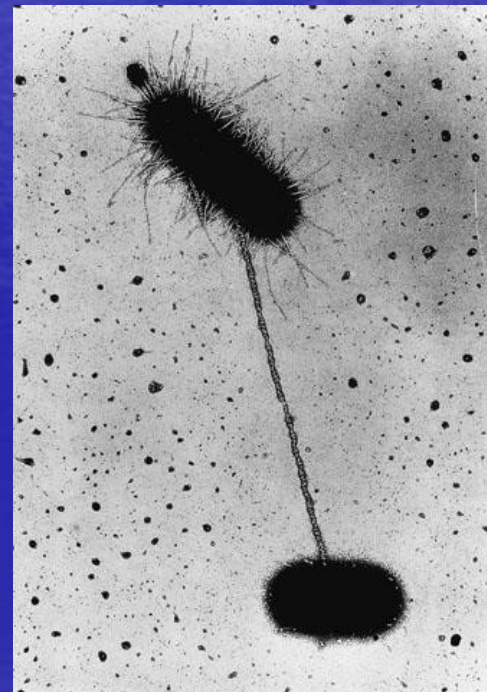


Bakterijski plazmidi, TEM

- Konjugativni plazmidi imaju gene odgovorne za funkcionisanje pila.
- U toku konjugacije preko pila se mogu prenositi nasledne osobine sa jedne bakterije na drugu. Ovi plazmidi sadrže faktor fertiliteta (F faktor).
- Col plazmidi sadrže gene za sintezu bakteriocina – kolicina koji uništava druge bakterije.

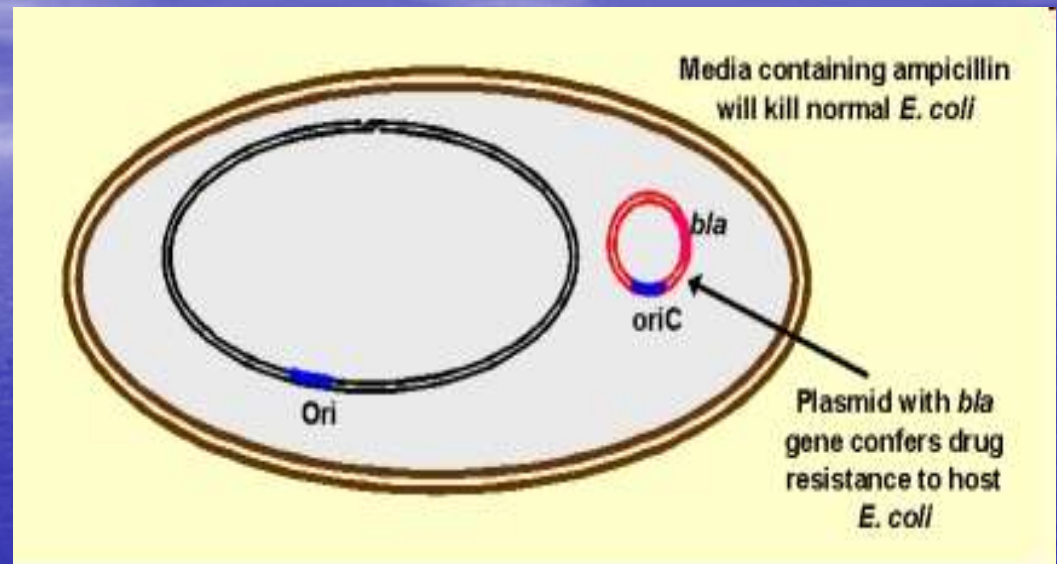


Konjugativni plazmid, F plazmid



Konjugacija

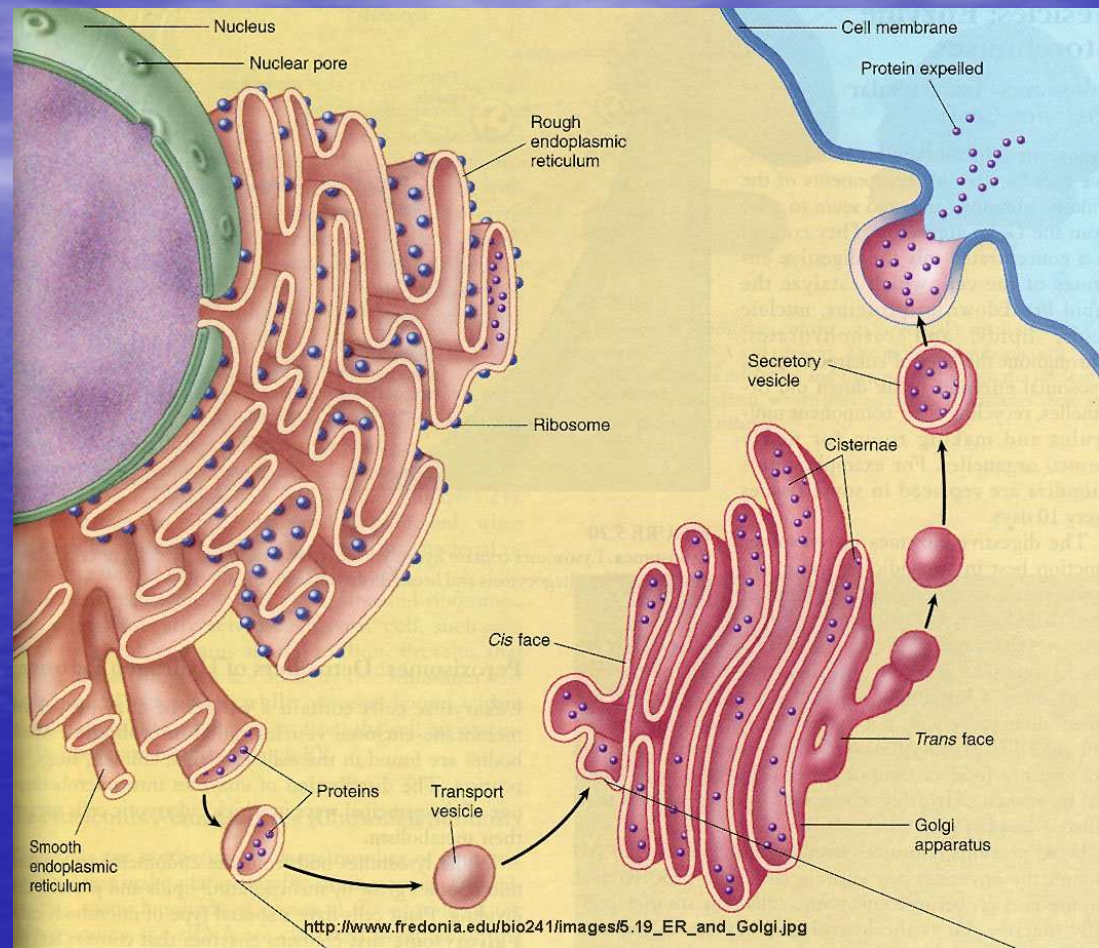
- Virulentni plazmidi su odgovorni za svojstvo patogenosti ćelije. One bakterije koje posjeduju ove plazmide bolje proizvode toksine.
- Plazmidi koji sadrže R faktor odgovorni su za rezistentnost bakterija prema antibioticima.
- Metabolički plazmidi posjeduju gene za sintezu enzima koji vrše razgradnju aromatičnih komponenti, pesticida i šećera. U metaboličke gene spadaju plazmidi koji posjeduju **gene za nodulaciju (nod) i azotofiksaciju (Fix) geni.**



E. coli sa plazmidom koji nosi gen odgovoran za rezistenciju na ampicilin (kodira sintezu enzima beta laktamaze koja razgrađuje ampicilin.)

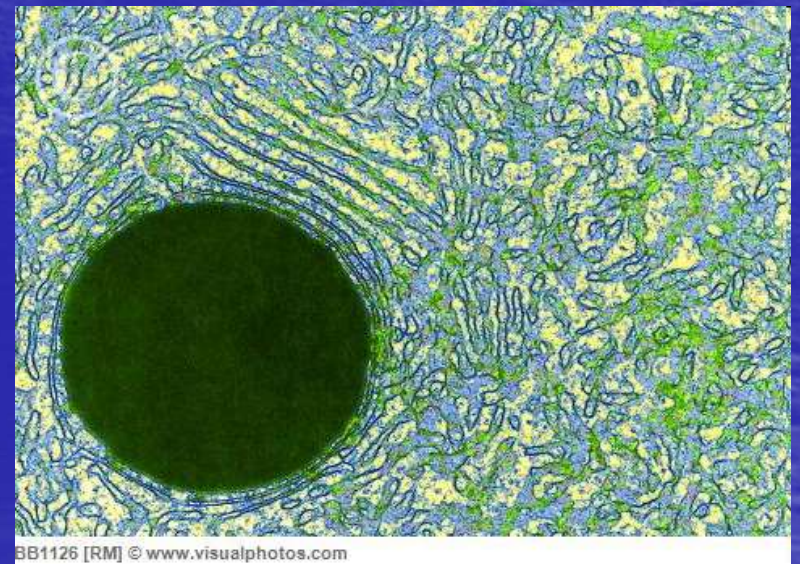
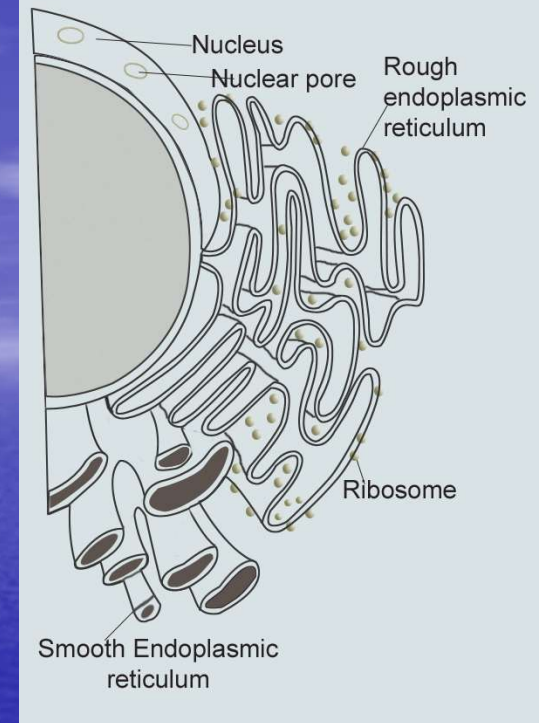
- **Endoplazmatični retikulum**

- Predstavlja mrežu razgranatih cjevčica koja se nalazi u citoplazmatskom matriksu.
- Endoplazmatični retikulum je povezan sa citoplazminom membranom i drugim organelama u ćeliji, čime se povećava unutrašnja aktivna površina ćelije.
- Kod ćelija koje više proizvode proteine endoplazmina mrežica je prekrivena ribozomima i hrapavog je izgleda.



Hrapavi endoplazmin retikulum i Goldžijev aparat

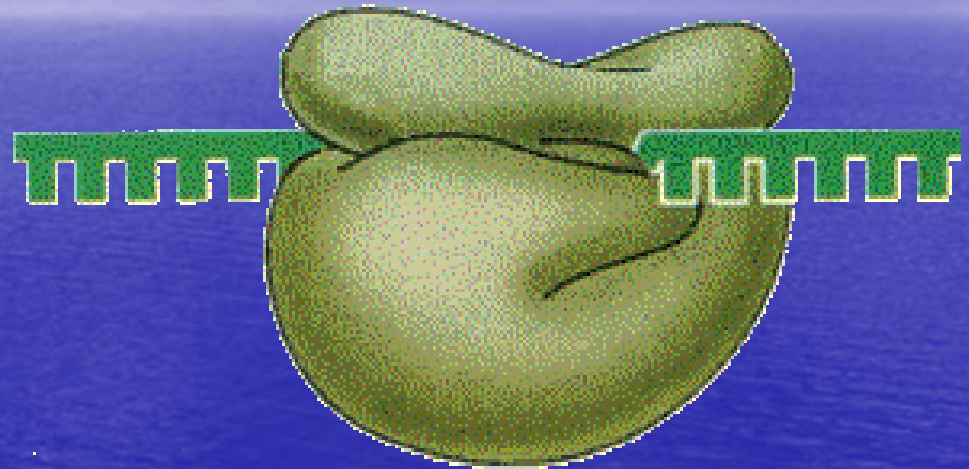
- Kod ćelija koji više proizvode lipide najveći dio mrežice je gladak.
- Preko endoplazmine mrežice sintetisani proteini i lipidi se transportuju kroz ćeliju.
- Na endoplazmatičnoj mrežici se sintetišu i komponente citoplazmine membrane.



Glatki endoplazmin retikulum

- **Ribozomi**
- Su mala okruglasta tjelašca vidljiva samo elektronskim mikroskopom.
- Po građi i funkciji su veoma kompleksni.
- Sastoje se od proteina i ribonukleinske kiseline ((RNK). Zbog toga što sadrže veliku količinu ribonukleinskih kiselina nazvane su *ribozomi*. Prečnik ribozoma se kreće između 15 i 30 nm.
- Prema koeficijentu sedimentacije izraženom u jedinicama Svedberga (S), razlikuju se ribozomi prokariota i ribozomi eukariota.
- Ribozomi prokariota su manji od ribozoma eukariota. Koeficijent sedimentacije im je 70S. Sastoje se od dvije podjedinice, 30S i 50S.
- Ribozomi eukariota imaju koeficijent sedimentacije 80S. Sastoje se od dvije podjedinice, 40S i 60S.

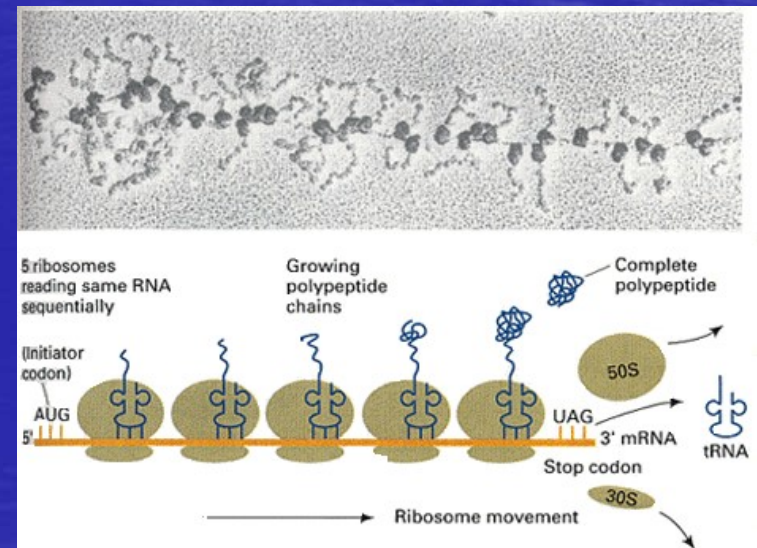
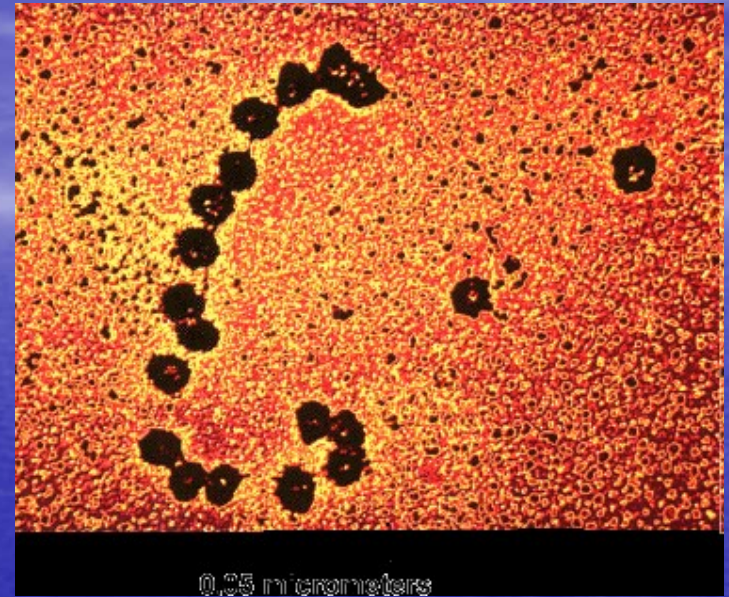
Ribozom



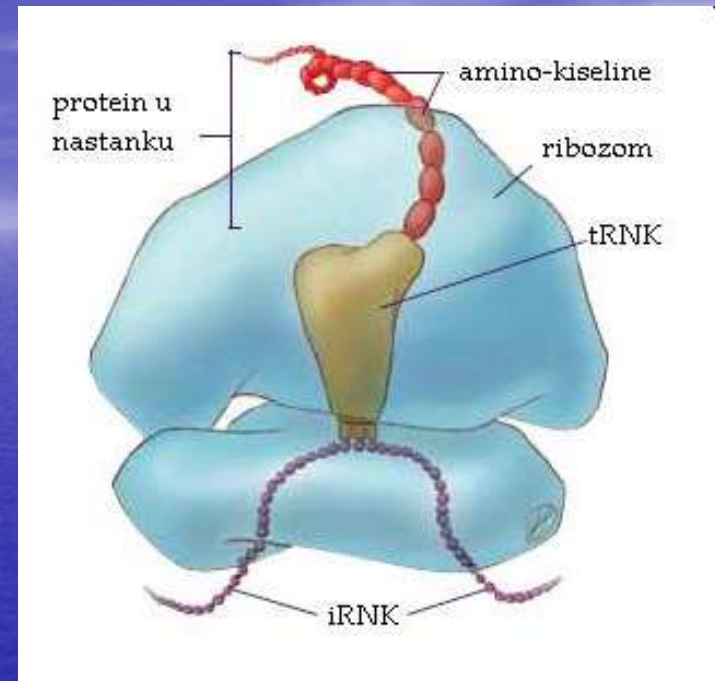
Razlikujemo dve populacije ribozoma:

Poliribozomi

1. ribozomi vezani za membrane granuliranog endoplazmatičnog retikuluma (GER-a) ili za jedrovu membranu
 2. slobodni ribozomi, tj. oni koji nisu vezani ni za jednu membransku strukturu nego se nalaze pojedinačno ili u grupama slobodni u citoplazmi.
- Više pojedinačnih slobodnih ribozoma povezuje se sa iRNK koja prolazi između njihovih subjedinica i tako se obrazuje struktura koja se naziva **poliribozom ili polizom**, koja podsjeća na nisku perli.
 - Broj ribozoma u poliribozomu je određen složenošću proteina koji sintetiše, odnosno brojem aminokiselina proteina.

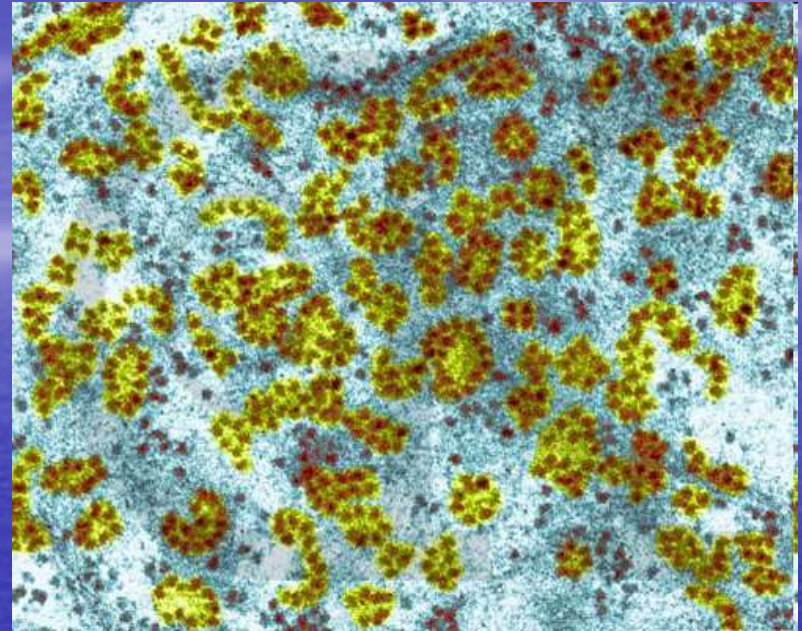


- Na iRNK se nalazi zapisan redosled amino-kiselina unutar određenog proteina. Instrukcije za sintezu proteina su kodirane u DNK jedra, odakle se prepisuju na iRNK koja odlazi u citoplazmu, spaja se sa ribozomima i obrazuje poliribozom. Klizeći duž iRNK ribozomi "čitaju" zapis na njoj i spajaju molekule aminokiselina u polipeptidni lanac. (slika dole). Kako se ribozomi pomjeraju, raste proteinski lanac i to se odvija velikom brzinom. Aminokiseline se transportuju do ribozoma pomoću transportne RNK (tRNK) koja se kao i rRNK sintetise u jedru i specifična je za svaku aminokiselinu. Formirani polipeptidni lanac se otpušta u citoplazmu ako je polizom slobodan, ili se spušta u cisterne granuliranog endoplazminog retikuluma ukoliko je polizom vezan za njega.



Ribozom tokom translacije

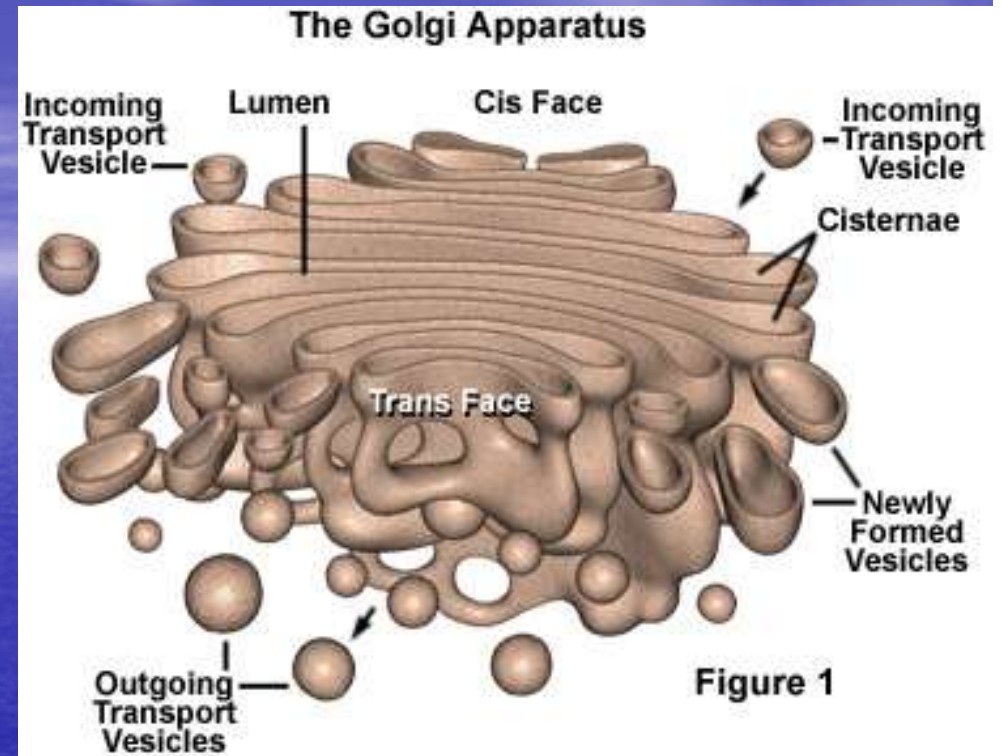
- Slobodni i vezani ribozomi se strukturno ne razlikuju. Razlikuju se samo u vrsti proteina u čijoj izgradnji učestvuju.
- Slobodni ribozomi sintetišu proteine koji ostaju u ćeliji i izgrađuju membranske organele, dok ribozomi (polizomi) vezani za membrane sintetišu uglavnom sekretorne proteine tj. one proteine koje će ćelije izbaciti egzocitozom u ekstracelularni prostor.
- Nakon obavljene sinteze proteina poliribozomi se raspadaju na pojedinačne ribozome ili, čak, na subjedinice ribozoma što je označeno kao *disagregacija*. Zbog ovog procesa u ćelijama se nalazi mnogo usamljenih, odnosno neaktivnih ribozoma, a tek po nekoliko poliribozoma.



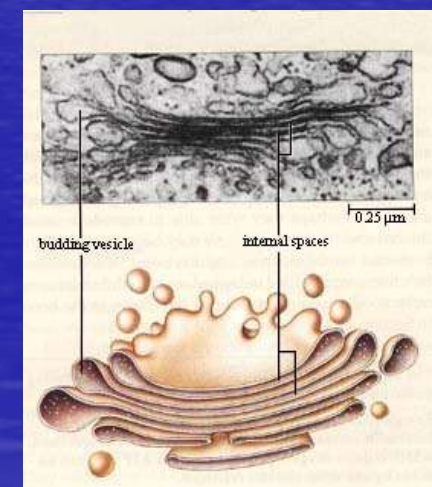
Ribozomi i poliribozomi

● Goldžijev aparat

- Goldžijev aparat je krupna organela koja se sastoji od većeg broja glatkih cjevčica koje su na krajevima proširene i okružene loptastim mjehurićima (tubule i vesikule).
- Svaka cjevčica je debljine 15-20nm i od druge je udaljena oko 20-30nm.
- Cjevčice su obično povezane u paketiće.
- Goldžijev aparat se nalazi kod većine eukariotskih mikroorganizama.
- Kod nekih gljiva i ciliata ova organela je slabije razvijena i sastoji se samo od jedne cjevčice.



Goldžijev aparat

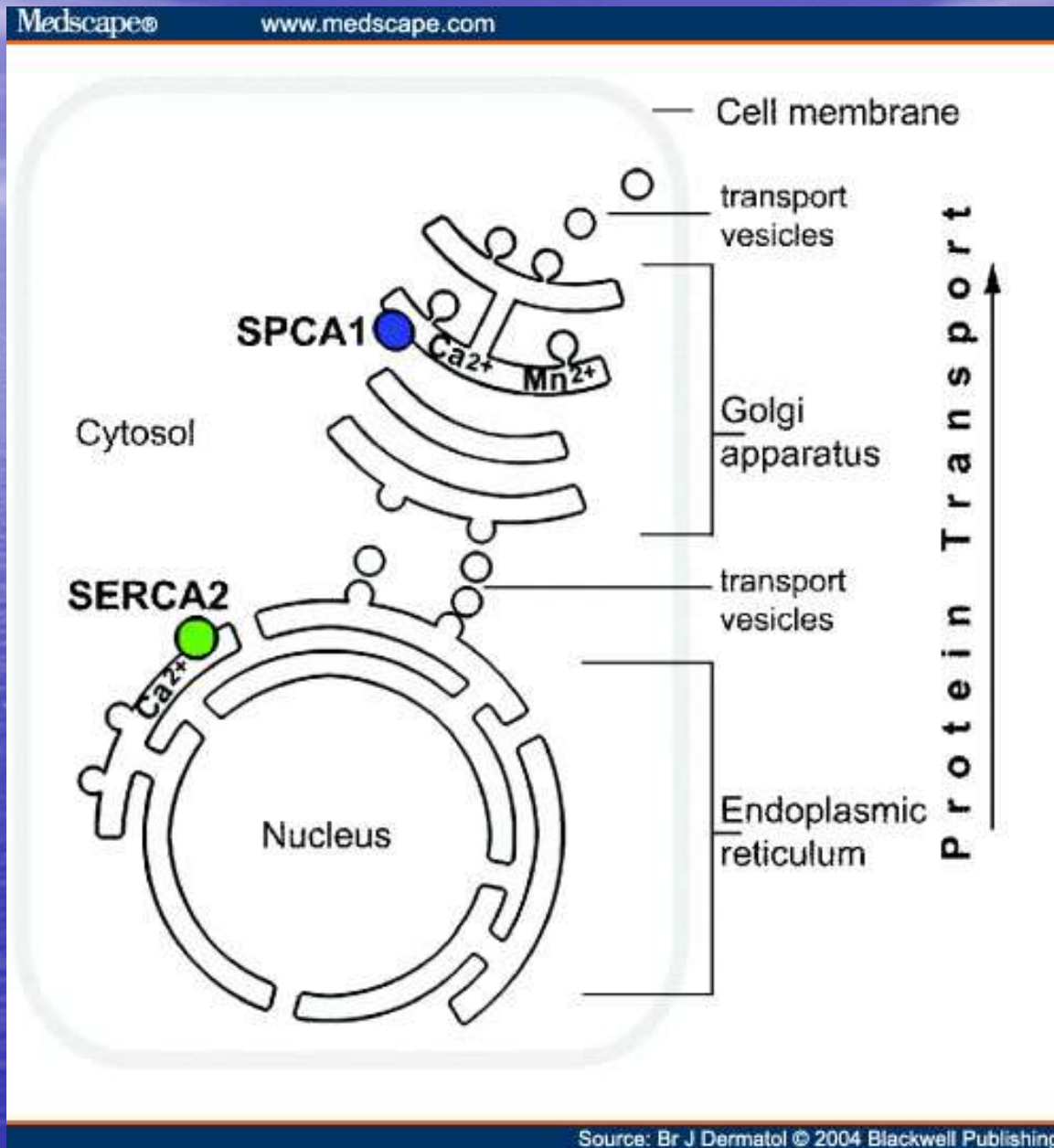


- Osnovna uloga Goldžijevog aparata:
- Nakupljanje materija i priprema za sekreciju iz ćelije
- Izgradnja citoplazmine membrane
- Modifikacija proteina kako bi mogli reagovati sa drugim grupama i jedinjenjima, nakon čega odlaze na odgovarajuće lokacije u ćeliji.

Goldžijev aparat

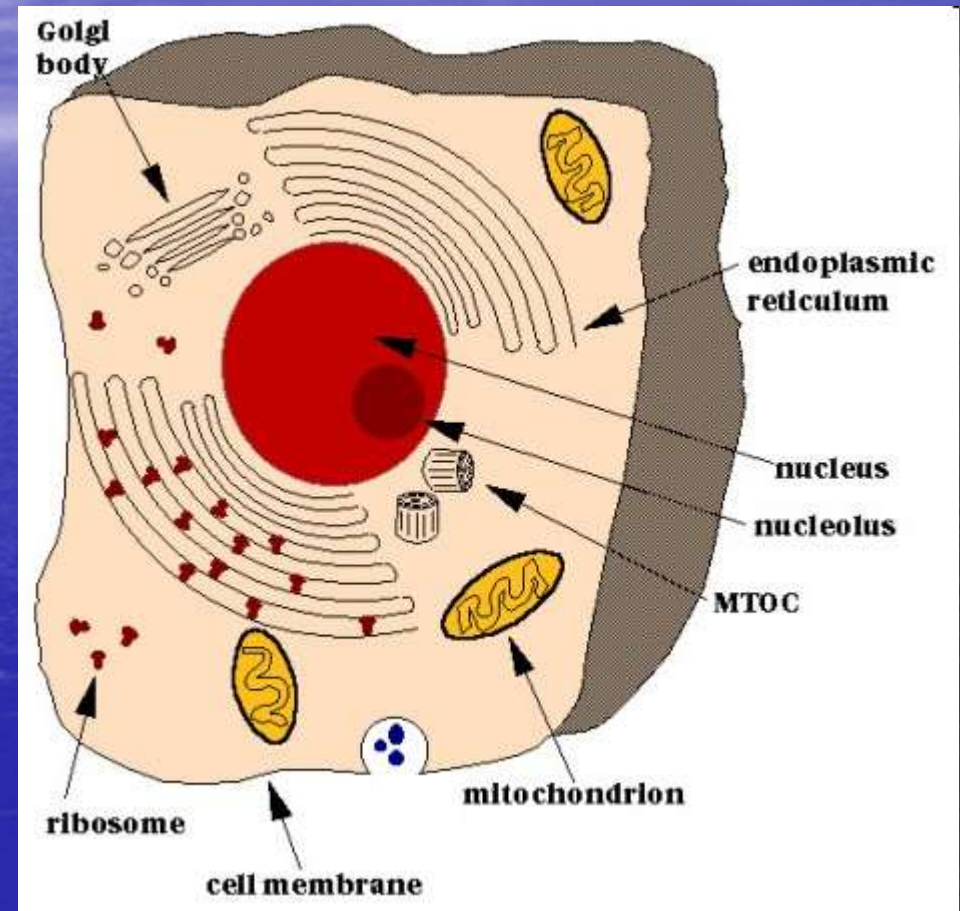


- Transport proteina kroz eukariotsku ćeliju



• Mitohondrije

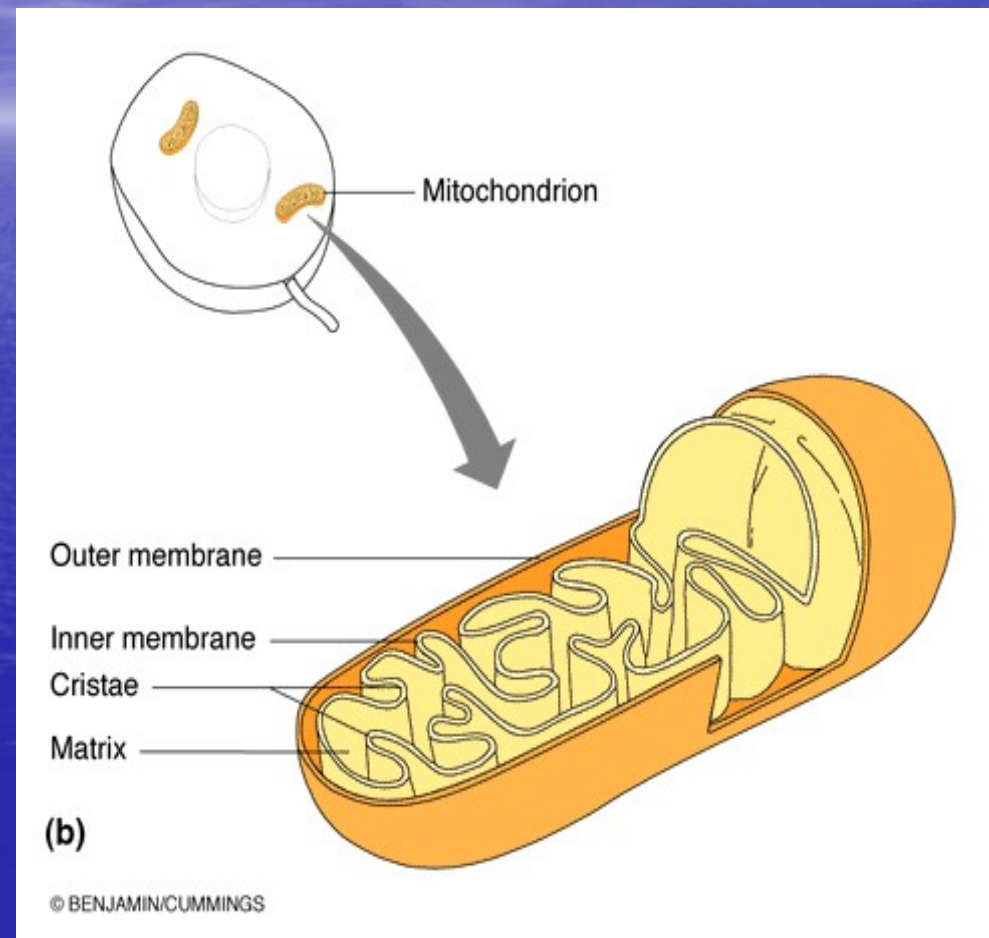
- Mitohondrije su organele koje se nalaze u svim eukariotskim ćelijama.
- Broj mitohondrija u ćeliji je obično iznad 100, a zavisi od vrste mikroorganizama i uslova gajenja.
- Samo kod nekih mikroorganizama (neki kvasci, jednoćelijske alge i protozoa *Trypanosoma*), u ćeliji se nalazi jedna gigantska mitohondrija koja je preko sistema mrežica povezana sa citoplazmom.



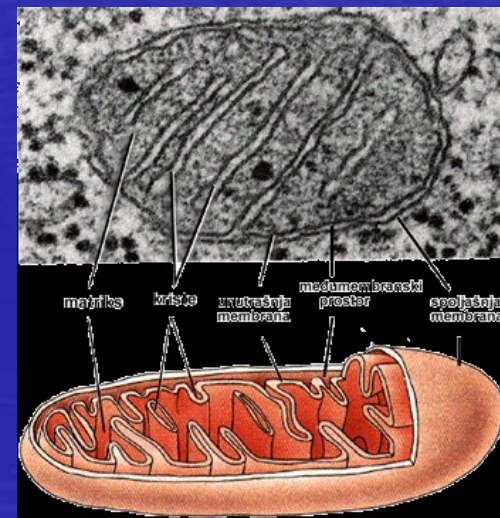
Eukariotska ćelija

Mitochondrija

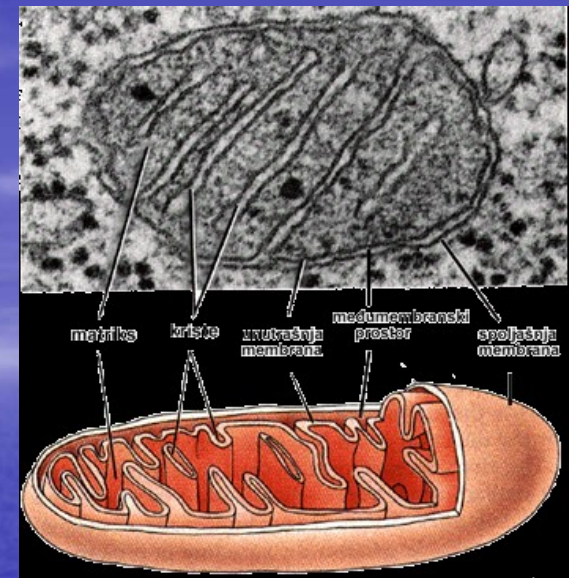
- Oblik mitohondrije je cilindričan, širina je od 0,3 do 1 μm , a dužina 5-10 μm
- Mitohondrije imaju dvije opne koje su odvojene intermembranskim prostorom.
- Na unutrašnjoj opni kao unutrašnjosti mitohondrije nalaze se poprečne pregrade-kriste koje povećavaju površinu za biohemijsku aktivnost.
- Oblik krista je različit kod različitih mikroorganizama.
- Gljive imaju laminarne kriste, dok mnoge eukariote imaju tubularne kriste.



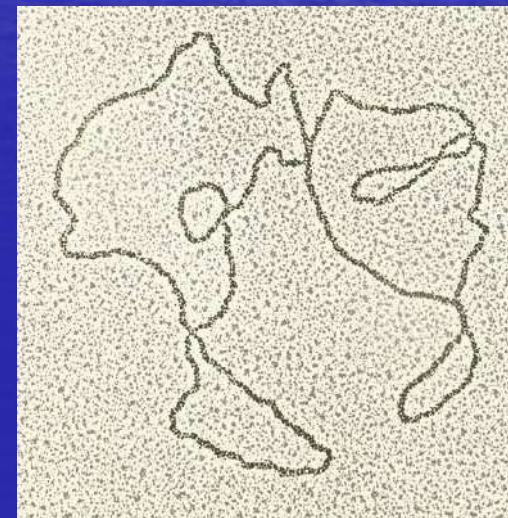
- Na površini unutrašnje membrane nalaze se granule koje su za opnu povezane preko tankih kratkih drščica.
- Ove granule nazvane su F1 čestice i u njima se sintetiše ATP u toku respiracije.
- Unutrašnjost mitohondrija je ispunjena mitohondrijalnim matriksom koji se sastoji od proteina, lipida i malog broja ribozoma.
- Spoljašnja i unutrašnja membrana mitohondrija građene su kao i druge lipoproteinske membrane.



- Osnovna uloga mitohondrija je u odvijanju procesa oksidativne fosforilacije.
- U matriksu mitohondrija nalaze se svi enzimi Krebsovog ciklusa pod čijim uticajem se vrši potpuna oksidacija pirogroždane kiseline, a na unutrašnjoj membrani nalaze se enzimi lanca disanja.
- Mitohondrije sadrže sopstvenu DNK, što im omogućava samoreprodukciju u toku deobe.
- Imaju veliku autonomiju u ćeliji, tako da svoju funkciju zadržavaju i nakon izdvajanja iz ćelije.



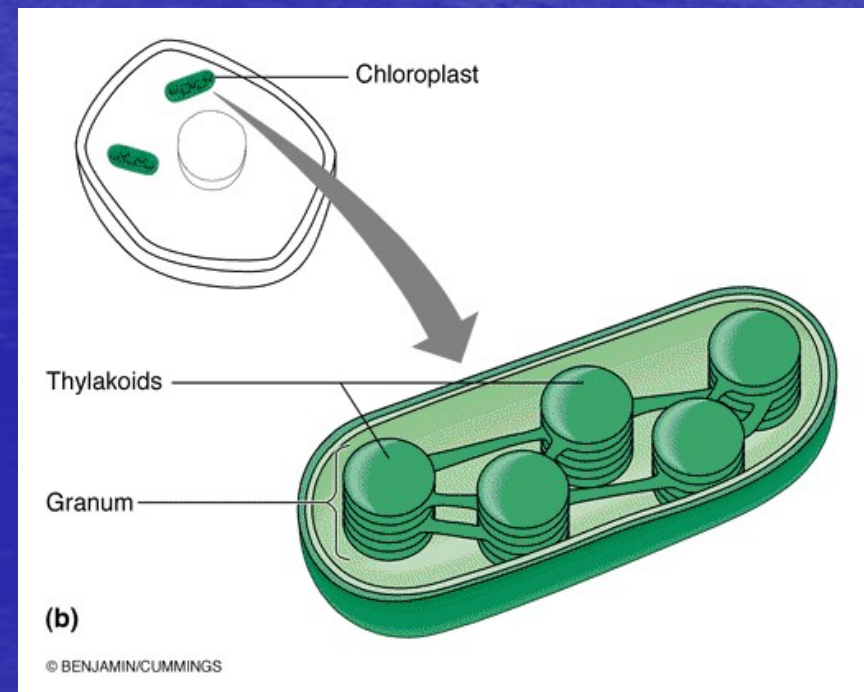
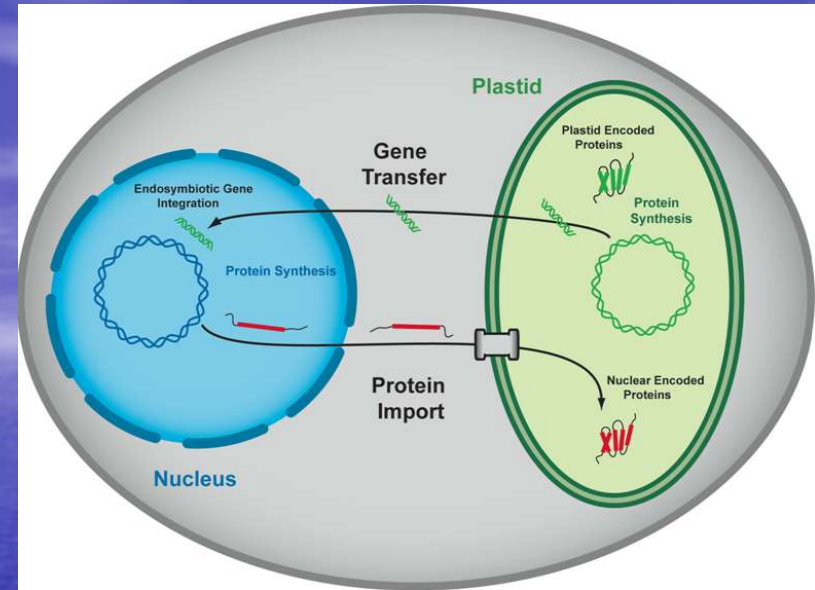
Mitohondrija



DNK mitohondrija

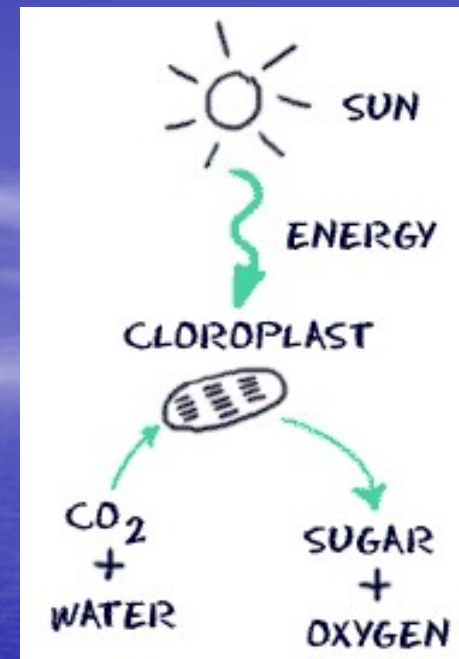
Plastidi

- Plastidi su citoplazmatične organele kod algi i viših biljaka koje posjeduju pigmente kao što su **hlorofil** i **karotenoidi**.
- To su mjesta sinteze rezervnih hranjivih materija.
- Najpoznatiji tip plastida je **hloroplast**.
- Sadrži 70 S ribozom i prstenasti hromozom
- Umnožava se nezavisno od ćelije

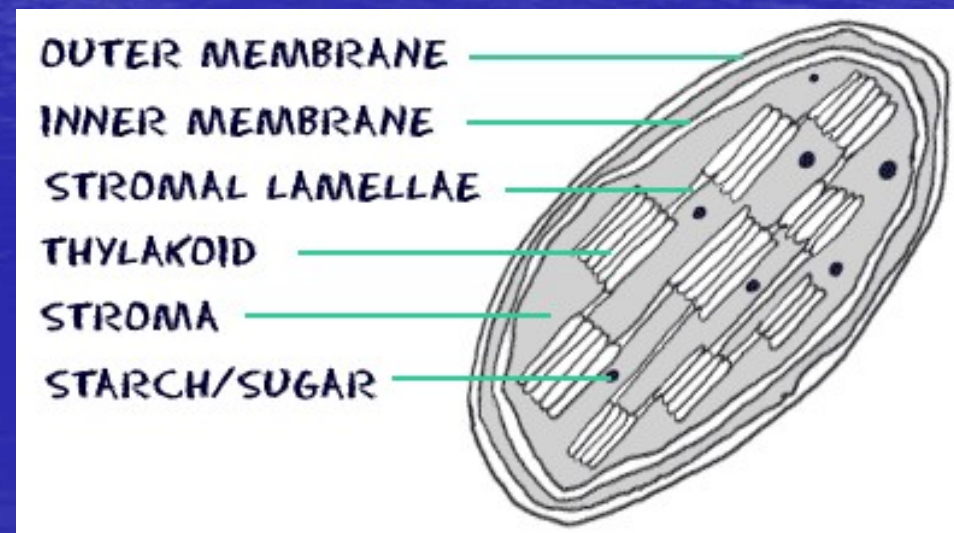


hloroplast

- Hloroplast sadrži pigment hlorofil.
- U hloroplastima se uz pomoć sunčeve energije, iz ugljendioksida i vode sintetizuju ugljeni hidrati.
- Oblik hloroplasta je najčešće ovalan, a može biti i peharast, mrežast, zrakast, zvjezdast, spiralan, pločast i cilindričan.
- Hloroplast ovalnog oblika je širok 2-4 μm , a dugačak 5-10 μm .
- Neke alge sadrže po jedan ogroman hloroplast koji popunjava veliki dio ćelije.

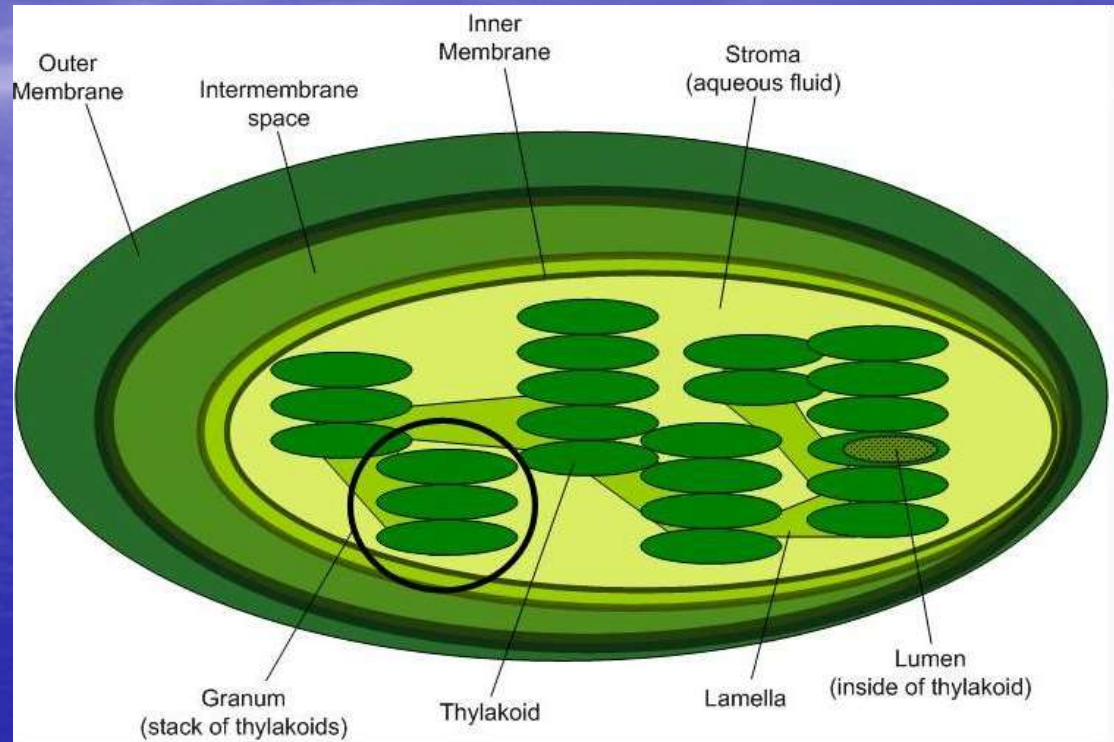


Šematski prikaz fotosinteze u hloroplastima



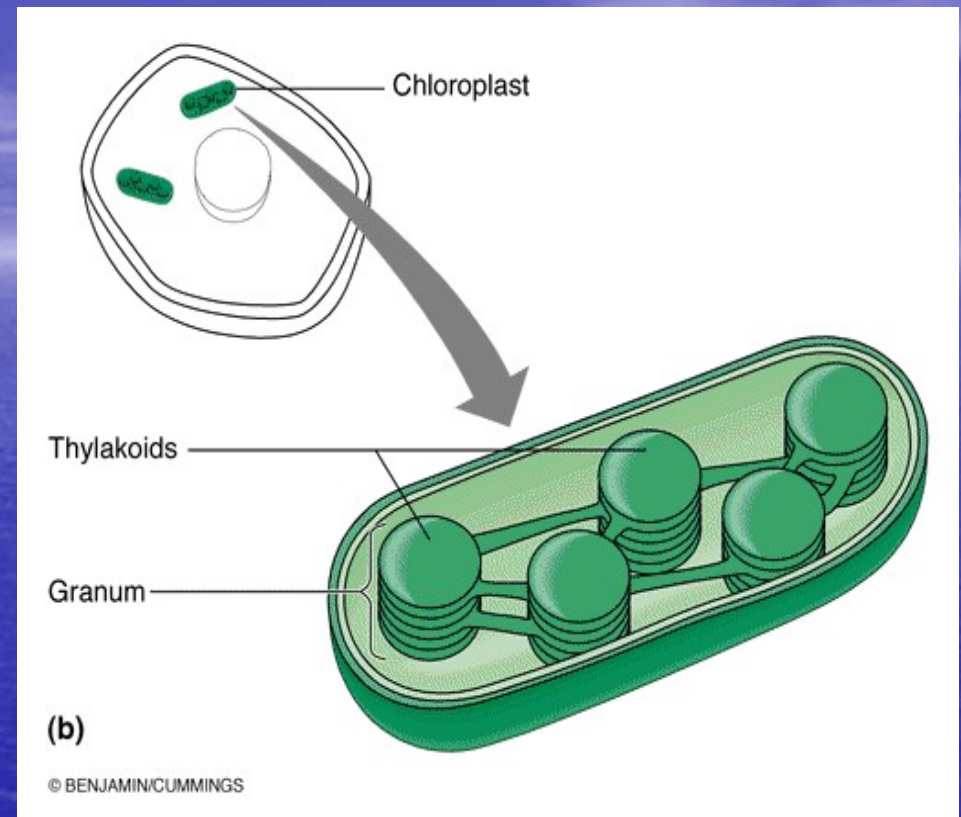
Šematski prikaz građe hloroplasta

- Broj hloroplasta kod algi je 1-20, a kod biljaka do 100 u jednoj ćeliji.
- Hloroplast je obavijen dvojnou membranom. Unutrašnjost je ispunjena matriksom koji je nazvan **stroma**.
- Matriks (stroma) sadrži DNK, ribozome, masne kapi, granule skroba i **kompleks unutrašnjih membrana** koje se zovu **tilakoidi**.
- U matriksu algi može biti više tilakoida.



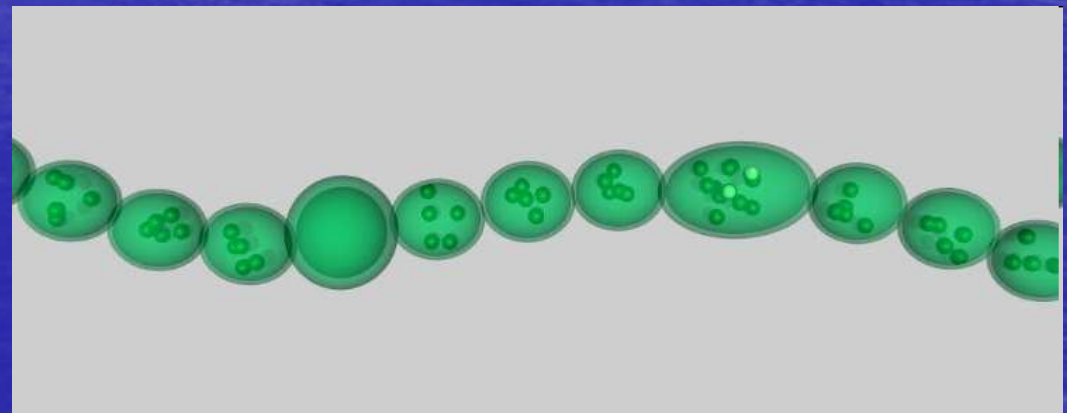
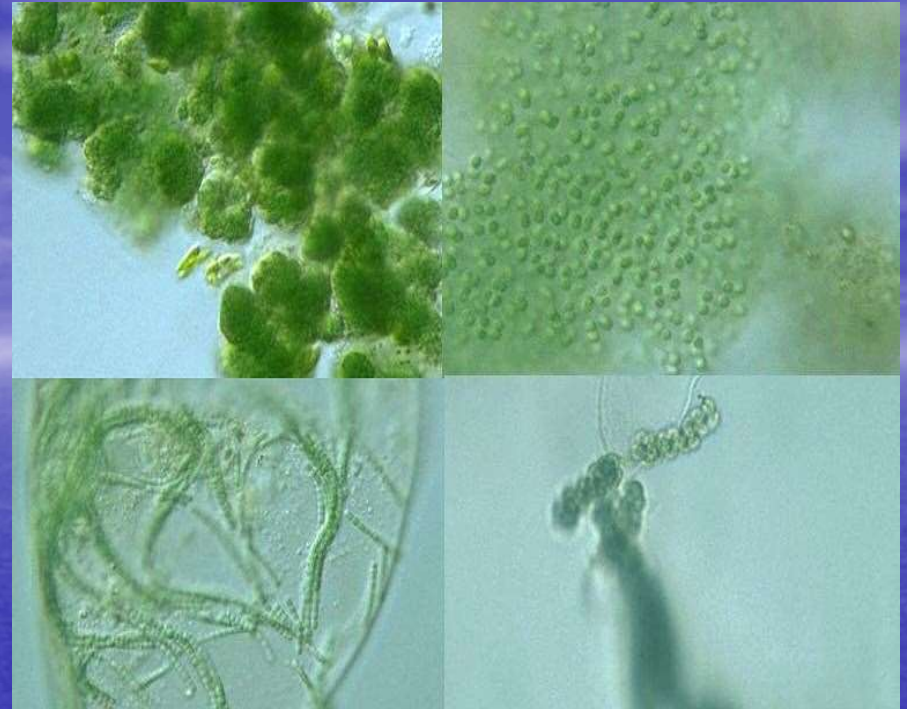
Hloroplast

- Kod nekih algi nekoliko diskolikih tilakoida su grupisani u tvorevine koje se zovu grane (granum-zrnice).
- Kod mrko-žutih algi plastidi su mrke ili žute boje i zovu se *hromoplasti ili feoplasti*. Mrka boja potiče od dopunskog pigmenta fikoksantina.
- Kod crvenih algi plastidi su crveni (rodoplasti), a boja potiče od dopunskog pigmenta crvene boje-fikoeritrina.



Hloroplast

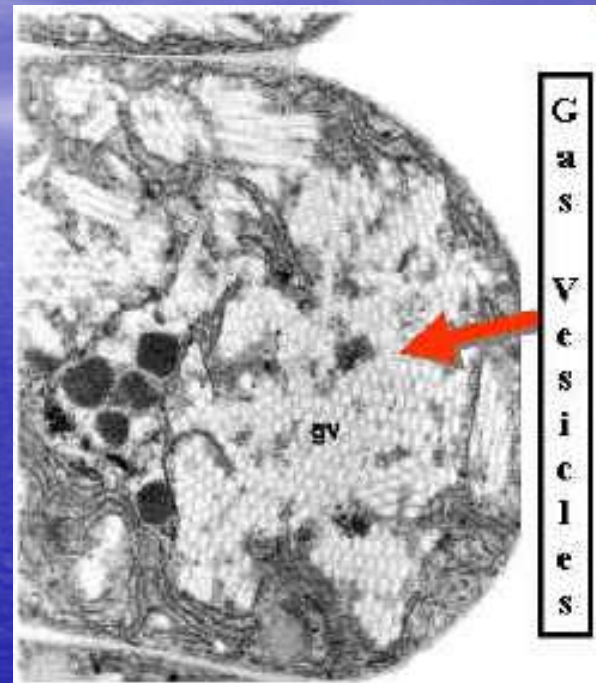
- Kod prokariotskih mikroorganizama fotosintetski aparat se nalazi u **hromatoforama** koje su direktno vezane za citoplazminu membranu.



**Cyanobacteria- sadrže zeleni pigment hlorofil.
Ranije su bile svrstane u alge**

Vakuole:

- Vakuole su tjelašca koja imaju lipoproteinsku opnu i nalaze se u ćeliji većine eukariotskih mikroorganizama
- Nalaze se i kod nekih bakterija u starijoj fazi razvoja.
- Do sada su otkrivene tri vrste vakuola:
 - Digestivne
 - Kontraktivne i
 - Gasne

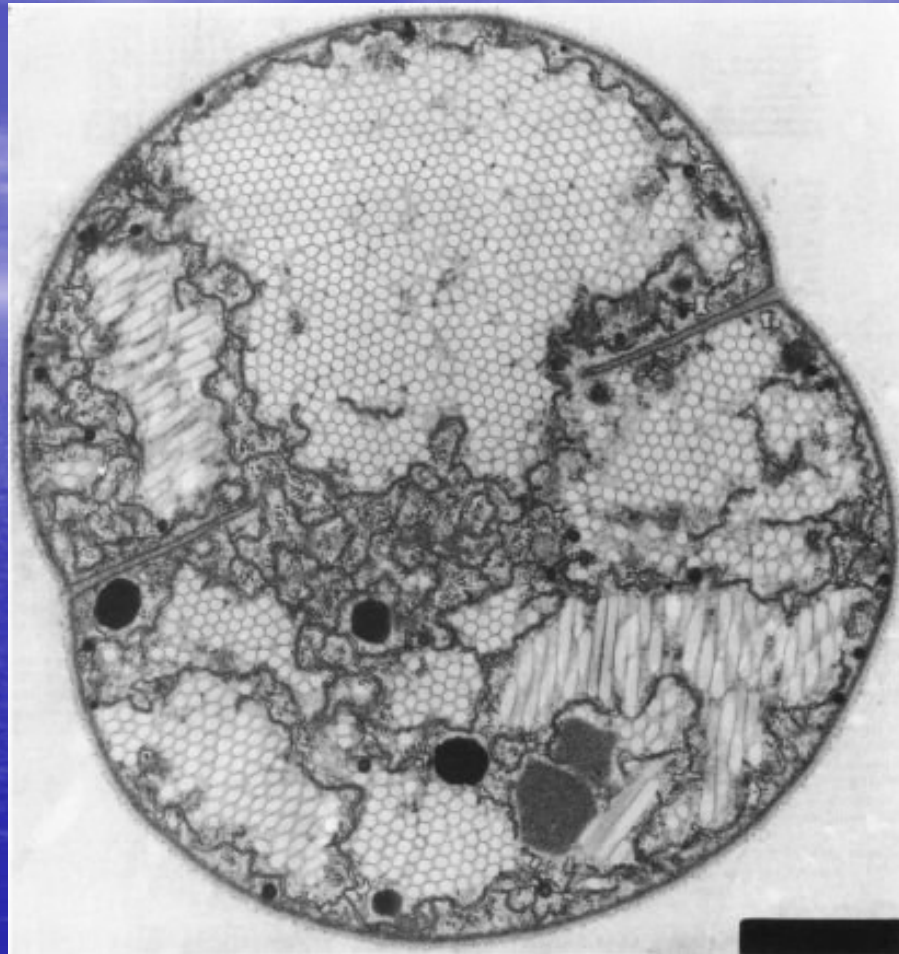


- Digestivne vakuole su karakteristične za protozoe. Formiraju se oko čvrste hranjive čestice koja u ćeliju ulazi preko usnog otvora. Nakon varenja hrane, vakuola nestaje.
- Kontraktilne (pulzativne) vakuole imaju ulogu održavanja acidobazne ravnoteže u ćeliji, tako što izbacuju vodu i razne metabolite iz ćelije. Nalaze se u ćelijama svih slatkovodnih protozoa kao i kod nekih koje žive u slanim vodama.



Kontraktivna vakuola kod protozoa

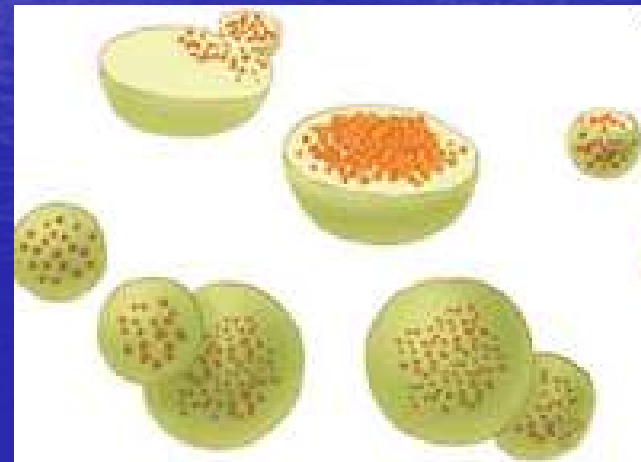
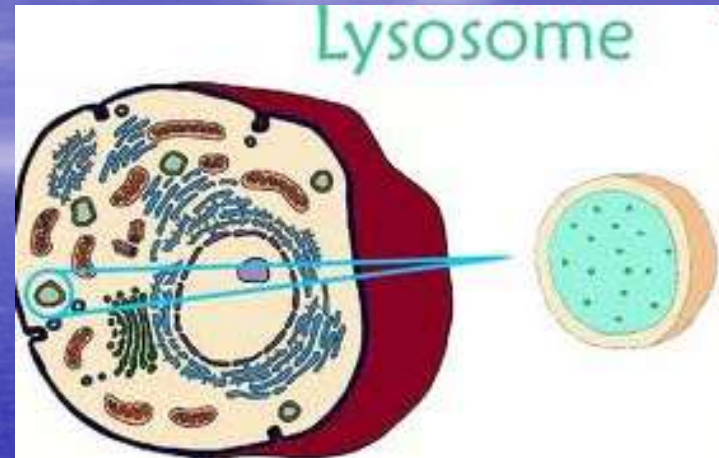
- Gasne vakuole ili aerosoli su ispunjene gasom. Zahvaljujući ovim vakuolama cianobakterije lebde u vodi. S povećanjem intenziteta svjetlosti broj gasnih vakuola se povećava, pa se smatra da one čiste ćeliju od prevelike insolacije.



Heksagonalni oblici unutar citoplazme ove cianobakterije su gasne vezikule.

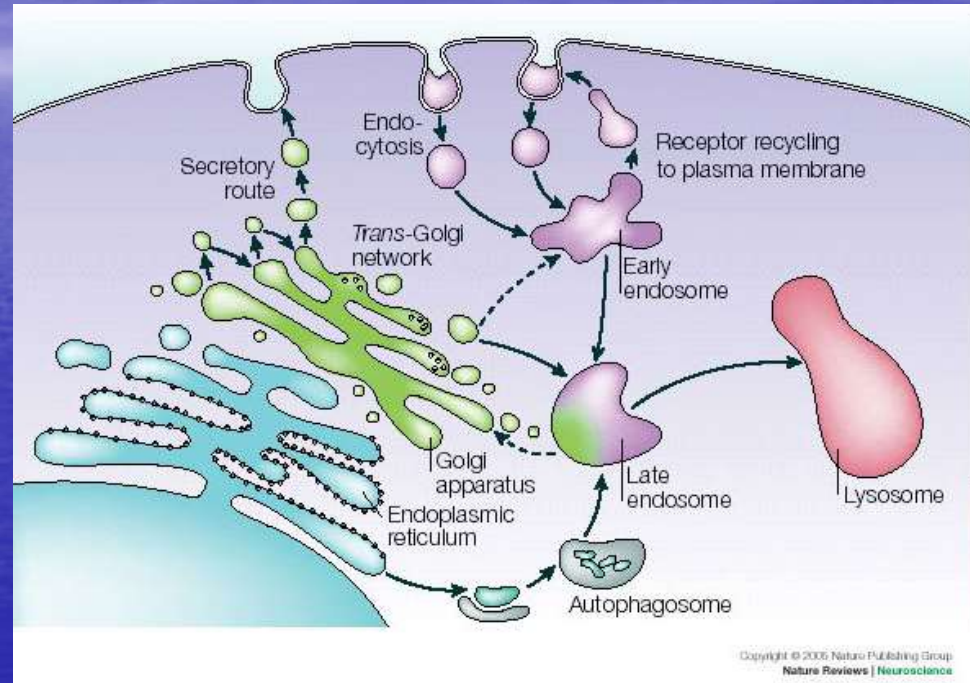
Lizozomi

- Lizozomi su mala sferična tjelašca veličine 50-500nm.
- Nalaze se u citoplazmi protozoa, nekih algi, gljiva, biljaka i životinja.
- Obavijeni su jednoslojnom lipoproteinskom membranom.
- Njihovo funkcionisanje je povezano sa endoplazmatičnim retikulumom, digestivnim vakuolama i Goldžijevim aparatom.



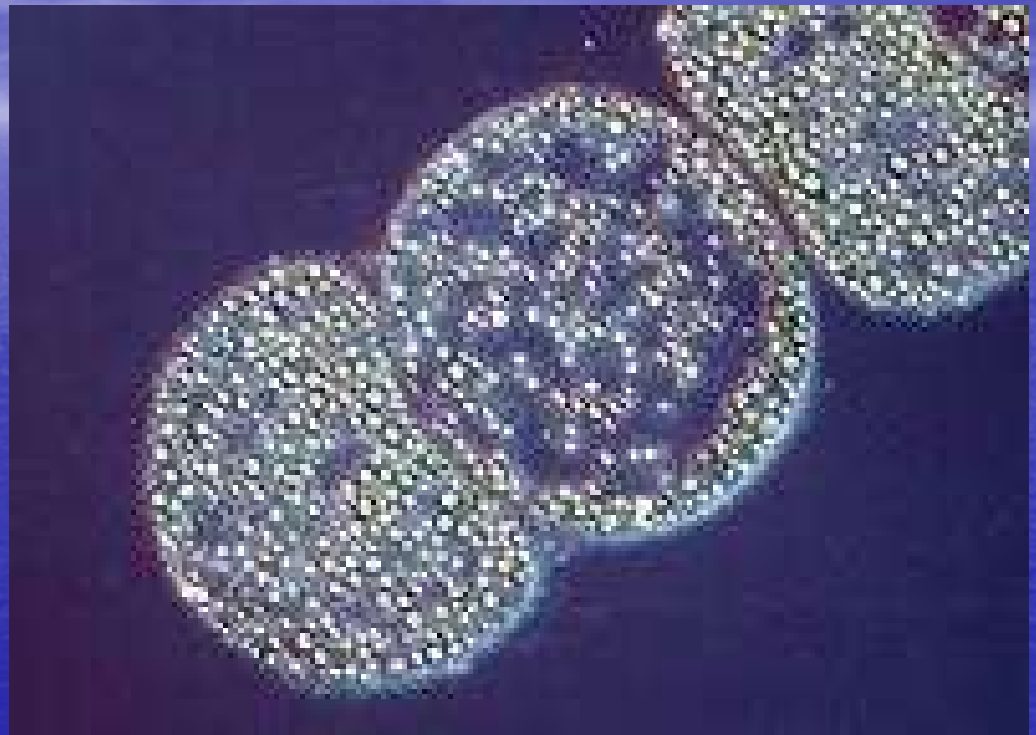
Lizozom

- **Hidrolitički enzimi** koji se sintetišu na hrapavom endoplazmatičnom retikulumu transportuju se u lizosome gdje se vrši digestija hranjivih materija.
- Često se lizozomi spajaju sa hranjivom vakuolom i tako potpomažu varenje usvojenih čestica.
- Nesvareni djelovi hrane iz lizozoma se transportuju u Goldžijev aparat koji ima sekretornu ulogu.



Citoplazmatične inkluzije

- Inkluzije predstavljaju različite organske i neorganske materije u citoplazmatičnom matriksu.
- Ova tjelašca se obično koriste kao rezerva ugljenika, neorganskih materija i energije.
- Neke inkluzije su obavijene membranom, kao što su granule glikogena i sumpora.
- Pošto se inkluzije koriste kao rezervna materija, njihov broj varira u zavisnosti od načina ishrane i starosti ćelije.



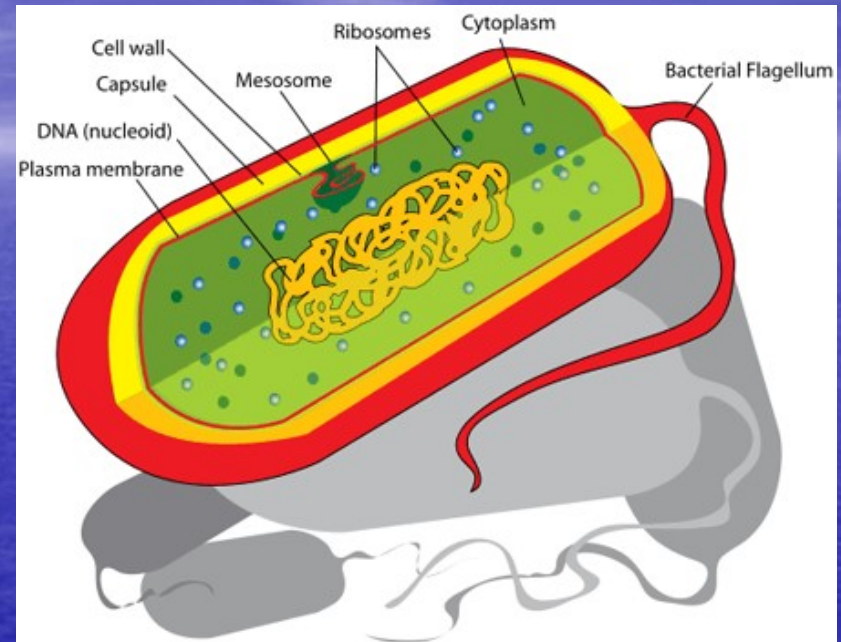
Sumporne granule *Thiomargarita namibiensis*

- Cianoficin je rezervna materija kod cianobakterija. Sastoji se od velikih molekula polipeptida koji su građeni od jednakih količina aminokiselina arginina i asparagina.
- Metahromatinska zrnca su rezerva polifosfata i nukleotida.
- Magnetozomi su inkluzije koje sadrže gvožđe u obliku magnetita i služe mikroorganizmima za orijentaciju u odnosu na magnetno polje zemlje.

- U ćelijskom soku mikroorganizama nakupljaju se i druge materije koje mikroorganizmi mogu da koriste. To su enzimi, nukleinske kiseline, aminokiseline, monosaharidi, disaharidi, masne kiseline i razni alkoholi.

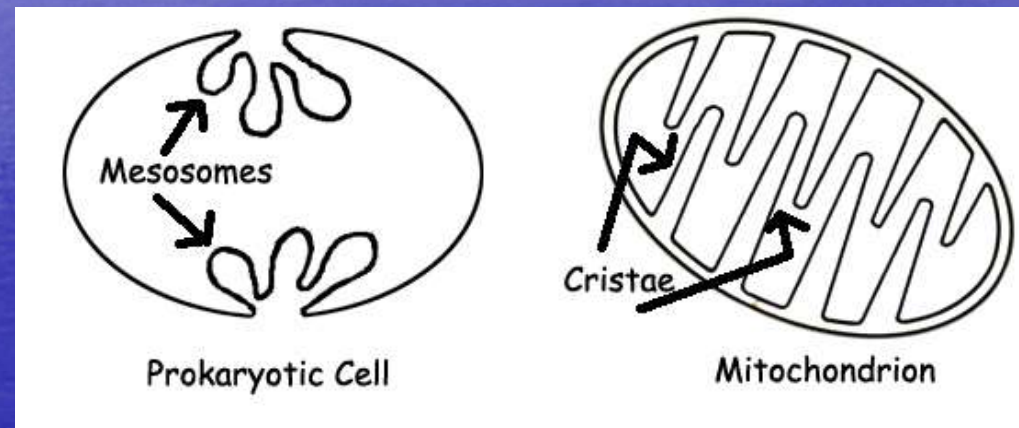
Mezozomi:

- Mezozomi su ulegnuća citoplazmine membrane u obliku vezikula, tubula i lamela.
- Nalaze se u ćelijama gram pozitivnih i gram negativnih bakterija, ali su razvijenije kod gram pozitivnih bakterija.
- Funkcija mezozoma je različita.
- U njima se vrši biosinteza gradivnih elemenata ćelije, razgradnja hranjivih materija, disanje, oksidativna fosforilacija i fotosinteza.



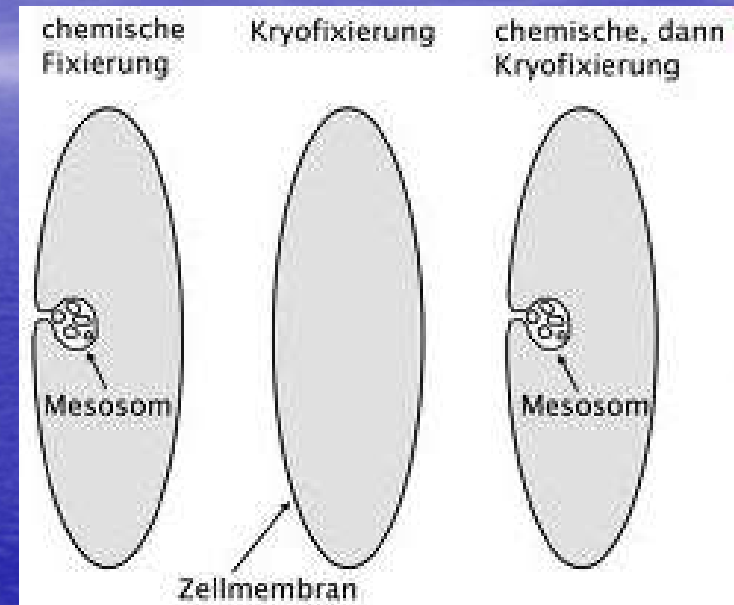
Bakterija sa mezozomima

- Mezozomi u kojima se vrši oksidativna fosforilacija su analogni mitohondrijama kod eukariota.
- Imaju izgled granule veličine 150-400nm. U unutrašnjosti granule su pečurkasti izraštaji slično kao kod mitohondrija.
- U ovim mezozomima se nalaze enzimi disanja, enzimi Kребsovog ciklusa, enzimi koji omogućavaju resintezu ATP itd.
- Mezozomi analogni endoplazmatskom retikulumu imaju ulogu u sintezi lipida, ugljenih hidrata i proteina.
- Mezozomi analogni Goldžijevom aparatu se sastoje od cisterne i sistema kanalića koji su povezani sa periplazmatičnim prostorom. Preko ovih mezozoma se vrši izdvajanje egzotoksina iz ćelije.

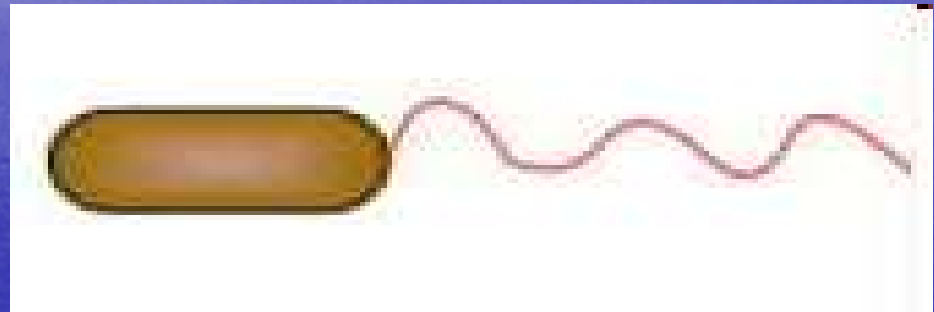


Šematski prikaz mezozoma i mitohondrije

- Mezosomi analogni endoplazmatskom retikulumu imaju ulogu u sintezi lipida, ugljenih hidrata i proteina.
- Mezosomi analogni Goldžijevom aparatu se sastoje od cisterne i sistema kanalića koji su povezani sa periplazmatičnim prostorom. Preko ovih mezozoma se vrši izdvajanje egzotoksina iz ćelije.



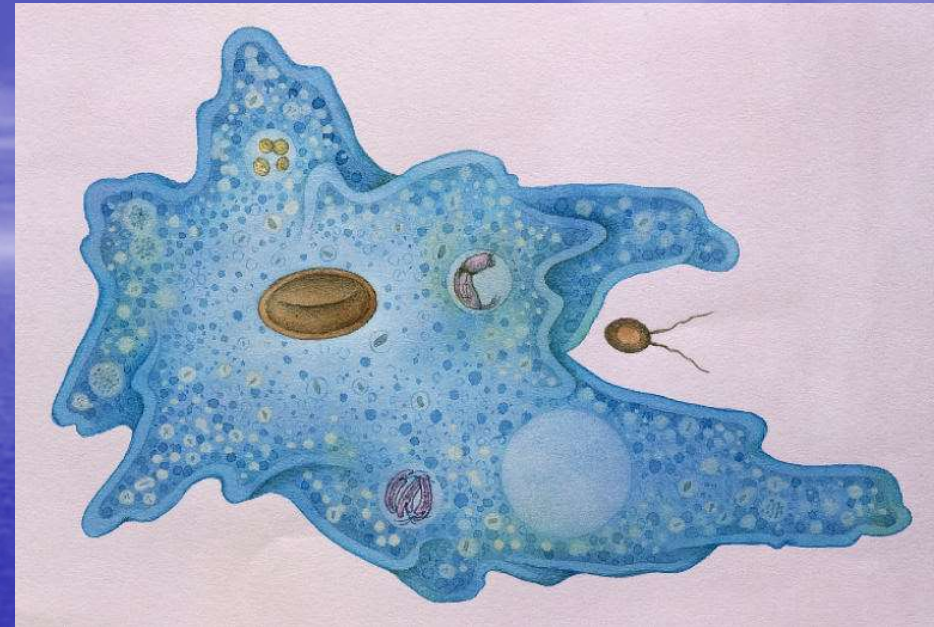
- Organele za kretanje
- Organele za kretanje kod mikroorganizama su:
- Pseudopodije
- Flagele
- Cilije i
- Aksijalna nit



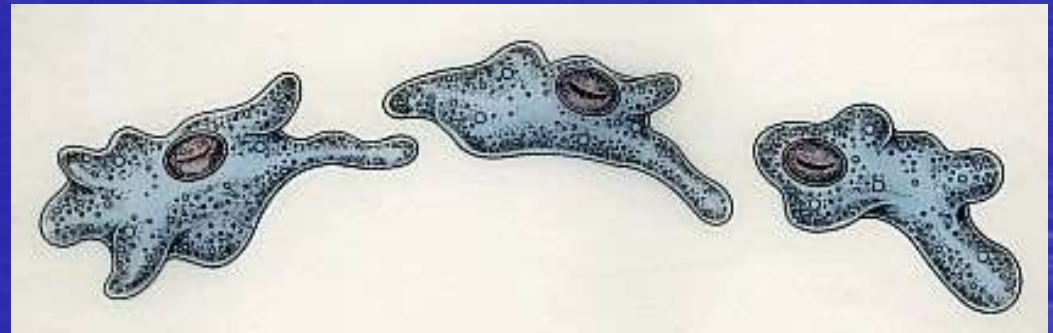
Bakterija sa flagelom

- Pseudopodije ili lažne nožice su organele za kretanje protozoa iz klase Rhizopoda. Izgled pseudopodija je različit kod različitih vrsta.
- Pseudopodije nastaju kao evaginacije-izraštaji periplasta u kome se preliva citoplazma.
- Mogu biti debele i tupe, tanke i oštre.

Ameba



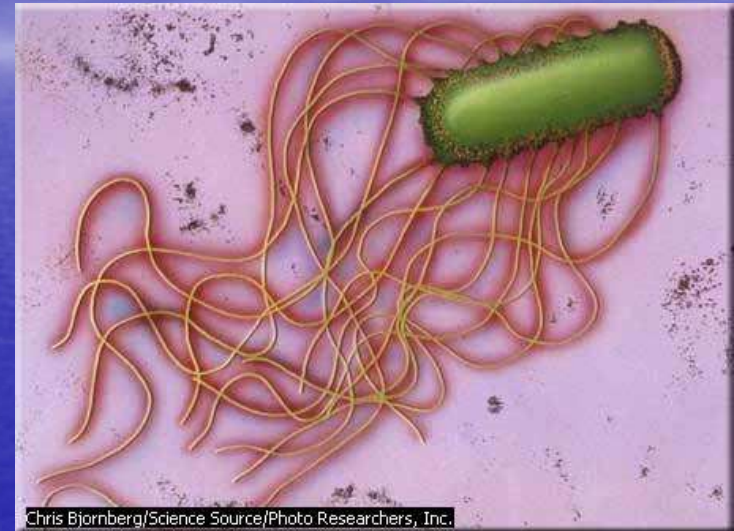
Pseudopodije-lažne nožice amebe



Kretanje amebe

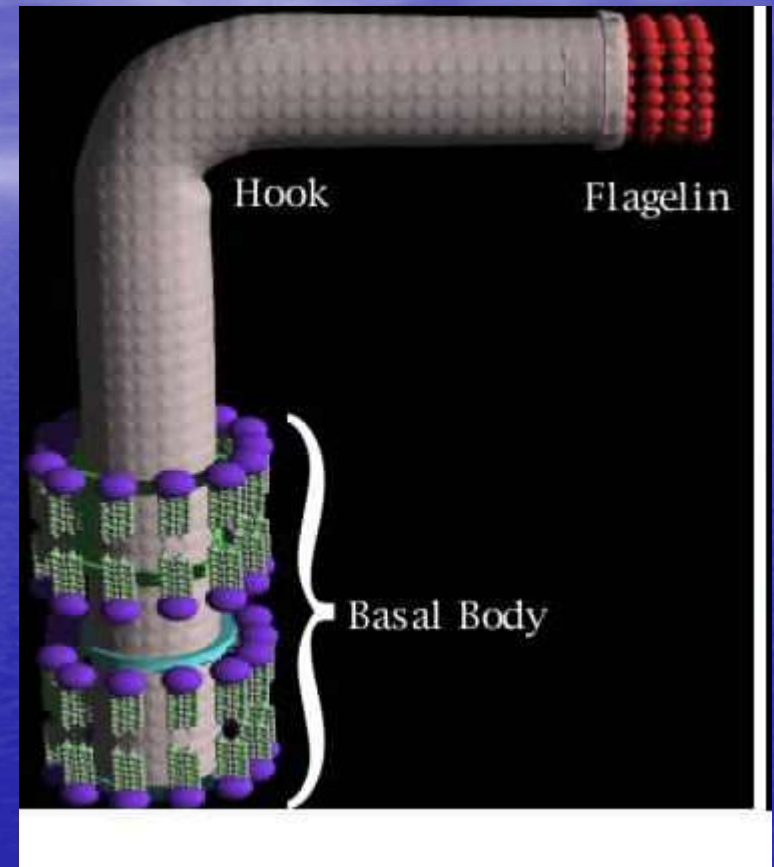
● Flagele

- su organele za kretanje protozoa, zelenih jednoćelijskih algi i bakterija.
- Broj i raspored flagela je karakterističan za vrstu.
- Dužina flagele može biti 1-2 puta veća od dužine ćelije.
- Za ćeliju su pričvršćene preko bazalnog zrna-tjelašca (blefaroplast, kinetozom).
- Flagele pomoću kojih se kreću prokarioti su tanje nego kod eukariota. Prečnik im je oko 20nm, a dužina oko 15-20 μ m.



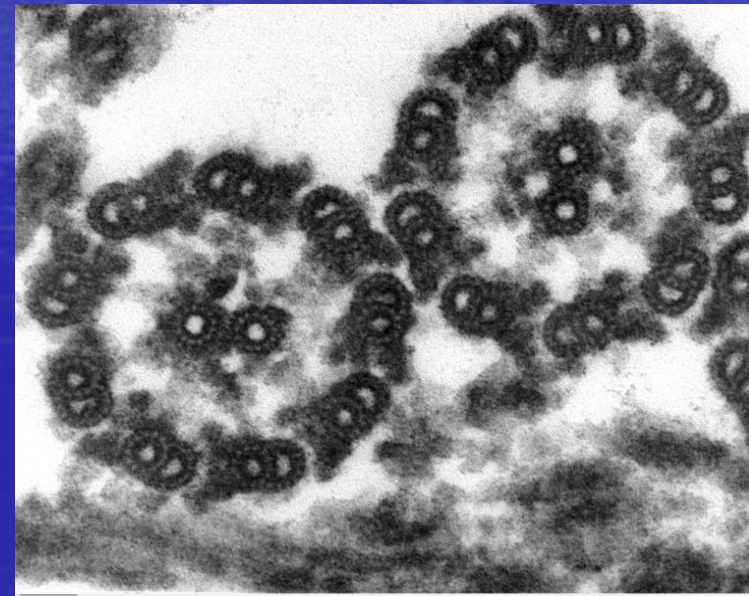
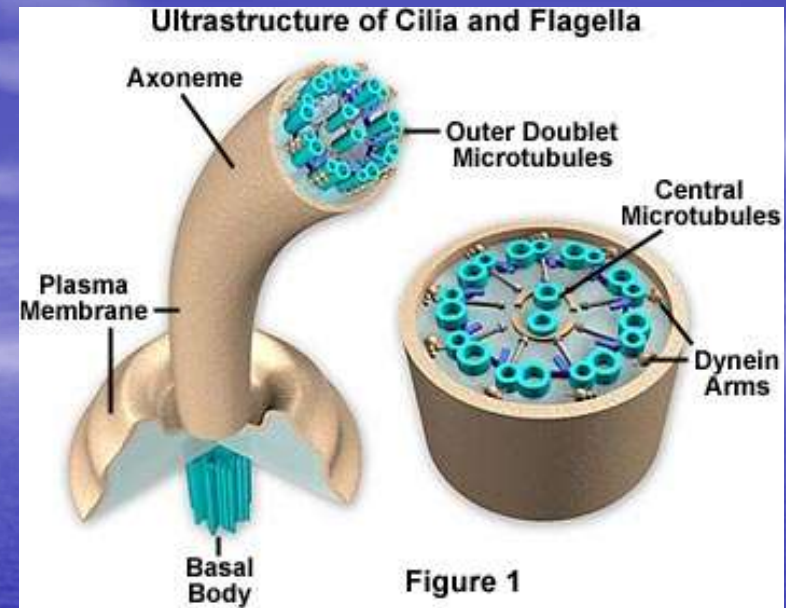
Chris Bjornberg/Science Source/Photo Researchers, Inc.

- Bakterijska flagela se sastoji iz **filamenta, osovine i bazalnog tjelašca.**
- Flagele su za ćeliju su pričvršćene preko bazalnog tjelašca.
- Filament je građen od proteina flagelina.
- Osovina povezuje filament sa bazalnim tjelašcem i izgrađena je iz proteina koji se razlikuju od flagelina.
- Bazalno tjelašce je složene građe i razlikuje se kod gram pozitivnih i gram negativnih bakterija.
- Kod gram negativnih bakterija se sastoji od četiri prstena, a kod gram pozitivnih samo od dva prstena.



Filament, osovina i bazalno tjelašce flagele gram negativnih bakterija

Struktura flagela je složena. To je cilindar u kome je smješteno devet parova subfibrila u vidu cjevčica raspoređenih kružno oko dvije centralne subfibrile. Prostor oko subfibrila je ispunjen matriksom koji uglavnom sadrži lipide i u manjoj količini ugljene hidrate.



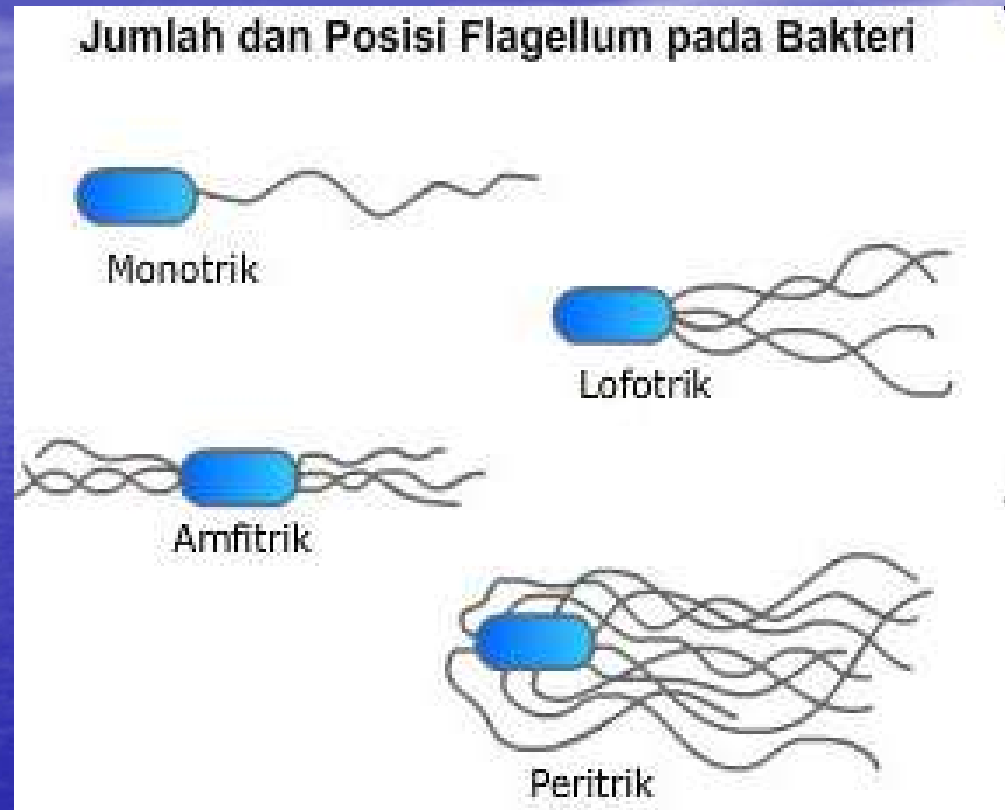
Poprečni presjek flagele-dvostruki subfibrili

Monotriha-bakterija
sa jednom flagelom

Lofotriha-sa
snopom flagela na
jednom kraju ćelije



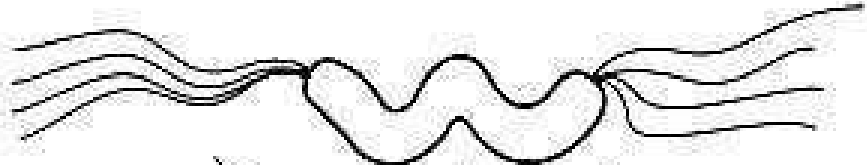
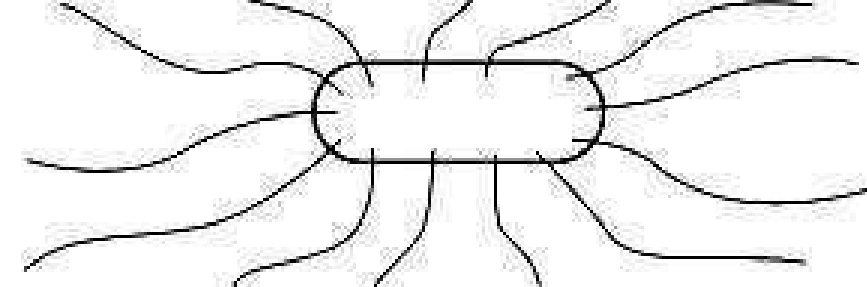
Amfitriha- sa
flagelama na oba
kraja

Peritriha- sa
flagelama
raspoređenim po
čitavoj površini
ćelije



Raspored flagela kod bakterija

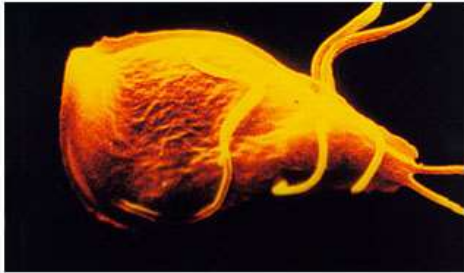
Raspored flagela kod bakterija

Structure	Flagella Type	Example
	Monotrichous	<i>Vibrio cholerae</i>
	Lophotrichous	<i>Bartonella bacilliformis</i>
	Amphitrichous	<i>Spirillum serpens</i>
	Peritrichous	<i>Escherichia coli</i>

Mastigophora (Flagellata)-bičari



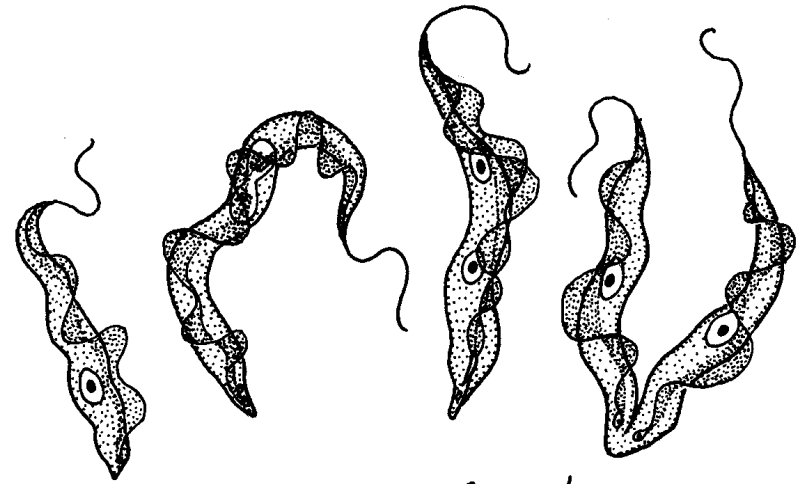
Trypanosoma brucei



Giardia lamblia



Trichomonas vaginalis



9/11/99

Livingstone, © BIODIDAC

- Eukariotski mikroorganizmi se kreću i sa nešto finijim i tanjim organelama-cilijama, koje su po građi i hemijskom sastavu iste kao i flagele. Ove organele se nalaze kod protozoa iz grupe Ciliata.
- Cilije kod protozoa mogu biti raspoređene po cijeloj ćeliji i iste su dužine (holotrihe), po cijeloj ćeliji različite dužine (heterotrihe), oko usnog otvora (peritrihe) i sa donje strane ćelije (hipotrihe).



Ciliata-trepljaši

- Aksijalna nit je lokomotorni organ koji se nalazi kod spiralnih bakterija iz grupe *Spirochaetes* i smještena je između citoplazmine membrane i ćelijskog zida u vidu prave niti.
- Oko aksijalne niti, koja je izgrađena iz snopa vlakana, uvijena je bakterijska ćelija.
- Broj aksijalnih niti kreće se od 2-10, što zavisi od vrste bakterije.
- Po hemijskom sastavu aksijalna nit je građena od flagelina.



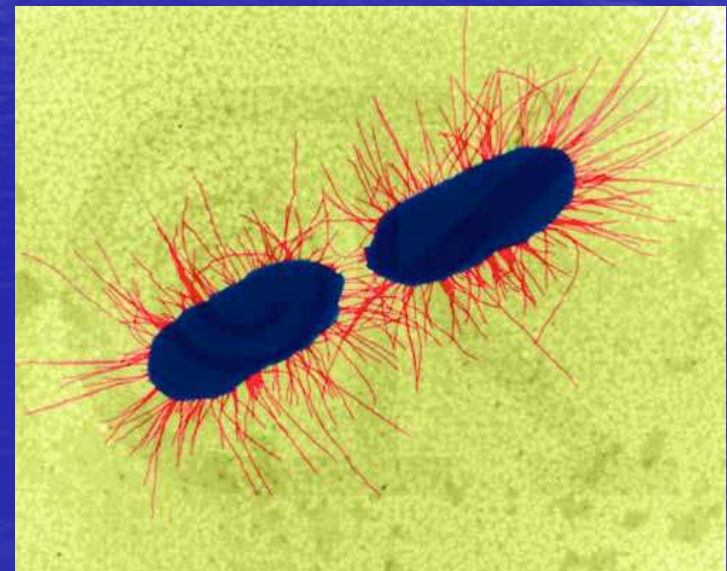
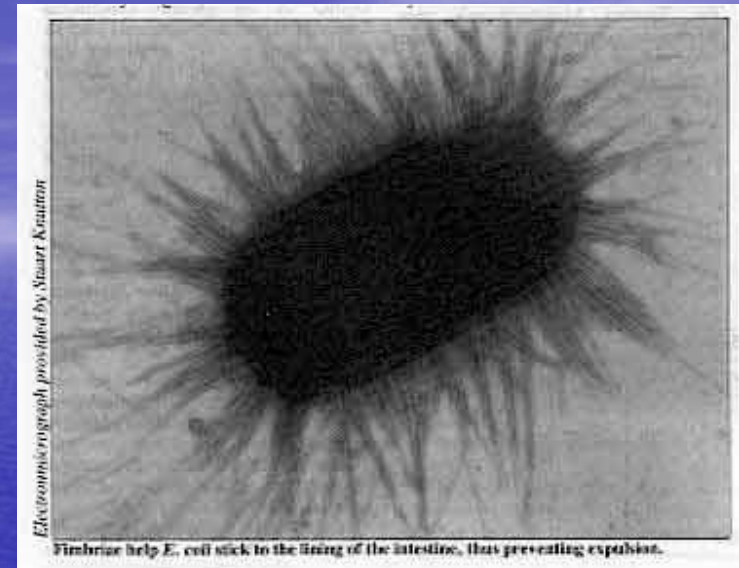
Spirohete jedino imaju aksijalnu nit (*Treponema pallidum* na slici)

- Organele za adheziju-
pričvršćivanje

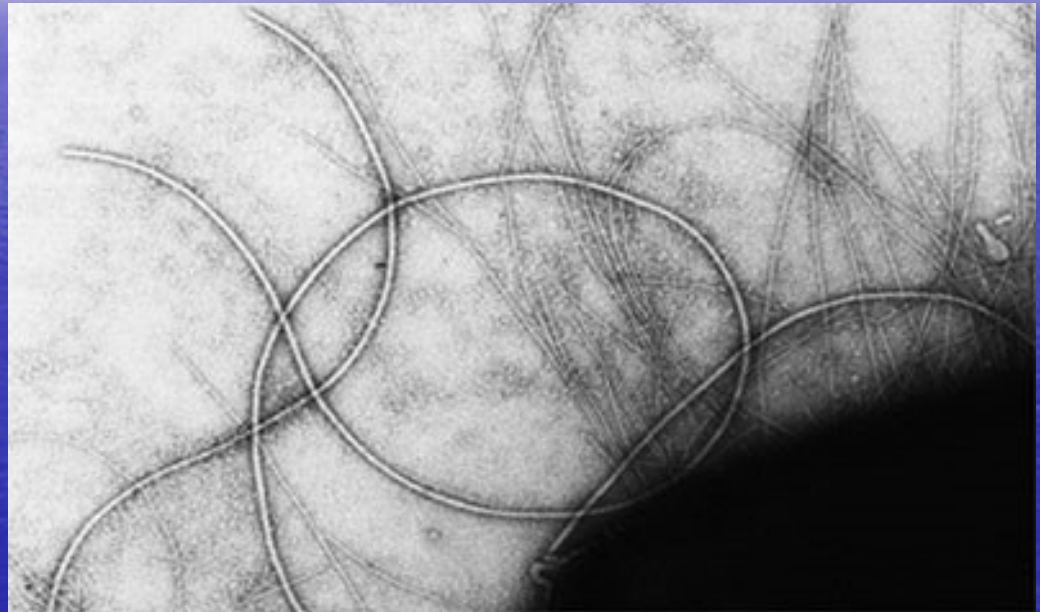
- Fimbrije

- Fimbrije su brojne tanke, kratke niti koje se nalaze na površini mnogih bakterija.
- Fimbrije omogućuju bakterijama da se vežu za substrat ili da se međusobno povezuju čineći tako navlaku na površini tečnosti.
- Neke fimbrije su nešto većeg prečnika, pa liče na cjevčice. Smatra se da je uloga ovih fimbrija u transportu vode i rastvorenih soli između ćelije i okolne sredine.

Fimbriae

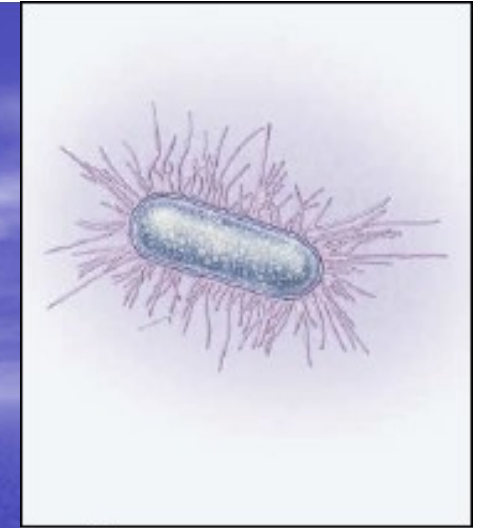
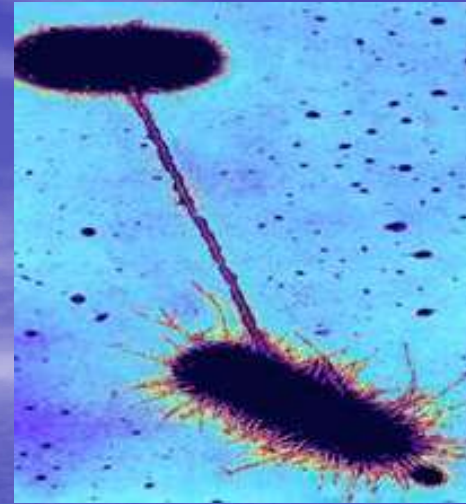


- Širina fimbrija je 5-10nm, a dužina 0,3-4 μ m.
- Po hemijskom sastavu ovi izraštaji su proteinske prirode.
- Broj fimbrija je različit u zavisnosti od vrste mikroorganizama, a može biti od 100 do nekoliko hiljada.



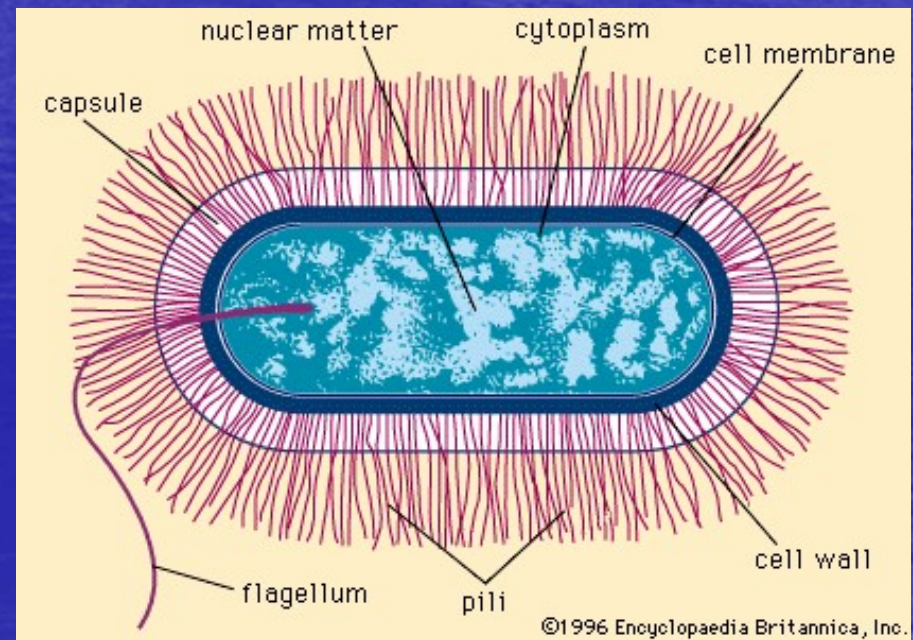
Pile (polne pile, kopulacione pile, "seks" pile, F pile)

- su jednostavni izraštaji prečnika oko 10nm.
- Na jednoj ćeliji obično ima 1-10 pila.
- Pile imaju ulogu u procesu konjugacije bakterija, pri čemu kroz pile genetski materijal (DNK) prelazi iz jedne ćelije u drugu.
- Funkcionisanje pila u procesu konjugacije je genetski uslovljeno konjugacionim plazmidima koji sadrže faktor fertiliteta (F faktor)

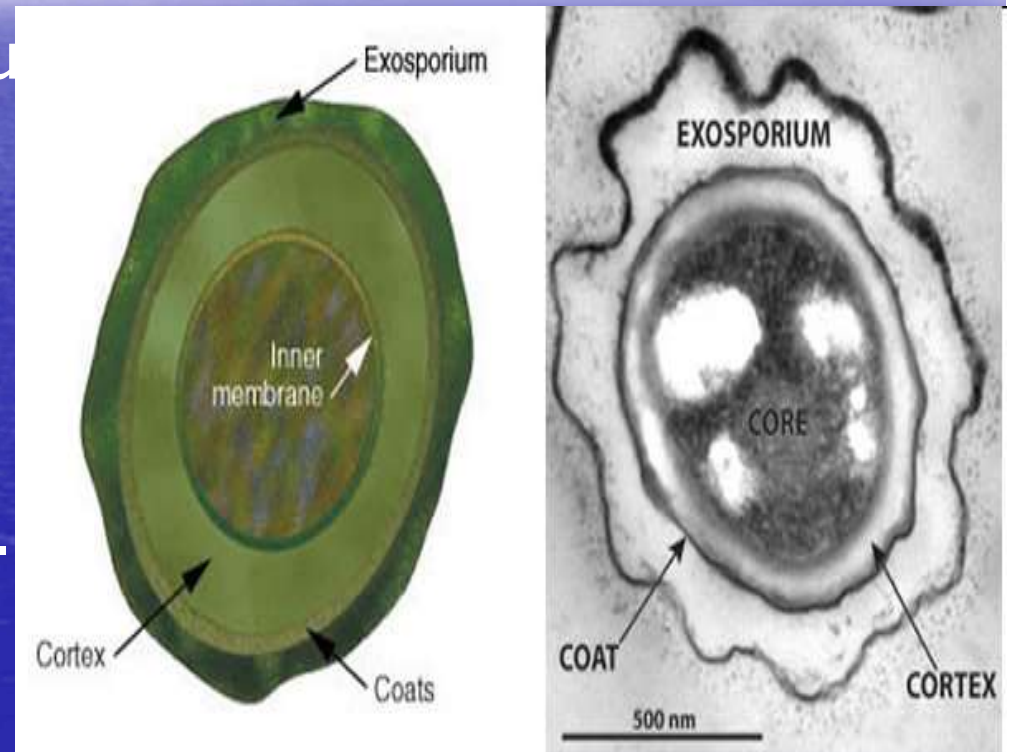


E. coli

Polna pila-u vidu mosta



- Oblici za preživljavanje u nepovoljnim uslovima:
- U nepovoljnim uslovima mikroorganizmi obrazuju spore, specijalne zaštitne tvorevine koje im omogućuju preživljavanje.
- U ovom obliku mikroorganizmi su u latentnom stanju (stanje anabioze) u kome mogu ostati duži vremenski period.
- Kad nastupe povoljni uslovi, ćelija iz oblika za konzervaciju prelazi u vegetativni oblik i normalno nastavlja životne funkcije.

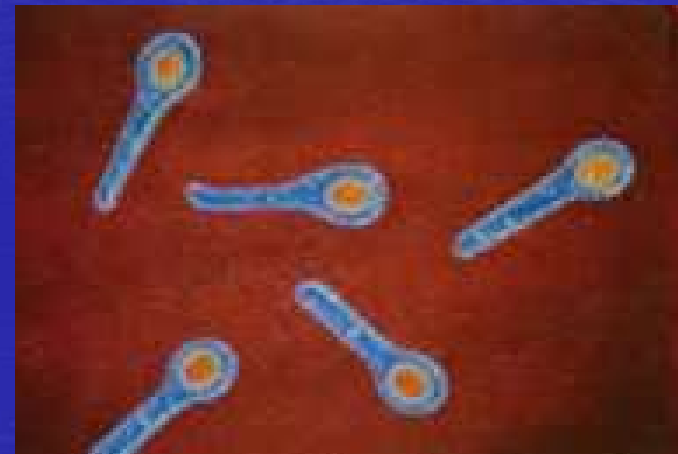


Građa bakterijske spore

- Oblik i položaj spora je karakterističan za vrstu i koristi se u determinaciji bakterija.
- Po obliku, spore mogu biti **loptaste, elipsoidne i cilindrične**.
- U ćelijama bakterija uz roda *Bacillus* zauzimaju **centralni, ređe subterminalni položaj** i ne mijenjaju prečnik ćelije.
- Kod roda bakterija *Clostridium* centralne spore šire ćeliju tako da ona dobija izgled vretena, a **terminalne spore** proširuju ćeliju na kraju, pa ona dobija oblik čiode.

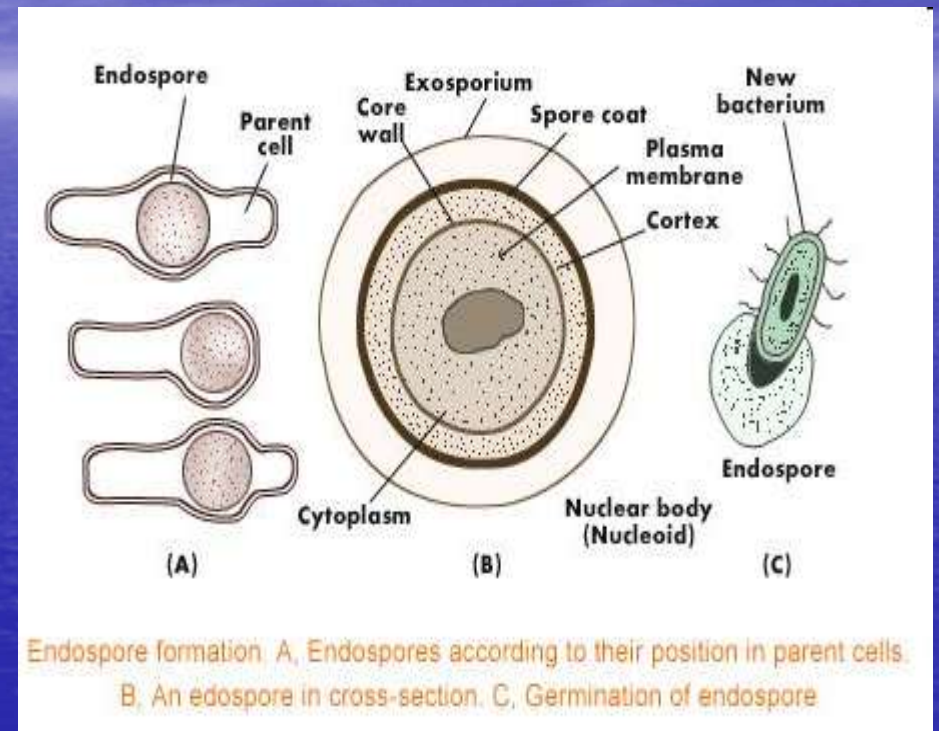


Vegetativni oblici i spore *Bacillus anthracis* (izazivač antraksa)

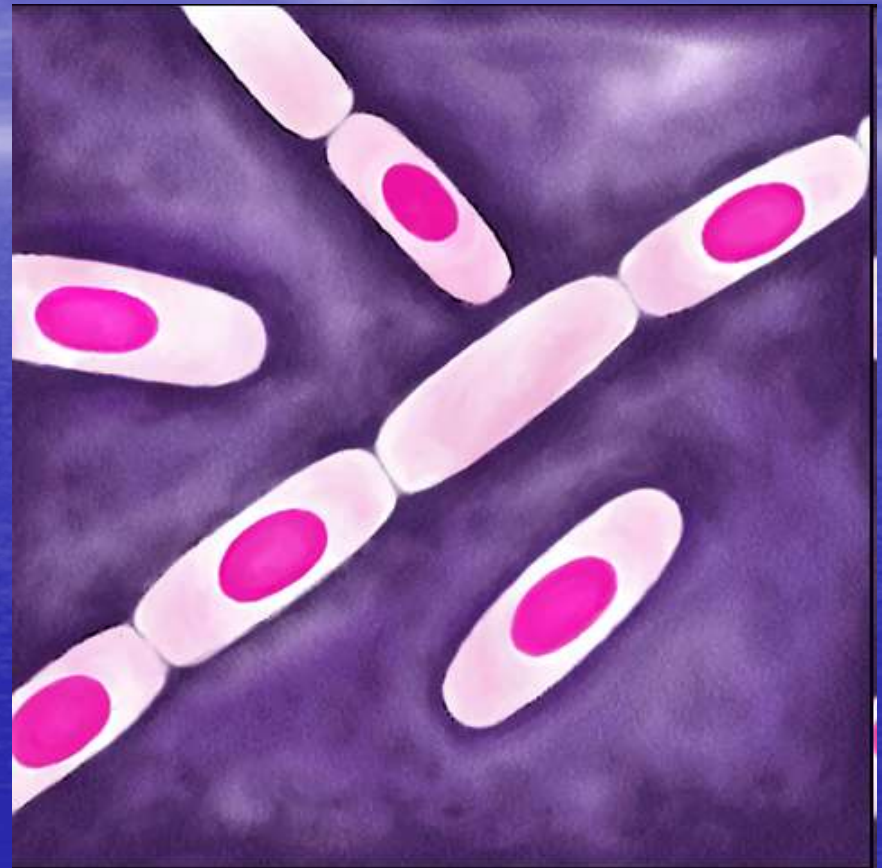


Spore *Clostridium tetani*

- Spore sadrže veoma malo vode, DNK, RNK, termorezistentne enzime i visok sadržaj dipikolinske kiseline.
- Dipikolinska kiselina čini 5-15% suve mase spore i s jonima kalcijuma, mangana, kalijuma i gvožđa gradi kompleksna jedinjenja koja obezbjeđuju veću otpornost prema toploti.
- Spore izdržavaju temperature i do 100°C u toku 10 minuta, pa se za njihovo uništavanje moraju koristiti temperature iznad 120°C u trajanju od najmanje 20 minuta.



- U zavisnosti od mikroorganizama, razlikuju se i oblici za konzervaciju.
- Spore su oblici za konzervaciju štapićastih bakterija iz rodova *Bacillus* i *Clostridium* i okruglih bakterija iz roda Sporosarcina. Pošto se obrazuju u ćeliji, zovu se i endospore.
- U jednoj ćeliji obično se formira jedna spora, a samo kod nekih vrsta iz roda *Clostridium* formira se više spora u ćeliji.



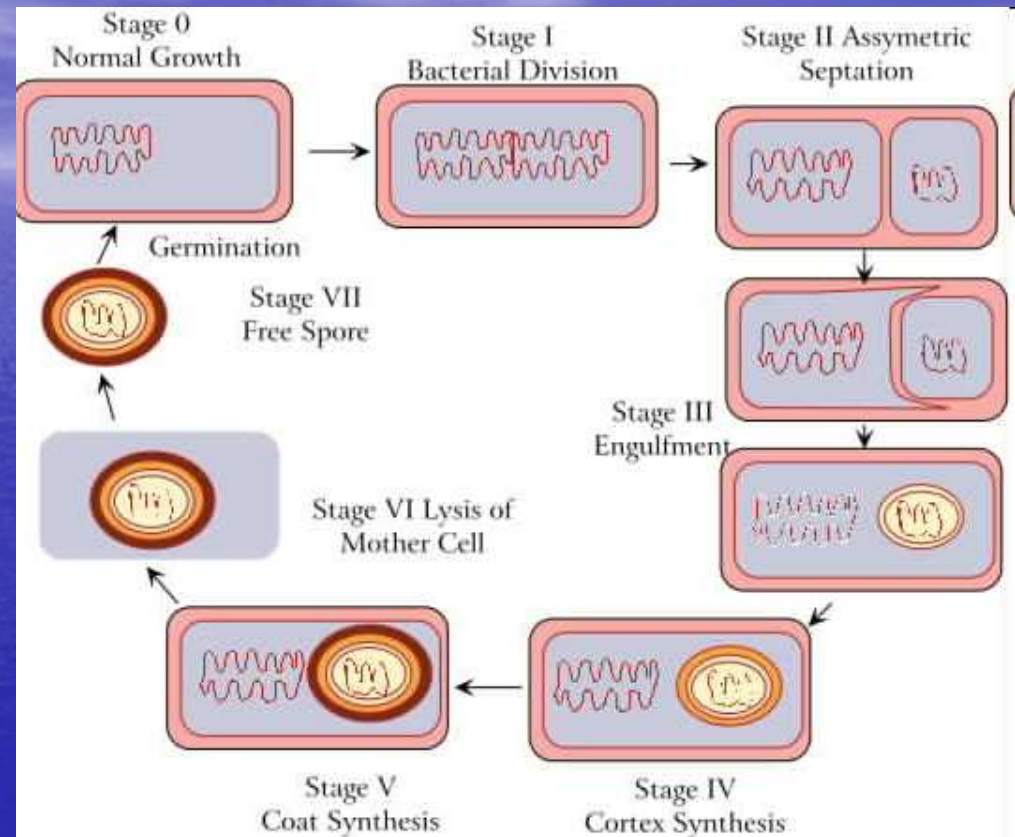
Spore *Bacillus cereus*

- U suvoj sredini spore su otpornije prema visokim temperaturama.
- Otporne su i na niske temperature, mogu da prežive temperaturu od -253°C.
- U zemljištu spore mogu da prežive i više desetina godina.
- Ovako velika **rezistentnost spora** prema nepovoljnim uslovima spoljne sredine može predstavljati problem u medicini i prehrambenoj industriji.



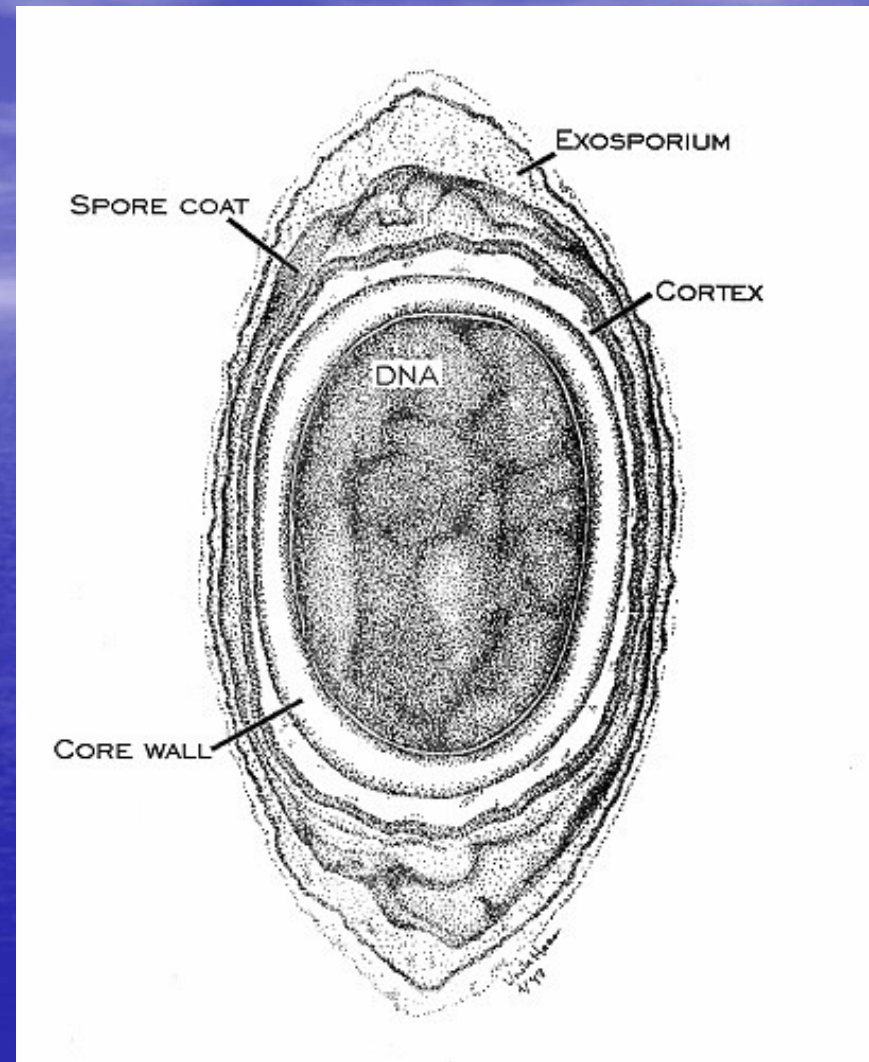
Spore *Clostridium botulinum*, SEM

- Sporulacija je složen proces i traje oko 24h.
- Započinje na jednom kraju ćelije gdje se formiraju invaginacije citoplazmine membrane s obadvije strane ćelije, pri čemu se odvoji jedan dio DNK sa protoplastom.
- Nakon toga se formira poprečna pregrada, koja odvaja protoplast od buduće spore.
- Ovako formirana tvorevina obavija se ostatkom citoplazmine membrane majke ćelije, tako da je buduća spora obavijena sa dvije membrane.



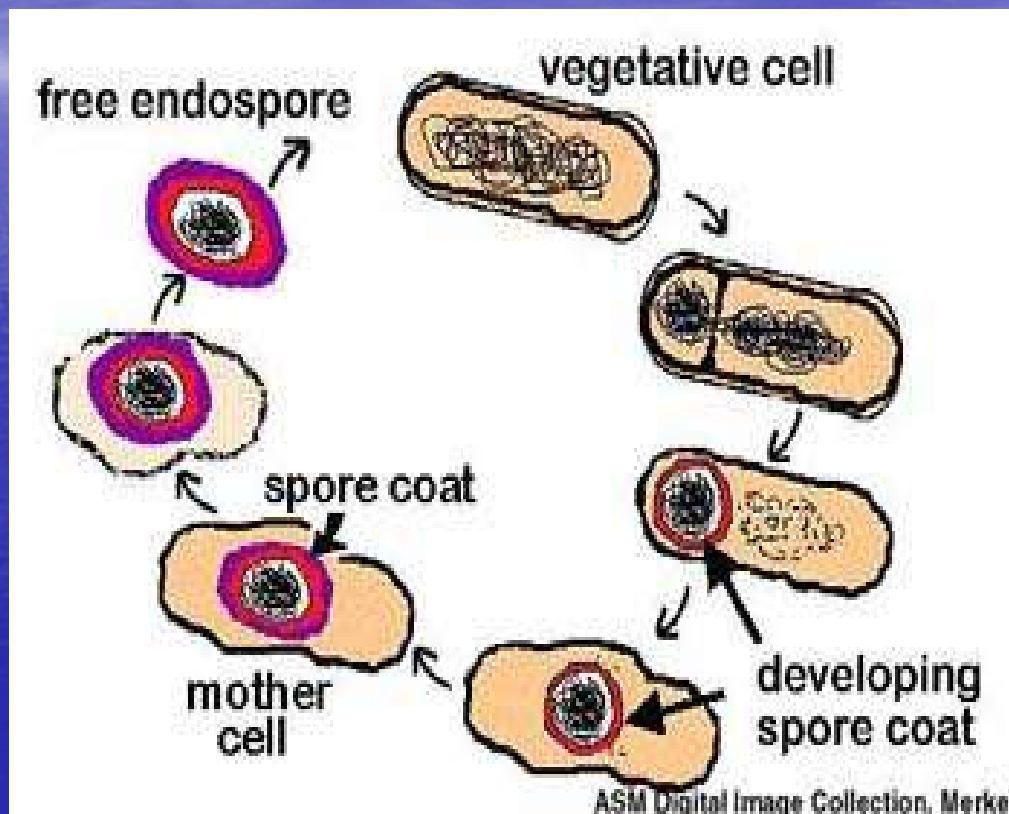
Proces bakterijske sporulacije

- Unutrašnja membrana zatim počinje sintezu materija koje dovode do obrazovanja zida spore, koji je po hemijskom sastavu sličan ćelijskom zidu.
- Prostor između novoformiranog zida i unutrašnje membrane se zatim popunjava polimerima glikoproteinske prirode. Taj sloj se naziva korteks ili kora i zauzima više od polovine zapremine spore.
- Kod nekih bakterija majka ćelija formira još jedan omotač koji se zove egzosporium.



Građa endospore

- Kada spora dospije u povoljne uslove, započinje usvajanje vode i hranjivih materija, aktiviraju se enzimi, dolazi do bubrenja i na kraju do pucanja zidova spore, pri čemu se formira nova vegetativna ćelija koja se razlikuje od spore po hemijskom sastavu i udijelu pojedinih jedinjenja.

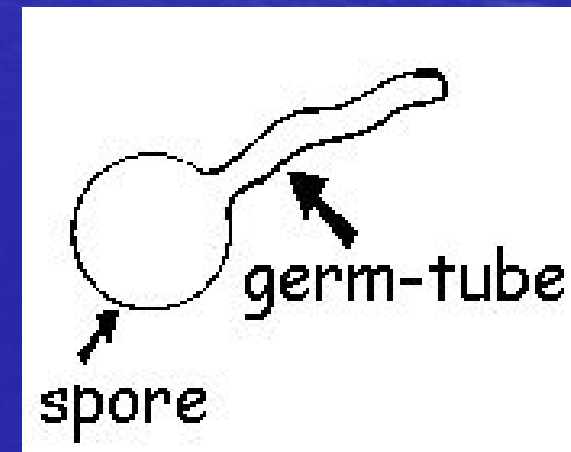


Ciklus stvaranja spore

- **Spore** su rasplodne ćelije gljiva, preko njih se gljive razmnožavaju, održavaju i šire u prirodi. One mogu nastati aseksualnim putem ili seksualnom konjugacijom muških i ženskih rasplodnih elemenata. Prve su *aseksualne (bespolne) spore* a druge su *seksualne (polne) spore*

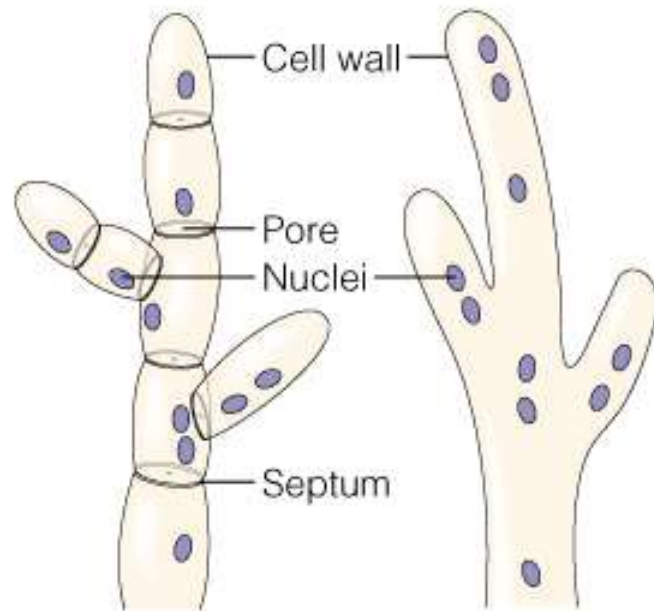


Spore *Penicillium spp* -konidiofore na vrhu reproduktivne hife (okruglog oblika i slobodne)



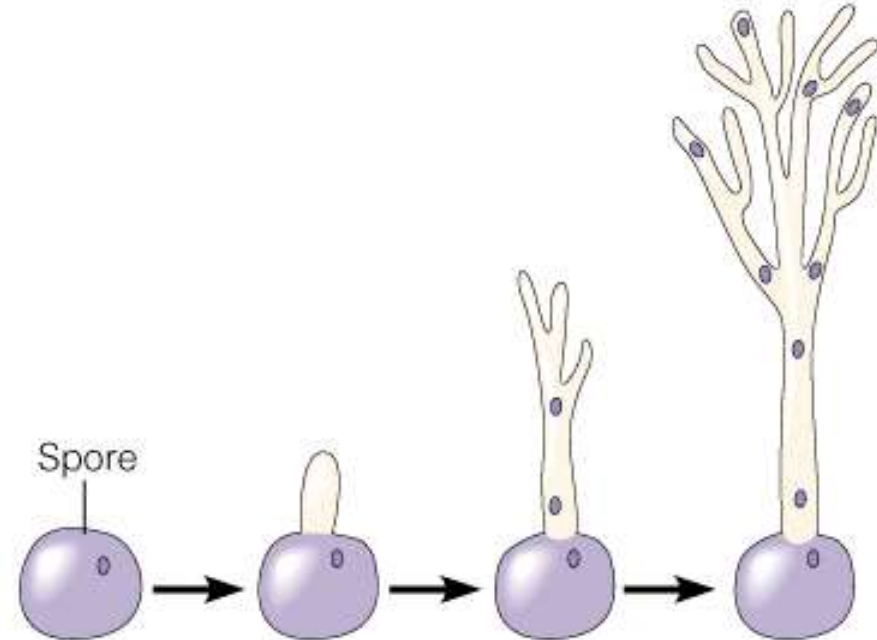
Klijanje spore u povoljnim uslovima

Klijanje spore plijesni u hifu



(a) Septate hypha

(b) Coenocytic hypha

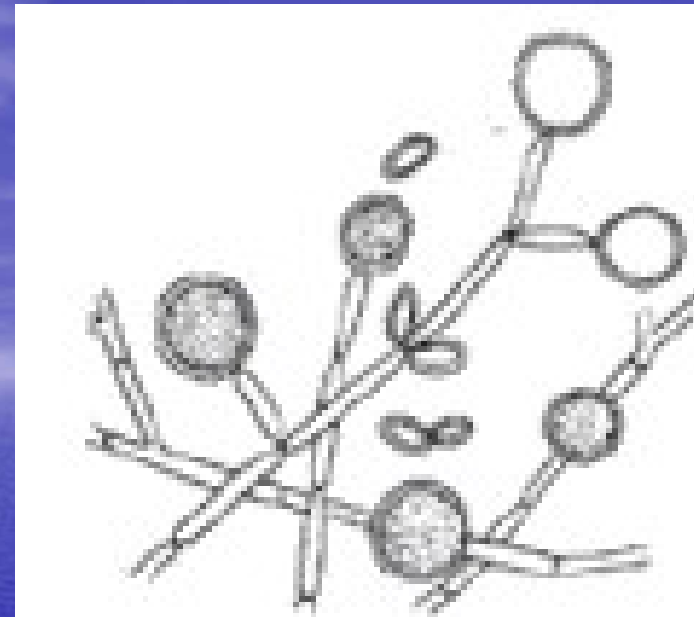


Spore

(c) Growth of a hypha from a spore

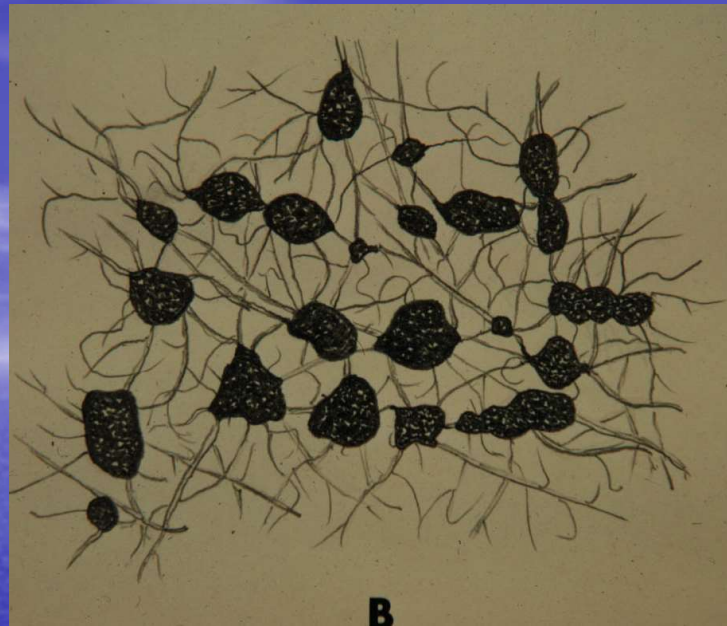
Copyright © 2001 Benjamin Cummings, an imprint of Addison Wesley Longman, Inc.

- Hlamidospore
- su oblici za vegetativnu reprodukciju i konzervaciju končastih gljiva.
- Okruglog su oblika, obojene i imaju debele zidove građene od glikogena i lipida.
- Formiraju se duž hifa, na kraju hife ili u grupama.
- Javljaju se kod gljiva iz rodova *Phytophthora*, *Fusarium* i *Alternaria*.
- Kad se nađu u povoljnim uslovima brzo klijaju i prelaze u oblik karakterističan za vrstu.

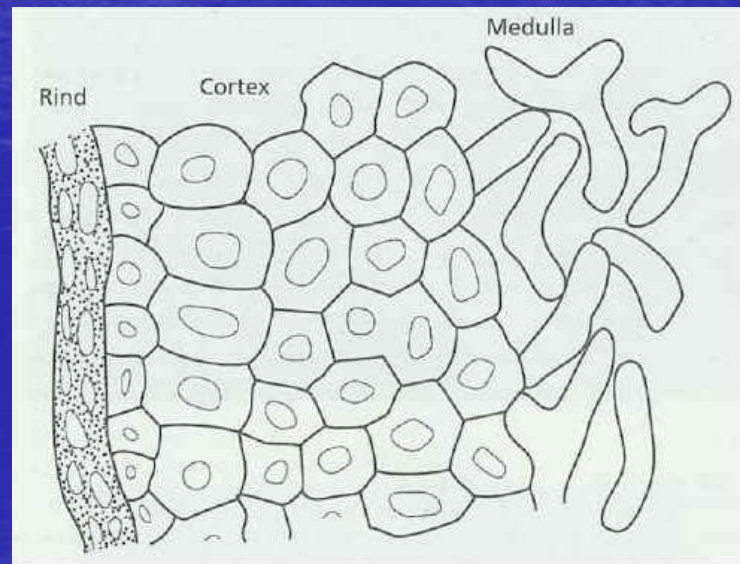


Hlamidospore

- Sklerocije
- su oblici za vegetativnu reprodukciju i za konzervaciju gljiva, a nastaju zbijanjem i isprepletanjem hifa u kojima se smanjuje sadržaj vode, a povećava sadržaj rezervnih materija.
- Spoljni dio sklerocije je veoma gust, sastoji se iz ćelija zadebljanih zidova i ima zaštitnu ulogu.
- Unutrašnji dio sklerocije je rastresitiji i održava vitalnost gljive.



sklerocije



Presjek dijela sklerocije

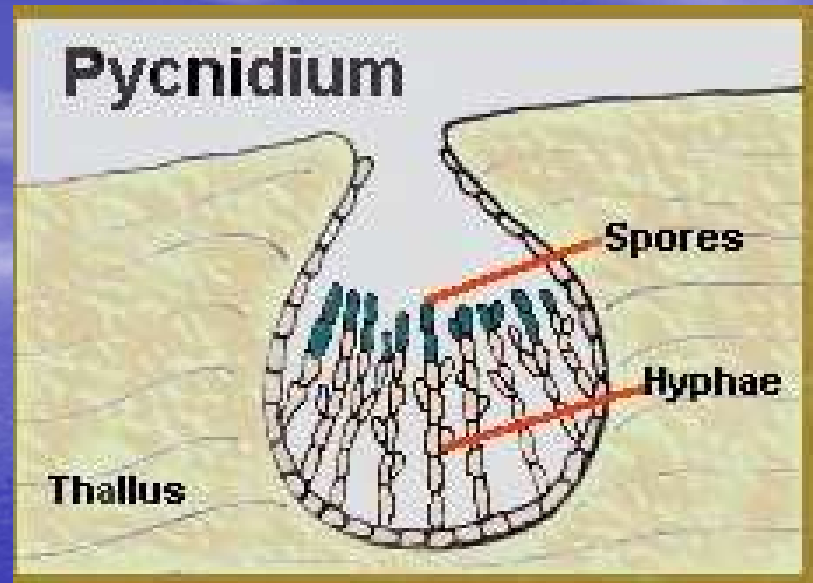
- Artrospore

- su oblici za vegetativnu reprodukciju i konzervaciju gljiva. Nastaju segmentacijom hifa i pravougaonog su oblika.
- Zid artrospore je debeo i građen od lignina i kutina.
- Citoplazma je gusta sa puno rezervnih materija.



Artrospore

- Piknidi su okruglaste tvorevine građene od čvrsto zbijenih hifa. Obično su loptaste i tamne.
- U unutrašnjosti piknida su konidiofore sa konidijama koje se zovu **piknospore**.
- Kroz otvore na piknidima piknospore slijepljene sa sluzi u vidu kapi izlaze u spoljnu sredinu.

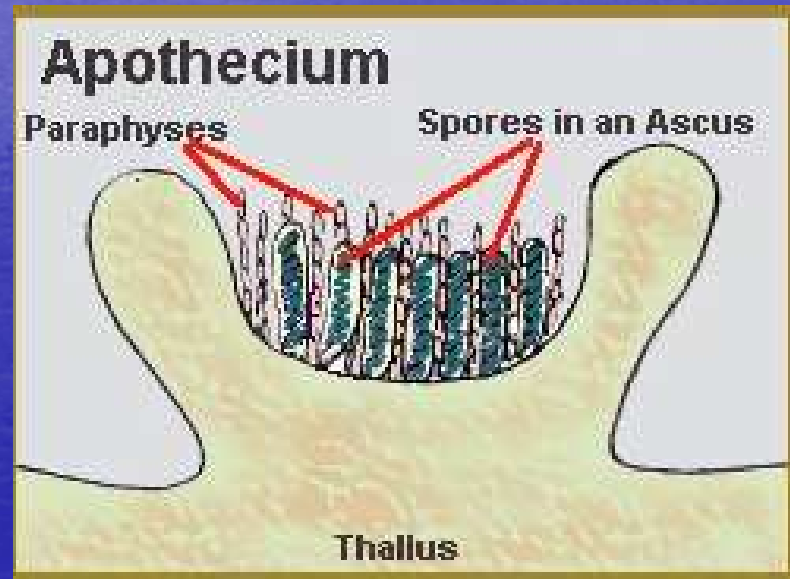


- Plodonosna tijela
- Su posebne tvorevine u kojima se formiraju **askogene hife i askusi** odgovorni za polno razmnožavanje gljiva.
- Omotač plodonosnih tijela sagrađen je od haploidnih hifa, gušće je strukture i štiti unutrašnje strukture od nepovoljnih uticaja spoljne sredine.

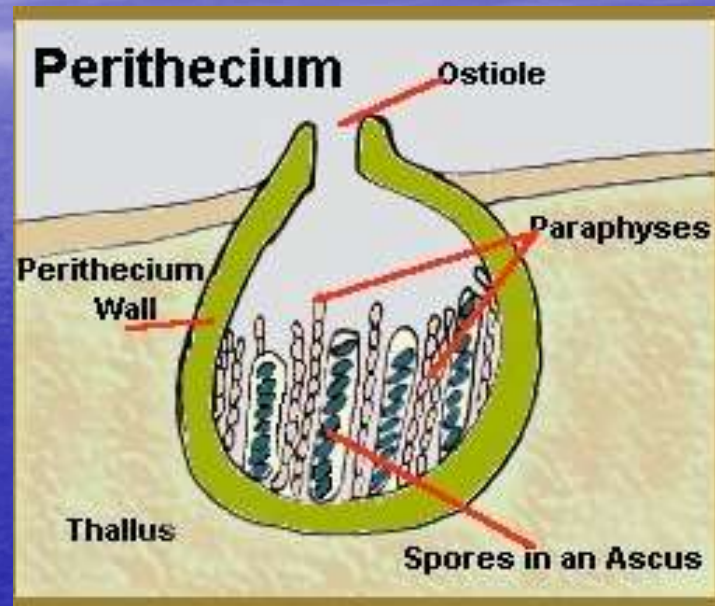


- Apotecije

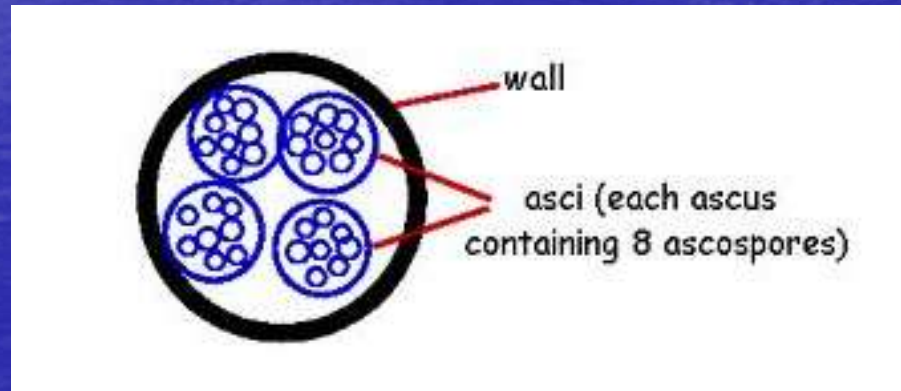
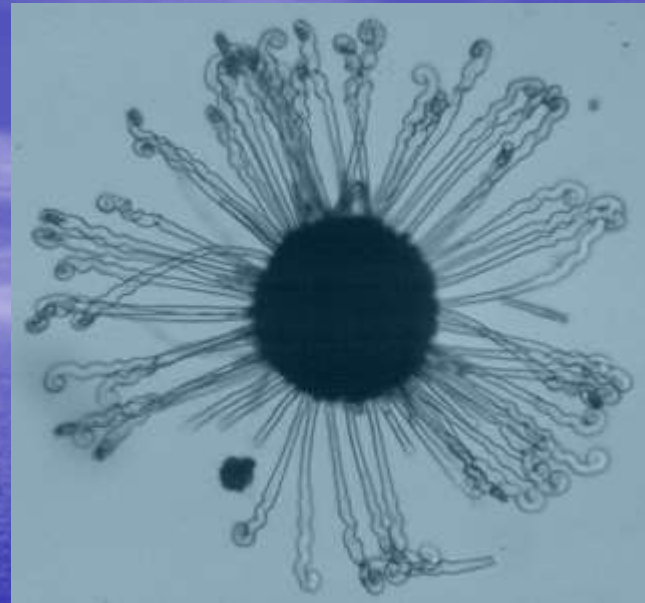
- Su otvorena plodonosna tijela u obliku pehara, zdjele ili diska, različite boje, veličine i unutrašnje organizacije.
- Na unutrašnjoj površini nalaze se askusi sa askosporama.



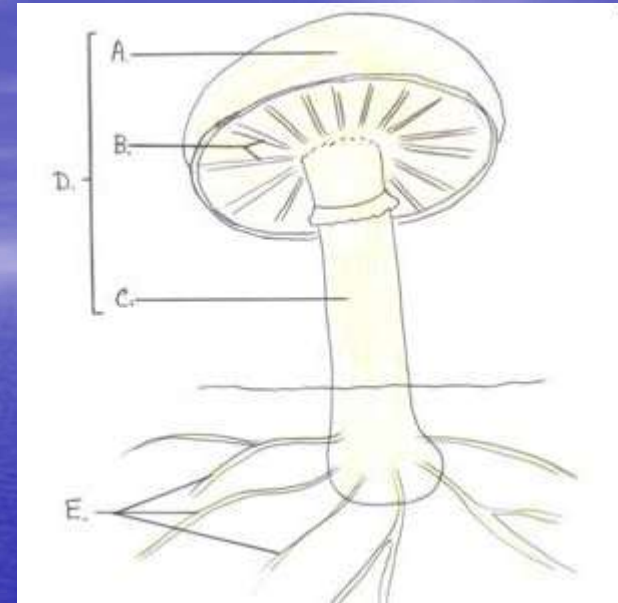
- Peritecije su djelimično otvorena plodonosna tijela kruškastog, sferičnog i okruglastog oblika.
- Formiraju se pojedinačno ili u grupama. Kroz otvor na vrhu peritecije izlaze askusi s askosporama.



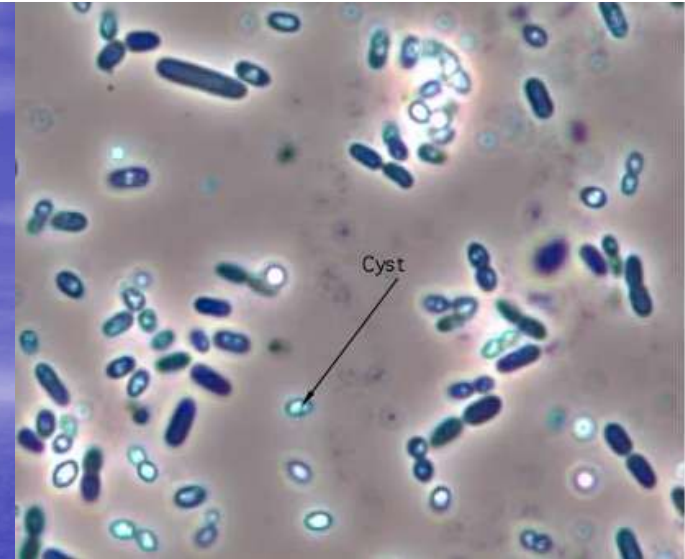
- Kleistotecije su loptasta zatvorena plodonosna tijela na čijoj površini se formiraju izraštaji-apendiksi.
- U unutrašnjosti kleistotecije se nalaze askusi s askosporama.



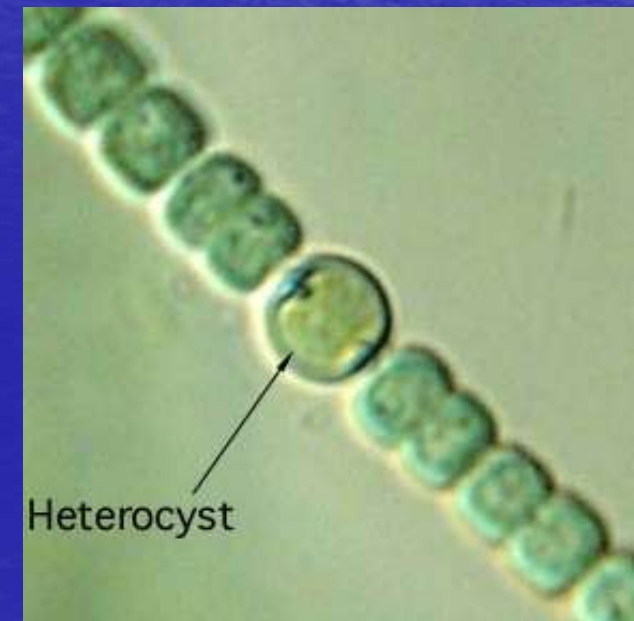
- **Bazidiokarpi** su plodonosna tijela karakteristična za gljive iz grupe *Basidiomycetes*.
- Jednostavniji bazidiokarpi su građeni od spletova hifa koje neprestano rastu, a na njihovoj površini se obrazuju bazidi sa bazidiosporama.
- Najsavršenije bazidiokarpe imaju pečurke. Njihov bazidokarp se sastoji od drške koja se završava šeširom. Na donjoj površini se nalazi himenijum sačinjen od hifa na kojima se stvaraju bazidi i bazidiospore.



- Ciste su oblici za konzervaciju protozoa, nekih algi i bakterija iz roda *Azotobacter*.
- Okruglastog su oblika i debelih zidova.
- U sastav zida ciste ulaze hitin, celuloza, kalcijum karbonat i silicijum dioksid, što sve povećava otpornost prema nepovoljnim uslovima spoljne sredine.



Ciste i ćelije *Azotobacter vinelandii*, uvećanje 1000 X. Ciste (cyst)



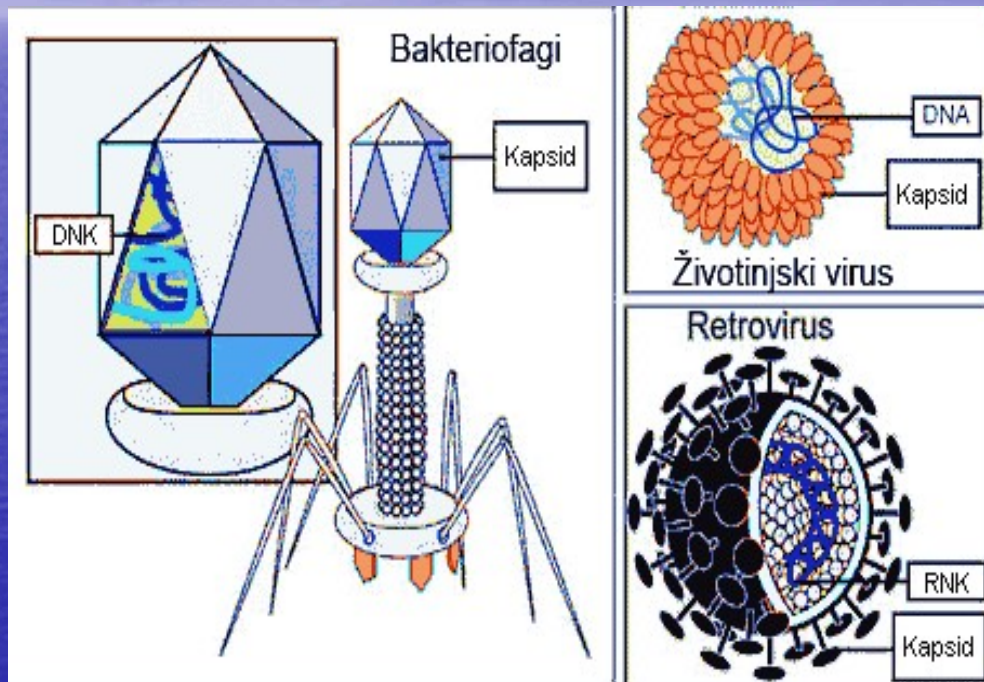
Heterociste filamentozne cijanobakterije *Anabaena*

- Osnovne karakteristike prokariotske i eukariotske ćelije:

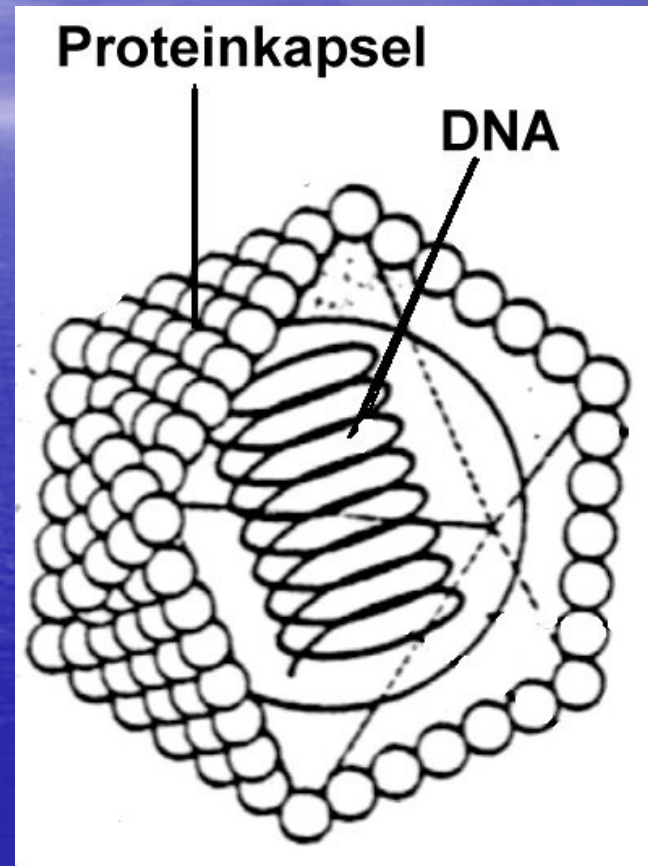
Svojstvo	Prokarioti	Eukarioti
Kapsula	Da ili ne	Da ili ne
Ćelijski zid	Da, murein	Da (bez mureina), ne
Genetski materijal	nucleoid	nucleus (jedro)
Jedarna mebrana	ne	da
Broj hromozoma	1	Više od 1
mitoza	ne	da
mitohondrije	ne	Da
hloroplasti	ne	Da
lizozomi	ne	Da
Goldžijev aparat	ne	Da
Endoplazmin retikulum	ne	Da
mikrotubuli	ne	Da
Vakuole sa opnom	ne	Da
mezozomi	da	Ne
Organele za kretanje	Da ili ne	Da ili ne
pseudopodije	ne	Da
Aksijalna nit	Da (neke)	ne

Građa virusa

- Virusi su ultramikroskopski obligatni intracelularni paraziti, koji se mogu razmnožavati samo u ćelijama živih organizama (višećelijskih i jednoćelijskih)
- Izazivaju bolesti ljudi, životinja, biljaka i mikroorganizama.


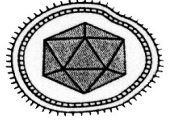
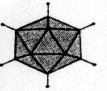
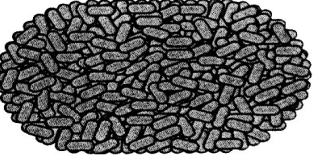



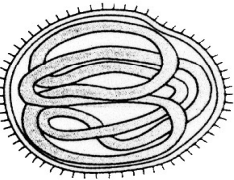


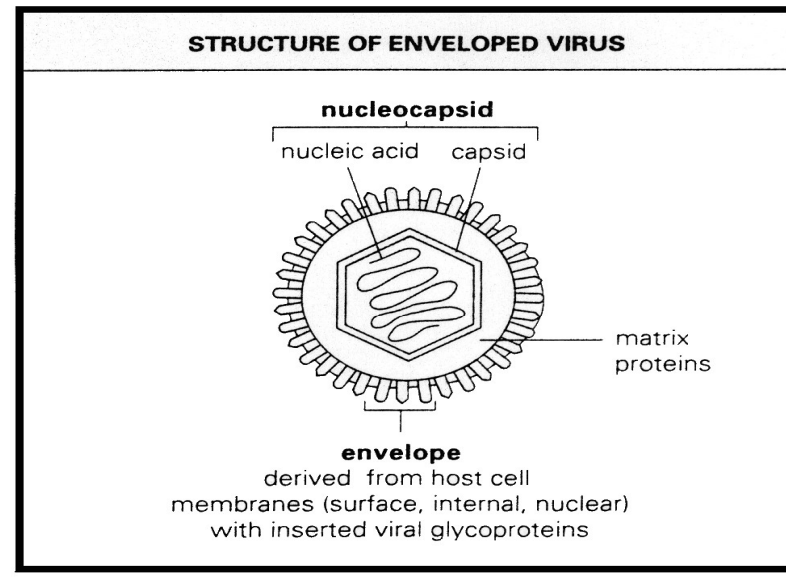
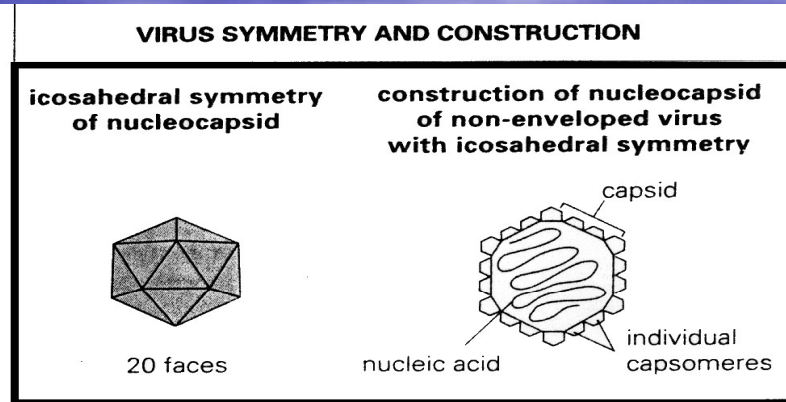
- Virusi nemaju tipičnu ćelijsku građu.
- Sastoji se od nukleinske kiseline, DNK ili RNK.
- Nukleinska kiselina čini jezgro virusa ili nukleoid.
- Oko nukleinske kiseline nalazi se proteinski omotač koji se zove kapsid, pa se za virus kaže da je nukleokapsid.
- Kapsid je građen od velikog broja identičnih proteinskih subjedinica koje se zovu kapsomere.
- Neki virusi su obavijeni još jednom opnom koja se zove peplos.
- Peplos se sastoji iz glikoproteina i lipida.



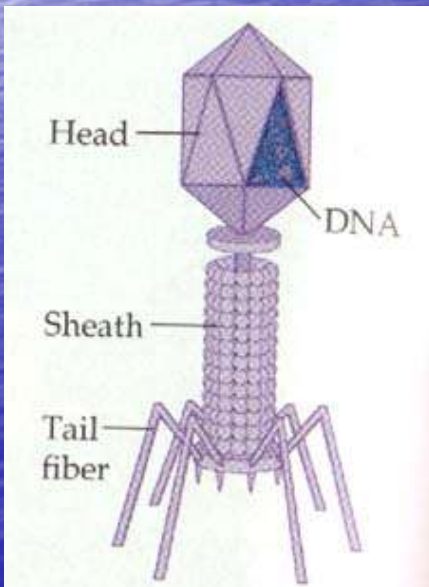
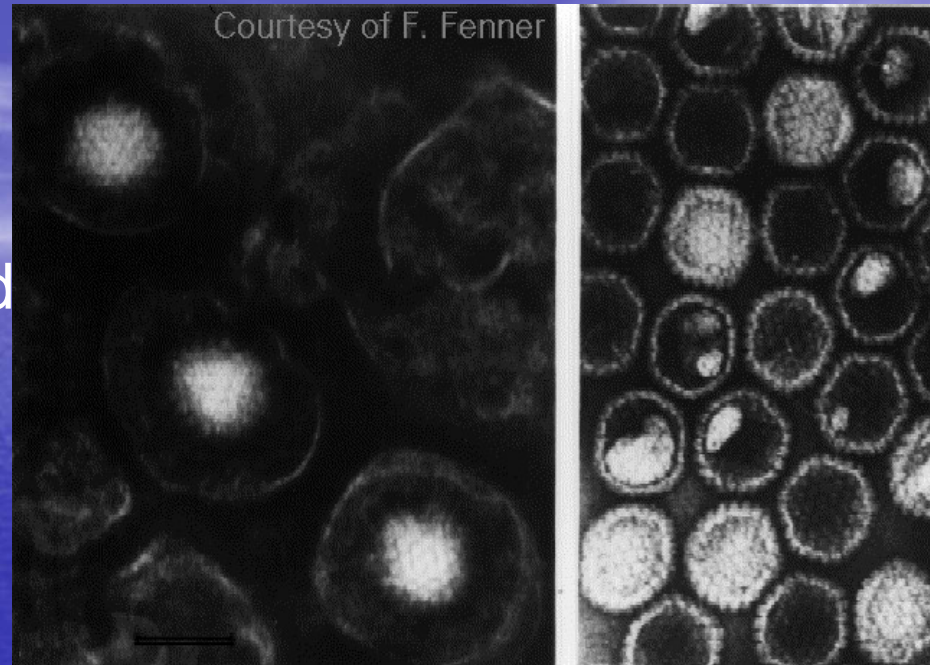
Šematski prikaz građe virusa

Morfologija virusa

VIRUS MORPHOLOGY, VARIETY AND SIZE	
non-enveloped DNA virus	enveloped DNA viruses
 parvovirus	 herpes virus
 adenovirus	 poxvirus
non-enveloped RNA virus	enveloped RNA viruses
 poliovirus	 retrovirus (HIV)
 rotavirus	 paramyxovirus
scale: 1cm = 100nm	

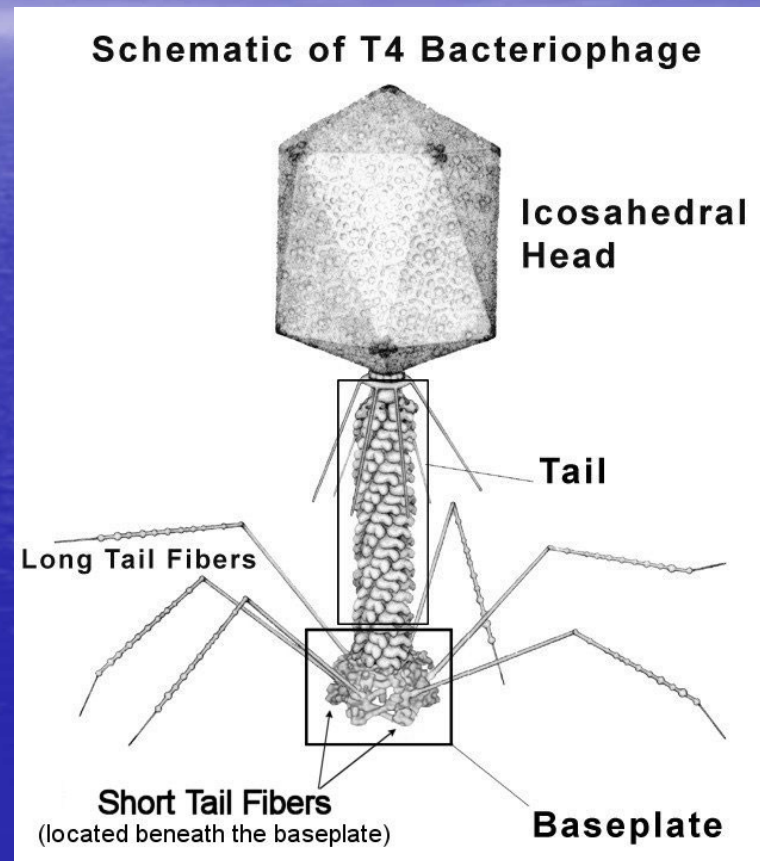


- Virusi mogu biti različitog oblika: Štapićastog, nitastog, loptastog, kockastog, topuzastog.
- Veličina virusa se kreće od 15-400nm.
- Virusi mikroorganizama zovu se fagi.



Građa virusa bakterija(bakteriofagi)

Oblici bakteriofaga
mogu biti
ikozaedralni sa
zgrčenim repom, fagi
sa opuštenim repom i
filamentozni fagi.
Najkompleksniji je fag
sa zgrčenim repom.



Bakteriofagi

E. coli i bacteriophag

