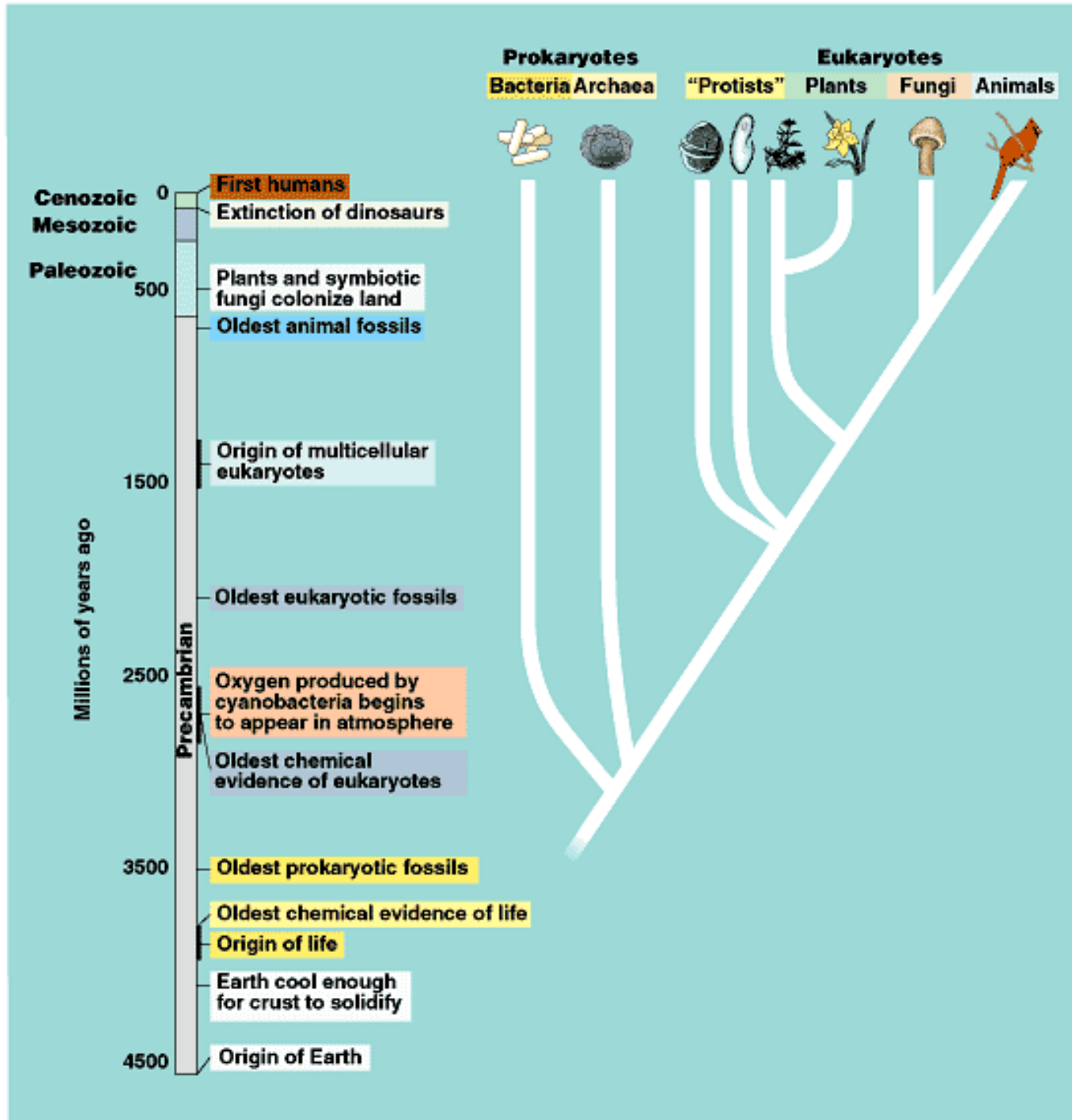


Vývoj života na Zemi a prokaryotické organismy

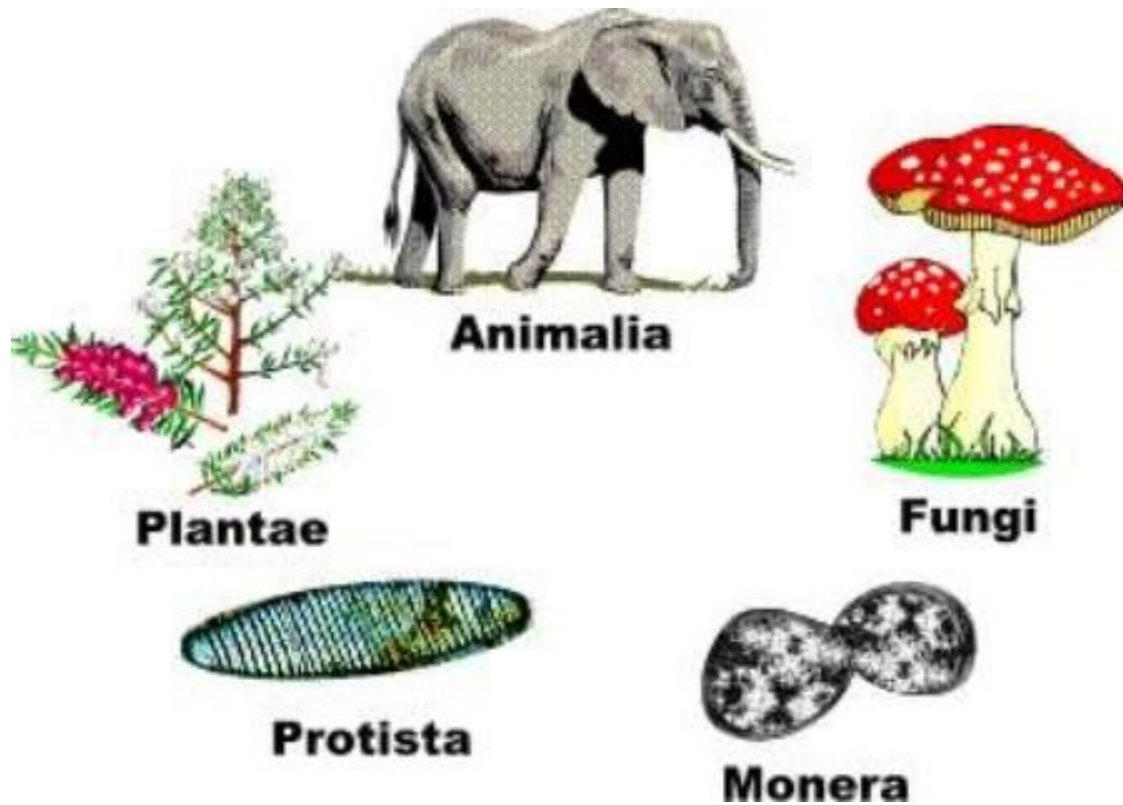


HEN

Vývoj života na Zemi



Tradičně dělíme organismy do pěti říší



Tradičně dělíme organismy do pěti říší



(a) A five-kingdom system



(b) An eight-kingdom system



(c) A three-domain system



Tradičně dělíme organismy do pěti říší



System šesti říší

Prokaryota jsou rozdělena

Na dvě říše na základě

Důkazů z molekulární

Biologie o brzkém rozdělení

Prokaryot na eubacteria a

archaea

(a) A five-kingdom system



(b) An eight-kingdom system



(c) A three-domain system



©1992 Addison Wesley Longman, Inc.

System osmi říší

Krom rozdělení prokaryot na dvě říše je možno rozdělit i

protista do tří říší: Archeozoa, Protista, Chromista

Tradičně dělíme organismy do pěti říší



System tří domén

Toto rozdělení si všímá starobylého evolučního rozdělení na **eubakteria** a **archea**.

Používá se taxon „nadříše“ zvaný doména. Doména **eukarya** zahrnuje 4 původní tradiční říše s eukaryotickými buňkami

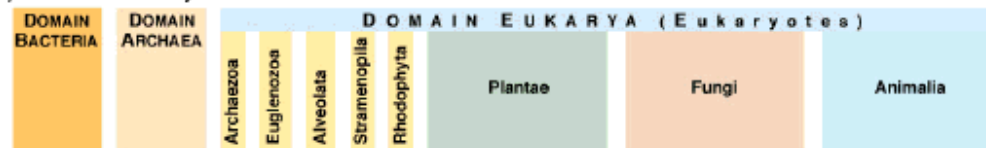
(a) A five-kingdom system



(b) An eight-kingdom system

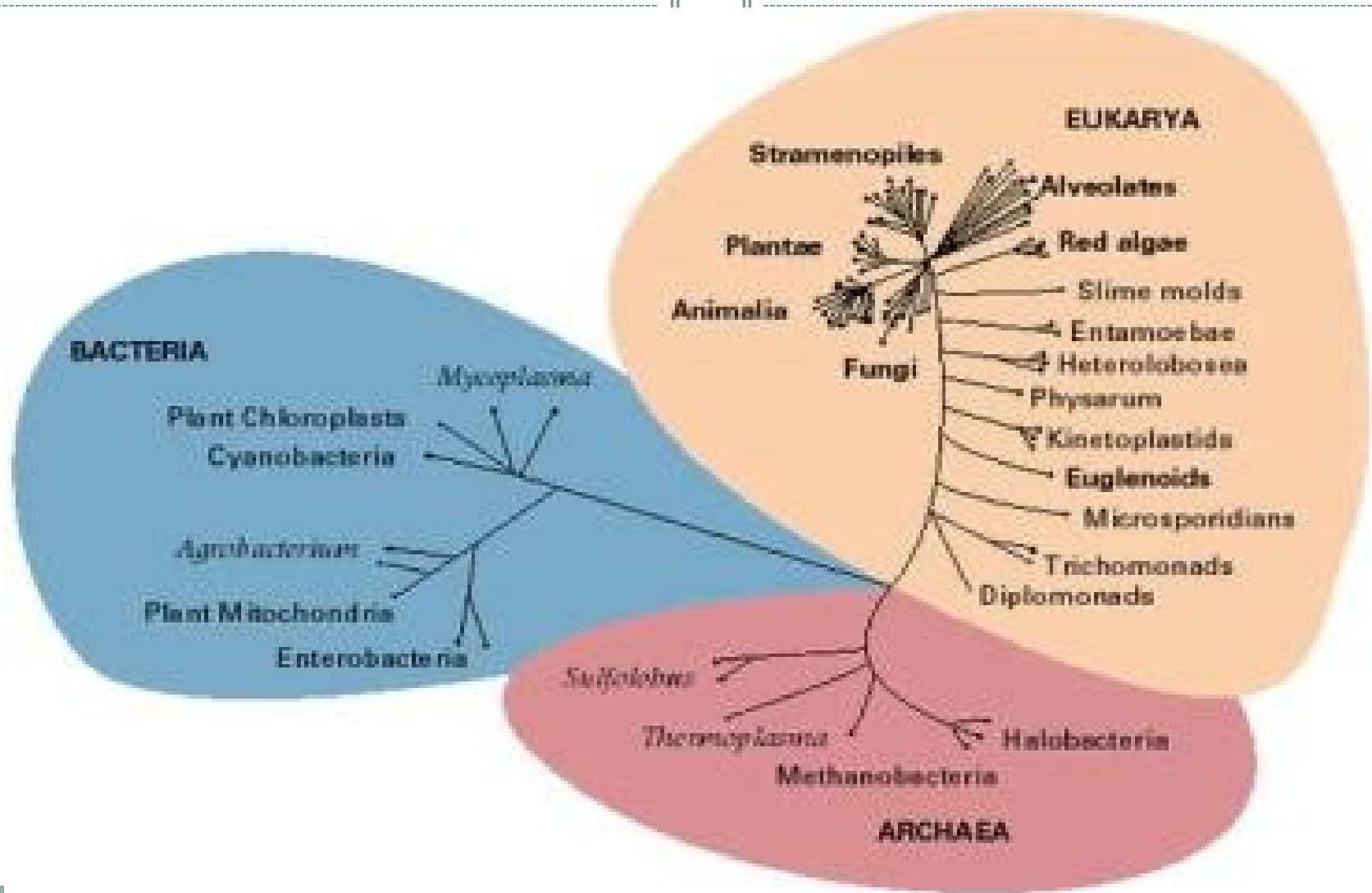


(c) A three-domain system

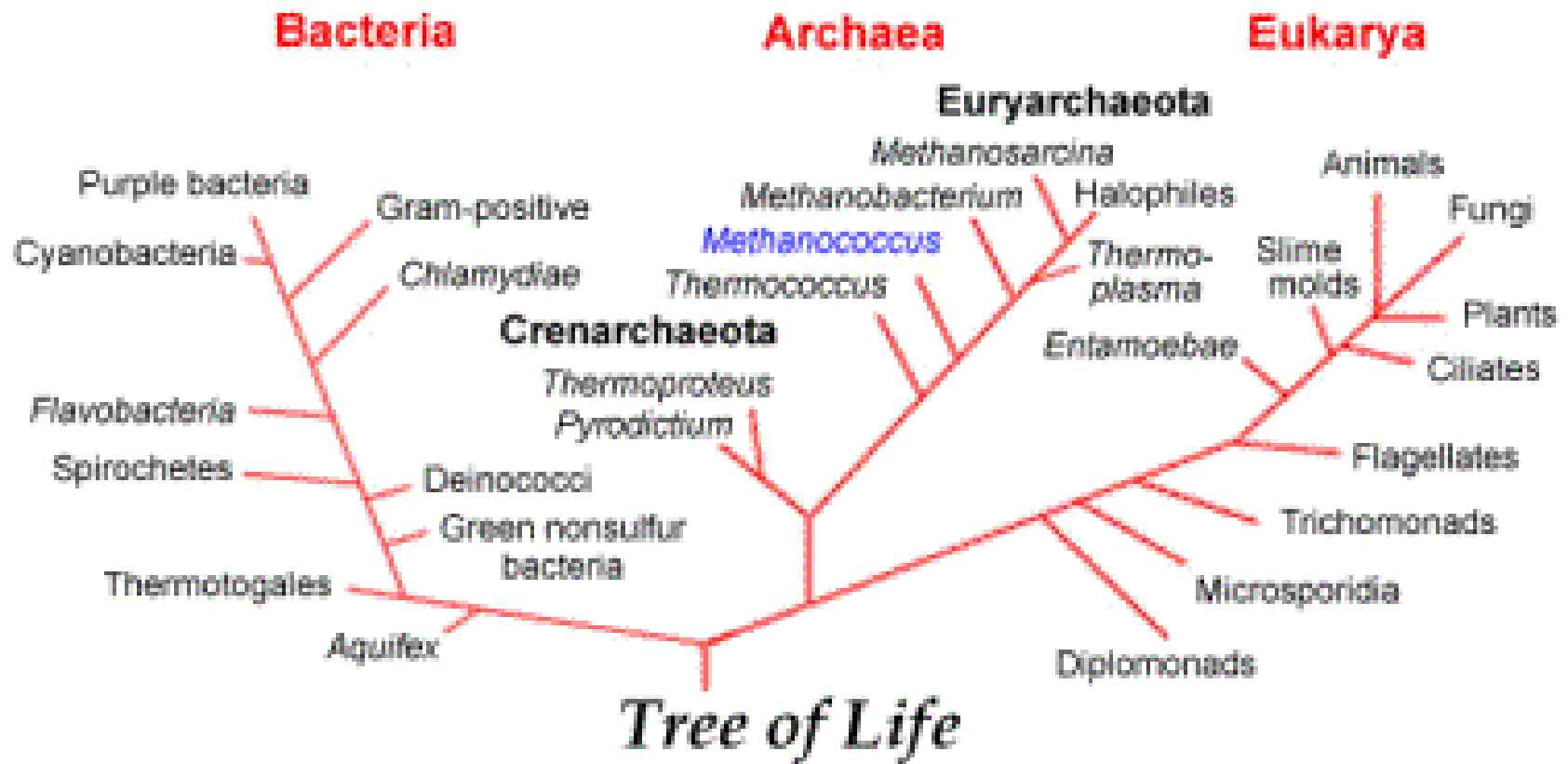


©1999 Addison Wesley Longman, Inc.

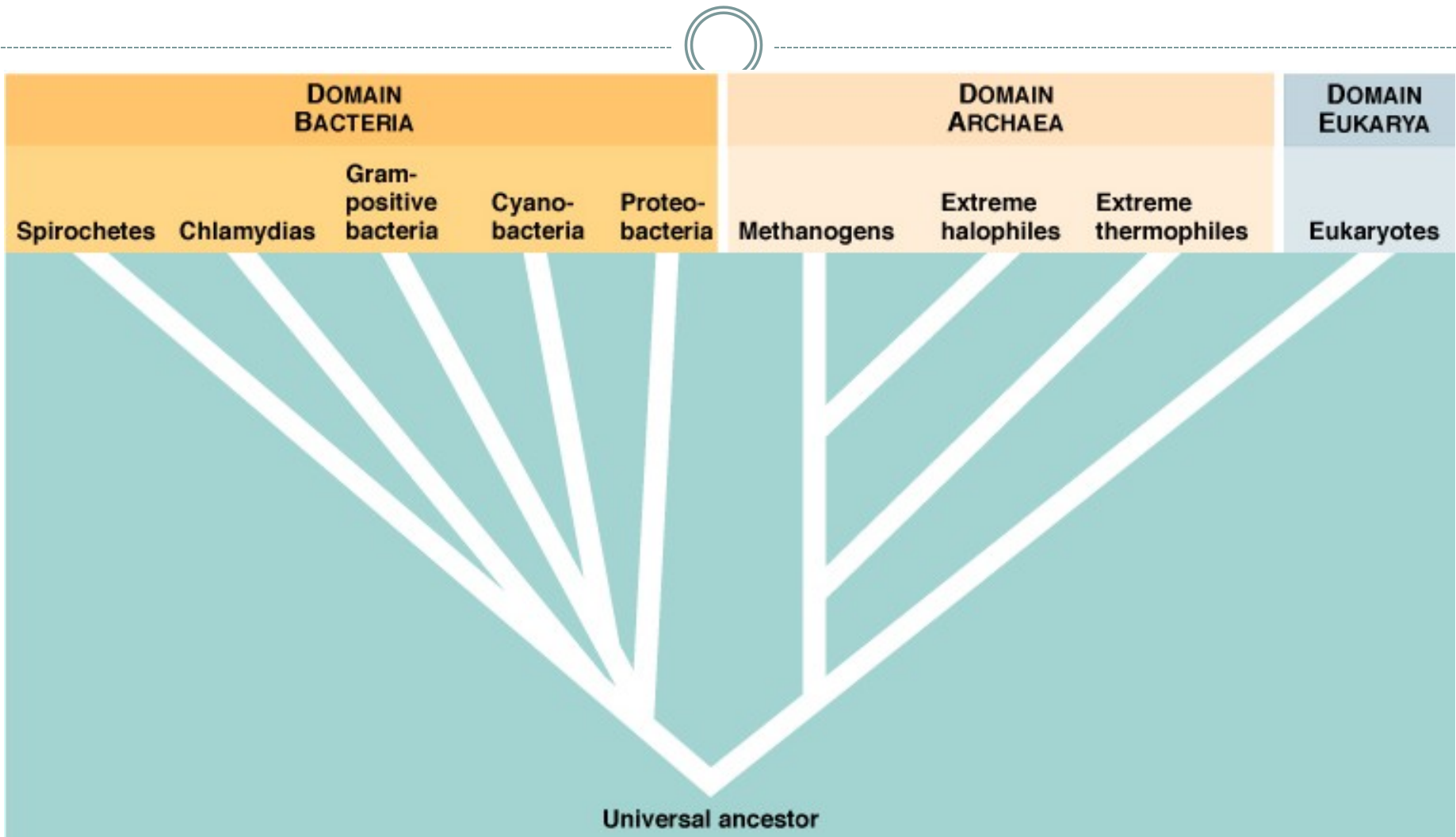
Rozdělení na tři domény („nadříše“)



Rozdělení na tři domény („nadříše“)



Rozdělení na tři domény



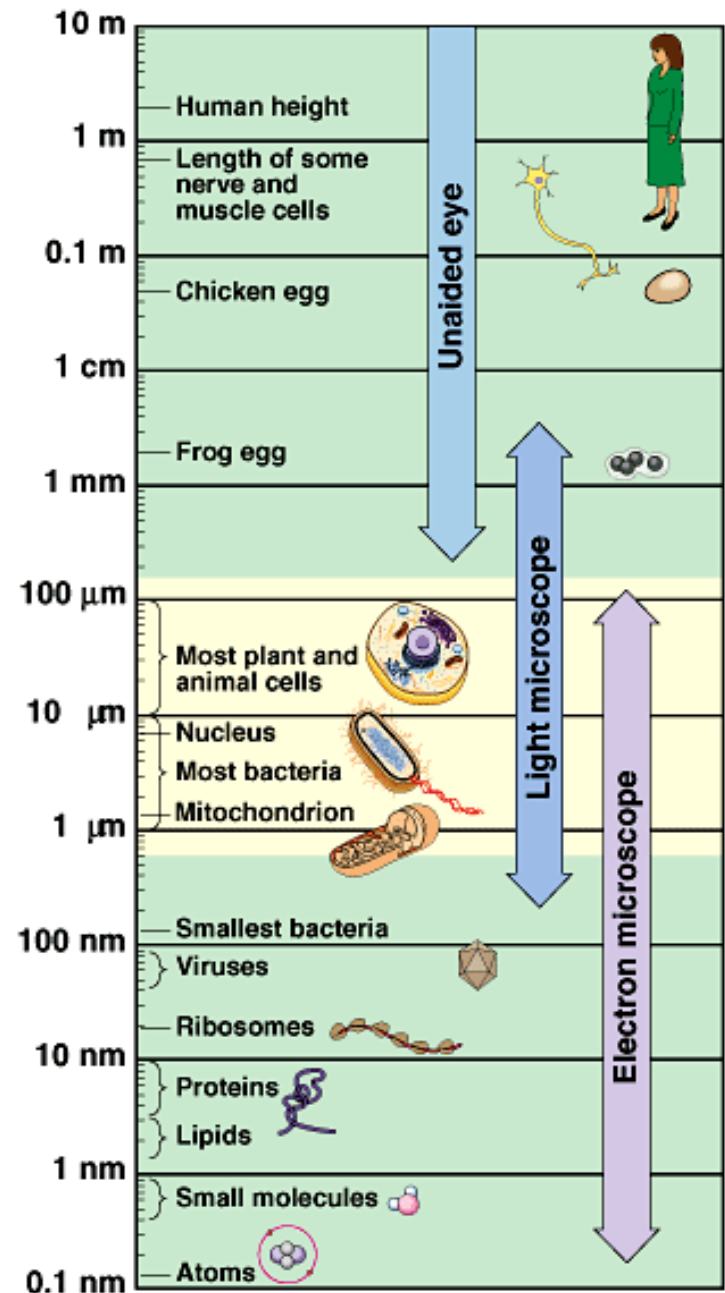
Většina buněk
má velikost
 $1\mu\text{m}$ - $100\mu\text{m}$

$1\text{m} = 1000\text{ mm}$

$1\text{mm} = 1000\mu\text{m}$

$1\mu\text{m} = 1000\text{ nm}$

$1\text{nm} = 10^{-3}\mu\text{m} = 10^{-9}\text{ m}$



Prokaryotická x eukaryotická buňka - Rozdíly

Prokaryotické buňky

(pro=před; karyon=jádro)

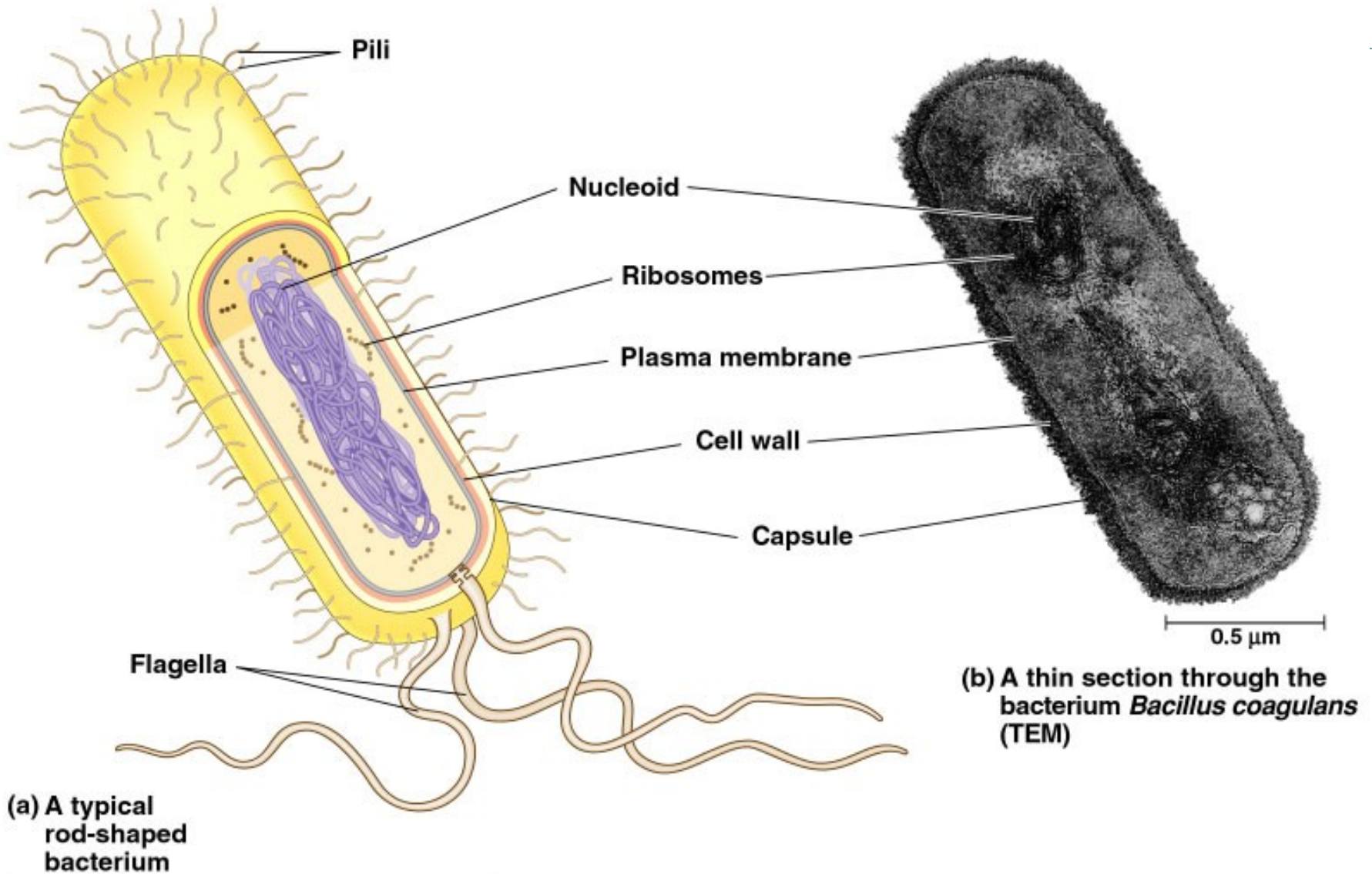
- DNA je v oblasti zvané nukleoid a není ohraničena membránou vůči buněčnému obsahu
- organely ohraničené membránami chybí
- buňka v obvykle v rozmezí $1\mu\text{m}$ - $5(10)\mu\text{m}$

Eukaryotické buňky

(eu=pravý; karyon=jádro)

- Chromosomy jsou v jádře, které je ohraničeno dvěma membránami
- v cytoplazmě jsou organely, ohraničené membránami
- buňka je obvykle mnohem větší ($10\mu\text{m}$ - $100\mu\text{m}$) než u prokaryot

Prokaryontní buňka



Prokaryota x Eukaryota

základní rozdíly



● PROKARYOTA

- vždy jednobuněční
- buňka velikosti $1\mu\text{m} - 10\mu\text{m}$
- jádro neexistuje, jediná kruhová DNA chráněná proteiny tvoří tzv. nukleoid volně ložený v cytoplasmě

● EUKARYOTA

- jednobuněční i mnohobuněční
- buňka velikosti $10\mu\text{m} - 100\mu\text{m}$
- jádro obaleno membránami obsahující různý počet chromosomů. Každý chromosom tvoří samostatnou molekulu DNA

Velikost prokaryot



- malá velikost je způsobena nepřítomností kompartmentalizace
- bakterie se musí spolehnout pouze na fyzikální procesy - difúzi
 - buňka tedy nebývá tlustší než $1 \mu\text{m}$

Prokaryota x Eukaryota

základní rozdíly



- **PROKARYOTA**

- buněčné dělení: binární štěpení. Sex neexistuje. Přesto si bakterie jsou schopny nepravidelně předávat části DNA

- **EUKARYOTA**

- buněčné dělení: mitóza, při které vzniká dělicí vřeténko z mikrotubulů

Prokaryota x Eukaryota

základní rozdíly



- **PROKARYOTA**

- kompartmentalizace: z organel existují jen ribosómy, jinak organely zcela chybí. Chybí cytoskelet

- **EUKARYOTA**

- kompartmentalizace: přítomny endosymbiotické organely (mitochondrie, plastidy), ER, Golgiho aparát, vnitřní rozčlenění buňky na různé prostory, přítomen cytoskelet

Prokaryota x Eukaryota

základní rozdíly



- **PROKARYOTA**

- bičíky: tvořeny jedním vláknem proteinu flagellinu. Pracují na principu lodního šroubu

- **EUKARYOTA**

- bičíky: komplexní stavby podle schématu „9+2“, jsou z mikrotubulů (protein tubulin). Pracují na principu biče.

Prokaryota x Eukaryota

základní rozdíly



- **PROKARYOTA**

- metabolismus: pokud fotosyntetizují, pak existují různé typy fotosyntézy, je uvolňován kyslík nebo síra nebo sulfát. Prokaryota mohou být rovněž chemoautotrofní

- **EUKARYOTA**

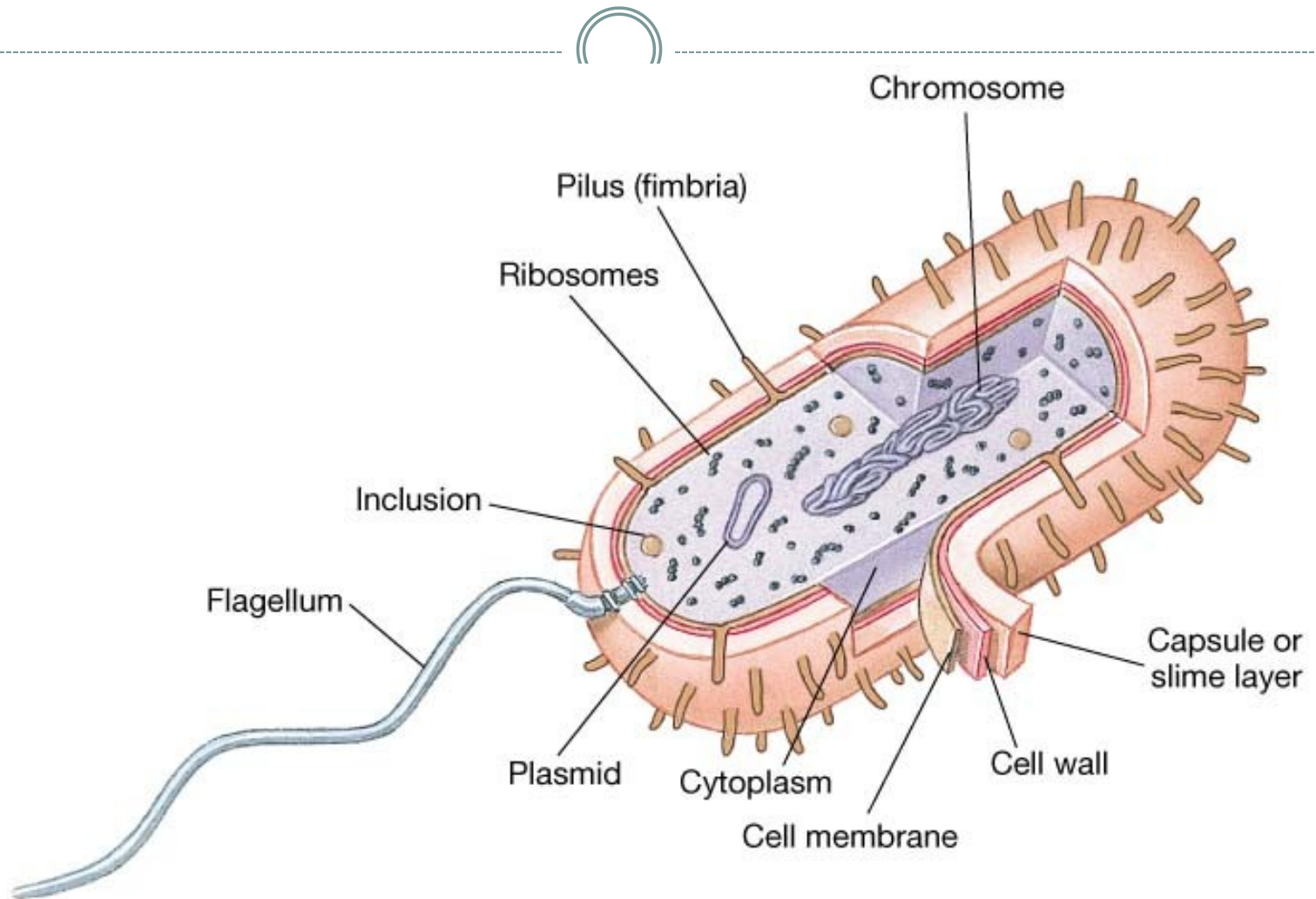
- metabolismus: pokud fotosyntetizují, pak je uvolňován pouze kyslík. Jsou též heterotrofové.

Jsou všude!

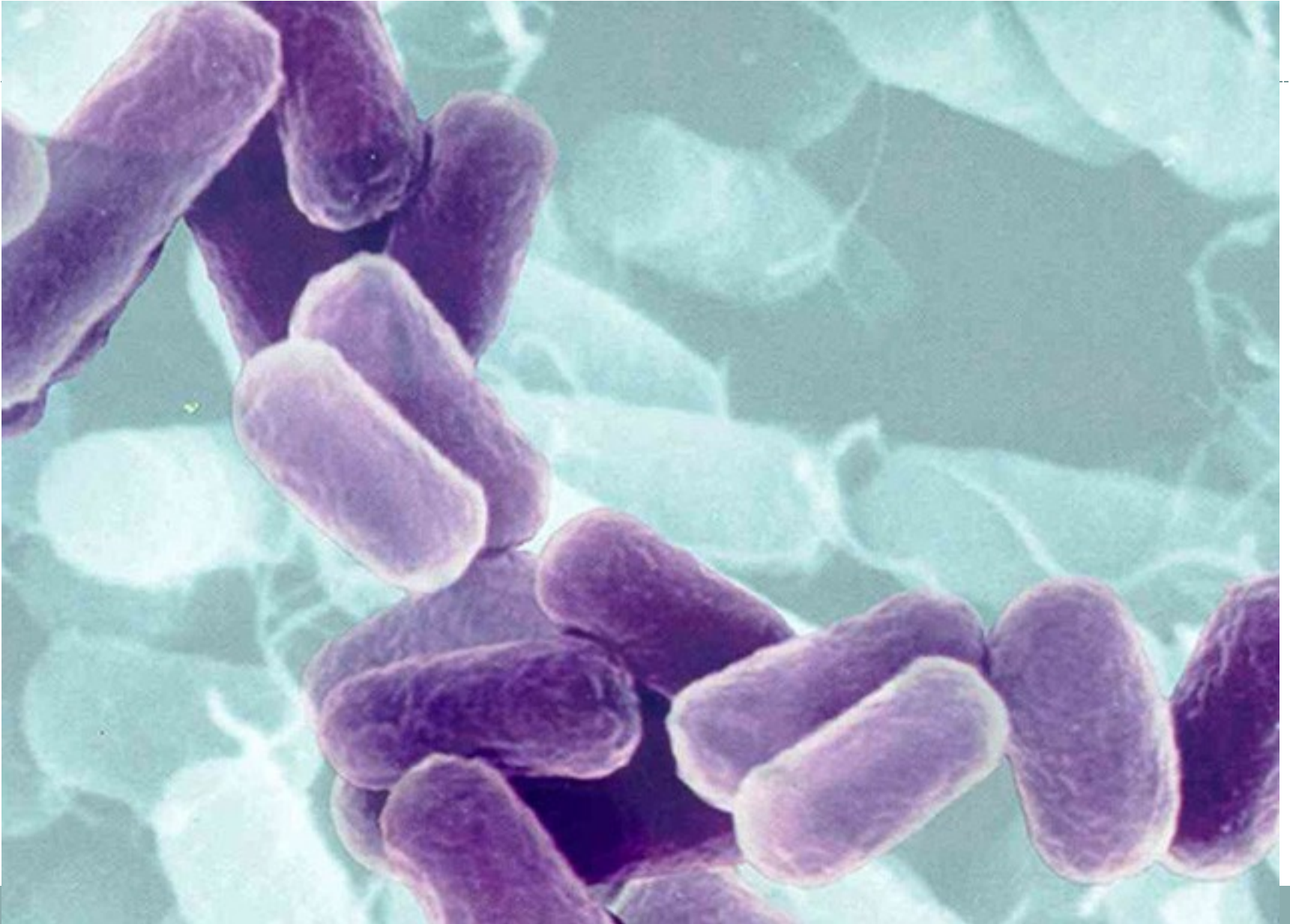


- jejich biomasa je 10 x větší než biomasa všech eukaryot
- v hrsti hlíny je víc bakterií než je lidí co kdy žili na Zemi
 - a tyto bakterie v hrsti hlíny tvoří cca 10 000 druhů
- úspěšnost prokaryot je do značné míry dána rychlostí množení, v příhodných podmínkách i každých 20 minut (většinou však 1 – 3 hodiny)

Bakteriální buňka



Escherichia coli



Základní charakteristika



- doposud popsáno asi 5 000 druhů
 - odhaduje se, že jich je několik tisíckrát více
- jsou již obsaženy v nejstarších dochovaných horninách, nejstarší fosílie kolem 3,5 miliardy let
- existovaly miliardu let před vznikem eukaryot
- jsou všudypřítomná a obývají i prostředí, ve kterých žádný jiný organismus není schopen přežít
 - horké prameny, okolí hydrotermálních komínů v mořích, extrémně slaná prostředí atd.

Základní charakteristika



- velikost buňky je obvykle 1 μm – 5 μm (eukaryota 10 – 100 μm)
- ve slaném prostředí dochází – jako ostatně u všech buněk – k plazmolýze; v mírně slaném prostředí dochází k zastavení rozmnožování
 - z tohoto důvodu nasolené potraviny lépe vydrží
- dnes dělíme na dvě velké skupiny - **domény**
 - Archea (dříve Archebaktérie)
 - Eubakterie

Endospory

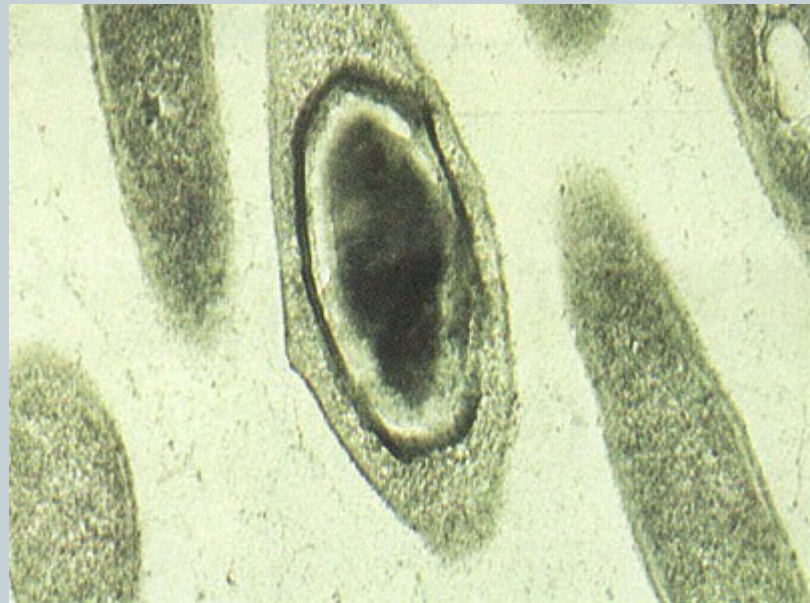
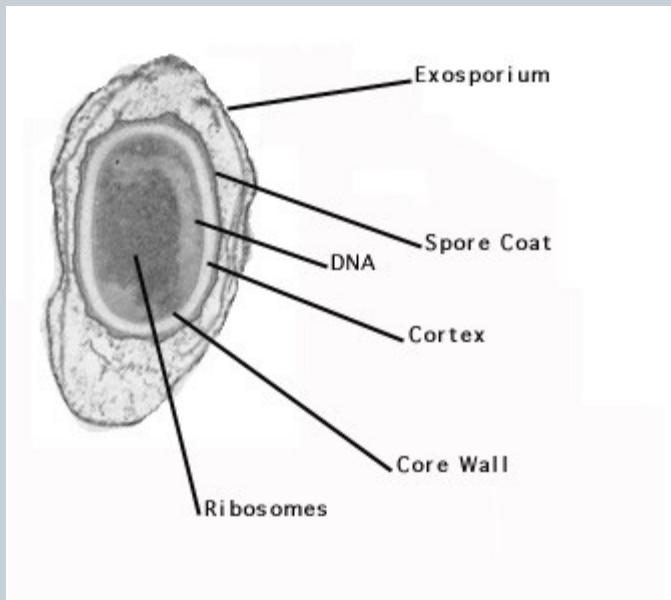


- za nepříznivých podmínek mohou vytvářet endospory
 - bakterie zreplikuje chromosom a obalí jej pevnou stěnou, která bude obalem endospory
 - z endospory se vyčerpá voda a metabolismus se stáhne na minimum
 - zbytek buňky se následně rozpadne
- endospory vydrží var ve vodě
 - pro jejich zabití je potřeba vařit při 121 °C za vysokého tlaku

Endospory



- endospory mohou přežít stovky let



Základní charakteristika

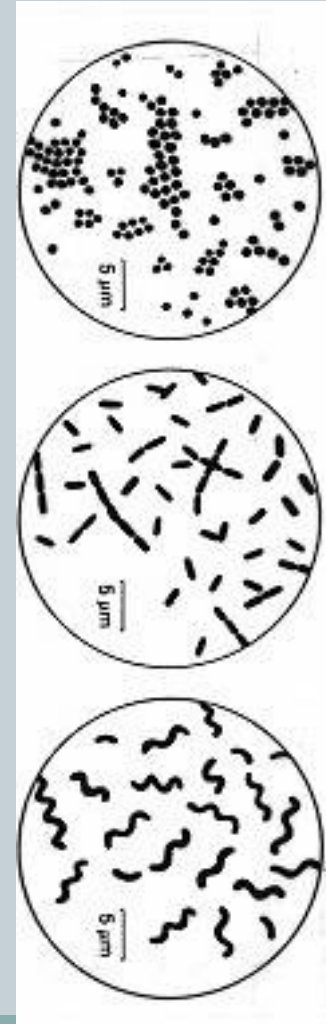


- podle tvaru dělíme na:

- COCCUS

- bacillus

- spirillum



Základní charakteristika



- **bacily a koky**
 - mohou tvořit kolonie tak, že po rozdělení zůstávají bakterie u sebe
 - cytoplasmy jednotlivých bakterií spolu ale nekomunikují (tak jak je běžné u eukaryot)
- **spirily**
 - netvoří kolonie
 - tvar často připomíná vývrtku; rotačním pohybem se bakterie pohybuje vpřed

Genom

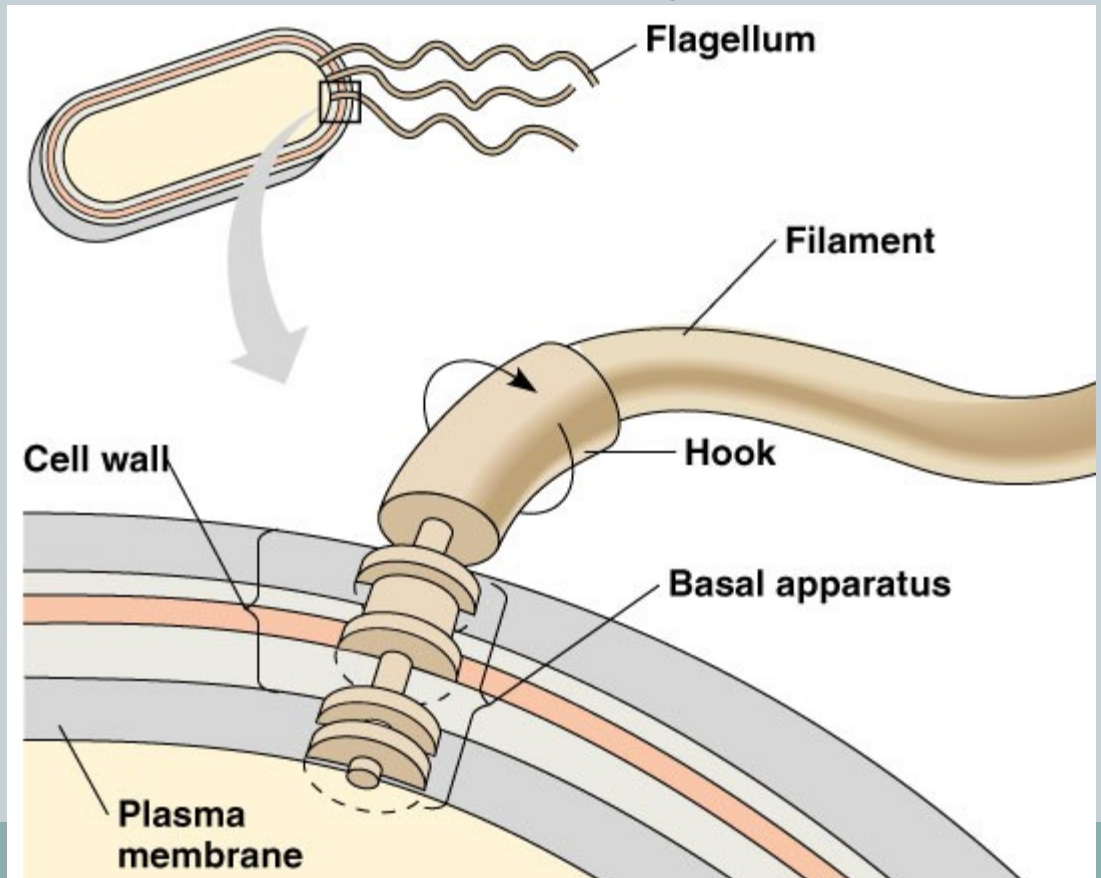


- obvykle menší než 10 Mb
 - *Bacillus megaterium* má ale genom 30 Mb
 - jiné mají několik cirkulárních nebo několik lineárních chromosomů
 - jiné mají směsku lineárních a cirkulárních chromosomů

Pohyblivost



- asi polovina druhů je schopna se řízeně pohybovat
- některé druhy až rychlostí $50 \mu\text{m/s}$, což je 50 délek těla za vteřinu!
- bakteriální bičík – jen 1/10 tloušťky jako eukaryotický, není pokrytý plasmatickou membránou



Archaea x Eubakterie



• ARCHEA

- v plasmatické membráně odlišné typy lipidů
- v buněčné stěně **chybí peptidoglykan!**
- ribosomy a RNA polymerasa podobné eukaryotům
- alespoň u některých genů jsou introny
- žádná z archeí nezpůsobuje člověku nemoc

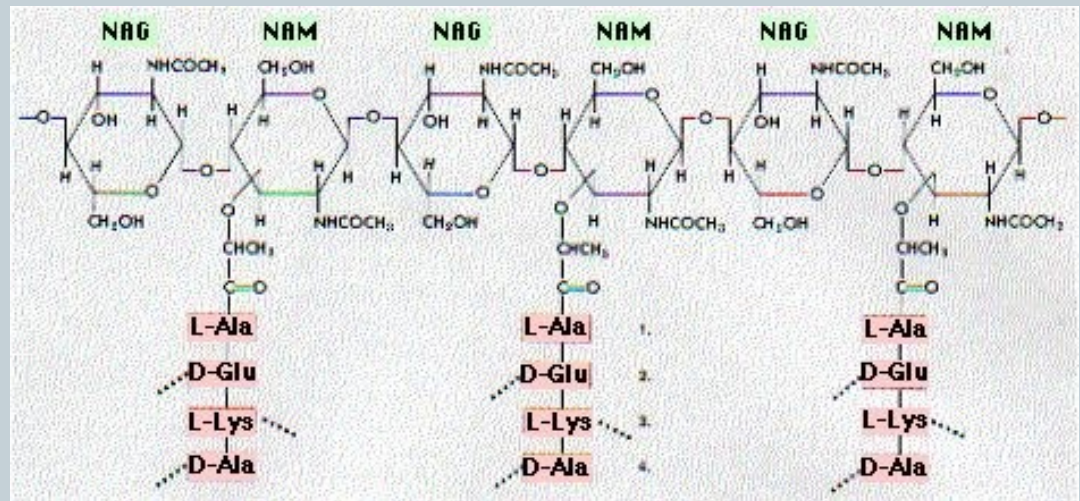
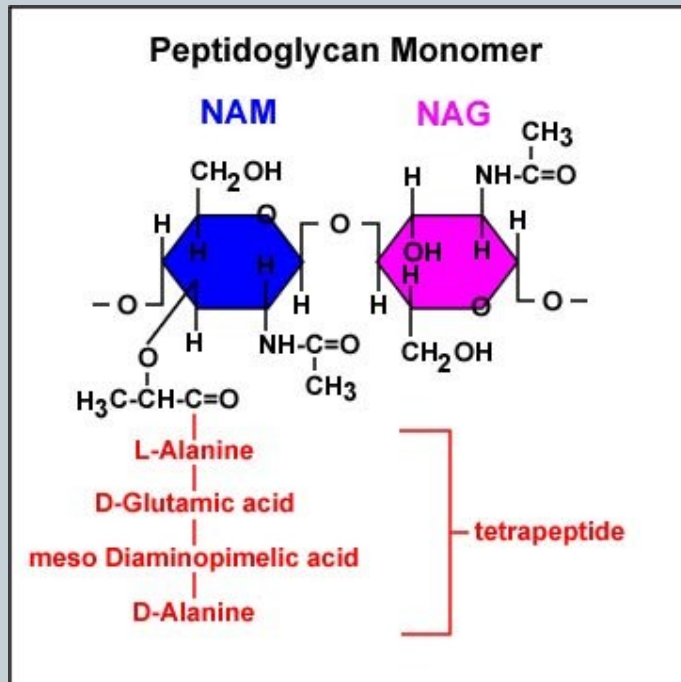
• EUBAKTRIE

- v plasmatické membráně odlišné typy lipidů
- v buněčné stěně je přítomen peptidoglykan
- ribosomy a RNA polymerasa značně odlišná od eukaryot
- introny nepřítomny

Peptidoglykan



- = síť polysacharidových molekul spojených polypeptidovými řetězci



Peptidoglykan

mají pouze eubaktérie



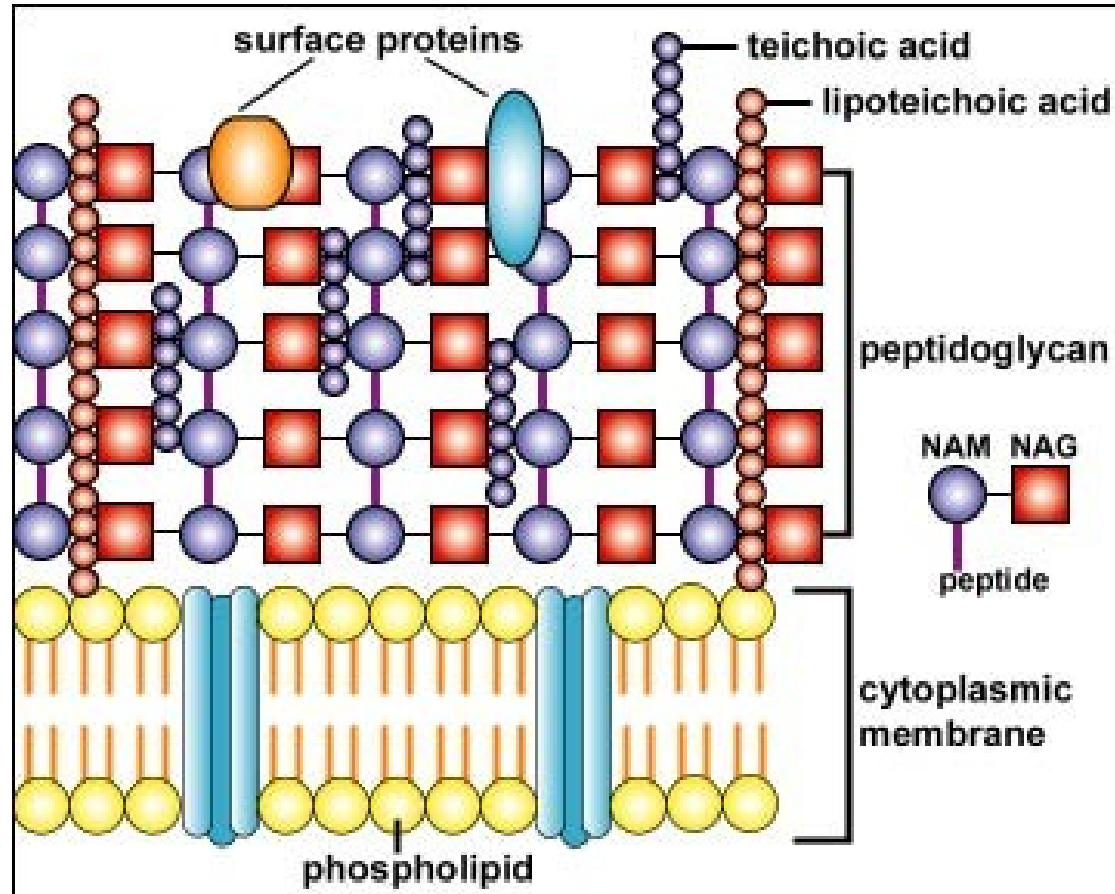
- **Gram pozitivní bakterie**

- mají silnou vrstvu peptidoglykanu
- Gramovým barvivem se barví do fialova

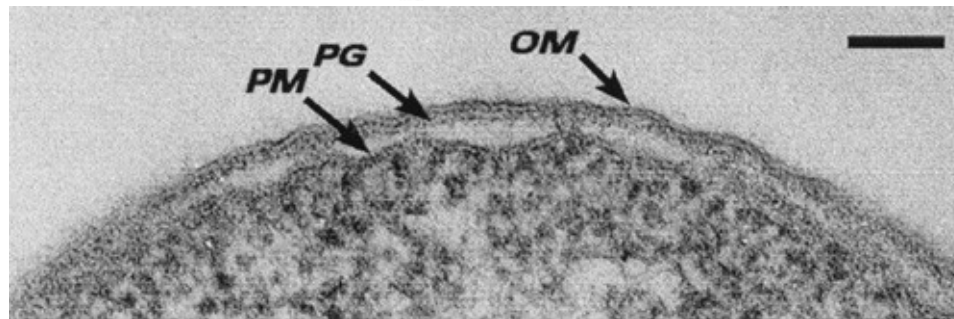
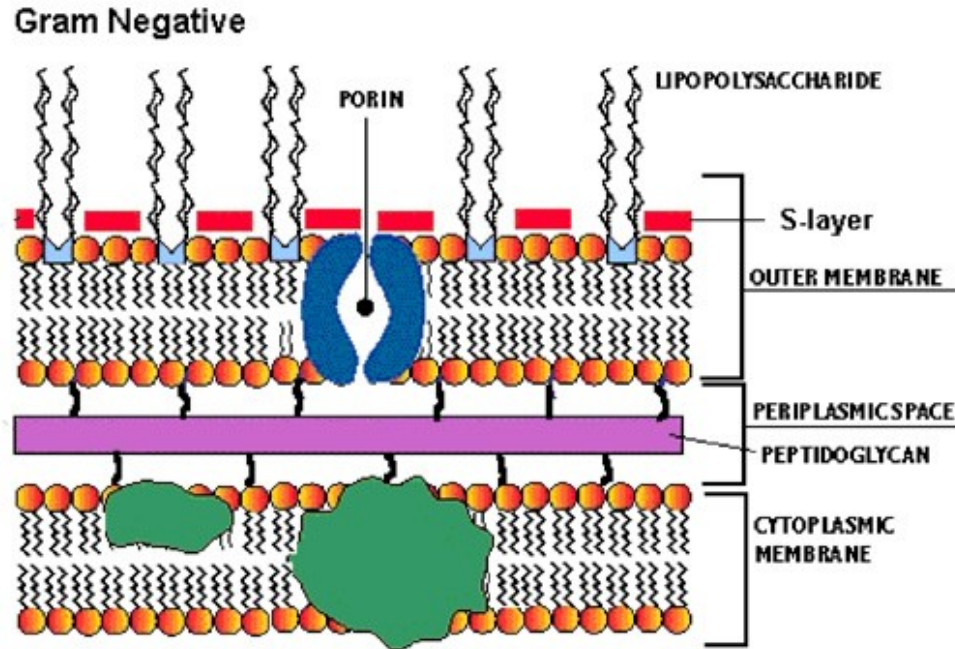
- **Gram negativní bakterie**

- slabá vrstva peptidoglykanu je umístěna mezi dvěma plasmatickými membránami
- Gramovým barvivem se barví do červena

Gram pozitivní bakterie



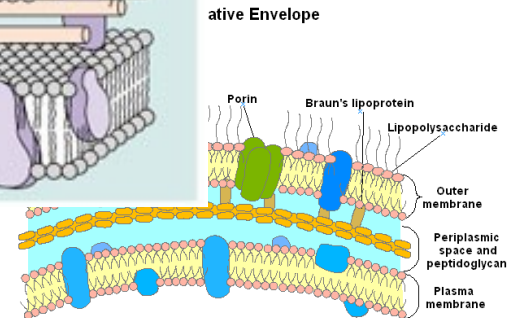
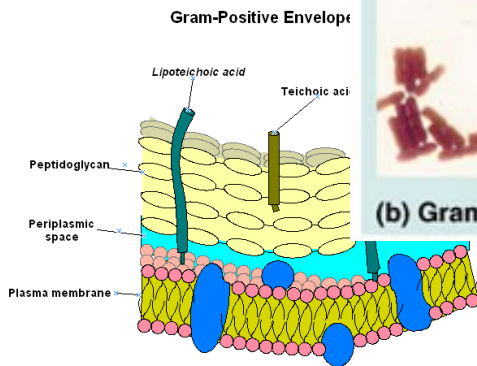
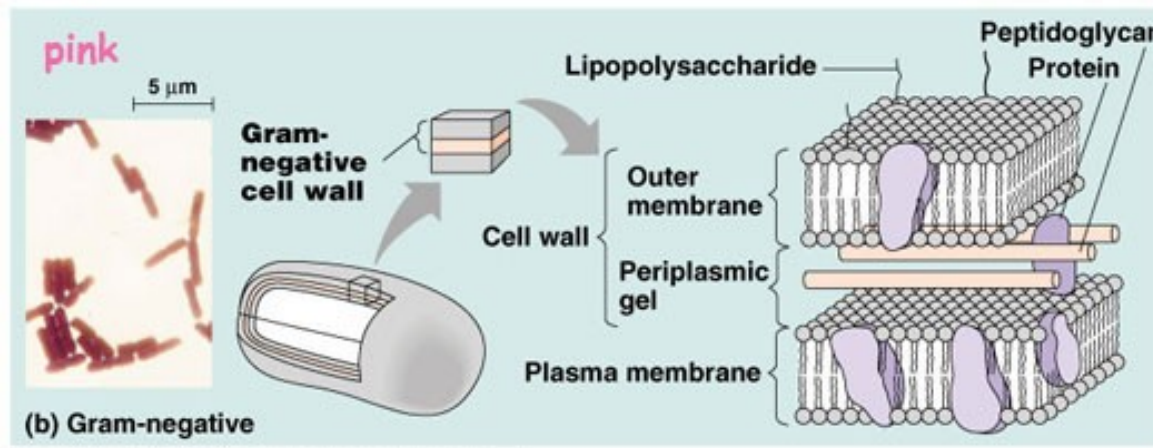
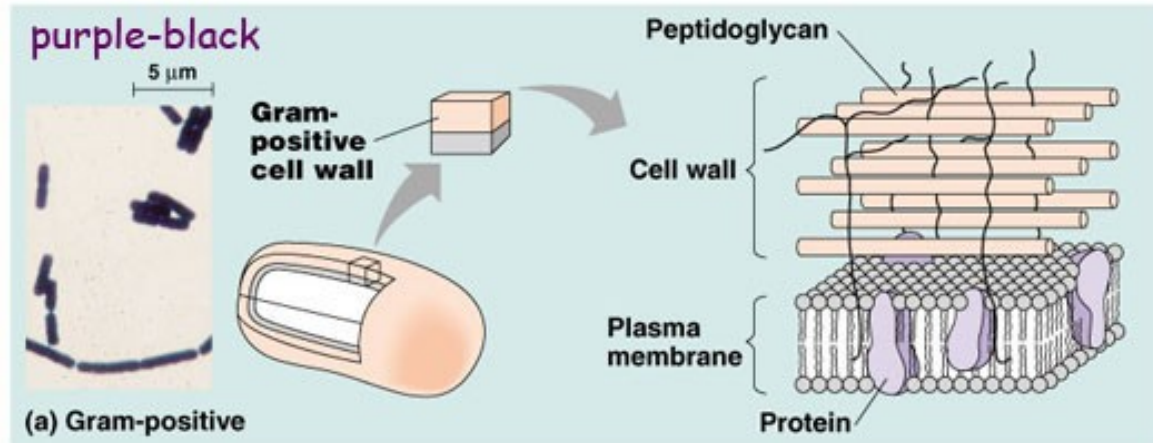
Gram negativní bakterie



E. coli K12. OM = vnější membrána.

PG = peptidoglykan. PM = plasmatická membrána

Gram pozitivní a Gram negativní bakterie

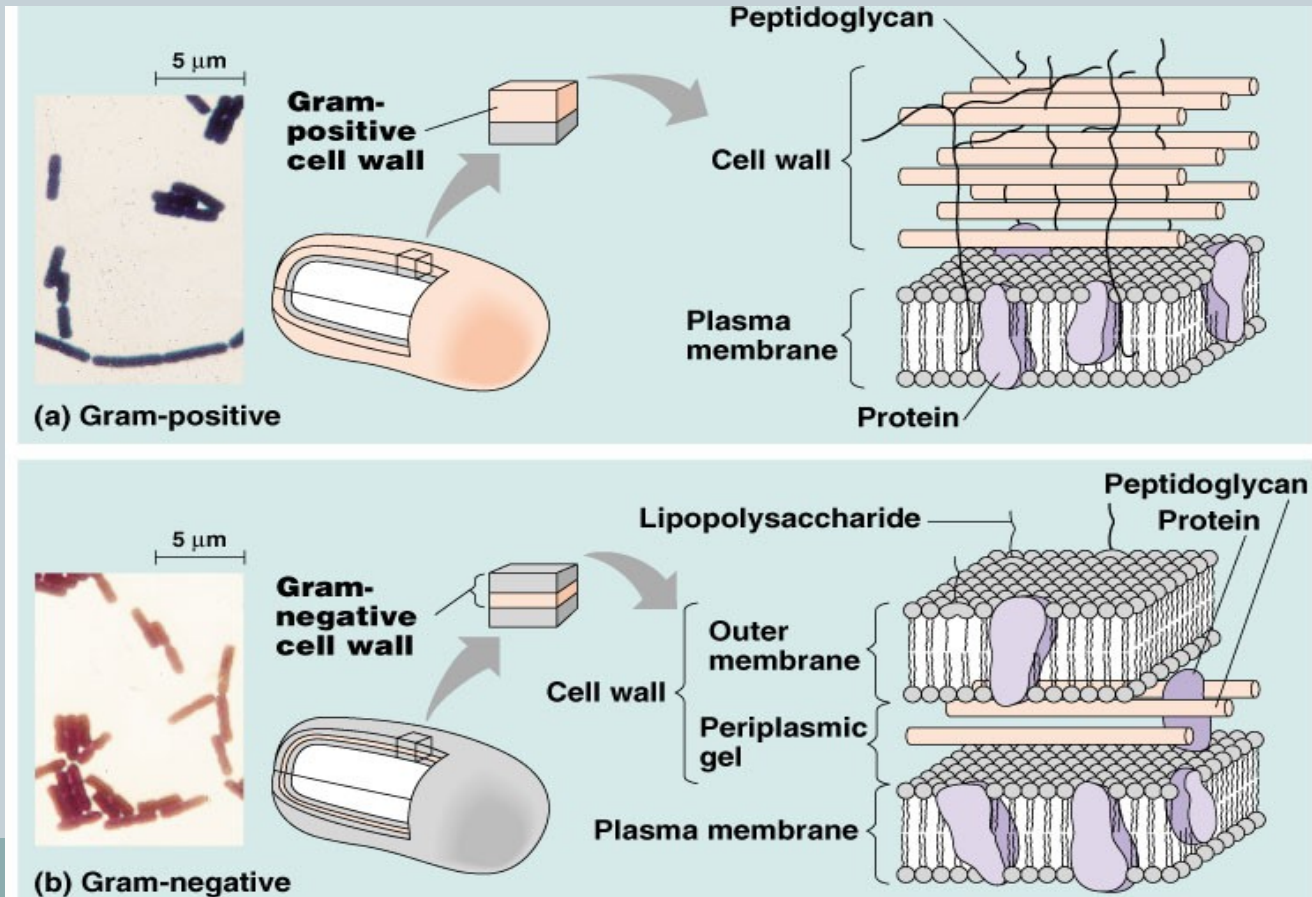


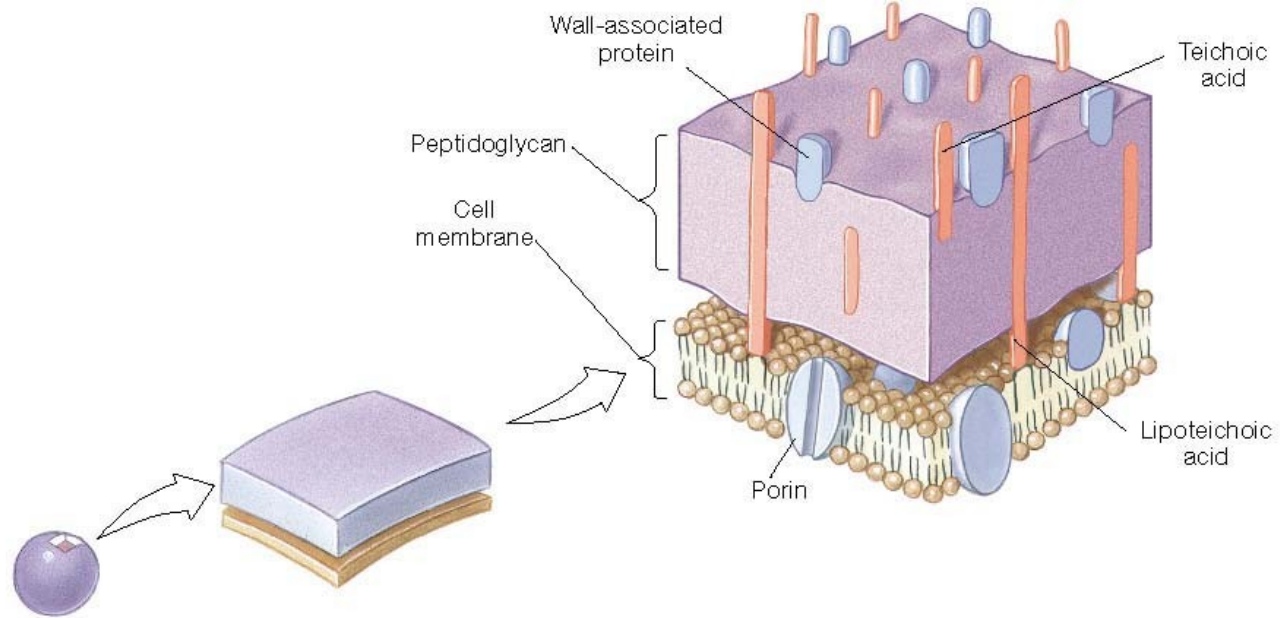
Gram negativní bakterie jsou obecně pro člověka nebezpečnější, navíc jsou odolnější vůči antibiotikům

Penicilín

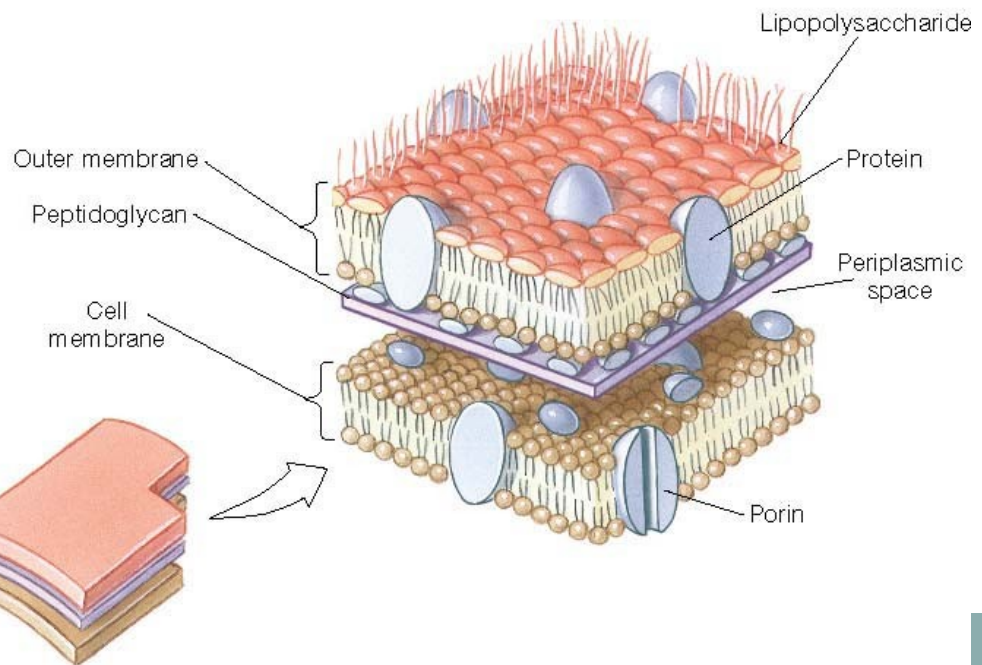


- zabraňuje správné tvorbě peptidoglykanu, proto je účinný zejména na Gram pozitivní bakterie





(a) Gram-positive bacteria



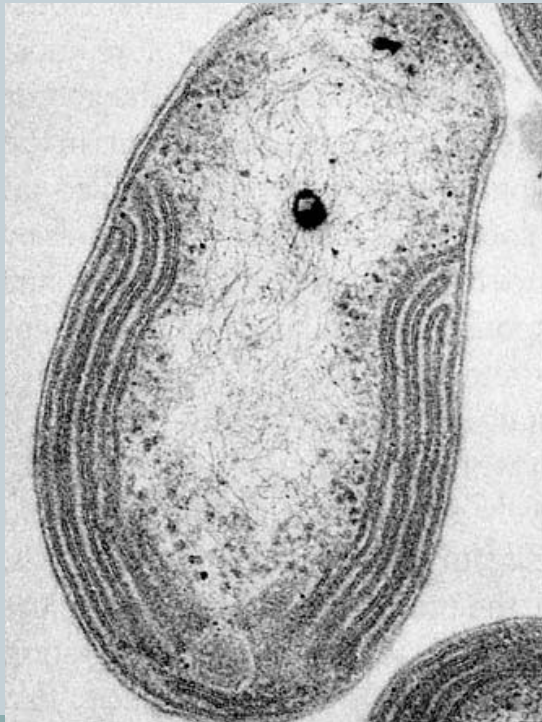
(b) Gram-negative bacteria

Bakteriální buňka



- mnoho bakterií má plasmatickou membránu různým způsobem vchlípenou dovnitř, čímž se vytváří prostor pro respiraci a fotosyntézu

aerobní
prokaryota



fotosyntetizující
prokaryota



Bakteriální buňka



- bakterie nemají jádro. Mají jednu kruhovou molekulu DNA, která se nachází v jedné oblasti buňky, zvané nukleoid
- krom nukleoidu obsahuje řada bakterií ještě i další menší kruhovou molekulu DNA zvanou plasmid.

Bakteriální buňka



- ribosomy – jsou mírně menší než ribosomy eukaryotických buněk.
 - Antibiotika **tetracyklin, erythromycin a chloramfenikol** blokuje funkci prokaryotických ribosomů, ale neváží se na eukaryotické ribosomy

Plasmidy



- Plasmid = malá, kruhovitá molekula DNA. Obsahuje jen málo genů, žádný z nich není nezbytně nutný pro přežití. Mnohé plasmidové geny ale mohou být velmi užitečné, neboť obsahují např. geny pro rezistenci k různým antibiotikům
- plasmidy snad kdysi vznikly jako vystřižený kus bakteriálního genomu

Plasmidy



- R plasmidy – nesou rezistenci proti antibiotikům

Klasifikace bakterií



- dva kmeny *Escherichia coli* se od sebe liší víc než člověk a ptakopysk

Metabolismus bakterií



- organismy dělíme podle toho, odkud získávají energii a odkud čerpají uhlík
- fototrofové = energii získávají ze světla
- chemotrofové = energii získávají rozkladem chemických látek
- autotrofové získávají uhlík z anorganických látek (CO_2)
- heterotrofové získávají uhlík z organických látek (např. z glukosy)

Metabolismus bakterií



- fotoautotrofové = uhlík získávají z anorganických látek (CO_2), energii ze světla
 - sinice, zelené řasy, rostliny
- chemoautotrofové = uhlík získávají z anorganických látek, energii z oxidací anorganických látek (např. H_2S , NH_3 , Fe^{++})
 - některá prokaryota, např. *Sulfolobus*
- fotoheterotrofové = získávají uhlík z organických látek a energii ze světla
 - řada mořských prokaryot, např. *Rhodobacter*, *Chloroflexus*
- chemoheterotrofové = získávají uhlík z organických látek a energii oxidací organických látek
 - mnoho prokaryot (např. *Clostridium*), protista, fungi, živočichové, některé nezelené rostliny

Metabolismus bakterií



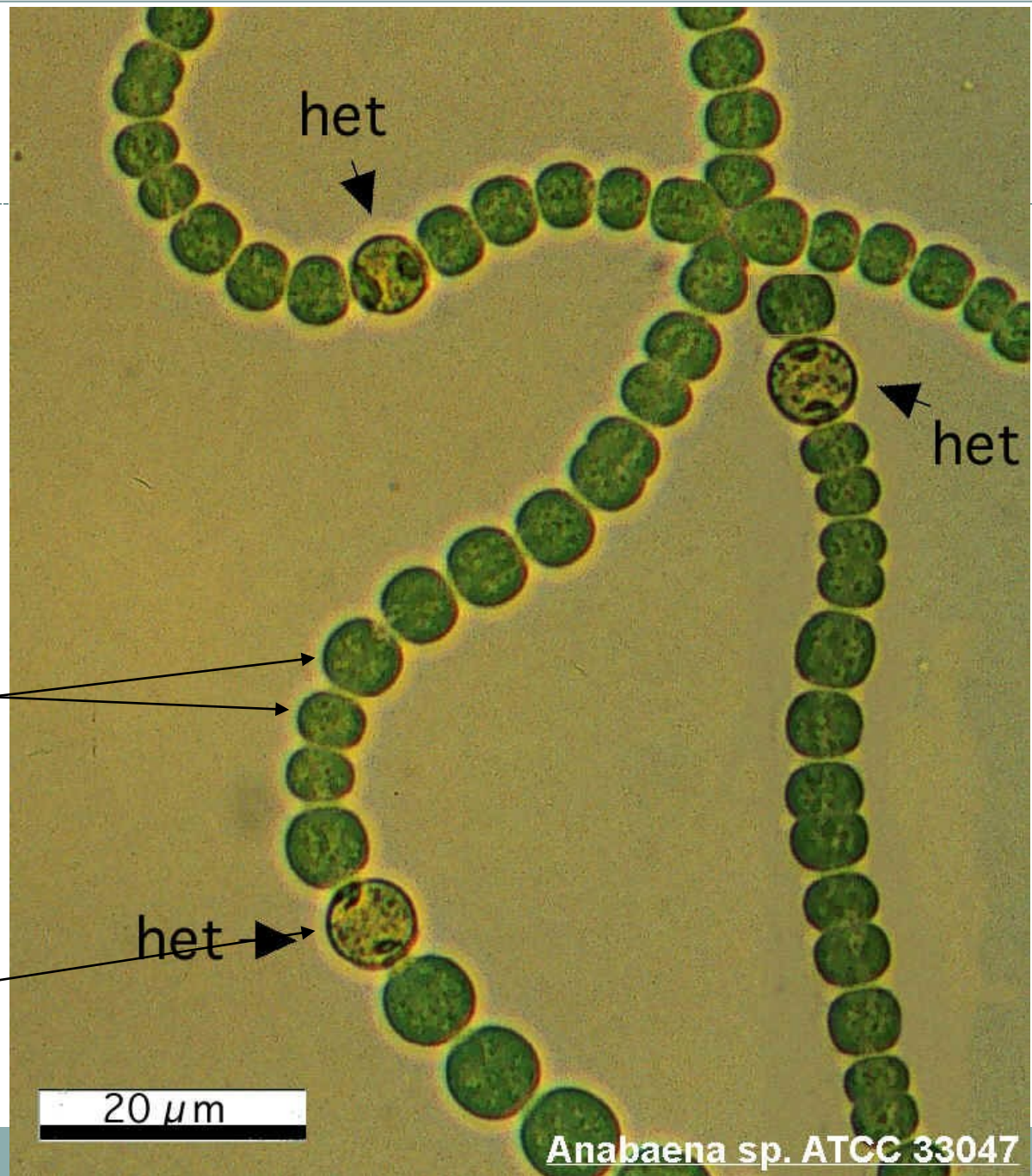
- sinice *Anabaena* má sice geny kódující jak proteiny potřebné k fotosyntéze a k fixaci dusíku, avšak jediná buňka v jedné chvíli buď fotosyntetizuje, nebo poutá dusík.
- odpadním produktem fotosyntézy je totiž kyslík, který blokuje enzymy potřebné k fixaci dusíku
- *Anabaena* řeší problém tím, že žije ve filamentózních koloniích, kde většina buněk fotosyntetizuje, zatímco některé specializované buňky, zvané heterocysty, provádí fixaci dusíku
- heterocysty mají silnou buněčnou stěnu, která brání průniku kyslíku z okolních fotosyntetizujících buněk

Metabolismus baktérií

sinice rodu
Anabaena

fotosyntetizující buňky

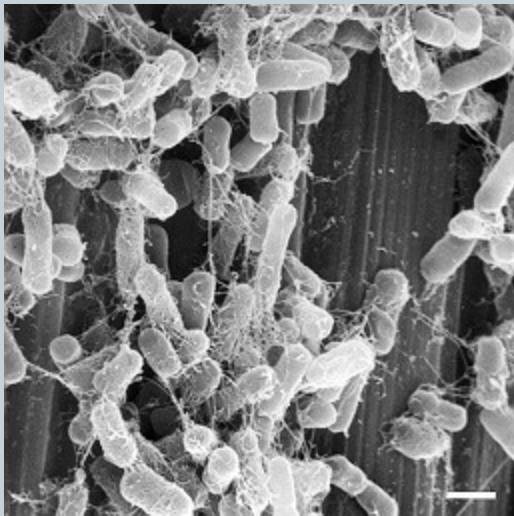
heterocysty



Biofilm



- biofilm je struktura, kterou tvoří některá prokaryota
- buňky vylučují proteiny, které fixují buňku k povrchu a ke druhým buňkám
- časté např. na povrchu zubů



Metabolismus vzhledem ke kyslíku



- obligátní aerobové = nemohou růst bez kyslíku
- fakultativní anaerobové = mohou žít jak za přítomnosti, tak i za nepřítomnosti kyslíku
- obligátní anaerobové = rostou jen v nepřítomnosti kyslíku

Nemoci způsobované bakteriemi



NEMOC	PATOGEN	VEKTOR/ REZERVOÁR	EPIDEMIOLOGIE
Anthrax	Bacillus anthracis	živočichové	přímý kontakt nebo požití. Vzácné, ale s fatálními následky
Botulismus	Clostridium botulinum	nedokonale připravená potrava	požití nebo kontaktem s poraněnou tkání. Může být fatální
Chlamydie	Chlamydia trachomatis	lidé, STD	urogenitální infekce s možným napadením očí a respiračního traktu. Vzestup za posledních 20 let

Nemoci způsobované bakteriemi



NEMOC	PATOGEN	VEKTOR/ REZERVOÁR	EPIDEMIOLOGIE
Cholera	Vibrio cholerae	lidské výkaly, plankton	průjem a smrt dehydrací. Až 50 % mortalita. Ve Rwandě 1994 zemřelo 100 000 lidí
Zubní kaz	Streptococcus	lidé	bakterie na povrchu zubu vylučují kyseliny, které uvolňují vápník ze zubu
Lepra (=malomoce nství)	Mycobacterium leprae	lidé, pásovci	jihovýchodní Asie, kontakt, celosvětově incidence 10 – 12 mil.

Nemoci způsobované bakteriemi



NEMOC	PATOGEN	VEKTOR/ REZERVOÁR	EPIDEMIOLOGIE
žaludeční vředy	Helicobacter pylori	lidé	vzniká stresem nebo
mor	Yersinia pestis	potkani, blechy, veverky	1346 zemřelo 25% obyvatel Evropy
zápal plic	Streptococcus, Mycoplasma, Chlamydium	lidé	infekce plic, bez léčení smrtelná

Nemoci způsobované bakteriemi



NEMOC	PATOGEN	VEKTOR/ REZERVOÁR	EPIDEMIOLOGIE
tuberkulóza	Mycobacterium tuberculosis	lidé	infekce plic, lymfy a meningů. Incidence stoupá v souvislosti se vznikem kmenů odolných vůči antibiotikům
tyfoidní horečka	Salmonella typhi	lidé	kontaminovaná voda, v USA 500 případů ročně
tyfus	Rickettsia typhi	lidé	kdysi velké nebezpečí, infikované blechy, 70 % mortalita

Horizontální přenos genů



- transformace – přijetí čisté DNA z okolního prostředí
- transdukce – přijetí DNA pomocí bakteriofága
- konjugace – přenos DNA z bakterie na bakterii plasmidem

Baktérie a prostředí



- dekompozice – po naší smrti se díky baktériím a houbám uhlík, dusík, fosfor, síra a další atomy našich těl uvolní zpět do prostředí
- fixace – díky sinicím (a zeleným rostlinám) je fixován CO_2 ze vzduchu za vzniku cukrů. Z těchto cukrů se vytvářejí části rostlin. Odpadním produktem reakce je kyslík. Všichni živočichové (...a lidé) se živí buď rostlinami nebo organismy, které se rostlinami živí a dýcháme kyslík, které sinice a rostliny kdysi vyprodukovaly

Baktérie a prostředí



- podobně některé bakterie (sinice) fixují vzdušný dusík. V molekule dusíku N_2 je trojná vazba, kterou není jednoduché rozbít. Některé bakterie toto dokážou a dusík redukuje na amoniak NH_3 , který je potom dále používán pro tvorbu aminokyselin a dalších důležitých molekul.
- sinice jsou nejsamostatnější organismy na Zemi: k životu potřebují jen světlo, CO_2 , N_2 , vodu a několik minerálů

Baktérie a prostředí



- když organismus zemře, jiné bakterie (tzv. denitrifikační bakterie) dusík z těla uvolní zpět do atmosféry, čímž dokončí celý cyklus (viz bod „dekompozice“)

Mutualismus



- na kořenech bobovitých rostlin jsou nitrifikační bakterie, které fixují vzdušný dusík, oplátkou získávají od rostlin živiny z fotosyntézy
- Krávy a další býložravci nejsou schopni trávit celulosu. Mají proto ve svém žaludku bakterie, které produkují enzym celulázu
- podobně bakterie v našem tlustém střevu produkují vitamíny K a B₁₂, které si sami vytvořit neumíme

Další formy symbiózy



- komezalismus = některé bakterie žijí na povrchu těl živočichů, aniž by jim prospívaly nebo škodily
- parazitismus = mnohé bakterie způsobují onemocnění

Baktérie a genetické inženýrství



- *Bacillus thuringiensis* se po genetických úpravách používá k účinnému boji proti škodlivému hmyzu
- jiné geneticky upravené bakterie produkují lidský insulin
- jiné geneticky upravené bakterie se používají k odstraňování ropných skvrn. Tyto bakterie se živí ropnými uhlovodíky

Výzkum evoluce bakterií



- od roku 1988 se pěstuje kolonie E. coli, která dnes má již 20 000 generací
- vzorky jsou neustále zamražovány a následně je zkoumán genom, mutace, atd.
- např. se zjistilo, že dnešní kolonie rostou o 60 % rychleji než kolonie roku 1988

Mutualismus



Photoblepharon palpebratus – bakterie pod očima slouží jako automobilová světla

Mutualismus +/+



Mutualismus
mezi rostlinou
(*Fabaceae*)
a bakterií
(*Rhizobium*)
žijící v nodulech
na kořenech

Bioterorismus



- z bakterií se používá zejména bakterie způsobující anthrax
 - program biozbraní skončil v USA v r. 1969, v Rusku oficiálně až v 90. letech
- v roce 2001 případy bioterorismu v USA, použit anthrax