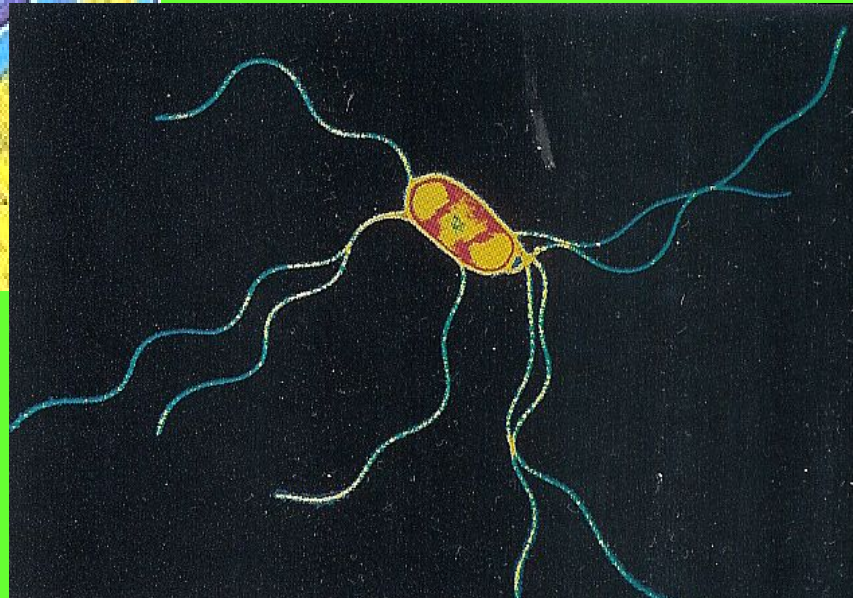
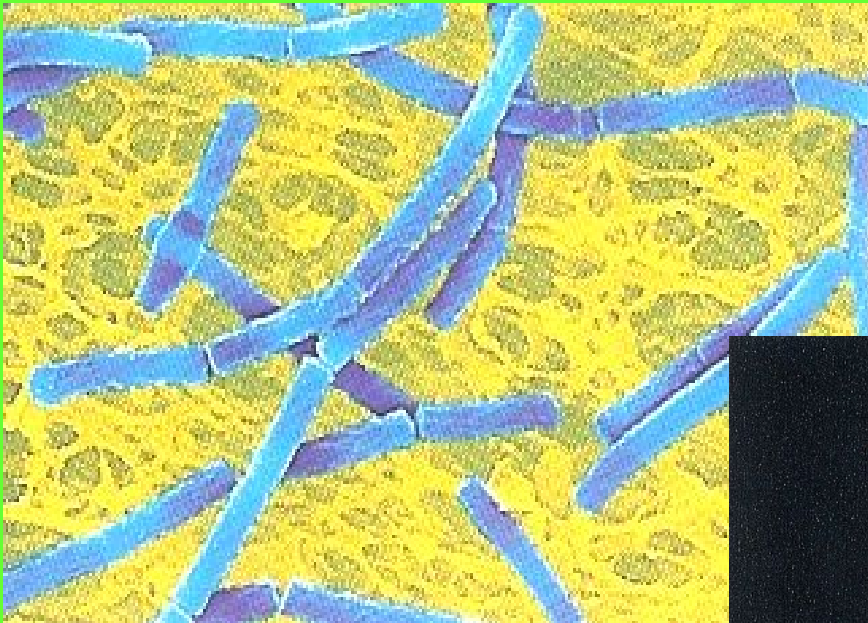


# ***Průvodce světem***

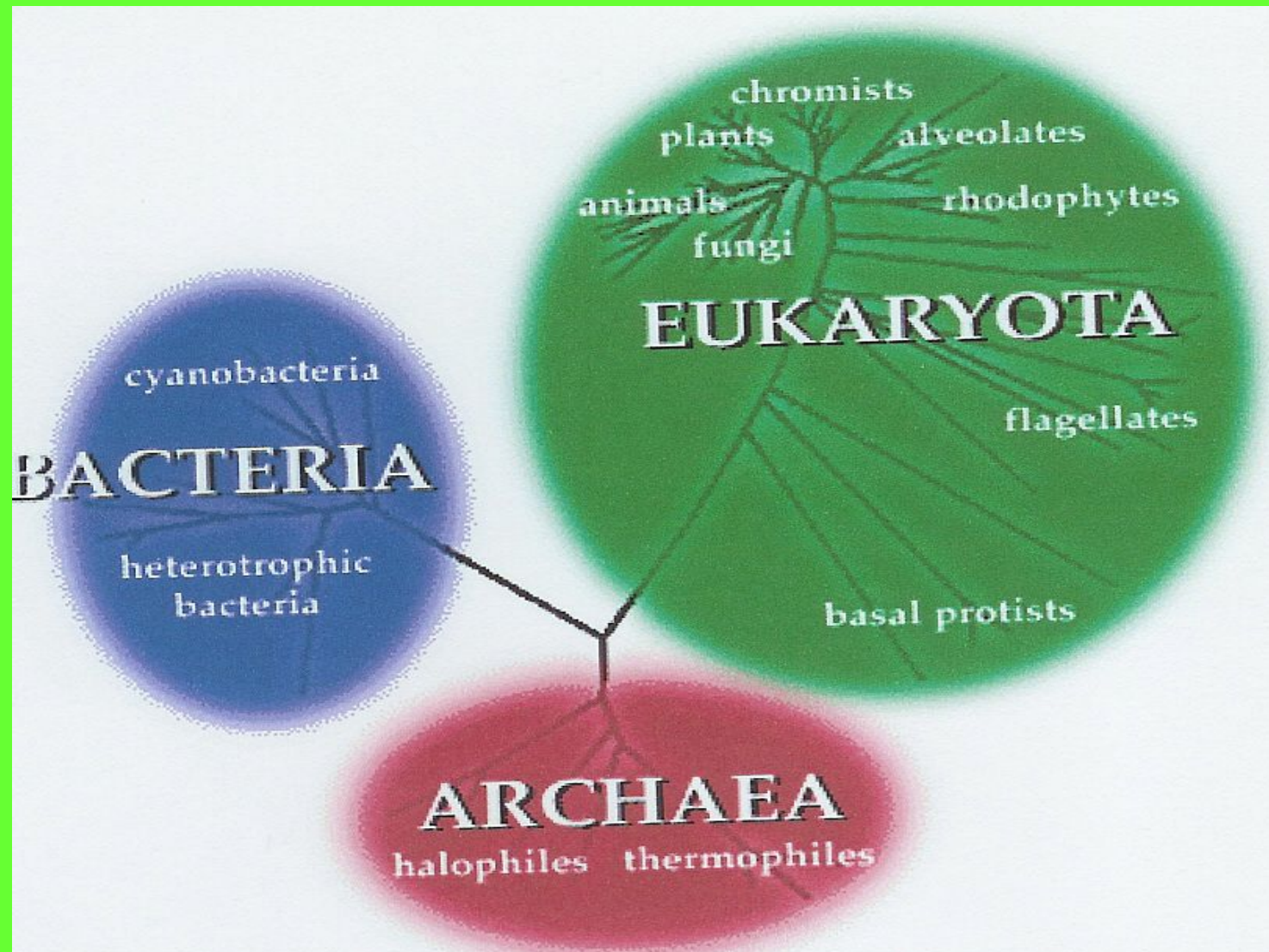
## ***bakterií***



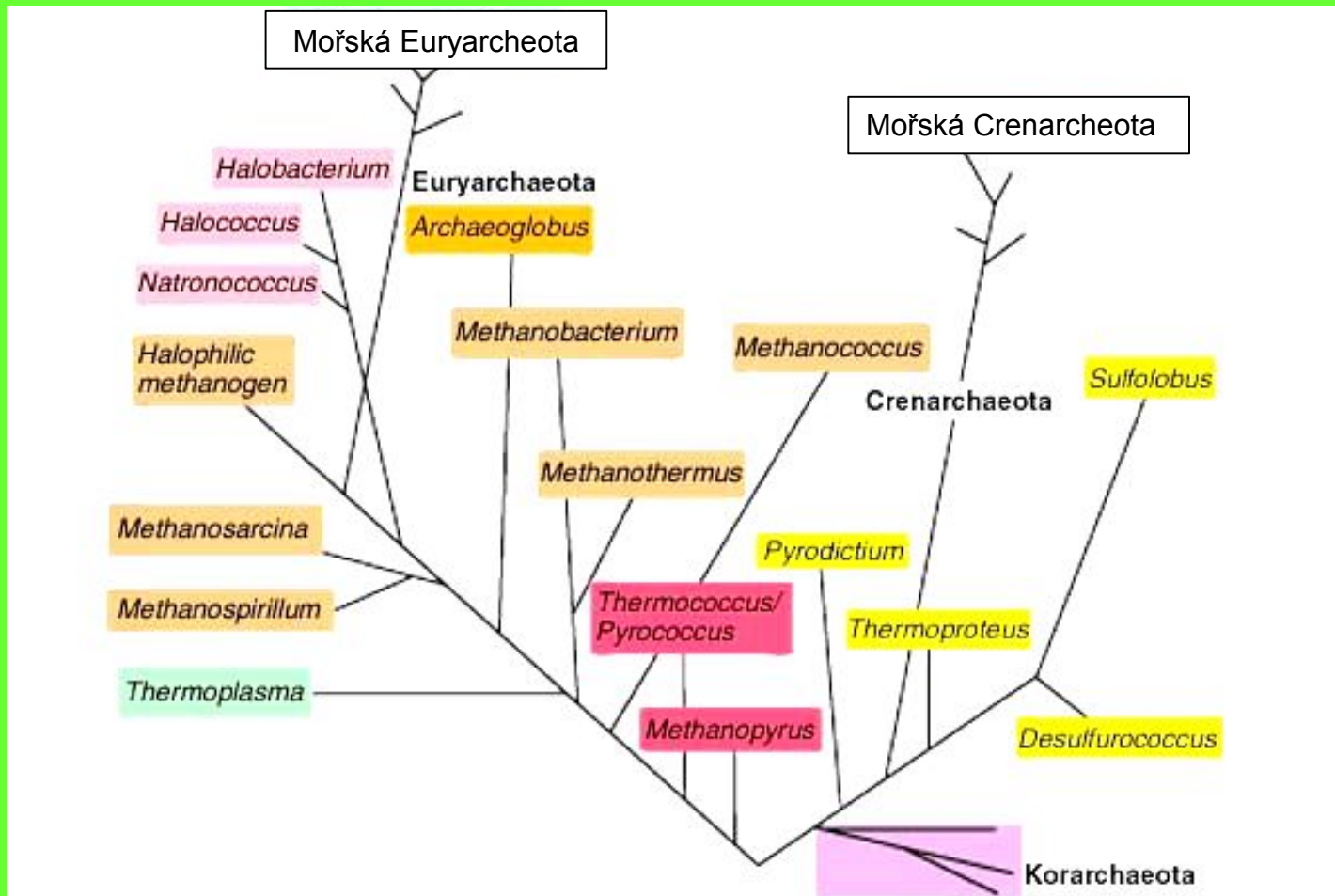
Doc.RNDr. Miroslav Němec, CSc.

Ústav experimentální biologie  
oddělení mikrobiologie  
Přírodovědecká fakulta MU  
Brno

# Zjednodušené schéma domén



# Zjednodušené schéma domény Archaea



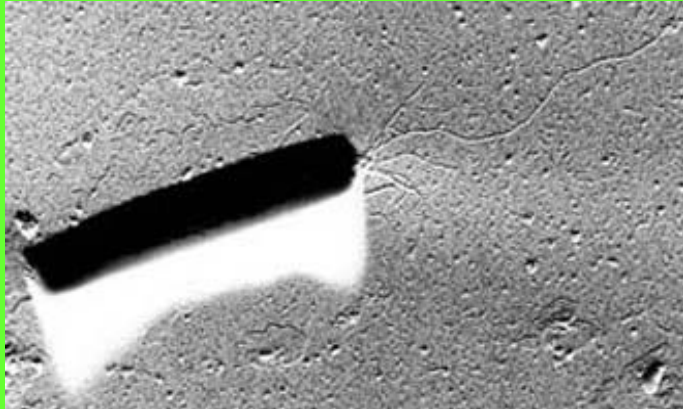
# Přehled systému *Archaea*

## Doména *Archaea*

Kmen	<i>Crenarchaeota</i>	
	Třída	<i>Thermoproteotai</i>
		Řád <i>Thermoproteales</i>
		Řád <i>Desulfurococcales</i>
		Řád <i>Sulfolobales</i>
Kmen	<i>Euryarchaeota</i>	
	Třída	<i>Methanobacteria</i>
		Řád <i>Methanobacteriales</i>
	Třída	<i>Methanococci</i>
		Řád <i>Methanococcales</i>
	Třída	<i>Methanomicrobia</i>
		Řád <i>Methanosarcinales</i>
	Třída	<i>Halobacteria</i>
		Řád <i>Halobacteriales</i>
	Třída	<i>Thermoplasmata</i>
		Řád <i>Thermoplasmatales</i>
	Třída	<i>Thermococci</i>
		Řád <i>Thermococcales</i>
	Třída	<i>Archaeoglobi</i>
		Řád <i>Archaeoglobales</i>
	Třída	<i>Methanopyri</i>
		Řád <i>Methanopyrales</i>
Kmen	<i>Korarchaeota</i>	



# Archaea



*Pyrobaculum* sp.

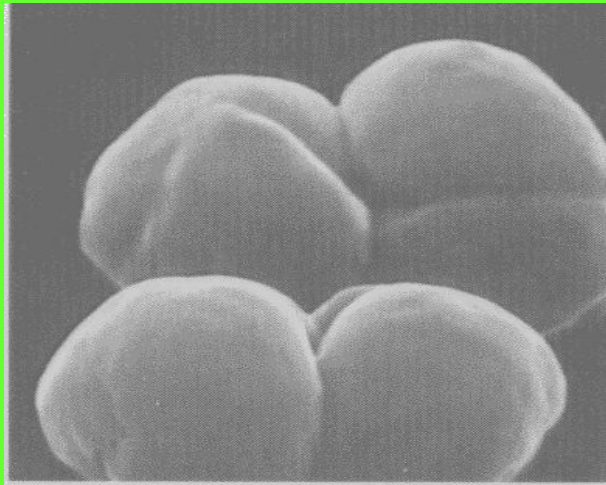
Kmen	<b><i>Crenarcheota</i></b>
Třída	<b><i>Thermoprotei</i></b>
Řád	<b><i>Thermoproteales</i></b>
Čeď	<b><i>Thermoproteaceae</i></b>
Rod	<b><i>Pyrobaculum</i></b>

Buňky ve tvaru tyček (obdélníkové s pravoúhlými konci). Gramnegativní, neobsahují murein, nesporulující. Pohyblivé pomocí bičíků, fakultativně anaerobní nebo striktně anaerobní. Hypertermofilní - optimální růstová teplota je 100°C (min. 74°C; max. 104°C). Fakultativně heterotrofní - tvoří H<sub>2</sub>S a CO<sub>2</sub>. Izolovány hlavně z pevninských solfatar s nízkou salinitou.



Horký pramen bohatý na síru v Yellowstone

# Archaea



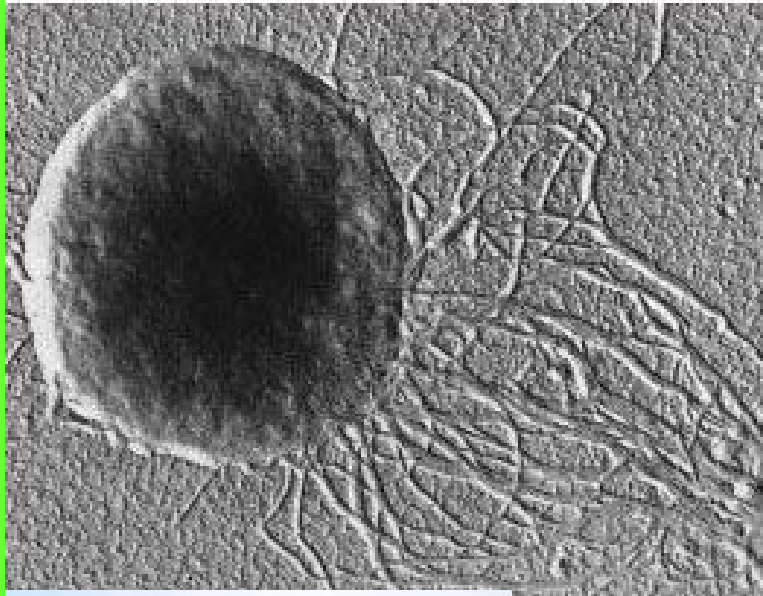
***Methanosarcina barkeri***



Kmen	<b><i>Euryarchaeota</i></b>
Třída	<b><i>Methanomicrobia</i></b>
Řád	<b><i>Methanosarcinales</i></b>
Čeleď	<b><i>Methanosarcinaceae</i></b>
Rod	<b><i>Methanosarcina</i></b>

Buňky jsou nepravidelná sférická tělesa vyskytující se jednotlivě nebo v typických seskupeních buněk (pseudosarciny). Jsou striktně anaerobní, nepohyblivé. Optimální teplota pro růst je 30 až 40°C u mezofilních druhů, a 50 až 55°C u termofilů. Metan tvoří z acetátu, metanolu nebo redukcí CO<sub>2</sub>. Vyskytují se ve sladkovodních i mořských sedimentech, anaerobních bioreaktorech a v bachoru krav a ovcí.

# Archaea

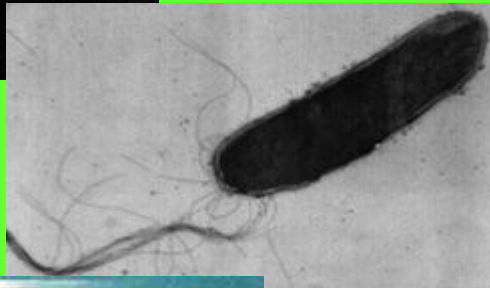
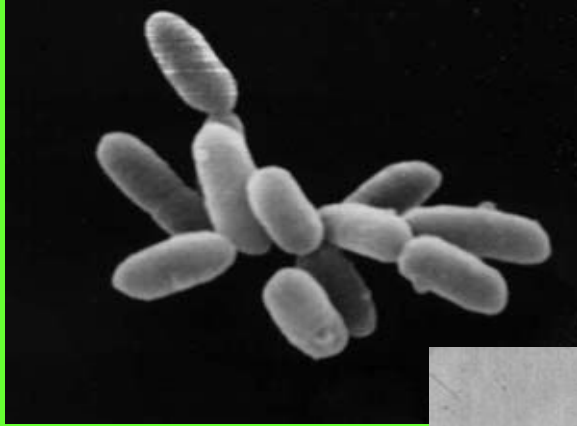


Kmen	<b><i>Euryarcheota</i></b>
Třída	<b><i>Methanococci</i></b>
Řád	<b><i>Methanococcales</i></b>
Čeleď	<b><i>Methanococcaceae</i></b>
Rod	<b><i>Methanococcus</i></b>

Buňky jsou ve tvaru nepravidelných koků, uspořádaných většinou po dvou, pohyblivé pomocí polárních svazků bičíků. Jsou anaerobní a mezofilní (teplotní optimum 35 až 40°C). K růstu vyžadují 0,5 až 4% NaCl. Všechny druhy jsou obligátně metanogenní. Jako zdroj vodíku slouží vodík a mravenčan. Jejich přítomnost byla zjištěna ve slaniscích, v mořských sedimentech a sedimentech řek.



# Archaea



Kmen	<b><i>Euryarchaeota</i></b>
Třída	<b><i>Halobacteria</i></b>
Řád	<b><i>Halobacteriales</i></b>
Čeleď	<b><i>Halobacteriaceae</i></b>
Rod	<b><i>Halobacterium</i></b>

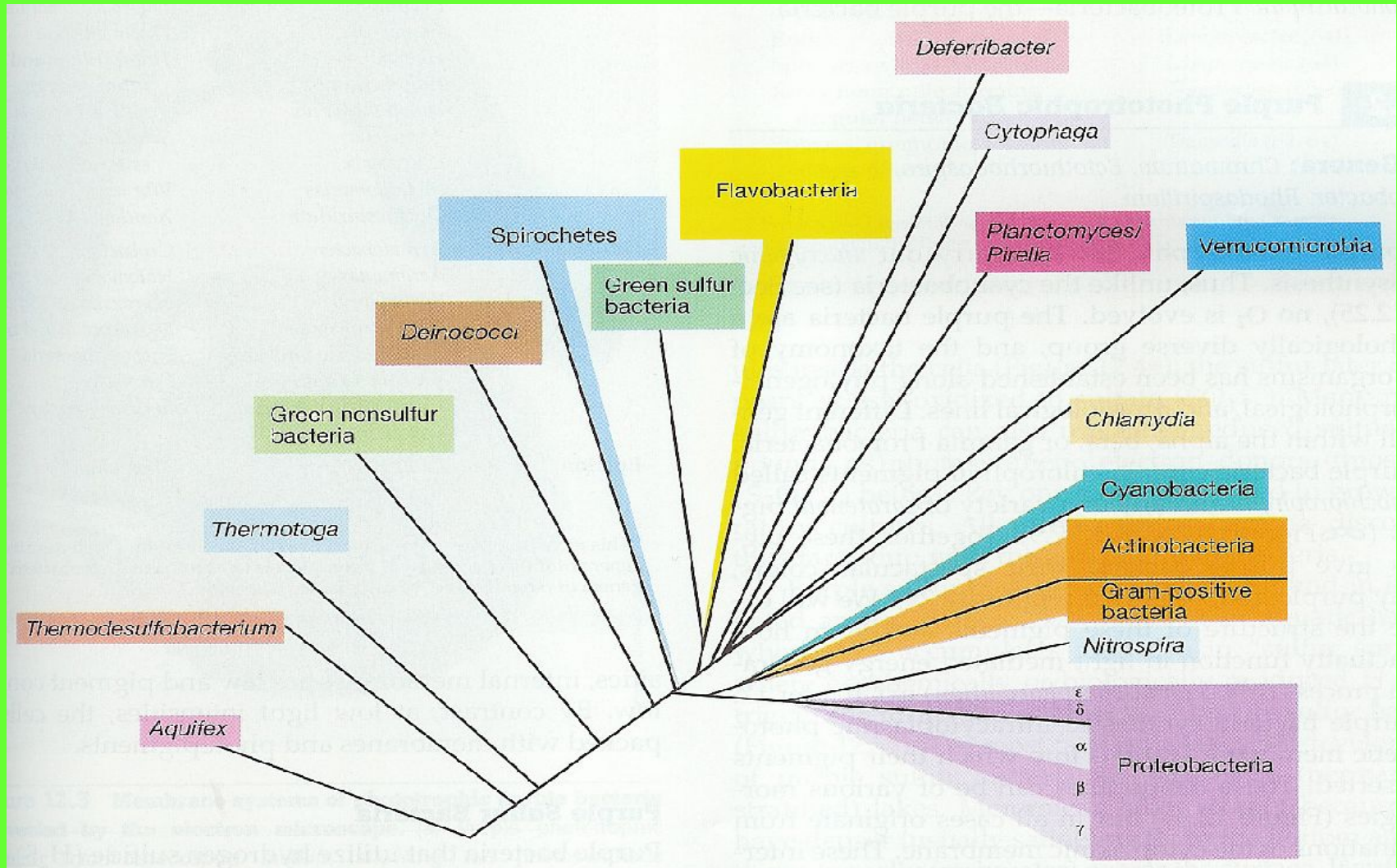
Buňky mají tyčkovitý tvar, barví se gramnegativně a jsou pohyblivé pomocí svazků polárních bičíků. Většina druhů je aerobní a extrémně halofilní s růstem v rozmezí 3,0 až 5,2 M NaCl. Optimální teplota pro růst je 20 až 55°C při pH 5,5 až 8,5. Jsou chemoorganotrofní. Zástupci tohoto rodu jsou součástí mikrobiálních společenstev solných jezer, solených fermentovaných potravin. Díky velké proteolytické aktivitě mohou být zodpovědní za kažení výrobků, které byly konzervovány solením - ryby, maso, kůže.

Růst ve slaném jezeře  
(růžové plochy)





# Fylogenetický strom - BACTERIA



Strom je odvozen na základě sekvence 16S ribozomální RNA (<http://rdp.cme.msu.edu>)

# Přehled systému bakterií

## Doména *Bacteria*

- Bakterie s buněčnou stěnou gramnegativního typu

Kmen		<b><i>Proteobacteria</i></b>
	Třída	<i>Alphaproteobacteria</i>
	Třída	<i>Gammaproteobacteria</i>
	Třída	<i>Deltaproteobacteria</i>
	Třída	<i>Epsilonproteobacteria</i>
Kmen		<b><i>Chlamydiae</i></b>
	Třída	<i>Chlamydiae</i>
Kmen		<b><i>Spirochaetes</i></b>
	Třída	<i>Spirochaetes</i>
Kmen		<b><i>Bacteroidetes</i></b>
	Třída	<i>Bacteroidetes</i>
	Třída	<i>Flavobacteria</i>
Kmen		<b><i>Fusobacteria</i></b>
	Třída	<i>Fusobacteria</i>
Kmen		<b><i>Cyanobacteria</i></b>
	Třída	<i>Cyanobacteria</i>

# System bakterií

- Bakterie s buněčnou stěnou grampozitivního typu

Kmen	<i><b>Actinobacteria</b></i>
------	------------------------------

Třída	<i>Actinobacteria</i>
-------	-----------------------

Kmen	<i><b>Firmicutes</b></i>
------	--------------------------

Třída	<i>Clostridia</i>
-------	-------------------

Třída	<i>Bacilli</i>
-------	----------------

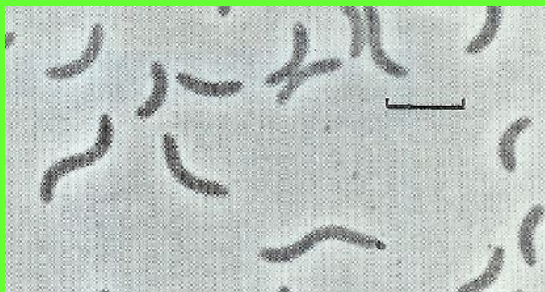
Třída	<i>Mollicutes</i>
-------	-------------------

# Bakterie s buněčnou stěnou gramnegativního typu

## *Rhodospirillum molischianum*



Lamelární typ fotosyntetické membrány



*Rhodospirillum rubrum*

Kmen ***Proteobacteria***

Třída ***Alphaproteobacteria***

Řád ***Rhodospirillales***

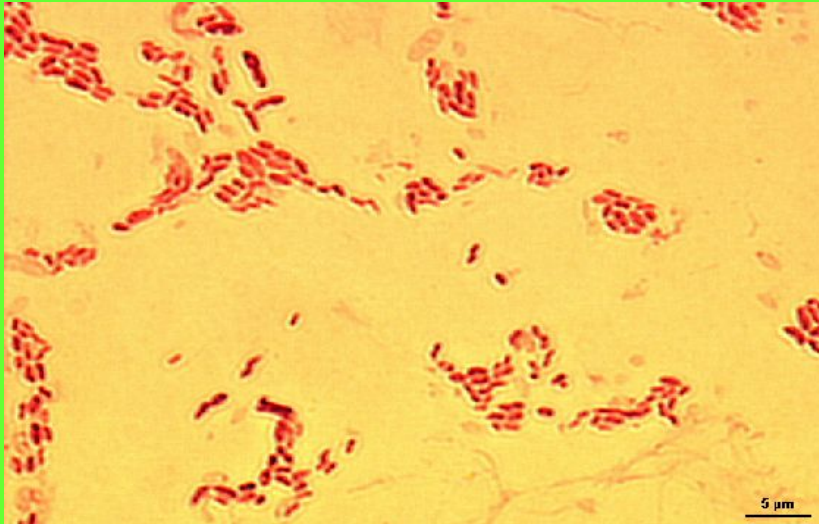
Čeleď ***Rhodospirillaceae***

Rod ***Rhodospirillum***

Zahrnuje bakterie označované jako **purpurové nesírné bakterie** a reprezentují rozmanitou skupinu fototrofních bakterií. Velmi často se vyskytují ve stojatých vodách (jezera, odkalovací nádrže, pobřežní laguny), v sedimentech, ve vlhké půdě a v rýžových polích. Upřednostňují vodní prostředí – sladká i mořská voda – s dostatečným množstvím rozpustného organického materiálu a nízkou koncentrací kyslíku.



# Bakterie s buněčnou stěnou gramnegativního typu



## ***Acetobacter aceti***

Využívá se při výrobě octa ze substrátů obsahujících etanol (např. vinný ocet, sladový ocet)

Kmen ***Proteobacteria***  
Třída ***Alphaproteobacteria***  
Řád ***Rhodospirillales***  
Čeleď ***Acetobacterace***  
Rod ***Acetobacter***

Buňky jsou elipsoidní, mírně zakřivené až rovné tyčky vyskytující se jednotlivě, po dvou nebo v řetězcích. Buňky mohou být pohyblivé, Obligátně aerobní. Jsou chemoorganotrofní a nejvhodnějším zdrojem uhlíku pro růst je etanol, glycerol a laktát. Acetobaktery se vyskytují na květech, ovocných plodech, v medu, v kvašených tekutinách a nápojích (saké, tequila, vína, mošty, pivo, kefír aj.), v zahradní půdě a ve vodě. Některé acetobaktery mohou způsobit onemocnění plodů ananasu a hnití jablek a hrušek.

# Bakterie s buněčnou stěnou gramnegativního typu



*R. prowazekii*



Živočišná buňka infikovaná *R. prowazekii*

Kmen ***Proteobacteria***

Třída ***Alphaproteobacteria***

Řád ***Rickettsiales***

Čeleď ***Rickettsiaceae***

Rod ***Rickettsia***

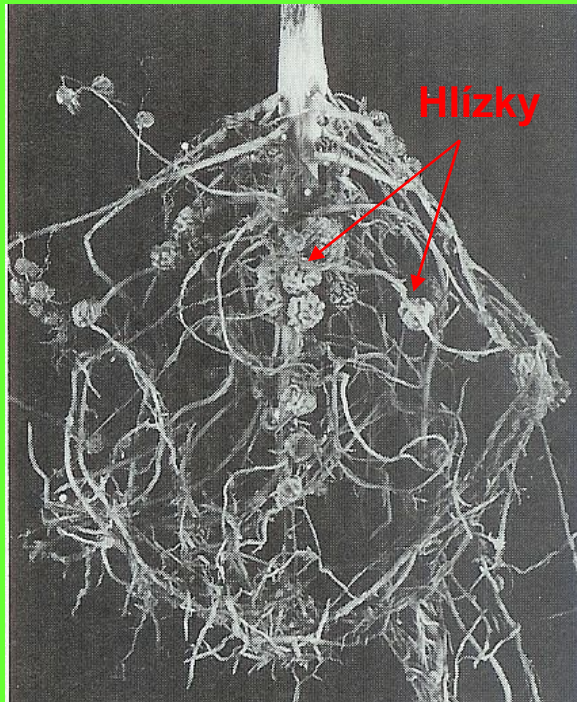
Krátké, gramnegativní, aerobní, nepohyblivé tyčky. Nemohou být kultivovány při absenci hostitelských buněk v médiu.

*R. rickettsii* - původce horečky Skalistých hor. Mezi lidmi je přenášena klíšťaty rodu *Dermatocentron*

*R. prowazekii* – původce skvrnitého tyfu (skvrnivka, epidemický tyfus). Nemoc přenáší veš šatní



# Bakterie s buněčnou stěnou gramnegativního typu



Kmen	<i>Proteobacteria</i>
Třída	<i>Alphaproteobacteria</i>
Řád	<i>Rhizobiales</i>
Čeleď	<i>Rhizobiaceae</i>
Rod	<i>Rhizobium</i>

G- pleomorfní tyčky, pohyblivé jedním polárním nebo subpolárním bičíkem nebo dvěma až šesti peritrichálními bičíky. Zástupci tohoto rodu mají schopnost napadat kořenové vlásky leguminos (v mírném a tropickém pásmu) a podněcují tvorbu kořenových hlízek, v nichž se bakterie vyskytují v modifikované formě – rhizoidy, jako intracelulární symbionti, schopní fixace molekulového dusíku. Všechny kmeny vykazují vysokou specifitu k hostiteli. Čistě kultury se používají jako “očkovací preparát”.

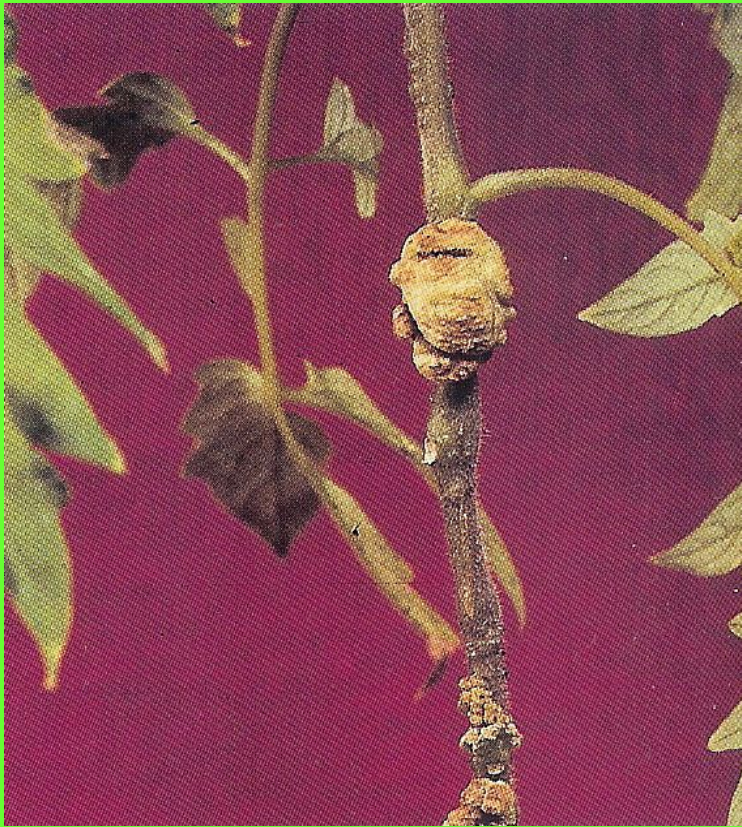
*R. phaseoli* – výskyt jen na fazoli

*R. leguminosarum* – výskyt jen na hrachu

Rhizoidy – schopné fixace  $N_2$

# Bakterie s buněčnou stěnou gramnegativního typu

Kmen ***Proteobacteria***  
Třída ***Alphaproteobacteria***  
Řád ***Rhizobiales***  
Čeleď ***Rhizobiaceae***  
Rod ***Agrobacterium***



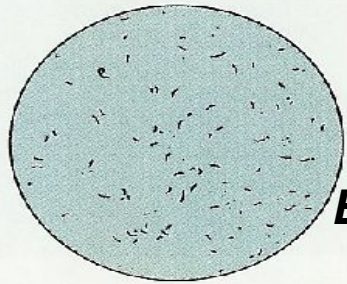
G<sup>-</sup> nesporulující tyčky vyskytující jednotlivě a ve dvojicích, pohyblivé (peritrich). Aerobní, s respiratorním typem metabolismu. Zástupci napadají poraněná pletiva (kořenů, stonků) dvouděložných i některých nahosemenných rostlin a vyvolají přeměnu rostlinných buněk do autonomně se vytvářejících tumorových buněk. Tvorba tumorů agrobakteriemi je vázána na přítomnost velikého tumor indukujícího plasmidu (Ti-plasmid).

A. *tumefaciens* - Ti –plazmid se využívá jako vektor v genetickém inženýrství rostlin.

Tumor na stonku rajčete způsobený  
*A. tumefaciens*

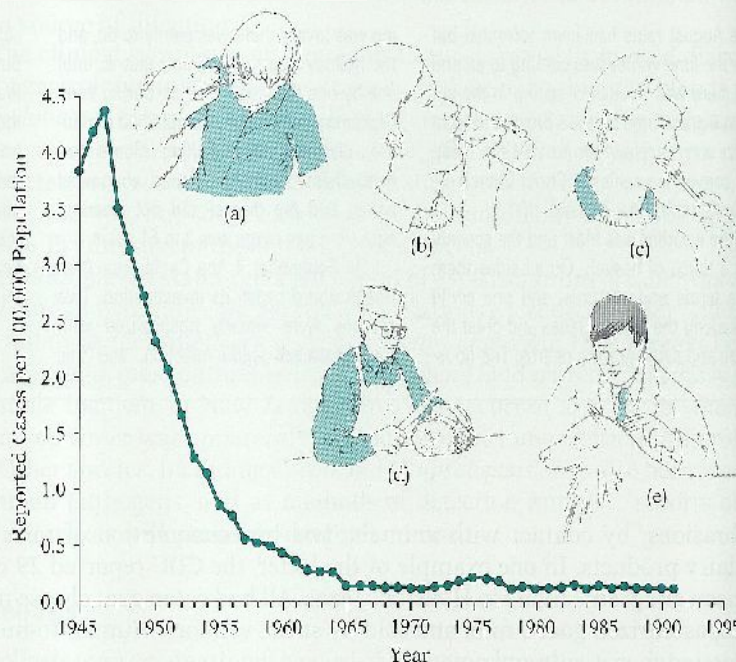


# Bakterie s buněčnou stěnou gramnegativního typu



***Brucella abortus***

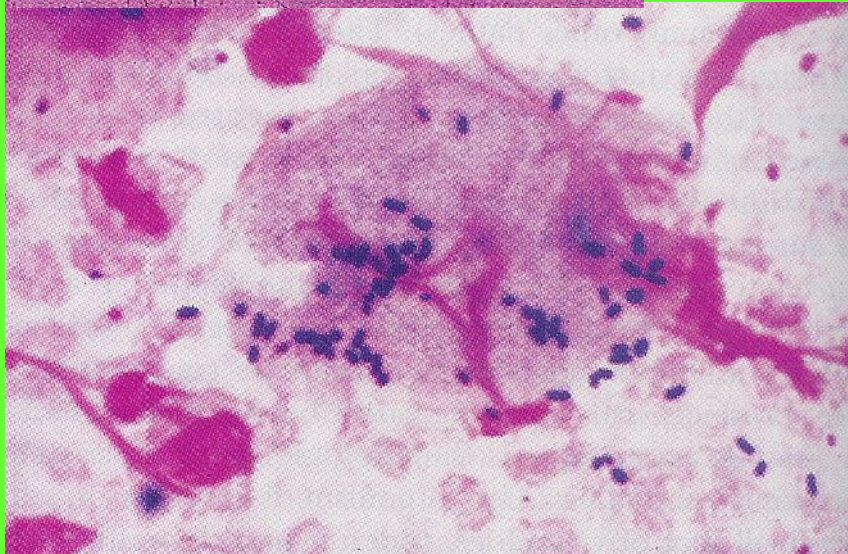
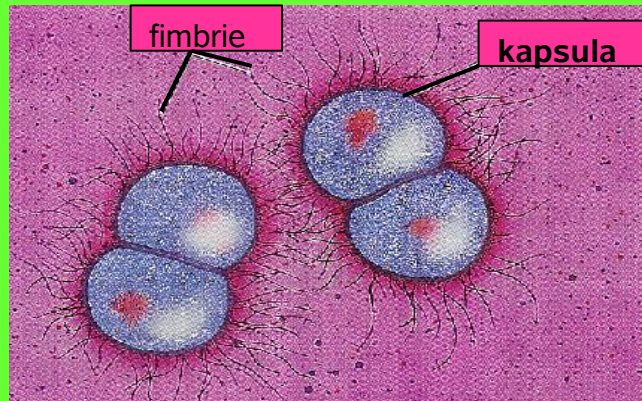
Kmen ***Proteobacteria***  
Třída ***Alphaproteobacteria***  
Řád ***Rhizobiales***  
Čeleď ***Brucellaceae***  
Rod ***Brucella***



G- koky, kokotýčky až krátké tyčky, vyskytující se převážně jednotlivě, méně často také ve dvojicích, krátkých řetězcích nebo malých shlucích. Buňky jsou nepohyblivé, chemoorganotrofní aerobní s respiratorním typem metabolismu. Jedná se o intracelulární parazity retikuloendoteliálního systému. Přežívají ve fagocytech.

Brucelóza je antropozoonóza, onemocnění přenosné ze zvířete na člověka. Hostitelem brucel jsou ovce a kozy (*B.melitensis*), prasata (*B.suis*), psi (*B.canis*) a krávy (*B.abortus*)

# Bakterie s buněčnou stěnou gramnegativního typu



Přítomnost *N. gonorrhoeae*  
v poševním sekretu

Kmen ***Proteobacteria***  
Třída ***Alphaproteobacteria***  
Řád ***Neisseriales***  
Čeleď ***Neisseriaceae***  
Rod ***Neisseria***

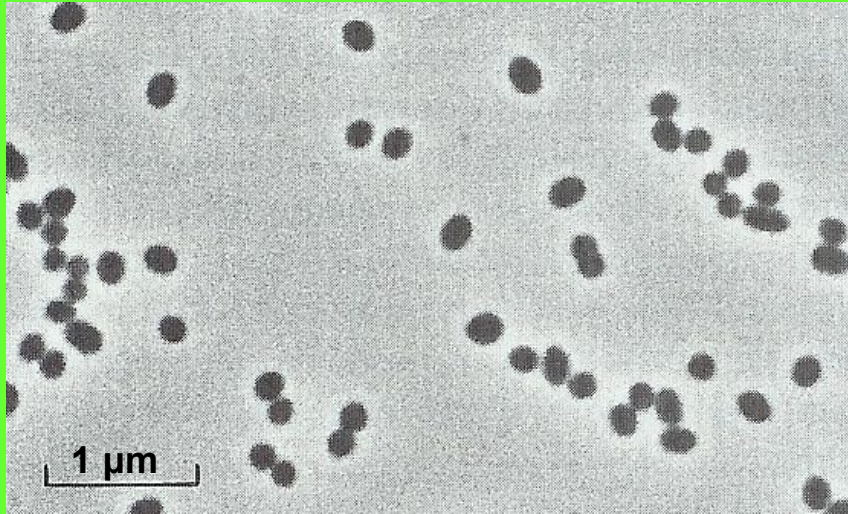
Buňky se vyskytující jednotlivě, ale častěji přitisknuté po dvou, někdy též v tetrádách. Chemoorganotrofní, aerobní. Některé druhy produkují žluto zelený karotenoidní pigment. Osídlují sliznice savců a některé druhy jsou primárně patogenní pro člověka.

*N. gonorrhoeae* - u člověka vyvolávají kapavku. Onemocnění má jiný průběh u muže a u ženy.

*N. meningitis* – meningokoková meningitis je akutní onemocnění meningů s rychlou progresí.

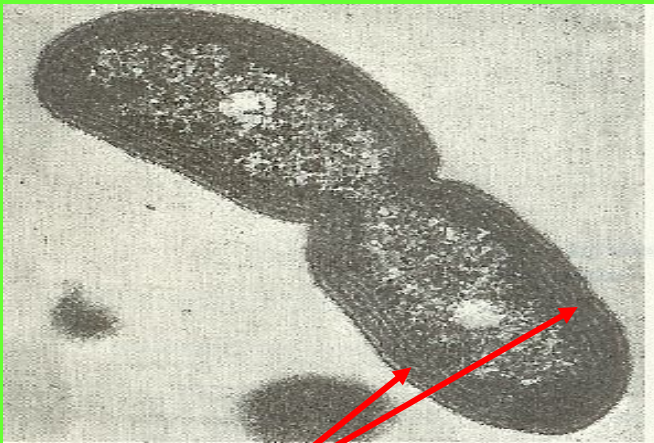


# Bakterie s buněčnou stěnou gramnegativního typu



Kmen ***Proteobacteria***  
Třída ***Alphaproteobacteria***  
Řád ***Nitrosomonadales***  
Čeleď ***Nitrosomonadaceae***  
Rod ***Nitrosomonas***

Převážně se jedná o rovné tyčky, časté jsou i kokovité formy. Některé druhy jsou pohyblivé pomocí polárních bičíků. Jsou chemolitotrofní a jako zdroj energie využívají redukované sloučeniny dusíku. V omezeném rozsahu mohou využívat organické uhlíkaté látky. Rozšířeny jsou v oceánech, brakickém prostředí, řekách, jezerech, čistíčkách odpadních vod a také v půdě. Druhy izolované z mořského prostředí jsou obvykle obligátně halofilní.



***N. marina*** (bílkovinné vrstvy nad BS)

# Bakterie s buněčnou stěnou gramnegativního typu

Kmen	<i>Proteobacteria</i>
Třída	<i>Alphaproteobacteria</i>
Řád	<i>Nitrosomonadales</i>
Čeleď	<i>Spirillaceae</i>
Rod	<i>Spirillum</i>



Helikální buňky (průměr 1,4 až 1,7  $\mu$ m a délka 14 až 60  $\mu$ m), zásobní látka jsou poly- $\beta$ -hydroxybutyrátová granula. Pohyblivé - pomocí velkých svazků bipolárních bičíků viditelných i ve světelném mikroskopu. Jsou mikroaerofilní s optimální teplotou 30°C. Jako zdroj uhlíku slouží soli organických kyselin. Vyskytují se ve stojatém sladkovodním prostředí.

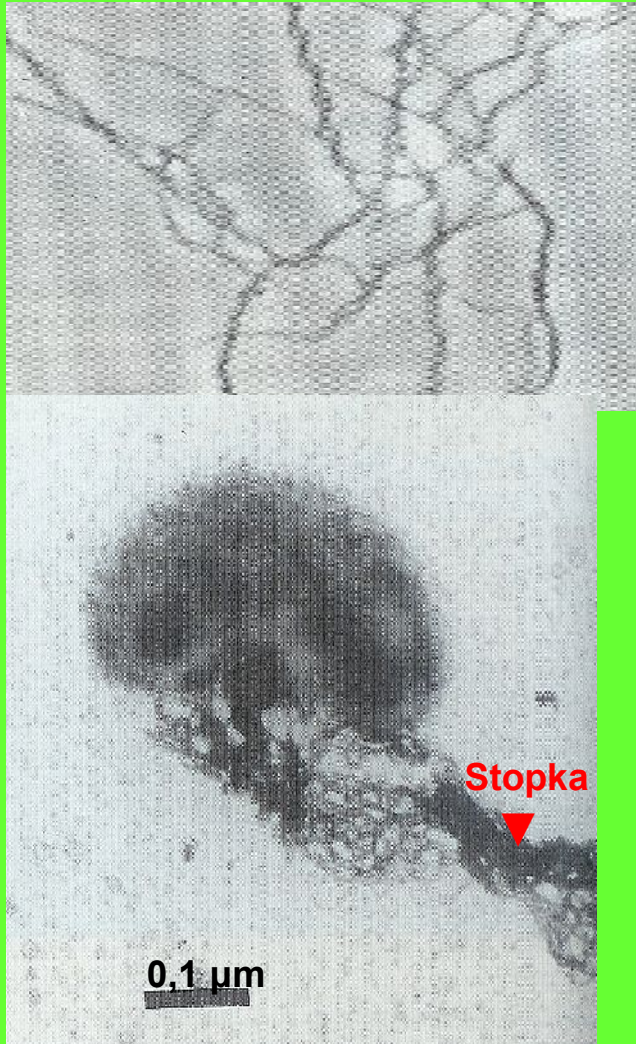
*S. volutans*



# Bakterie s buněčnou stěnou gramnegativního typu

Kmen	<i>Proteobacteria</i>
Třída	<i>Alphaproteobacteria</i>
Řád	<i>Nitrosomonadales</i>
Čeleď	<i>Gallionellaceae</i>
Rod	<i>Gallionella</i>

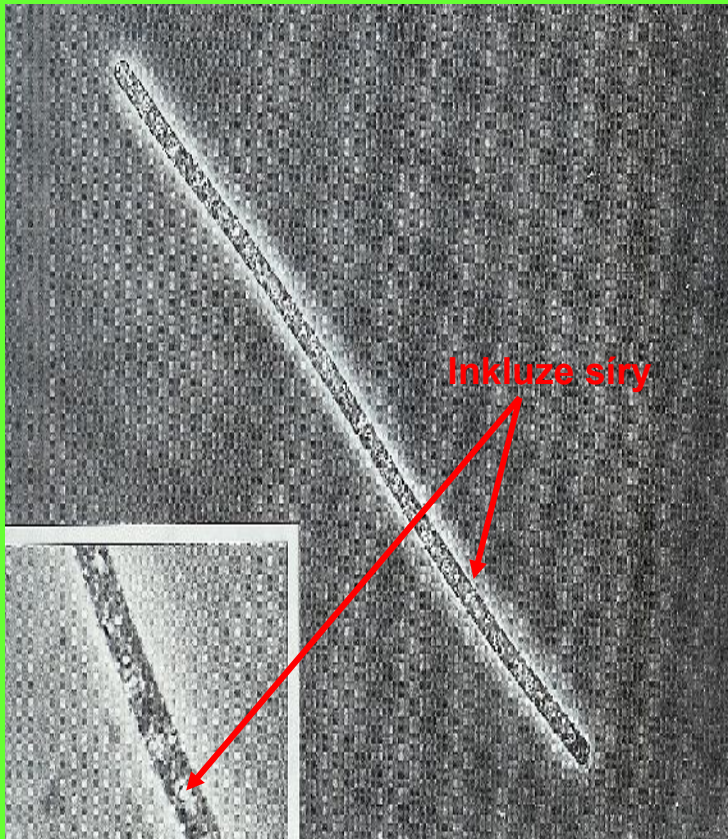
Buňky jsou ve tvaru ledvin, vylučují koloidní hydroxid železitý z konkávní strany buňky a tvoří zakřivené nebo rovné, poměrně dlouhé stopky (extracelulární výběžky vyztužené kovy). Stopky se skládají ze svazku početných vláken. Tvar a struktura stopek jsou hlavními diagnostickými znaky galionel. Buňky jsou vždy usazeny na vrcholu stopky a kolmo k její ose. Pohyblivé pomocí jednoho polárního bičíku. Striktně aerobní nebo mikroaerofilní. Jsou chemolitotrofní, energii získávají oxidací anorganických látek a jako zdroj uhlíku slouží  $\text{CO}_2$ . Typický je pro ně výskyt v oligotrofních železitých vodách. Galionely jsou jedny z nejdůležitějších železitých bakterií, tvořící velké množství hydroxidu železitého ve vodách a vodovodních rozvodech.



*G. ferruginea*

# Bakterie s buněčnou stěnou gramnegativního typu

Kmen *Proteobacteria*  
Třída *Gammaproteobacteria*  
Řád *Thiotrichales*  
Čeleď *Thiotrichaceae*  
Rod *Beggiatoa*

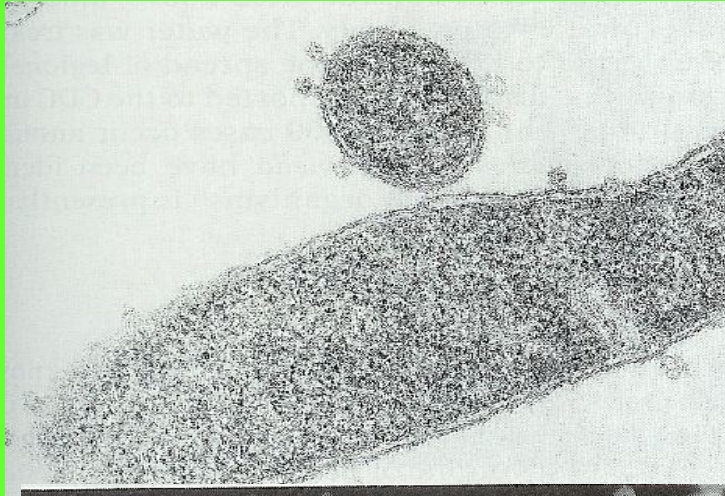


*B. alba*

Buňky jsou jednotlivé nebo ve vláknech (vlákna jednotlivě nebo ve shlucích připomínajících chomáč bavlny). Vlákna jsou pohyblivá klouzáním, nepigmentují. Mohou vytvořit úchytky pro pevné připojení vlákna k objektům v tekoucí vodě. Chemoorganotrofní, metabolismus je respiratorní. Aerobní nebo mikroaerofilní. V přítomnosti  $H_2S$  obsahují buňky inkluze síry (produkt metabolismu). Ve vodním prostředí patří ke gradientním organismům (v horizontálních vrstvách sedimentů na rozhraní mezi anoxigenní a oxigenní zónou).



# Bakterie s buněčnou stěnou gramnegativního typu



Kmen *Proteobacteria*  
Třída *Gammaproteobacteria*  
Řád *Legionellales*  
Čeleď *Legionellaceae*  
Rod *Legionella*

G- tyčky, netvoří endospóry ani pouzdra. Pohyblivé jedním, dvěma nebo více rovnými či zakřivenými bičíky. Aerobní, chemoorganotrofní. Izolovány z povrchové vody, bahna, z termálních jezer a říček (i znečištěných). Hostitelem je améba –symbiotický vztah.

Jsou patogenní pro člověka, u něhož vyvolávají pneumonie (Legionářská nemoc) nebo mírné horečnaté onemocnění (Pontiacká horečka).

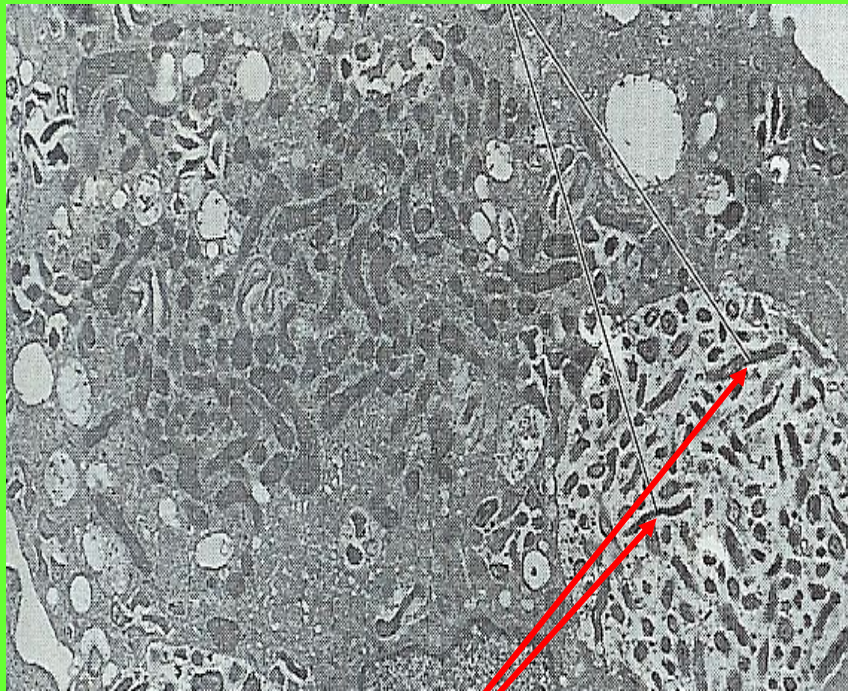
*L. pneumophila*

# Bakterie s buněčnou stěnou gramnegativního typu

Kmen	<i>Proteobacteria</i>
Třída	<i>Gammaproteobacteria</i>
Řád	<i>Legionellales</i>
Čeleď	<i>Coxiellaceae</i>
Rod	<i>Coxiella</i>

Krátké tyčky podobné rickettsiím. Přednostní růst ve vakuolách hostitelské buňky. Velmi dobře roste ve žlutkovém vaku kuřecích embryí. Jsou vysoce rezistentní k chemickým látkám a zvýšené teplotě, která běžně zabíjí rickettsie. Celosvětově rozšířené u klíšťat a různých savců, kdy např. způsobují infekce hovězího dobytka, ovcí a koz.

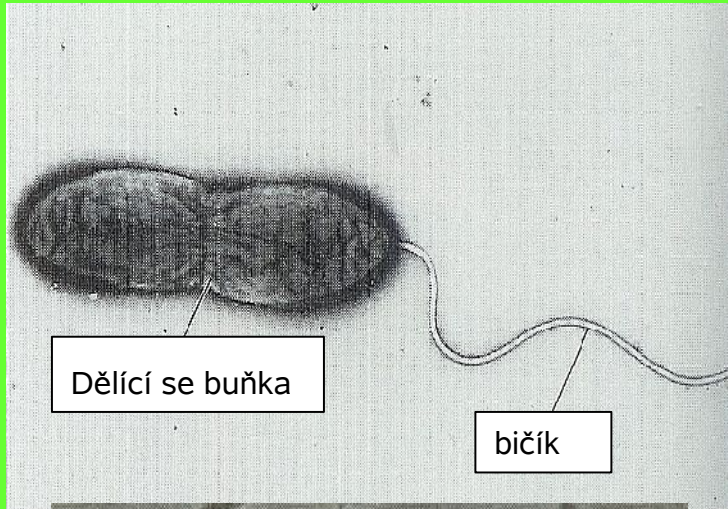
Je původcem lidského onemocnění, tzv. Q horečky (horečnaté onemocnění s atypickou pneumonií)



*C. burnetii* ve vakuole hostitelské buňky



# Bakterie s buněčnou stěnou gramnegativního typu



Kmen	<i>Proteobacteria</i>
Třída	<i>Gammaproteobacteria</i>
Řád	<i>Pseudomonadales</i>
Čeleď	<i>Pseudomonadaceae</i>
Rod	<i>Pseudomonas</i>

Mnoho druhů akumuluje poly- $\beta$ -hydroxybutyrát (zásobní látka). Pohyblivé jedním nebo několika polárními bičíky. Aerobní se striktně respiratorním typem metabolismu. Chemoorganotrofní. Přítomné jsou v "jakémkoliv" prostředí. Některé druhy jsou patogenní pro člověka, zvířata nebo rostliny.

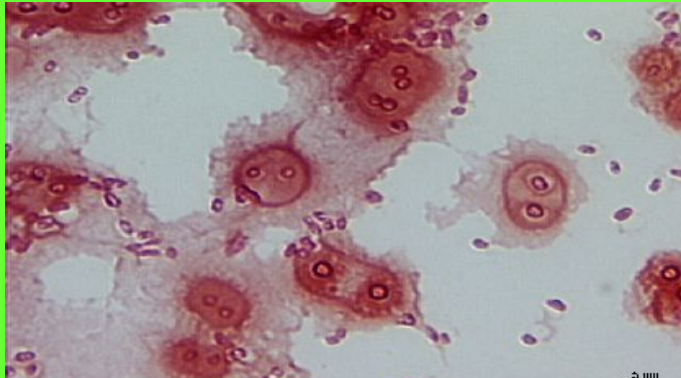
*P. aeruginosa* – půda, voda, příležitostně patogenní pro rostliny, produkuje pigmenty (modrozelený pyocyanin, žluto-zeleno fluorescenční pyoverdin, ojediněle i tmavě červený). Infekce u člověka patří mezi ta s nejhorší prognózou (infekty popálenin, sepse novorozenců, osteomyelitidy, devastující infekce oka,...)

*P. fluorescens* – půda, voda, potraviny, humánní klinický materiál, některé kmeny jsou patogenní pro rostliny. Produkují fluorescein.



*P. aeruginosa*

# Bakterie s buněčnou stěnou gramnegativního typu



Kmen	<i>Proteobacteria</i>
Třída	<i>Gammaproteobacteria</i>
Řád	<i>Pseudomonadales</i>
Čeleď	<i>Pseudomonadaceae</i>
Rod	<i>Azotobacter</i>

Buňky velké ovoidní, pleomorfní (tyčky až koky) buňky, vyskytující se jednotlivě, po dvou, nepravidelných shlucích nebo v řetízcích různé délky. Je nesporulující, ale vytváří cysty. Pohyblivé peritrichálními bičíky nebo nepohyblivé. Aerobní, ale mohou růst i za snížené koncentrace kyslíku. Chemoorganotrofní, ke tvorbě energie využívá cukry, alkoholy a organické kyseliny. **Fixuje nesymbioticky molekulový dusík (čistě preparáty se používají pro postřik polí - očkovací látka).**



*A. vinelandii*

# Bakterie s buněčnou stěnou gramnegativního typu

Kmen	<i>Proteobacteria</i>
Třída	<i>Gammaproteobacteria</i>
Řád	<i>Enterobacteriales</i>
Čeleď	<i>Enterobacteriaceae</i>
Rod	<i>Escherichia</i>

Buňky mají tvar rovné tyčky vyskytující se jednotlivě. Některé kmeny z klinického materiálu tvoří pouzdra. Pohyblivé peritrichálními bičíky nebo nepohyblivé. Fakultativně anaerobní a chemoorganotrofní. Mají jak respiratorní, tak i fermentatorní typ metabolismu. Vyskytují se jako normální flóra v koncové části střevního traktu teplokrevných živočichů (v případě *E. coli* i švábů).

Kmeny *E. coli*, které obsahují enterotoxin nebo jiné faktory virulence, způsobují průjemovitá onemocnění. Tento druh je také hlavním původcem infekcí močových cest nosokomiálních infekcí včetně septikémií a meningitid. Je indikátorem fekálního znečištění.

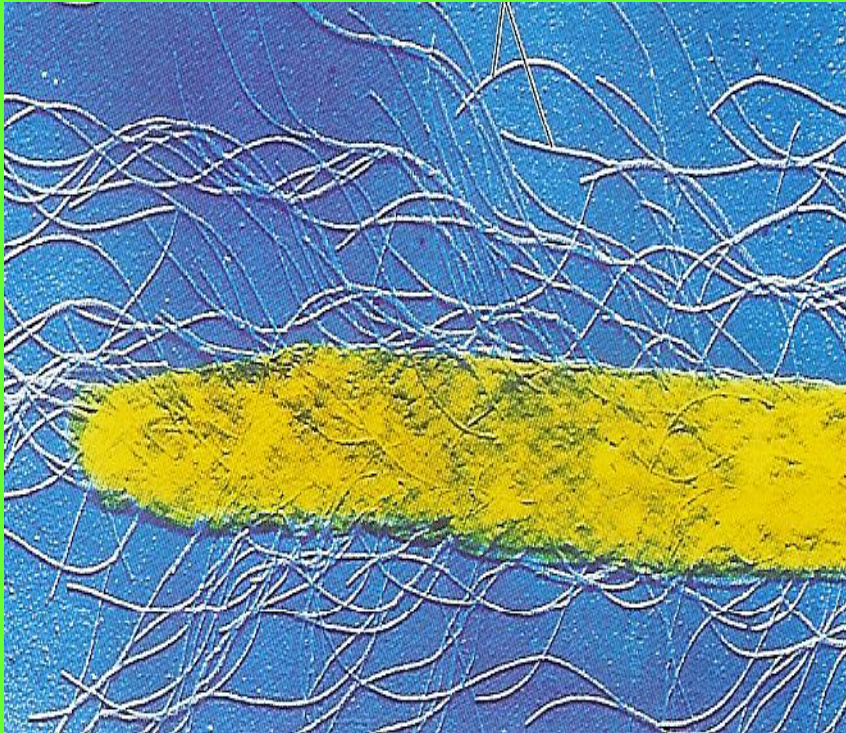


***E.coli*** na sliznici tenkého střeva



# Bakterie s buněčnou stěnou gramnegativního typu

Kmen	<i>Proteobacteria</i>
Třída	<i>Gammaproteobacteria</i>
Řád	<i>Enterobacteriales</i>
Čeleď	<i>Enterobacteriaceae</i>
Rod	<i>Proteus</i>



G- rovné tyčky, pohyblivé peritrichálními bičíky. Fakultativně anaerobní a chemoorganotrofní. Vyskytuje se ve střevním traktu člověka a velkého počtu zvířat, ale jsou přítomné i v hnoji, půdě a znečištěných vodách.

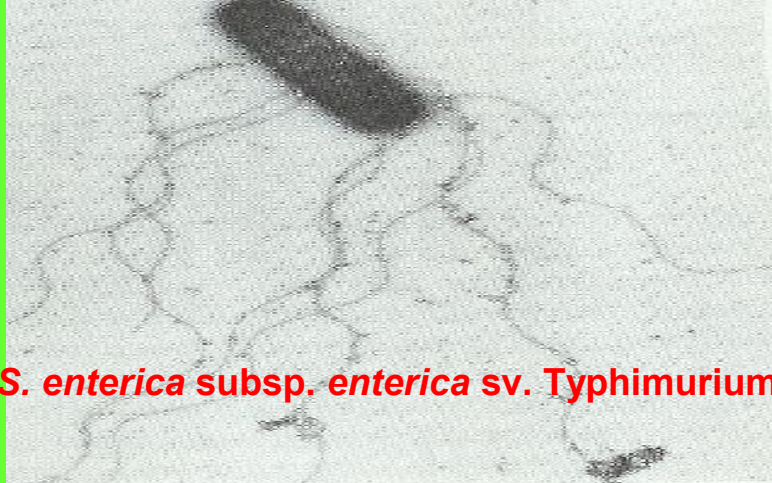
Zástupci rodu *Proteus* jsou patogenní pro člověka - způsobují především infekce močových cest, jsou příčinou druhotných infekcí (septické léze, časté u popálenin).

*P. myxofaciens* se nachází pouze u larev motýla bekyně velkohlavé.

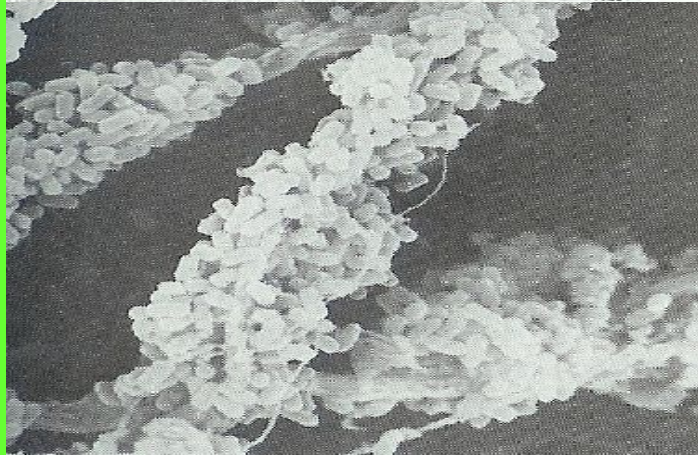
*P. mirabilis*



# Bakterie s buněčnou stěnou gramnegativního typu



*S. enterica* subsp. *enterica* sv. Typhimurium



(salmonela vázaná na svalová vlákna)

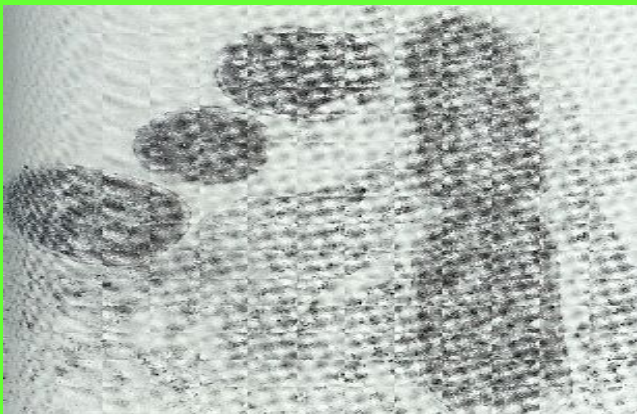
Kmen	<i>Proteobacteria</i>
Třída	<i>Gammaproteobacteria</i>
Řád	<i>Enterobacteriales</i>
Čeleď	<i>Enterobacteriaceae</i>
Rod	<i>Salmonella</i>

Buňky mají tvar rovné tyčky, většinou pohyblivé peritrichálními bičíky. Fakultativně anaerobní a chemoorganotrofní. Vyskytují se u člověka, studenokrevných i teplokrevných živočichů, v potravinách i v prostředí.

Patogenní pro člověka a pro zvířata. Je to infekční agens tyfu, střevních horeček, gastroenteritid a septikémií.

# Bakterie s buněčnou stěnou gramnegativního typu

***Y. enterocolitica***



Kmen	<i>Proteobacteria</i>
Třída	<i>Gammaproteobacteria</i>
Řád	<i>Enterobacteriales</i>
Čeleď	<i>Enterobacteriaceae</i>
Rod	<i>Yersinia</i>

G<sup>-</sup> rovné tyčky, občas i kokovitý tvar. Nepohyblivé při 37°C, ale pohyblivé peritrichálními bičíky, pokud rostou pod 30°C. Fakultativně anaerobní a chemoorganotrofní. Mají široké spektrum hostitelů, včetně člověka, zvířat (hlodavci a ptáci), nachází se v půdě, vodě a potravinách. Jsou jak striktně patogenní, tak příležitostně patogenní nebo i nepatogenní.

*Y. pestis* – původce dýmějového moru, primárně způsobuje onemocnění divokých hlodavců (přenos blechami, v nichž se bakterie množí)

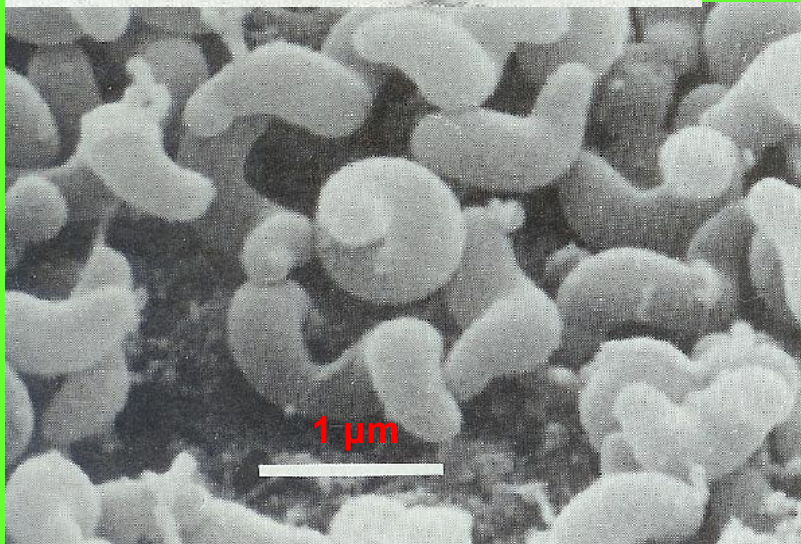
*Y. pseudotuberculosis* – patogenní pro živočichy, příležitostně i člověka (chronický průjem, septikémie)



***Y. enterocolitica* v cytoplasmě  
hostitelské buňky**



# Bakterie s buněčnou stěnou gramnegativního typu



Kmen	<i>Proteobacteria</i>
Třída	<i>Epsilonproteobacteria</i>
Řád	<i>Campylobacterales</i>
Čeleď	<i>Campylobacteraceae</i>
Rod	<i>Campylobacter</i>

Buňky štíhlé, mírně spirálovitě zakřivené tyčky. Pohyblivé pomocí polárních bičíků, jeden bičík na jednom nebo obou pólech buňky. Charakteristický je rotační pohyb na způsob vývrtky. Mikroaerofilní, chemoorganotrofní. Vyskytují se v pohlavních orgánech, střevním traktu a ústní dutině člověka a zvířat. Některé druhy jsou patogenní.

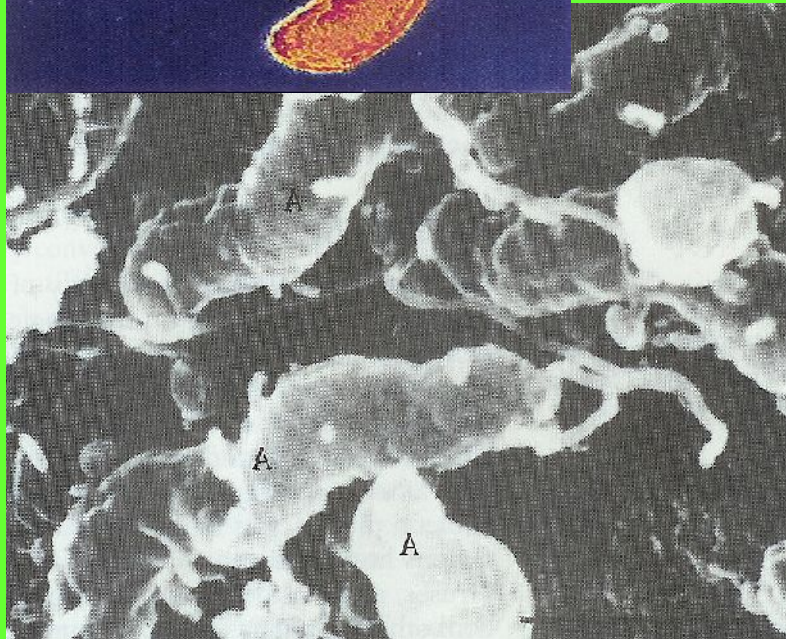
*C.jejuni* – izolace ze stolice u 5-35% osob, u některých vyvolává průjemy.

*C.coli* – častý u prasat.

*C.jejuni*



# Bakterie s buněčnou stěnou gramnegativního typu



Kmen	<i>Proteobacteria</i>
Třída	<i>Epsilonproteobacteria</i>
Řád	<i>Campylobacterales</i>
Čeleď	<i>Helicobacteraceae</i>
Rod	<i>Helicobacter</i>

Buňky jsou helikální, zkroucené nebo rovné tyčky se zaoblenými konci. Pohyblivé pomocí polárních nebo bipolárních a laterálních bičků. Mikroaerofilní. Osídlují žaludeční sliznici primátů a fretek.

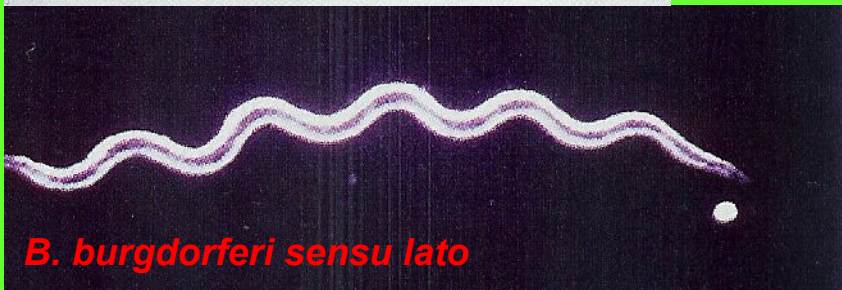
*H. pylori* – prokázán podíl na vzniku duodenálních i žaludečních vředů.

*H. pylori*

# Bakterie s buněčnou stěnou gramnegativního typu



*Ixodes dammini*



*B. burgdorferi sensu lato*



Typická vyrážka lymeské boreliózy

Kmen	<i>Spirochaetes</i>
Třída	<i>Spirochaetes</i>
Řád	<i>Spirochaetales</i>
Čeleď	<i>Spirochaetaceae</i>
Rod	<i>Borrelia</i>

Helikální buňky velikosti 0,2 až 0,5 x 3 až 20 mm složené ze 3 až 10 volných smyček. Buňky jsou pohyblivé pomocí 7 až 30 axiálních bičíků. Chemoorganotrofní, mikroaerofilní. Borélie jsou patogenní pro člověka a jiné savce a ptáky, vektorem pro přenos jsou členovci (klíště, veš).

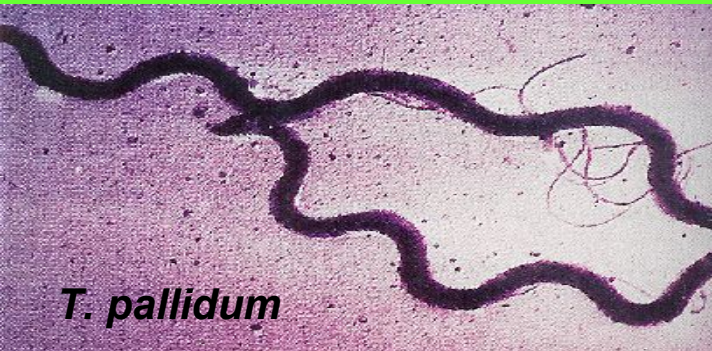
*B. burgdorferi sensu lato* - původce Lymeské boreliózy, jedna z nejčastějších antropozoonóz. Multiorgánové postižení.

*B. burgdorferi sensu stricto* – nejvíce v USA a západní Evropě - postižení kloubů a myokardu

*B. garinii* – postižení nervového systému. Poprvé popsáno označení stavu jako *erythema migrans*



# Bakterie s buněčnou stěnou gramnegativního typu



Kmen	<i>Spirochaetes</i>
Třída	<i>Spirochaetes</i>
Řád	<i>Spirochaetales</i>
Čeleď	<i>Spirochaetaceae</i>
Rod	<i>Treponema</i>

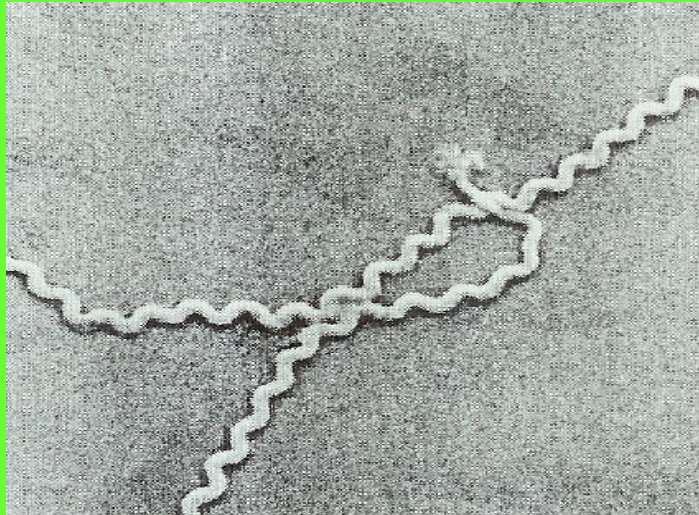


Nepříliš dlouhé helikální tyčky o průměru 0,1 až 0,4  $\mu\text{m}$  a délce 5 až 20  $\mu\text{m}$ . Mají jeden nebo více axiálních bičíků. Striktně anaerobní nebo mikroaerofilní. Chemoorganotrofní. Treponemy osídlují ústní dutinu, střevní trakt a pohlavní ústrojí člověka a zvířat. Některé druhy jsou patogenní.

*T. pallidum* – původce syfilis (lues, příjice). Přenos pohlavním stykem. Onemocnění se může přenést přes placentu i na plod. Probíhá v několika stadiích.



# Bakterie s buněčnou stěnou gramnegativního typu

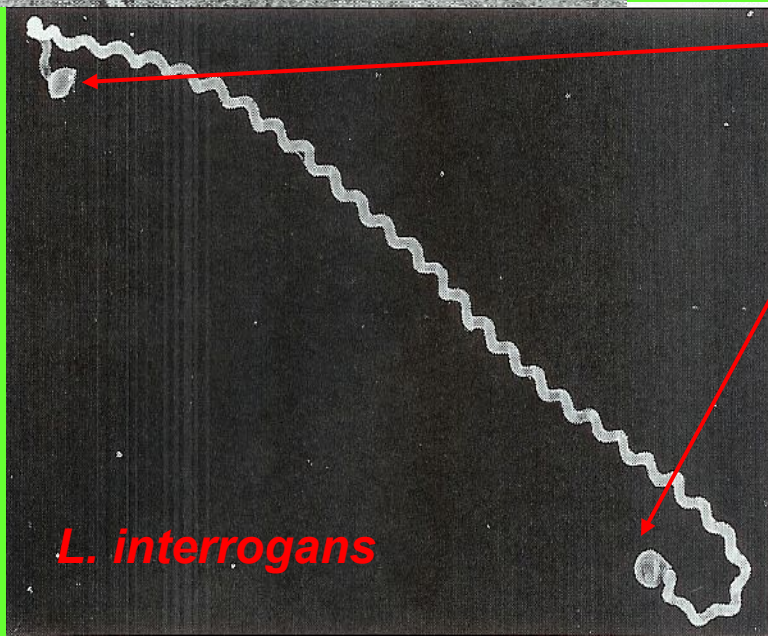


Kmen	<i>Spirochaetes</i>
Třída	<i>Spirochaetes</i>
Řád	<i>Spirochaetales</i>
Čeleď	<i>Leptospiraceae</i>
Rod	<i>Leptospira</i>

Flexibilní helikální buňky (průměr 0,1  $\mu\text{m}$  a délka od 6 do 24  $\mu\text{m}$ ), pohyblivé. Jeden nebo oba konce buněk mají typické zahnutí. Obligátně aerobní, chemoorganotrofní. Leptospiry jsou rozšířené v půdě, sladké vodě nebo mořském prostředí, odkud kolonizují zvířata včetně člověka. Člověk se může nakazit leptospirozou jako náhodný hostitel.

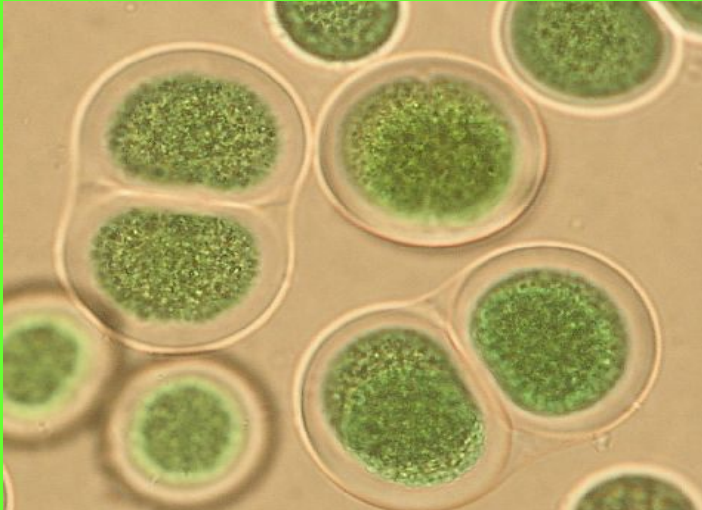
*L. interrogans* - vyvolává leptospirozu člověka – Weilova nemoc (třesavka, prudké bolesti hlavy)

*L. biflexa* – saprofytická



*L. interrogans*

# **Bakterie s buněčnou stěnou gramnegativního typu**



Kmen *Cyanobacteria*  
Třída *Cyanobacteria*  
Pododdělení I. *Chroococcales*  
Rod *Chroococcus*

Sinice jsou gramnegativní bakterie s oxýgenní fotosyntézou. Nejstarší fosilie jsou staré 3,5 miliardy let. Jsou vlastně zodpovědné za kyslíkatou atmosféru na Zemi, kdy byly po 1,5 miliardy let dominantní životní formou. Jako hlavní fotosyntetické barvivo používají chlorofyl a zdrojem vodíku a elektronů pro fotosyntézu je  $H_2O$ . Dále obsahují alfa a beta karoteny a xantofyly. Rozmnožují se pouze nepohlavně.

## *Chroococcus*

je rod nápadný přilehlými těsnými pochvami, které uzavírají dvě nebo více generací dceřinných buněk. Jeho druhy rostou v rašelinných tůních, na vrchovištích, v planktonu, na vlhkých skalách a jsou běžná součást vodního květu.





# Bakterie s buněčnou stěnou gramnegativního typu

*Oscillatoria* sp



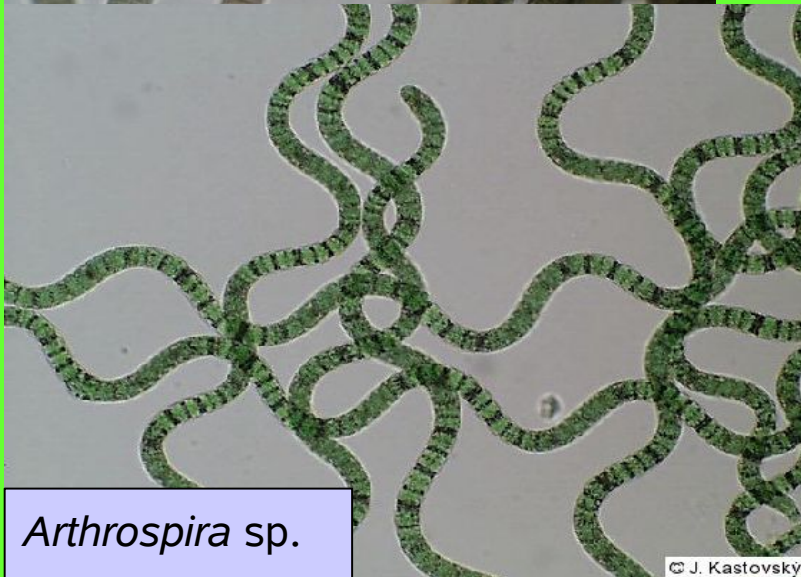
Kmen *Cyanobacteria*  
Třída *Cyanobacteria*  
Pododdělení III. *Oscillatoriales*  
Rod *Oscillatoria*

## ***Oscillatoria* - drkalka**

Kosmopolitní rod žijící na nejrůznějších stanovištích ve sladké i mořské vodě. Má přímá nebo lehce zahnutá vlákna. Netvoří heterocyty ani trvalé spory - akinety. Pohybuje se zvláštním drkavým způsobem, odtud český název.

*Oscillatoria limosa* patří mezi naše všeobecně rozšířené drkalky.

*Arthrospira* sp.





# Bakterie s buněčnou stěnou gramnegativního typu



**Kmen**      *Cyanobacteria*  
**Třída**     *Cyanobacteria*  
**Pododdělení IV.** *Nostocales*  
**Rod**        *Nostoc*

## **Nostoc - jednořadka**

Nevětvené vláknité sinice, které tvoří nápadné kolonie z tuhého, rosolovitého slizu, tvaru kulovitého, laločnatého, listovitého nebo nepravidelného, u běžných druhů makroskopické. Ve vlákních jsou drobné heterocysty (specifická buňka pro fixaci molekulového dusíku). Častá složka lišejníků.

*Nostoc commune* roste na trávnících, cestách, půdě a písku v podobě listovitých, zřasených, olivově zelených slizových ložisek, která mají za sucha podobu zčernalé drobné hmoty

Některé druhy produkují neurotoxiny.

# **Bakterie s buněčnou stěnou gramnegativního typu**

*Anabaena doliformis*

akineta

heterocyt

Kmen *Cyanobacteria*  
Třída *Cyanobacteria*  
Pododdělení IV. *Nostocales*  
Rod *Anabaena*

Hojná v planktonu rybníků a tůní, na pobřeží vod i v půdě. Spirálně vinutá vlákna buďto jednotlivá, nebo tvoří chomáčkovitá slizová ložiska. Na konci doby růstu se některé buňky změny v trvalé buňky - akinety. Heterocyty vznikají uprostřed vláken rovněž z vegetativních buněk.

Produkce toxinů – hepatotoxiny, paralytické toxiny, dermatotoxické.

*Anabaena compacta*

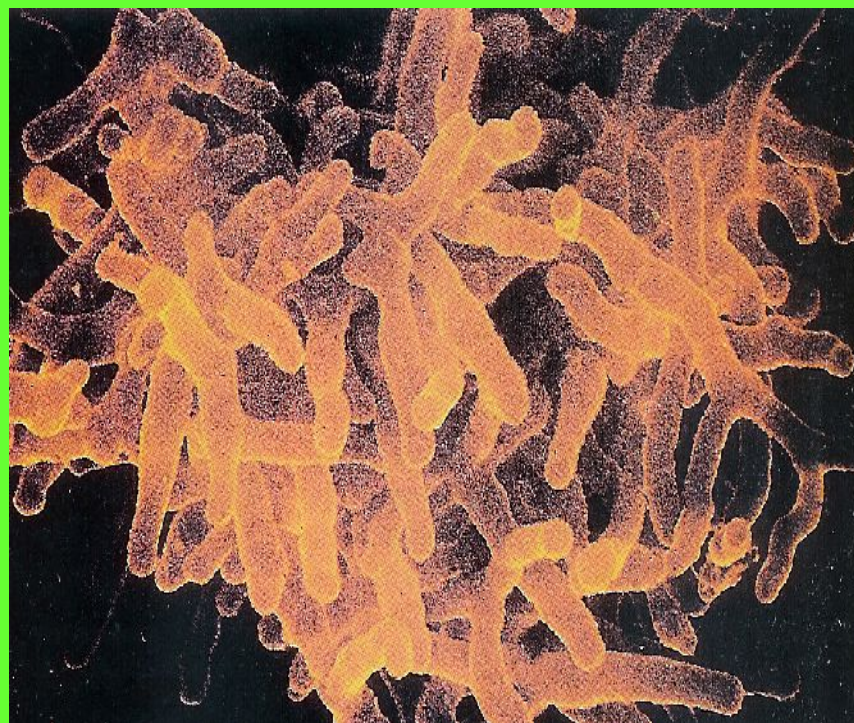
# Bakterie s buněčnou stěnou gramnegativního typu

Usazováním uhličitanu vápenatého  
v pochvách některých sinic vznikají  
zvláštní hřibovité útvary - stromatolity





# Bakterie s buněčnou stěnou grampozitivního typu



***A. bovis***

Kmen	<i>Actinobacteria</i>
Třída	<i>Actinobacteria</i>
Řád	<i>Actinomycetales</i>
Čeleď	<i>Actinomycetaceae</i>
Rod	<i>Actinomyces</i>

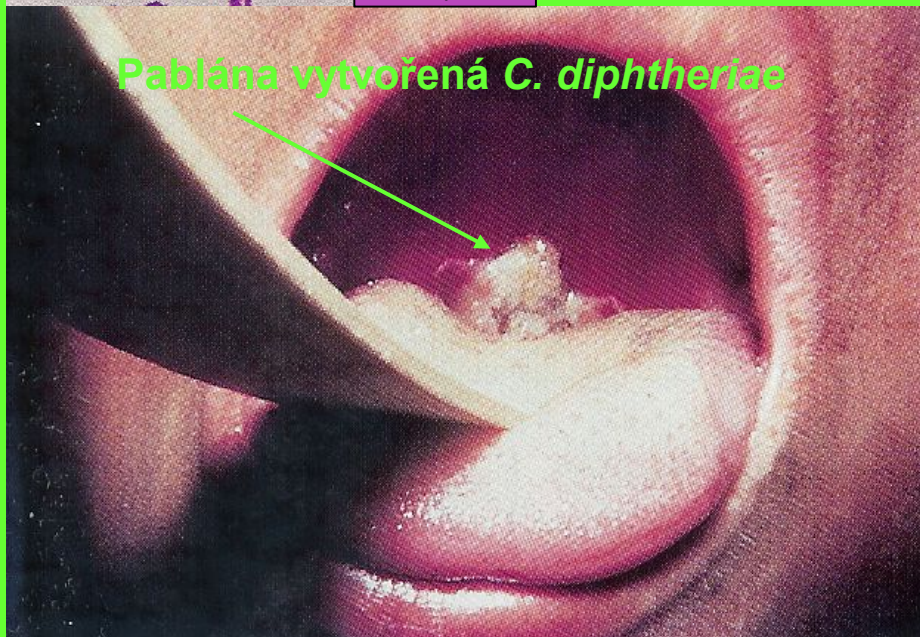
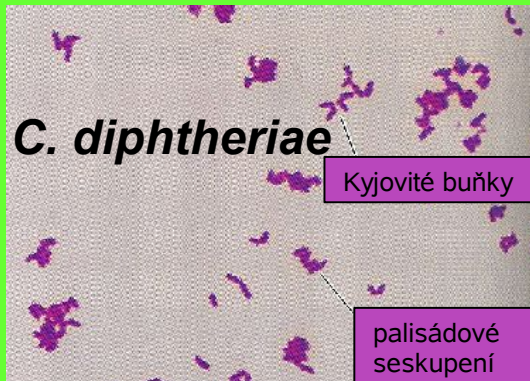
Rovné, mírně zakřivené tyčky až štíhlá vlákna, která se větví. Krátké tyčky mohou mít ztlustělé konce nebo tvar “Y, V, T“, vyskytují se v krátkých řetězcích nebo ve shlucích. Nesporulující, nepohyblivé. Tyčky se běžně větví. Fakultativně anaerobní. Běžně se vyskytují v půdě. Některé mohou být patogenní pro člověka a zvířata, vyskytují se převážně v ústní dutině a na sliznicích teplokrevných obratlovců. Průběh onemocnění je obvykle pomalý.

*A. bovis* – bovinní aktinomykózy

*A. israelii* – patogenní pro člověka i zvířata

*A. naeslundii* - patogenní pro člověka i zvířata

# Bakterie s buněčnou stěnou grampozitivního typu



Kmen	<i>Actinobacteria</i>
Třída	<i>Actinobacteria</i>
Řád	<i>Actinomycetales</i>
Čeleď	<i>Corynebacteriaceae</i>
Rod	<i>Corynebacterium</i>

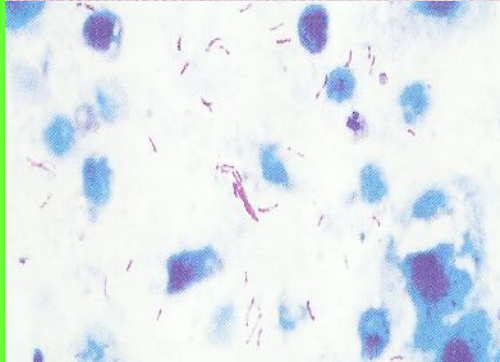
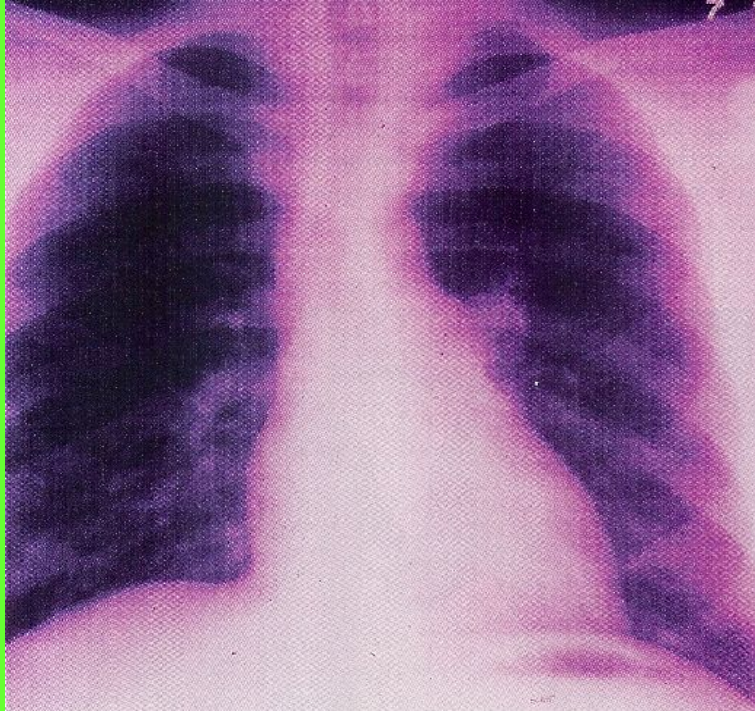
Rovné nebo mírně zakřivené štíhlé tyčky se zúženými nebo ztlustělými konci (kyjovité formy). Buňky obvykle uspořádané jednotlivě nebo ve dvojicích (formace písmene „V“). Fakultativně anaerobní.

*C. diphtheriae* – původce záškrtu. Čistě lidský patogen. Vytvářejí se pablány, které pevně přilnou k respirační sliznici. Produkuje toxin.

*C. pseudotuberculosis* – vyvolává záněty kůže a pneumonii. Patogenní pro zvířata, příležitostně i člověka.



# Bakterie s buněčnou stěnou grampozitivního typu



Kmen	<i>Actinobacteria</i>
Třída	<i>Actinobacteria</i>
Řád	<i>Actinomycetales</i>
Čeleď	<i>Mycobacteriaceae</i>
Rod	<i>Mycobacterium</i>

Rovné nebo mírně zakřivené tyčky, občas se větvící. Mohou se vyskytnout vlákna nebo “mycélium“ připomínající struktury, které se snadno rozpadají do tyček a koků.

Aerobní a chemoorganotrofní.

Mykobakterie jsou rozšířené v půdách a vodách, některé druhy jsou obligátní paraziti a patogeni pro obratlovce.

*M. tuberculosis* – původce tuberkulózy, projevuje se jako onemocnění jednotlivých orgánů nebo v generalizované formě; patogenní pro člověka, primáty a jiné živočichy.

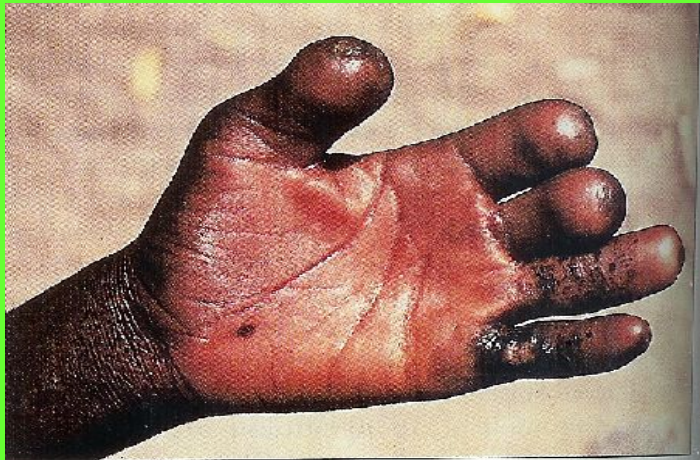
*M. bovis* – původně izolován z tuberkulózy skotu, ale obecně je tento druh patogenní pro většinu zvířat.



# Bakterie s buněčnou stěnou grampozitivního typu



Neutrální lepróza



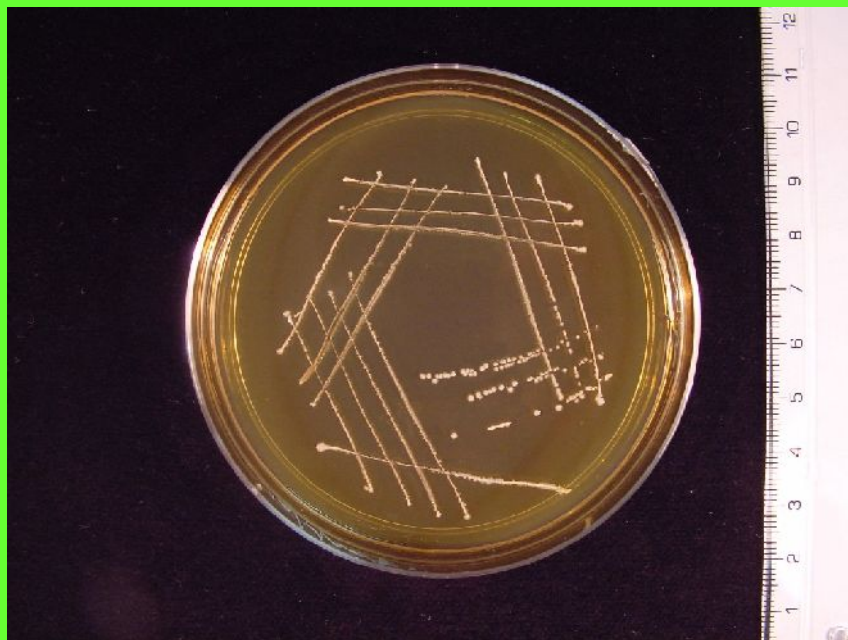
Progresivní lepróza

Kmen	<i>Actinobacteria</i>
Třída	<i>Actinobacteria</i>
Řád	<i>Actinomycetales</i>
Čeleď	<i>Mycobacteriaceae</i>
Rod	<i>Mycobacterium</i>

*M. kansasii* – izolován z plicních lézí člověka, je striktně patogenní a způsobuje onemocnění připomínající tuberkulózu

*M. leprae* – obligátně intracelulární parazit, vyvolává onemocnění kůže, varlat a periferního nervového systému známého pod jménem malomocenství neboli lepra

# Bakterie s buněčnou stěnou grampozitivního typu



Kmen	<i>Actinobacteria</i>
Třída	<i>Actinobacteria</i>
Řád	<i>Actinomycetales</i>
Čeleď	<i>Propionibacteriaceae</i>
Rod	<i>Propionibacterium</i>

Velmi pleomorfní tyčky, často kyjovitého tvaru (jeden konec zúžený a druhý zakulacený), některé buňky jsou kokoidní či se větvící (tvar písmen “V nebo Y”), ale nikdy netvoří vlákna. Jsou nepohyblivé, nesporulující, fakultativně anaerobní s variabilní aereotolerancí. Chemoorganotrofní.

Druhy ze sýrů či jiných mléčných výrobků

*P. freudenreichii* – izolován z mléka, sýrů, různých potravin

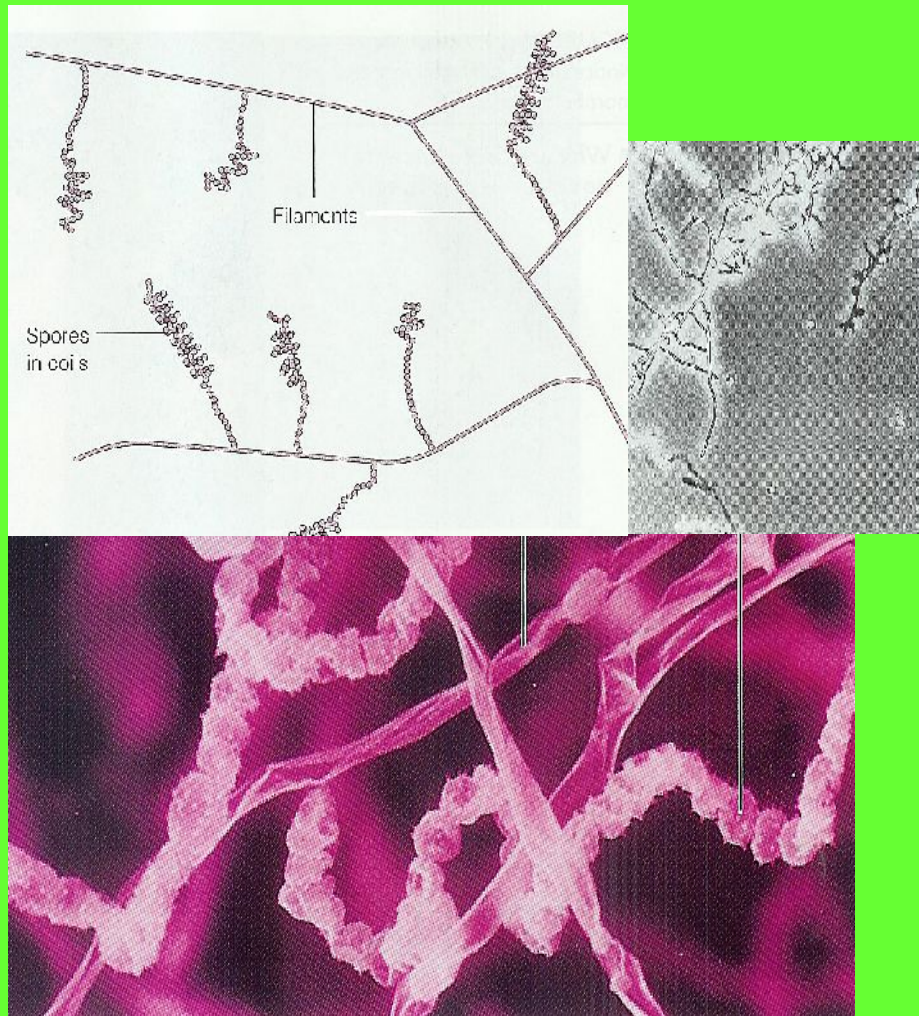
Druhy typické pro kůži člověka (mohou být i jinde, např. střevní trakt)

*P. acnes* – kůže člověka, původce akné, klinický materiál

*P. granulosum* – součást při endogenních infekcích různého typu



# Bakterie s buněčnou stěnou grampozitivního typu



***S. somaliensis***

Kmen	<i>Actinobacteria</i>
Třída	<i>Actinobacteria</i>
Řád	<i>Actinomycetales</i>
Čeleď	<i>Streptomycetaceae</i>
Rod	<i>Streptomyces</i>

Vegetativní vlákna tvoří větvené mycélium, které se jen zřídka rozpadá. Vzdušné mycélium v době zralosti tvoří řetízky se spórami. Aerobní, chemoorganotrofní. Většinou mezofilní, některé druhy jsou psychofilní nebo termofilní. Většina zástupců produkuje jedno nebo více antibiotik. Streptomycéty jsou rozšířené v půdě, včetně kompostu, a ve vodním prostředí. Většinou jsou saprofytické, pouze několik druhů je patogenních pro člověka a zvířata, jiné jsou fytopatogenní. Je popsáno téměř 400 druhů.

*S. somaliensis* – patogen člověka

*S. scabies* - fytopatogenní



# Bakterie s buněčnou stěnou grampozitivního typu



Kmen *Actinobacteria*  
Třída *Actinobacteria*  
Řád *Bifidobacteriales*  
Čeleď *Bifidobacteriaceae*  
Rod *Bifidobacterium*

Tyčky rozmanitého tvaru, obvykle mírně zakřivené a kyjovité a často ztlustělé nebo s náznaky větvení. Uspořádané jednotlivě, po dvou ve tvaru "V", občas v řetízcích nebo růžicích. Anaerobní, chemoorganotrofní. Nacházejí se v ústech a ve střevním traktu teplokrevných obratlovců včetně člověka, u hmyzu nebo v odpadních vodách. Druhově je to početný rod. Využívají se jako probiotika.

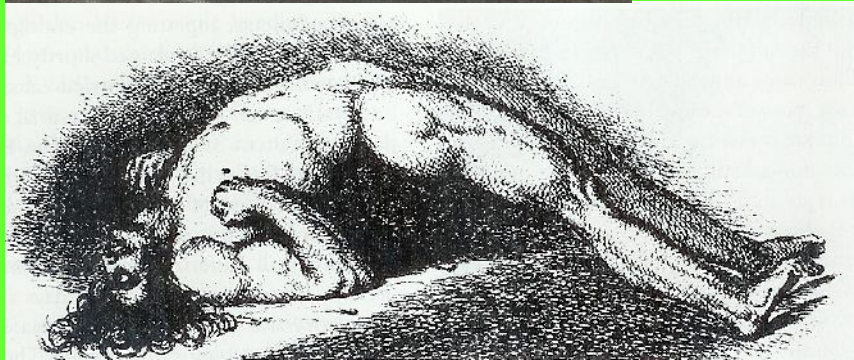
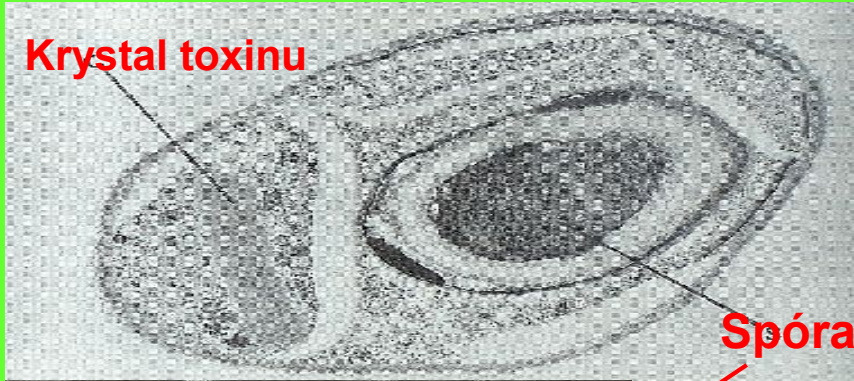
*B. bifidum* – potraviny, klinický materiál

*B. longum* – nejistý patogen u člověka

*B. dentium* – humánní klinický materiál (zubní kaz, endokarditidy)



# Bakterie s buněčnou stěnou grampozitivního typu



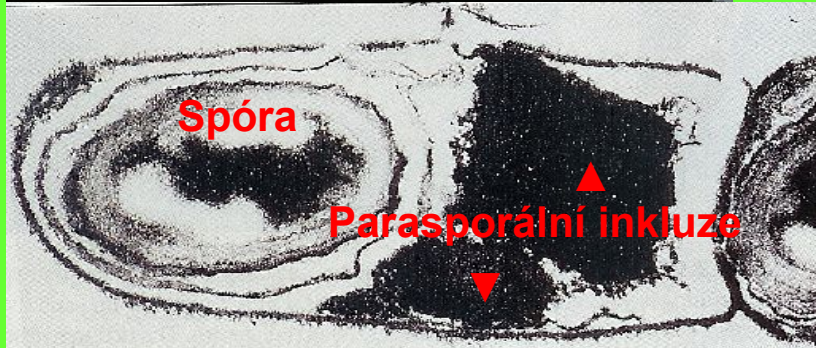
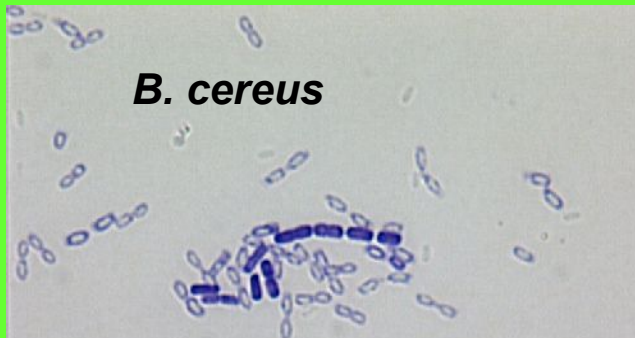
Kmen	<b><i>Firmicutes</i></b>
Třída	<b><i>Clostridia</i></b>
Řád	<b><i>Clostridiales</i></b>
Čeleď	<b><i>Clostridiaceae</i></b>
Rod	<b><i>Clostridium</i></b>

Buňky mají tvar pleomorfních tyček (rovné nebo mírně zakřivené) uspořádané po dvou nebo v krátkých řetězcích. Většinou pohyblivé peritrichálními bičíky. Většina druhů je chemoorganotrofních, některé jsou chemolitotrofní. Klostridia se běžně vyskytují v půdě, stokovém kalu, mořských sedimentech, rozkládajícím se rostlinném materiálu, živočišných a rostlinných produktech, ve střevním traktu živočichů, jícnu obratlovců, u hmyzu.

- C. botulinum* – produkuje 7 typů toxinů - původce botulismu. Je izolován z půdy, vody, sedimentů, potravin, střeva živočichů včetně člověka
- C. perfringens* – produkuje řadu toxinů vyskytuje se v půdě, střevním traktu živočichů včetně člověka. Způsobuje asi 80% případů klostridiové myonekrózy (plynové gangrény). U člověka jsou infekce často polymikrobní
- C. septicum* – produkcí letálního hemolytického a nekrotizujícího alfa toxinu vyvolává smrtelné infekce člověka a zvířat
- C. butyricum* – izolováno z půdy, sladkovodních i mořských sedimentů, stolice člověka a zvířat. Využívá se i pro výrobu organických rozpouštědel.



# Bakterie s buněčnou stěnou grampozitivního typu



Kmen	<i>Firmicutes</i>
Třída	<i>Bacilli</i>
Řád	<i>Bacillales</i>
Čeleď	<i>Bacillaceae</i>
Rod	<i>Bacillus</i>

Buňky jsou tvaru rovných tyček uspořádaných ve dvojicích nebo v řetězcích a jsou pohyblivé peritrichálními bičíky. Aerobní nebo fakultativně anaerobní.

*B. cereus* rozšířený v půdě. U člověka je znám jako původce enterotoxikóz a devastujících infekcí oka.

*B. mycoides* – vyskytuje se hojně v půdě, kolonie mají typický rhizoidní růst.

*B. thuringiensis* – výskyt v půdě, produkcí toxinů je patogenní pro hmyz. Toxiny a parasporální inkluze jsou používány jako **bioinsekticid**. Ojedinele je nacházen klinickém materiálu (infekce savců).

◀ *B. thuringiensis*

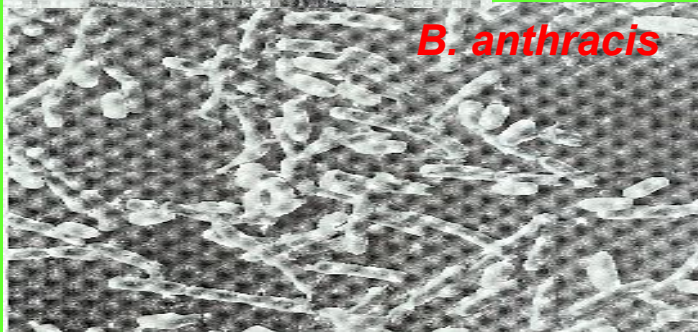


# Bakterie s buněčnou stěnou grampozitivního typu

Klíčící spóry *B. anthracis*



*B. anthracis*



Kožní léze

Kmen *Firmicutes*

Třída *Bacilli*

Řád *Bacillales*

Čeleď *Bacillaceae*

Rod *Bacillus*

*B. anthracis* – původce antraxu (sněť slezinná, uhlák) je onemocnění rozšířené především u býložravců, u nichž je velmi těžký průběh a vysoká smrtnost. Hlavním faktorem virulence je produkce antraxového toxinu a tvorba pouzdra. Používán je jako vhodný agens pro vedení biologické války.

*B. licheniformis* – velmi častý výskyt v půdě a kompostech. Vegetativní buňky jsou termotolerantní (růst při 56°C). Vyskytuje se i v potravinách a je původcem otrav z potravin.

# Bakterie s buněčnou stěnou grampozitivního typu

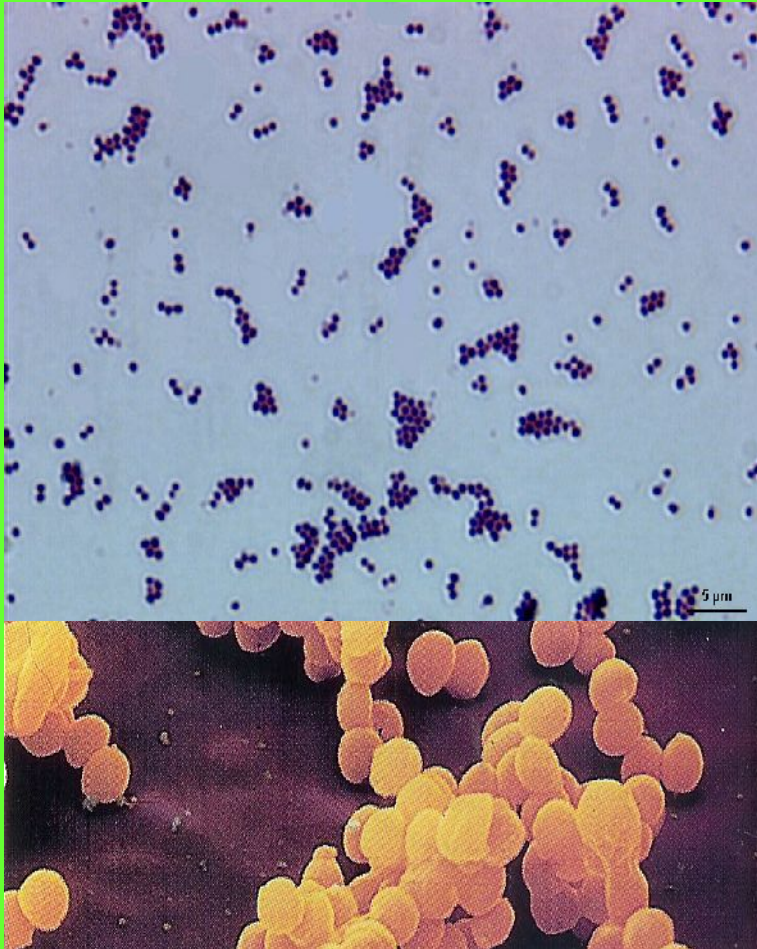
Kmen ***Firmicutes***

Třída ***Bacilli***

Řád ***Bacillales***

Čeď ***Staphylococcaceae***

Rod ***Staphylococcus***



Buňky sférické, vyskytující se jednotlivě, po dvou nebo v nepravidelných shlucích. Fakultativně anaerobní, chemoorganotrofní. Nejčastěji se vyskytuje na kůži, kožních žlázách a sliznicích velkého počtu teplokrevných obratlovců. Často jsou izolovány z potravin živočišného původu (maso, mléko, sýr) ale i z půdy, vody a prachu. Některé druhy jsou oportuně patogenní až patogenní pro člověka i zvířata. Produkují extracelulární toxiny.

***S. aureus* subsp. *aureus***

# Bakterie s buněčnou stěnou grampozitivního typu

Kmen *Firmicutes*

Třída *Bacilli*

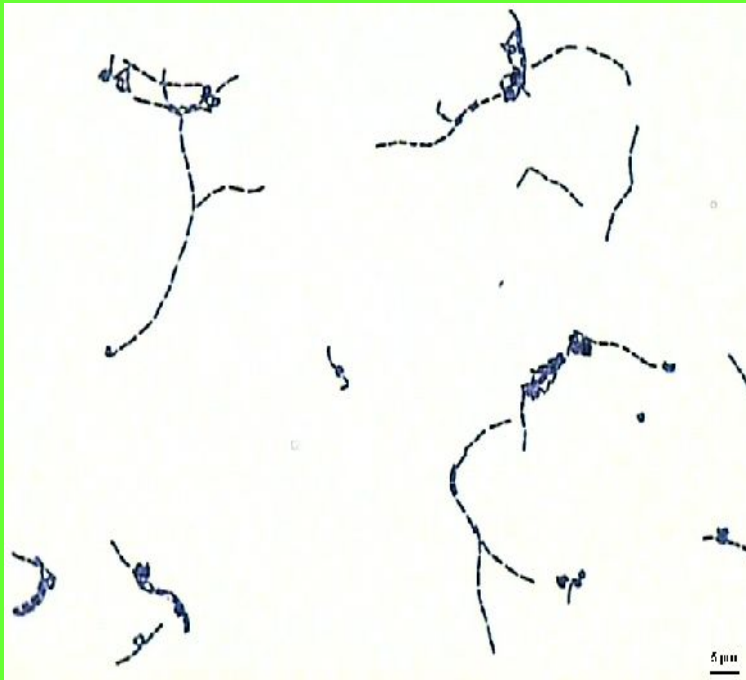
Řád *Lactobacillales*

Čeleď

*Lactobacillaceae*

Rod

*Lactobacillus*



*L. delbrueckii* subsp. *delbrueckii*

Buňky mají tvar pravidelných tyček, obvykle delší, občas také kokovité, uspořádané v krátkých řetězcích. Nesporulující. Fakultativně anaerobní, občas mikroaerofilní. Laktobacily jsou přítomné v nejrozličnějších potravinách živočišného nebo rostlinného původu v nápojích, kysaném zelí, silážích; běžně osídlují gastrointestinální trakt ptáků a savců a vaginu savců, tvoří část normální ústní flóry mnoha teplokrevných živočichů včetně člověka. Pouze vzácně jsou patogenní.

*L. delbrueckii* subsp. *delbrueckii* – fermentovaný rostlinný materiál

*L. delbrueckii* subsp. *lactis* – mléko, sýr, granulované krmivo

*L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* – jogurt (startér), sýr

*L. acidophilus* – střevní trakt člověka a zvířat, ústa a vagina



# Bakterie s buněčnou stěnou grampozitivního typu

Kmen *Firmicutes*  
Třída *Bacilli*  
Řád *Lactobacillales*  
Čeleď *Leuconostocaceae*  
Rod *Leuconostoc*

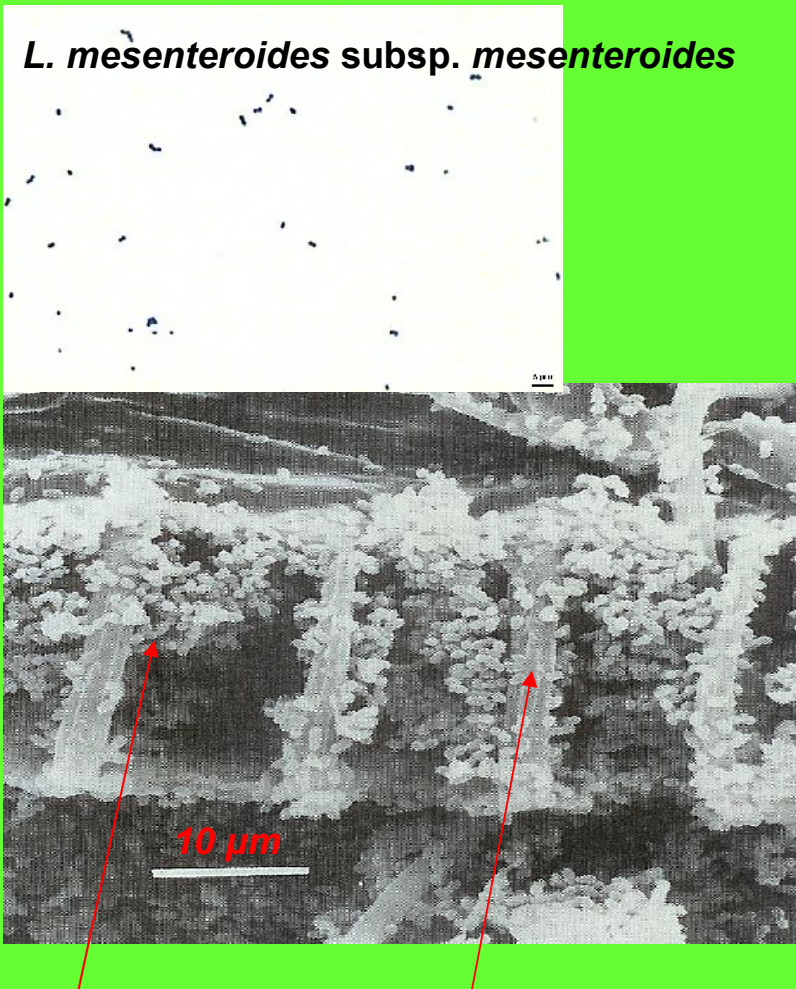
Buňky sférické nebo ovoidní, uspořádány po dvou nebo v řetězcích. Fakultativně anaerobní, chemoorganotrofní. Hojně na rostlinách a v mléčných produktech. Běžně se vyskytují i v jiných potravinách. Obecně jsou považovány za nepatogenní pro rostliny i živočichy. Tvoří makrokapsuly - je možné využití jako biopolymérů např. v obalové technice.

*L. mesenteroides* subsp. *mesenteroides* – fermentovaný rostlinný materiál

*L. mesenteroides* subsp. *dextranicum* – výskyt v mléce a mléčných výrobcích

*L. carnosum* – nejčastěji ve vakuově baleném mase skladovaném při nízké teplotě

*L. mesenteroides* subsp. *mesenteroides*



Leukonostok vázaný na tubulární stěnu okurky

# Bakterie s buněčnou stěnou grampozitivního typu

Kmen ***Firmicutes***

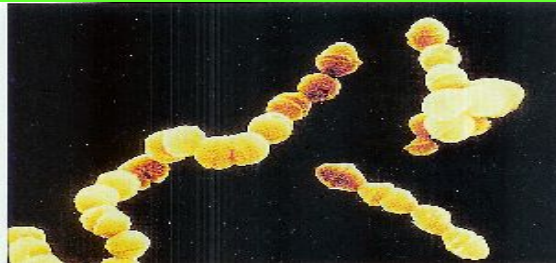
Třída ***Bacilli***

Řád ***Lactobacillales***

Čeleď ***Streptococcaceae***

Rod ***Streptococcus***

*Streptococcus pyogenes*



Buňky sférické nebo ovoidní, vyskytující se ve dvojicích nebo v řetězcích, nepohyblivé. Fakultativně anaerobní. Některé druhy tvoří pouzdra. Chemoorganotrofní. Streptokoky jsou komenzály nebo parazity obratlovců, osídlují převážně ústní dutinu a horní část respiračního traktu. Některé druhy jsou vysoce patogenní pro člověka a zvířata. Řada druhů se v prostředí vyskytuje jako saprofyti.

## Pyogenní $\beta$ -hemolytické streptokoky

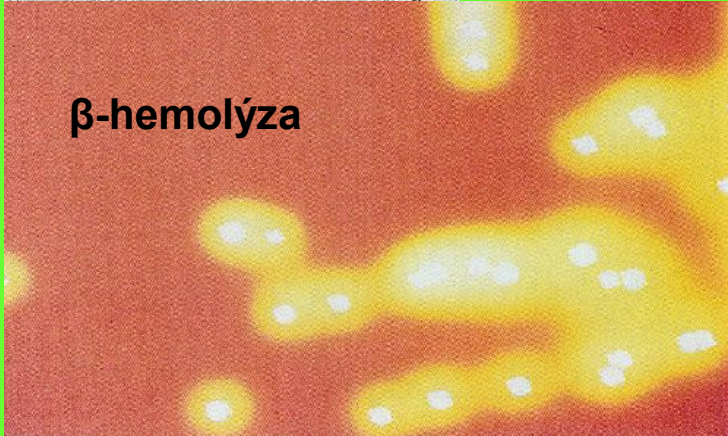
*S. pyogenes* – u člověka vyvolává hnisavé infekce laryngu nebo kůže. Nejpatogennější druh rodu *Streptococcus*.

*S. agalactiae* - u skotu způsobují mastitidu. U člověka původci novorozeneckých meningitid a sepsí. U dospělých způsobují komplikace v šestinedělí nebo hnisavé artritidy, infekce ran atd.

## Orální streptokoky (druhově nejpočetnější skupina)

*S. pneumoniae* – (pneumokok) hlavním původcem komunitního zánětu plic. Za virulenci je odpovědný pneumokokový povrchový adhezin **A**

$\beta$ -hemolýza



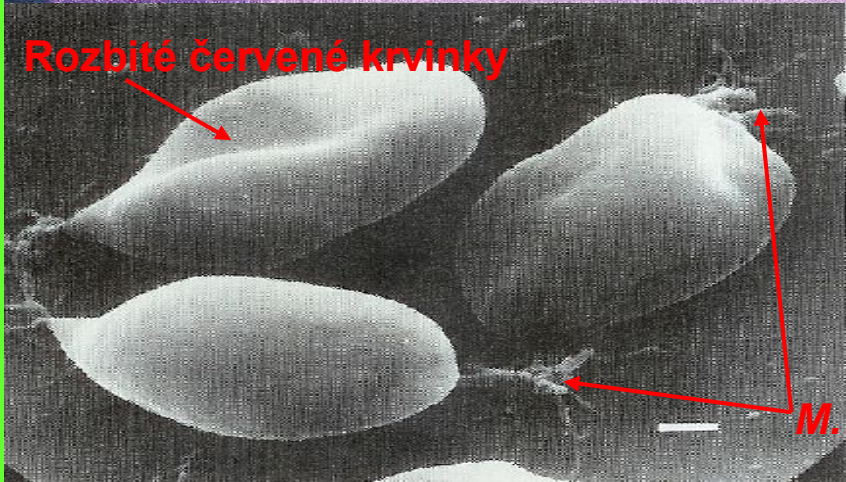


# Bakterie s buněčnou stěnou grampozitivního typu

*M. pneumoniae*



Kolonie *M. pneumoniae*



Kmen	<i>Firmicutes</i>
Třída	<i>Mollicutes</i>
Řád	<i>Mycoplasmatales</i>
Čeleď	<i>Mycoplasmataceae</i>
Rod	<i>Mycoplasma</i>

Buňky mají velmi pleomorfní tvar od sférických buněk, mírně ovoidních nebo tvaru hrušky po štíhlá větvená vlákna jednotného průměru. **Nemají buněčnou stěnu.** Jsou nepohyblivé, fakultativně anaerobní. Kolonie mají typický vzhled smaženého „volského oka“. Jsou parazity a patogeny širokého rozmezí savčích a ptačích hostitelů. Vyvolávají onemocnění respiračního a urogenitálního traktu. Některé druhy se vyskytují na povrchu rostlin a u hmyzu.

*M. hominis* – běžně na sliznicích urogenitálního traktu mužů i žen a izolována také u primátů.

*M. pneumoniae* – vyskytuje se v dutině ústní a v dýchacích cestách. Je původce pneumónií. Přírodním hostitelem je člověk.

*M. pneumoniae*