

# Třída *Bacilli*

- G+ koky, tyčky, aerobní i fakultativně anaerobní, nízký % G+C v DNA
- mohou produkovat endospory (kulaté, oválné, válečkovité), barveny speciálními metodami, gramovým barvením se neobarvují
- vysporulované kultury přežívají po dobu 10 minut zahřátí na teplotu 70 až 80 °C; přežívání v 95% ethanolu po dobu 40 minut při 20 °C
- fylogeneticky jednotná třída se dvěma řády (s produkcí endospor či jejich absencí); zástupci navzájem fenotypově velmi rozdílní

## Řád *Bacillales*

- charakteristika odpovídá popisu třídy *Bacilli*
- pevná mureinová stěna (teichoové kyseliny), pohyblivé
- anaerobní nebo aerobní organoheterotrofové
- patogenní (anthrax), saprofytický v prostředí (půda, rozkládají organický materiál, produkují látky antibiotické povahy)

### Čeď *Bacillaceae*

Doména *Bacteria*, kmen *Firmicutes*, třída *Bacilli*, řád *Bacillales*.

- charakteristika shodná s popisem třídy a řádu
- čeď popsána již v roce 1895; množství rodů a druhů
- řada zástupců přerazena do nových rodů či čeledí (*Alicyclobacillaceae*, *Paenibacillaceae*)

**Rody:** *Bacillus*, *Alkalibacillus*, *Amphibacillus*, *Anoxybacillus*, *Cerasibacillus*, *Exiguobacterium*, *Filobacillus*, *Geobacillus*, *Gracilibacillus*, *Halobacillus*, *Halolactibacillus*, *Jeotgalibacillus*, *Lentibacillus*, *Marinibacillus*, *Oceanobacillus*, *Paraliobacillus*, *Pontibacillus*, *Saccharococcus*, *Salinibacillus*, *Tenuibacillus*, *Thalassobacillus*, *Ureibacillus*, *Virgibacillus*

### Rod *Bacillus*

- tvar rovných tyček různé délky, ve dvojicích, v řetězcích, grampozitivní
- endospory oválné, kulaté; uloženy centrálně, paracentrálně, subterminálně, terminálně, laterálně
- fakultativně anaerobní s širokou diverzitou fyziologických schopností (pH, teplota, salinita)
- chemoorganotrofní, pigmenty, pouzdra
- široké rozmezí habitatů, patogenní, potravinové otravy, entomopatogenní
- tvar endospory i mateřské buňky - znaky využitelné v taxonomii; tři morfologické skupiny

## I. morfologická skupina – endospory oválné, neztlušťují mateřskou buňku

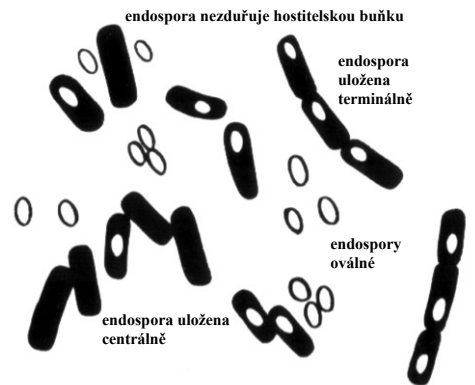
*B. subtilis* – prostředí, potravinové otravy

*B. anthracis* – patogenní (antrax), spory přežívají po dlouhou dobu v kontaminovaných materiálech

*B. cereus* - prostředí, gastroenteritidy, klinický materiál

*B. licheniformis* – spory v půdě, vegetativní buňky termotolerantní (růst při 56 °C), potraviny, původce otravy z potravin

*B. thuringiensis* – patogenní pro hmyz, toxin (parasporální tělíčko), biologický boj; ojediněle infekce savců



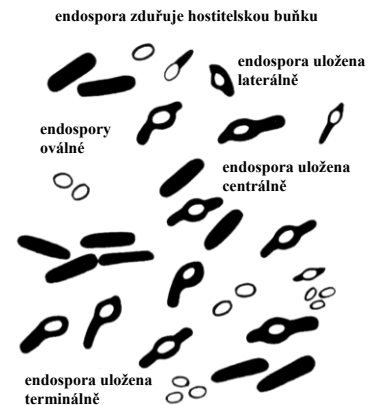
## II. morfologická skupina - endospory oválné, vždy ztlušťují mateřskou buňku

Řada zástupců přerazena do nových rodů (*Geobacillus*, *Ureibacillus*), resp. do nové čeledě *Paenibacillaceae* (rody *Paenibacillus*, *Brevibacillus*, nebo *Aneurinibacillus*); barví se gramnegativně

*B. circulans* – spory v půdě

*B. coagulans* – spory vzácné v půdě, ojediněle klinický materiál

*B. alcalophilus* – alkalofilní, prostředí



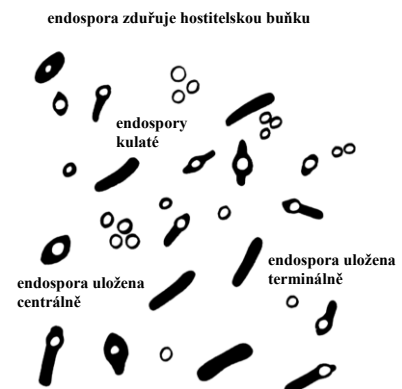
## III. morfologická skupina - endospory kulaté, endospora vždy ztlušťuje mateřskou buňku

Řada zástupců této skupiny přerazena do nových rodů (*Virgibacillus*, *Sporosarcina*)

*B. pasteurii* – půda, voda, stočnická kal

*B. sphaericus* – půda, mořské i sladkovodní sedimenty, mléko, potraviny, patogenní pro hmyz, humánní klinický materiál

*B. schlegelii* – chemilitotrofní, prostředí (sedimenty, odpad z cukrovaru)



## Čeled' *Bacillaceae* - pokračování

### *Alkalibacillus*

- tvar tyček, barví se gramvariabilně, pohyblivé, sporulující
- endospory kulaté, uložené terminálně ve ztlustělých sporangiiích
- striktně aerobní, mírně halofilní, pH neutrální (pH 9,0)
- obsahuje kyselinu *meso*-DAP, charakteristické spektrum mastných kyselin
- alkalické, slané sedimenty, bláto solných jezer, minerální vody

### *Geobacillus*

- tvar tyček, pohyblivé, nepohyblivé, barví se G+/-, struktura stěny G+
- endospory oválné, válcovité, terminální, subterminální, mírně zduřelé, nezduřelé sporangium
- chemoorganotrofní, aerobní, fakultativně anaerobní, pigmenty
- obligátně termofilní (37 - 75 °C), neutrofilní, kataláza pozitivní
- široce rozšířené v přírodě, dříve termofilní zástupci rodu *Bacillus*

*G. stearothermophilus* – přerazen z *Bacillus*, nejčastější, prostředí

### *Halobacillus*

- tvar tyček, sférické, oválné, grampozitivní, sporulující, pohyblivé
- endospory elipsoidní, sférické, centrální až subterminální
- stěna obsahuje ornithin, mírně halofilní, striktně aerobní, chemoorganotrofní
- 10 - 45 °C, pH 6,0 - 9,5; oranžový pigment, kataláza, oxidáza pozitivní
- sedimenty, voda sodných jezer, prostředí mořských slunečních solivarů, povrch slaných půd, půda slaných bažin

*H. halophilus* – „*Sporosarcina halophila*“, slaná půda, mořská voda, vyžaduje 3% NaCl a 0,5% MgCl<sub>2</sub>

## Čeľad' Bacillaceae - pokračování

### Saccharococcus

- G+ sférické buňky, nepohyblivé, netvoří endospory
- fakultativně anaerobní, chemoorganotrofní, L(+)-laktát
- kataláza, oxidáza pozitivní, termofilní, optimum 68 °C
- cukrovar, přirozený habitat není znám

*S. thermophilus* – výskyt v cukerném extraktu z cukrové řepy

### Ureibacillus

- endospory tvořící tyčky, pohyblivé, barví se G-
- endospory kulaté, terminální, subterminální, zduřená sporangia
- aerobní, termofilní (50 - 55 °C), ureolytické, nevyužívají cukry
- původně řazeny do rodu *Bacillus* (chemotaxonomie, sekvencování)
- vzduch, půda

### Virgibacillus

- G+ pohyblivé tyčky, v řetězcích, endospory kulaté, oválné, terminální, subterminální, zduřují sporangium
- fakultativně anaerobní, vyžadují kyselinu pantotenovou, tiamin, biotin, aminokyseliny; růst stimulován 4% NaCl, 15 - 50 °C
- stěna obsahuje kyselinu *meso*-DAP
- vznik z bacilů (chemotaxonomické, molekulárně biologické analýzy), následně přeřazeni i zástupci rodu „*Salibacillus*“
- půda, voda, potraviny

## Čeled' Alicyclobacillaceae

Doména *Bacteria*, kmen *Firmicutes*, třída *Bacilli*, řád *Bacillales*.

- taxonomicky ustanovená nedávno (sekvencování genu pro 16S rRNA)
- sporulující, nesporeující G<sup>+</sup> bakterie s nízkým % obsahem G+C
- někteří původně řazeni do rodu *Bacillus*, nachází se v prostředí

Rody: *Alicyclobacillus*, *Pasteuria*, *Sulfobacillus*

### *Alicyclobacillus*

- nový rod (devadesátá léta minulého století), přeřazeny obligátně termoacidofilní druhy bacilů
- lipidickou složkou v membránách jsou  $\omega$ -alicyklické mastné kyseliny
- buňky rovné, mírně zakřivené tyčky, G<sup>+</sup>, G<sup>+/-</sup>
- endospory oválné, terminální, subterminální, nezduřují, jen mírně
- obligátně acidofilní (pH 2 - 6), teplotní rozmezí 20 - 70 °C
- aerobní, fakultativně anaerobní, růstové faktory, nepigmentující
- rozmanité typy výživy, mohou růst mixotrofně
- prostředí, ovocné koncentráty, džus

*A. acidocaldarius* – oválné endospory, nezduřují, kyselé termální prostředí (půda, voda), několik poddruhů

### *Sulfobacillus*

- G<sup>+</sup> nepohyblivé tyčky, zakulacené, zúžené konce, tvoří endospory, kulaté, mírně oválné, paracentrální, terminální, zduřují buňku
- striktně aerobní, fakultativně chemolitoautotrofní; mohou růst heterotrofně
- mírně termofilní (20 - 60 °C); rozmezí pH 1,1 - 5,0
- oxidují pyrit, Fe<sup>2+</sup>, siřníky, síru
- rozšířené v termálních pramenech, úložkách sirných rud (pyritové vrstvy), v korodujících částech městských teplovodních rozvodů

## Čeď Caryophanaceae

Doména *Bacteria*, kmen *Firmicutes*, třída *Bacilli*, řád *Bacillales*.

- charakteristika čeďe shodná s popisem rodu *Caryophanon*

Rod: *Caryophanon*

### *Caryophanon*

- rovné, mírně zakřivené „mnohobuněčné“ tyčky, G+, pohyblivé, nesporulující, striktně aerobní
- morfologie variabilní, záleží na použitém kultivačním médiu
- chemoorganotrofní, acetát je zdrojem uhlíku, kataláza pozitivní
- dobytčí hnůj, pravděpodobně nepatogenní

## Čeď Listeriaceae

Doména *Bacteria*, kmen *Firmicutes*, třída *Bacilli*, řád *Bacillales*.

- pravidelné, nesporulující, G+ tyčky
- kataláza pozitivní, fakultativně anaerobní, nízký % obsah G+C v DNA
- nově navržená čeď, dva rody, významné z hlediska klinické, potravinářské mikrobiologie

Rody: *Listeria*, *Brochothrix*

### *Listeria*

- pravidelné krátké G+ tyčky, kokovité; vlákna (starší kultura)
- nesporulující, netvoří pouzdra, 20 až 25 °C – pohyblivé
- fakultativně anaerobní, chemoorganotrofní, fermentační metabolismus; produktem fermentace glukózy je L(+)-laktát
- kataláza pozitivní, oxidáza negativní, acetoin pozitivní, 30 - 37 °C
- prostředí, některé patogenní pro člověka, zvířata

*L. monocytogenes* – β-hemolytická, stoční kal, půda, siláže, stolice, humánní, veterinární klinický materiál

### *Brochothrix*

- pravidelné nevětvcí se G+ tyčky, kokovité, nepohyblivé, nesporulující
- fakultativně anaerobní, nepigmentující, 0 – 30 °C; L(+)-laktát
- kataláza pozitivní, metyl červen, acetoin pozitivní, nehemolytické
- masné produkty, prostředí

*B. thermosphacta* – potraviny (základ maso), kažení masa, masných výrobků; roste při chladničkové teplotě, ve vakuovém balení

## Čeľad' Paenibacillaceae

Doména *Bacteria*, kmen *Firmicutes*, třída *Bacilli*, řád *Bacillales*.

- rodově, druhově početná čeľad' (vyčleněna v 2001, sekvencování)
- G+ bakterie s nízkým % G+C; řada původně řazena do rodu *Bacillus*
- prostředí, ojedinele patogenní

Rody: *Paenibacillus*, *Ammoniphilus*, *Aneurinibacillus*, *Brevibacillus*, *Oxalophagus*, *Thermicanus*, *Thermobacillus*

### Paenibacillus

- tvar tyček, G+, G-, G+/-; pohyblivé, oválné endospory, zduřují
- nepigmentující, striktně aerobní, fakultativně anaerobní, 20 - 50 °C
- kataláza pozitivní (výjimkou je *P. larvae*), oxidáza, nitráty variabilní
- rozkládají polysacharidy, druhově bohatý rod (II. morfologická)
- půda, rostliny, hmyz

*P. alvei* – půda, larva (není entomopatogenní), ojedinele klinický materiál

*P. larvae* – entomopatogenní

*P. polymyxa* – široce rozšířený v nejrůznějším prostředí

### Aneurinibacillus

- G+ tyčky, pohyblivé, oválné endospory, ztlušťují, S-vrstva
- striktně aerobní, nepigmentující, kataláza, oxidáza variabilní
- rozkládají tyrosin, tiamin, deaminují fenylalanin, lecitináza pozitivní
- teplotní rozmezí 20 - 60 °C, pH 5,5 - 9,0
- vyčleněn z *Bacillus* (fenotyp, chemotaxonomie, sekvencování)
- lidská stolice, prostředí

### Brevibacillus

- tvar krátkých G+, G+/- tyček, pohyblivé, endospory oválné, ztlušťují
- nepigmentující, striktně aerobní (*B. laterosporus* fakultativně anaerobní), kataláza pozitivní, oxidáza variabilní, 30 °C, pH 5,7
- vyčleněn z rodu *Bacillus* (fenotyp, chemotaxonomie, sekvencování)
- prostředí (půda, voda), potraviny

*B. brevis* – „*Bacillus brevis*“, prostředí, ojedinele klinický materiál

## Čeleď *Planococcaceae*

Doména *Bacteria*, kmen *Firmicutes*, třída *Bacilli*, řád *Bacillales*.

- čeleď známá více než padesát let, G+ koky, tyčky
- sekvencování, G+ bakterie s nízkým % G+C; druhově nepočtené rody
- prostředí

Rody: *Planococcus*, *Filibacter*, *Kurthia*, *Planomicrobium*, *Sporosarcina*

### *Planococcus*

- sférické, G+, G+/-, pohyblivé, endospory netvoří
- aerobní, kolonie žlutooranžové, chemoorganotrofní, respiratorní
- kataláza pozitivní, oxidáza negativní, neredukují nitráty, halotolerantní
- mořské prostředí, mražené potraviny s mořskými produkty

*P. citreus* – produkuje žlutooranžový pigment

*P. kocurii* – ryby, mražené potraviny

### *Kurthia*

- pravidelné, nevětvící se G+ tyčky, v řetízích, kokovité, pohyblivé
- netvoří endospory, striktně aerobní, rhizoidní růst (vzhled „hlavy Medusy“, vzhled „ptačího pířka“)
- chemoorganotrofní, respiratorní metabolismus, okyselují glukózu
- neredukují nitráty, nehydrolyzují želatinu, růstová teplota 25 - 30 °C
- považovány za nepatogenní, prostředí (půda, povrchová voda), maso, masné produkty, feces zvířat, příležitostně mléko
- izolovány ze zmrzlého obsahu žaludku, střev mamuta

### *Sporosarcina*

- kulaté, oválné, diplokoky, tetrády, balíčky; barví se G+, pohyblivé, endospory kulaté
- chemoorganotrofní, striktně aerobní, dobře rostou, krémové, oranžové
- 15 - 37 °C, kataláza, oxidáza pozitivní, nepatogenní
- půdy, slaniska



## Čeleď *Sporolactobacillaceae*

Doména *Bacteria*, kmen *Firmicutes*, třída *Bacilli*, řád *Bacillales*.

- navržena v 2001, sekvencování G+ bakterií s nízkým obsahem G+C
- reprezentována dvěma rody nepatogenních bakterií (tyčky i koky)

Rody: *Sporolactobacillus*, *Marinococcus*

### *Sporolactobacillus*

- rovné G+ tyčky, pohyblivé, endospory tvoří omezeně, oválné, elipsovitě, umístěné terminálně, zduřují mateřskou buňku
- teplotní rezistence nižší, fakultativně anaerobní, (lepší mikroaerofilně)
- malé kolonie, nutričně náročné, hexózy využívají homofermentativně, produkují D(-)-kyselinu mléčnou
- kataláza negativní, neredukují nitráty, netvoří indol, 35 °C
- kuřecí potrava, půda; pravděpodobně prostředí

### *Marinococcus*

- sférické, G+, G+/-, pohyblivé
- aerobní, nesporulující, chemoorganotrofní, respiratorní metabolismus
- žlutooranžově pigmentované, kataláza pozitivní, mírně halofilní
- někteří patřili původně mezi planokoky
- mořské prostředí, solivary, ve slaných půdách, patogenita neznáma
- druh „*M. hispanicus*“ byl přerazen do rodu *Salinicoccus*

## Čeľad' *Staphylococcaceae*

Doména *Bacteria*, kmen *Firmicutes*, třída *Bacilli*, řád *Bacillales*.

- čeľad' navržená v roce 2001 (sekvencování 16S rDNA)
- rody G+ koků s nízkým obsahem G+C
- příbuzné bacilům, enterokokům, streptokokům, laktobacilům, listeriím
- bakterie vyskytující se v prostředí i v klinickém materiálu

Rody: *Staphylococcus*, *Gemella*, *Jeotgalicoccus*, *Macrococcus*, *Salinicoccus*

### Rod *Staphylococcus*

- sférické, jednotlivě, po dvou, shluky, v tetrádách
- grampozitivní, nepohyblivé, nesporulující, fakultativně anaerobní
- chemoorganotrofní, mohou být bílé, krémové, žluté až žlutooranžové
- kataláza pozitivní, oxidáza negativní (*S. sciuri* komplex!, 10% NaCl)
- citlivé k lyzi lysostafinem, ne lysozymem; citlivé k furazolidonu (mikrokoky rezistentní) a rezistentní k bacitracinu (mikrokoky citlivé)
- růstová teplota 30 - 37 °C
- výskyt primárně svázán s kůží, kožními žlázami a sliznicemi, potraviny, prostředí
- oportunně patogenní až patogenní, extracelulární toxiny
- taxonomický rozvoji - padesát taxonů (plazmakoaguláza, novobiocin).

Plazmakoagulázový test (rozdílný činitel, shodný výsledek):

- koaguláza volná je enzym způsobující polymeraci fibrinogenu na fibrin
- koaguláza vázaná (clumping factor) je povrchový antigen opět způsobující polymeraci fibrinogenu na fibrin

### Koaguláza pozitivní, novobiocin citlivé stafylokoky:

*S. aureus* subsp. *aureus* – člověk, zvířata, koaguláza volná i vázaná

*S. aureus* subsp. *anaerobius* – patogen ovcí, kataláza negativní, koaguláza volná pozitivní x vázaná negativní

*S. intermedius* – zvířata; ojedinele člověk; koaguláza volná pozitivní

*S. schleiferi* ssp. *schleiferi* – hemokultury, jen koaguláza vázaná pozitivní

*S. lugdunensis* – hemokultury, koaguláza volná negativní - vázaná pozitivní

### Koaguláza negativní, novobiocin citlivé stafylokoky:

*S. epidermidis* – nejčastější, lidská kůže (savci); podmíněně patogenní

*S. warneri* – lidská kůže, řada infekcí (patogenita diskutována)

*S. haemolyticus* – kůži člověka, sliznice, i z různých savců

*S. hominis* subsp. *hominis* – převažující na kůži člověka, také z řady infekcí

*S. carnosus* – nepatogenní (startovací kultura)

## Čeď Staphylococcaceae - pokračování

### Koaguláza negativní, novobiocin rezistentní stafylokoky:

- S. saprophyticus* ssp. *saprophyticus* - nečastý na kůži, infekce močových cest
- S. cohnii* – dva poddruhy, kůže člověka, primátů; klinický materiál
- S. xylosus* – kůže člověka, primátů i jiných savců, z produktů a z prostředí
- S. hominis* subsp. *novobioceticus* – patogen, izolován u lidí z hemokultur

### Gemella

- sférické, prodloužené, nestejná velikost; barví se G+, G+/-, nepohyblivé
  - fakultativně anaerobní, kolonie malé,  $\alpha$ - nebo  $\beta$ -hemolýza
  - chemoorganotrofní, vyžadují média s proteiny, metabolismus fermentatorní, produkují L(+)-kyselinu mléčnou
  - kataláza, oxidáza negativní, 37 °C, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> aerobních podmínek
  - humánní klinický materiál, obligátní paraziti člověka; mohou být zaměněny s neisseriemi, veillonelami nebo streptokoky
- G. haemolysans* – humánní klinický materiál
- G. morbillorum* – dříve „*Streptococcus morbillorum*“

### Macrococcus

- sférické, kokovité, G+, nepohyblivé, netvoří endospory, pouzdra
  - buňky větší než „stafylokokové“, metabolismus respiratorní, chemoorganotrofní, fakultativně anaerobní, mezofilní, nehalofilní
  - světle žluté, chemotaxonomie důležitá při popisu rodu
  - kravské mléko, hovězí maso, masné výrobky, kůže velryb, koní, poníků, krav, lam; humánní klinický materiál
- M. equiperdicus* – kůže savců (lichokopytníci)
- M. caseolyticus* – mléko, maso, masné výrobky, původně stafylokok

### Salinicoccus

- sférické, po dvou, v tetradách, G+, nepohyblivé, nesporulující
- růžové, červené, aerobní, chemoorganotrofní,
- kataláza, oxidáza pozitivní, 15 - 40 °C, mírně halofilní
- mořské zdroje, nepříbuzné marinokokům; obecně nepatogenní

## Čeď *Thermoactinomycetaceae*

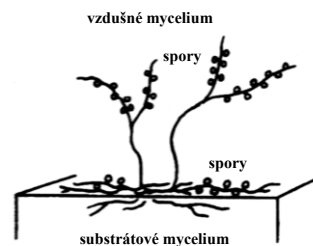
Doména *Bacteria*, kmen *Firmicutes*, třída *Bacilli*, řád *Bacillales*.

- čeď obsahuje pouze jeden rod (původně v řádu *Actinomycetales*)
- termofilní, pravé endospory, substrátové, většinou i vzdušné mycelium
- morfologie typická pro aktinomycety; endospory na vegetativních i vzdušných hyfách; aerobní, saprofytické

Rody: *Thermoactinomyces*, *Laceyella*, *Planifilum*, *Seinonella*, *Thermo flavimicrobium*

### *Thermoactinomyces*

- substrátové mycelium vyvinuté, větvené, přehrádky; vzdušné mycelium různé intenzity
- endospory na vzdušných i substrátových vláknkách, stěna G+ typu
- peptidoglykan obsahuje *meso*-DAP, ne cukry, aminokyseliny
- aerobní, saprofytické, chemoorganotrofní – využívají cukry, degradují polymery; rychle rostoucí, teplota 50 - 60 °C, mezofilní
- půda, plesnivý, rozkládající se rostlinný materiál, kompost
- morfologicky podobné s rodem *Thermomonospora* (teplotní rezistence endospor, rezistencí k novobiocinu, necelulolytická aktivita)
- endospory extrémně dlouho životaschopné; půda, sedimenty
- souvislost s alergickými záněty plic („farmářské plíce“)



(upraveno podle Holta a kol., 1994)