

Energetický metabolismus bakterií, sporulace

Přednáška mikrobiologie č. 3

Doc. MUDr. Jan Šimůnek, CSc.

Ústav preventivního lékařství

11. března 2010

Energetický metabolismus bakteriálních buněk

Základní rozdělení

- Obecně existují dva typy reakcí, *exoenergetické*, kdy energie vstupních látek je nižší, než látek vstupujících do reakce, a rozdíl se uvolňuje; *endoenergetické*, kdy je to naopak a rozdíl se do reakce musí dodat
- Rozdíl endoenergetických reakcí v laboratoři – průmyslu × živé organismy (nemají k dispozici tlaky a teploty, řeší zpřažením enzymatických systémů katalyzujících endo- a exoenergetické reakce)
Poznámka: *Bylo tomu tak vždy a všude? Jak takovoto reakce probíhají v „hluboké horké biosféře“?*
- Existence *univerzálních donorů energie*, především ATP
Důsledek: Z hlediska energetické bilance stačí vyřešit syntézu těchto donorů.

Energetický metabolismus bakteriálních buněk

Způsoby získávání energie

Typ výživy	Zdroj energie	Zdroj uhlíku	Příklady
Fotoautotrofni	světlo	CO ₂	Šinice, některé červené a zelené pigmentující bakterie
Fotoheterotrofni	světlo	organické sloučeniny	Některé červené a zelené pigmentující bakterie
Chemoautotrofni, Lithotrofni (lithoautotrofni)	anorganické sloučeniny, např. H ₂ , NH ₃ , NO ₂ , H ₂ S	CO ₂	Málo bakterií, hodné archebakterií
Chemoheterotrofni (heterotrofni)	organické sloučeniny	organické sloučeniny	Většina bakterií, málo archebakterií

Energetický metabolismus bakteriálních buněk

Získávání ATP

- **Odbouráváním organických látek**
Musí zvládnout i další dvě skupiny, jinak by nemohly využívat vlastní energetické zásoby.
- **Přeměnou anorganických látek**
Energetický rozdíl vstupních a výstupních látek je zpravidla malý → do této skupiny patří i obrovské bakterie (větší než mnozí prvoci).
Tato prokaryota se podílejí na vzniku některých hornin a rudných ložisek, včetně „hluboké horké biosféry“, minimálně závislé na povrchu planety.
- **Záchytem světelného kvanta**
Záchyt se děje na různých typech chlorofylů a karotenoidů. Protože chloroplasty jsou patrně přeměněná prokaryota, týká se to i zelených rostlin.

Energetický metabolismus bakteriálních buněk

Organotrofie

Odbourávání je možné dvěma základními způsoby:

- Za spotřebování kyslíku, buď klasicky cyklem trikarbonových kyselin, nebo jeho prokaryontními variantami a analogiemi (zkratky v klasickém cyklu, obcházení některých reakcí v klasickém cyklu, cyklus dikarbonových kyselin)
- Beze spotřeby kyslíku
 - přeměnou energeticky bohatších substrátů na energeticky chudší, škálou různých chemických reakcí, které se souhrnně nazývají *fermentace*
 - přesunem elektronu na různé akceptory *anaerobní respirace*

Energetický metabolismus bakteriálních buněk

Oxidace

- úplná
 - Krebsův cyklus
 - Cyklus kyseliny glykoxylové
Přeskakuje v Krebsově cyklu kyseliny jantarovou a fumarovou, tedy z kyseliny glakocalové se tvoří adicí acétátu kyselina jablečná, uplatní se v situaci, kdy je potřeba doplnit meziproducty K. cyklu a nebo je kyselina octová jediný zdroj energie
 - Cyklus dikarbonových kyselin
2× kyselina octová → kyselina jantarová → kyselina fumarová → kyselina jablečná → kyselina pyrohroznová → kyselina octová ...
- neúplná Z různých substrátů se vytváří organické kyseliny vč. některých aminokyselin. Značný průmyslový význam.

Energetický metabolismus bakteriálních buněk

Kvašení 1

Při kvašení dochází k přeměně *jednoduchých sacharidů* na *kyselinu pyrohroznovou*. Nejčastěji se tak děje Embden – Meyerhof – Parnasovou dráhou za vzniku 2 molekul ATP a 2 molekul kyseliny pyrohroznové a jedné molekuly glukózy. (Vzniknou 4 ATP, ale 2 se spotřebují.) Předchází zpravidla konverze na glukózu (na začátku), někde i na fruktózu (je v cestě).

- kvasinky** k. pyrohroznová → etanol
- bakterie mléčného kvašení** k. pyrohroznová → kyselina mléčná u *homofermentativního* kvašení výlučně, u *heterofermentativního* s koproduktu
- propionové bakterie** k. pyrohroznová → kyselina oxaloctová → kyselina jantarová → kyselina propionová
- enterobakterie** (různé druhy různě) přeměňují kyselinu pyrohroznovou na kyselinu octovou, butandiol, etanol, případně ji rozloží na vodík a oxid uhličitý

Energetický metabolismus bakteriálních buněk

Kvašení 2

Při kvašení aminokyselin dochází k přeměně:

- arginin na citrulin *Pseudomonas aeruginosa*
- kyselina glutamová na kyselinu máselnou *Clostridium butyricum*
- alanin na kyselinu pyrohroznovou a dále na acetyl-koenzym A rod *Clostridium*
- alanin a dvě molekuly glycinu na dvě molekuly kyseliny octové a čpavek

Zpravidla dojde k oxyselení substrátu, někdy k tvorbě aldehydů nebo jiných charakteristických metabolitů. Reakce jsou druhově nebo skupinově závislé, proto se využívají k determinaci a identifikaci („pestrá řada“).

Energetický metabolismus bakteriálních buněk

Anaerobní respirace

Organismus se různými cestami zbavuje vodíku, uvolněného jinými reakcemi. Přeměňuje:

- dusičnany na dusitany
- dusičnany až na dusík
- sírany na sirovodík
- tvorba metanu z CO_2

◀ ▶ ↺ ↻ 🔍

Energetický metabolismus bakteriálních buněk

Chemolitotrofie

Přeměny:

- amoniak na dusičnan
- sirovodík na síru
- Fe^{2+} na Fe^{3+}
- přesun vodíku na různé akceptory
- oxidace metanu

◀ ▶ ↺ ↻ 🔍

Energetický metabolismus bakteriálních buněk

Fototrofie

Při fototrofii dochází ke známé přeměně vody a oxidu uhličitého na glukózu (prostřednictvím ATP).

Bakteriální fototrofie využívá jako donor vodíku sirovodík.

Liší se i vlnové délky zachyceného světla.

Fotosyntéza pomocí karotenoidů se zase liší ve „světlé“ fázi,

kde probíhá reakce podobná reakcím v lidském oku při zrakovém vjemu, ale restituce analogu zrakového pigmentu je energeticky využita.

◀ ▶ ↺ ↻ 🔍

Energetický metabolismus bakteriálních buněk

Vztah ke kyslíku

Název	Normální O_2	Snížený O_2	Žádný O_2
Obligátně aerobní	rostou	špatně rostou	nerostou
Mikroaerofilní	špatně rostou	rostou	nerostou
Striktní anaerobi	nerostou	nerostou	rostou (*)
Fakultativní anaerobi (**)	rostou	rostou	rostou
Aerotolerantní anaerobi	rostou	rostou	rostou

- (*) někdy vyžadují extrémní snížení koncentrace O_2
- (**) synonymum fakultativní aerobi

◀ ▶ ↺ ↻ 🔍

Sporulace

Definice



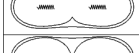


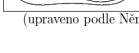
Spory:

- klidová stádia, umožňující přežít nepříznivé podmínky, včetně nedostatku živin
- podstatně méně hydratovaná než vegetativní buňka, proto schopná přežít vysoké i nízké teploty
- s minimálním metabolismem, proto umožňující přežití přítomnosti metabolických inhibitorů, ionizujícího záření apod.
- ničí se razantními desinfekčními prostředky a speciálními sterilizačními postupy vč. vysoké teploty (autokláv)
- někdy postačí zajištění toho, že spory nebudou moci vyklíčit, samotné životaschopné spory nevdí

◀ ▶ ↺ ↻ 🔍

Sporulace

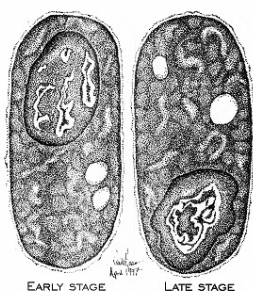
Postup vytváření spory

	Buňka s replikovanou DNA ve dvou chromozomech
	Vytvoření chromosomu ze dvou vláken DNA
	Počátek dělení buňky, separování DNA
	Zaškrcování buňky, dokončení tvorby septa
	Vytváření protospory v polovině buňky, vchlipování septa
	Přeměna vchlipného septa na obaly spory

(upraveno podle Němce)

◀ ▶ ↺ ↻ 🔍

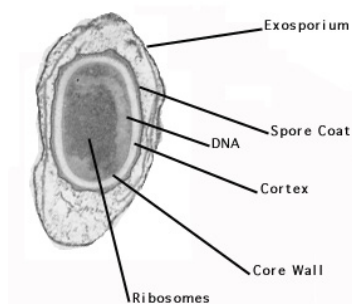
Postup vytváření spory na mikrofotografiích



http://textbookofbacteriology.net/structure_10.htm

◀ ▶ ↺ ↻ 🔍

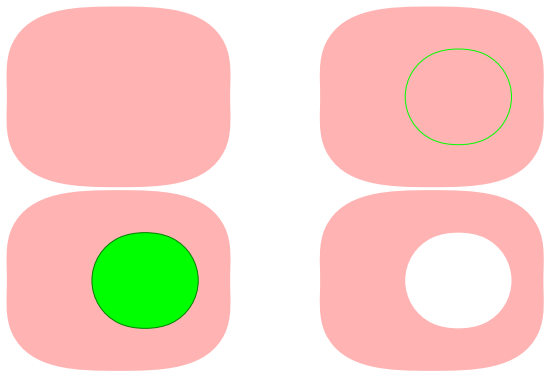
Schéma spory podle mikrofotografie



http://textbookofbacteriology.net/structure_10.htm

◀ ▶ ↺ ↻ 🔍

Sporulace ve světelném mikroskopu



◁ ○ ▷ ↻ 🔍 🔄

Sporulace

Umístění spory v bakteriální buňce

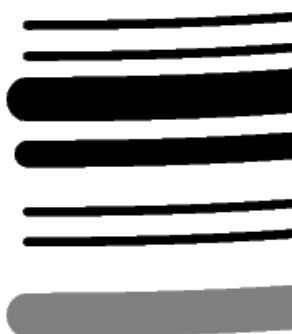
(upraveno podle Němce)

	Centrální spora
	Periterminální spora
	Terminální spora
	Rod <i>Clostridium</i>
	Rod <i>Plectridium</i>

◁ ○ ▷ ↻ 🔍 🔄

Sporulace

Stavba obalů spory



- vnitřní membrána
- spórová stěna
- kortex (vnitřní silná vrstva)
- vnější membrána
- vnitřní vrstva pláště
- zevní vrstva pláště
- exosporium (jen spory některých druhů)

◁ ○ ▷ ↻ 🔍 🔄

Význam sporulujících bakterií

přežívání v potravinách Spory přežívají běžné kulinární i konzervační postupy. V případě příznivých podmínek jsou zdrojem

- kažení potravin
- některé produkují jedy (= i jiné, než jaké vznikají při běžném kažení)
- některé ohrožují člověka přímo – patogeny

přežívání v prostředí především v půdě. Jsou tedy přístupné v řadě potravinářských surovin

vyvolání nemocí nesouvisejících s výživou

◁ ○ ▷ ↻ 🔍 🔄

Produkce potravinových toxinů

Botulotoxin

Neboli „klobásový jed“. Více typů, některé vázané geograficky a na některé komodity. Průmyslová výroba konzerv zohledňuje svými parametry (tlak, teplota, doba záhřevu) právě riziko spor *Clostridium botulinum*. Teoreticky projde 1 kontaminovaná konzerva za 300 let.

Problémem jsou domácí konzervy (nelze autoklávat). Dříve dlouhodobě uchovávané potraviny s kořením a zeleninou – paštiky, uzeniny apod.

Příznaky otravy: Svalová ochablost (u okohybných svalů dvojité vidění) – byly záměny počátečního stadia za otravu alkoholem!

◁ ○ ▷ ↻ 🔍 🔄

Otravy GIT

Clostridium perfringens

Otrava vyvolává především potíže ze strany GIT. Většinou dojde ke kažení v domácnosti. Vektorem je jako u předchozího půda.

Otravy *Bacillus cereus*

Je původcem většinou benigních byť nepříjemných gastrointestinálních potíží. Častý výskyt v obilí a výrobcích z mouky, především nepečených (těstoviny). Je ale i jedním z původců kažení chleba.

Vzácněji produkuje enteronekrotický toxin, vyvolávající rozpad stěny střevní s fatálním koncem.

Bývají rodinné otravy z potravin uchovávaných v chladničce a krátce ohříváných (mikrovlnka).

◁ ○ ▷ ↻ 🔍 🔄

Tetanus

Typicky se jedná o rannou infekci (poranění kontaminované hlinou + anaerobní podmínky v ráně). Typicky z půdy kontaminované trusem (hnojem) býložravců, hlavně koní, mnohaleté přežití v půdě. Místně produkovaný toxin vyvolává tonické a klonické křeče, vedoucí k dušení, lámání kostí, poškození vnitřních orgánů atd. Smrtnost v desítkách procent! Atypicky infekce pupečníku u novorozenců.

Vzácně – pomnožení a produkce toxinu ve střevě novorozence (starší nemají poměry vhodné k usazení *Plectridium tetani*).

◁ ○ ▷ ↻ 🔍 🔄

Tetanus



<http://www.southstaffordshirepct.nhs.uk/YourHealth/vacImms/photo/tetanus.asp>

◁ ○ ▷ ↻ 🔍 🔄

