

Energetický metabolismus bakterií, sporulace

Přednáška mikrobiologie č. 3

Doc. MUDr. Jan Šimůnek, CSc.

Ústav ochrany a podpory zdraví

27. února 2022

Doc. MUDr. Jan Šimůnek, CSc. • Energetický metabolismus bakterií, sporulace • 27. února 2022

1 / 1

Energetický metabolismus bakteriálních buněk

Způsoby získávání energie

Typ výživy	Zdroj energie	Zdroj uhlíku	Příklady
Fotoautotrofní	světlo	CO ₂	Sinice, některé červené a zelené pigmentující bakterie
Fotoheterotrofní	světlo	organické sloučeniny	Některé červené a zelené pigmentující bakterie
Chemosautotrofní, Lithotrofní (lithoautotrofní)	anorganické sloučeniny, např. H ₂ , NH ₃ , NO ₂ , H ₂ S	CO ₂	Málo bakterií, hodně archebakterií
Chemoheterotrofní (heterotrofní)	organické sloučeniny	organické sloučeniny	Většina bakterií, málo archebakterií

Fotosyntéza u živočichů. Bakteriální fotosyntéza na bázi γ záření.

Doc. MUDr. Jan Šimůnek, CSc. • Energetický metabolismus bakterií, sporulace • 27. února 2022

3 / 1

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*

Doc. MUDr. Jan Šimůnek, CSc. • Energetický metabolismus bakterií, sporulace • 27. února 2022

5 / 1

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 oxalocetová → kyselina jantarová → kyselina propionová

enterobakterie (různé druhy různě) přeměňují kyselinu pyrohroznovou na kyselinu octovou, butandiol, etanol, případně ji rozloží na vodík a oxid uhličitý

Doc. MUDr. Jan Šimůnek, CSc. • Energetický metabolismus bakterií, sporulace • 27. února 2022

7 / 1

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 spřažením enzymatických systémů katalyzujících endo- a exoenergetické reakce)
Poznámka: *Bylo tomu tak vždy a všude? Jak takovéto reakce probíhají v „hluboké horké biosféře“*
- Existence *univerzálních donorů energie*, především ATP
Důsledek: Z hlediska energetické bilance stačí vyřešit syntézu těchto donorů.

Doc. MUDr. Jan Šimůnek, CSc. • Energetický metabolismus bakterií, sporulace • 27. února 2022

2 / 1

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**
Záhyt se děje na různých typech chlorofylů a karotenoidů. Protože chloroplasty jsou patrně přeměněná prokaryota, týká se to i zelených rostlin.

Doc. MUDr. Jan Šimůnek, CSc. • Energetický metabolismus bakterií, sporulace • 27. února 2022

4 / 1

Energetický metabolismus bakteriálních buněk

Oxidace

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

Doc. MUDr. Jan Šimůnek, CSc. • Energetický metabolismus bakterií, sporulace • 27. února 2022

6 / 1

Energetický metabolismus bakteriálních buněk

Kvašení 2

Při kvašení aminokyselin dochází k přeměněm:

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

Doc. MUDr. Jan Šimůnek, CSc. • Energetický metabolismus bakterií, sporulace • 27. února 2022

8 / 1

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

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.

Poznámka

Ve druhé polovině minulého desetiletí byla prokázána „fotosyntéza“ u jednoho druhu hmyzu.

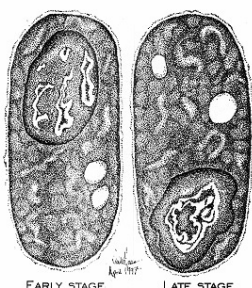
Sporulace

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 přežít 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 nevadí

Postup vytváření spory na mikrofotografiích



http://textbookofbacteriology.net/structure_10.htm

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



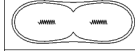



Vztah ke kyslíku

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

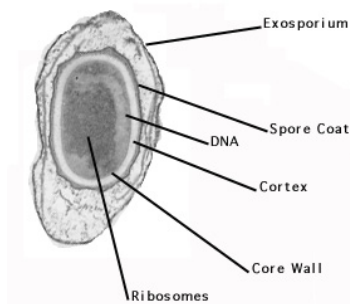
Sporulace

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, vchlípnutí septa
	Přeměna vchlípnutého septa na obaly spory

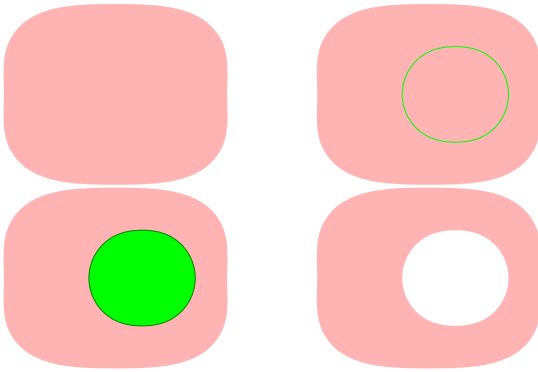
(upraveno podle Němce)

Schéma spory podle mikrofotografie



http://textbookofbacteriology.net/structure_10.htm

Sporulace ve světelném mikroskopu



Doc. MUDr. Jan Šimůnek, CSc. • Energetický metabolismus bakterií, sporulace • 27. února 2022

17 / 1

Sporulace

Umístění spory v bakteriální buňce

(upraveno podle Němce)

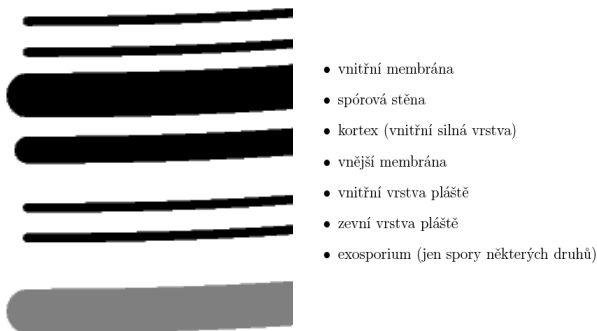
	Centrální spora
	Periterminální spora
	Terminální spora
	Rod <i>Clostridium</i>
	Rod <i>Plectridium</i>

Doc. MUDr. Jan Šimůnek, CSc. • Energetický metabolismus bakterií, sporulace • 27. února 2022

18 / 1

Sporulace

Stavba obalů spory



Doc. MUDr. Jan Šimůnek, CSc. • Energetický metabolismus bakterií, sporulace • 27. února 2022

19 / 1

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

Doc. MUDr. Jan Šimůnek, CSc. • Energetický metabolismus bakterií, sporulace • 27. února 2022

20 / 1

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 autoklávovat). 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!

Doc. MUDr. Jan Šimůnek, CSc. • Energetický metabolismus bakterií, sporulace • 27. února 2022

21 / 1

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 byt 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).

Doc. MUDr. Jan Šimůnek, CSc. • Energetický metabolismus bakterií, sporulace • 27. února 2022

22 / 1

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 lidé nemají poměry vhodné k usazení *Plectridium tetani*). (Zákaz medu malým dětem.)

Doc. MUDr. Jan Šimůnek, CSc. • Energetický metabolismus bakterií, sporulace • 27. února 2022

23 / 1

Tetanus



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

Doc. MUDr. Jan Šimůnek, CSc. • Energetický metabolismus bakterií, sporulace • 27. února 2022

24 / 1

Anthrax

Spory jsou v půdě, kam se dostávají s kadavery uhynulých zvířat, přežívají desítky let.

Formy

- kožní** pustula maligna černý vřed, rozrůstající se a nereagující na běžnou léčbu. Nejméně nebezpečná forma (časně se diagnostikuje, léčba je zahájena zpravidla včas).
- plicní** Atypický zápal plic. Pokud je včas diagnostikován, smrtnost „jen“ v desítkách procent. Zpravidla se na diagnózu přijde po úmrtí prvních obětí epidemie.
- celková** Finální stav předchozích, případně prostup infekce z GIT při požití spor, proniknutí infekce ránou do krve atd. I při včasné a adekvátní léčbě se smrtnost blíží sto procentům.

Doc. MUDr. Jan Šimůnek, CSc. • Energetický metabolismus bakterií, sporulace • 27. února 2022

25 / 1

Pustula maligna



http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0716-10182001000400010&script=sci_arttext

Doc. MUDr. Jan Šimůnek, CSc. • Energetický metabolismus bakterií, sporulace • 27. února 2022

26 / 1

Plynnatá sněť

- Infekce z půdy (rod *Clostridium*)
- Rány mají podobný charakter jako rány při tetanové infekci.
- Charakteristická je tvorba plynu, omezující přítok krve do okolí rány → rozšiřují anaerobní zónu, kde se bakterie množí, mm až cm za hodinu!

Léčba

- tradiční** Amputace až ve zdravé tkáni
- moderní** Přetlakové komory se zvýšenou tenzí kyslíku – zmenší se bubliny a kyslík lépe difunduje do rány. Navíc s tlakem roste rozpustnost kyslíku ve vodě (a tudíž se do oblasti infekce dostane i tkáňovým mokem). Někdy je ale amputace nezbytná i v současnosti.

Doc. MUDr. Jan Šimůnek, CSc. • Energetický metabolismus bakterií, sporulace • 27. února 2022

27 / 1

Plynnatá sněť



<http://www.meddean.luc.edu/Lumen/Meded/medicine/pulmonar/PD/step76b.htm>

Doc. MUDr. Jan Šimůnek, CSc. • Energetický metabolismus bakterií, sporulace • 27. února 2022

28 / 1

Tetanus a plynnatá sněť

byly často vyvolány válečnými zraněními



V takovýchto případech ovšem ne :-)

Doc. MUDr. Jan Šimůnek, CSc. • Energetický metabolismus bakterií, sporulace • 27. února 2022

29 / 1

Děkuji za pozornost

Doc. MUDr. Jan Šimůnek, CSc. • Energetický metabolismus bakterií, sporulace • 27. února 2022

30 / 1

MASARYKOVA
UNIVERZITA