

**Otázka:** Metabolismus mikroorganismů

**Předmět:** Biologie

**Přidal(a):** DoctorWho

METABOLISMUS = soubor reakcí probíhajících v buňce, při kterých mkog získává energii a stavební látky. Intenzita metabolismu je velmi ovlivněna prostředím – pH, teplota, dostatek živin, vlhkost...

### **Rozdělení metabolismu**

- **Katabolismus**

Je to rozklad organických látek za současného uvolnění energie. Příkladem je štěpení škrobu, bílkovin atd.

- **Anabolismus**

Je to vznik složitějších látek z látek jednodušších, při čemž se energie spotřebovává.

## **Rozdělení organismů podle získávání energie**

**Fototrofní** – získávají energii ze slunce

- **Fotoautotrofní** – vodík pro redukci CO<sub>2</sub> se získává z anorganických látek
- **Fotoheterotrofní** – vodík pro redukci CO<sub>2</sub> poskytují organické látky (je to velmi malá skupina bakterií)

**Chemotrofní** – získávají energii štěpením nebo oxidací sloučenin

- **Chemoautotrofní** – velmi malá skupina; energii získávají oxidací anorganických sloučenin (nitrifikační bakterie)
- **Chemoheterotrofní** – získávají energii štěpením organických sloučenin (většina nefotosyntetizujících mkog)

## **Energetický metabolismus mkog**

Energie se uvolňuje při katabolické reakci. Reakce, při níž se uvolní energie, se říká **exergonická**. Uvolněná energie se okamžitě naváže do chemické sloučeniny, konkrétně do molekuly **ATP** (adenozintrifosfát).

V podobě ATP je energie, rozváděna do celé buňky na místo, kde je potřebná (energie je potřeba na pohyb, příjem živin anebo na průběh anabolických reakcí, při kterých dochází ke spojení jednoduchých látek, za vzniku složitějších této reakci se říká **endergonická**). ATP dorazí na místo, kde je potřeba energie, tam se rozštěpí na **ADP** (adenozindifosfát) + fosfát a energie.

## **ATP**

Skládá se z adeninu (dusíkatá báze), ribózy a tří fosfátů.

## ATP

- $ADP + P + E$
- $AMP + P + E$  - krajní reakce

**Fosforylace** - obecně se jedná o reakci při, které se fosfát navazuje na jinou sloučeninu (anabolismus - endergonická rce). Nejčastěji probíhá tato reakce při vzniku, obnově ATP. Rozeznáváme 3 způsoby vzniku ATP:

1. **Fotofosforylace** - probíhá u organismů obsahujících chlorofyl
2. **Fosforylace na substrátové úrovni** - energie se uvolňuje při katabolické reakci v anaerobních podmínkách. Bez kyslíku získávají velmi malé množství energie. Zůstávají při reakci energeticky bohaté produkty.
3. **Oxidativní fosforylace** - dochází k rozkladu organických látek za anaerobních podmínek, získáváme hodně energie => hodně ATP. Produkty reakce jsou energeticky chudé  $H_2O + CO_2$ .

## Katabolické dráhy

### Kvašení

Fermentace je výrobní proces, při kterém se využívají mkg s cíle získat jejich metabolický produkt. Konkrétně se využívá enzymů mkg, ty rozkládají organické látky a člověk využívá metabolický produkt. Má velké využití v pivovarnictví, mlékárenství, vinařství...

Fermentační procesy můžeme rozdělit:

- **Aerobní**

- **Anaerobní** (většina)

Během fermentace dochází k rozkladu cukru (nejvhodnějším substrátem je glukosa, ale mohou být využívány i jiné cukry maltosa, sacharosa...)

### **Druhy fermentace:**

- *Etanolové kvašení*
- *Octové kvašení*
- *Mléčné kvašení*
- *Propionové kvašení*
- *Máselné kvašení*
- *Citrónové kvašení*

Všechny druhy kvašení mají zpočátku stejný průběh, de facto probíhá glykolýza, až po pyruvát jsou všechny druhy kvašení shodné. Následně je pyruvát dále zpracováván různým způsobem. Při kvašení vznikají uhlíkaté produkty (nejčastěji organické kyseliny nebo  $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-OH}$ ) a  $\text{CO}_2$ . Energetický zisk je většinou velmi malý 1 - 2 ATP. O tom jakým způsobem bude pyruvát dále využíván, rozhoduje enzymatické vybavení přítomných mkog.

### **Ethanolové kvašení**

Probíhá za anaerobních podmínek. Vyvolávají ho hlavně kvasinky rodu *Saccharomyces Cerevisiae* Hasnen, kromě kvasinek to mohou být i plísně - *Mucor Javanicus*, *Rhizopus*.

### **Průběh**

Probíhá dekarboxylace pyruvátu, vzniká acetaldehyd, dále probíhá redukce acetaldehydu.

Hlavním metabolickým produktem je etanol a  $\text{CO}_2$ , kromě těchto hlavních produktů mohou ve velmi malých koncentracích vznikat ještě další produkty.

### **Další produkty:**

Glycerol cca 3%, vzniká hlavně na začátku kvašení, kdy je nedostatek acetaldehydu, uvolněný  $H_2$  z redukováného koenzymu se naváže, redukuje na fosforylovaný troj uhlíkatý cukr v počátku glykolýzy. Z dalších produktů vznikají vyšší jednosytné alkoholy (propanoly, butanoly) nebo estery.

### **Význam**

K výrobě alkoholických nápojů. K průmyslové výrobě etanolu (desinfekční nebo potravinářské účely). V pekařském odvětví k nakynutí těst – za aerobních podmínek jedná se nám hlavně o produkci  $CO_2$ .

### **Mléčné kvašení**

Způsobují je mléčné bakterie – **Lactobacillus, Lactococcus**. Jsou  $G^+$ , anaerobní nebo *fakultativně anaerobní* (v obou dvou prostředích), nesporulující, nepohyblivé. Optimální teplota je  $40 - 50^\circ C$ . V přírodě se hojně vyskytují, jsou všude tam, kde jsou cukry, jsou hodně na rostlinných podkladech. Jsou náročné na živné půdy a růstové látky.

Máme 2 druhy:

**1) Homofermentativní** – jedná se o tzv. „pravé mléčné kvašení“, dochází ke zkvašování přes pyruvát až na kyselinu mléčnou –  $CH_3CHOCOOH$  – energetický zisk 2ATP. Uskutečňují je **LC Lactis**, je součástí máslašské kultury, používá se k zakysání smetan a produkuje antibiotikum **Nisin** – jediné povolené v potravinářství v ČR.

Další mléčné bakterie uskutečňující homofermentativní mléčné kvašení:

### **LB Plantárum**

**LB Acidophylus**

**LB Bulgaricus**

**LB Delbruecki**

**LB Helveticus**

**LB Casei**

**LC Termophylus**

**2) Heterofermentativní** – „nepravé mléčné kvašení“, neobsahují enzym, který by štěpil fosforylovaný 6 uhlíkatý cukr na dvě triózy, dochází pouze k odštěpení CO<sub>2</sub> a 5 uhlíkatý cukr. Ten je dále zpracováván přes pyruvát za vzniku kyseliny mléčné a dalších produktů (glycerol, kyselina octová, kyselina jantarová popřípadě jiné organické kyseliny). Energetický zisk pouze 1ATP.

**-LB Brewis**

### Význam

Využívá se:

1. **Mlékárenské odvětví** – kyselina mléčná snižuje pH, čímž se brzdí růst hnilobných bakterií (jsou nežádoucí), tím působí jako konzervační činidlo
2. **Konzervace zeleniny**
3. **Sýrařské odvětví**
4. **Pekařské odvětví** – žitné kvasy
5. **Farmaceutický průmysl** – výroba vitamínu (hlavně B)
6. **Chemický průmysl** – k výrobě kyseliny mléčné
7. Velký význam mají ve **střevní mikroflóře** – podporují trávení, vstřebávání bílkovin,

zastavují růst hnilobných bakterií

### **Negativní význam:**

- Způsobují kysnutí piva, vína
- Častá kontaminace v droždářenském odvětví
- V dutině ústní – původce/příčina kazu
- V masném odvětví způsobují zelenání uzeného masa

### **Propionové kvašení**

Uskutečňují je bakterie rodu ***Propionibacterium***, jsou anaerobní popřípadě až *aerotolerantní* (toleruje malou koncentraci O<sub>2</sub>, nejrychleji se rozmnožují za přísně anaerobních podmínek, přesto jsou to jedny z nejpomalejších bakterií, mají jednu z nejdelších generačních dob z bakterií). Vyskytují se v mléčných produktech, v mléce, dále jsou v trávicím traktu, jsou součástí kožní mikroflóry. Jejich optimální teplota je kolem 30 – 35°C. Pyruvát je karboxylován na oxalacetát a ten je dál metabolizován na kyselinu propionovou + CO<sub>2</sub>. Jsou to silně pleomorfní (různorodý tvar).

### **Význam**

Využívají se v sýrařském odvětví ***Propionibacterium Freudenreichii*** k výrobě tvrdých sýrů ementálového typu. V mlékařském odvětví k výrobě zakysaných mléčných nápojů. A v chemickém odvětví k výrobě kyseliny propionové.

### **Máselné kvašení**

Je uskutečňováno různými bakteriemi, z nichž dominantní je rod ***Clostridium*** – sportující, striktně anaerobní, spora je baculatá a způsobuje zduření buňky, optimální teplota 35°C, v přírodě velmi rozšířené, nachází se v půdě, ve velmi znečištěných vodách, jsou častou kontaminací mléka (stanovují se pouze v sýrařském odvětví). Po pyruvát je průběh stejný. Pyruvát je dekarboxylován a dále metabolizován na (***β-hydroxymáselnou kyselinu***) kyselinu máselnou. Vznikají další produkty – butanol, aceton, kyselina octová.

### **Význam**

V chemickém průmyslu k průmyslové výrobě kyseliny máselné (využívá se k výrobě voňavek). V potravinářském průmyslu nemá význam, používá se pouze k čištění odpadních vod, ve stojatých vodách.

Má negativní význam v potravinářském průmyslu, i ve velmi malé koncentraci, naprosto znehodnotí výrobek. Řada druhů je patogenní – ***Clostridium Tetani, Clostridium Perfringens, Clostridium Botulinum***.

### **Octové kvašení**

Vyvolávají jej octové bakterie rodu ***Acetobacter***. Patří mezi striktně aerobní, mají tvar klasických tyčinek, v přírodě jsou velmi hodně rozšířeny, jsou velmi častou kontaminací ze vzduchu. Velmi snadno se adaptují. Jsou gram labilní. Navazují na ethanolové kvašení, dvoustupňově oxidují ethanol, přes acetaldehyd na kyselinu octovou.

### **Význam**

Využívají se ***Acetobacter Acetii*** k průmyslové výrobě octa. Máme způsob výroby:

Octové bakterie jsou na povrchu bukových hoblin, ty se dají do očetnice, kam přitéká octovina (4% roztok ethanolu + kyselina octová) ke dnu se přivádí kyslík a octovina postupně prochází přes více očetnic, až se získá 8% roztok kyseliny octové.



Nežádoucí kontaminace piva, vína (jejich kysnutí).

### **Citronové kvašení**

Je uskutečňováno řadou plísní. Jedná se o **aerobní reakci**. Využívané rody:

- *Aspergillus*
- *Penicillium*

Probíhá oxidace glukosy za vzniku **kyseliny citrónové**.

### **Využití**

Průmyslová výroba kyseliny citrónové.

Velké využití v potravinářském průmyslu (cukrovinky, nápoje, konzervační látka).

### **Vnitrobuněčné dýchání**

Skládá se ze 4 dílčích úseků, které na sebe navazují. Výsledné metabolické produkty z každého úseku mohou vstupovat do jiných metabolických drah.

- **Glykolýza** - Je to základní, nejdůležitější katabolický děj, při němž jsou rozkládány cukry. Probíhá za anaerobních podmínek, v cytoplazmě - pouze za přítomnosti specifických enzymů. Energetický zisk je malý (pouze 2 ATP). Metabolické produkty jsou energeticky bohaté.

- **Dekarboxylace pyruvátu**

- Probíhá v mitochondriích (aerobní podmínky)
- Dekarboxylace pyruvátu - odštěpuje se  $\text{CO}_2$  a vzniká **Acetyl Koenzym A (ACoA)**, je to velmi důležitý metabolický produkt, kde se kříží katabolické a anabolické dráhy při zpracování cukrů, tuků a bílkovin
- **Pyruvát** může být dál metabolizován nejrůznějším způsobem. Nejčastěji dochází k jeho dalšímu rozkladu odlišným způsobem, probíhá za aerobních nebo anaerobních podmínek.

#### • **Citrátový cyklus**

- Probíhá v mitochondriích, za přístupu  $\text{O}_2$
- Dochází zde ke konečnému odbourání většiny organických látek, při aerobním katabolismu
- ACoA vstupuje do citrátového cyklu, váže se na čtyřuhlíkatou látku na oxalacetát, při čemž vzniká citrát (kyselina citrónová), ten je postupně oxidován, dochází ke 2 dekarboxylacím a 4 dehydrogenacím, při čemž dochází k redukci koenzymu a vznikají 3 molekuly  **$\text{NADH} + \text{H}^+$**  a 1 molekula  **$\text{FADH}_2$** .
- Na konci vzniká oxalacetát

#### • **Oxidace v dýchacím řetězci**

- Probíhá v mitochondriích (u prokaryot na CTM)
- Do této rce vstupují redukované koenzymy, v nichž je uloženo velké množství energie
- Redukované koenzymy jsou oxidovány, vodíkový atom je přečerpáván přes mitochondriální membránu pomocí enzymů do mezimembránového prostoru.
- Při postupném přečerpávání se postupně uvolňuje energie a vzniká ATP
- Zbytkový vodík se naváže na kyslík a vznikne voda

Celkový zisk při odbourání glukózy v aerobním prostředí je 38 ATP.

## **Pentózový cyklus**

### **Význam:**

Hlavní význam této dráhy spočívá v tvorbě pěti uhlíkatých cukrů (nutné pro nukleové kyseliny). Vedlejší význam spočívá v zisku energie.

### **Průběh:**

Dochází k přímé oxidaci glukosy (velký energetický zisk - 36ATP). Do reakce vstupuje 6 molekul glukózy, postupně jsou přeměňovány, nejčastěji na 4 - 7 uhlíkaté cukry (v průběhu přeměn vznikají pentózy) na konci se obnovuje 5 molekul glukózy, jedna je plně oxidována za vzniku energie.

## **Anabolické dráhy**

### **Fotosyntéza**

- Probíhá syntéza cukrů.
- Probíhá u autotrofních organismů
- Probíhá ve 2 fázích, které probíhají na sobě nezávisle

#### **• Fotofosforylace**

- Je závislá na slunečním světle. Probíhá díky přítomnému chlorofylu, který je schopen absorbovat světelnou energii a přeměnit ji na energii chemickou čili vzniká ATP.

#### **• Calvinův cyklus**

- $\text{CO}_2$  se váže na fosforylovanou pentózu, vzniká fosforylovaná hexóza, ta se štěpí na 2 fosforylované triózy. Triózy se následně spojí a vznikne hexóza (konkrétně glukóza), jako vedlejší produkt vzniká  $\text{O}_2$ .

Heterotrofní organismy syntetizují cukry z jednoduchých metabolických produktů nebo meziproductů, které vznikly štěpením organických látek v buňce, energie pro syntézu cukrů se bere z katabolických procesů.

### **Mezi další anabolické reakce patří:**

- Syntéza tuků, cukrů a bílkovin
- Translace (syntéza) nukleových kyselin (replikace DNA, transkripce RNA)

**Replikace DNA:** Specifický enzym zahájí reakci, při které dojde k rozrušení vazeb mezi komplementárními dusíkatými bázemi, a obě vlákna DNA se od sebe začnou oddalovat. K volným nukleotidům, každého vlákna se začnou přiřazovat přes dusíkaté báze komplementární nukleotidy. Postupně se celá původní DNA rozdělí na dvě vlákna a ke všem jejím nukleotidům se přiřadí komplementární. Vzniknou tak dvě naprosto totožné DNA. K replikaci dochází při rozmnožování buňky, každá nová buňka musí mít svou vlastní DNA.

**Transkripce RNA:** DNA, její dvě vlákna se od sebe dočasně oddálí (poruší se vazby mezi komplementárními dusíkatými bázemi DNA). K volným nukleotidům jednoho vlákna DNA se přiřazují na základě komplementarity volné nukleotidy *cytosin, guanin, adenin, uracil* navzájem se spojují a vzniká tak vlákno RNA. Když je komplementární vlákno RNA kompletní, tak se od DNA odpojí, obě vlákna DNA se spojí, a RNA putuje z jádra do ribozomu.

### **Enzymy**

Jsou to biokatalyzátory. Jedná se o bílkoviny. V buňce jsou vázány na zcela určité místo anebo jsou volně v cytoplazmě.

### **Složení enzymů**

- **Čistě bílkovinné povahy**

- **Obsahující nebílkovinnou složku - KOFAKTOR**
- Kofaktor + Apoenzym (bílkovinná složka) -> **Holoenzym**
- Příklady kofaktoru:

1. **Koenzym**
2. **Vitamíny**
3. **Kovové ionty**

Enzymy jsou vysoce specifické látky. Rozdělujeme u nich:

### **Substrátovou specifikaci**

- Enzym má své vazebné místo -> kterým se naváže na reaktant (substrát) a vyvolá následně určitou reakci. Toto vazební místo je zcela specifické může se navázat pouze na zcela **určitý substrát**.

SUBSTRÁT + ENZYM -> KOPLEX ES -> Produkt + Enzym

- Enzym se během reakce nespotřebovává, pouze se opotřebovává.
- Reakce jsou vratné

### **Specifita účinku**

- Enzym vyvolává zcela určitou reakci (přeměna substrátu), jiný typ enzymu vyvolá na stejném substrátu jinou reakci.

### **Vlastnosti enzymů**

- Bílkovinné povahy
- vyvolávají vratné reakce
- jsou vysoce účinné v nepatrném množství
- **výrazně urychlují reakce**

- jejich aktivita je závislá na přímosti:
- **aktivátorů**
- **inhibitorů**
- **teplotě** (nad 60°C dochází k denaturaci)
- **pH** (spíše neutrální a zásadité)

## Rozdělení enzymů

### Podle typu katalyzované reakce

1. **Oxidoreduktázy** - katalyzují oxidační nebo redukční reakce. Jedna z nejpočetnějších skupin enzymů. Jedná se o složené enzymy.
2. **Transferázy** - katalyzují přesun funkčních skupin. Složené enzymy.
3. **Hydrolázy** - pomocí vody dochází ke štěpení. Jednoduché enzymy.
4. **Lyázy** - katalyzují nehydrolytické štěpení.
5. **Izomerázy** - katalyzují vnitrobuněčné přeměny substrátů (přenos atomu nebo jedné skupiny atomů v molekule)
6. **Ligázy** - katalyzují anabolické reakce (reprimovatelné enzymy)

### Podle místa působení

1. **Endoenzymy - Intracelulární** -> působí uvnitř buňky
2. **Exoenzymy - Extracelulární** -> působí mimo buňku; štěpí složité organické látky na jednodušší, ty pak snadněji pronikají do buňky; nebo v okolí štěpí toxické jedovaté látky

### Podle toho, kde jsou produkovány

#### 1. **Konstitutivní enzymy**

Jsou produkovány vždycky za každých podmínek.

Nezákladnější enzymy nutné pro život buňky.

## 2. **Induktivní enzymy**

- Jsou produkovány buňkou, jestliže je v buňce přítomný substrát, který přeměňují.

## 3. **Reprimovatelné enzymy**

- Jsou produkovány za podmínek, kdy v buňce není produkt, jehož syntézu enzym katalyzuje (buňka potřebuje celulosu, která zde není, jako první musí vytvořit enzym, který katalyzuje syntézu glukózy na celulosu).