

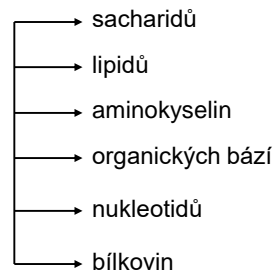
## 4. Výživa a transport

### Prostředí, ve kterém bakterie rostou a množí se, musí obsahovat :

- Zdroj uhlíku – pro syntézu malých organických molekul sloužících jako skelet makromolekul
- Zdroj dusíku – tvorba amino- a imino- skupin jako součásti organických látek
- Zdroj energie – pro biosyntézu nízkomolekulárních látek a biologických makromolekul, tvořících strukturu buňky
- Minerální prvky
- Růstové faktory – vyžadované organizmy, pokud si je nedokáží syntetizovat

## Zdroje uhlíku

Zdroj uhlíku = výchozí substrát  
pro biosyntézu



## Zdroje uhlíku

- Rozdělení bakterií podle uhlíkaté výživy
  - \* **autotrofní** – základním zdrojem uhlíku je  $\text{CO}_2$
  - \* **heterotrofní** – základním zdrojem uhlíku je jakákoli organická látka

## Zdroje uhlíku - autotrofie

- U bakterií není autotrofie vázána jen na fotosyntézu.
- Existují **dva způsoby získání energie** - fototrofie a chemotrofie a **dva způsoby získávání uhlíku** – autotrofie, heterotrofie, které jsou vzájemně kombinovatelné.
- Podle výživy lze tedy organizmy rozdělit na fotoautotrofní, fotoheterotrofní, chemoautotrofní, chemoheterotrofní

## Zdroje uhlíku

- **Chemoautotrofie** (chemolitotrofie) – známa jen u bakterií. Energie se získává oxidací redukovaných anorganických sloučenin (síry, dusíku, železa,..) a zdrojem uhlíku je  $\text{CO}_2$ .
- **Chemoheterotrofie** – zdrojem uhlíku a energie je prakticky jakákoliv oxidovatelná organická látka – většina organismů
- **Bakterie metylotrófní** – jako zdroj energie a uhlíku slouží většinou jednouhlíkaté sloučeniny obsahující metylskupinu  $-\text{CH}_3$  (metan, dimetyleter, metanol).

Metylotrofie je obligatorní (*Methylomonas*) nebo fakultativní (*Hyphomicrobium*)

## Zdroje dusíku

- **Amonné soli, amoniak** – pro většinu organismů – snadno se transportují do buňky (nejvhodnější jako síran a fosfát nebo sůl organických kyselin)
- **Dusičnany** – využívány houbami a některými kvasinkami nebo bakteriemi (nejprve nutná redukce na amonné soli)
- **Aminokyseliny**
- **Močovina** – výhradně jako zdroj dusíku u urobakterií
- **Molekulový dusík** – většinou u bakterií a sinic

## Zdroje energie

- Světelné kvantum – **fototrofie**
- Organické a anorganické látky – **chemotrofie** (energie se získává oxidoredukčními pochody, jedna látka je oxidována, druhá redukována)
  - akceptor elektronů a vodíku vzniká katabolizmem donoru - **kvašení** (fermentace)
  - akceptorem elektronů a vodíku je molekulový kyslík – **aerobní respirace**
  - akceptorem elektronů a vodíku je kyslík v oxidované anorganické sloučenině - **anaerobní respirace** (síran, nitráty, CO<sub>2</sub>, ...)

## Zdroje minerálních látek

- **Kyslík a vodík** – významně ovlivňují celkový metabolismus buňky. Některé organismy vyžadují molekulový kyslík a některé mohou využívat molekulový vodík.
- Podle **vztahu ke kyslíku** se organismy dělí na
  - striktní (obligatorní) aeroby** – aerobní respirační metabolismus
  - striktní (obligatorní) anaeroby** – rostou jen v anaerobních podmínkách (i malý parciální tlak  $O_2$  je pro ně toxický)
  - fakultativní anaeroby** – mají metabolické dráhy jak pro respirační, tak i fermentační metabolismus
  - aerotolerantní organismy** – mají fermentační metabolismus, rostou v přítomnosti  $O_2$ , ale nevyužívají jej

## Zdroje minerálních látek

- **Síra** – sírany, thiosířany, sirovodík,  $S_0$  – při oxidoredukčních pochodech
- **Fosfor** – soli kyseliny fosforečné – součást NK, koenzymů, fosfolipidů, makroergické vazby, ...
- **Draslík** – v různých reakcích, při syntéze bílkovin
- **Sodík** – regulace osmotického tlaku, transportní systém, ovlivňuje aktivitu některých enzymů
- **Hořčík** – syntéza bílkovin, syntéza nebo hydrolýza ATP, součást chlorofylu
- **Železo** – reaktivní místo v proteinech obsahujících hem (v cytochromech, kataláze) a dalších proteinech
- **Kobalt** – složka vitamínu  $B_{12}$
- **Vápník** – význam při sporulaci
- **Zn, Cu, Mo, Ni, Se** atd. součástí metaloenzymů

## Růstové faktory

- **Růstový faktor** – molekula (komponenta buňky), kterou buňka nedovede syntetizovat ze živin
- Podle vztahu k růstovým faktorům jsou buňky
  - **prototrofní** – všechny potřebné složky syntetizují ze živin
  - **auxotrofní** – některé molekuly nedokáží syntetizovat a získávají je z prostředí. Auxotrofie je přirozená (organismus nemá odpovídající genetickou výbavu) nebo vzniká z prototrofního organismu ztrátovou mutací
- Vyžadovány jsou především vitamíny, aminokyseliny a baze

## Transport a transportní systémy prokaryot

## Transport látek do buňky

- Protože buňka je systém otevřený, musí existovat řízený, selektivní a obousměrný transport mezi základní cytoplazmou a vnějším prostředím – bariérou je semipermeabilní cytoplazmatická membrána

### Typy transportu

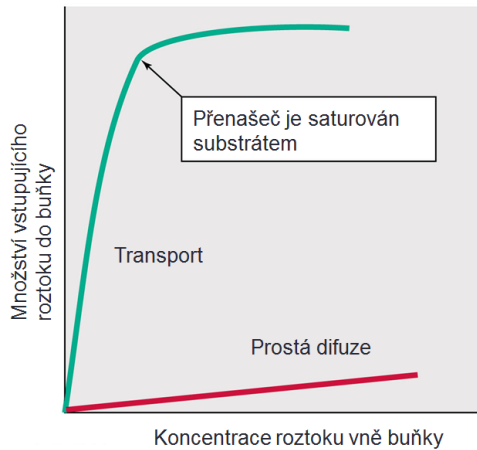
- pasivní transport (bez dodání energie)
- aktivní transport (nutné dodání energie)

## Pasivní transport

- Volná (prostá) difuze přes membránu
- Usnadněná difuze pomocí specifických přenašečů
- Transport makromolekul mechanismem exo- a endocytózy (ne u bakterií!)

## 1. Nespecifická prostá difuze

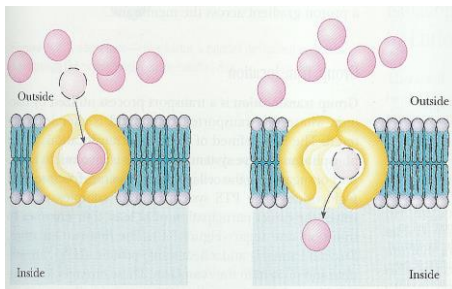
- **Nespecifická difuze se týká jen malého počtu molekul a iontů** (voda, molekuly rozpustné v tucích,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ , ..)
- Rychlost je přímo úměrná koncentračnímu (nebo elektrochemickému) gradientu dané látky a teplotě



## 2. Usnadněná difuze

- přenos specifickou bílkovinou po koncentračním gradientu (bez dodání energie)

## Usnadněná difuze



- Transport je uskutečňován specifickou bílkovinou, ale po koncentračním spádu dané látky
- **Rychlost je závislá na koncentračním gradientu, počtu transportních bílkovin a teplotě. Jedna molekula transportní bílkoviny může přenášet až 60 000 molekul substrátu za sekundu**
- Transport funguje obousměrně (do buňky i z buňky)



## Aktivní transport

- **Primární aktivní transport**

Aktivní transport prostřednictvím vazebného proteinu

Přenos anorganických iontů a malých molekul organických látek proti koncentračnímu gradientu (energii dodává **ATP**)

- **Sekundární aktivní transport**

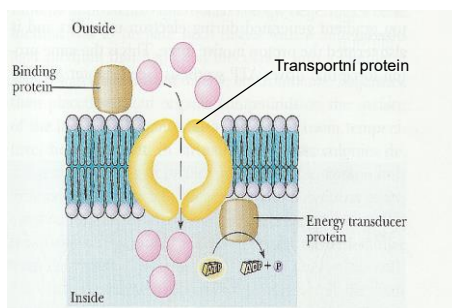
Aktivní transport využívající rozdíl elektrochemických potenciálů protonů v průběhu katabolizmu (**protonový gradient**)

- **Skupinová translokace**

je uskutečňována transportní bílkovinou a přenos je spojen s modifikací přenášené látky

Energii dodává např. **fosfoenolpyruvát** (fosforylací)

## Aktivní transport prostřednictvím vazebného proteinu - **primární aktivní transport**

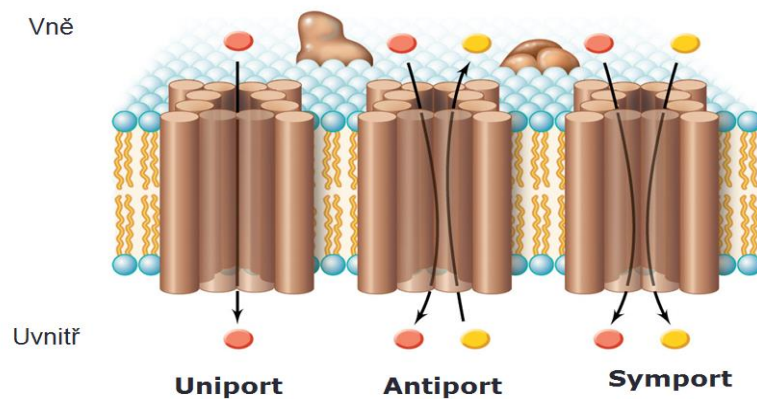


- V periplazmatickém prostoru se na velmi afinní vazební bílkovinu naváže přenášená látka a předá ji na integrální membránový protein, který ji přenesse na vnitřní stranu membrány
- Předáním energie (z ATP) na transportní protein se rozpadne komplex substrát-bílkovina a substrát se uvolní do základní cytoplazmy

## Aktivní transport prostřednictvím vazebného proteinu - **sekundární aktivní transport**

- Zdrojem energie pro transport je protonový gradient (rozdíl elektrochemických potenciálů)
- **Transport je uskutečňován jediným membránovým proteinem**
- Transport iontů jde po koncentračním gradientu, transport živin i proti koncentračnímu gradientu
- **Symport** – oba ligandy jsou transportovány jedním směrem
- **Antiport** – ligandy jsou transportovány opačným směrem
- **Uniport** – přenášejí se jen ionty
- Je velice častý u bakterií (u *E.coli* se takto dostává do buňky až 40 % substrátů)

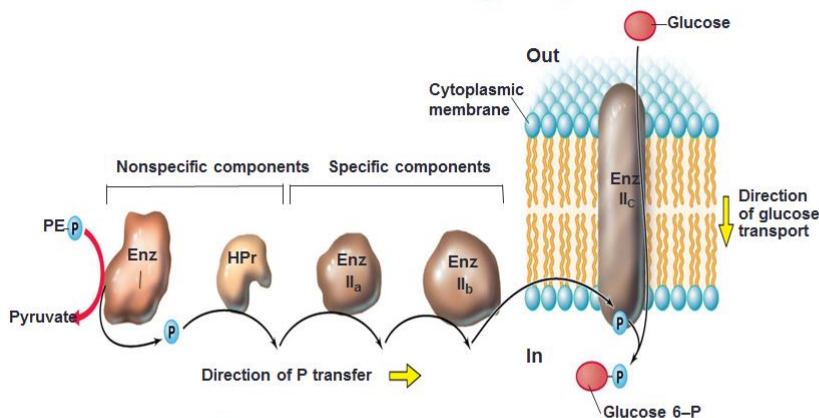
## Transportní systémy



## Aktivní transport prostřednictvím vazebného proteinu – skupinová translokace

- Specifické pro **každý** přenášený cukr jsou enzymy Enz I a EnzII vázané na cytoplazmatickou membránu
- **Fosfotransferázový systém** plní také **regulační funkci** (např. transport glukózy inhibuje transport laktózy sekundárním transportem – **glukózový efekt**; nebo inhibuje adenylátcyklázu, která je nutná pro přepis laktózového operonu, ....
- Při skupinové translokaci nemůže dojít k vytvoření rovnováhy přenášeného substrátu na membráně, protože je chemicky modifikován
- **Většina substrátů je přenášena více než jedním mechanismem** (galaktóza celkem 5)

## Fosfotransferázový systém *E. coli*



### Typ skupinové translokace

Transportovaná látka je chemicky modifikována

Nejlépe prostudovaný typ transportu

Přenos glukózy, fruktózy a manózy

Do přenosu je zapojeno je 5 bílkovin

Energie je získána z fosfoenolpyruvátu (PEP)

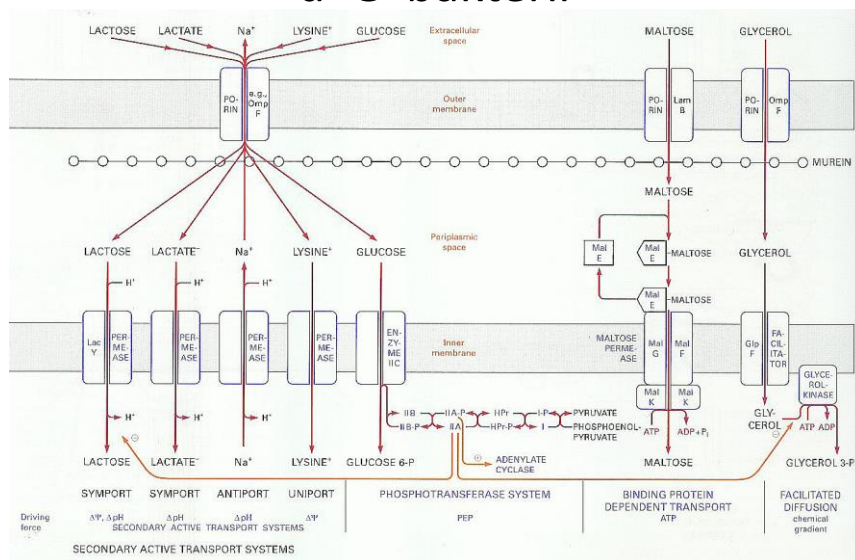
# Transport a transportní proteiny

## Export proteinů

– *Translokázy*: odpovědné za export proteinů skrz membránu a vkládání proteinů do prokaryotických membrán

- „*Sec translocase system*“: exportuje proteiny a vkládá integrální membránové proteiny do membrány
- „*Type III secretion system*“: běžný u patogenních bakterií; sekretovaný protein je translokován přímo do hostitelské buňky

## Využití transportních systémů u $G^-$ bakterií



## Exkrece látek z buňky

- Exkrece metabolitů
  - ✓ Malé molekuly prostou difuzí
  - ✓ Některé metabolity v buňce zůstávají ve formě zásobních látek
  - ✓ Makromolekuly u kvasinek a mikromycet – exkrece pomocí sekrečních váčků (např. Golgiho aparátu)
- Bílkoviny – specifické transportní systémy, např. ABC (ATP binding casette), Sec systém apod.