

PODSTAWOWE PROCESY METABOLICZNE ORGANIZMÓW

METABOLIZM (gr. *metabole* = przemiana) - przemiana materii - całość procesów biochemicznych zachodzących w żywych organizmach, warunkujących ich wzrost i funkcjonowanie.

Metabolizm obejmuje dwa przeciwstawne procesy:

- **ANABOLIZM** (gr. *anabalein* - dorzucać, podwyższać) - proces syntezy złożonych substancji organicznych z substancji prostych, związany z gromadzeniem energii w organizmie
- **KATABOLIZM** (gr. *katabalein* - odrzucać, obniżać) - proces rozpadu tych substancji, związany z uwolnieniem energii

AMFIBOLIZM - przemiany biochemiczne prowadzące do powstawania metabolitów pośrednich, które mogą być włączane zarówno w procesy anaboliczne, jak i kataboliczne

PRZEMIANY METABOLICZNE WYMAGAJĄ:

- **Odżywiania** - pobierania ze środowiska zewnętrznego materiałów budulcowych i energetycznych
- **Oddychania** - doprowadzenia ze środowiska zewnętrznego tlenu niezbędnego do procesów utleniania wewnątrzkomórkowego oraz usuwania nadmiaru dwutlenku węgla ze środowiska wewnętrznego
- **Krażenia** - materiałów energetycznych, budulcowych, gazów, produktów przemiany materii i innych ciał, między komórkami i narządami
- **Wydalania** - usuwania ze środowiska wewnętrznego nietlonych produktów przemiany materii

Podział organizmów ze względu na źródło węgla i energii do budowy związków organicznych

- **HETEROTROFY** - wymagają w pokarmie przynajmniej jednego związku organicznego, który służy jako źródło węgla
- **AUTOTROFY** - mogą wykorzystywać CO₂ jako jedyne źródło węgla
 - **FOTOTROFY** - korzystają z energii świetlnej przekształcając ją w energię wiązań chemicznych
 - **CHEMOTROFY** - korzystają z energii chemicznej

Poziomy metabolizmu komórkowego:

- **METABOLIZM PIERWOTNY**
 - przemiana związków, które są niezbędne do funkcjonowania komórki
- **METABOLIZM WTÓRNY**
 - przemiana związków chemicznych, których rola w organizmach nie została jeszcze wyjaśniona; przemiany te nie są jednak niezbędne dla życia komórki, czy organizmu (np. synteza kofeiny, nikotyny)

Procesy anaboliczne:

- fotosynteza
- chemosynteza
- biosynteza organicznych związków azotowych (aminokwasów, białek, nukleotydów)

Procesy kataboliczne:

- oddychanie
- fermentacja

FOTOSYNTENZA

jest to synteza związków organicznych z prostych substancji mineralnych kosztem energii świetlnej.

CHLOROPLASTY - organelle występujące w komórkach roślin zielonych

- Chloroplasty granowe - system lamellarny zróżnicowany na odcinki gran i odcinki stromy (mięksisz asymilacyjny roślin wyższych, mchów i paprotników)
- Chloroplasty lamellarne - brak zróżnicowania systemu lamellarnego (komórki glonów)

Chloroplasty:

- ulegają podziałom podczas podziału komórki
- w postaci zawiązków plastydów przekazywane są z pokolenia na pokolenie przez gamety zwykle żeńskie
- są częściowo autonomiczne (chloroplastowy DNA zawiera geny dla około 1/3 białek chloroplastowych)

FOTOSYNTENZA

FAZA ŚWIETLNA - fotochemiczna, złożona z reakcji wymagających światła do swojego przebiegu; przebiega w błonach tylakoidów chloroplastów

FAZA CIEMNA - złożona z reakcji biochemicznych zachodzących bez udziału światła, chociaż przy wykorzystaniu energii chemicznej, powstałej jego kosztem; przebiega w stromie chloroplastów

FAZA ŚWIETLNA

Barwniki fotosyntezy tworzą zespoły: chlorofil, karotenoidy, białka i in.

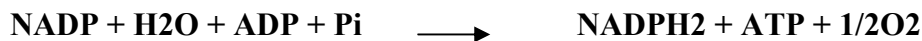
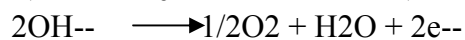
Zespół barwników: centrum aktywne + „anteny”

PS I: chlorofil *a* P-700

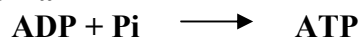
PS II: chlorofil *a* P-680, chlorofil *b*, karotenoidy

FOSFORYLACJA FOTOSYNTETYCZNA

Niecykliczna



Cykliczna



FAZA CIEMNA

- **Karboksylacja**
- **Redukcja**
- **Regeneracja**

Przemiany fazy ciemnej mają charakter cykliczny
CYKL CALVINA - ROŚLINY C₃
CYKL HATCHA i SLACKA - ROŚLINY C₄

CHEMOSYNTENZA

jest to zdolność do przyswajania dwutlenku węgla kosztem energii chemicznej.
Dla organizmów chemosyntetyzujących źródłem energii są reakcje utleniania substancji mineralnych, np. amoniaku, siarkowodoru, soli żelazawych.

Fazy chemosyntezy:

- faza przekształcania energii
- faza przekształcania substancji

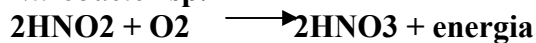
FAZA PRZEKSZTAŁCANIA ENERGII

Bakterie nitryfikacyjne

Nitrosomonas sp.



Nitrobacter sp.



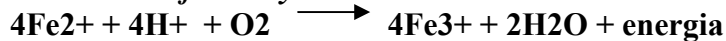
Bakterie siarkowe

Thiobacillus sp.



Bakterie żelaziste

Thiobacillus ferrooxydans



Bakterie wodorowe

Hydrogenomonas sp., *Aquifex* sp.



ODDYCHANIE

= utlenianie biologiczne - jest to proces rozkładu złożonych substancji organicznych na prostsze związki z uwalnianiem energii w formie użytkowej.

Znaczenie oddychania:

- dostarcza energii potrzebnej do normalnego funkcjonowania komórki
- dostarcza materiałów wyjściowych do syntezy podstawowych składników komórkowych, na przykład acetylo-CoA

Energia uwolniona podczas oddychania komórkowego magazynowana jest w makroergicznych wiązaniach ATP na drodze fosforylacji ADP.

- fosforylacja oksydacyjna - fosforylacja w łańcuchu oddechowym, gdzie ostatecznym akceptorem elektronów jest tlen, następująca na drodze chemiosmozy (proces ten zachodzi w błonach: u *Eucariota* - mitochondrium, u *Prokaryota* - w błonie komórkowej)
- fosforylacja substratowa - fosforylacja poza łańcuchem oddechowym, następująca w wyniku przekazania energii w postaci fosforanowego wiązania wysokoenergetycznego z jednej substancji na drugą

ŁAŃCUCH TRANSPORTU ELEKTRONÓW

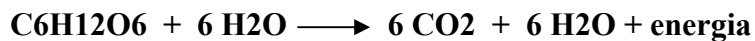
Przenośniki elektronów:

- Ferrodoksyna
- Plastocyjanina
- Plastochinon
- Cytochromy
- Nukleotydy nikotynamidoadeninowe (NADP i NAD)

TYPY PROCESÓW ODDECHOWYCH:

- Oddychanie tlenowe - ostatecznym biorcą elektronów jest tlen cząsteczkowy
- Oddychanie beztlenowe - ostatecznym biorcą elektronów jest pochodzący z zewnątrz związek organiczny lub utleniony związek nieorganiczny
- Fermentacja - część cząsteczki substratu oddechowego jest utleniana, a część - odbierająca od niej elektrony - redukowana

ODDYCHANIE TLENOWE



Podstawowy typ oddychania, przebiegający w normalnych warunkach we wszystkich komórkach żywych organizmów

Zasadnicze etapy oddychania komórkowego u organizmów eukariotycznych przebiegają w mitochondriach

MITOCHONDRIA - organelle występujące w cytoplazmie komórek eukariotycznych oddychających tlenowo

Mitochondria zbudowane są z dwóch błon: zewnętrznej i wewnętrznej oraz amorficznej macierzy (matriks) otoczonej wewnętrzną błoną mitochondrialną.

Liczba grzebieni mitochondrialnych (fałdów wewnętrznej błony mitochondrium) odzwierciedla stopień aktywności metabolicznej mitochondrium

Mitochondria:

- ulegają podziałom podczas podziału komórki
- dziedziczenie mitochondriów odbywa się z reguły w linii żeńskiej za pośrednictwem cytoplazmy komórki jajowej
- DNA mitochondrialne koduje głównie białka związane z łańcuchem oddechowym

ETAPY ODDYCHANIA TLENOWEGO:

1. Glikoliza

przekształcenie glukozy w dwie trójwęglowe cząsteczki pirogronianiu
utworzenie ATP i NADH

2. Tworzenie acetylo-CoA

utlenianie pirogronianu do dwuwęglowej cząsteczki octanu, który łączy się z koenzymem A
uwolnienie CO₂ i NADH

3. Cykl kwasu cytrynowego

przemiany acetylo-CoA prowadzące do uwolnienia CO₂, ATP, NADH i FADH₂

4. Łańcuch oddechowy

utworzenie ATP i wody

FOTORESPIRACJA

stymulowane światłem wydzielanie dwutlenku węgla i zużywanie energii w postaci ATP i NADPH występujące u roślin, w którym współuczestniczą chloroplasty, peroksisomy i mitochondria

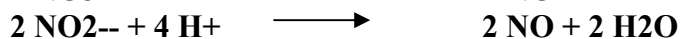
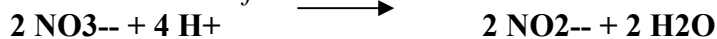
W warunkach silnego oświetlenia i przy normalnym stężeniu CO₂ w atmosferze ilość uwalnianego CO₂ w procesie fotooddychania może przewyższać ilość dwutlenku węgla uwalnianego podczas właściwego oddychania mitochondrialnego (ciemniowego).

ODDYCHANIE BEZTLENOWE

spotykane tylko u bakterii, które wykorzystują utlenione związki mineralne jako akceptory elektronów

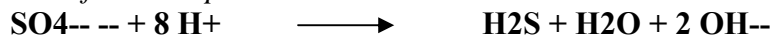
Redukcja azotanów (denitryfikacja)

Paracoccus denitrificans:



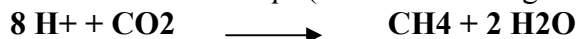
Redukcja siarczanów

Desulfovibrio sp.:



Redukcja węglanów i CO₂

Methanobacterium sp. (bakterie metanogenne)



FERMENTACJA

forma oddychania beztlenowego występująca głównie u bakterii i drożdży, oprócz tego w komórkach mięśniowych zwierząt w warunkach niedoboru tlenu, w kiełkujących nasionach i komórkach korzeni roślin przy ograniczonym dostępie tlenu

Organizmy przeprowadzające fermentacje:

Beztlenowce bezwzględne

Beztlenowce względne

Efekt Pasteura - warunki tlenowe hamują fermentacyjny cykl przemian kwasu

pirogonowego - glukoza rozkłada się tlenowo; zmniejsza się jednocześnie zużycie substratu oddechowego, np. cukru

ENZYMY - biokatalizatory, fermenty - białka katalizujące reakcje zachodzące w żywych organizmach.

CENTRUM AKTYWNE - miejsce aktywne - fragment cząsteczki enzymu biorący udział w wiązaniu substratu i przeprowadzaniu reakcji enzymatycznej.

- **miejsce wiązania substratu** - utworzone przez niewielką liczbę aminokwasów kontaktujących się bezpośrednio z substratem; budowa miejsca wiązania warunkuje specyficzność enzymu względem substratu; w wiązaniu uczestniczą wiązania i oddziaływania niekowalencyjne (np. wiązania wodorowe, oddziaływania elektrostatyczne)

- **miejsce katalityczne** - jego składniki katalizują przebieg reakcji

ENZYMY występują jako:

- **białka proste** - zbudowane wyłącznie z aminokwasów

- **białka złożone** - oprócz części białkowej - **APOENZYMU** - zawierają część niebiałkową:

GRUPA PROSTETYCZNA - związana z apoenzymem za pomocą wiązań kowalencyjnych (np. hem w cytochromach)

KOENZYM - może łatwo oddysocjować (np. NADH)

Sam apoenzym nie wykazuje aktywności enzymatycznej. Uzyskuje ją dopiero po połączeniu się z odpowiednim kofaktorem: grupą prostetyczną, koenzymem, lub jonem metalu. Taki kompleks nosi nazwę **HOLOENZYMU**.

MODYFIKACJE DZIAŁANIA ENZYMÓW

AKTYWATOR - związek zwiększający szybkość reakcji lub procesu poprzez stymulację aktywności odpowiednich enzymów. Aktywatorami mogą być proste jony i związki nieorganiczne, jak również wielkocząsteczkowe substancje organiczne, np. białka.

INHIBITOR - substancja hamująca reakcje katalizowane przez enzymy

Inhibicja odwacalna - inhibitor można oddzielić od enzymu, uzyskując aktywny enzym

- **Inhibicja kompetycyjna** - przez współzawodnictwo - inhibitor ma strukturę podobną do substratu i wiąże się w centrum aktywnym enzymu, współzawodnicząc o miejsce wiązania z substratem. Nasilenie inhibicji zależy od ilościowego stosunku substratu i inhibitora.

- **Inhibicja niekompetycyjna** - bez współzawodnictwa - inhibitor nie łączy się z centrum aktywnym enzymu, lecz z innym jego fragmentem, jednak modyfikuje enzym i reakcja enzymatyczna nie zachodzi.

Inhibicja nieodwracalna - inhibitor wiąże się z enzymem w sposób trwały i nie można go oddzielić bez zniszczenia struktury enzymu.

Klasyfikacja enzymów w zależności od przeprowadzanej reakcji

OKSYDOREDUKTAZY - katalizują reakcje utleniania i redukcji (**dehydrogenazy, oksydazy**)

TRANSFERAZY - (łac. *transfere* - przenosić) - przenoszą grupy chemiczne (np. grupę metylową, aminową)

HYDROLAZY - (łac. *hydor* - woda) - katalizują rozpad (hydrolizę) bardzo wielu wiązań chemicznych; proces ten wymaga udziału cząsteczki wody

LIAZY - (gr. *lio* - rozszczepiam) - enzymy powodujące rozbicie wiązania typu C-O, C-N, C-S, itp.

IZOMERAZY - powodują wewnątrzcząsteczkowe przekształcenia, umożliwiające przejście substratu w odpowiedni izomer

LIGAZY - (syntetazy) - łac. *ligo* - wiąże) - katalizują łączenie się wzajemne dwóch cząsteczek