

Oddychanie komórkowe i doświadczenie z szalonym lizakiem



Wspierają nas:



Mangan w reakcjach REDOX

Zacznijmy od doświadczenia, które widzieliście na filmie „Szalony lizak”. O co w nim chodzi? Reakcje REDOX to reakcje utleniania i redukcji, w których zachodzi transfer elektronów między związkami.

W wykonanej przez nas reakcji zawarta w lizaku glukoza, która jest cukrem redukującym, redukuje nadmanganian potasu, dzięki czemu możemy obserwować zmiany stopnia utlenienia manganu w roztworze: z VII na VI, a w końcu na IV. Pamiętajcie te reakcje z lekcji chemii w szkole. Mangan na VII stopniu utlenienia jest fioletowy, na VI stopniu utlenienia zielony, a na IV stopniu utlenienia brunatno-żółty.

Wszystkie kolory pośrednie jakie obserwujemy są wynikiem mieszania się powyższych barw.

Mangan to bardzo ważny mikroelement. Wpływa na działanie wielu enzymów, na układ nerwowy. Jest też niezbędny do prawidłowego rozwoju tkanki kostnej.

Jak samodzielnie zrobić doświadczenie „Szalony lizak”:

Potrzebne będą:

- Lizak
- Słoik
- Wodorotlenek sodu
- Nadmanganian potasu

1. Do słoika wsypujemy łyżeczkę wodorotlenku sodu
2. Dolewamy wody do połowy wysokości słoika i mieszamy do momentu aż wszystko się rozpuści.
3. Przy pomocy słomki/wykałaczki dodajemy nadmanganian potasu w ilości powodującej zabarwienie roztworu na lekko różowo-fioletowy
4. W słoiku umieszczamy kręcącego się lizaka
5. Roztwór zmienia kolor z fioletowego w zielony, a następnie w brunatny



Reakcje REDOX w biologii

Reakcje redox zachodzą, gdy jedna cząsteczka traci elektrony i jest utleniana, a inna „zyskuje” i jest redukowana. W naszych komórkach reakcje redox pomagają pozyskać energię z cząsteczek takich jak glukoza. Nazywa się to oddychaniem komórkowym.

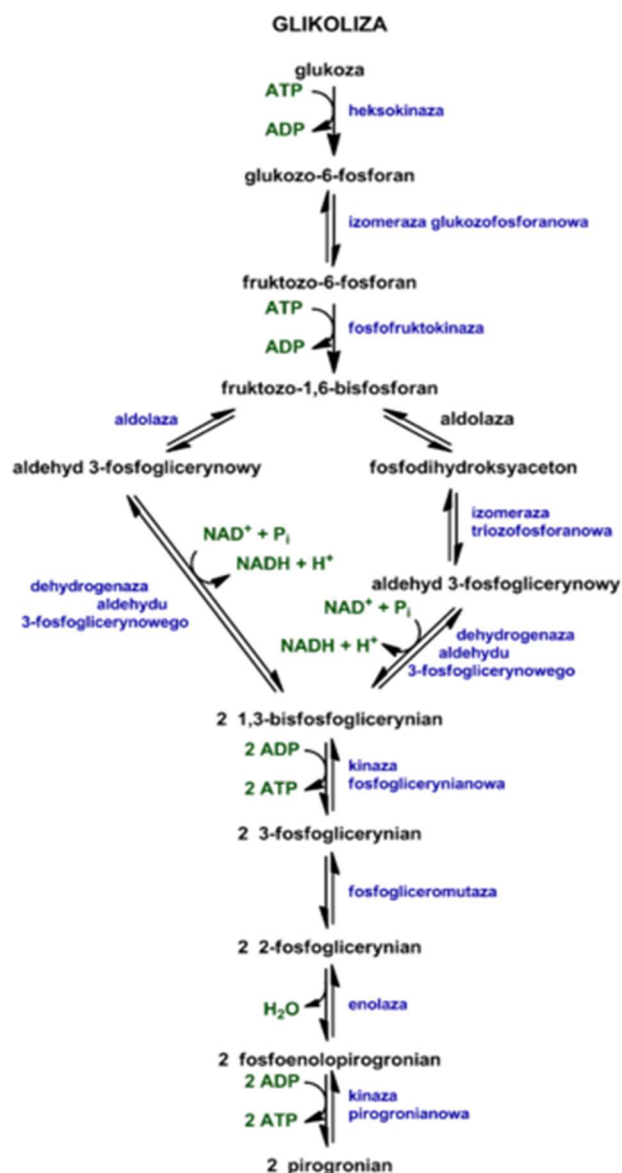
Oddychanie komórkowe polega na utlenianiu, czyli odłączaniu elektronów od substratu. Towarzyszy temu uwalnianie energii, której część jest zmagazynowana jako energia w postaci adenozyno trój fosforanu – ATP, natomiast nadmiar pozyskanej energii zostaje rozproszony w postaci ciepła.

Najbardziej powszechnym rodzajem oddychania komórkowego jest oddychanie tlenowe. Proces ten polega na utlenianiu glukozy do dwutlenku węgla. Oddychanie jest procesem katabolicznym, a więc w jego wyniku silnie zredukowany, bogaty w energię związek organiczny – glukoza - rozpada się w proste, niskoenergetyczne związki nieorganiczne - dwutlenek węgla i wodę. W sposób ogólny i uproszczony zapisać możemy równanie reakcji w postaci:



Oddychanie tlenowe podzielone jest na trzy zasadnicze etapy: glikolizę, cykl kwasu cytrynowego oraz łańcuch oddechowy, które zostaną szerzej omówione poniżej.

Glikoliza to ciąg reakcji biochemicznych, podczas których jedna cząsteczka glukozy zostaje przekształcona w dwie cząsteczki pirogronianu (Rys.1.). Proces ten zachodzi na terenie cytoplazmy i jest ewolucyjnie starym szlakiem



Rys.1. Schemat przebiegu glikolizy

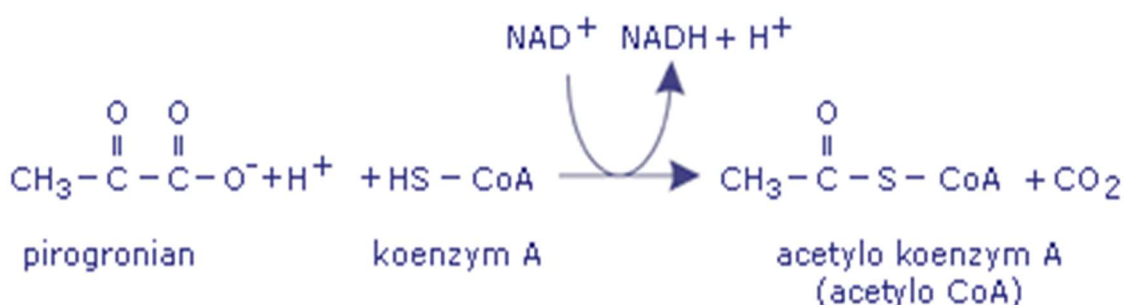


metabolicznym, szeroko rozpowszechnionym wśród organizmów żywych.

W organizmach tlenowych glikoliza jest etapem wstępnym, w którym powstają stosunkowo małe ilości ATP, jednak w warunkach tlenowych pirogronian dostaje się do mitochondriów, gdzie ulega dalszym przemianom, umożliwiającym uzyskanie znacznie większej ilości energii. Gdy ilość tlenu jest niewystarczająca, jak np. w aktywnie kurczących się mięśniach, pirogronian jest przekształcany w mleczan. W warunkach całkiem beztlenowych niektóre organizmy np. drożdże przekształcają pirogronian w etanol.

Rozpad jednej cząsteczki glukozy prowadzi do powstania 2 cząsteczek kwasu pirogronowego. Powstają również dwie cząsteczki ATP. Ma miejsce redukcja NAD^+ - powstaje NADPH, które jest zredukowanym przenośnikiem elektronów.

Kwas pirogronowy przedostaje się następnie z cytoplazmy przez błony mitochondrium do macierzy mitochondrialnej, gdzie odbywa się kolejny etap oddychania komórkowego. Jest to tzw. oksydacyjna dekarboksylacja kwasu pirogronowego, inaczej zwana reakcją pomostową (Rys.2.).

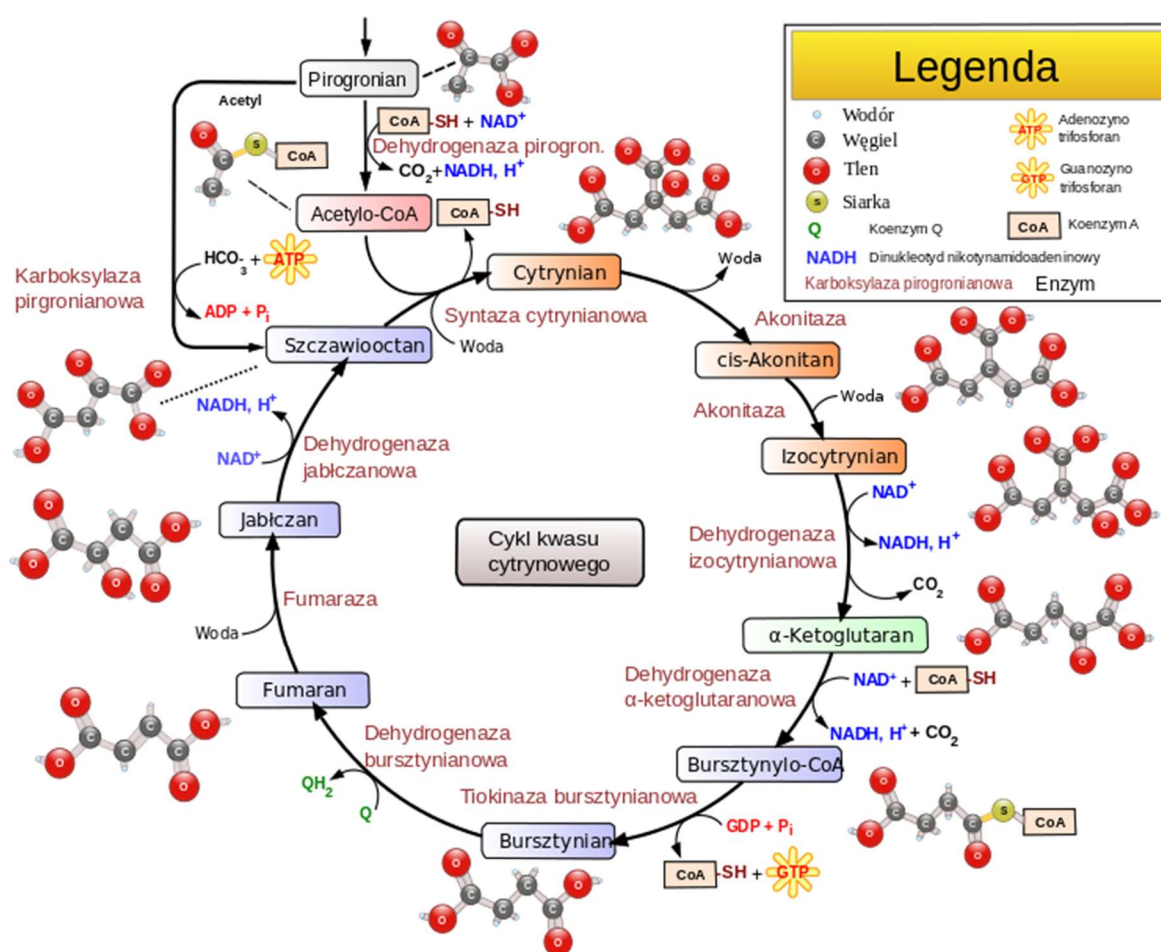


Rys.2. Schemat przebiegu reakcji pomostowej (za <http://www.interklasa.pl/>)

W reakcji pomostowej dochodzi do odłączenia grupy karboksylowej (dekarboksylacja) od kwasu pirogronowego. Ma miejsce utlenienie produktu, czyli dwuwęglowej grupy acetylowej i przyłączeniu do niej koenzymu A. Przemianie tej towarzyszy redukcja NAD^+ do NADH, gdyż substrat ulega dehydrogenacji. Jest to reakcja nieodwracalna. Grupa karboksylowa jest odłączana od kwasu pirogronowego w postaci CO_2 . Ostatecznie, produktem reakcji pomostowej jest acetylo-koenzymA, który jest wprowadzany do

kolejnego etapu oddychania komórkowego tlenowego, czyli cyklu kwasu cytrynowego, inaczej zwanego cyklem Krebsa.

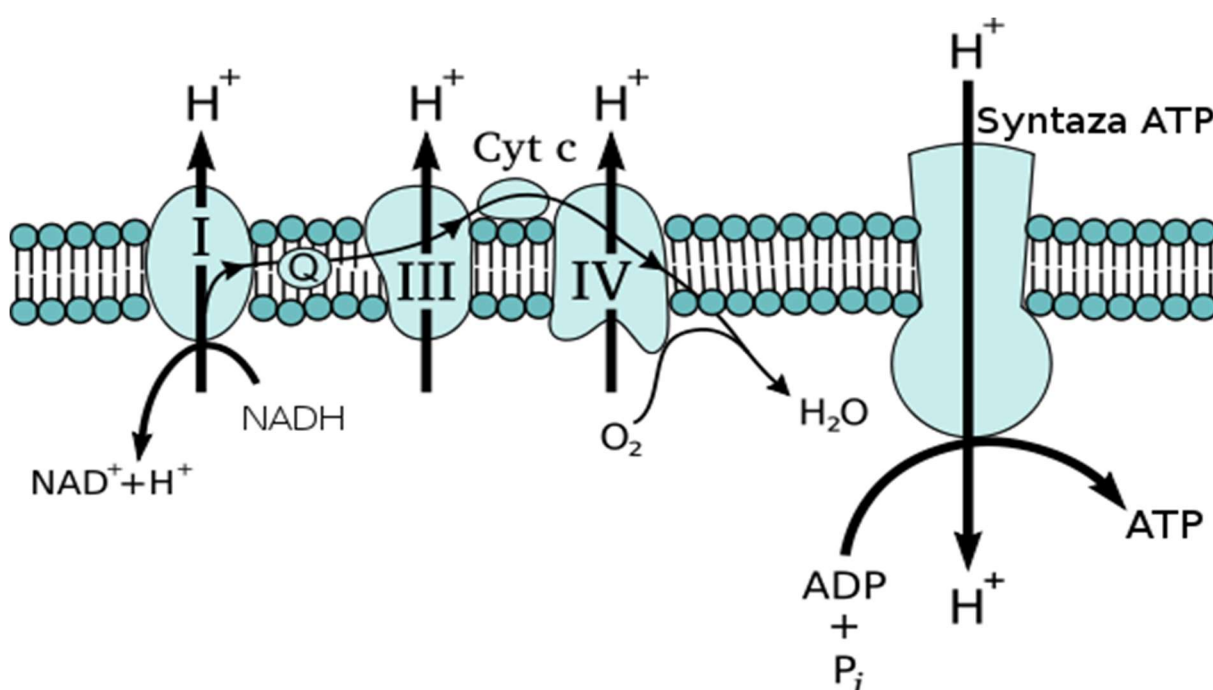
Cykl Krebsa zachodzi w macierzy mitochondrialnej i stanowi ciąg reakcji, w których acetylo-CoA jest przekształcony do dwutlenku węgla i atomów wodoru. Celem cyklu Krebsa **nie jest wytwarzanie energii, ale przygotowanie odpowiedniej ilości zredukowanych przenośników tlenowych**, które będzie można wykorzystać w dalszych procesach. Pierwszym etapem Cyklu Krebsa jest przyłączenie acetylo-CoA do kwasu szczawiooctowego, czego produktem jest kwas cytrynowy. Potem odbywa się ciąg przemian kwasu cytrynowego w inne kwasy np. bursztynowy, czy jabłkowy. Podczas tych reakcji dochodzi do dwukrotnej dekarboksylacji i wydzielenia dwóch cząsteczek CO_2 i czterokrotnej dehydrogenacji z wytworzeniem 3 cząsteczek NADPH_2 i jednej cząsteczki FADH_2 (Rys.3.). Nośniki te przenoszą wodór na grzebień mitochondrialny, gdzie zachodzi ostatni etap oddychania - łańcuch oddechowy.



Rys.3. Schemat przebiegu cyklu Krebsa

W łańcuchu oddechowym elektrony są transportowane z NADH na atomy tlenu. NADH przenosi elektrony na dehydrogenazę NADH (kompleks I), która jest dużym kompleksem białkowym zawierającym dwa typy centrów żelazowo-siarkowych (Fe-S), w których atom żelaza odbiera i oddaje elektrony oscylując między stanem Fe^{3+} a stanem Fe^{2+} . Z dehydrogenazy NADH elektrony są przenoszone przez ubichinon na kompleks cytochromów bc1 (kompleks III). Każdy cytochrom zawiera grupę hemową z umieszczonym w centrum atomem żelaza, który w trakcie przyjmowania elektronu przechodzi ze stanu Fe^{3+} do stanu Fe^{2+} . Po oddaniu elektronu do następnego przenośnika atom żelaza powraca do stanu Fe^{3+} . Kompleks cytochromów bc1 przenosi elektrony na cytochrom c, który z kolei przekazuje je do oksydazy cytochromowej. W końcu oksydaza cytochromowa (kompleks IV) przyłącza 4 elektrony do tlenu cząsteczkowego, z utworzeniem dwóch cząsteczek wody.

Na każdym etapie przenoszenia elektronów, do przestrzeni między błonowej wypompowywane są protony. Powoduje to powstanie dużego gradientu międzybłonowego, który dąży do wyrównania (Rys.4.). Podczas przepływu protonów zgodnie z gradientem stężeń przez syntazę ATP, protony mechanicznie napędzają obrót syntazy, podobnie jak w młynie, dzięki czemu ADP oraz reszta fosforanowa łączone są do ATP. W tym procesie powstaje 34 cząsteczki ATP. Reszta wytworzonej energii rozpraszana jest w postaci ciepła. Sumaryczny zysk ATP, podczas utleniania jednej cząsteczki glukozy wynosi 36 cząsteczek ATP.



Rys.4. Schemat przebiegu łańcucha oddechowego



ATP pozyskane podczas oddychania komórkowego wykorzystywane jest w praktycznie wszystkich procesach niezbędnych do życia organizmu. ATP nie jest magazynowane, tylko wytwarzane na bieżąco. Właśnie dlatego zachodzenie procesu oddychania komórkowego warunkuje życie komórki.

Źródła:

Lubert Stryer, Biochemia, PWN, Warszawa 2003, str. 515 – 564

