

Substraty oddechowe – mobilizacja i główne etapy rozkładu katabolicznego

- [Wprowadzenie](#)
- [Przeczytaj](#)
- [Animacja](#)
- [Sprawdź się](#)
- [Dla nauczyciela](#)



Substraty oddechowe – mobilizacja i główne etapy rozkładu katabolicznego

Oddychanie tlenowe zachodzi w mitochondriach, nazywanych siłowniami energetycznymi komórki. Na zdjęciu mitochondria zostały wybarwione na kolor jasnożółty. Na niebiesko zabarwione zostały jądra komórkowe, a szara siatka to cytoszkielet. Mikroskop konfokalny, powiększenie 100×.

Źródło: Torsten Wittmann, University of California, San Francisco, Flickr, licencja: CC BY-NC 2.0.

Wszystkie organizmy żywe potrzebują energii, koniecznej do przeprowadzania procesów metabolicznych w komórkach. Energię tę czerpią z pożywienia, dostarczającego substratów do oddychania komórkowego, które pozwala na uwolnienie energii z pobranych związków organicznych. Najbardziej typowe substraty oddechowe, takie jak glukoza i kwasy tłuszczowe, są wprowadzane w różne szlaki metaboliczne, umożliwiające uwolnienie z nich energii i jej krótkotrwałe związanie w cząsteczkach związków wysokoenergetycznych, głównie w ATP. Czy wiesz, jak zachodzi mobilizacja tych substratów w komórce i ich rozkład?

Twoje cele

- Wyjaśnisz, czym są substraty oddechowe i na czym polega ich mobilizacja.
- Wyróżnisz substraty i produkty procesów glikolizy, reakcji pomostowej i cyklu Krebsa.
- Przeanalizujesz przebieg glikolizy, reakcji pomostowej i cyklu Krebsa.

Przeczytaj

Etapy oddychania komórkowego

Oddychanie komórkowe jest procesem [katabolicznym](#), podczas którego zachodzi rozkład złożonego substratu do prostszych produktów oraz uwalnia się duża ilość energii (jest to [proces egzoergiczny](#)):



Podczas oddychania tlenowego w rozkładzie glukozy zachodzą cztery grupy reakcji chemicznych:

1. glikoliza;
2. reakcja pomostowa;
3. cykl Krebsa;
4. łańcuch oddechowy.

Ogólny schemat głównych etapów oddychania tlenowego jako przykładu procesu katabolicznego.

Źródło: Englishsquare.pl Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Substraty oddechowe

Substraty oddechowe to związki chemiczne, które są niezbędne w reakcjach oddychania komórkowego i są wykorzystane jako źródło energii do syntezy ATP. Substratami oddechowymi mogą być cukry, białka i tłuszcze.

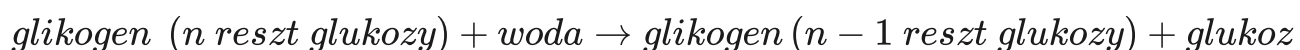
Przemiany kataboliczne substratów oddechowych. Produktami rozkładu białek, cukrów (glikogenu) i tłuszczów właściwych są odpowiednio aminokwasy, glukoza oraz glicerol wraz z kwasami tłuszczowymi. Związki te mogą zostać wykorzystane w komórce jako substraty oddechowe poprzez ich wprowadzenie w odpowiednie szlaki metaboliczne.

Źródło: Englishsquare.pl Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Cukry jako substraty oddechowe

Podstawowym substratem oddychania komórkowego jest glukoza. Przy braku dostępnej glukozy zwierzę może pozyskiwać ją na dwa sposoby:

1. Poprzez rozkład glikogenu, czyli proces **glikogenolizy**, zachodzący w wątrobie i w mięśniach.



2. Poprzez syntezę glukozy ze związków innych niż cukry, np. mleczan, aminokwasy, glicerol – czyli proces **glukoneogenezy**.

U roślin główną substancją zapasową jest skrobia, która gromadzona jest amyloplastach miękkiszu spichrzowego, np. w bulwach, korzeniach i liściach. W wyniku jej rozkładu powstają cząsteczki glukozy, które są włączane w przemiany kataboliczne.

Tłuszcze jako substraty oddechowe

Oprócz cukrów, jako substraty oddechowe wykorzystywane są także tłuszcze właściwe, będące materiałem zapasowym wielu organizmów. To związki wysokoenergetyczne, ponieważ są w wysokim stopniu zredukowane – mają dużo atomów wodoru w stosunku do atomów tlenu. Tłuszcze ulegają rozkładowi do glicerolu i kwasów tłuszczowych. Glicerol może być przekształcany do [pirogonianu](#), który od razu włączany jest do oddychania tlenowego (reakcja pomostowa) lub wchodzi do szlaku glukoneogenezy. Kwasy tłuszczowe ulegają przekształceniu do [acetylo-CoA](#) w procesie beta-oksydacji. Jest to wieloetapowy rozkład enzymatyczny polegający na przekształcaniu kwasów tłuszczowych w dwuwęglowe reszty acetylowe. Łącząc się z koenzymem A, tworzą acetylo-CoA, który następnie zostaje włączony do cyklu Krebsa.

Białka jako substraty oddechowe

Substratem oddechowym mogą być również białka. Są one gromadzone jako materiał zapasowy w nasionach wielu roślin. U zwierząt białka wykorzystywane są w przemianach katabolicznych tylko w wyjątkowych sytuacjach. Dzieje się tak podczas głodu lub intensywnego wysiłku. Aminokwasy z nich pozyskane stanowią źródło szkieletów węglowych do syntezy cząsteczek, które mogą być następnie użyte w procesach oddychania komórkowego. Przykładowo, w wyniku przemian alaniny powstaje pirogronian. Ten związek organiczny przekształcany jest w mitochondriach (w reakcji pomostowej) do acetylo-CoA, który wchodzi do cyklu Krebsa. Przemiany innych aminokwasów prowadzą do powstania innych związków chemicznych, które stanowią bezpośrednie substraty lub ogniwa cyklu Krebsa.

Więcej o glikolizie w e-materiale: [*Glikoliza – wspólny etap katabolizmu tlenowego i beztlenowego cukrów.*](#)

Więcej o cyklu Krebsa w e-materiale: [*Etapy i znaczenie cyklu Krebsa w katabolizmie tlenowym cukrów.*](#)

Informacje o produktach oddychania tlenowego znajdziesz w e-materiale: [*Produkty oddychania tlenowego.*](#)

Informacje o bilansie energetycznym katabolizmu tlenowego i beztlenowego glukozy znajdziesz w e-materiale: [*Bilans energetyczny katabolizmu tlenowego i beztlenowego glukozy.*](#)

Rodzaje fosforylacji w oddychaniu komórkowym

Proces powstawania [ATP](#) w komórkach nazywany jest [fosforylacją](#). Podczas rozkładu katabolicznego substratów oddechowych zachodzi fosforylacja substratowa (starsza ewolucyjnie, lecz mniej korzystna energetycznie) oraz wydajniejsza fosforylacja oksydacyjna, do której niezbędny jest tlen.

Ciekawostka



Wielbłąd jednogarbny (*Camelus dromedarius*).

Źródło: Wolfgang Hasselmann, Unsplash, domena publiczna.

Garby wielbłąda pełnią funkcję magazynu tłuszczów, które mogą zostać zmetabolizowane w okresach głodu. Dzięki temu wielbłądy pozyskują energię oraz wodę metaboliczną, niezbędną do życia w warunkach pustynnych, co pozwala na uzupełnienie strat wody poniesionych w wyniku pocenia się.

Ważne!

Wydajność oddychania beztlenowego

Wydajność energetyczna oddychania beztlenowego z wykorzystaniem łańcucha transportu elektronów jest większa niż fermentacji, ale mniejsza niż oddychania tlenowego. Bakterie, oddychając w ten sposób, wytwarzają ATP podczas glikolizy, cyklu Krebsa oraz na łańcuchu oddechowym. W wyniku tego, że na łańcuchu oddechowym ostatecznym akceptorem elektronów nie jest tlen, a jony nieorganiczne (np. jon azotanowy(V) (NO_3^-) i jon siarczanowy(VI) (SO_4^{2-})), to ilość produkowanego ATP jest mniejsza niż przy wykorzystaniu tlenu.

Więcej o oddychaniu tlenowym i beztlenowym w e-materiale: [Oddychanie tlenowe i beztlenowe – porównanie](#).

Słownik

acetylokoenzym A

związek organiczny będący łącznikiem między różnymi szlakami metabolicznymi, np. między glikolizą a cyklem Krebsa

ATP

adenozynotrifosforan; nukleotyd zbudowany z adeniny, rybozy oraz trzech reszt fosforanowych, pełniący funkcję uniwersalnego nośnika energii w komórce

deaminacja

reakcja chemiczna eliminacji grupy aminowej ($-NH_2$) z zasad azotowych i aminokwasów, najczęściej z wydzieleniem amoniaku

egzoergiczna reakcja

reakcja przebiegająca z wydzielaniem energii do otoczenia

FADH₂

zredukowana forma dinukleotydu flawinoadeninowego, powstała na skutek przyłączenia dwóch atomów wodoru do FAD; FADH₂ przekazuje elektrony do ostatecznego akceptora elektronów za pośrednictwem łańcucha oddechowego

fosforylacja

zachodząca w organizmach reakcja przyłączania reszty fosforanowej z nieorganicznego fosforanu do ADP, z utworzeniem ATP; dzięki fosforylacji komórki mogą wykorzystywać do procesów życiowych: energię wiązań substratów wysokoenergetycznych (fosforylacja substratowa) oraz energię wyzwalamą się w łańcuchu oddechowym podczas utleniania biologicznego

(fosforylacja oksydacyjna), a komórki roślinne także energię świetlną (fosforylacja fotosyntetyczna zachodząca w chloroplastach)

katabolizm

reakcje rozkładu związków złożonych na związki prostsze (np. polisacharydów na monosacharydy, białek na aminokwasy), podczas których dochodzi do zerwania wiązań chemicznych i uwolnienia energii

NADH + H⁺

zredukowana forma dinukleotydu nikotynoamidoadeninowego, powstała wskutek przyłączenia dwóch atomów wodoru do NAD⁺; energia elektronów przeniesionych na NADH + H⁺ jest wykorzystywana do syntezy ATP

pirogonian

organiczny związek będący produktem wielu procesów metabolicznych

Substraty oddechowe

– mobilizacja i główne etapy rozkładu katabolicznego

Film dostępny pod adresem </preview/resource/R1QmGMc7TNmCE>

Substraty oddechowe – mobilizacja i główne etapy rozkładu katabolicznego.

Źródło: reż. Englishsquare.pl Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Film nawiązujący do treści materiału pod tytułem: Substraty oddechowe – mobilizacja i główne etapy rozkładu katabolicznego.

Polecenie 1

Wyjaśnij, czy białka mogą być substratem oddechowym, gdy nie ma dostępnej glukozy w komórce.




Polecenie 2

Na podstawie animacji wymień etapy oddychania komórkowego. Podaj jego substraty i produkty.

Polecenie 3

Wyjaśnij, dlaczego podczas cyklu Krebsa powstają dwie cząsteczki dwutlenku węgla.

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Ćwiczenie 2



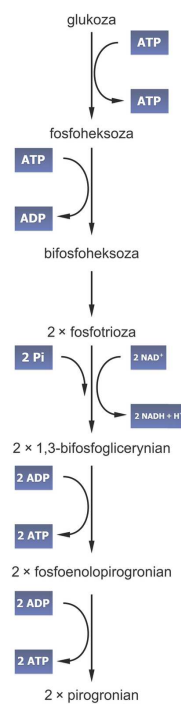
Ćwiczenie 3



Ćwiczenie 4



Ćwiczenie 5



Źródło: Englishsquare.pl Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Ćwiczenie 6



Ćwiczenie 7



Ćwiczenie 8

Dla nauczyciela

Autor: Anna Juwan

Przedmiot: Biologia

Temat: Substraty oddechowe – mobilizacja i główne etapy rozkładu katabolicznego

Grupa docelowa: uczniowie III etapu edukacyjnego – kształcenie w zakresie podstawowym i rozszerzonym

Podstawa programowa:

Zakres podstawowy

Treści nauczania – wymagania szczegółowe

III. Energia i metabolizm.

3. Oddychanie komórkowe. Uczeń:

2) określa na podstawie analizy schematu przebiegu glikolizy, reakcji pomostowej i cyklu Krebsa, substraty i produkty tych procesów;

3) porównuje na podstawie analizy schematu, drogi przemiany pirogronianu jako produktu glikolizy w fermentacji mleczanowej i w oddychaniu tlenowym;

5) przedstawia na podstawie analizy schematu znaczenie utleniania kwasów tłuszczowych, glukoneogenezy, glikogenolizy w przemianach energetycznych komórki.

Zakres rozszerzony

Treści nauczania – wymagania szczegółowe

III. Energia i metabolizm.

5. Pozyskiwanie energii użytecznej biologicznie. Uczeń:

2) analizuje na podstawie schematu przebieg glikolizy, reakcji pomostowej i cyklu Krebsa, wyróżnia substraty i produkty tych procesów;

Kształtowane kompetencje kluczowe:

- kompetencje cyfrowe;
- kompetencje osobiste, społeczne i w zakresie umiejętności uczenia się;
- kompetencje matematyczne oraz kompetencje w zakresie nauk przyrodniczych, technologii i inżynierii.

Cele operacyjne (językiem ucznia):

- Wyjaśnisz, czym są substraty oddechowe i na czym polega ich mobilizacja.
- Wyróżnisz substraty i produkty procesów glikolizy, reakcji pomostowej i cyklu Krebsa.
- Przeanalizujesz przebieg glikolizy, reakcji pomostowej i cyklu Krebsa.

Strategie nauczania:

- konstruktywizm;
- konektywizm.

Metody i techniki nauczania:

- z użyciem komputera;
- rozmowa kierowana;
- ćwiczenia interaktywne;
- praca z animacją;
- gwiazda pytań;
- mapa myśli.

Formy pracy:

- praca indywidualna;
- praca w grupach;
- praca całego zespołu klasowego.

Środki dydaktyczne:

- komputery z głośnikami, słuchawkami i dostępem do internetu;
- zasoby multimedialne zawarte w e-materiale;
- tablica interaktywna/tablica, pisak/kreda.

Przed lekcją:

1. Uczniowie zapoznają się z treścią w sekcji „Przeczytaj”.

Przebieg lekcji

Faza wstępna:

1. Nauczyciel wyświetla na tablicy temat lekcji oraz cele zajęć, omawiając lub ustalając razem z uczniami kryteria sukcesu.
2. **Wprowadzenie do tematu.** Nauczyciel pyta uczniów, czym jest oddychanie komórkowe. Uczniowie udzielają swobodnych odpowiedzi. Następnie nauczyciel dodaje, że podczas lekcji uczniowie dowiedzą się, czy ich odpowiedzi były właściwe, czy też błędne.

Faza realizacyjna:

1. **Praca z multimedium („Animacja”).** Przed wyświetleniem animacji nauczyciel prosi uczniów, aby na podstawie przeczytanego przed lekcją tekstu zapisali pytania, na które odpowiedzi mogą poznać w animacji, a także pytania, które

nasuną im się po jej obejrzeniu. Uczniowie zapoznają się z animacją, a następnie odczytują zapisane pytania.

- 2. Gwiazda pytań.** Nauczyciel dzieli uczniów na trzy grupy, a następnie prezentuje na tablicy interaktywnej schemat „gwiazdy pytań” (zob. materiały pomocnicze). Objasnia uczniom, w jaki sposób powinni pracować ze schematem: na podstawie e-materiału oraz innych źródeł mają odpowiedzieć na pytania widniejące na schemacie. Następnie każdy zespół dopisuje piąte pytanie, np. wykorzystując pytania zapisane podczas oglądania animacji, i daje je do rozwiązania innej grupie. Nauczyciel sprawdza wykonanie zadania, podchodząc do każdej grupy. Koryguje ewentualne błędy. Wybrani przez nauczyciela uczniowie kolejno prezentują wyniki prac swojego zespołu.
- 3. Utrwalenie wiedzy i umiejętności.** Nauczyciel dzieli klasę na 4-osobowe grupy. Uczniowie rozwiązują ćwiczenia interaktywne od 1 do 5 z sekcji „Sprawdź się”, od najłatwiejszego do najtrudniejszego. Grupa, która poprawnie rozwiąże zadania jako pierwsza, wygrywa.

Faza podsumowująca:

1. Uczniowie odpowiadają na ewentualne, niewykorzystane w gwieździe pytań, pytania sformułowane podczas pracy z filmem.
2. Klasa wspólnie wykonuje mapę myśli podsumowującą zajęcia.

Praca domowa:

1. Wykonaj ćwiczenia nr 6 i 7 z sekcji „Sprawdź się”.

Materiały pomocnicze:

- Jane B. Reece i in., „Biologia Campbella”, tłum. K. Stobrawa i in., Dom Wydawniczy REBIS, Poznań 2021.
- „Encyklopedia szkolna. Biologia”, red. Marta Stęplewska, Robert Mitoraj, Wydawnictwo Zielona Sowa, Kraków 2006.

Plik o rozmiarze 79.11 KB w języku polskim

Dodatkowe wskazówki metodyczne:

- Nauczyciel może wykorzystać medium w sekcji „Animacja” do pracy przed lekcją. Uczniowie zapoznają się z jego treścią i przygotowują do pracy na zajęciach w ten sposób, żeby móc samodzielnie rozwiązać zadania.