



Fermentacje

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

Do życia większości organizmów niezbędny jest tlen. Podczas oddychania komórkowego, które zachodzi z jego udziałem, uwalniana jest energia chemiczna zgromadzona w cząsteczkach organicznych dostarczanych wraz z pożywieniem. Dla mikroorganizmów żyjących w warunkach beztlenowych alternatywnym sposobem na uwolnienie energii zmagazynowanej w pożywieniu jest między innymi fermentacja. Drobnoustroje przeprowadzające ten proces od dawna wykorzystywane są do produkcji chleba na zakwasie, kiszonej żywności oraz alkoholu.

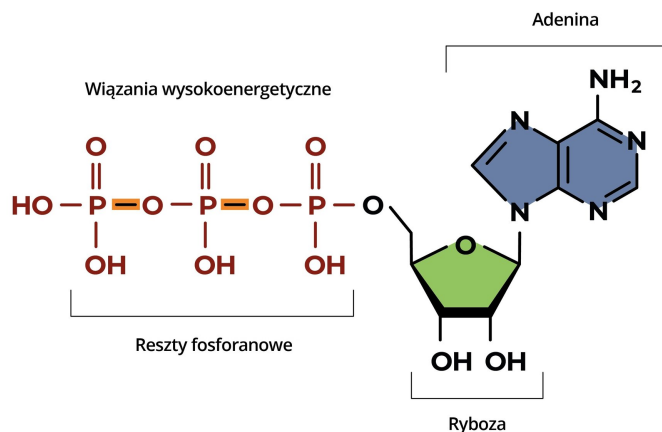
Twoje cele

- Zdefiniujesz proces fermentacji.
- Porównasz drogi przemiany pirogronianu jako produktu glikolizy w fermentacji alkoholowej, mleczanowej i w oddychaniu tlenowym.
- Wyjaśnisz, dlaczego utlenianie glukozy w warunkach tlenowych dostarcza więcej energii niż w warunkach beztlenowych.

Przeczytaj

Oddychanie beztlenowe a fermentacja

Organizmy występujące w środowisku beztlenowym, aby uzyskać energię niezbędną do życia, wykorzystują dwa podstawowe procesy: oddychanie beztlenowe oraz fermentację. Oddychanie beztlenowe prowadzą niektóre bakterie żyjące na dnie zbiorników wodnych lub w przewodzie pokarmowym zwierząt. W procesie tym zachodzi [glikoliza](#), [cykl Krebsa](#) oraz reakcje [łańcucha oddechowego](#). Powstające w ciągu reakcji biochemicznych zredukowane przenośniki wodoru np. NADH oddają elektrony w łańcuchu oddechowym, a ich końcowym akceptorem są jony nieorganiczne – jon azotanowy (V) NO_3^- czy jon siarczanowy (VI) SO_4^{2-} . W efekcie produktami oddychania beztlenowego są: dwutlenek węgla, związek nieorganiczny i [ATP](#).



ATP – adenosynotryfosforan. Związek chemiczny będący uniwersalnym nośnikiem energii w komórkach wszystkich żywych organizmów. Zbudowany jest z zasady azotowej – adeniny, cukru pięciowęglowego – rybozy i trzech reszt fosforanowych. Adenina w połączeniu z rybozą tworzy nukleozyd adeninowy, który łączy się liniowo z resztami fosforanowymi. Pomiedzy resztami fosforanowymi obecne są dwa wysokoenergetyczne wiązania chemiczne. Hydroliza tych wiązań uwalnia duże ilości energii chemicznej, która może zostać wykorzystana np. do transportu aktywnego przez błonę komórkową, pracy mięśni czy reakcji syntezy.

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

Fermentacja to proces, który podobnie jak oddychanie beztlenowe zachodzi w warunkach beztlenowych. Przeprowadzają ją niektóre bakterie np. mlekowe, grzyby np. drożdże, protisty zwierzęce zasiedlające przewody pokarmowe zwierząt, np. orzęski lub pasożyty przewodu pokarmowego człowieka, np. tasiemiec czy glista ludzka. W procesie tym nie zachodzi cykl Krebsa i reakcje łańcucha oddechowego, a końcowym akceptorem elektronów z NADH jest związek organiczny – pirogronian $\text{CH}_3\text{COCOO}^-$ lub aldehyd octowy CH_3CHO . Pomimo zbliżonych warunków środowiskowych, w jakich zachodzą oba procesy, nie należy ze sobą mylić oddychania beztlenowego i fermentacji.

Fermentacja

Fermentacja zachodzi na terenie cytoplazmy i składa się dwóch etapów: glikolizy i redukcji. W czasie glikolizy glukoza ulega utlenieniu do dwóch cząsteczek pirogronianu. Rolę utleniacza pełni NAD^+ , który ulega redukcji do NADH. W wyniku [fosforylacji substratowej](#) podczas glikolizy powstają netto dwie cząsteczki ATP. Ponieważ w czasie fermentacji reakcje łańcucha oddechowego nie zachodzą, powstające podczas glikolizy zredukowane cząsteczki NADH nie mogą z jego udziałem ulec regeneracji (tzw. reoksydacji) do wyjściowej formy NAD^+ . Aby glikoliza zachodziła nieprzerwanie, konieczne jest zatem oddanie elektronów z NADH na alternatywny akceptor, jakim w przypadku fermentacji jest pirogronian lub jego pochodne. W ten sposób pula dostępnych cząsteczek NAD^+ wzrasta i utlenianie kolejnych cząsteczek glukozy może być kontynuowane.

Rodzaje fermentacji

Wyróżnia się wiele rodzajów fermentacji, które różnią się produktem, jaki ostatecznie powstaje w czasie redukcji pirogronianu. Do najbardziej powszechnych należą fermentacja alkoholowa i mleczanowa, które znajdują szerokie zastosowanie w przemyśle spożywczym.



Fermentacja alkoholowa zachodzi głównie u drożdży w warunkach beztlenowych. Dzięki temu procesowi mogą one produkować ATP poprzez fosforylację substratową zachodzącą podczas glikolizy. Pirogronian, będący jej końcowym produktem ulega dekarboksylacji do aldehydu octowego, który następnie redukowany jest do etanolu (alkoholu etylowego). Dzięki temu NADH utlenia się do NAD⁺, który ponownie może być wykorzystywany w czasie glikolizy.

Źródło: Englishsquare.pl Sp. z o.o., Na podstawie: *Biologia Campbella*, praca zbiorowa, Rebis, Poznań 2016), licencja: CC BY-SA 3.0.



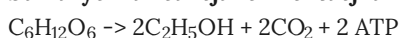
Fermentacja mleczanowa zachodzi w warunkach beztlenowych u bakterii i grzybów, a w ekstremalnych warunkach, podczas intensywnego wysiłku fizycznego, przeprowadzana jest również w komórkach mięśni szkieletowych. Dzięki temu procesowi mogą one produkować ATP poprzez fosforylację substratową, zachodzącą podczas glikolizy. Jej końcowym produktem jest pirogronian, który – redukując się do mleczanu – umożliwia utlenienie NADH do NAD⁺, który ponownie może być wykorzystywany w czasie glikolizy.

Źródło: Englishsquare.pl Sp. z o.o., Na podstawie: *Biologia Campbella*, praca zbiorowa, Rebis, Poznań 2016), licencja: CC BY-SA 3.0.

Fermentacja alkoholowa

Podczas fermentacji alkoholowej, w wyniku dwuetapowej przemiany pirogronianu powstaje końcowy produkt – etanol, od którego pochodzi nazwa procesu. Początkowo pirogronian ulega dekarboksylacji, w czasie której od jego cząsteczki zostaje odłączony dwutlenek węgla. W rezultacie powstaje dwuwęglowa cząsteczka aldehydu octowego. Następnie aldehyd octowy ulega redukcji do etanolu za pomocą NADH, który tym samym ulega utlenieniu do NAD⁺. Regeneracja NAD⁺ umożliwia kontynuację glikolizy i utlenienie następczej cząsteczki glukozy. Fermentację alkoholową przeprowadzają głównie grzyby, np. drożdże (m. in. *Saccharomyces cerevisiae*) i nieliczne bakterie.

Sumaryczna reakcja fermentacji alkoholowej:



Zdolność drożdży do prowadzenia fermentacji alkoholowej znalazła zastosowanie w przemyśle piekarniczym przy wypieku chleba i ciast drożdżowych oraz w przemyśle piwowarskim i winiarskim przy produkcji piwa oraz wina.



Drożdże *Saccharomyces cerevisiae* to jednokomórkowe grzyby szeroko rozprzestrzenione na kuli ziemskiej. Występują na powierzchni owoców, w sokach roślinnych, w glebie i odchodach zwierząt. Większość to saprofity, nieliczne są pasożytami ludzi i zwierząt.

Źródło: Conor Lawless, www.flickr.com, licencja: CC BY 2.0.



Drożdże są wykorzystywane do wypieku chleba i ciast drożdżowych. Powstający w czasie fermentacji alkoholowej dwutlenek węgla powoduje tzw. rośnięcie i spulchnianie ciasta. Z kolei etanol podczas pieczenia ciasta, pod wpływem wysokiej temperatury, ulega rozkładowi i nie jest wyczuwalny w czasie spożywania wypieku.

Źródło: <http://pixabay.com>, licencja: CC 0.



Drożdże są wykorzystywane do produkcji piwa i wina. Grzyby te przeprowadzają proces fermentacji alkoholowej, podczas której powstaje etanol oraz dwutlenek węgla. Stężenie alkoholu wyższe niż 10% jest śmiertelne dla komórek drożdży.

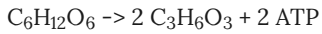
Źródło: <http://pixabay.com>, licencja: CC 0.

Fermentacja mleczanowa

W przypadku fermentacji mleczanowej podczas redukcji pirogronianu powstaje jednoetapowo mleczan, będący zjonizowaną formą kwasu mlekowego. Ten rodzaj fermentacji przeprowadzany jest przez niektóre bakterie i grzyby.

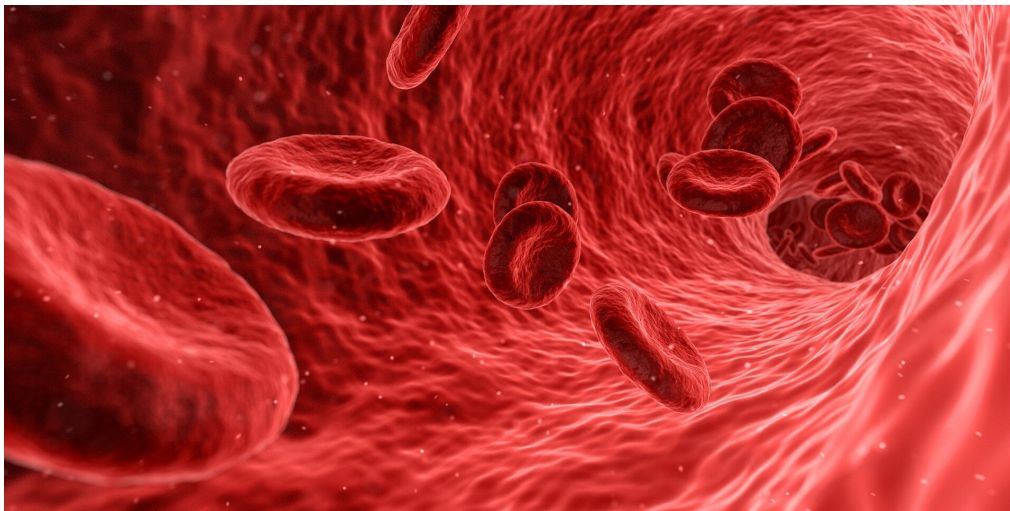
Organizmy te są wykorzystywane w przemyśle mleczarskim przy produkcji jogurtów i serów.

Sumaryczna reakcja fermentacji mleczanowej:



Jogurt produkuje się dzięki fermentacji mleczanowej przeprowadzanej przez bakterie z rodzaju *Lactobacillus*.
Źródło: <http://pixabay.com>, licencja: CC 0.

Komórki mięśni szkieletowych w warunkach tlenowych przeprowadzają oddychanie tlenowe. Podczas intensywnego wysiłku fizycznego, kiedy krążąca po organizmie krew nie dostarcza pracującym mięśniom wystarczających ilości tlenu, komórki mięśni szkieletowych przeprowadzają fermentację mleczanową. Pozyskiwana w tym procesie energia pozwala na podtrzymanie pracy mięśni. Efektem takiej zmiany metabolizmu jest gromadzenie się kwasu mlekowego w włóknach mięśniowych. Nadmiar mleczanu wydzielany jest do krwi i wraz z nią transportowany jest do wątroby, gdzie ulega przekształceniu do glukozy w procesie glukoneogenezy.



Erytrocyty, czyli krwinki czerwone, to jedyna grupa komórek w ludzkim organizmie, która pozyskuje energię niezbędną do realizacji procesów życiowych wyłącznie na drodze fermentacji mleczanowej. Komórki te nie posiadają mitochondriów, nie mogą zatem przeprowadzać oddychania tlenowego. Taka budowa erytrocytów jest przystosowaniem do funkcji, którą te komórki pełnią – transportu tlenu we krwi. Gdyby krwinki czerwone zawierały mitochondria i były zdolne do oddychania tlenowego, wówczas zużywałyby transportowany przez siebie tlen na własne potrzeby metaboliczne.

Źródło: <http://pixabay.com>, licencja: CC 0.

Ciekawostka



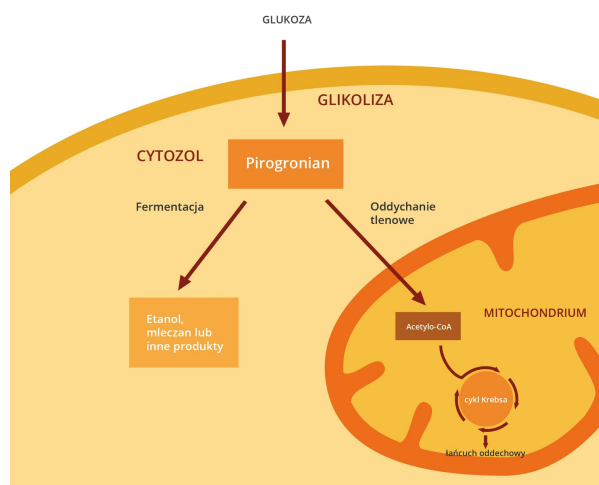
Kombucha to musujący napój o słodko-kwaśnym smaku, który powstaje w wyniku fermentacji słodzonej herbaty. Zachodzi ona dzięki tzw. grzybkowi herbacianemu (japońskiemu), którym jest biały kożuszek utworzony z różnych gatunków bakterii i drożdży. Kombucha zawiera wytworzone w procesie fermentacji kwasy organiczne, etanol oraz dwutlenek węgla.

Źródło: Mgarten, <http://commons.wikimedia.org>, licencja: CC BY-SA 3.0.

Wydajność fermentacji

Wydajność energetyczna fermentacji nie jest duża. Z jednej cząsteczki glukozy powstają w czasie glikolizy na drodze fosforylacji substratowej dwie cząsteczki ATP, co stanowi około 2% energii chemicznej zawartej w glukozie.

Powstający w ostatnim etapie glikolizy pirogronian jest przekształcany do etanolu lub kwasu mlekowego, czyli do związków organicznych, zawierających jeszcze sporą ilość energii chemicznej. Ze względu na brak cyklu Krebsa i łańcucha oddechowego energia ta pozostaje niedostępna dla komórki. Podczas oddychania komórkowego, tj. oddychania tlenowego i beztlenowego, pirogronian zostaje całkowicie utleniony do dwutlenku węgla i wody.



Glikoliza przebiega zarówno w warunkach tlenowych jak i beztlenowych. Jest to proces, w wyniku którego glukoza przekształcana jest w pirogronian. Produkt ten u anaerobów względnych, np. drożdży, może być następnie przekazywany do jednego z dwóch szlaków katabolicznych utleniania glukozy. W warunkach tlenowych pirogronian bierze udział w kolejnych etapach oddychania tlenowego, natomiast w warunkach beztlenowych z jego udziałem zachodzi fermentacja.

Źródło: Englishsquare.pl Sp. z o.o., Na podstawie: *Biologia Campbell*, praca zbiorowa, Rebis, Poznań 2016), licencja: CC BY-SA 3.0.

Energia uzyskana w wyniku oddychania tlenowego przenoszona jest za pomocą elektronów z NADH i FADH₂ na łańcuch oddechowy. Dochodzi wówczas do **fosforylacji oksydacyjnej** i utworzenia ATP. Wydajność energetyczna oddychania tlenowego jest duża. Z jednej cząsteczki glukozy powstaje 36-38 cząsteczek ATP, co stanowi około 40% energii chemicznej zawartej w glukozie.

Słownik

ATP

adenozyno-5'-trifosforan – nukleotyd adeninowy, zawierający grupę trifosforanową połączoną wiązaniem estrowym z grupą 5'-OH adenozy. Jest głównym nośnikiem energii w komórce ze względu na wysoką energię

wiązań pomiędzy grupami fosforanowymi

cykl Krebsa

cykl kwasu cytrynowego, w którym substrat, jakim jest acetylokoenzym A, zostaje utleniony do CO₂ w wyniku wielu przemian biochemicznych

fosforylacja

endoergiczna reakcja przyłączenia reszty fosforanowej do związku organicznego przebiegająca z utworzeniem wiązania fosforanowego, co ma miejsce m. in. podczas syntezy ATP z ADP

fosforylacja oksydacyjna

rodzaj fosforylacji, w której do utworzenia wiązania fosforanowego pomiędzy ADP i wolną resztą fosforanową wykorzystywana jest energia uwalniana podczas transportu protonów, przemieszczających się z przestrzeni międzybłonowej mitochondrium do matriks mitochondrium poprzez enzym – syntazę ATP

fosforylacja substratowa

rodzaj fosforylacji, w której dawcą energii do utworzenia wiązania fosforanowego jest wysokoenergetyczny substrat

glikoliza

(ang. *glycose*- kiedyś glukoza, *lysis*- degradacja) szlak metaboliczny, w którym na skutek wielu reakcji biochemicznych z jednej cząsteczki glukozy powstają: dwie cząsteczki pirogronianu, dwie cząsteczki ATP, dwie cząsteczki NADH oraz cząsteczka wody

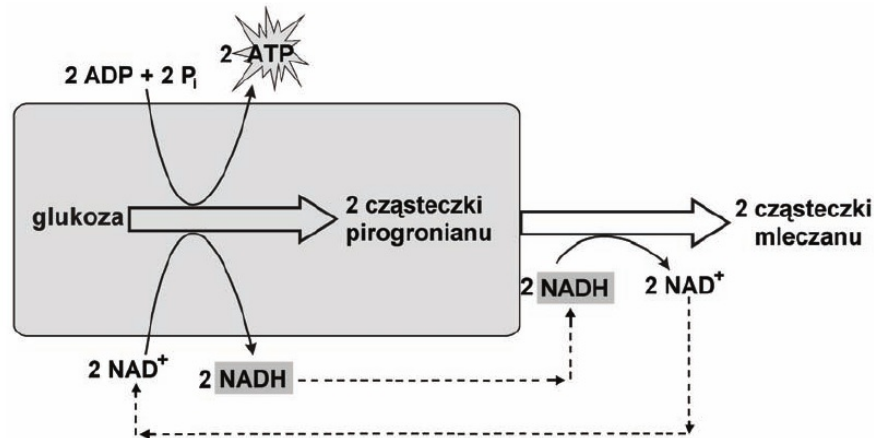
łańcuch oddechowy

tw. łańcuch transportu elektronów, kompleksy związków chemicznych wbudowane w wewnętrzną błonę mitochondrialną komórek eukariotycznych lub w błonę komórkową komórek prokariotycznych, które kolejno przyjmują i oddają wysokoenergetyczne elektrony kolejnym akceptorom. Podczas transportu elektronów zachodzi seria egzoenergetycznych reakcji redoks. Część uwolnionej energii służy do przepompowania protonów z matriks mitochondrium do przestrzeni międzybłonowej

Film samouczek

Polecenie 1

Niektóre bakterie i grzyby uzyskują energię w procesie fermentacji mleczanowej (mlekowej). Pierwszym etapem fermentacji jest glikoliza, w czasie której glukoza jest przekształcana do pirogronianu i zostaje uwolniona energia. W następnym etapie pirogronian jest przekształcany w mleczan. Mleczan jest związkiem szkodliwym dla komórki, natomiast pirogronian to związek kluczowy w przemianach metabolicznych. Na schemacie przedstawiono przebieg fermentacji mleczanowej.



Na podstawie: E. Solomon, L. Berg, D. Martin, C. Villee, *Biologia*, Warszawa 1996.

Źródło: CKE, domena publiczna.

Odnosząc się do powyższego tekstu oraz schematu, wyjaśnij, jakie znaczenie dla przebiegu fermentacji mleczanowej ma przekształcanie pirogronianu w mleczan podczas tego procesu. Zapisz swoją odpowiedź, a następnie obejrzyj film pt. "Fermentacja" i sprawdź, czy twoje wyjaśnienie jest prawidłowe.

Film dostępny na portalu epodreczniki.pl

Fermentacja

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

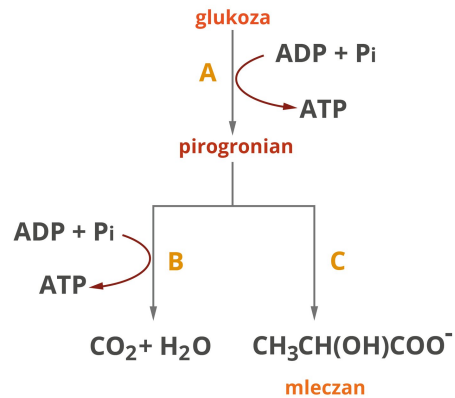
Film nawiązujący do treści materiału

Polecenie 2

Podczas fermentacji alkoholowej aldehyd octowy jest redukowany do etanolu, natomiast podczas fermentacji mleczanowej pirogronian jest redukowany do mleczanu. Wyjaśnij, w jakim celu zachodzą te reakcje i jaki związek chemiczny jest w nich donorem elektronów.

Polecenie 3

Do pracy mięśni potrzebna jest energia dostarczana przez ATP (adenozyno-5'-trifosforan). Poniższy schemat przedstawia dwa alternatywne szlaki metaboliczne wytwarzania ATP, zachodzące w komórkach mięśniowych.



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

Ich wspólnym etapem jest przedstawiony w uproszczeniu proces A. W zależności od stopnia natlenienia krwi dopływającej do mięśni powstały w jego wyniku pirogronian ulega dalszym przemianom – B lub C.

Podaj nazwę procesów A, B oraz C oraz miejsce w komórce, w którym zachodzi proces A.

Polecenie 4

W dostępnych ci źródłach sprawdź, jakie rodzaje fermentacji – poza fermentacją mleczanową i fermentacją alkoholową – są przeprowadzane przez mikroorganizmy oraz jakie są główne produkty tych fermentacji.

Sprawdź się

Ćwiczenie 1



Zaznacz prawidłową odpowiedź. Szlak degradacji glukozy do pirogronianiu to inaczej:

- glikoliza
- cykl kwasu cytrynowego
- utlenianie pirogronianu
- fermentacja mleczanowa
- oddychanie beztlenowe

Ćwiczenie 2



Zaznacz poprawne dokończenia zdania. Fermentacja...

- zachodzi tylko u bakterii
- zachodzi u niektórych bakterii i grzybów
- obejmuje glikolizę i redukcję pirogronianu
- obejmuje glikolizę, cykl Krebsa i łańcuch transportu elektronów

Ćwiczenie 3



Połącz w pary.

zjonizowana postać kwasu mlekowego, zredukowana postać dinukleotydu nikotynoamidoadeninowego, utleniona postać dinukleotydu nikotynoamidoadeninowego, końcowy produkt fermentacji alkoholowej, 3-węglowy produkt glikolizy

mleczan	
etanol	
pirogronian	
NADH	
NAD ⁺	

Ćwiczenie 4



Uzupełnij zdania właściwymi wyrazami.

dwuetapowo, mleczanowej, redukcji, etanol, pirogronianu, mleczan, alkoholowej, jednoetapowo, glukozy, utleniania, metanol

W fermentacji końcowym produktem jest, który powstaje na drodze dwuetapowej przemiany Produkt fermentacji, jakim jest, powstaje na skutek pirogronianu.

Ćwiczenie 5



Źródło: domena publiczna.

Ćwiczenie 6



Określ, które z poniższych zdań są prawdziwe, a które fałszywe.

	PRAWDA	FAŁSZ
Fermentacja mleczanowa może zachodzić w organizmie ludzkim.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Oddychanie beztlenowe jest bardziej wydajne niż fermentacja.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Podczas glikolizy z jednej cząsteczki glukozy powstają netto cztery cząsteczki ATP.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Regeneracja NAD^+ jest niezbędna, aby glikoliza zachodziła w sposób ciągły.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Fermentacja jest procesem anabolicznym.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Ćwiczenie 7



Uzupełnij tabelę zestawiającą najważniejsze informacje dotyczące przebiegu procesów oddychania tlenowego, oddychania beztlenowego i fermentacji.

Losy elektronów z NADH, Końcowy akceptor elektronów, Zredukowany produkt, przekazane do łańcucha transportu elektronów, dwutlenek węgla, glukoza, glikoliza

	Oddychanie tlenowe	Oddychanie beztlenowe	Fermentacja
Losy elektronów z NADH		przekazane do łańcucha transportu elektronów	
Końcowy akceptor elektronów			
Zredukowany produkt			

Ćwiczenie 8



Sok wyciśnięty z liści czerwonej kapusty ma ciemnoniebieską barwę, wynikającą z obecności barwników – antocyjanów. W środowisku kwasowym antocyjany przyjmują barwę czerwoną, dzięki czemu mogą być wykorzystane jako wskaźnik kwasowości.

Źródło: pixabay.com/pl, licencja: CC 0.

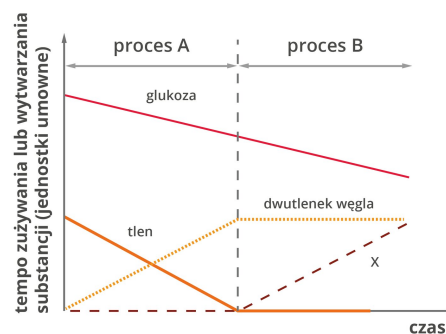
Wykonano eksperyment, w którym do słoika z sokiem z liści kapusty dodano cukru oraz drożdży, po czym zamknięto go szczelnie tak, aby odciąć w nim dostęp do tlenu. Po upływie godziny sok zmienił barwę z ciemnoniebieskiej na czerwoną.

Wyjaśnij, jaki proces zaszedł w słoiku oraz jaka substancja po rozpuszczeniu się w wodzie bezpośrednio przyczyniła się do zmiany zabarwienia soku.

Ćwiczenie 9



Poniższy schemat obrazuje zależność szybkości zużywania substratów oraz powstawania produktów podczas dwóch następujących po sobie procesów A i B. Ich rolą jest dostarczanie energii mięśniom szkieletowym, która jest niezbędna do ich pracy.



Zależność szybkości zużywania substratów oraz powstawania produktów procesów A i B.

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

Odpowiedz na pytania: Jak nazywają się procesy A i B? Jaka substancja, oznaczona literą X, powstaje jako produkt procesu oznaczonego literą B

Dla nauczyciela

Autor: Zyta Sendicka

Przedmiot: biologia

Temat: Fermentacje, czyli alternatywny sposób uzyskiwania energii

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:

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

Zakres rozszerzony

Treści nauczania – wymagania szczegółowe

III. Energia i metabolizm.

5. Pozyskiwanie energii użytecznej biologicznie. Uczeń:

5) porównuje drogi przemiany pirogronianu w fermentacji alkoholowej, mleczanowej i w oddychaniu tlenowym;

6) wyjaśnia, dlaczego utlenianie substratu energetycznego w warunkach tlenowych dostarcza więcej energii niż w warunkach beztlenowych;

Kształowane kompetencje kluczowe:

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

Cele operacyjne:

Uczeń:

- objaśnia przebieg procesu fermentacji i oddychania beztlenowego;
- analizuje i porównuje drogi przemiany pirogronianu w fermentacji alkoholowej, mleczanowej i w oddychaniu tlenowym;
- przeprowadza obserwację procesu fermentacji alkoholowej;
- zapisuje przebieg procesu fermentacji alkoholowej i mleczanowej w postaci reakcji chemicznej;
- wysnuwa wnioski na temat efektywności fermentacji w stosunku do oddychania tlenowego.

Strategie nauczania:

- konstruktywizm;
- konektywizm;
- IBSE (nauczanie przez dociekanie naukowe);
- strategia eksperymentalno-obszawacyjna;
- nauczanie hybrydowe;
- strategia kształcenia wyprzedzającego.

Metody i techniki nauczania:

- odwrócona klasa;
- ćwiczenia laboratoryjne;
- ćwiczenia interaktywne;
- łańcuchy myślowe;
- praca z filmem;
- pokaz nauczycielski.

Formy pracy:

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

Środki dydaktyczne

- komputery dostępem do internetu;
- zasoby multimedialne zawarte w e-materiale;
- tablica interaktywna/tablica, pisak/kreda;
- zestawy laboratoryjne do przeprowadzenia przez uczniów obserwacji fermentacji alkoholowej (odczynniki: woda wapienna, 100 ml ciepłej wody destylowanej, 10 g drożdży spożywczych, 50 g glukozy; aparatura: kolba stożkowa o pojemności 250 ml, zlewka, bagietka, korek z rurką odprowadzającą);
- zestaw laboratoryjny do przeprowadzenia pokazu nauczycielskiego (dwie probówki, 200 ml soku z kapusty, drożdże, cukier, folia);
- duże arkusze papieru i kolorowe mazaki.

Przed lekcją

Uczniowie samodzielnie zbierają i porządkują informacje związane z tematem lekcji, zapoznają się z treścią e-materiału poświęconego tematowi fermentacji. Poszukują odniesień do wiedzy zdobytej w życiu codziennym.

Około 15-20 minut przed lekcją nauczyciel przygotowuje się do pokazu. Do dwóch probówek, oznaczonych A i B, wlewa po 100 ml soku z czerwonej kapusty. Do jednej z probówek dodaje trochę drożdży i trochę cukru. Obydwie probówki szczelnie okleja folią.

Przebieg zajęć

Faza wstępna

1. Nauczyciel, odwołując się do wiedzy uczniów, zdobytej podczas wcześniejszych zajęć oraz samodzielnych przygotowań do lekcji, prosi ochotników o zdefiniowanie pojęć:
 - oddychanie tlenowe;
 - oddychanie beztlenowe;
 - glikoliza;
 - fermentacja.
2. Nauczyciel przedstawia temat i cele lekcji.

Faza realizacyjna

1. Nauczyciel dzieli klasę na grupy, rozdaje podopiecznym duże arkusze papieru i mazaki. Zadaniem każdego zespołu jest skonstruowanie na podstawie schematów zamieszczonych w sekcji „Przeczytaj” tabeli porównującej fermentację alkoholową i mleczanową pod względem substratów i produktów. Nauczyciel monitoruje pracę uczniów, koryguje ewentualne błędy.
2. Nauczyciel prezentuje klasie przygotowane ok. 15–20 minut przed lekcją dwie probówki z sokiem z czerwonej kapusty, szczelnie oklejone folią. Jedna z nich oprócz soku powinna zawierać niewielką ilość drożdży i cukru. Aby umożliwić uczniom późniejsze przewidywanie wyników doświadczenia, nauczyciel omówia wartość soku z czerwonej kapusty jako wskaźnika pH środowiska. Następnie zapisuje na tablicy łańcuch myślowy: „czerwona barwa liści kapusty – czerwone/fioletowe/niebieskie barwniki w liściach, kwiatach i owocach – barwniki w wakuolach – antocyjany – zmiana barwy antocyjanów w zależności od pH”. Przypomina, że antocyjany to barwniki rozpuszczalne w wodzie, zgromadzone w wakuolach komórek roślin okrytonasiennych nadające kwiatom, owocom, liściom (np. liściom kapusty czerwonej) kolor czerwony, fioletowy czy niebieski oraz że barwa antocyjanów zależy od pH – w roztworach kwaśnych (pH niskie) są czerwone, w roztworach zasadowych (pH wysokie) – niebieskie lub fioletowe.
3. Wykorzystując zapisany na tablicy ciąg myślowy, uczniowie rozbudowują poszczególne ogniwa łańcucha. Nauczyciel pyta podopiecznych, jakie według nich znajdą zmiany w obu probówkach.
4. Nauczyciel zachęca uczniów do utworzenia kolejnego łańcucha myślowego i na tablicy zapisuje: „drożdże – cukier – fermentacja alkoholowa – alkohol + dwutlenek węgla”. Prosi uczniów, aby zastanowili się, jak pojawienie się dwutlenku węgla oddziałuje na środowisko biologiczne (dwutlenek węgla w środowisku wodnym tworzy słaby kwas węglowy, co powoduje zakwaszenie środowiska – obniżenie pH). Wskazana osoba zapisuje na tablicy wszystkie pomysły w formie mapy myśli. Nauczyciel informuje uczniów, że zweryfikują swoje przewidywania pod koniec lekcji.
5. Nauczyciel prezentuje probówki z sokiem z kapusty. Uczniowie weryfikują swoje pomysły zapisane w formie

mapy myśli na tablicy. Następnie wykonują ćwiczenie nr 9 z zestawu.

6. Uczniowie, pracując w grupach, przeprowadzają obserwację procesu fermentacji alkoholowej zgodnie z instrukcją wyświetloną na tablicy interaktywnej przez nauczyciela. Odnotowują swoje spostrzeżenia i wnioski. Zapisują reakcję, która zaszła. Nazywają substraty oraz produkty reakcji.
7. Liderzy grup omawiają wyniki prac zespołu, nauczyciel ocenia ich poprawność.

Faza podsumowująca

Nauczyciel zadaje pytania skłaniające uczniów do podsumowania, np.:

- Jakie są sposoby wykrywania dwutlenku węgla jako produktu fermentacji alkoholowej?
- Jakie znacie przykłady zastosowania przez człowieka procesu fermentacji?
- W jaki sposób można wykazać różnice między fermentacją alkoholową, mleczanową a oddychaniem tlenowym?

Praca domowa

Uczniowie wykonują polecenie nr 1 (zamieszczone w sekcji „Film samouczek”): rozwiązują wskazane zadanie, a następnie oglądają film samouczek pt. „Fermentacja”, aby sprawdzić poprawność swojego toku rozumowania.

Materiały pomocnicze

Instrukcja przeprowadzenia obserwacji procesu fermentacji alkoholowej.

1. Do kolby stożkowej wsyp glukozę i zalej ją wodą destylowaną.
2. Całość wymieszaj za pomocą bagietki aż do rozpuszczenia się glukozy.
3. Dodaj drożdże spożywcze.
4. Kolbę zamknij korkiem.
5. Koniec rurki odprowadzającej umieść w zlewce z wodą wapienną.
6. Zapisz obserwacje, wnioski oraz zapisz reakcję, która zaszła. Nazwij substraty oraz produkty reakcji.

Wskazówki metodyczne opisujące różne zastosowania filmu samouczka

Film samouczek może być wykorzystany przez uczniów podczas samodzielnego przygotowywania się do zajęć.

Nauczyciel może zaprezentować film także na lekcjach dotyczących oddychania komórkowego.