

Fermentacja alkoholowa drożdży

- [Wprowadzenie](#)
- [Przeczytaj](#)
- [Wirtualne laboratorium \(WL-S\)](#)
- [Sprawdź się](#)
- [Dla nauczyciela](#)



Fermentacja alkoholowa drożdży

Alkohol etylowy jest produktem fermentacji alkoholowej drożdży. Przy wytwarzaniu różnych gatunków alkoholi stosuje się odrębne szczepy: np. drożdże winiarskie, piwowarskie, gorzelnicze.
Źródło: pixabay.com, domena publiczna.

Drożdże, jednokomórkowe grzyby, są wykorzystywane w wielu procesach przemysłowych, a także w badaniach genetycznych. W warunkach beztlenowych przeprowadzają one proces fermentacji, którego produktami końcowymi są alkohol etylowy i dwutlenek węgla. Etanol jest składnikiem wykorzystywanym np. do produkcji leków, napojów alkoholowych oraz biopaliw.

Twoje cele

- Wyjaśnisz, na czym polega proces fermentacji alkoholowej.
- Wymienisz sektory przemysłowe wykorzystujące proces fermentacji alkoholowej.
- Omówisz znaczenie biologiczne procesu fermentacji alkoholowej.

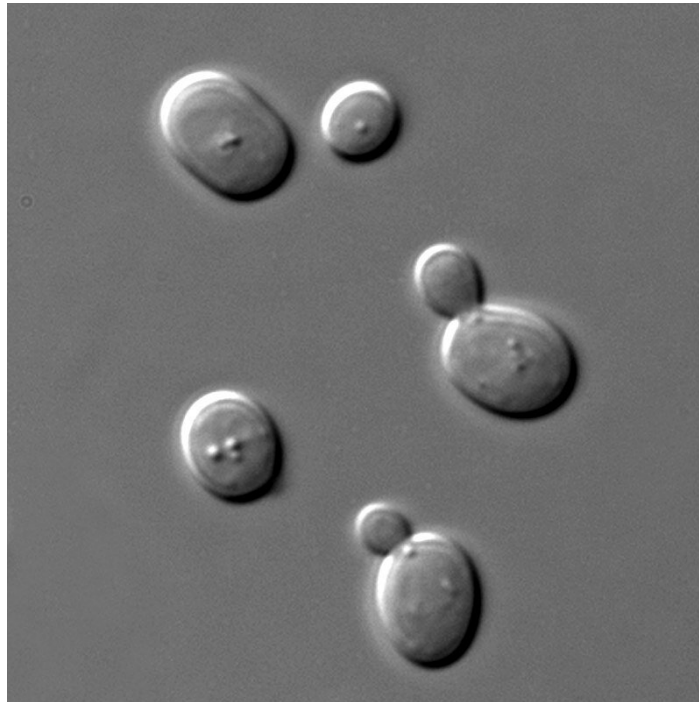
Przeczytaj

Drożdże

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

Drożdże są jednokomórkowymi grzybami rozmnażającymi się bezpłciowo przez pączkowanie. W celu pozyskania energii zmagazynowanej w wiązaniach chemicznych, przy dostępie do tlenu przeprowadzają proces oddychania tlenowego. Natomiast w warunkach beztlenowych w ich komórkach zachodzi [fermentacja alkoholowa](#).

Grzyby te są źródłem wielu enzymów wykorzystywanych nie tylko w przemyśle spożywczym i spirytusowym, ale także farmaceutycznym. Największe znaczenie gospodarcze mają szczepy i odmiany *Saccharomyces cerevisiae*.



Pączkujące drożdże *Saccharomyces cerevisiae*. Poszczególnych szczepów tego gatunku już od starożytności używa się w wyspecjalizowanych procesach produkcji.

Źródło: Masur, Wikimedia Commons, domena publiczna.

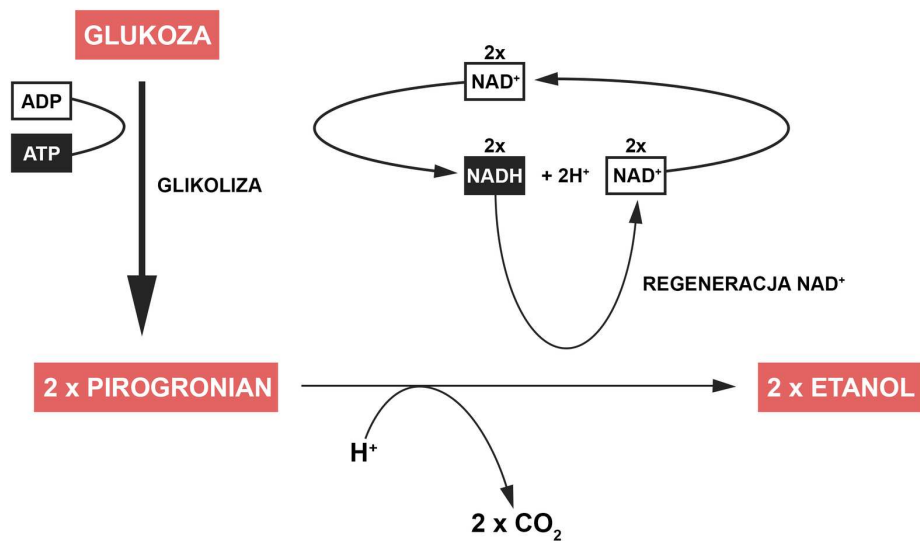
Drożdże, tak jak wszystkie organizmy, potrzebują do życia różnych pierwiastków. Wzbogacenie podłoża hodowlanego w azot, węgiel, fosfor, potas i magnez stymuluje rozwój i wzrost komórek drożdży, a tym samym intensyfikuje proces fermentacji.

Fermentacja alkoholowa

Fermentacja alkoholowa jest procesem przeprowadzanym przez drożdże w warunkach beztlenowych. Charakteryzuje się przekształcaniem cukrów, głównie heksozy, do etanolu i dwutlenku węgla. W wyniku działania stresorów na drożdże podczas fermentacji mogą powstawać również produkty uboczne, z których najczęstszym jest glicerol.

U wielu organizmów zachodzą także inne rodzaje fermentacji, w których powstają: kwasy organiczne, estry, związki karbonylowe (aldehydy, ketony) i alkohole wyższe.

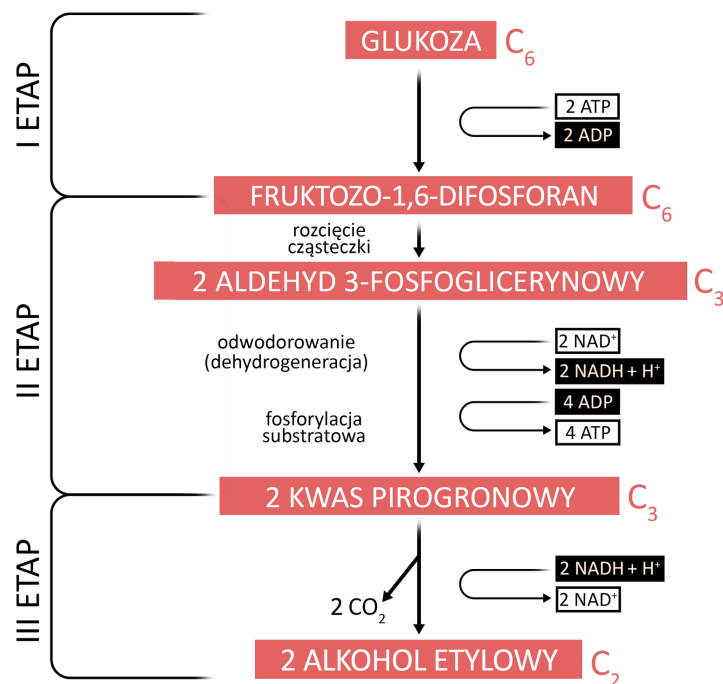
FERMENTACJA ALKOHOLOWA



Przebieg fermentacji alkoholowej przeprowadzanej przez drożdże.

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

Fermentacja alkoholowa to proces trójetapowy. W pierwszym, obejmującym fosforylację i izomeryzację, z glukozy – pod wpływem [ATP](#) – powstaje fruktozo-1,6-difosforan. W drugim etapie rozpada się on na dwie cząsteczki aldehydu 3-fosfoglicerynowego, które przekształcane są w dwie cząsteczki kwasu pirogronowego. Reakcje tych etapów fermentacji są więc reakcjami procesu glikolizy. W ostatnim etapie pirogronian przekształcany jest w alkohol etylowy i dwutlenek węgla – dochodzi też do utlenienia powstałego podczas glikolizy [NADH](#) do [NAD⁺](#).



Schemat przemian chemicznych podczas fermentacji alkoholowej.

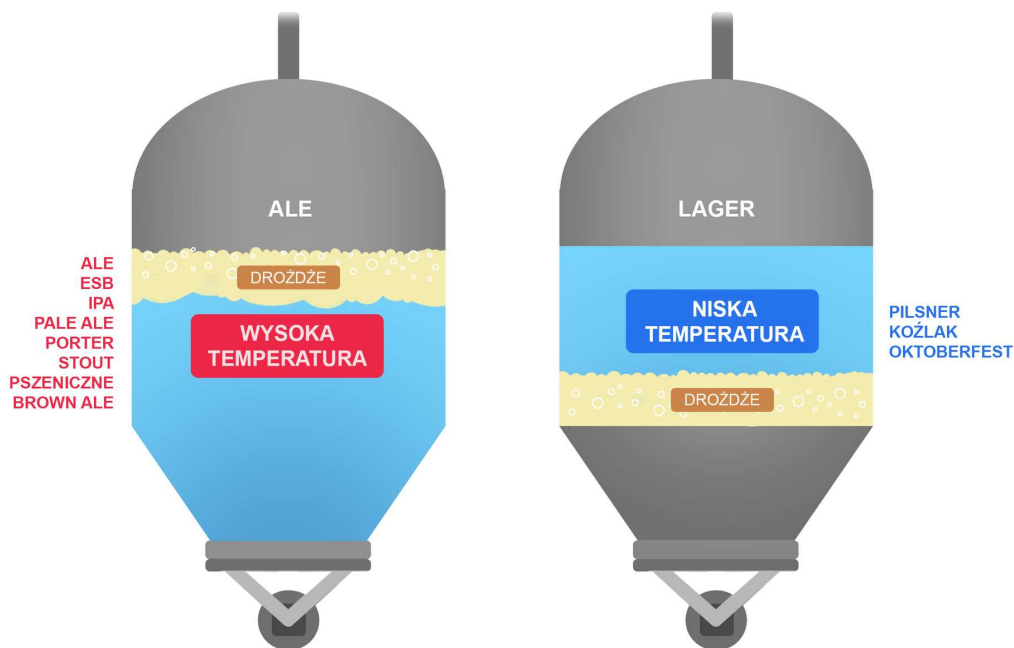
Źródło: Englishsquare.pl Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

W miarę rozwoju technologii produkcji etanolu opracowano optymalne warunki środowiska życia drożdży sprzyjające maksymalizacji wydajności procesu. Enzymy uczestniczące w procesie fermentacji alkoholowej wykazują najwyższą aktywność w środowisku obojętnym i lekko kwaśnym (4–7,3 pH), a obecność jonów jedno- i dwuwartościowych wpływa stabilizująco na ich strukturę. Enzymy te cechują się aktywnością w szerokim zakresie temperatur (40–85°C), jednak optymalna temperatura dla ich działania jest różna dla poszczególnych szczepów drożdży.

Wykorzystanie procesu fermentacji alkoholowej w przemyśle

W przemyśle spożywczym i gorzelniczym najczęściej wykorzystywane są drożdże *Saccharomyces cerevisiae*. W zależności od stosowanego surowca poszczególne szczepy tego gatunku produkują różne ilości alkoholu.

W piwowarstwie wykorzystywane są dwa rodzaje fermentacji – górna i dolna. Starszym i szybszym procesem jest fermentacja górna. W jej wyniku powstaje piwo typu *ale*. Przeprowadzają ją różne szczepy *Saccharomyces cerevisiae*, które zbierają się na powierzchni [brzeczki](#), półproduktu do przygotowania piwa, zawierającego słód, chmiel i wodę. Drożdże górnej fermentacji preferują temperaturę 15–20°C. Dolna fermentacja etanolu zachodzi w niższych temperaturach (4–10°C). Przeprowadzana jest przez drożdże z gatunku *Saccharomyces pastorianus (calbergensis)*, które opadają na dno fermentatora. W wyniku tego procesu powstaje piwo typu *lager*.



Różnice w dolnej i górnej fermentacji piwa.

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

Dzięki drożdżom powstaje jednak nie tylko alkohol. W połowie XVIII w. Joseph Priestley, kaznodzieja i nauczyciel, zainteresował się gazem, który uwalniany jest podczas warzenia piwa w trakcie procesu fermentacji alkoholowej – dwutlenkiem węgla. Priestley wykazał, że można nim nasycać wodę. W ten sposób prawdopodobnie została odkryta woda sodowa.



Woda sodowa i inne gazowane napoje zawdzięczają „bąbelki” właśnie drożdżom.

Źródło: pixabay.com, domena publiczna.

Dwutlenek węgla powstający przy fermentacji alkoholowej wykorzystywany jest także w piekarniach. Gaz ten powoduje spulchnianie ciasta. W tym celu najczęściej wykorzystywane są drożdże gatunku *Saccharomyces cerevisiae*. W produkcji pieczywa do przeprowadzania procesu fermentacji oprócz drożdży wykorzystywane są także bakterie kwasu mlekowego (tzw. zakwas).



Ciasto drożdżowe. W wyniku fermentacji drożdży (głównie z gatunku *Saccharomyces cerevisiae*) powstają alkohol i dwutlenek węgla, który tworzy przestrzenną strukturę ciasta drożdżowego.

Źródło: pixabay.com, domena publiczna.

Ważne!

Dwutlenek węgla CO_2 dodany do wody wapiennej – $\text{Ca}(\text{OH})_2$ – powoduje jej mętnienie. Równanie reakcji:



Woda wapienna jest więc odczynnikiem pozwalającym na zidentyfikowanie (wykrycie) dwutlenku węgla.

Ciekawostka

Ludwik Pasteur, „ojciec mikrobiologii”, w 1876 r. opublikował badania pt. „Studia nad piwem” (fr. „*Etudes sur la Bière*”), zapoczątkowując rozwój mikrobiologii oraz współczesnego przemysłu spirytusowego.

Źródło: Magdalena Biesiadecka, Barbara Drygaś, *Zmiana szybkości przyrostu biomasy i analiza zawartości białka w wybranych szczepach suchych drożdży piwnych*, Wydział Nauk o Żywności i Żywieniu, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, Poznań, 2016, 85–93.

Ciekawostka

Około 90% piwa powstaje dziś w wyniku fermentacji dolnej – większość piw to lagery.

Źródło: Magdalena Biesiadecka, Barbara Drygaś, *Zmiana szybkości przyrostu biomasy i analiza zawartości białka w wybranych szczepach suchych drożdży piwnych*, Wydział Nauk o Żywności i Żywieniu, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, Poznań, 2016, 85–93.

Dla zainteresowanych

Pojęcie „alkohol” zostało prawdopodobnie wprowadzone przez Paracelsusa (Philippus Aureolus Theophrastus Bombastus von Hohenheim), „ojca medycyny nowożytnej”. Potoczna nazwa alkoholu etylowego – spirytus – pochodzi od łacińskiego określenia *spiryтус vinum*, dosłownie oznaczającego duch wina. Nazwa ta miała oznaczać produkt pochodzący (wyzolowany) z wina.

Źródło: Krzysztof Kumański, *Trochę historii ziemi, wody i alkoholu*, Kosmos, 2012, 61, 1, 294, 5-9.

Słowniczek

ATP

adenozyno-5'-trifosforan – nukleotyd adeninowy zawierający grupę trifosforanową połączoną wiązaniem estrowym z grupą 5'-OH adenozyiny; jest głównym nośnikiem energii w komórce ze względu na wysoką energię wiązań pomiędzy grupami fosforanowymi

brzeczka

półprodukt potrzebny do warzenia piwa, zawierający słód, chmiel i wodę. Brzeczka jest cieczą klarowną, powstaje po filtracji zacieru

fermentacja alkoholowa

proces biochemiczny zachodzący w warunkach beztlenowych, w wyniku którego dochodzi do regeneracji NAD^+ ; produktami końcowymi fermentacji alkoholowej są: alkohol etylowy, dwutlenek węgla oraz ATP

NAD^+

dinukleotyd nikotynoamidoadeninowy, organiczny związek będący akceptorem elektronów i protonów podczas procesów oddychania komórkowego

NADH

dinukleotyd nikotynoamidoadeninowy, forma zredukowana NAD^+

Wirtualne laboratorium (WL-S)

Laboratorium 1

Zaplanuj i przeprowadź doświadczenie, które pozwoli ci rozwiązać poniższy problem badawczy. Postaw hipotezę i ją zweryfikuj. Zapisz instrukcję, wyniki doświadczenia oraz sformułuj wnioski.

Temat: Określenie rodzaju gazu, jaki powstaje podczas fermentacji alkoholowej.

Problem badawczy: Czy podczas fermentacji alkoholowej jest wydzielany gaz powodujący zmętnienie wody wapiennej?

Sprzęt laboratoryjny:



1

Korek z rurką odprowadzającą

2

Pipety

3

Szkiełka zegarkowe

4

Szklana bagietka

5

Kolba stożkowa o pojemności 500 ml

6

Zlewki o pojemności 500 ml

7

Łyżki do odczynników

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

Odczynniki:

- woda destylowana
- woda wapienna
- drożdże
- glukoza



Zasób interaktywny dostępny pod adresem <https://zpe.gov.pl/a/D1GLlvAl3>

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

Analiza doświadczenia: *Fermentacja alkoholowa drożdży.*

Problem badawczy: Czy podczas fermentacji alkoholowej jest wydzielany gaz powodujący zmętnienie wody wapiennej?

Hipoteza

Instrukcja

Wyniki

Wnioski

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Spośród podanych niżej związków chemicznych wybierz dwa, które produkowane są przez drożdże w warunkach beztlenowych.

☐

etanol

☐

kwask mlekowy

☐

dwutlenek węgla

☐

metanol

☐

glukoza

Ćwiczenie 2



Przygotowano cztery zlewki zawierające po 100 ml wody. Do pierwszej i drugiej zlewki dodano po 5 g skrobi, a do trzeciej i czwartej zlewki identyczną ilość glukozy. Zawartość zlewek zamieszano, a zlewek pierwszej i trzeciej dodatkowo zagotowano. Po wystudzeniu zawartości zlewek do każdej z nich dodano po 5 ml kultur drożdży. Na wyloty wszystkich naczyń nałożono balony.

Spośród poniższych wybierz poprawny opis wyniku eksperymentu.

- ☐ balony na zlewkach pierwszej, trzeciej i czwartej zwiększyły swoją objętość
- ☐ balony na wszystkich zlewkach zwiększyły swoją objętość
- ☐ balony na zlewkach pierwszej i trzeciej zwiększyły swoją objętość

Wybierz poprawne wyjaśnienie tych obserwacji.

- ☐ Drożdże jako substraty do fermentacji alkoholowej wykorzystały glukozę i skrobię obecne w zlewkach. Wyprodukowany dwutlenek węgla napętnił balon.
- ☐ Drożdże jako substraty do fermentacji alkoholowej wykorzystały cukry proste powstałe z termicznego rozpadu skrobi i glukozy w zlewkach pierwszej i trzeciej. Wyprodukowany dwutlenek węgla napętnił balon.
- ☐ Drożdże jako substraty do fermentacji alkoholowej wykorzystały glukozę obecną w zlewkach trzeciej i czwartej oraz węglowodany powstałe z termicznego rozpadu skrobi w zlewce pierwszej. Wyprodukowany dwutlenek węgla napętnił balon.

Ćwiczenie 3



W doświadczeniu użyto dwóch bioreaktorów. W każdym znajdowała się pożywka zawierająca cukier metabolizowany przez drożdże. Pożywki zaszczipiono drożdżami, a w bioreaktorze II zastosowano również napowietrzanie. U wylotu bioreaktorów zamontowano wężyki, których końce zanurzone były w roztworach wody wapiennej. Po pewnym czasie zaobserwowano zmętnienie wody wapiennej w obu zestawach doświadczalnych. Wstaw w odpowiednie miejsca nazwę gazu, który spowodował zmętnienie wody wapiennej, oraz nazwy procesów metabolicznych odpowiedzialnych za produkcję tego gazu.

Nazwa gazu:

Nazwa procesu zachodzącego w bioreaktorze I:

Nazwa procesu zachodzącego w bioreaktorze II: /

tlenek węgla

fermentacja wapienna

azot

oddychanie beztlenowe

utlenianie biologiczne

fermentacja alkoholowa

dwutlenek węgla

oddychanie tlenowe

oddychanie holotropowe

tlen

fermentacja metanowa

Ćwiczenie 4



Uzupełnij luki w tekście poprawnymi wyrażeniami.

Drożdże są jednokomórkowymi wielokomórkowymi grzybami rozmnażającymi się płciowo bezpłciowo przez pączkowanie zarodniki . W celu pozyskania energii przeprowadzają tlenowy proces spalania cukrów tłuszczów . Natomiast w warunkach beztlenowych w ich komórkach zachodzi fermentacja mlekowa alkoholowa . Największe znaczenie gospodarcze mają szczepy i odmiany *Saccharomyces cerevisiae* *Saccharomyces pastorianus* .

Ćwiczenie 5



Na wydajność produkcji etanolu wpływa wiele czynników środowiskowych. Do najważniejszych należą: temperatura, stężenie substratu i pH. W pewnym eksperymencie badano tempo wytwarzania etanolu przez drożdże z gatunku *Bretanomyces bruxellensis*. Przygotowano cztery zestawy badawcze:

I – drożdże przeprowadzały fermentację w temperaturze 20°C, w 10-procentowym stężeniu glukozy w roztworze i pH 7

II – drożdże przeprowadzały fermentację w temperaturze 20°C, w 5-procentowym stężeniu glukozy w roztworze i pH 7

III – drożdże przeprowadzały fermentację w temperaturze 20°C, w 10-procentowym stężeniu glukozy w roztworze i pH 5

IV – drożdże przeprowadzały fermentację w temperaturze 20°C, w 5-procentowym stężeniu glukozy w roztworze i pH 5

Uzupełnij poniższe zdania, tak aby zawierały informacje prawdziwe.

W celu sformułowania prawidłowych wniosków do powyższego eksperymentu wyniki uzyskane z zestawu I należy porównać z wynikami z . Wyniki uzyskane w zestawie IV należy porównać z tymi z .

zestawów II i IV

zestawów II i III

zestawów I i II

zestawów II i III

Ćwiczenie 6



W warunkach beztlenowych drożdże skutecznie fermentują moszcz winogronowy, czyli świeżo wyciśnięty sok z winogron. W przypadku produkcji piwa fermentacji ulega brzeczka piwna, czyli zawiesina uzyskana w wyniku gotowania i ostudzenia zmielonego wcześniej słodu jęczmiennego. Z kolei słód jęczmienny to po prostu kiełkowane nasiona jęczmienia.

Na podstawie powyższego tekstu wymień dwa procesy, jakim poddawane jest ziarno jęczmienia, dzięki którym drożdże otrzymują substrat do fermentacji alkoholowej.

☐ czyszczenie

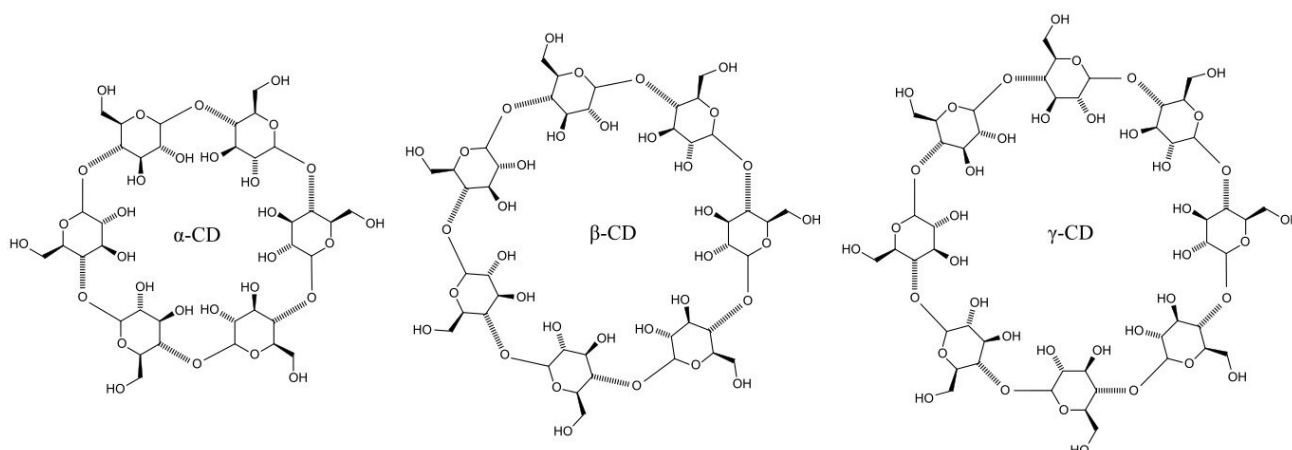
☐ prażenie

☐ studzenie

☐ gotowanie

☐ kiełkowanie

Ćwiczenie 7



Na podstawie: Łukasz Orzechowski, *Transgeniczne drożdże browarniane produkujące cyklodekstryny, sposobem na poprawienie właściwości piwa.*

Źródło: Stanisław Skowron, wikipedia.org, licencja: CC BY-SA 3.0.

Nowe szczepy drożdży browarnianych uzyskuje się nie tylko drogą selekcji, ale także dzięki mutagenzie i modyfikacjom genetycznym. W 2011 r. zasugerowano możliwość uzyskania genetycznie zmienionych drożdży potrafiących przetwarzać węglowodany nie tylko w etanol, ale i w cyklodekstryny. Cyklodekstryny są wyjątkowymi cyklicznymi węglowodanami nietrawionymi przez organizm człowieka. Ich zewnętrzne powierzchnie mają charakter hydrofilowy, natomiast wewnętrzne – hydrofobowy.

Korzystając z powyższego tekstu i własnej wiedzy, połącz właściwość cyklodekstryn produkowanych przez hipotetyczne transgeniczne drożdże z możliwymi skutkami ich użycia.

Mają hydrofilową powierzchnię zewnętrzną.

Cyklodekstryny łatwo rozpuszczają się w roztworach wodnych, w tym w napojach alkoholowych.

Mają hydrofobową powierzchnię wewnętrzną.

Możliwość enkapsulowania niepolarnych związków organicznych psujących właściwości sensoryczne piwa.

Korzystając z powyższego tekstu i własnej wiedzy, wyjaśnij, dlaczego produkcja cyklodekstryn z części węglowodanów znajdujących się w brzeczce piwnej mogłaby być korzystna dla diabetyków (osób chorych na cukrzycę).

Ćwiczenie 8



Piwowarstwo domowe staje się coraz popularniejszym hobby. W procesie wytwarzania piwa typu *pils* przeprowadza się nie jedną, a dwie fermentacje. Pierwsza odbywa się w dużym fermentorze z rurką wylotową. Po odpowiednim czasie wstępnie sfermentowane piwo przelewa się do butelek, dodaje odrobinę sacharozy lub glukozy, i zamyka kapslem. Drożdże piwowskie nie należą do odmian odpornych na wysokie stężenie alkoholu. Wytrzymują jednak bardzo wysokie ciśnienia.

Na podstawie powyższego tekstu i własnej wiedzy o fermentacji alkoholowej wyjaśnij, dlaczego komórki drożdży używane w piwowarstwie muszą być odporne na wysokie ciśnienie.

Dla nauczyciela

Scenariusz lekcji

Autor: Daria Reczyńska

Przedmiot: Biologia

Temat: Fermentacja alkoholowa drożdży

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

Podstawa programowa:

Zakres rozszerzony

Treści nauczania – wymagania szczegółowe

VII. Grzyby. Uczeń:

2) przedstawia czynności życiowe grzybów: odżywianie, oddychanie i rozmnażanie; planuje i przeprowadza doświadczenie wykazujące, że drożdże przeprowadzają fermentację alkoholową;

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, na czym polega proces fermentacji alkoholowej.
- Wymienisz sektory przemysłowe wykorzystujące proces fermentacji alkoholowej.
- Omówisz znaczenie biologiczne procesu fermentacji alkoholowej.

Strategie nauczania:

- nauczanie wyprzedzające;
- konstruktywizm;
- konektywizm;
- WebQuest.

Metody i techniki nauczania:

- mapa myśli;
- praca z materiałem źródłowym z e-podręcznika;
- ćwiczenia interaktywne;
- quiz;
- dyskusja;
- burza mózgów.

Formy pracy:

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

Środki dydaktyczne:

- zasoby multimedialne zawarte w e-materiale;
- zestaw kart – quiz (dla każdej grupy);

- magnesy;
- szary papier;
- markery.

Przebieg zajęć:

Faza wstępna

1. Nauczyciel dzieli uczniów na grupy.
2. Każda grupa dostaje zestaw kart – quiz. Uczniowie przypominają sobie informacje zdobyte na poprzednich lekcjach, a następnie zapisują swoje odpowiedzi. Uczeń, który odpowie poprawnie na najwięcej pytań, zostaje liderem grupy.
3. Nauczyciel przedstawia uczniom temat i cele lekcji.

Faza realizacyjna

1. Uczniowie wykonują doświadczenie nr 1 w sekcji „Wirtualne laboratorium (WL-S)”. Nauczyciel rozpoczyna dyskusję na temat przeprowadzonego doświadczenia. Wspólnie z uczniami omawia możliwości wykorzystania procesu fermentacji w przemyśle.
2. Nauczyciel rozdaje grupom materiał źródłowy dotyczący produktów ubocznych procesu fermentacji. Uczniowie zapoznają się z tekstem, następnie na jego podstawie tworzą mapy myśli. Liderzy grup przedstawiają wyniki pracy.
3. Uczniowie wykonują doświadczenie nr 2 w sekcji „Wirtualne laboratorium (WL-S)”. Nauczyciel prosi jednego z uczniów o przedstawienie wniosków.
4. Uczniowie samodzielnie wykonują ćwiczenia nr 7 i 8 zawarte w e-materiale.
5. Nauczyciel sprawdza poprawność odpowiedzi.

Faza podsumowująca

1. Uczniowie odpowiadają na pytania podsumowujące:

- Jakie są główne produkty powstające podczas fermentacji alkoholowej?
- Jaki gatunek drożdży jest najczęściej wykorzystywany w przemyśle?
- Jaka jest biologiczna funkcja fermentacji alkoholowej?

Praca domowa

Uczniowie wykonują ćwiczenia od 1 do 6 zawarte w e-materiale. Przygotowują uzasadnienia poprawnych odpowiedzi.

Materiały pomocnicze

- Quiz

Quiz.

Plik o rozmiarze 47.82 KB w języku polskim

Wskazówki metodyczne opisujące różne zastosowania wirtualnego laboratorium

Wirtualne laboratorium może zostać wykorzystane w fazie przygotowawczej lekcji.