



## Cukry złożone – powstawanie, budowa i podział

- Wprowadzenie
- Przeczytaj
- Gra edukacyjna
- Sprawdź się
- Dla nauczyciela



## Cukry złożone – powstawanie, budowa i podział

Słowo „cukier” oznacza nie tylko słodkie kryształki w cukiernicy. To związki chemiczne produkowane przez rośliny w procesie fotosyntezy. Z pojedynczych cząsteczek cukrów prostych mogą powstać długie łańcuchy celulozy czy też cząsteczki chityny w pancerzykach owadów.

Źródło: Pixabay, domena publiczna.

Z cukrami stykasz się w życiu codziennym – znajdują się w wielu produktach spożywczych, nawet tam, gdzie trudno ich się spodziewać, np. w przyprawie do zup. Cukry złożone powstają przez połączenie cząsteczek cukrów prostych wiązaniami glikozydowymi. Wśród cukrów złożonych najczęściej wyróżnia się oligosacharydy i polisacharydy. Te pierwsze zawierają od dwóch do dziesięciu cząsteczek cukrów prostych, zaś polisacharydy zawierają ich ponad dziesięć, nawet kilkadziesiąt tysięcy. Mogą występować w postaci łańcuchów prostych lub rozgałęzionych. Liczba cukrów prostych oraz sposób ich połączenia w cząsteczce cukru złożonego warunkuje jego właściwości fizykochemiczne, które decydują o występowaniu i znaczeniu tych cukrów dla organizmów.

### Twoje cele

- Zdefiniujesz pojęcie cukrów złożonych.
- Wyjaśnisz sposób powstawania cukrów złożonych.
- Podzielisz cukry złożone ze względu na budowę.

- Scharakteryzujesz miejsca występowania i funkcje oligo- i polisacharydów w organizmach.

# Przeczytaj

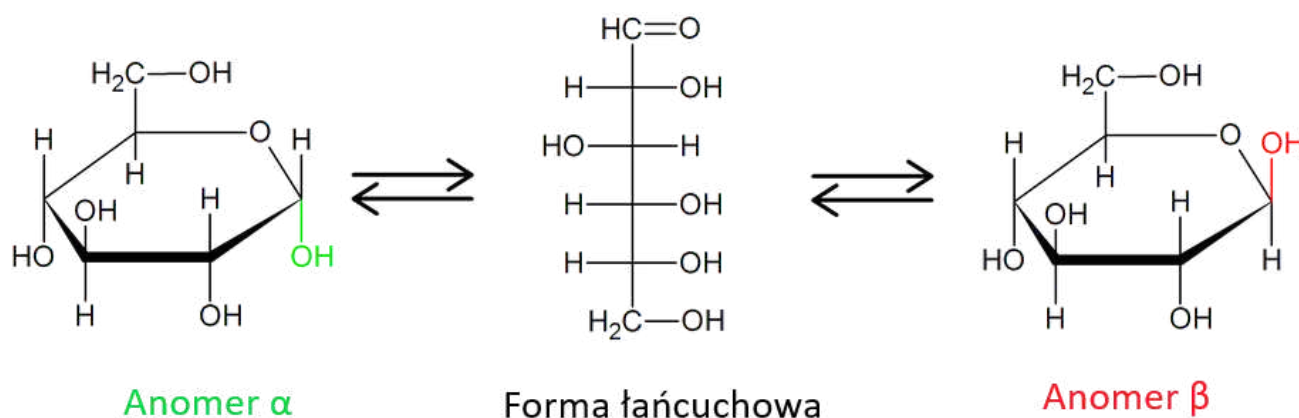
Cukry złożone powstają przez połączenie cukrów prostych wiązaniem glikozydowym. Wiązanie O-glikozydowe powstaje, gdy dochodzi do połączenia grupy hydroksylowej jednego cukru z grupą hydroksylową drugiego. W reakcji tej jeden pierścień traci grupę hydroksylową, a drugi wodór. Jako produkt reakcji powstaje także woda. Ten sposób powstawania cukrów złożonych – [kondensacja](#) – pozwala na syntezę cząsteczek o różnej długości i strukturze.

Cząsteczki cukrów prostych budujących cukry złożone mogą występować w dwóch formach – anomerach, czyli formach przestrzennych różniących się położeniem grupy -OH przy pólacetylowanym atomie węgla. Anomery mogą tworzyć wyłącznie formy pierścieniowe, nigdy łańcuchowe. Jeżeli grupa -OH znajduje się pod płaszczyzną pierścienia, anomer nazywamy  $\alpha$  (czyt. „alfa”), a jeżeli nad płaszczyzną pierścienia –  $\beta$  (czyt. „beta”). W zależności od formy anomerycznej cukrów prostych tworzących wiązanie glikozydowe podczas kondensacji wyróżniamy wiązania alfa i beta-glikozydowe.



Sacharoza to dwucukier używany w każdej kuchni. WHO zaleca orientacyjnie, aby udział cukru dodanego w diecie nie przekraczał 10% dziennego zapotrzebowania kalorycznego.

Źródło: Lauri Andler (Phantom), Wikimedia Commons, licencja: CC BY-SA 3.0.

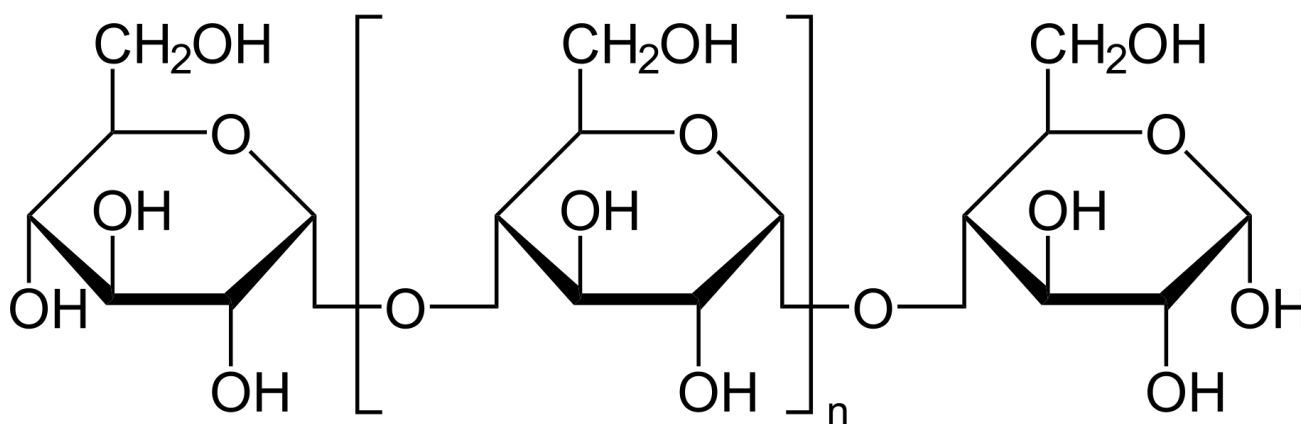


## Podział cukrów złożonych

Ze względu na budowę cukry złożone dzielimy na oligosacharydy, jeżeli w ich cząsteczce występuje od dwóch do dziesięciu cząsteczek monosacharydów połączonych wiązaniem glikozydowym oraz polisacharydy, jeżeli monosacharydów jest powyżej dziesięciu do nawet wielu tysięcy.

Podsumowanie klasyfikacji cukrów złożonych.

## Oligosacharydy



Łańcuch dekstryny, powstały z rozkładu (trawienia) zawartej w skrobi amylopektyny.

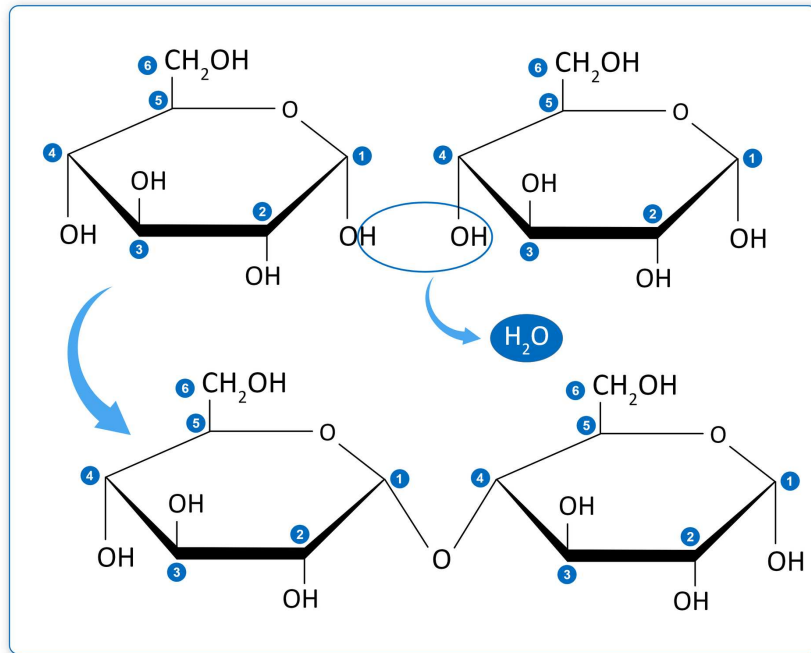
Źródło: Wikimedia Commons, domena publiczna.

Oligosacharydy mogą składać się z takich samych lub różnych monomerów. Mogą pełnić różnorodne funkcje:

- składnik odżywczy - disacharyd laktoza jest ważnym składnikiem mleka, gdyż dla niemowlaków stanowi główne źródło węglowodanów.
- składnik błon komórkowych i [immunoglobuliny](#) - oligosacharydy łączą się z białkami (glikoproteiny) i tłuszczami (glikolipidy). Oba typy związków wchodzi w skład błon komórkowych jako tzw. [glikokaliks](#), który odpowiada za ochronę błon komórek zwierzęcych przed czynnikami chemicznymi i mechanicznymi oraz warunkuje rozpoznawanie się i łączenie komórek. Tworzy on np. [receptory](#) na powierzchni błon komórkowych oraz antygeny tkankowe. Z kolei glikoproteiny są składnikiem immunoglobulin.
- prebiotyki - oligosacharydy są również wykorzystywane jako prebiotyki; ponieważ nie są trawione w jelicie cienkim, wędrują aż do jelita grubego, gdzie wspierają rozwój [bifidobakterii](#).
- funkcja spichrzowa - u roślin oligosacharydy pełnią rolę spichrzową, np. rafinoza.

## Disacharydy (dwucukry)

Najprostszymi oligosacharydami są dwucukry złożone z dwóch cząsteczek takich samych lub różnych cukrów prostych. Połączenie dwóch cząsteczek glukozy daje maltozę, czyli cukier słodowy. Powstaje on z rozkładu skrobi, np. gdy ziarna zbóż są moczone i zaczynają kiełkować. Ten proces ma miejsce podczas produkcji piwa słodowego. Maltoza jest często stosowana przy produkcji słodczy, w tym czekolad.



Cząsteczki glukozy zapisane przy pomocy wzoru strukturalnego pierścieniowego (taflowego). Podczas powstawania disacharydu węgiel nr 1 w cząsteczce glukozy po lewej stronie traci wodór z grupy hydroksylowej, a węgiel nr 4 z cząsteczki glukozy po prawej stronie traci całą grupę hydroksylową. Dzięki temu powstaje wiązanie 1,4-glikozydowe i dochodzi do połączenia dwóch cząsteczek glukozy przez mostek tlenowy. Produktem tej reakcji kondensacji jest także cząsteczka wody.

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

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

Do disacharydów zaliczane są jeszcze:

- cukier mleczny laktoza (glukoza i galaktoza połączone wiązaniem  $\beta$ -1,4-glikozydowym);
- składnik hemolimfy owadów – trehaloza (dwie cząsteczki glukozy połączone wiązaniem  $\alpha$ -1,1-glikozydowym);
- syntetyczna laktuloza (galaktoza z fruktozą połączone wiązaniem  $\beta$ -1,4-glikozydowym);
- jednostka strukturalna celulozy i produkt jej hydrolizy celobioza (dwie cząsteczki glukozy połączone wiązaniem  $\beta$ -glikozydowym w odróżnieniu od maltozy);
- główny składnik cukru spożywczego, cukier trzcinowy lub buraczany, czyli sacharoza (glukoza z fruktozą połączone wiązaniem  $\alpha,\beta$ -1,2-glikozydowym).

Dwucukry pełnią ważną funkcję u roślin: sacharoza (czyli cukier spożywczy) jest rozpuszczalna w wodzie, ale mniej osmotycznie czynna niż glukoza i nie ma właściwości redukujących. Jej nieduża cząsteczka rozpuszczona w wodzie jest łatwo transportowana przez komórki sitowe (łyko, floem) i rurki sitowe.

## Polisacharydy

Polisacharydy (wielocukry) mogą być złożone z jednakowych cukrów prostych i wtedy nazywane są homopolisacharydami (homoglikanami). Z kolei te złożone z różnych cukrów określamy mianem heteropolisacharydów (heteroglikanów). Polisacharydy składają się nawet z kilku tysięcy cząsteczek monosacharydów. Często występują w postaci prostych, nierozgałęzionych łańcuchów, w których wiązanie glikozydowe znajduje się między węglem nr 1 i węglem nr 4, jak w celulozie i amylozie. W glikogenie i amylopektynie występuje jeszcze dodatkowe wiązanie glikozydowe: węgiel w pozycji 6 łączy się z węglem nr 1 sąsiedniej cząsteczki. Dzięki temu ich łańcuchy stają się rozwidlone i rozgałęzione.

Fragment struktury rozgałęzionej cząsteczki glikogenu. W łańcuchu głównym występują wiązania  $\alpha$ -1,4-glikozydowe, a w miejscu rozgałęzienia wiązanie  $\alpha$ -1,6-glikozydowe. Rozgałęzienie występuje mniej więcej co dziesięć jednostek łańcucha głównego. Dzięki takiej budowie glikogen, jeżeli zajdzie w organizmie taka potrzeba, może być szybko rozkładany do glukozy, która jest substratem w oddychaniu komórkowym. Glikogen składa się wyłącznie z jednostek glukozy, jest więc homopolisacharydem.

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

## Wybrane homoglikany

Łańcuch	Nazwa	Cukier budujący	Funkcja	Występowanie
---------	-------	-----------------	---------	--------------

Prosty	Celuloza	Glukoza	Budulcowa	Ściany komórkowe roślin
	Chityna	N-acetyloglukozamina	Budulcowa	Składnik pancerza stawonogów i ściany komórkowej grzybów
	Inulina	Fruktoza, glukoza	Zapasowa	Kłącza, bulwy i korzenie, zwłaszcza karczoch, cykoria, por, cebula i topinambur
Rozgałęziony	Glikogen	Glukoza	Zapasowa	Wątroba i mięśnie, grzyby
	Skrobia	Glukoza	Zapasowa	Rośliny, zwłaszcza ziemniaki, ryż, kukurydza

## Celuloza

Celuloza jest głównym składnikiem ścian komórkowych roślin. Ssaki nie mają enzymów zdolnych do rozcinięcia długich pojedynczych łańcuchów celulozy tworzących włókna celulozowe, więc ich nie trawią. Takie enzymy występują u bakterii, grzybów pleśniowych i symbiotycznych pierwotniaków w jelitach termitów czy żołądkach przeżuwaczy. Długie pojedyncze łańcuchy celulozy połączone są ze sobą wiązaniami wodorowymi, tworząc włókna celulozowe o dużej sztywności i wytrzymałości.

Fragment cząsteczki celulozy.

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

<b>Skrobia</b>
<b>Inulina</b>
<b>Chityna</b>

## Wybrane heteroglikany

Nazwa	Cukry składowe	Funkcja	Występowanie
Pektyny	Kwas D-galakturonowy, sacharydy	Element strukturalny roślin, wchodzi w skład błonnika pokarmowego	Ściana komórkowa roślin
Hemicelulozy	Polisacharydy, np. mannoza, galaktoza, ksyloza	Element strukturalny roślin, materiał zapasowy roślin	Ściana komórkowa roślin
Agar-agar	Agarozą, agaropektyna	Element strukturalny alg morskich	Plecha krasnorostów

## Glikozaminoglikany

Jest to grupa związków chemicznych zbudowanych z polisacharydów, w których skład wchodzi powtarzające się disacharydy. Jeden z nich jest zawsze aminocukrem, a drugi [kwasem uronowym](#).

Nazwa	Cukry składowe	Funkcja	Występowanie
-------	----------------	---------	--------------

Nazwa	Cukry składowe	Funkcja	Występowanie
Siarczan chondroityny	Kwas glukuronowy, siarczan acetyloglukozaminy	Gromadzi wapń, bierze udział w tworzeniu chrząstek i kości	Chrząstki
Siarczan keratanu	Galaktoza, siarczan glukozaminy	Nadaje rogówce przezroczystość	Rogówka oka, chrząstka zbita, włosy, paznokcie
Heparyna	Kwas glukuronowy, kwas iduronowy, siarczan glukozaminy	<a href="#">Antykoagulant</a>	<a href="#">Mastocyty</a> , krew

## Glikolipidy

Jest to grupa związków chemicznych, które składają się ze sfingozyny (alkoholu) połączonej z kwasem tłuszczowym, do której dołączają się monocukry.

W uproszczeniu schemat budowy glikolipidów można zobrazować jako:

### alkohol–kwas tłuszczowy–cukry

Glikolipidy wchodzą w skład glikokaliksu, pełnią funkcje receptorowe i uczestniczą w komunikacji międzykomórkowej. Zaobserwowano ich dużą ilość w układzie nerwowym.

## Glikoproteiny

Jest to grupa związków chemicznych, które składają się z białka związanego z oligosacharydami, najczęściej z galaktozą lub mannozą. W uproszczeniu schemat budowy glikoprotein można zobrazować jako:

## **białko-oligosacharydy**

Glikoproteiny są składnikami błon komórkowych, a także enzymów.

## **Proteoglikany (mukoproteiny)**

Związki chemiczne zbudowane z rdzenia białkowego i przyłączonych do niego łańcuchów glikozaminoglikanów. Wchodzą w skład substancji pozakomórkowej.

## **Słownik**

### **antykoagulant**

(*anty* – przeciw; koagulacja – łączenie cząstek koloidowych w większe agregaty) czynnik przeciwdziałający zlepianiu się krwinek; używany do utrzymywania krwi w stanie płynnym

### **bifidobakterie**

zazwyczaj rozgałęzione, pałeczkowate mikroorganizmy występujące w przewodzie pokarmowym, pochwie czy jamie ustnej; są głównym rodzajem bakterii tworzących mikroflorę ludzkiej okrężnicy

### **dehydratacja**

(łac. *de* – oderwanie; gr. *hydor* – woda) inaczej: odwodnienie; reakcja, w której jednym z produktów jest woda

### **glikokaliks**

(gr. *glykys* – słodki; łac. *calix* – kielich) warstwa na zewnętrznej powierzchni błony komórkowej w komórce zwierzęcej utworzona ze związków cukrów z białkami (glikoproteiny) i tłuszczami (lipoproteiny) oraz [proteoglikanów](#) (złożonych węglowodanów połączonych cząsteczkami białek)

### **immunoglobuliny**

(łac. *immuno* – wolne; *globulus* – guzik, kulka) przeciwciała; białka osocza wytwarzane przez limfocyty B

### **kondensacja**

(łac. *condenso* – zagęszczam) łączenie cząsteczek z wydzieleniem wody; procesem odwrotnym jest hydroliza – rozkład po dołączeniu cząsteczki wody

### **kwasy uronowe**

poходne aldoz, w których grupa hydroksylowa została utleniona do grupy karboksylowej

### **mastocyty**

(łac. *mastico* – przeżuwać; gr. *kystis* – pęcherz) komórki tuczne, wytwarzane przez szpik kostny; dojrzewają w tkankach łącznych i błonach śluzowych; ich rolą jest wywołanie miejscowego stanu zapalnego w odpowiedzi na antygeny lub alergen

### **prebiotyki**

składnik pokarmowy nieulegający trawieniu w jelicie cienkim; w jelicie grubym pobudza rozwój korzystnych bakterii jelitowych

### **proteoglikany**

inaczej mukoproteiny; cząsteczki białkowo-cukrowe o charakterze śluzów

### **receptor**

tu: białko na powierzchni błony komórkowej, wiążące się ze swoistymi substancjami

### **węgiel anomeryczny**

węgiel różniący się konfiguracją atomu wodoru i grupy OH w stereoizometrycznych węglowodanach, czyli takich, w których atomy mają taką samą kolejność, lecz inne położenie przestrzenne

# Gra edukacyjna

---

## Polecenie 1

Rozwiąż interaktywny quiz i sprawdź swoją wiedzę dotyczącą powstawania, budowy oraz występowania cukrów złożonych.



Test

**Sprawdź swoją wiedzę**

Poziom trudności:

**łatwy**

Limit czasu:

**4 min**

Twój ostatni wynik:

-

Uruchom

## Polecenie 2

Ułóż pytanie quizowe dotyczące cukrów złożonych i daj je do rozwiązania swoim kolegom i koleżankom.

Question: ...

a. ...

b. ...



# Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

## Ćwiczenie 1



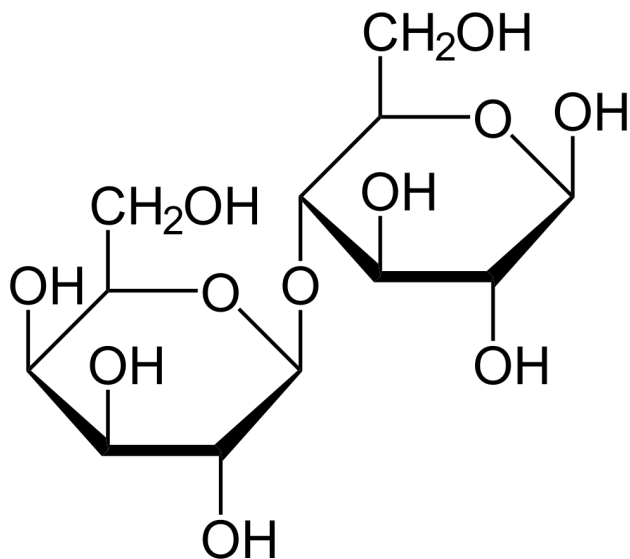
Wybierz wyrażenia tak, aby podane informacje były prawdziwe.

Polisacharydy występują w komórkach roślin, grzybów i zwierząt tylko w komórkach roślin. Powstają w reakcji hydrolizy kondensacji z wydzieleniem cząsteczki wody. Stanowią materiał zapasowy energetyczny i pełnią funkcje budulcoweimmunologiczne.

## Ćwiczenie 2



Jaki rodzaj wiązania glikozydowego przedstawiono na ilustracji?



Źródło: Wikimedia Commons, domena publiczna.

### Ćwiczenie 3



Wskaż poprawną odpowiedź.

Skrobia w roślinach występuje w postaci nierozpuszczalnych ziaren. Po dłuższym żuciu kawałka skórki chleba, bogatej w skrobię pszeniczną, czujemy w ustach słodki smak.

Wskaż, jaki związek jest produktem rozkładu skrobi przez amylazę ślinową.

- glukoza
- sacharoza
- dekstryny
- inulina

### Ćwiczenie 4

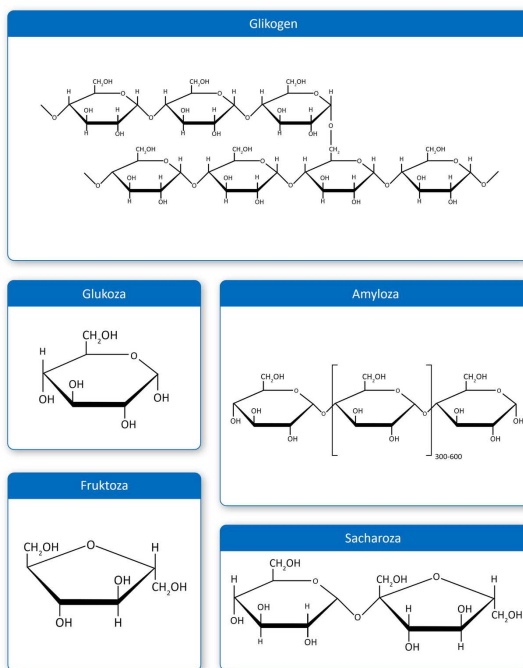


Do poszczególnych polisacharydów dopasuj jedną z podanych funkcji.

spichrzowa, antykoagulant, budulcowa, odpornościowa

inulina	
chityna	
heparyna	
gamma-globulina	

## Ćwiczenie 5



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

## Ćwiczenie 6



Wśród podanych zdań zaznacz dwa, które są prawdziwe.

- W ścianach komórkowych roślin występują wielocukry i różnorodne białka.
- Dwucukry mogą być składnikiem płynów ustrojowych.
- Wielocukry zawsze występują w postaci rozgałęzionych łańcuchów.
- Oligosacharydy nie mają znaczenia dla człowieka, gdyż nie są trawione.
- Glikokaliks na powierzchni komórek stanowi jedynie warstwę ochronną.

## Ćwiczenie 7



” W jelicie grubym człowieka można wyodrębnić ponad 400 różnych szczepów bakteryjnych. Dominują bifidobakterie z powodu umiejętności trawienia dla nas niestrawnych oligosacharydów (np. cukier mleczny), które zapewniają im pokarm, jednocześnie pobudzając ich wzrost. Głównym produktem fermentacji bifidobakterii jest kwas octowy, który poprzez obniżenie pH treści jelitowej i silne działanie bakteriostatyczne hamuje wzrost i namnażanie się szczepów patogennych.

Na podstawie: Nowa Pediatria 4/2001, *Rola oligosacharydów w żywieniu niemowląt*

Na podstawie tekstu oceń prawdziwość poniższych zdań, zaznaczając odpowiednią rubrykę.

	Prawda	Fałsz
Oligosacharydy zbudowane są z 2 do 10 jednostek monosacharydów, a większość z nich jest trawiona przez enzymy ludzkie.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Przykładem dwucukru, który rozkładają bifidobakterie jest laktoza, złożona z jednej cząsteczki glukozy i jednej cząsteczki galaktozy.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Obecność bifidobakterii ma negatywny wpływ	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

na organizm niemowlęcia, ze względu na produkowanie kwasu octowego w jego jelitach.

## Ćwiczenie 8



Poniższa grafika przedstawia łańcuchy celulozy. Zapoznaj się z nią, a następnie rozwiąż polecenie.

Źródło: Laghi.I, Wikimedia Commons, licencja: CC BY-SA 3.0.

Na podstawie ilustracji i własnej wiedzy określ, jakie dwie cechy budowy celulozy nadają jej włóknom wytrzymałość na rozerwanie.

## Ćwiczenie 9



cukier : 0

glukoza : 0

sacharoza : 0

cukier : 10

glukoza : 20

sacharoza : 10

cukier : 20

glukoza : 35

sacharoza : 20

cukier : 30

glukoza : 50

sacharoza : 30

cukier : 40

glukoza : 65

sacharoza : 35

cukier : 50

glukoza : 80

sacharoza : 45

cukier : 60

glukoza : 100

sacharoza : 55

cukier : 80

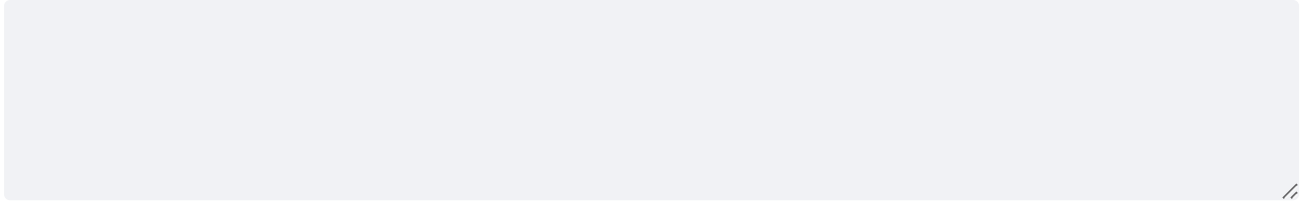
glukoza : 130

sacharoza : 65

Ciśnienie osmotyczne roztworów glukozy i sacharozy.

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

Na podstawie wykresu wyjaśnij, dlaczego formą transportową cukrów u roślin jest sacharoza, a nie glukoza.



//

# Dla nauczyciela

---

**Autor:** Jolanta Loritz-Dobrowolska

**Przedmiot:** biologia

**Temat:** Cukry złożone – powstawanie, budowa i podział

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

**Podstawa programowa:**

Zakres podstawowy

Treści nauczania – wymagania szczegółowe

I. Chemizm życia.

2. Składniki organiczne. Uczeń:

1) przedstawia budowę węglowodanów (uwzględniając wiązania glikozydowe); rozróżnia monosacharydy (glukoza, fruktoza, galaktoza, ryboza, deoksyryboza), disacharydy (sacharoza, laktoza, maltoza), polisacharydy (skrobia, glikogen, celuloza, chityna); określa znaczenie biologiczne węglowodanów, uwzględniając ich właściwości fizyko-chemiczne; planuje oraz przeprowadza doświadczenie wykazujące obecność monosacharydów i polisacharydów w materiale biologicznym;

Zakres rozszerzony

Treści nauczania – wymagania szczegółowe

I. Chemizm życia.

2. Składniki organiczne. Uczeń:

1) przedstawia budowę węglowodanów (uwzględniając wiązania glikozydowe  $\alpha$ ,  $\beta$ ); rozróżnia monosacharydy (glukoza, fruktoza, galaktoza, ryboza, deoksyryboza), disacharydy (sacharoza, laktoza, maltoza), polisacharydy (skrobia, glikogen, celuloza, chityna) i określa znaczenie biologiczne węglowodanów, uwzględniając ich właściwości fizyczne i chemiczne; planuje oraz przeprowadza doświadczenie wykazujące obecność monosacharydów i polisacharydów w materiale biologicznym;

### **Kształtowane kompetencje kluczowe:**

- 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:

- definiuje pojęcia dwucukrów i wielocukrów;
- modeluje sposób powstawania cukrów złożonych;
- dzieli oligosacharydy i polisacharydy na kategorie;
- przypisuje poszczególnym cukrom miejsce ich występowania.

### **Strategie nauczania:**

- konektywistyczna;
- konstruktywistyczna;
- eksperymentalno-obszernyjna.

### **Metody i techniki nauczania:**

- lekcja odwrócona;
- modelowanie zjawisk przyrodniczych;
- wykorzystanie gier (GBL);
- elementy mieszanego nauczania (*blended learning*).

### **Formy pracy:**

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

### **Środki dydaktyczne:**

- komputery z głośnikami i dostępem do internetu, słuchawki;
- zasoby multimedialne zawarte w e-materiale;
- tablica interaktywna/tablica, pisak/kreda;
- Zestawy klocków do pracy grupowej;
- klocki do łączenia (np. Lego) w kilku kolorach (klocków jednego koloru powinno być więcej niż innych – to glukoza); osobno krótkie klocki w dwóch kolorach, np. czarne jako wiązanie O-glikozydowe, czerwone jako wiązanie 1,6-glikozydowe.

### **Przed lekcją:**

Uczniowie zapoznają się z treścią lekcji o polisacharydach z e-materiału.

### **Przebieg lekcji**

#### **Faza wstępna:**

1. Nauczyciel proponuje zgadywanke: zapisuje na tablicy kilka wyrazów z przedrostkiem „poli-”, np. poliglota, polistyren, polifonia, a uczniowie zgadują

ich znaczenie. Nauczyciel prosi też, aby uczniowie podali znaczenie przedrostka „oligo-”.

2. Nauczyciel uzupełnia odpowiedzi uczniów i podaje temat lekcji: „Cukry złożone – powstawanie, budowa i podział”, dodając, że należą do nich oligo- i polisacharydy.

### **Faza realizacyjna:**

1. Nauczyciel proponuje uczniom modelowanie powstawania i budowy wielocukrów. W tym celu dzieli klasę na grupy. Każda grupa otrzymuje przygotowany przez nauczyciela zestaw klocków w różnych kolorach. Daje każdej osobie kilka klocków czarnych wraz z informacją o znaczeniu poszczególnych kolorów.
2. Nauczyciel objaśnia, jak powstaje wiązanie O-glikozydowe. Pomaga sobie, prezentując/rysując na tablicy interaktywnej reakcję kondensacji z wydzieleniem wody.
3. Uczniowie mają za zadanie ułożenie z klocków kilku dwucukrów. Korzystają przy tym z e-podręcznika. Mają 5 minut na wykonanie zadania
4. Członkowie poszczególnych grup omawiają jeden z utworzonych dwucukrów – jego skład, funkcje i występowanie.
5. Uczniowie wyszukują informacje na temat różnicy pomiędzy wiązaniem  $\alpha$  i  $\beta$  glikozydowym i proponują sposób pokazania tej różnicy przy pomocy swoich klocków. Wspólnie oceniana jest forma pokazu; kryterium – przejrzystość.
6. Następnie nauczyciel rozdaje klocki czerwone i objaśnia ich funkcję – to wiązania 1,6-glikozydowe. Prosi uczniów o ułożenie dłuższych łańcuchów polisacharydów, złożonych z takich samych podjednostek: prostych i rozgałęzionych.
7. Uczniowie wyszukują informacje na temat ułożonych przez siebie polisacharydów i miejsca ich występowania.
8. Nauczyciel wprowadza pojęcie homopolisacharydów i heteropolisacharydów oraz prosi uczniów o zapoznanie się z informacjami na ich temat zamieszczonymi w tabelach.

### **Faza podsumowująca:**

1. Uczniowie indywidualnie grają w grę edukacyjną.
2. Wykonują ćwiczenia interaktywne 7 i 8.

### **Praca domowa:**

Uczniowie mają wyszukać w domu produkty, w których występują oligo- i polisacharydy oraz wypisać je w formie listy: co i gdzie występuje.

Wariant: Nauczyciel poleca sporządzenie mapy pojęć związanych z wielocukrami

### **Materiały pomocnicze:**

- David B. Hames, Nigel M. Hooper. Przekład zbiorowy pod red. Lilli Hryniewieckiej i Kazimierza Ziernickiego. *Biochemia. Krótkie wykłady*. Wydawnictwo Naukowe PWN Warszawa 2010
- Leszek Konieczny, Irena Roterman, Paweł Spólnik. *Biologia systemów*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2017

### **Wskazówki metodyczne opisujące różne zastosowania gry edukacyjnej:**

Gra edukacyjna najlepiej sprawdzi się jako podsumowanie lekcji: angażując uczniów emocjonalnie, pozwoli na zapamiętanie trudnych terminów. Można ją też polecić jako pracę domową, gdy zabraknie czasu na lekcji.