



Trawienie cukrów w przewodzie pokarmowym człowieka

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



Trawienie cukrów w przewodzie pokarmowym człowieka

Cukry trawimy z pomocą amylazy – enzymu z klasy hydrolaz glikozydowych, rozkładającego polisacharydy do cząsteczek dwucukru maltozy.

Źródło: Pixabay, domena publiczna.

Składniki spożywanego przez nas pokarmu – białka, tłuszcze i cukry – zwykle nie mogą być bezpośrednio wykorzystane przez organizm. Jest to możliwe dopiero po ich przekształceniu w drobnocząsteczkowe substancje, łatwo przenikające przez błony komórkowe. Zachodzące w przewodzie pokarmowym procesy fizyczne i chemiczne, które prowadzą do takiego rozkładu złożonych związków organicznych, nazywamy trawieniem.

Twoje cele

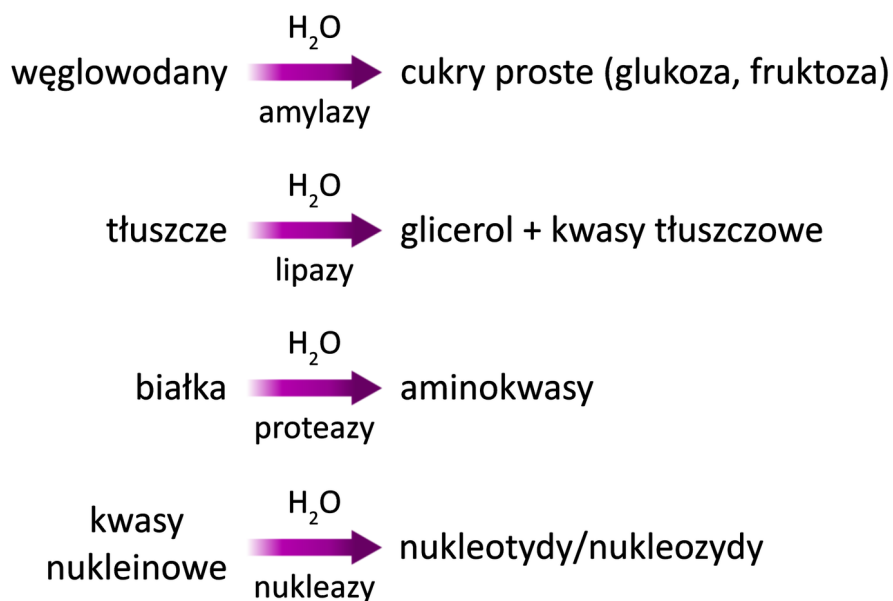
- Wyjaśnisz, na czym polega trawienie enzymatyczne cukrów.
- Wskażesz, w których odcinkach przewodu pokarmowego są trawione cukry.
- Opisziesz etapy przemiany metabolicznej skrobi w cukry proste.
- Zaplanujesz i przeprowadzisz doświadczenie sprawdzające warunki trawienia skrobi.

Przeczytaj

Jak przebiega trawienie pokarmu?

Trawienie fizyczne zachodzące podczas obróbki pokarmu to kolejno: żucie, nawilżanie, połykanie i przesuwanie treści pokarmowej. Natomiast trawienie chemiczne to złożony proces biochemiczny, w którym wielkocząsteczkowe związki chemiczne pod wpływem enzymów ulegają rozkładowi na drobne cząsteczki, możliwe do wchłonięcia oraz przyswojenia przez organizm. Wszystkie enzymy biorące udział w trawieniu należą do **enzymów hydrolitycznych** (hydrolaz), które katalizują rozpad wewnątrzcząsteczkowych wiązań chemicznych z udziałem cząsteczki wody.

Substraty i produkty trawienia



W wyniku trawienia węglowodany są rozkładane na cukry proste – głównie glukozę i fruktozę. Hydrolityczny rozkład węglowodanów katalizują amylazy. Natomiast tłuszcze rozpadają się na glicerol i kwasy tłuszczowe, białka – na aminokwasy, kwasy nukleinowe – na nukleotydy i nukleozydy. Tłuszcze rozkładane są przez enzymy zwane lipazami, białka – przez enzymy proteolityczne (proteazy, peptydazy), a kwasy nukleinowe – przez nukleazy.

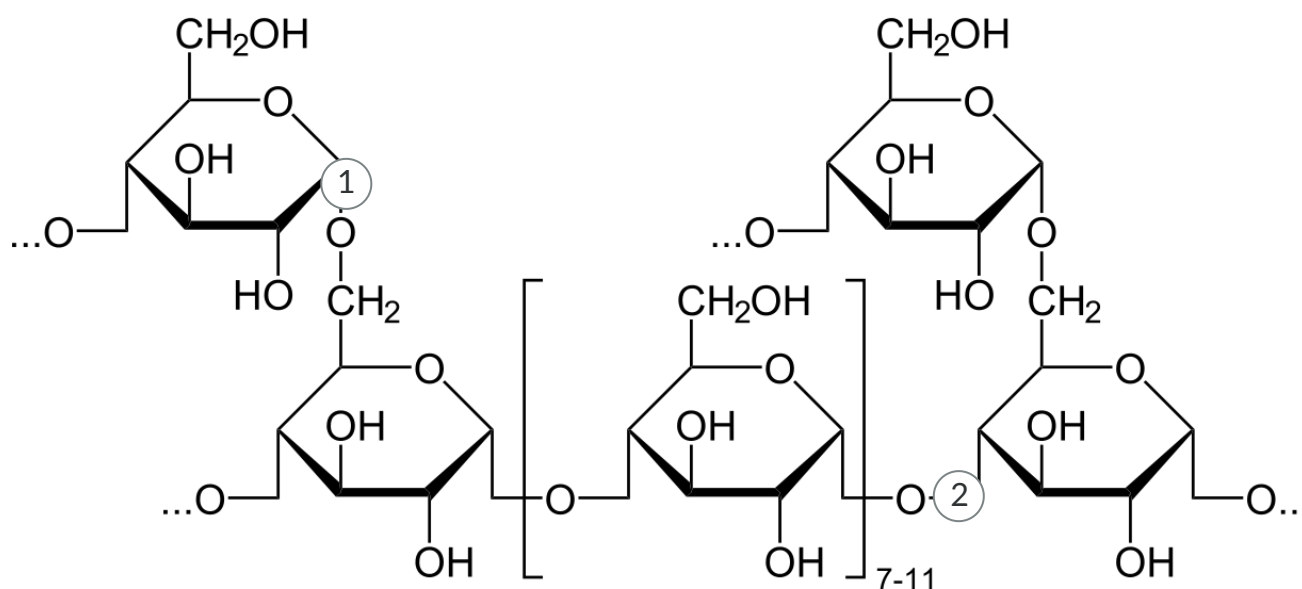
Źródło: Englishsquare.pl Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

Aby zrozumieć zagadnienie trawienia cukrów w przewodzie pokarmowym, przypomnij sobie informacje zawarte w e-materiałach: *Właściwości fizykochemiczne dwucukrów i ich znaczenie biologiczne* oraz *Cukry złożone – powstawanie, budowa i podział*.

Poszczególne etapy **trawienia** przebiegają w kolejnych odcinkach przewodu pokarmowego. Produkty tego procesu wchłaniane są do krwi i limfy, a następnie transportowane do każdej komórki organizmu.

Trawienie cukrów

Trawienie cukrów przebiega w jamie ustnej i jelicie cienkim. Głównymi węglowodanami (polisacharydami) w diecie człowieka są wielocukry zapasowe: roślinna **skrobia** oraz **glikogen** – gromadzony przez zwierzęta. Ich podstawową jednostką (monomerem) jest **glukoza**, której cząsteczki łączą wiązania glikozydowe (łączące węgiel nr 4 lub 6 jednej cząsteczki z węglem nr 1 cząsteczki sąsiedniej).



1

Wiązanie α -1,6-glikozydowe – punkt rozgałęzienia

2

Wiązanie α -1,4-glikozydowe

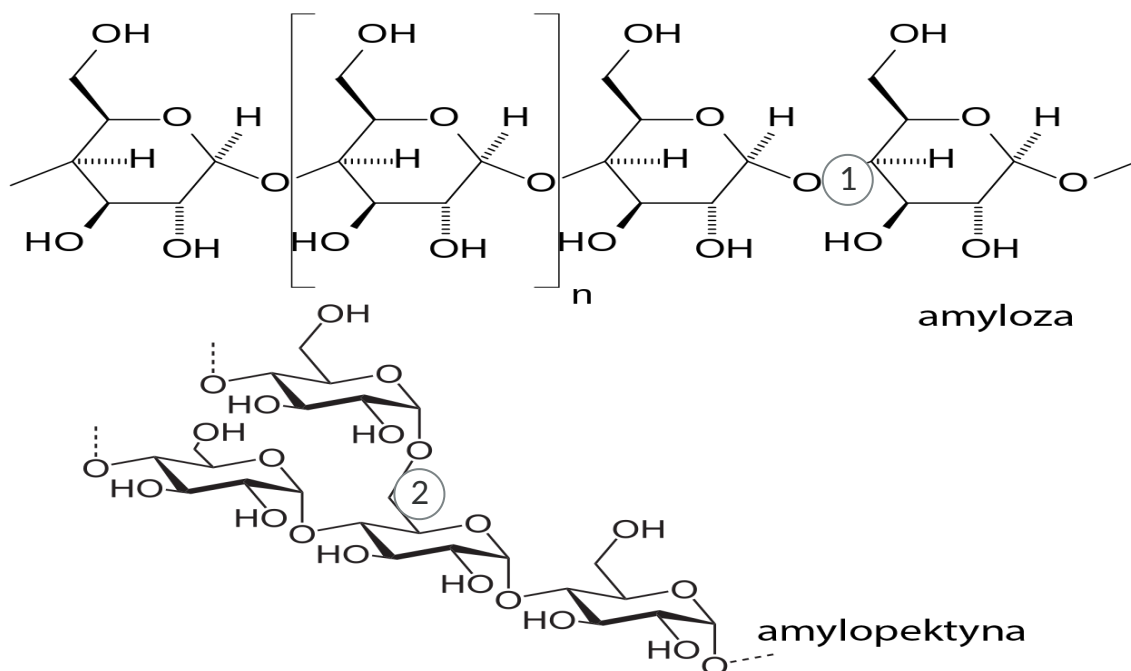
Fragment struktury rozgałęzionej cząsteczki glikogenu. W łańcuchu głównym występują wiązania α -1,4-glikozydowe, a w miejscu rozgałęzienia – wiązanie α -1,6-glikozydowe. Rozgałęzienie znajduje się mniej więcej co 10 jednostek łańcucha głównego. Dzięki takiej budowie glikogen może być szybko rozkładany do glukozy, która jest substratem w oddychaniu komórkowym. Glikogen składa się wyłącznie z jednostek glukozy.

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

Wiązania α -1,4-glikozydowe są hydrolizowane przez **amylazy**, enzymy z klasy hydrolaz glikozydowych rozkładające polisacharydy do cząsteczek dwucukru maltozy.

Budowa skrobi

Skrobia jest mieszaniną dwóch polisacharydów: amylozy i amylopektyny. **Amyloza** to polimer o prostych łańcuchach utworzonych z cząsteczek glukozy, które są połączone wiązaniami α -1,4-glikozydowymi. **Amylopektyna** również jest zbudowana z cząsteczek glukozy, ale tworzą one łańcuchy rozgałęzione – pomiędzy cząsteczkami glukozy połączonymi wiązaniami α -1,4-glikozydowymi występują wiązania α -1,6-glikozydowe, rozpoczynające boczne odgałęzienia łańcucha.



1

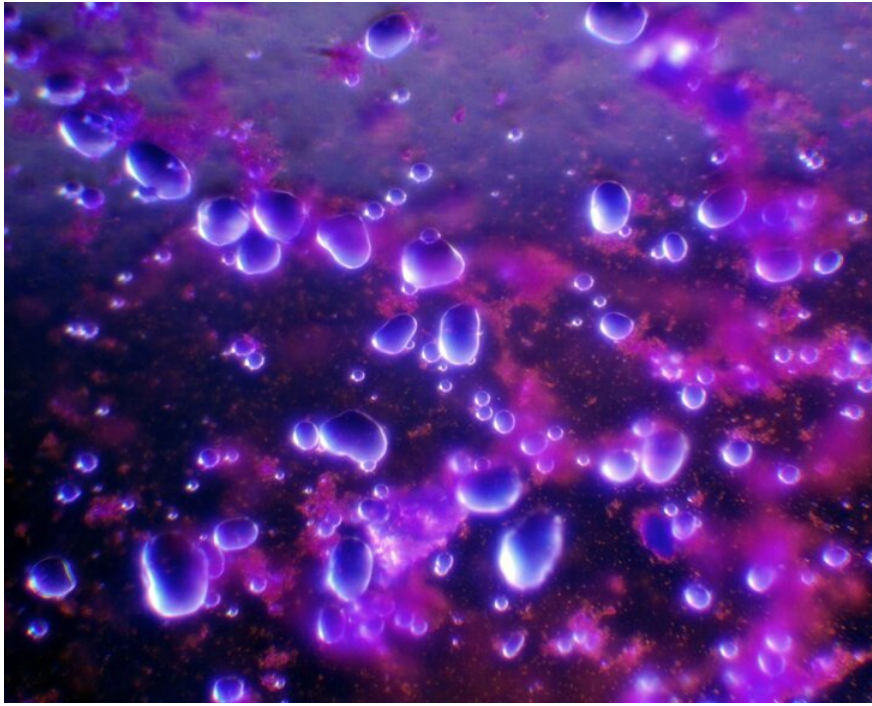
Wiązanie α -1,4-glikozydowe

2

Wiązanie alfa-1,6-glikozydowe – punkt rozgałęzienia

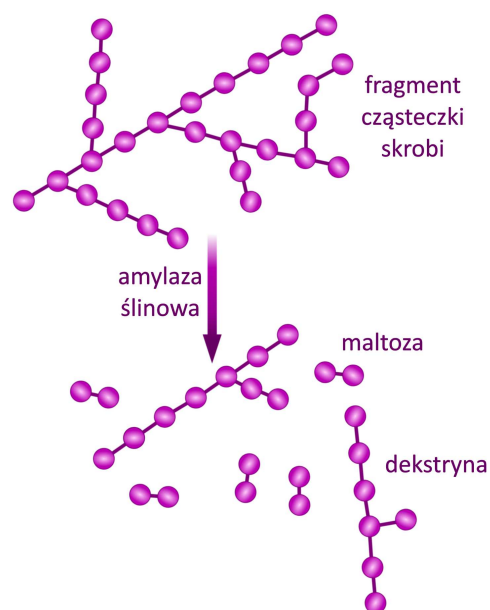
Schemat budowy skrobi.

Źródło: Sunridin, NEUROTiker, Wikimedia Commons, licencja: CC BY-SA 3.0.



Wybarwiona skrobia – obraz mikroskopowy w technice ciemnego pola.
 Źródło: Kruczy89, Wikimedia Commons, licencja: CC BY-SA 3.0.

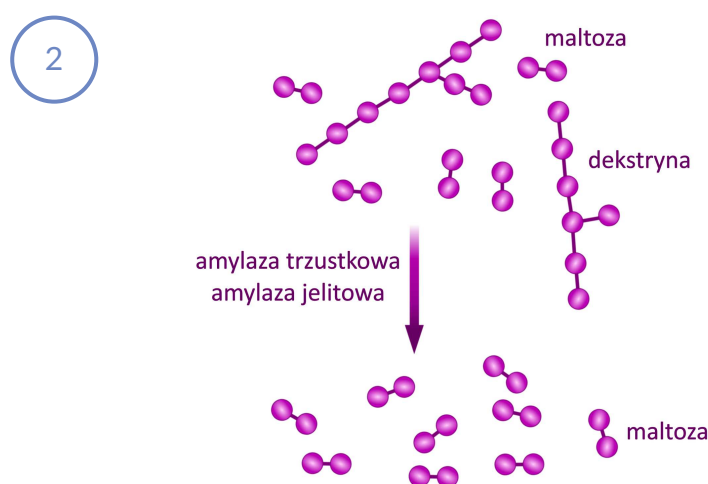
Etapy trawienia skrobi



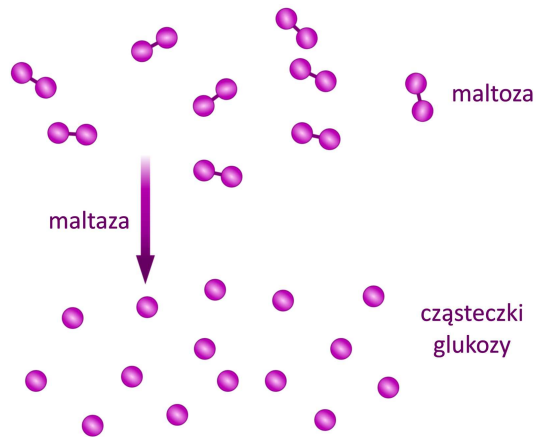
1

Trawienie skrobi zaczyna się w jamie ustnej, pod wpływem zawartej w ślinie amylazy ślinowej (α -

amylaza), która rozcina co drugie wiązanie α -1,4-glikozydowe w amylozie i amylopektynie. Proces ten jest jednak ograniczony. Pokarm przebywa na tym odcinku dosyć krótko, a później kwaśna treść żołądka sprawia, że amylaza ślinowa traci aktywność. Głównymi produktami trawienia skrobi w jamie ustnej są maltoza (cukier zbudowany z dwóch cząsteczek glukozy) oraz cukry zbudowane z kilkudziesięciu cząsteczek glukozy – dekstryny.



Główny etap trawienia skrobi zachodzi w dwunastnicy – pod wpływem amylazy trzustkowej, zawartej w soku trzustkowym, oraz amylazy jelitowej, wydzielanej przez komórki błony śluzowej jelita cienkiego. Kontynuują one proces trawienia rozpoczęty przez amylazę ślinową. Zasadowy sok trzustkowy neutralizuje kwasowy odczyn treści pokarmowej napływającej z żołądka, co umożliwia działanie enzymów trawiennych. Od dekstryn sukcesywnie odcinane są kolejne cząsteczki dwucukru maltozy, aż do rozłożenia całości wielocukru. Amylasy nie rozkładają wiązań między dwiema cząsteczkami glukozy budującymi maltozę – to zadanie specyficznego enzymu maltazy.



Oprócz maltozy treść pokarmowa zawiera również inne dwucukry. Są to m.in. sacharoza (cukier buraczany, cukier trzcinowy), zbudowana z cząsteczki glukozy i fruktozy, oraz laktoza (cukier mlekowy), powstała przez połączenie glukozy i galaktozy.

Wszystkie dwucukry rozkładane są przez specyficzne enzymy wydzielane przez nabłonek jelita cienkiego. Maltaza rozkłada maltozę, sacharaza – sacharozę, a laktaza – laktozę.

Etapy trawienia skrobi.

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

Trawienie skrobi i dwucukrów w przewodzie pokarmowym

Trawienie cukrów jest zwykle sprzężone z natychmiastowym transportem jego produktów do komórek kosmków jelitowych.

Miejsce trawienia i enzym	Optymalne pH	Substrat	Produkt
Jama ustna			
amylaza ślinowa	6,9	polisacharydy (skrobia, glikogen)	dekstryny, disacharydy

Miejsce trawienia i enzym	Optymalne pH	Substrat	Produkt
Dwunastnica			
amylaza trzustkowa	7,1	polisacharydy (skrobia, glikogen), dekstryny	dekstryny, disacharydy
Jelito cienkie (czcze)			
maltaza (α -D-glikozydaza), sacharaza (β -D-fruktofuranozydaza), laktaza (β -D-galaktozydaza)	8,0	maltoza, sacharoza, laktoza	glukoza, glukoza i fruktoza, glukoza i galaktoza

W pokarmie roślinnym występują również węglowodany strukturalne, takie jak celuloza, hemicelulozy i pektyny. Budują one ściany komórkowe roślin. Celuloza, tak jak skrobia, jest polimerem zbudowanym wyłącznie z cząsteczek glukozy, jednak są one połączone wiązaniami β -1,4-glikozydowymi, których nie trawi α -amylaza. W przewodzie pokarmowym człowieka nie są wydzielane enzymy, które hydrolizowałyby takie wiązania i rozkładały węglowodany strukturalne do cukrów prostych – polisacharydy te są nieprzyswajalne i przechodzą przez przewód pokarmowy niestrawione.

Ciekawostka

Celulaza to kompleks trzech enzymów, które trawią celulozę: endo- β -1,4-glukanazy, egzo- β -1,4-glukanazy i β -1,4-glukozydazy. Jednym ze zwierząt, u których stwierdzono jej wydzielanie, jest żywiący się drewnem świdrak okrętowy (*Teredo navalis*) – bezkręgowiec wyrządzający niegdyś wielkie szkody w drewnianych kadłubach statków. Drewnem żywią się również rybiki cukrowe (*Lepisma saccharina*) – prymitywne owady bezskrzydłe. Ponadto celulazy wydzielane są przez symbiotyczne bakterie i pierwotniaki żyjące w obszernych komorach przewodów pokarmowych zwierząt przeżuwających, takich jak krowy i owce.



Rybik cukrowy (*Lepisma saccharina*).

Źródło: Christian Fischer, Wikimedia Commons, licencja: CC BY-SA 3.0.

Słownik

amylazy

grupa enzymów rozkładających skrobię i glikogen; należą do enzymów hydrolitycznych – hydrolizują wiązania α -1,4-glikozydowe; występują w ślinie (amylaza ślinowa) i soku trzustkowym (amylaza trzustkowa); powstają również w wielu owocach podczas dojrzewania (sprawiają, że owoce stają się słodsze); amylazy są też bardzo aktywne w procesie kiełkowania nasion

amylopektyna

składnik skrobi; rozgałęziony polimer cząsteczek α -D-glukozy połączonych wiązaniami glikozydowymi typu α -1,4 (wiązania szkieletowe) oraz α -1,6 (wiązania rozgałęziające)

amyloza

składnik skrobi; liniowy polimer cząsteczek α -D-glukozy połączony wiązaniami glikozydowymi typu α -1,4

dekstryny

grupa węglowodanów, które powstają w wyniku wstępnego trawienia skrobi i glikogenu; zbudowane z kilkudziesięciu cząsteczek glukozy połączonych wiązaniami α -1,4-glikozydowymi oraz α -1,6-glikozydowymi

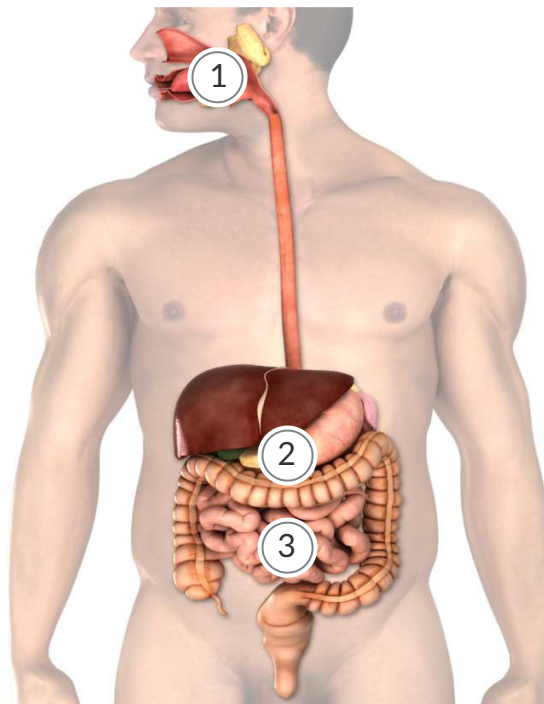
enzymy hydrolityczne (hydrolazy)

enzymy rozkładające wiązania chemiczne przy udziale cząsteczki wody; należą do nich proteazy, amylazy, lipazy

trawienie

zespół procesów fizycznych i chemicznych prowadzących do rozdrobnienia, a następnie do rozłożenia pokarmu pod wpływem enzymów na proste związki chemiczne, które stanowią materiał energetyczny i budulcowy komórek organizmu

Grafika interaktywna



1

Jama ustna

W jamie ustnej, pod wpływem zawartej w ślinie amylazy ślinowej, rozcinane są wiązania α -1,4-glikozydowe w amylozie i amylopektynie. W wyniku tego procesu powstają dwucukier maltoza oraz dekstryny, czyli cząsteczki zbudowane z kilkudziesięciu cząsteczek glukozy.

pH: 6,9

skrobia $\rightarrow$ maltoza + dekstryny
enzym trawienny: amylaza ślinowa

2

Dwunastnica

W dwunastnicy, w wyniku działania amylazy trzustkowej, od dekstryn odcinane są kolejne cząsteczki dwucukru maltozy, aż do rozłożenia całości wielocukru. Amylasy nie rozkładają wiązań między dwiema cząsteczkami glukozy budującymi maltozę.

pH: 7,1

skrobia $\rightarrow$ maltoza + dekstryny
dekstryny $\rightarrow$ maltoza
enzymy trawienne: amylaza trzustkowa

Jelito cienkie

W jelicie cieniym wszystkie dwucukry rozkładane są przez specyficzne enzymy wydzielane przez nabłonek jelita. Maltaza rozkłada maltozę, sacharaza – sacharozę, a laktaza – laktozę.

pH: 8,0

maltoza → glukoza + glukoza
enzym trawienny: maltaza

sacharaza → glukoza + fruktoza
enzym trawienny: sacharaza

laktoza → glukoza + galaktoza
enzym trawienny: laktaza

Trawienie cukrów w przewodzie pokarmowym człowieka.

Źródło: Englishsquare.pl Sp. z o.o. Przedmiotowy model 3D został opracowany przez Englishsquare.pl Sp. z o.o. na podstawie materiału źródłowego zakupionego w ramach serwisu www.turbosquid.com. Jakiegokolwiek dalsze użycie tego modelu 3D podlega wszelkim ograniczeniom opisanym w licencji opublikowanej na przywołanej stronie internetowej; tylko do użytku edukacyjnego na zpe.gov.pl, licencja: CC BY-SA 3.0.

Polecenie 1

Zapoznaj się z grafiką interaktywną i wyjaśnij, w których odcinkach przewodu pokarmowego i przy udziale których enzymów trawione są skrobia oraz dwucukry.

Polecenie 2

Określ warunki, w jakich zachodzą procesy trawienia węglowodanów w poszczególnych odcinkach przewodu pokarmowego. W odpowiedzi uwzględnij m.in. odczyn środowiska.

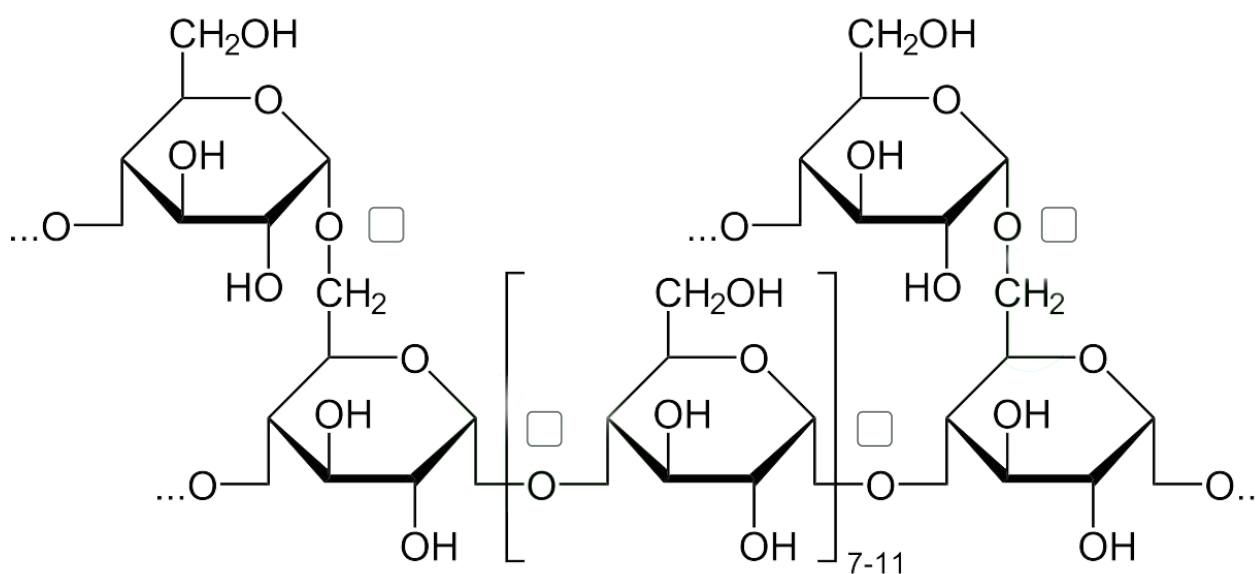
Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Na przedstawionym schemacie fragmentu cząsteczki glikogenu zaznacz te wiązania między cząsteczkami glukozy, które mogą być hydrolizowane przez α -amylazę.



Źródło: Wikimedia Commons, domena publiczna.

Ćwiczenie 2



W poniższym tekście zaznacz na zielono substraty trawienia w jelicie cienkim człowieka, a na czerwono produkty tego procesu.

 zielony

 czerwony

Oprócz maltozy, składającej się z dwóch cząsteczek glukozy, w treści pokarmowej znajdują się również inne dwucukry. Są to m.in.: sacharoza, zbudowana z cząsteczki glukozy i fruktozy, oraz laktoza – cukier mlekowy powstały przez połączenie glukozy i galaktozy.

Ćwiczenie 3



Dwunastnica jest odcinkiem przewodu pokarmowego, w którym zachodzi jednoczesne trawienie długich i rozgałęzionych cząsteczek polisacharydów, jakimi są skrobia i glikogen, oraz krótkich dekstryn.

Oceń prawdziwość powyższego stwierdzenia, a następnie uzasadnij swój wybór, zaznaczając jeden z podanych argumentów.

☐ Fałsz

☐ Prawda

☐ Dekstryny nie są trawione przez enzym α -amylazę ze względu na obecność wiązań α -1,6-glikozydowych.

☐ Wszystkie wymienione wielocukry są trawione przez enzym α -amylazę.

Ćwiczenie 4



Wskaż poprawne stwierdzenie dotyczące działania enzymów hydrolitycznych rozkładających cukry.

☐ Amylaza ślinowa rozkłada wiązania β -1,4-glikozydowe, a amylaza trzustkowa wiązania α -1,6-glikozydowe.

☐ Amylaza ślinowa rozkłada wiązania α -1,6-glikozydowe, a amylaza trzustkowa wiązania β -1,4-glikozydowe.

☐ Amylaza ślinowa i amylaza trzustkowa rozkładają wiązania α -1,4-glikozydowe.

Ćwiczenie 5



Oceń, czy podane stwierdzenia są prawdziwe czy fałszywe.

Stwierdzenie	Prawda	Fałsz
Wszystkie enzymy biorące udział w trawieniu należą do enzymów hydrolitycznych.	☐	☐
Celuloza to polimer zbudowany wyłącznie z cząsteczek glukozy, dlatego jest trawiona przez α -amylazę.	☐	☐
Trawienie cukrów zachodzi tylko w jelicie cienkim.	☐	☐
Amyloza to polimer o rozgałęzionych łańcuchach utworzonych z cząsteczek glukozy, które są połączone wiązaniami α -1,6-glikozydowymi.	☐	☐

Informacja do ćwiczeń nr 6 i 7

Na ilustracji przedstawiono przebieg pewnego doświadczenia. Dokonaj jego analizy i wykonaj polecenia.



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

Ćwiczenie 6



Sformułuj problem badawczy dla tego doświadczenia.

Ćwiczenie 7



Wskaż zestaw badawczy, w którym najszybciej nastąpi strawienie skrobi. Uzasadnij swój wybór.

Ćwiczenie 8



Podaj nazwę odcinka przewodu pokarmowego, w którym następuje zahamowanie trawienia cukrów. Określ przyczynę tego zjawiska.

Dla nauczyciela

Autor: Alicja Kasińska

Przedmiot: biologia

Temat: Trawienie cukrów w przewodzie pokarmowym człowieka

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

Podstawa programowa:

Zakres podstawowy

Treści nauczania – wymagania szczegółowe

V. Budowa i fizjologia człowieka.

2. Odżywianie się. Uczeń:

4) przedstawia proces trawienia poszczególnych składników pokarmowych w przewodzie pokarmowym człowieka; planuje i przeprowadza doświadczenie sprawdzające warunki trawienia skrobi;

Zakres rozszerzony

Treści nauczania – wymagania szczegółowe

XI. Funkcjonowanie zwierząt.

2. Porównanie poszczególnych czynności życiowych zwierząt, z uwzględnieniem struktur odpowiedzialnych za ich przeprowadzanie.

1) Odżywianie się. Uczeń:

f) przedstawia proces trawienia poszczególnych składników pokarmowych w przewodzie pokarmowym człowieka; planuje i przeprowadza doświadczenie sprawdzające warunki trawienia skrobi,

Kształtowane 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:

- wyjaśni, na czym polega trawienie enzymatyczne cukrów;
- wskaże, w których odcinkach przewodu pokarmowego trawione są węglowodany;
- opíše etapy przemiany metabolicznej skrobi w cukry proste;
- zaplanuje i przeprowadzi doświadczenie sprawdzające warunki trawienia skrobi.

Strategie nauczania:

- konstruktywizm;
- konektywizm;
- strategia badawcza;
- strategia problemowa.

Metody i techniki nauczania:

- z użyciem komputera;
- ćwiczenia interaktywne;
- ćwiczenia laboratoryjne;
- analiza grafiki interaktywnej.

Formy pracy:

- praca indywidualna;
- praca w parach;
- 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;
- telefony z dostępem do internetu;
- zestawy doświadczalne (zob. materiały pomocnicze – zał. 1);
- instrukcje do przeprowadzenia doświadczenia (zob. materiały pomocnicze – zał. 2).

Przed lekcją:

1. Nauczyciel przygotowuje cztery zestawy doświadczalne do badania warunków trawienia skrobi (zob. materiały pomocnicze – zał. 1).

2. Nauczyciel prosi uczniów o przypomnienie sobie budowy układu pokarmowego.
Uczniowie mogą w tym celu wykorzystać mapę pojęć pt. *Budowa układu pokarmowego* lub grafikę interaktywną pt. *Narządy układu pokarmowego człowieka* z e-materiału *Trawienie i jego rodzaje*.
3. Uczniowie zapoznają się z treścią sekcji „Przeczytaj”.

Przebieg zajęć

Faza wstępna:

1. Nauczyciel zadaje pytania: „Co musi się stać z pokarmem, aby mógł dotrzeć do tkanek i komórek?”, „Na czym polega proces trawienia pokarmów?”.
2. Nauczyciel prosi uczniów o zapoznanie się z celami lekcji zawartymi w e-materiale i sformułowanie kryteriów sukcesu.

Faza realizacyjna:

1. Uczniowie dzielą się na cztery grupy. Każdy zespół otrzymuje zestaw doświadczalny (zał. 1). Uczniowie na podstawie własnej wiedzy planują doświadczenie sprawdzające warunki trawienia skrobi. Następnie weryfikują opracowany przebieg doświadczenia z opisem zawartym w materiałach pomocniczych (zał. 2).
2. Uczniowie przygotowują zgodnie z instrukcją doświadczenie sprawdzające warunki trawienia skrobi, którego wyniki odczytują po 30 min.
3. Uczniowie zapoznają się z grafiką interaktywną przedstawiającą trawienie cukrów w przewodzie pokarmowym człowieka i wykonują do niej polecenia: nr 1 („Wyjaśnij, w których odcinkach przewodu pokarmowego i przy udziale których enzymów trawione są skrobia oraz dwucukry”) oraz nr 2 („Określ warunki, w jakich zachodzą procesy trawienia węglowodanów w poszczególnych odcinkach przewodu pokarmowego. W odpowiedzi uwzględnij m.in. odczyn środowiska”).
4. Uczniowie obserwują wyniki przeprowadzonego doświadczenia, zapisują je w tabeli. Formułują wnioski i omawiają je na forum klasy.
5. Nauczyciel wyjaśnia wątpliwości uczniów.

Faza podsumowująca:

1. Uczniowie wykonują w zespołach 2-osobowych ćwiczenie nr 8 (mają za zadanie podać nazwę odcinka przewodu pokarmowego, w którym następuje zahamowanie trawienia cukrów, i określić przyczynę tego zjawiska), a następnie konsultują swoje rozwiązania z inną parą. Wybrane osoby przedstawiają odpowiedź na forum klasy.
2. Nauczyciel prosi uczniów o rozwinięcie zdań: „Dziś nauczyłem/nauczyłam się...”, „Zrozumiałem/zrozumiałam, że...”, „Zaskoczyło mnie...”, „Dowiedziałem/dowiedziałam się...”.

Praca domowa:

1. Wykonaj ćwiczenia od 1 do 7 z sekcji „Sprawdź się”.

Materiały pomocnicze:

Załącznik 1. Zestaw doświadczalny do badania warunków trawienia skrobi.

Plik o rozmiarze 90.29 KB w języku polskim

Załącznik 2. Opis doświadczania badającego warunki trawienia skrobi.

Plik o rozmiarze 116.46 KB w języku polskim

Wskazówki metodyczne opisujące różne zastosowania grafiki interaktywnej:

Grafika interaktywna może zostać wykorzystana m.in. podczas lekcji *Wchłanianie i transport substancji pokarmowych w jelicie* oraz *Rola jelita grubego w procesach trawiennych*.