



## Trawienie tłuszczów i kwasów nukleinowych w przewodzie pokarmowym człowieka

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



## Trawienie tłuszczów i kwasów nukleinowych w przewodzie pokarmowym człowieka

Trawienie tłuszczów i kwasów nukleinowych zachodzi w jelicie cienkim przy udziale enzymów. Tłuszcze w postaci zemulgowanej trawione są także w żołądku i jamie ustnej.

Źródło: Pixabay, domena publiczna.

**Tłuszcze** przyjmowane wraz z pokarmem zapewniają człowiekowi aż połowę energii potrzebnej do życia. Związki te pełnią też szereg innych ważnych funkcji: są m.in. niezbędne w procesie przyswajania witamin rozpuszczalnych w tłuszczach (czyli A, D, E i K) oraz biorą udział w syntezie hormonów steroidowych kory nadnerczy i hormonów płciowych. Ponieważ tłuszcze nie rozpuszczają się w wodzie, ich trawienie jest możliwe dopiero po uprzednim zemulgowaniu przez wydzielinę wątroby – **żółć**.

Natomiast **kwasy nukleinowe**, czyli kwas deoksyrybonukleinowy (DNA) i rybonukleinowy (RNA), trawione są w jelicie cienkim w wyniku działania enzymów **nukleaz**. Związki te obecne są w surowym i nisko przetworzonym pokarmie, m.in. w warzywach, rybach oraz mięsie. Wartość odżywcza kwasów nukleinowych była długo pomijana, jednak dowiedziono, że pełnią one ważne funkcje budulcowe i energetyczne oraz mają wpływ na poprawne działanie układu pokarmowego i odpornościowego. Ponadto dzięki zawartości nukleotydu guanozyno-5'-monofosforanu wzmacniają odczuwanie w pożywieniu smaku umami.

### Twoje cele

- Omówisz przebieg trawienia tłuszczów i kwasów nukleinowych.
- Opiszysz przebieg emulgacji tłuszczów.
- Określisz rodzaje i sposób działania nukleaz.



# Przeczytaj

## Trawienie tłuszczów

Tłuszcze, inaczej lipidy (z gr. *lipos* – tłuszcz), występują w produktach spożywczych pochodzenia roślinnego i zwierzęcego. Mają różną budowę: dzielą się na **proste** (**triacyloglicerole** i woski, w których skład wchodzi węgiel, wodór i tlen) oraz **złożone** (fosfolipidy i glikolipidy, w których skład oprócz wymienionych pierwiastków wchodzi: fosfor, czasem azot lub siarka). Wspólną cechą wszystkich tłuszczów jest to, że są nierozpuszczalne w wodzie. Z tego powodu ich trawienie wymaga emulgacji, a następnie enzymatycznego rozkładu do alkoholu i kwasów tłuszczowych.

Enzymy trawiące tłuszcze to **lipazy**, będące (tak jak większość enzymów) białkami. Proces enzymatycznego rozkładu tłuszczów rozpoczyna się w jamie ustnej pod wpływem lipazy językowej (ślinowej). Enzym ten działa na tłuszcze występujące w pokarmie w postaci naturalnej emulsji. Właściwe trawienie tłuszczów odbywa się w dwunastnicy – odcinku jelita cienkiego. Tu wydzielana jest **żółć**, która emulguje tłuszcze. Substancja ta powstaje w wątrobie i jest magazynowana w pęcherzyku żółciowym.

## Enzymy trawiące tłuszcze

### Lipaza językowa (ślinowa) i lipaza żołądkowa

Enzymy te występują odpowiednio w ślinie oraz w żołądku. Ich udział w trawieniu tłuszczów jest niewielki. W pełni trawią jedynie tłuszcze zemulgowane, czyli rozproszone do postaci kropelek (jak te obecne w mleku czy śmietanie).

### Lipaza trzustkowa

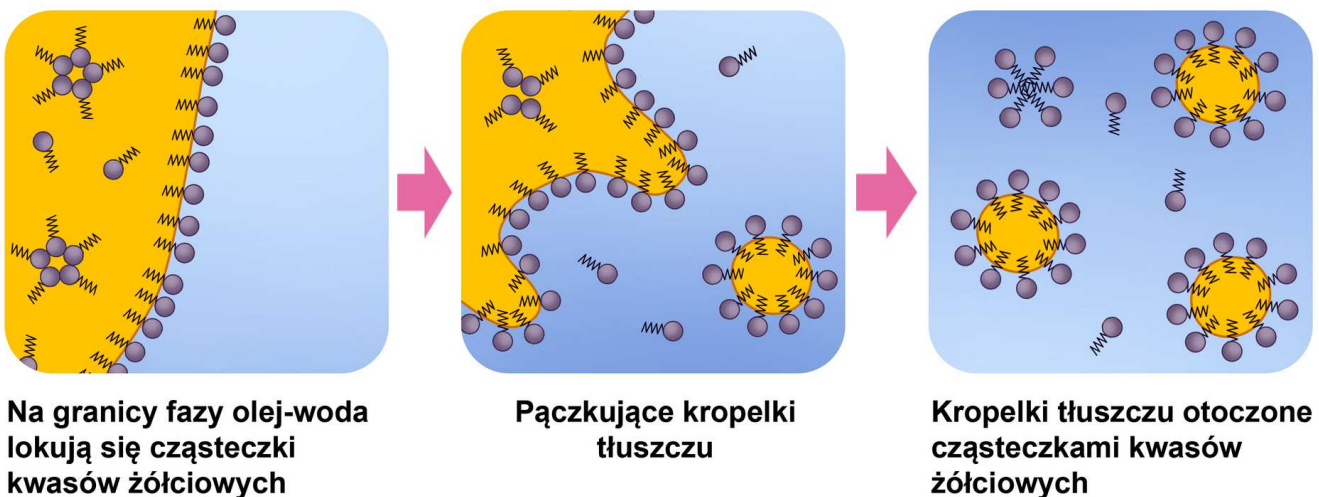
Tłuszcze, które nie zostały strawione w jamie ustnej i żołądku, zostają poddane trawieniu dopiero pod wpływem lipazy trzustkowej, zawartej w soku trzustkowym wydzielanym do dwunastnicy. Lipaza trzustkowa to główny enzym przewodu

pokarmowego uczestniczący w trawieniu tłuszczów – odpowiedzialny za hydrolizę triacylogliceroli (triglicerydów, trójglicerydów) do diglicerydów, następnie do monoglicerydów i ostatecznie do glicerolu oraz kwasów tłuszczowych. Inaczej mówiąc, lipaza trzustkowa katalizuje hydrolizę wiązań estrowych łączących glicerol z kwasami tłuszczowymi.

### Lipaza jelitowa

Zaliczana jest do hydrolaz. Usprawnia działanie lipazy trzustkowej.

## Emulgacja tłuszczów

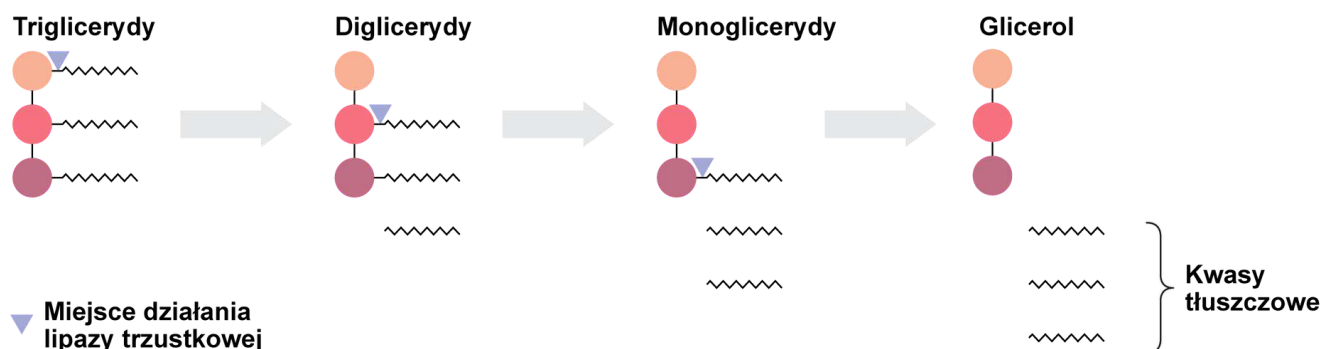


Trawienie tłuszczów zachodzi jedynie na granicy faz wodnej i olejowej: tylko w taki sposób enzym może się połączyć z substratem. Emulgacja jest procesem, który polega na rozbijaniu dużych kropli tłuszczu zawieszonych w wodzie na wiele drobnych kropelek. Objętość tłuszczu pozostaje taka sama, jednak powierzchnia kontaktu wielu kropelek tłuszczu z wodą jest o wiele większa niż w przypadku jednej dużej kropli. Powiększona powierzchnia tłuszczu ułatwia oddziaływanie enzymów trawiennych oraz zwiększa ich skuteczność. Emulgację powodują kwasy żółciowe – główny składnik żółci produkowanej przez wątrobę, magazynowanej w pęcherzyku żółciowym i wydzielanej do dwunastnicy.

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

## Trawienie tłuszczów w dwunastnicy

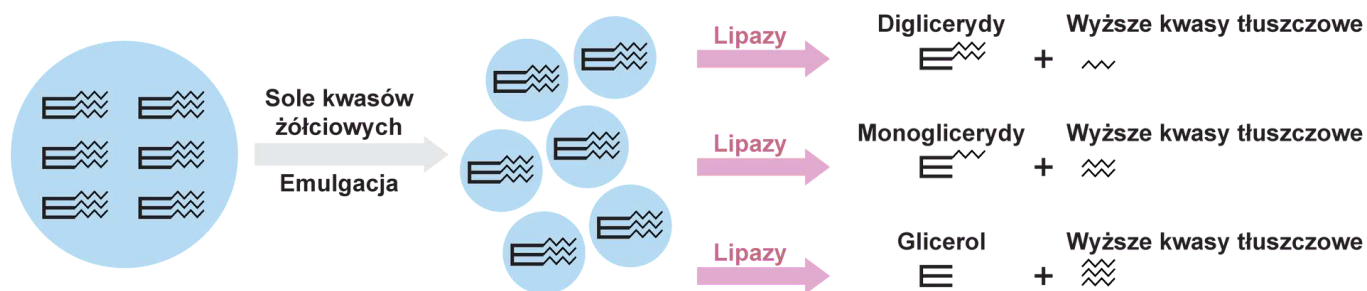
Proces rozkładu zemulgowanych tłuszczów w dwunastnicy postępuje etapami, przedstawionymi poniżej.



Na pierwszym etapie triacylogliceryd (trigliceryd) jest rozkładany do diglicerydu i jednej cząsteczki kwasu tłuszczowego. Następnie od diglicerydu odłączana jest kolejna cząsteczka kwasu tłuszczowego, w wyniku czego tworzą się monogliceryd i kolejna cząsteczka wolnego kwasu tłuszczowego. Po odłączeniu od monoglicerydu ostatniej cząsteczki kwasu tłuszczowego powstaje trójwodorotlenowy alkohol – glicerol. Produktami hydrolizy jednej cząsteczki tłuszczu są zatem jedna cząsteczka glicerolu i trzy cząsteczki wolnych kwasów tłuszczowych.

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

Ani lipazy, ani żadne inne enzymy występujące w organizmie człowieka nie katalizują hydrolizy wosków, będących przede wszystkim estrami wyższych kwasów tłuszczowych. Mimo ich prostej budowy i wysokiej wartości energetycznej woski nie mogą być więc wykorzystywane jako materiał odżywczy.



W wyniku hydrolizy tłuszczów nie wszystkie cząsteczki zostają rozłożone całkowicie na glicerol i kwasy tłuszczowe. Część z nich pozostaje monoglicerydami, część – diglicerydami, jeszcze inne pozostają w ogóle niestrawione.

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

## Trawienie kwasów nukleinowych

Kwasy nukleinowe, czyli DNA (kwas deoksyrybonukleinowy) oraz RNA (kwas rybonukleinowy), to związki organiczne zbudowane z **nukleotydów**. Nukleotyd składający

się z reszty kwasu fosforowego(V), cukru deoksyrybozy oraz jednej z zasad azotowych (adeniny, guaniny, tyminy lub cytozyny) jest elementem budulcowym DNA. Z kolei nukleotyd zbudowany z reszty kwasu fosforowego(V), cukru rybozy i jednej zasady azotowej (adeniny, guaniny, cytozyny lub uracylu) stanowi podstawową jednostkę budowy RNA. Zarówno nukleotydy DNA, jak i RNA łączą się ze sobą wiązaniem 3',5'-fosfodiesterowym, powstającym między resztą kwasu fosforowego(V) jednego nukleotydu a cukrem następnego nukleotydu. W ten sposób tworzą się długie łańcuchy polinukleotydowe. Cząsteczka DNA zbudowana jest z dwóch łańcuchów polinukleotydowych łączących się wiązaniami wodorowymi, powstającymi między zasadami azotowymi nukleotydów zgodnie z regułą komplementarności. Cząsteczka RNA ma postać jednego łańcucha polinukleotydowego.

Trawienie kwasów nukleinowych odbywa się w dwunastnicy w wyniku działania **nukleaz**, które katalizują ich rozkład do **nukleotydów**. Nukleazy są wydzielane przez trzustkę i jelito cienkie. Ze względu na miejsce ich działania wyróżnia się **endonukleazy** i **egzonukleazy**.

<b>Endonukleazy</b>
Katalizują rozpad wiązań fosfodiesterowych wewnątrz łańcucha kwasu nukleinowego, co prowadzi do powstania krótszych łańcuchów kwasów nukleinowych – oligonukleotydów.
<b>Egzonukleazy</b>
Powodują odłączanie nukleotydów od końców łańcucha kwasu nukleinowego.

Zawarte w soku trzustkowym **nukleazy trzustkowe** w dwunastnicy rozkładają DNA i RNA do **oligonukleotydów**, trinukleotydów, dinukleotydów i nukleotydów. W jelicie cienkim w obecności **nukleaz** zachodzi dalszy rozpad produktów trawienia DNA i RNA – do pojedynczych nukleotydów. Nukleazy katalizują hydrolizę wiązań fosfodiesterowych łączących nukleotydy. W dalszej kolejności następuje odłączenie grup fosforanowych poszczególnych nukleotydów przez **nukleotyduzazy**. W wyniku tego procesu powstają poszczególne **nukleozydy**. Na ostatnim etapie wiązania chemiczne nukleozydów ulegają rozkładowi przez **nukleozyduzazy**. W efekcie trawienia kwasów nukleinowych otrzymywane są zasady azotowe, cukry i fosforany.

### Dla zainteresowanych

Dalszy rozpad nukleozydów prowadzi do otrzymania **zasad purynowych** lub **pirymidynowych**. Zasady purynowe są metabolizowane i przekształcane do kwasu

moczowego, natomiast pirymidynowe – do beta-aminokwasów. Proces ten zachodzi głównie w komórkach wątroby.

W poniższej tabeli podsumowano przebieg trawienia tłuszczów i kwasów nukleinowych w przewodzie pokarmowym.

<b>Miejsce trawienia</b>	<b>Enzym</b>	<b>Optymalne pH</b>	<b>Substrat</b>	<b>Produkt</b>
Jama ustna i żołądek	lipaza językowa (ślinowa)	3,5–6,0	tłuszcz mleczny zawarty w mleku, śmietanie; u noworodków – tłuszcz zawarty w mleku matki	monoglicerydy, diglicerydy, glicerol, kwasy tłuszczowe
Jama ustna i żołądek	lipaza żołądkowa	2,0	tłuszcz mleczny zawarty w mleku, śmietanie; u noworodków – tłuszcz zawarty w mleku matki	monoglicerydy, diglicerydy, glicerol, kwasy tłuszczowe
Dwunastnica	lipaza trzustkowa	8,0	zemulgowane tłuszcze	monoglicerydy, diglicerydy, glicerol, kwasy tłuszczowe
Dwunastnica	nukleazy trzustkowe	8,0	kwasy nukleinowe	oligonukleotydy, trinukleotydy, dinukleotydy, nukleotydy
Jelito cienkie (czcze)	lipaza jelitowa	8,0	zemulgowane tłuszcze, monoglicerydy	glicerol, kwasy tłuszczowe
Jelito cienkie (czcze)	nukleazy	8,0	oligonukleotydy, trinukleotydy, dinukleotydy	nukleotydy

Miejsce trawienia	Enzym	Optymalne pH	Substrat	Produkt
Jelito cienkie (czcze)	nukleotyduazy	8,0	nukleotydy	nukleozydy, fosforan (Pi)
Jelito cienkie (czcze)	nukleozyduazy	8,0	nukleozydy	zasady azotowe, cukry

## Słownik

### egzonukleazy

enzymy z klasy hydrolaz, katalizujące odłączenie nukleotydów od końców łańcuchów kwasów nukleinowych: DNA (egzodeoksyrybonukleazy) lub RNA (egzorybonukleazy); niektóre mogą działać na oba te kwasy; rozkładają kwasy nukleinowe o strukturze jedno- lub dwuniciowej, niezależnie od sekwencji zasad purynowych i pirymidynowych w ich łańcuchach

### emulgacja

rozbijanie cząsteczek tłuszczu na mniejsze cząstki, w wyniku czego tworzy się emulsja

### endonukleazy

enzymy z klasy hydrolaz katalizujące rozkład wiązań estrowych w środku łańcucha kwasu nukleinowego z wytworzeniem oligonukleotydów; działają na RNA (endorybonukleazy) lub DNA (endodeoksyrybonukleazy) o strukturze jedno- bądź dwuniciowej

### hydroliza

(gr. *hýdōr* – woda, *lýsis* – rozłożenie) rozkład związków chemicznych pod wpływem wody; reakcje hydrolizy w organizmach żywych zachodzą z udziałem enzymów (hydrolaz)

### kwasy żółciowe

tworzą się w wątrobie z cholesterolu; odpowiadają za wchłanianie lipidów oraz witamin rozpuszczalnych w tłuszczach (witaminy A, D, E, K); gromadzą się jako składnik żółci w pęcherzyku żółciowym; po spożyciu pokarmu dochodzi do obkurczania się pęcherzyka żółciowego i opróżnienia jego zawartości do przewodu pokarmowego, co w efekcie powoduje przedostanie się kwasów żółciowych do dwunastnicy

### lipaza trzustkowa

enzym trawienny wytwarzany przez trzustkę; bierze udział w procesie trawienia tłuszczów pokarmowych – rozkłada trójglicerydy do kwasów tłuszczowych i glicerolu; odgrywa też ważną rolę w utrzymywaniu przepuszczalności błony komórkowej; dzięki

odpowiedniej przepuszczalności błony komórki łatwo wchłaniają składniki pokarmowe, a także usuwają zbędne produkty przemiany materii

### **nukleazy**

występujące w organizmie człowieka różnorodne enzymy z klasy hydrolaz, które katalizują hydrolizę wiązania fosfodiesterowego; wiązanie to łączy poszczególne nukleotydy w nici polinukleotydowej RNA lub DNA; nukleazy dzielą się na egzonukleazy i endonukleazy

### **nukleotydy**

enzymy z klasy hydrolaz; odszczepiają resztę kwasu fosforowego od nukleotydów, w wyniku czego powstają nukleozydy; nukleotydy występują powszechnie w komórkach organizmów, biorąc udział w degradacji kwasów nukleinowych i koenzymów nukleotydowych

### **nukleozydy**

glikozydy składające się z zasady purynowej lub zasady pirymidynowej połączonej przez atomy azotu (N-9 puryny lub N-1 pirymidyny) wiązaniem beta-glikozydowym z atomem węgla C-1 cukru (rybozy lub deoksyrybozy); nukleozydami są np. adenozyne (rybonukleozyd) oraz deoksycytosyna, złożona z cytozyny i deoksyrybozy (deoksyrybonukleozyd, deoksynukleozyd); z rybonukleozydów są zbudowane kwasy rybonukleinowe, a z deoksynukleozydów – kwasy deoksyrybonukleinowe; estry fosforanowe nukleozydów to nukleotydy

### **nukleotydy**

enzymy z klasy hydrolaz; odszczepiają m.in. zasady purynowe, pirymidynowe, amid kwasu nikotynowego od nukleozydów i nukleotydów

### **oligonukleotydy**

fragmenty kwasów nukleinowych, o długości zwykle od kilkunastu do kilkudziesięciu nukleotydów

### **triacyloglicerole (triglicerydy, trójglicerydy)**

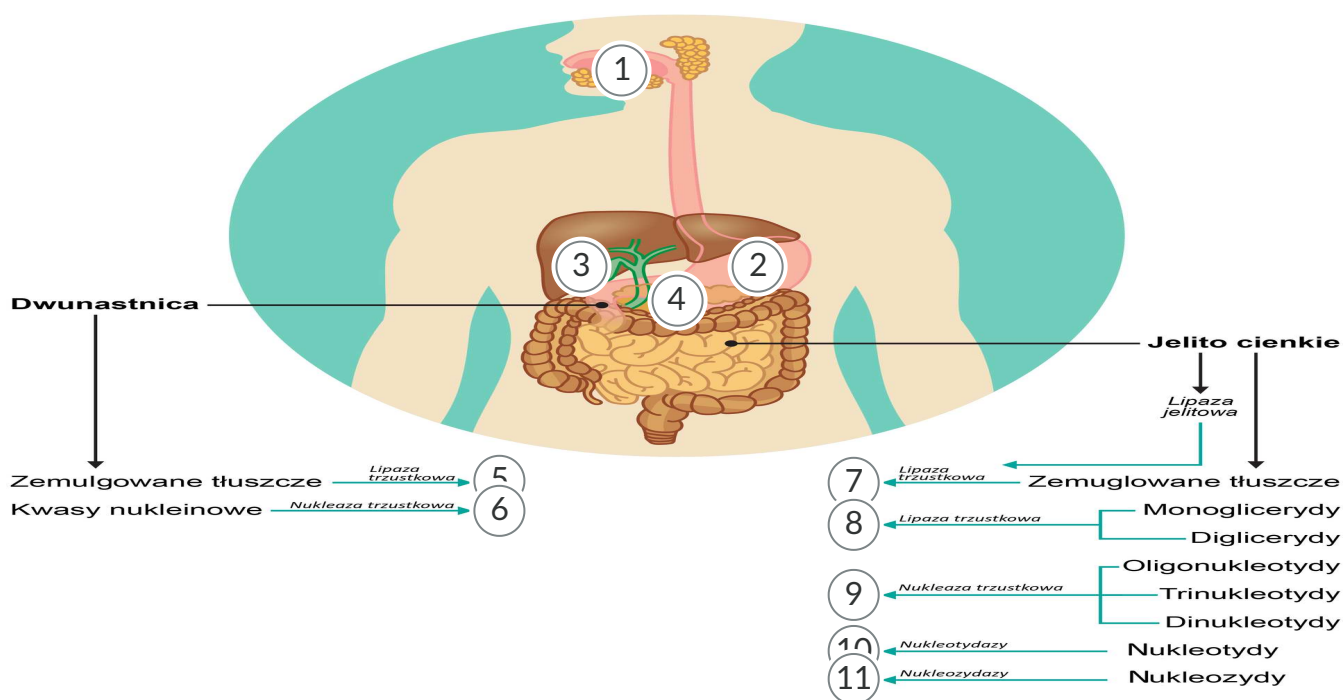
organiczne związki chemiczne należące do lipidów (tłuszczów prostych); estry glicerolu i trzech kwasów tłuszczowych; wraz z wolnymi kwasami tłuszczowymi są jednym z głównych materiałów energetycznych organizmu; magazynowane jako materiał zapasowy w postaci tkanki tłuszczowej

### **żółć**

płynna wydzielina komórek wątroby zawierająca kwasy żółciowe, wodę, jony i fosfolipidy; zagęszczana i magazynowana w pęcherzyku żółciowym; emulguje tłuszcze zawarte w pokarmie, rozdrabniając je na zawiesinę małych kuleczek

# Grafika interaktywna

## Trawienie tłuszczów i kwasów nukleinowych



1

W ślinie obecna jest **lipaza językowa (ślinowa)**, enzym biorący udział w trawieniu tłuszczów zemulgowanych, czyli rozproszonych w postaci niewielkich kropelek, obecnych np. w mleku lub śmietanie. Ze względu na szeroki zakres pH, w jakim aktywny jest ten enzym, lipaza językowa zachowuje swoje właściwości enzymatyczne także na poziomie żołądka, dokąd dociera wraz z pobranym pokarmem.

2

W żołądku, oprócz lipazy językowej, występuje **lipaza żołądkowa**. Enzym ten ma największe znaczenie w trawieniu u noworodków – tłuszcze zawarte w mleku matki zbudowane są z krótkich kwasów tłuszczowych, rozpuszczalnych w wodzie i dostępnych dla tego enzymu.

3

**Żółć** to wydzielina wątroby niezbędna w procesie trawienia i wchłaniania tłuszczów w jelicie. U człowieka i większości kręgowców jest magazynowana i zagęszczana w pęcherzyku żółciowym, z którego sphywa przewodami do dwunastnicy w czasie trawienia pokarmu.

4

---

**Lipaza trzustkowa** to enzym będący składnikiem soku trzustkowego, wydzielanego do dwunastnicy. Odpowiada za hydrolizę triacylogliceroli do monoacylogliceroli i wolnych kwasów tłuszczowych.

5

---

Lipaza trzustkowa trawi tłuszcze pokarmowe w dwunastnicy, stopniowo rozkładając trójglicerydy do diglicerydów i monoglicerydów.

6

---

Nukleaza trzustkowa przyczynia się do rozkładania kwasów nukleinowych do nukleotydów.

7

---

Lipaza trzustkowa hydrolizuje tłuszcze także na dalszych odcinkach jelita cienkiego, kontynuując uwalnianie kwasów tłuszczowych. Lipaza jelitowa wspiera jej działanie.

8

---

Większość monoglicerydów i diglicerydów rozkładana jest do glicerolu i wolnych kwasów tłuszczowych.

9

---

Nukleaza trzustkowa w dwunastnicy rozkłada kwasy nukleinowe na oligonukleotydy, trinukleotydy, dinukleotydy i nukleotydy.

10

---

Nukleotydy rozkładane są przez nukleotydyazy do nukleozydów i fosforanów (Pi).

Nukleozydazy rozkładają nukleotydy na zasady azotowe i cukry.

Trawienie tłuszczów i kwasów nukleinowych.

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

### **Polecenie 1**

Zapoznaj się z grafiką interaktywną, a następnie wskaż, w których odcinkach przewodu pokarmowego i za pomocą których enzymów trawione są kwasy nukleinowe.

### **Polecenie 2**

Na podstawie grafiki interaktywnej omów proces trawienia tłuszczów. W odpowiedzi uwzględnij rolę żółci oraz enzymy biorące udział w tym procesie.

# Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

## Ćwiczenie 1



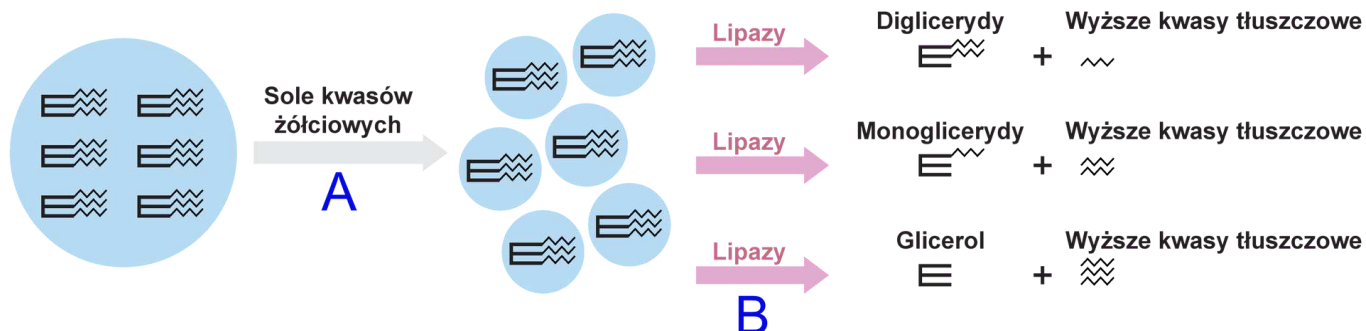
Źródło: Englishsquare.pl Sp. z o.o., licencja: CC BY-SA 3.0.

## Ćwiczenie 2



## Informacja do ćwiczeń nr 3 i 4

Na schemacie przedstawiono mechanizm trawienia tłuszczów.



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

## Ćwiczenie 3



## Ćwiczenie 4



## Ćwiczenie 5



## Ćwiczenie 6



## Ćwiczenie 7



## Tekst do ćwiczeń nr 8 i 9

” Lipazy są jedną z głównych grup enzymów trawiennych. (...) Aktywność tych enzymów nie jest regulowana hormonalnie, natomiast wzrasta w obecności soli kwasów żółciowych, fosfolipidów i białka – kolipazy. W wyniku całkowitej hydrolizy triacylogliceroli powstają glicerol i kwasy tłuszczowe. Jednak lipaza trzustkowa jest enzymem działającym specyficznym na pierwszorzędowe wiązania estrowe – to znaczy, że w pierwszym rzędzie odszczepia kwasy tłuszczowe znajdujące się w pozycji 1 i 3 triacylogliceroli.

Źródło: *Ćwiczenie 3: Lipaza. Oznaczanie aktywności enzymu metodą miareczkową*, w: „Enzymologia”, Wydział Nauk o Żywności i Rybactwa Centrum Bioimmobilizacji i Innowacyjnych Materiałów, Szczecin.

Ćwiczenie 8



Ćwiczenie 9



Ćwiczenie 10



# Dla nauczyciela

---

**Autor:** Alicja Kasińska

**Przedmiot:** biologia

**Temat:** Trawienie tłuszczów i kwasów nukleinowych 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 (językiem ucznia):**

- Omówisz przebieg trawienia tłuszczów i kwasów nukleinowych.
- Opisziesz przebieg emulgacji tłuszczów.
- Określisz rodzaje i sposób działania nukleaz.

### **Strategie nauczania:**

- konstruktywizm;
- konektywizm;
- nauczanie przez dociekanie naukowe (IBSE).

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

- z użyciem komputera;
- ćwiczenia interaktywne;
- rozmowa kierowana;
- eksperyment;
- analiza grafiki interaktywnej;
- rozmowa typu A-B-C-D.

### **Formy pracy:**

- 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;
- kubeczki (słoiczki) szklane, woda, olej, płyn do mycia naczyń.

### **Przed lekcją:**

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

### **Przebieg lekcji**

#### **Faza wstępna:**

1. Nauczyciel dzieli uczniów na grupy i każdej rozdaje kubeczek z mieszaniną wody i oleju, a następnie podchodzi do każdej z nich i dodaje do kubeczków odrobinę płynu do mycia naczyń. Uczniowie obserwują, co dzieje się z tłuszczem. Nauczyciel zadaje pytania: „Jaką funkcję spełnił płyn do mycia naczyń?”, „W jakim stopniu zjawisko to jest podobne do procesu trawienia tłuszczów?”. Chętni uczniowie wypowiadają się na forum.
2. Nauczyciel wyświetla na tablicy lub za pomocą rzutnika zawartość sekcji „Wprowadzenie”. Uczniowie wspólnie z nauczycielem omawiają cele lekcji i określają kryteria sukcesu.

### **Faza realizacyjna:**

1. Nauczyciel dzieli uczniów na cztery grupy i przydziela im zadania. Uczniowie, korzystając z e-materiału, przygotowują w grupach pytania dla kolegów i koleżanek:
  - Grupa A: „Sformułujcie pięć pytań na temat roli, miejsca i warunków działania enzymów trawiących tłuszcze”.
  - Grupa B: „Sformułujcie pięć pytań na temat etapów trawienia tłuszczów. Uwzględnijcie substraty i produkty każdej reakcji”.
  - Grupa C: „Sformułujcie pięć pytań na temat procesu trawienia kwasów nukleinowych”.

Na pytania grupy A odpowiadają uczniowie grupy B, na pytania grupy B odpowiadają uczniowie grupy C, a na pytania grupy C odpowiadają uczniowie grupy A. Wypowiedzi ilustrują zasobami zawartymi w e-materiale, w tym grafiką interaktywną. Nauczyciel czuwa nad poprawnością merytoryczną wykonania zadania, koryguje ewentualne błędy.

2. Uczniowie wykonują w parach polecenie nr 1 („Zapoznaj się z grafiką interaktywną, a następnie wskaż, w których odcinkach przewodu pokarmowego i za pomocą których enzymów trawione są kwasy nukleinowe”) oraz polecenie nr 2 („Na podstawie grafiki interaktywnej omów proces trawienia tłuszczów. W odpowiedzi uwzględnij rolę żółci oraz enzymy biorące udział w tym procesie”) do grafiki interaktywnej, a także ćwiczenia nr 8 i 9 (dotyczące mechanizmu aktywacji oraz specyfiki działania lipazy trzustkowej) w sekcji „Sprawdź się”. Wyniki omawiają wraz z nauczycielem na forum klasy.

### **Faza podsumowująca:**

1. Na koniec zajęć nauczyciel raz jeszcze wyświetla na tablicy interaktywnej lub przy użyciu rzutnika temat lekcji i cele zawarte w sekcji „Wprowadzenie”. Prosi uczniów o ocenę, czy udało im się zrealizować kryteria sukcesu.

### **Praca domowa:**

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

2. Dla chętnych: Wykonaj ćwiczenie nr 10 w sekcji „Sprawdź się”.

**Materiały pomocnicze:**

- Neil A. Campbell i in., „Biologia Campbella”, tłum. K. Stobrawa i in., Rebis, Poznań 2019.
- „Encyklopedia szkolna. Biologia”, red. Marta Stęplewska, Robert Mitoraj, Wydawnictwo Zielona Sowa, Kraków 2006.
- Teresa Mossor-Pietraszewska, Ryszarda Stachowiak, Jan Strzałko, *Anatomia i fizjologia człowieka. Podręcznik. Zakres podstawowy. Część 1*, eMPI2, Poznań 2010.

**Wskazówki metodyczne opisujące różne zastosowania grafiki interaktywnej:**

- Grafika interaktywna może zostać wykorzystana podczas zajęć: *Wchłanianie i transport substancji pokarmowych w jelicie oraz Rola jelita grubego w procesach trawiennych.*