



Dorota Czerwińska

# Podstawy żywienia człowieka

2

Podstawy żywienia i higieny

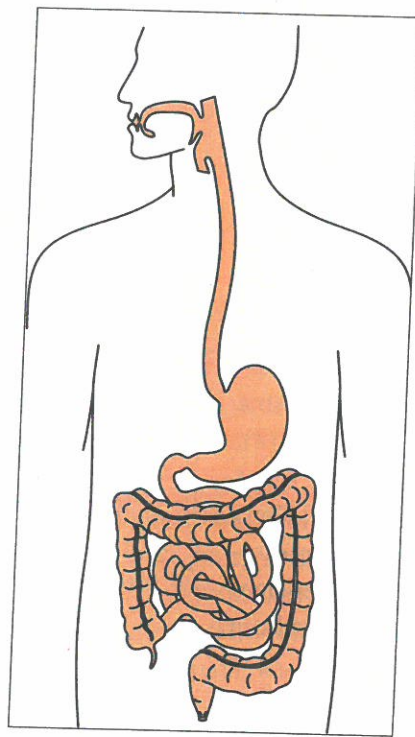
**Podręcznik**

do nauki zawodów:  
kucharz, technik żywienia  
i gospodarstwa domowego, kelner  
w technikum i szkole policealnej

rea

# 6

## PRZEMIANY SKŁADNIKÓW ODŻYWCZYCH W ORGANIZMIE CZŁOWIEKA



## 6. 1. Anatomia i fizjologia przewodu pokarmowego

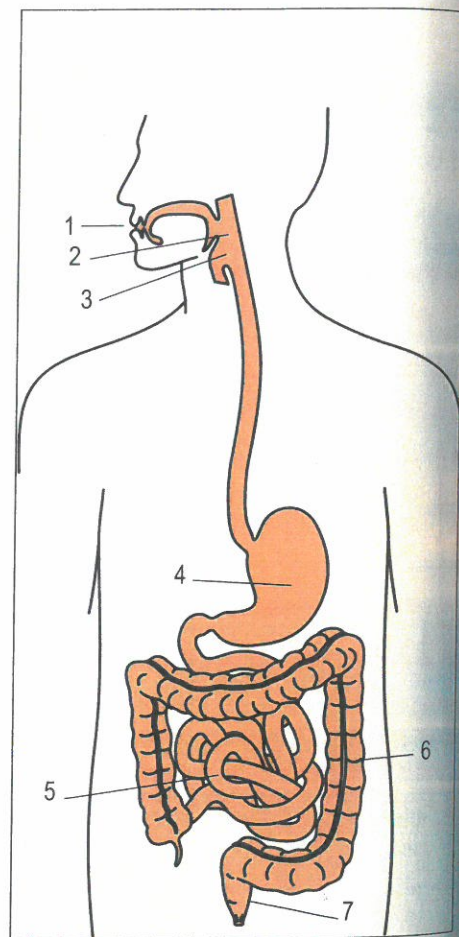
Odżywianie to proces pobierania, przetwarzania i wykorzystania składników odżywczych z pożywienia dla zaspokojenia potrzeb związanych ze wzrostem, pracą organów wewnętrznych, pracą fizyczną, a także regeneracją tkanek, komórek i narządów. Celem spożywania pokarmu jest dostarczenie organizmowi energii, składników odżywczych oraz wody, niezbędnych do prawidłowego funkcjonowania.

Za odżywianie organizmu odpowiada układ pokarmowy. W jego skład wchodzi narządy, które umożliwiają pobranie pożywienia z zewnątrz, rozdrabnianie, połykanie, mieszanie pokarmu, przemieszczanie treści pokarmowej wzdłuż przewodu pokarmowego (transport), jego trawienie oraz wchłanianie do organizmu strawionych substancji. Układ pokarmowy jest też drogą usuwania niestrawionych cząstek pożywienia.

Trawienie polega na rozłożeniu składników odżywczych za pomocą enzymów i innych substancji na proste cząstki.

Wchłanianie to przenikanie rozłożonych na proste elementy składników odżywczych przez ściany przewodu pokarmowego do krwioobiegu. Wraz z krwią rozłożone składniki docierają do komórek, tkanek, narządów.

Przewód pokarmowy to kanał długości około 8 metrów. Wyróżnia się w nim następujące części (rys. 6. 1.): jamę ustną (1), gardło (2), przełyk (3), żołądek (4), jelito cienkie (5), jelito grube (6) i odbyt (7). Kanał jest pokryty wewnątrz błoną śluzową, w której znajdują się gruczoły wydzielające śluz oraz soki trawienne. Do układu pokarmowego zalicza się też wątrobę i trzustkę.



Rys. 6. 1. Budowa przewodu pokarmowego

### 6. 1. 1. Jama ustna, gardło, przełyk

Jama ustna to początkowy odcinek przewodu pokarmowego (rys. 6. 2.). Jest tu produkowana ślina, którą wytwarzają gruczoły ślinowe nazywane śliniankami. Znajdują się one w błonie śluzowej wyściełającej jamę ustną. W ciągu doby człowiek wytwarza około 2 dm<sup>3</sup> śliny, jej wydzielanie jest niezależne od naszej woli i odbywa się stale.

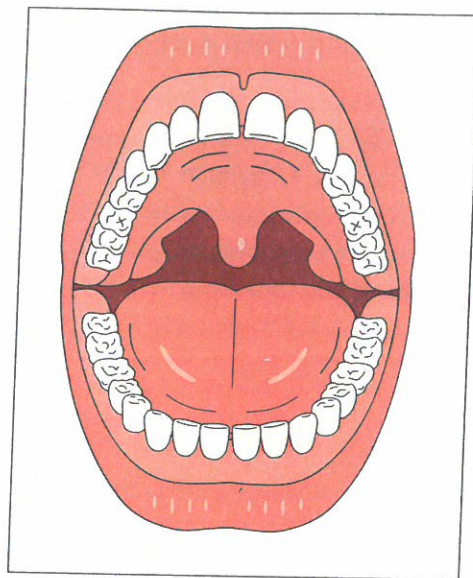
W jamie ustnej pokarm jest formowany w kęsy oraz żuty, rozdrabniany (miażdżony i rozgryzany) i nawilżany. Rozdrabnianie umożliwiają zęby. Ślina dzięki obecności lepkiej substancji nazywanej mucyną zlepia pożywienie w kęsy, nadaje im śliskość i ułatwia ich połykanie oraz przesuwanie do dalszej części przewodu pokarmowego.

W jamie ustnej rozpoczyna się też proces trawienia pożywienia. Ślina zawiera enzym – amylazę ślinową, który zapoczątkowuje rozkład węglowodanów.

Kolejnym odcinkiem przewodu pokarmowego jest gardło. Jest to mięśniowo-błoniasty przewód, który spełnia funkcję transportową. Połykany odruchowo kęs dostaje się do gardła. Przez gardło kęsy pożywienia są transportowane do przełyku. Jest to mięśniowo-błoniasty przewód o długości 20–30 centymetrów. Mięśnie przełyku regularnie kurczą się i rozkurczają, dzięki czemu treść pokarmowa przesuwa się do żołądka. W dolnej części przełyku znajduje się mięsień zwieracz, który zapobiega cofaniu się pokarmu z żołądka.

### 6. 1. 2. Żołądek

Żołądek jest podłużnym, dobrze umięśnionym i bardzo rozciągliwym narządem. Dopasowuje swoją objętość do ilości pożywienia. Przypomina błoniasty worek o objętości od 1 do 3 dm<sup>3</sup> (rys. 6. 3.). Wyróżniamy trzy części żołądka: początkowa, przy połączeniu z przełykiem, to wpust, środkowa to trzon, a końcowa część, która łączy żołądek z jelitem cienkim, to odźwiernik.



Rys. 6. 2. Jama ustna

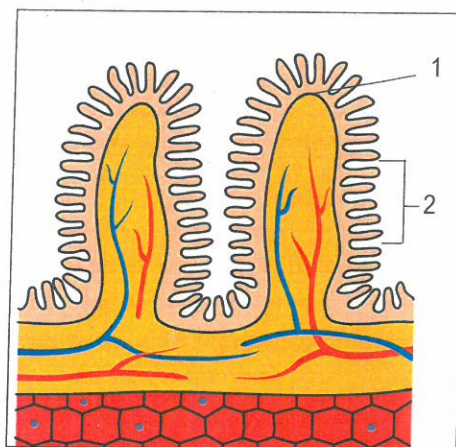
W soku trzustkowym znajdują się enzymy rozkładające białka, tłuszcze i węglowodany, np. trypsyna, lipaza. W dwunastnicy proces trawienia przebiega najintensywniej, znaczna część pożywienia zostaje tu całkowicie strawiona i wchłonięta.

W dolnym odcinku jelita cienkiego (jelito czcze i jelito kręte) zachodzi ostatni etap trawienia. W śluzówce jelita czczego i krętego znajdują się gruczoły produkujące sok jelitowy w ilości 1,5 dm<sup>3</sup> w ciągu doby. Pod wpływem enzymów znajdujących się w tym soku (laktazy, dipeptydazy, lipazy jelitowej) pokarm zostaje całkowicie rozłożony na proste związki, to znaczy proces trawienia zostaje zakończony.

W jelicie cienkim odbywa się proces wchłaniania większości składników odżywczych. Z powodu specyficznej budowy jelito ma dużą powierzchnię zewnętrzną, wielkości około 200 m<sup>2</sup>, nazywaną powierzchnią chłonną. Na zewnątrz błona jelitowa jest mocno pofałdowana (rys. 6. 5.). Dodatkowo fałdy są pokryte wypustkami, tzw. kosmkami jelitowymi (1). Na 1 cm<sup>2</sup> błony śluzowej przypada kilka tysięcy kosmków. Każdy kosmek jest pokryty warstwą komórek nabłonkowych – enterocytów, na zewnątrz których znajdują się mikrokosmki (2).

Do kosmków wnikają z jelita składniki odżywcze. Następnie dostają się one do naczynek krwionośnych lub limfatycznych, które znajdują się pod nabłonkiem. Wraz z krwią składniki są roznoszone po całym organizmie.

Niektóre substancje wchłaniają się już w jamie ustnej lub w żołądku (np. alkohol, cukry proste). Im prostszą budowę ma trawiona substancja, im wcześniej zostanie rozłożona, tym w wyższych częściach przewodu pokarmowego jest wchłaniana.



Rys. 6. 5. Kosmki i mikrokosmki jelitowe

Przesuwanie się pokarmu wzdłuż jelit jest możliwe dzięki ich regularnym skurczom, czyli ruchom perystaltycznym (nazywanymi inaczej ruchami robaczkowymi jelit).

podr  
w zaw

Książ  
wodn  
układi

W p  
w pla  
kolore  
omaw

Czę

- P
- w
- w
- n
- z
- z
- p
- z
- h
- o
- o
- z

Czę  
człow  
organ

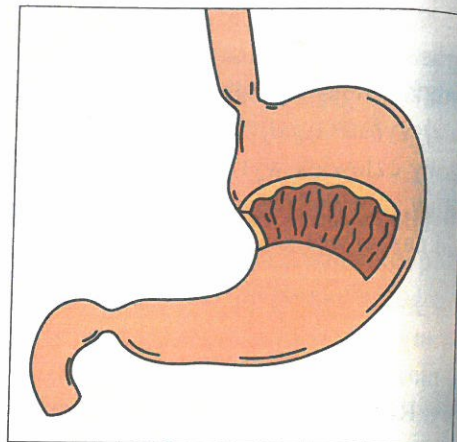
Poc  
egzar

Cena

W żołądku wytwarzany jest sok żołądkowy, w ilości 2,5–3 dm<sup>3</sup>. Produkują go specjalne komórki rozmieszczone w błonie śluzowej. Sok żołądkowy ma bardzo kwaśny odczyn (pH 0,8–2), w jego skład wchodzi bowiem kwas solny.

Silnie kwaśne środowisko powoduje, że w żołądku są niszczone szkodliwe drobnoustroje (działanie bakteriobójcze). Kwas solny powoduje też denaturację (ściananie) białka, co ułatwia jego trawienie. Sok żołądkowy zawiera enzymy, które powodują wstępne trawienie białek (np. pepsynę).

Żołądek jest przejściowym magazynem pokarmu. Zgromadzona w nim treść pokarmowa jest małymi porcjami przenoszona do jelita cienkiego.

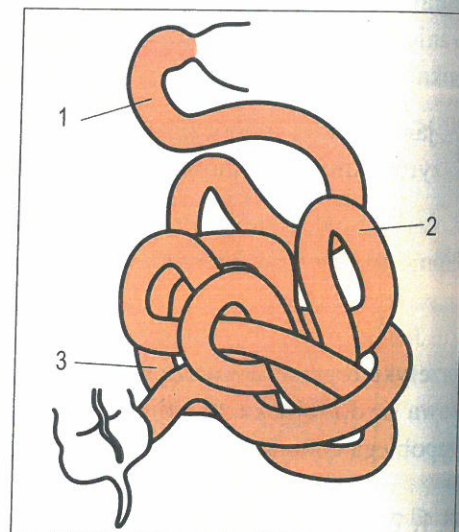


Rys. 6. 3. Żołądek

### 6. 1. 3. Jelito cienkie

Jelito cienkie ma długość 4–5 metrów. Jest najdłuższą częścią przewodu pokarmowego (rys. 6. 4.). Składa się z trzech części: dwunastnicy (1), jelita czczego (2) (3/5 górne) i jelita krętego (3) (2/5 dolne).

Dwunastnica ma długość 25–30 centymetrów. Do jej dolnej części przewodami trzustkowymi jest dostarczany sok trzustkowy, produkowany w trzustce. Trzustka wydziela około 2,5 dm<sup>3</sup> soku w ciągu doby. Przewodami żółciowymi dostaje się też do dwunastnicy żółć, wytwarzana przez wątrobę w ilości około 1 dm<sup>3</sup>/dobę, a magazynowana w woreczku żółciowym.



Rys. 6. 4. Jelito cienkie

W dwunastnicy jest środowisko lekko zasadowe (pH 7,1–8,4). Kwaśna treść pokarmowa przetransportowana z żołądka jest zobojętniana przez żółć oraz sok trzustkowy.

podr

w zaw

Książ

wodn

układ

W p

w pla

kolor

omaw

Czę

• p

• w

• w

• n

• z

• z

• z

• p

• z

• h

• o

• o

• z

Czę

człow

organ

Pod

egzan

Cena

I

9

W

#### 6. 1. 4. Jelito grube

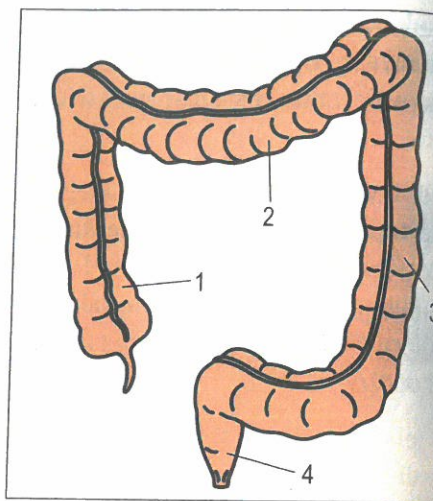
Jelito cienkie przechodzi w jelito grube. Oba odcinki są oddzielone zastawką kątniczo-krętniczą, która zapobiega cofaniu się niestrawionych resztek do jelita cienkiego. Jelito grube ma długość 1,5–2 metrów (rys. 6. 6.). Wyróżniamy w nim następujące odcinki: kątnicę (1), okrężnicę (2), esicę (3) i odbytnicę (4). Częścią jelita grubego jest także wyrostek robaczkowy.

Do początkowego odcinka jelita grubego dostają się rozcieńczone resztki pokarmowe. Są one tutaj odwadniane i zagęszczane. Papka pokarmowa zmienia konsystencję z płynnej w stałą i przekształca się w kał.

W skład kału wchodzi przede wszystkim niestrawione resztki (głównie węglowodany nieprzyswajalne), złuszczone nabłonek jelitowy, drobnoustroje oraz inne zbędne substancje usuwane z krwi (np. produkty uboczne przemiar metabolicznych, toksyny).

Okrężnica i esica służą jako magazyn treści jelitowej. Skurcze mięśni powodują powolne przesuwanie resztek pokarmowych przez jelito grube. Proces ten trwa około 12 godzin.

Przewód pokarmowy kończy się odbytnicą. Ten fragment jelita grubego ma długość 12–15 centymetrów. Znajdują się tu mięśnie zwieracze. Jedne z nich mają za zadanie utrzymanie treści w jelicie, natomiast mięśnie drugiej grupy, rozkurczając się, umożliwiają wydalanie kału.

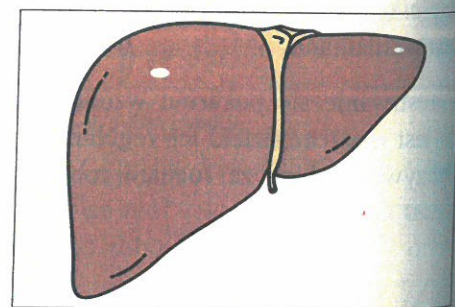


Rys. 6. 6. Jelito grube

#### 6. 1. 5. Wątroba

W prawej części jamy brzusznej, blisko żeber leży wątroba. Ten gruczoł trawienny waży 1,5–2 kg i jest największym narządem naszego organizmu (rys. 6. 7.).

W wątrobie jest produkowana żółć. Jest to zielonkawy, lepki płyn, zawie-



Rys. 6. 7. Wątroba

rający m.in. kwasy żółciowe, wytwarzane z cholesterolu. Żółć emulguje tłuszcze z pożywienia oraz ułatwia ich wchłanianie. Gromadzi się ona w pęcherzyku żółciowym, skąd jest dostarczana przewodami żółciowymi do dwunastnicy.

Wątroba jest miejscem skomplikowanych przemian składników dostarczanych wraz z pożywieniem żyłą wrotną, do której przenikają one w postaci rozłożonej.

W wątrobie zachodzą przemiany białek, węglowodanów, tłuszczów, cholesterolu, witaminy A i żelaza. Są tu też rozkładane szkodliwe substancje zawarte w pożywieniu – np. alkohol – lub powstałe w trakcie przemian metabolicznych.

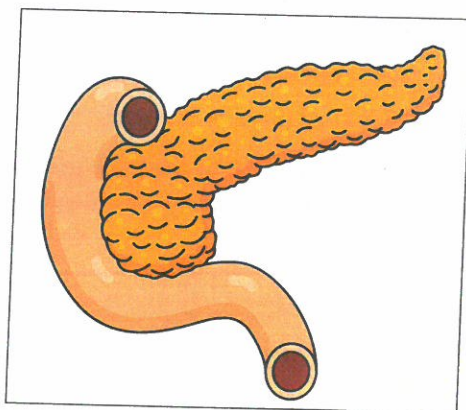
W wątrobie są także magazynowane składniki odżywcze – gromadzi się w niej glikogen, żelazo oraz niektóre witaminy (A, D, B<sub>12</sub>).

### 6. 1. 6. Trzustka

Trzustka jest gruczołem trawiennym. Jest niewielkim narządem, waży około 90 g, mieści się w zgięciu dwunastnicy, po lewej stronie jamy brzusznej (rys. 6. 8.). Trzustka jest połączona przewodem trzustkowym z dwunastnicą.

W trzustce jest wytwarzany sok trzustkowy, w którym znajdują się liczne enzymy trawienne, biorące udział w trawieniu białek, węglowodanów i tłuszczów (amylaza trzustkowa, karboksypeptydazy, fosfolipaza). Sok trzustkowy jest najaktywniejszym sokiem trawiennym.

Trzustka wytwarza również hormony regulujące stężenie glukozy we krwi – insulinę i glukagon.



Rys. 6. 8. Trzustka

## 6. 2. Charakterystyka enzymów trawiennych

Warunkiem wykorzystania (wchłonięcia i zmetabolizowania) składników odżywczych jest ich rozłożenie na proste związki. Jedynie proste związki (cukry proste, aminokwasy, kwasy tłuszczowe i glicerol) są wchłaniane bezpośrednio do organizmu i mogą ulegać dalszym przemianom. Proces trawienia jest złożony, odbywa się etapowo w przewodzie pokarmowym pod wpływem enzymów trawiennych.



**Enzymy trawienne** to enzymy obecne w przewodzie pokarmowym, które powodują rozkład złożonych składników pożywienia – węglowodanów, białek i tłuszczów – na proste związki, które są wchłaniane do organizmu.

Enzymy trawienne są to najczęściej białka złożone. Ich aktywność zależy od temperatury, w jakiej działają, odczynu środowiska (pH) oraz obecności aktywatorów i inhibitorów. Enzymy trawienne mają często postać proenzymów (nieaktywna postać enzymu). Żeby rozpocząć działanie, muszą zostać przekształcone do formy aktywnej.

## 6. 3. Trawienie składników odżywczych

### 6. 3. 1. Trawienie węglowodanów

Enzymy, które powodują rozkład węglowodanów, nazywamy enzymami amylolitycznymi lub amylazami. Należą do nich: amylaza ślinowa, amylaza trzustkowa, glukoamylaza, izomaltaza, maltaza, sacharaza, laktaza. Enzymy te katalizują rozkład wiązań glikozydowych w cukrowcach.

Proces trawienia węglowodanów rozpoczyna się w jamie ustnej. Ślina zawiera amylazę ślinową (ptyalinę) działającą krótko i powodującą jedynie wstępne nadtrawienie węglowodanów. Amylaza rozkłada wielocukry (skrobię, glikogen) na dekstryny (są to rozgałęzione oligosacharydy o różnej długości) oraz trójcukry (maltotrioza). Enzym ten wymaga do swojego działania środowiska obojętnego lub lekko kwaśnego, a także jonów chlorkowych, które są jego aktywatorami.

W żołądku, ze względu na obecność kwasu solnego i kwaśne środowisko, amylaza ślinowa przestaje działać.

Dalsze trawienie węglowodanów odbywa się w dwunastnicy. Znajduje się tutaj sok trzustkowy, zawierający amylazę trzustkową. Enzym ten kontynuuje działanie amylazy ślinowej. Ponieważ amylaza trzustkowa działa dłużej niż ślinowa, pod jej wpływem z dekstryn powstają krótkie oligosacharydy oraz disacharydy, (głównie maltoza i izomaltoza) także glukoza.

Końcowy etap trawienia węglowodanów zachodzi w jelicie cienkim. W soku jelitowym znajduje się glukoamylaza, rozkładająca krótkie oligosacharydy na cząsteczki maltozy i glukozy. Ponadto działają tutaj enzymy, które kończą proces trawienia węglowodanów, rozkładając dwucukry na cukry proste. Maltaza rozkłada maltozę, a izomaltaza izomaltozę do dwóch cząsteczek glukozy. Sacharaza rozkłada sacharozę na glukozę i fruktozę, zaś laktaza rozkłada laktozę na glukozę i galaktozę.

### Trawienie węglowodanów w jamie ustnej

Skrobia (glikogen)  $\xrightarrow{\text{amylaza ślinowa}}$  dekstryny + maltotrioza

### Trawienie węglowodanów w dwunastnicy

Dekstryny  $\xrightarrow{\text{amylaza trzustkowa}}$  krótkie oligosacharydy + maltoza + izomaltoza + glukoza

### Trawienie węglowodanów w jelicie cienkim

Oligosacharydy  $\xrightarrow{\text{glukoamylaza}}$  maltoza + glukoza

Izomaltoza  $\xrightarrow{\text{izomaltaza}}$  glukoza + glukoza

Maltoza  $\xrightarrow{\text{maltaza}}$  glukoza + glukoza

Sacharoza  $\xrightarrow{\text{sacharaza}}$  glukoza + fruktoza

Laktoza  $\xrightarrow{\text{laktaza}}$  glukoza + galaktoza

### 6. 3. 2. Trawienie białek

Enzymy trawiące białka nazywane są inaczej **enzymami proteolitycznymi** lub peptydazami. Należą do nich pepsyna, trypsina, chymotrypsyna, elastaza, karboksypeptydazy, aminopeptydazy i dipeptydazy. Enzymy proteolityczne rozkładają wiązania peptydowe w łańcuchu peptydowym.

Trawienie białek rozpoczyna się w żołądku. Komórki błony śluzowej żołądka wytwarzają sok żołądkowy, którego głównym składnikiem jest kwas solny. Kwas solny powoduje denaturację, czyli ścięcie białka. Ścięte białko łatwiej poddaje się działaniu enzymów trawiennych. W soku żołądkowym znajduje się pepsynogen (nieczynny enzym), który pod wpływem kwasu solnego przekształca się w pepsynę, aktywną postać enzymu. Pepsyna rozcina łańcuch polipeptydowy na krótsze polipeptydy i oligopeptydy. W żołądku działa też enzym podpuszczka,

który przekształca białko mleka, czyli kazeinę, w parakazeinian wapnia. Ty w takiej formie kazeina może być trawiona.

Dalszy rozkład białka zachodzi w dwunastnicy pod wpływem enzymów produkowanych przez trzustkę. Wydzielany do dwunastnicy sok trzustkowy zawiera trypsynę, chymotrypsynę, elastazę oraz karboksypeptydazy. Żeby zaczęły działać muszą zostać przekształcone z formy nieczynnej w aktywny enzym. Nieaktywny trypsynogen jest uaktywniany przez enterokinazę (enzym wytwarzany w jelicie cienkim), aktywatorem pozostałych enzymów trzustkowych jest trypsyna.

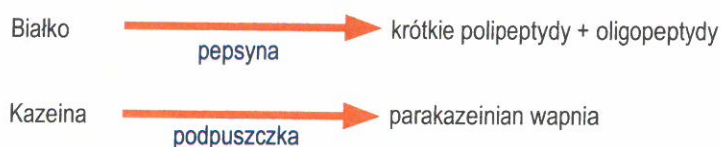
Trypsyna, chymotrypsyna i elastaza rozkładają polipeptydy na mniejsze peptydy i przez rozszczepianie wiązań znajdujących się wewnątrz łańcucha peptydowego.

Karboksypeptydazy działają na końcowe fragmenty polipeptydów i odłączają nich pojedyncze aminokwasy.

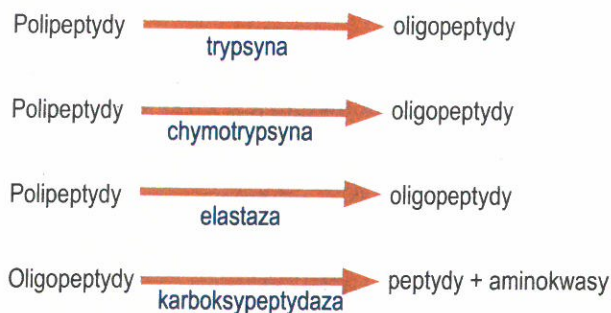
W efekcie działania enzymów trzustkowych z białek powstają krótkie peptydy składające się z 2–8 aminokwasów oraz wolne aminokwasy.

Proces trawienia białek kończy się w dalszej części jelita cienkiego (jelito czczerkłe). Sok jelitowy wytwarzany przez śluzówkę jelita cienkiego zawiera enzymy proteolityczne: aminopeptydazy oraz dipeptydazy. W efekcie działania tych enzymów powstają wolne aminokwasy oraz di- i trójpeptydy. Związki te już mogą być wchłaniane.

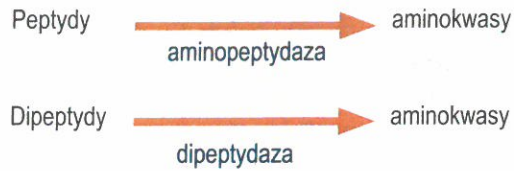
#### Trawienie białek w żołądku



#### Trawienie białek w dwunastnicy



### Trawienie białek w jelicie cienkim



### 6. 3. 3. Trawienie tłuszczów

Enzymy trawiące tłuszcze nazywamy **enzymami lipolitycznymi** lub lipazami. Rozkładają one wiązania estrowe w tłuszczach (trójglicerydach). Powodują stopniowe odłączanie cząsteczek kwasów tłuszczowych od cząsteczki glicerolu, cholesterolu lub fosfolipidów. W trawieniu tłuszczów uczestniczą: lipaza żołądkowa, lipaza trzustkowa, lipaza jelitowa, esteraza cholesterolowa oraz fosfolipaza.

W żołądku pod wpływem lipazy żołądkowej rozkładane są jedynie tłuszcze zemulgowane, jak np. trójglicerydy z krótkimi i średniej długości kwasami tłuszczowymi (mniej niż 12 atomów węgla w łańcuchu) obecne w mleku. Enzym ten występuje jedynie u niemowląt.

Zasadniczy etap trawienia tłuszczów rozpoczyna się w dwunastnicy pod wpływem lipazy trzustkowej, konieczna jest też żółć, produkowana w wątrobie i dostarczana do dwunastnicy przewodami żółciowymi. Żółć powoduje emulgację tłuszczu – proces, który polega na rozbijaniu dużych kropli tłuszczu na mniejsze. Zemulgowany, czyli rozproszony na drobne cząstki tłuszczu dużo łatwiej ulega działaniu lipaz.

Lipaza trzustkowa powoduje rozkład trójglicerydów najpierw na diglicerydy, a następnie na monoglicerydy oraz na wolne kwasy tłuszczowe.

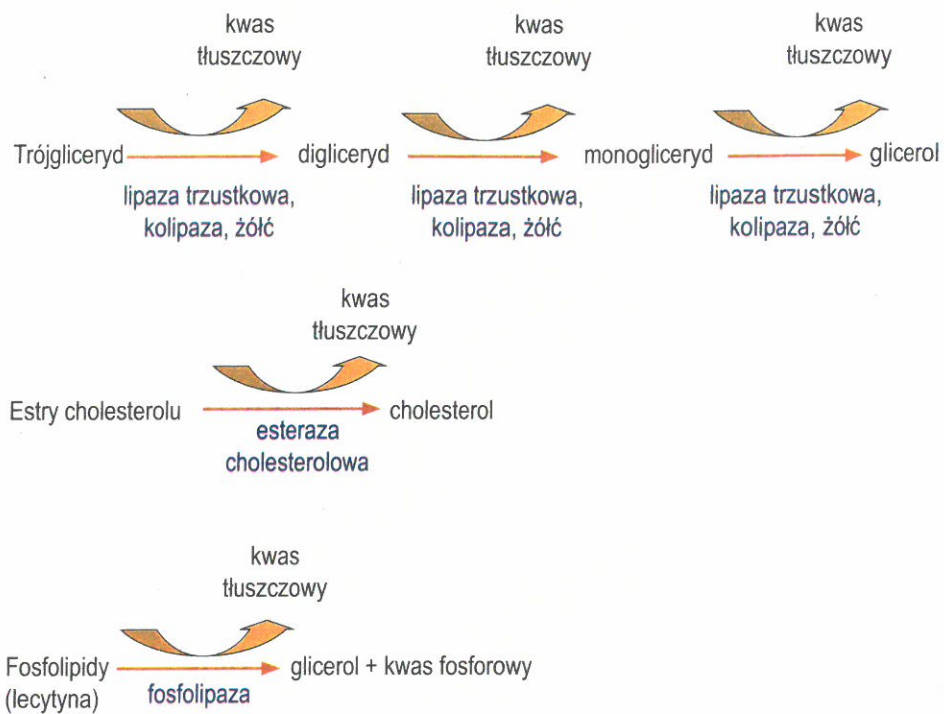
W trawieniu tłuszczów pomocniczą rolę odgrywa kolipaza trzustkowa. Zastępuje ona żółć, zwiększa aktywność lipazy trzustkowej. Jest aktywowana przez trypsynę.

W soku trzustkowym znajduje się esteraza cholesterolowa, która odłącza kwasy tłuszczowe od estrów cholesterolu, oraz fosfolipaza, uwalniająca kwasy tłuszczowe zawarte w fosfolipidach.

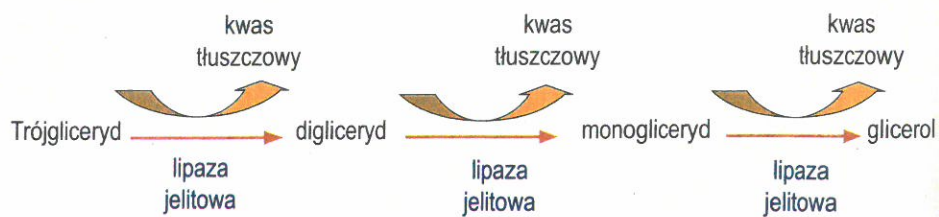
W jelicie cienkim znajduje się lipaza jelitowa. Rozkłada ona wcześniej nierozłożone trójglicerydy oraz diglicerydy i monoglicerydy.

Podsumowując, w wyniku działania lipaz tłuszcze ulegają rozkładowi na monoglicerydy, wolne kwasy tłuszczowe oraz glicerol. Powstaje też cholesterol.

### Trawienie tłuszczów w dwunastnicy



### Trawienie tłuszczów w jelicie cienkim



## 6. 4. Udział hormonów w procesie trawienia składników odżywczych

Na funkcjonowanie przewodu pokarmowego mają wpływ hormony jelitowe, produkowane w błonie śluzowej żołądka, dwunastnicy i jelita cienkiego. Pod wpływem tych hormonów w przewodzie pokarmowym wydzielane są soki trawienne bogate w enzymy, co umożliwia efektywny przebieg procesu trawienia.

**Gastryna** jest hormonem produkowanym przez komórki błony śluzowej żołądka, który pobudza produkcję kwasu solnego oraz wydzielanie enzymów trawienych. Ma też za zadanie kontrolę ruchów żołądka. Jej wydzielanie jest stymulowane przez pokarm rozciągający ścianę żołądka.

Wydzielany przez błonę śluzową dwunastnicy **enterogastron** działa antagonicznie do gastryny. Hormon ten hamuje wydzielanie soku żołądkowego i kwasu żołądkowego oraz spowalnia ruchy żołądka i jego opróżnianie.

Podobnie działa żołądkowy peptyd hamujący (ang. *gastric inhibitory peptide* – **GIP**), który spowalnia proces opróżniania żołądka oraz zmniejsza wydzielanie w nim pepsyny i kwasu solnego.

Na proces wydzielania soku trzustkowego wpływają dwa hormony: sekretyna i cholecystokinina. Sekretyna jest produkowana przez śluzówkę dwunastnicy. Pobudza wytwarzanie soku trzustkowego. Cholecystokinina wydzielana w śluzówce dwunastnicy i jelita czczego, pobudza uwalnianie enzymów trawiennych trzustki. Zwiększa także ruchy perystaltyczne jelit.

**Sekretyna** i **cholecystokinina** regulują wydzielanie żółci przez wątrobę oraz powodują skurcze pęcherzyka żółciowego, które umożliwiają jego opróżnianie. Hormony te pobudzają również wydzielanie soku jelitowego.

## 6. 5. Wydalanie niestrawionych resztek pokarmu

Przesuwanie się pokarmu wzdłuż jelit jest możliwe dzięki tzw. perystaltyce, czyli ruchom robaczkowym.

Niestrawione i niewchłonięte resztki pokarmowe dostają się z jelita krętego do jelita grubego. Ulegają tutaj zagęszczeniu, odwodnieniu i uformowaniu w kał. Kał jest przesuwany poprzez jelito grube aż do odbytu i jest wydalany na zewnątrz organizmu.

Zalegające w jelicie grubym resztki pokarmowe mogą gnić i fermentować, co ma negatywny wpływ na zdrowie. Dlatego powinny być szybko usuwane z organizmu.

Znajdujące się w jelicie grubym mięśnie zwieracze są kontrolowane przez mózg. Blokują wypróżnienie, jak długo chcemy. Dopiero pod wpływem naszej woli następuje rozkurcz mięśni zwieracza i kał jest wydalany.

## 6. 6. Wchłanianie i przemiany metaboliczne składników odżywczych

Proces wchłaniania składników odżywczych może się odbywać drogą dyfuzji, czyli samorzutnego przenikania, lub drogą transportu aktywnego z udziałem specjalnych przenośników (tab. 6.1.). Stopień wchłaniania jest uzależniony od rozpuszczalności składników, ich stężenia oraz od wielkości wchłanianej cząsteczki. Niewielkie cząsteczki (np. kwasy tłuszczowe) przenikają przez błonę komórkową, zaś większe cząsteczki, takie jak aminokwasy czy glukoza są przez błony transportowane.

**Wchłanianie składników odżywczych** odbywa się **najaktywniej w jelicie cienkim**. Poszczególne składniki przenikają przez ścianę jelita i są wchłaniane do naczyń krwionośnych lub do naczyń limfatycznych.

Tab. 6. 1. Sposoby wchłaniania składników odżywczych

Sposób wchłaniania	Składniki wchłaniane do:	
	krwi	limfy
dyfuzja	fruktoza	krótkołańcuchowe kwasy tłuszczowe, glicerol
transport aktywny	aminokwasy, glukoza, galaktoza	długołańcuchowe kwasy tłuszczowe, monoglicerydy

### 6. 6. 1. Wchłanianie i metabolizm węglowodanów w organizmie

Cukry proste są wchłaniane do organizmu w dwunastnicy i w górnym odcinku jelita czczego. Glukoza i galaktoza są wchłaniane drogą transportu aktywnego zależnego od sodu, zaś fruktoza w sposób bierny, bez udziału energii, najczęściej metodą przenikania, czyli dyfuzji.

Z komórek nabłonka jelitowego cukry proste są przenoszone do krwi, z którą dostają się do wątroby. Tutaj fruktoza i galaktoza są przekształcane w glukozę. Tak więc dalszym przemianom metabolicznym ulega jedynie glukoza. Mają one

na celu dostarczenie energii lub odłożenie materiału zapasowego w postaci glikogenu lub tłuszczu (rys. 6. 9.).

Glukoza może być rozkładana w obecności tlenu lub bez dostępu tlenu. Produkty tlenowego oraz beztlenowego rozkładu glukozy ulegają dalszym przemianom do dwutlenku węgla i wody, którym towarzyszy wydzielanie znacznej ilości energii w postaci ATP\*. W warunkach tlenowych z glukozy powstaje więcej energii niż w warunkach beztlenowych.

Nadmiar glukozy w organizmie może zostać przekształcony w glikogen. Powstający glikogen odkłada się w wątrobie i mięśniach, tworzy zapas glukozy (materiał energetyczny). Glikogen wątrobowy, ulegając rozkładowi, dostarcza glukozę do krwi. W wyniku rozpadu glikogenu mięśniowego powstaje glukoza, wykorzystywana następnie jako źródło energii do pracy mięśni.

Gdy zostaną wyczerpane zapasy glikogenu, a ilość glukozy dostarczana ze spożywaną żywnością jest niewystarczająca, organizm wytwarza glukozę ze związków niecukrowych (glicerol, niektóre aminokwasy, kwasy organiczne). Dzieje się tak wtedy, gdy człowiek jest głodny oraz podczas intensywnego wysiłku fizycznego.

Glukoza może też być przekształcana w trójglicerydy, które odkładają się w tkance tłuszczowej i stanowią zapas energetyczny, wykorzystywany w miarę potrzeb.

Organizm nieustannie potrzebuje glukozy. Komórki układu nerwowego, w tym mózgu, oraz czerwone krwinki jako źródło energii, podobnie jak mięśnie szkieletowe, mogą wykorzystywać glukozę.

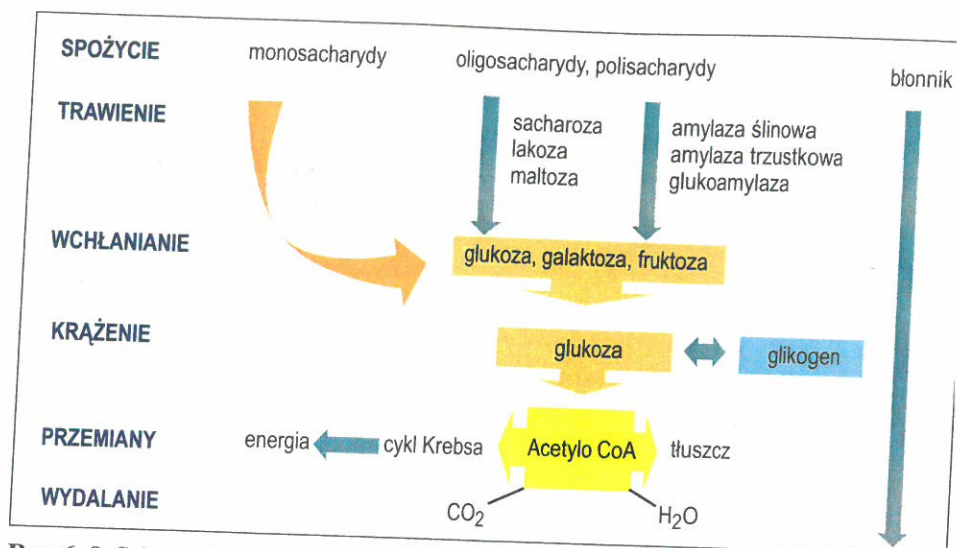
Optymalna zawartość glukozy we krwi wynosi 70–120 mg/100 cm<sup>3</sup>. Zbyt wysokie stężenie glukozy we krwi może się przyczyniać do otyłości, cukrzycy, chorób serca. Gdy zawartość glukozy we krwi jest za niska, dochodzi do bólów głowy, drżenia, częstoskurczów serca, może też nastąpić zapaść.

Poziom glukozy we krwi regulują hormony wytwarzane przez trzustkę. Najważniejszy z nich to insulina, która powoduje, że stężenie glukozy we krwi się obniża. Inny hormon – glukagon – przyczynia się do wzrostu zawartości glukozy we krwi.

---

\* Wysokoenergetyczny związek ATP (adenozynotrójfosforan).





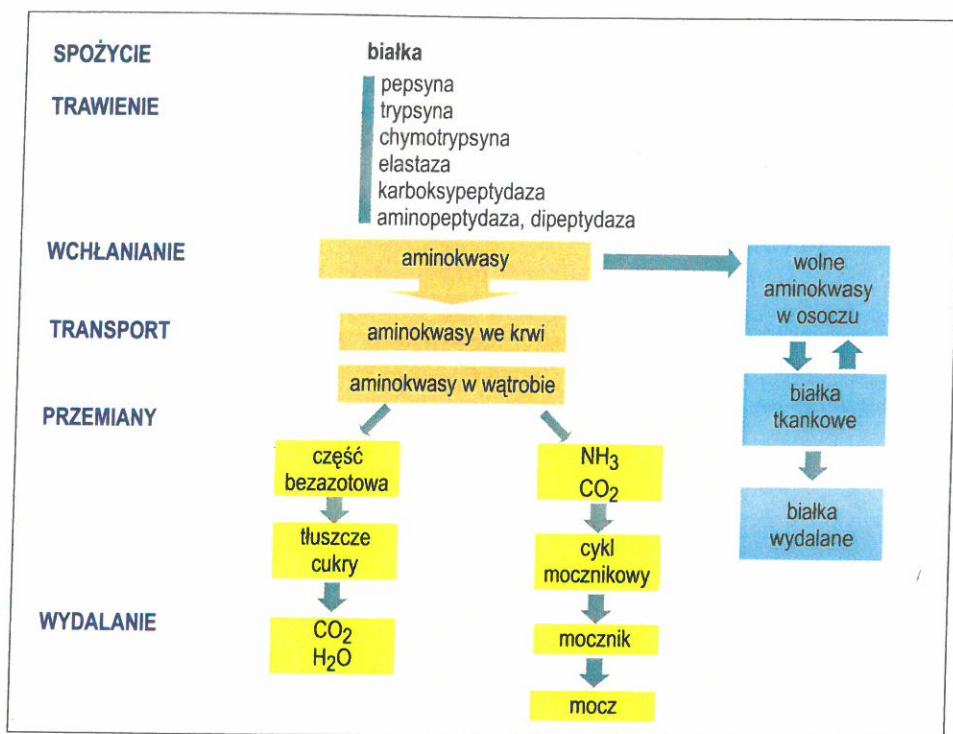
Rys. 6. 9. Schemat przemian węglowodanów w organizmie

### 6. 6. 2. Wchłanianie i metabolizm białek w organizmie

Proces wchłaniania aminokwasów rozpoczyna się już w dwunastnicy i jest kontynuowany w jelicie czczym poprzez transport aktywny. Transport aminokwasów przez śluzówkę jelita do krwi wymaga energii, której źródłem jest ATP. Aminokwasy są wchłaniane do żyły wrotnej. Następnie są przenoszone wraz z krwią do wątroby i innych tkanek i narządów, a później włączane w przemiany metaboliczne, w których uczestniczą też aminokwasy uwolnione z białek tkankowych. Naturalnym procesem jest ciągły rozkład zgromadzonych wewnątrz komórek białek na aminokwasy i tworzenie nowych białek z uwolnionych aminokwasów (rys. 6. 10.).

Synteza aminokwasów odbywa się w wątrobie i mięśniach. Z pojedynczych aminokwasów tworzą się polipeptydy i w ten sposób powstają nowe białka.

Aminokwasy pochodzące z białek pożywienia o składzie aminokwasowym, odbiegającym od zapotrzebowania, ulegają rozkładowi i zostają przekształcone w energię. Aminokwasy rozpadają się na część bezazotową i grupę aminową. Część bezazotowa jest zamieniana w wątrobie w glukozę lub kwasy tłuszczowe, tworząc zapas energii. Do grupy aminowej przyłącza się dwutlenek węgla, tworząc mocznik. Mocznik jest wydalany z organizmu z moczem przez nerki.



Rys. 6. 10. Schemat przemian białek w organizmie

W organizmie nieustannie zachodzi rozkład i synteza aminokwasów. Organizm bardzo oszczędnie gospodaruje białkiem, ograniczając do minimum jego straty. Jest ono usuwane wraz z kałem, z moczem oraz z potem. Nerki chronią organizm przed utratą wolnych aminokwasów, które są tam wychwytywane i przekazywane z powrotem do krwioobiegu. Dlatego wraz z moczem są wydalone jedynie śladowe ilości aminokwasów.

### 6. 6. 3. Wchłanianie i metabolizm tłuszczów w organizmie

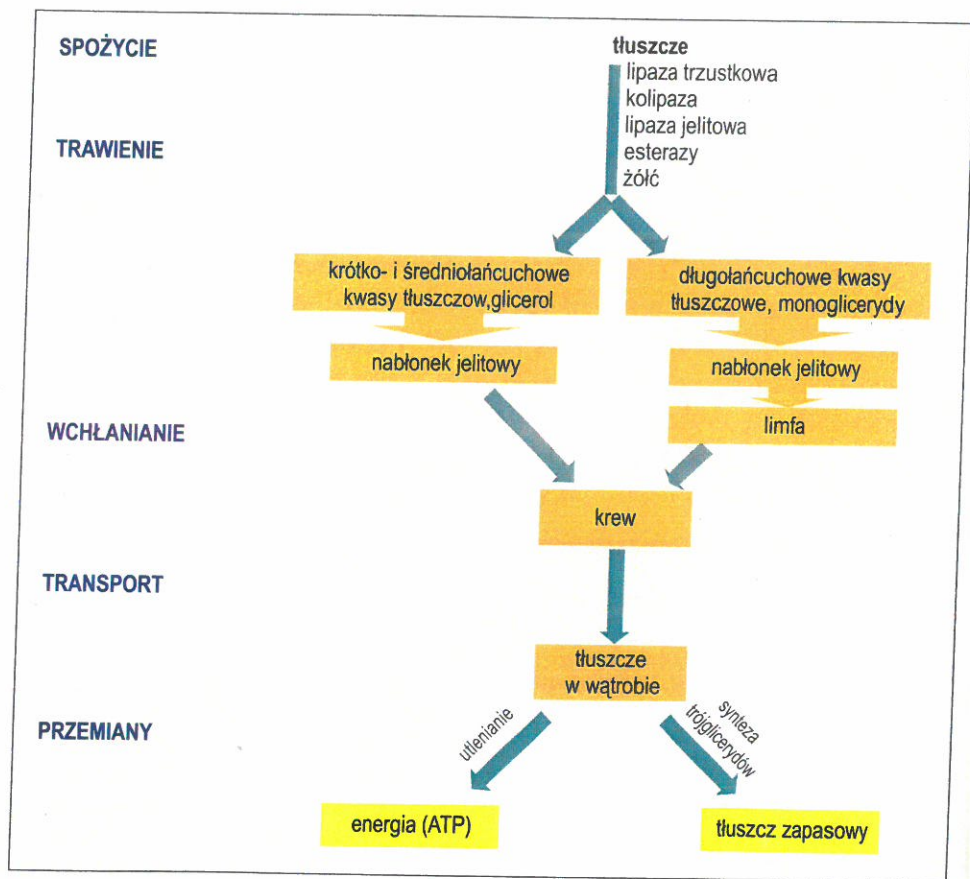
Proces wchłaniania zachodzi w dwunastnicy i dalszych odcinkach jelita cienkiego. Długołańcuchowe kwasy tłuszczowe, monoglicerydy i cholesterol wchłanianie są drogą dyfuzji, czyli przenikają do komórek nabłonka jelitowego.

Glicerol i krótko- i średniołańcuchowe kwasy tłuszczowe są wchłaniane do nabłonka jelit i stąd uwalniane bezpośrednio do krwi. Długołańcuchowe kwasy tłuszczowe oraz monoglicerydy tuż po wchłonięciu w komórkach nabłonka jelitowego ponownie się łączą. Powstające trójglicerydy przedostają się do limfy, a następnie do krwioobiegu.

Trójglicerydy łączą się z białkami w tzw. lipoproteiny. W postaci lipoproteiny przenoszone są trójglicerydy wchłonięte z pożywienia, tłuszcze wytworzone w organizmie, a także inne substancje rozpuszczalne w tłuszczach, m.in. fosfolipidy, cholesterol, witamina A, witamina D, tokoferole. Wraz z krwią trójglicerydy dostarczane są do wątroby, tkanki tłuszczowej oraz pozostałych tkanek i komórek.

Wchłonięte kwasy tłuszczowe ulegają przemianom, których celem jest zaspokojenie potrzeb energetycznych organizmu. W wątrobie kwasy tłuszczowe rozkładają się (spalają się) i dostarczają energii w postaci wysokoenergetycznego ATP. W pewnych sytuacjach jako źródło energii są też wykorzystywane kwasy tłuszczowe uwolnione z tkanek (rys. 6. 11.).

Gdy ilość spożywanego tłuszczu przekracza zapotrzebowanie, nadmiar kwasów tłuszczowych przekształcany jest w trójglicerydy. Tworzący się tłuszcz jest od-



Rys. 6. 11. Schemat przemian tłuszczów w organizmie

kładany w postaci tkanki tłuszczowej. Tkanka tłuszczowa stanowi też zapas energetyczny, wykorzystywany zależnie od potrzeb. Ilość tworzącego się tłuszczu wzrasta po spożyciu posiłku, a zmniejsza się w czasie głodówki, stresu i wysiłku fizycznego.

#### ZADANIA I PYTANIA KONTROLNE

1. Uzupełnij poniższą tabelkę. Na jej podstawie omów, jakie procesy trawienne zachodzą w poszczególnych odcinkach przewodu pokarmowego.

Miejsce trawienia	Wydzielina	Enzymy	Substrat	Produkt
jama ustna				
żołądek				
dwunastnica				
jelito cienkie				

2. Na czym polega proces odżywiania?
3. Z czego się składa i jakie funkcje spełnia w organizmie przewód pokarmowy?
4. Omów rolę jamy ustnej w procesie trawienia.
5. Jakie funkcje w procesie trawienia spełnia żołądek?
6. Omów rolę jelita cienkiego w procesie trawienia.
7. Co decyduje o efektywności procesu wchłaniania składników odżywczych w jelicie cienkim?
8. Jakie funkcje spełnia jelito grube?
9. Omów rolę wątroby i trzustki w procesie trawienia.
10. Co to są enzymy trawienne? Podaj przykłady.
11. Scharakteryzuj proces trawienia węglowodanów.
12. Jakie enzymy biorą udział w trawieniu białka? Omów działanie enzymów obecnych w soku żołądkowym.
13. Omów przebieg procesu trawienia tłuszczów w dwunastnicy.
14. Na czym polega rola żółci w procesie trawienia?
15. W której części przewodu pokarmowego proces trawienia przebiega najintensywniej i dlaczego?
16. Jakie znasz hormony jelitowe?
17. Omów funkcje sekretyny.
18. Na czym polega i jak się odbywa proces wchłaniania składników odżywczych?
19. Jakim przemianom ulegają wchłonięte do organizmu cukry proste?
20. Omów krótko metabolizm białek w organizmie.
21. Scharakteryzuj przemiany metaboliczne tłuszczów.