

Biosynteza kwasów tłuszczowych

- [Wprowadzenie](#)
- [Przeczytaj](#)
- [Film samouczek](#)
- [Sprawdź się](#)
- [Dla nauczyciela](#)



Biosynteza kwasów tłuszczowych

Bogatym źródłem kwasów tłuszczowych są orzechy, awokado oraz płynne tłuszcze roślinne.
Źródło: Pixabay, domena publiczna.

Organizm potrzebuje kwasów tłuszczowych do prawidłowego funkcjonowania. Są one jego budulcem (np. wchodzą w skład błon biologicznych) oraz stanowią źródło energii. Organizm pozyskuje kwasy tłuszczowe z pożywienia, ale również ma zdolność do ich syntetyzowania z innych związków chemicznych, np. cukrów.

Twoje cele

- Opiszysz ogólny mechanizm biosyntezy kwasów tłuszczowych w komórkach.
- Wyjaśnisz, jaką rolę pełni acetylokoenzym A w syntezie kwasów tłuszczowych.

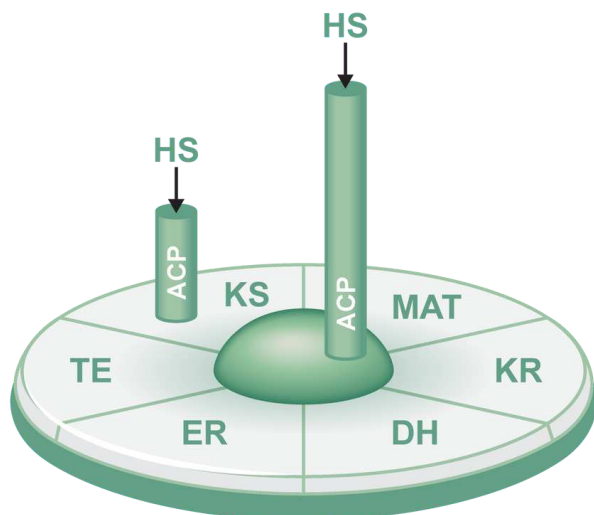
Przeczytaj

Lokalizacja syntezy kwasów tłuszczowych

Część [kwasów tłuszczowych](#) może być syntetyzowana przez komórki organizmu, głównie przez [hepatocyty](#) w wątrobie i [adipocyty](#) w tkance tłuszczowej. W okresie [laktacji](#) komórki gruczołów mlekowych również produkują kwasy tłuszczowe, które są niezbędne do syntezy lipidów zawartych w mleku. Synteza ta przebiega **na powierzchni błon gładkiej siateczki śródplazmatycznej komórek**, gdzie znajdują się odpowiednie enzymy.

FAS – syntaza kwasów tłuszczowych

Na siateczce śródplazmatycznej gładkiej znajduje się potężny kompleks enzymatyczny, nazywany syntazą kwasów tłuszczowych [FAS](#) (ang. *fatty acid synthase*). Zawiera on wszystkie enzymy niezbędne do przeprowadzenia syntezy kwasów tłuszczowych, jednak w tym miejscu mogą powstać ich łańcuchy zawierające do szesnastu atomów węgla.



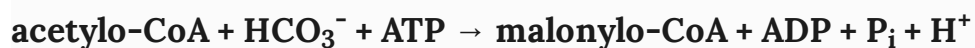
- HS – hydrofobowe substraty
- ACP – białkowy nośnik grup acylowych
- KS – syntaza beta-ketoacylowa
- TE – enzym tioesteraza/transferaza
- ER – enzym reduktaza enoilowa
- MAT – malonylo/acetylotransferaza
- KR – enzym reduktaza beta-ketoacylowa
- DH – enzym dehydrataza

Schemat budowy syntazy kwasów tłuszczowych (FAS – ang. *fatty acid synthase*).

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

Rola acetylokoenzymu A w syntezie kwasów tłuszczowych

Kwasy tłuszczowe są cząsteczkami o długich łańcuchach węglowodorowych zawierającymi resztę karboksylową. Substratem do ich syntezy są dwuwęglowe reszty acetylowe acetylokoenzymu A (acetylo-CoA), które powstają w mitochondriach. Acetylokoenzym A, łącząc się z jonami węglanowymi HCO_3^- , ulega karboksylacji do **malonylokoenzymu A** (malonylo-CoA), wykorzystywanego przez FAS jako donor dwuwęglowych reszt acetylowych.

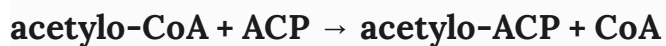
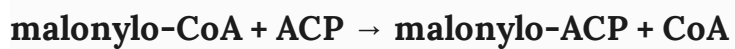


Przebieg reakcji

Synteza kwasów tłuszczowych jest procesem wieloetapowym, który można podzielić na inicjację, elongację i terminację.

Inicjacja

Gdy w cytoplazmie znajduje się odpowiednia ilość acetylokoenzymu A, [reszta acetylowa](#) zostaje przeniesiona z koenzymu A na ACP, czyli **białkowy nośnik grup acylowych** (ang. *acyl carrier protein*). Podobnie dzieje się z trzywęglową resztą acylową malonylokoenzymu A, która zostaje przeniesiona na drugi [ACP](#).

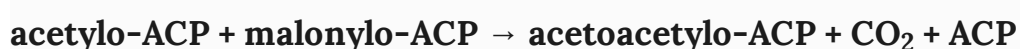


W ten sposób dwie reszty acylowe (acetylowa i malonylowa) przyłączone do dwóch ACP zostają zaktywowane i ułożone blisko siebie, przez co mogą być ze sobą łatwo połączone.

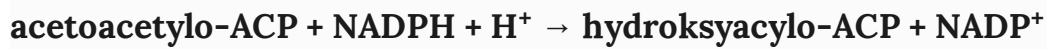
Elongacja

Elongację można podzielić na trzy etapy: kondensację, redukcję i odwodnienie.

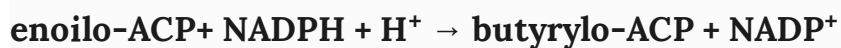
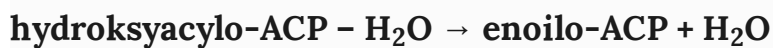
Pierwszą reakcją elongacji, czyli wydłużania się łańcucha kwasu tłuszczowego, jest kondensacja, polegająca na przeniesieniu dwuwęglowej reszty acetylowej acetylo-ACP na malonylo-ACP. W reakcji tej wydziela się dwutlenek węgla pochodzący z jonu węglanowego użytego wcześniej do syntezy malonylo-CoA.



Powstaje tu acetoacetylo-ACP, który następnie ulega redukcji przy udziale NADPH, tworząc hydroksyacetylo-ACP.



Cząsteczka ta po odwodnieniu daje enoilo-ACP, z którego po uwodorowaniu powstaje czterowęglowa reszta butyrylowa, przyłączona do ACP jako butyrylo-ACP.



Aby możliwe było przeprowadzenie następnych cykli elongacyjnych, powstała czterowęglowa reszta butyrylowa ulega translokacji na drugi ACP i do uwolnionego ACP przyłącza się kolejna reszta malonylowa. Następnie przejdzie ona kondensację z istniejącą już resztą butyrylową, dając związek sześciowęglowy. W ten sposób w każdym cyklu łańcuch będzie się wydłużał o kolejne reszty dwuwęgłowe, aż do osiągnięcia szesnastowęglowej reszty kwasu palmitynowego.

Terminacja

Terminacja polega na hydrolizie wiązania pomiędzy ACP i resztą acylową, w wyniku czego powstaje wolny kwas tłuszczowy. Wytworzony w ten sposób szesnastowęglowy kwas tłuszczowy może następnie ulec różnym modyfikacjom, prowadzącym do wytworzenia dłuższych łańcuchów kwasów tłuszczowych lub łańcuchów nienasyconych. Reakcje te zachodzą na siateczce śródplazmatycznej gładkiej i do zajścia wymagają odpowiednich enzymów.

Słownik

acetylokoenzym A

acetylo-CoA, czynny octan, reszta kwasu octowego związana tioestrowo z koenzymem A, $\text{CH}_3\text{CO-S-CoA}$

ACP

(ang. *acyl carrier protein*) białkowy nośnik grup acylowych; białko należące do grupy transferaz, wchodzące w skład kompleksu enzymatycznego, na którym zachodzi biosynteza kwasów tłuszczowych

adipocyty (komórki tłuszczowe)

komórki tworzące tkankę tłuszczową; rozróżnia się dwa rodzaje komórek tłuszczowych: jednopęcherzykowe, budujące tkankę tłuszczową żółtą, i wielopęcherzykowe, tworzące tkankę tłuszczową brunatną

FAS

(ang. *fatty acid synthase*) syntaza kwasów tłuszczowych, kompleks enzymatyczny prowadzący reakcje syntezy kwasów tłuszczowych na błonach siateczki śródplazmatycznej gładkiej

hepatocyty

(gr. *hēpar* – wątroba) komórki stanowiące podstawową jednostkę strukturalną miększu wątroby

koenzym A

CoA, przenośnik aktywnych grup acetylowych

kwasy tłuszczowe

kwasy monokarboksylowe o alifatycznym łańcuchu węglowodorowym nasyconym lub nienasyconym; kwasy tłuszczowe występujące naturalnie w tłuszczach posiadają parzystą liczbę atomów węgla w cząsteczce

laktacja

wytwarzanie i wydzielanie mleka przez gruczoły sutkowe samic ssaków

reszta acylowa

jednowartościowa grupa funkcyjna pochodząca od kwasu karboksylowego, powstała w wyniku oderwania się grupy hydroksylowej od kwasu karboksylowego

Film samouczek

Biosynteza kwasów tłuszczowych

Biosynteza kwasów tłuszczowych

Film dostępny pod adresem </preview/resource/R1A1QIaEJVLeR>

Biosynteza kwasów tłuszczowych.

Źródło: Englishsquare.pl sp. z o.o., Inga Wójtowicz, licencja: CC BY-SA 3.0.

Film nawiązujący do treści materiału

Polecenie 1

Obejrzyj film, a następnie wyjaśnij, w jaki sposób powstaje malonylokoenzym A.

Polecenie 2

Na podstawie filmu rozszyfruj skrót FAS.

Polecenie 3

Długość łańcuchów i stopień ich nasycenia mają wpływ na właściwości kwasów tłuszczowych. Wyjaśnij, jakie właściwości mają kwasy tłuszczowe o krótszych i bardziej nienasyconych łańcuchach.

Polecenie 4

Przedstaw podstawowe funkcje fizjologiczne pełnione przez kwasy tłuszczowe.

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Podaj dwie lokalizacje w organizmie, w których synteza kwasów tłuszczowych zachodzi najintensywniej.

Ćwiczenie 2



Wskaż związek chemiczny, który nie jest kwasem tłuszczowym.

☐ Kwas margarynowy

☐ Kwas palmitynowy

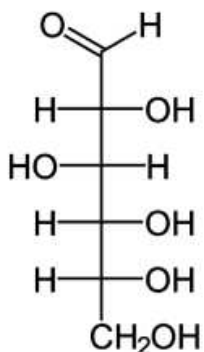
☐ Kwas asparaginowy

☐ Kwas linolowy

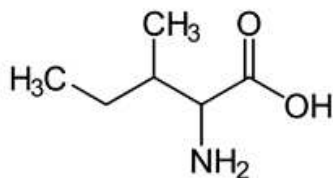
Ćwiczenie 3



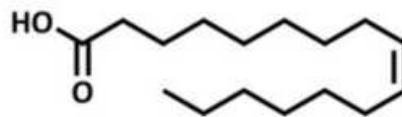
Wskaż wzór cząsteczki przedstawiający kwas tłuszczowy.



A. ☐



B. ☐



C. ☐

Ćwiczenie 4



Wyjaśnij rolę białek ACP w kompleksie syntazy kwasów tłuszczowych (FAS).

Ćwiczenie 5



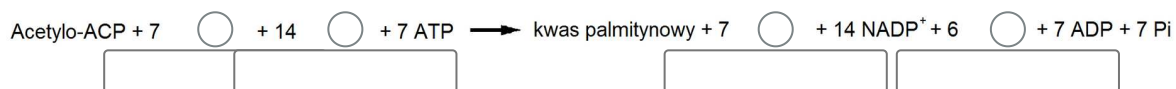
Oceń prawdziwość poniższych stwierdzeń.

Stwierdzenie	Prawda	Fałsz
Koenzym A może łączyć się jedynie z resztami acetylowymi, wprowadzając je do cyklu Krebsa.	☐	☐
Acetylokoenzym A jest węzłem metabolicznym umożliwiającym płynne połączenie szlaków przemian białek, cukrów i lipidów.	☐	☐
Acetylokoenzym A jest substratem potrzebnym do syntezy kwasów tłuszczowych w mitochondriach komórek tłuszczowych.	☐	☐

Ćwiczenie 6



Uzupełnij równanie reakcji syntezy szesnastowęglowego kwasu palmitynowego.



H₂O

CO₂

malonylo-ACP

NADPH + H⁺

Ćwiczenie 7

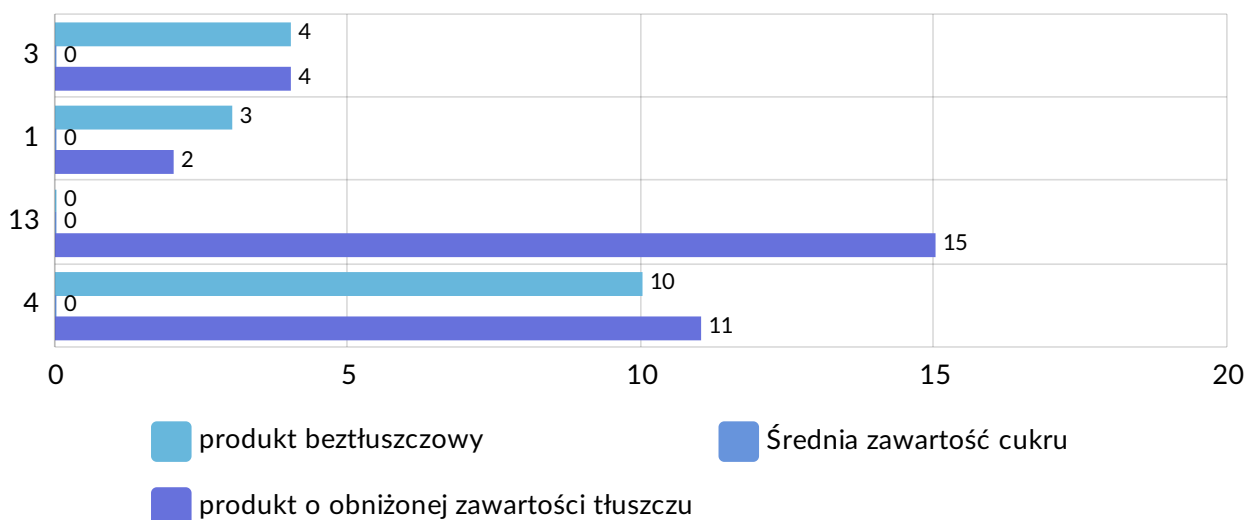


Wyjaśnij, w jaki sposób dieta wysokocukrowa przyczynia się do nadwagi. W odpowiedzi uwzględnij rolę acetylokoenzymu A.

Ćwiczenie 8



Otyłość coraz częściej uznaje się za chorobę cywilizacyjną o zasięgu światowym, a jednym z głównych zaleceń organizacji prozdrowotnych, próbujących przeciwdziałać tej swoistej „epidemii XXI w.”, jest spożywanie zdrowej żywności o zmniejszonej ilości tłuszczu. W odpowiedzi na ten postulat producenci żywności zaczęli wytwarzać i promować produkty spożywcze o obniżonej zawartości tego składnika.



Średnia zawartość cukru (g) w 100 g wybranych produktów spożywczych głównych grup żywnościowych.

Na podstawie: Nguyen PK, Lin S, Heidenreich P. *A systematic comparison of sugar content in low-fat vs regular versions of food*. Nutr Diabetes. 2016;6(1):e193. Published 2016 Jan 25.

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

Na podstawie przedstawionych powyżej wyników badań oraz własnej wiedzy wyjaśnij, czy żywność o obniżonej zawartości tłuszczu jest dobrym rozwiązaniem w walce z otyłością. Swoją odpowiedź uzasadnij.

Dla nauczyciela

Autor: Sylwia Brawata

Przedmiot: biologia

Temat: Biosynteza kwasów tłuszczowych

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

Podstawa programowa:

Zakres rozszerzony

Treści nauczania – wymagania szczegółowe

III. Energia i metabolizm.

5. Pozyskiwanie energii użytecznej biologicznie. Uczeń:

7) analizuje na podstawie schematu przebieg utleniania kwasów tłuszczowych, syntezy kwasów tłuszczowych, glukoneogenezy, glikogenolizy i wykazuje związek tych procesów z pozyskiwaniem energii przez komórkę.

Kształtowane kompetencje kluczowe:

- kompetencje cyfrowe;
- kompetencje osobiste, społeczne i w zakresie umiejętności uczenia się;
- kompetencje matematyczne oraz kompetencje w zakresie nauk przyrodniczych, technologii i inżynierii.

Cele operacyjne (językiem ucznia):

- Opisziesz ogólny mechanizm biosyntezy kwasów tłuszczowych w komórkach.
- Wyjaśnisz, jaką rolę pełni acetylokoenzym A w syntezie kwasów tłuszczowych.

Strategie nauczania:

- konstruktywizm;
- konektywizm.

Metody i techniki nauczania:

- z użyciem komputera;
- metoda kuli śniegowej;
- rozmowa kierowana;
- ćwiczenia interaktywne;
- dyskusja.

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.

Przebieg lekcji

Faza wstępna:

1. Nauczyciel, odwołując się do wiedzy uczniów zdobytej na wcześniejszych lekcjach, zadaje pytania:
 - Do jakich związków należą kwasy tłuszczowe?
 - Jakie rodzaje kwasów tłuszczowych wyróżniamy?
 - W jaki sposób kwasy tłuszczowe są zbudowane?
2. Nauczyciel przedstawia temat i cele zajęć.

Faza realizacyjna:

1. Nauczyciel informuje uczniów, że będą pracować metodą kuli śniegowej, poszukując we wprowadzeniu do e-materiału oraz w tekście zamieszczonym w sekcji „Przeczytaj” odpowiedzi na następujące pytania:
 - Gdzie przebiega synteza kwasów tłuszczowych?
 - Jaka jest budowa i rola syntazy kwasów tłuszczowych (FAS)?
 - Jaka jest rola acetylokoenzymu A w syntezie kwasów tłuszczowych?
 - Jakie etapy procesu syntezy kwasów tłuszczowych można wyróżnić? Czym się charakteryzuje każdy z nich?
 - Jakie są podstawowe funkcje fizjologiczne pełnione przez kwasy tłuszczowe?

Nauczyciel objaśnia wspomnianą wyżej metodę i wynikające z niej kolejne etapy pracy:

- najpierw uczniowie będą indywidualnie opracowywać odpowiedzi na zadane pytania;
- potem połączą się w pary i porównają swoje propozycje, a na osobnej kartce zapiszą wspólne odpowiedzi;
- kolejnym krokiem będzie połączenie się par w czwórki, które – jak poprzednio – skonfrontują swoje odpowiedzi;
- na koniec uczniowie utworzą ośmioosobowe zespoły i znów porównają swoje propozycje.

2. Nauczyciel informuje uczniów, że za chwilę obejrzą film samouczek pt. *Biosynteza kwasów tłuszczowych*. Prosi, aby podczas projekcji zwrócili uwagę na zagadnienia, nad którymi pracowali metodą kuli śniegowej, a po zapoznaniu się z filmem ustalili ostateczne wersje swoich odpowiedzi. Po wykonaniu tego zadania uczniowie przedstawiają wyniki swojej pracy na forum klasy. Nauczyciel koryguje ewentualne błędy i wyjaśnia wątpliwości. Upewnia się, że uczniowie zrozumieli przebieg poszczególnych etapów procesu biosyntezy kwasów tłuszczowych i zapisy ilustrujących je reakcji.
3. Uczniowie w czteroosobowych grupach wykonują ćwiczenia nr 7 i 8, a po upływie wyznaczonego czasu dyskutują nad poprawnymi rozwiązaniami.

Faza podsumowująca:

1. Nauczyciel rozdaje uczniom wydruki z równaniami reakcji poznanych w czasie lekcji (zob. materiały pomocnicze). Zadaniem uczniów jest uzupełnienie brakujących związków.
2. Chętni uczniowie podsumowują wiedzę zdobytą na zajęciach.

Materiały pomocnicze:

Równania reakcji chemicznych do uzupełnienia:

1. Malonylo-CoA + ACP $\rightarrow$ + CoA
2. Acetylo-CoA + $\rightarrow$ acetylo-ACP + CoA
3. Acetylo-ACP + malonylo-ACP $\rightarrow$ + CO₂ + ACP
4. + NADPH + H⁺ $\rightarrow$ hydroksyacylo-ACP + NADP⁺
5. Hydroksyacylo-ACP - $\rightarrow$ enoilo-ACP + H₂O
6. Enoilo-ACP + NADPH + $\rightarrow$ acylo-ACP + NADP⁺

Wskazówki metodyczne opisujące różne zastosowania filmu samouczka:

Uczniowie mogą wykorzystać film samouczek, przygotowując się do lekcji powtórkowej.