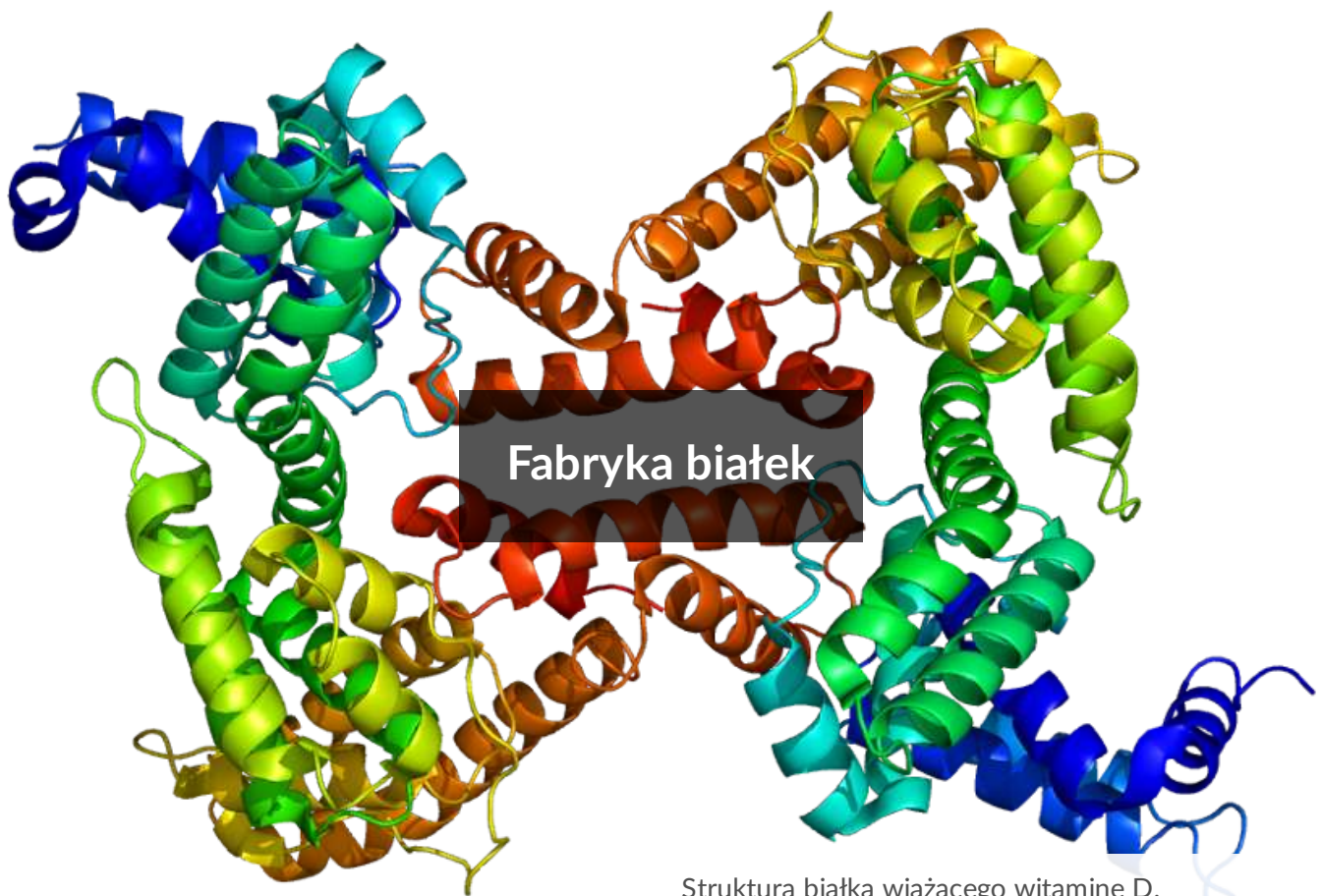


Fabryka białek

- [Wprowadzenie](#)
- [Przeczytaj](#)
- [Gra edukacyjna](#)
- [Sprawdź się](#)
- [Dla nauczyciela](#)



Struktura białka wiążącego witaminę D.

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

Białka stanowią najbardziej zróżnicowaną grupę związków organicznych pod względem właściwości i roli, jaką odgrywają w życiu organizmów. Pełnią wiele kluczowych funkcji: są materiałem budulcowym organizmu, warunkują skurcze mięśni czy katalizują reakcje biochemiczne. Do białek należą m.in. takie związki jak hemoglobina, która dostarcza tlen do wszystkich komórek organizmu człowieka, immunoglobulina, umożliwiająca rozróżnianie przez organizm substancji obcych od własnych, oraz niektóre hormony (np. insulina), odgrywające rolę regulatorów metabolizmu. Różnorodność właściwości fizycznych i biologicznych wiąże się ze zróżnicowaniem budowy białek. Jak są one zbudowane? W jaki sposób zostają wytworzone ich cząsteczki i z jakich etapów składa się ten proces?

Twoje cele

- Przedstawisz budowę białek, uwzględniając wiązania peptydowe.
- Przedstawisz budowę wybranych peptydów.
- Stworzysz wybrane peptydy w grze edukacyjnej.
- Wskażesz rybosomy jako organelle komórkowe przeprowadzające translację.
- Omówisz etapy biosyntezy białek.

Przeczytaj

Jak powstają peptydy? Informacje ogólne

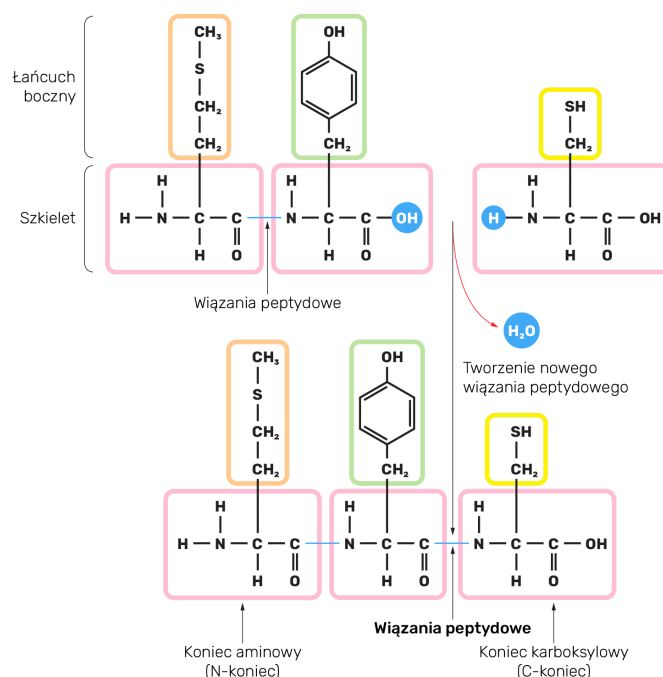
Wśród **peptydów** wyróżnia się białka, oligopeptydy i polipeptydy. **Białka** są polimerami liniowymi zbudowanymi z co najmniej 101 jednostek zwanych **aminokwasami**. Częsteczki aminokwasów występujące w białku zwane są resztami aminokwasowymi. Polimery, w których skład wchodzi od 11 do 100 reszt aminokwasowych, określa się jako **polipeptydy**, a te zawierające od 2 do 10 reszt aminokwasowych – **oligopeptydy**.

Peptydy powstają w procesie **kondensacji**, czyli reakcji polegającej na połączeniu aminokwasów za pomocą **wiązania peptydowego**. W jej wyniku, oprócz peptydu, powstaje również cząsteczka wody.

Zapamiętaj!

Wiązanie peptydowe występuje pomiędzy atomem azotu z grupy aminowej ($-NH$) a atomem węgla z grupy karboksylowej ($-COOH$).

Proces kondensacji powtarzany jest wielokrotnie i prowadzi do powstania oligopeptydu, polipeptydu lub białka, czyli polimeru złożonego z odpowiedniej liczby aminokwasów połączonych ze sobą wiązaniami peptydowymi.



Powstanie peptydu.

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

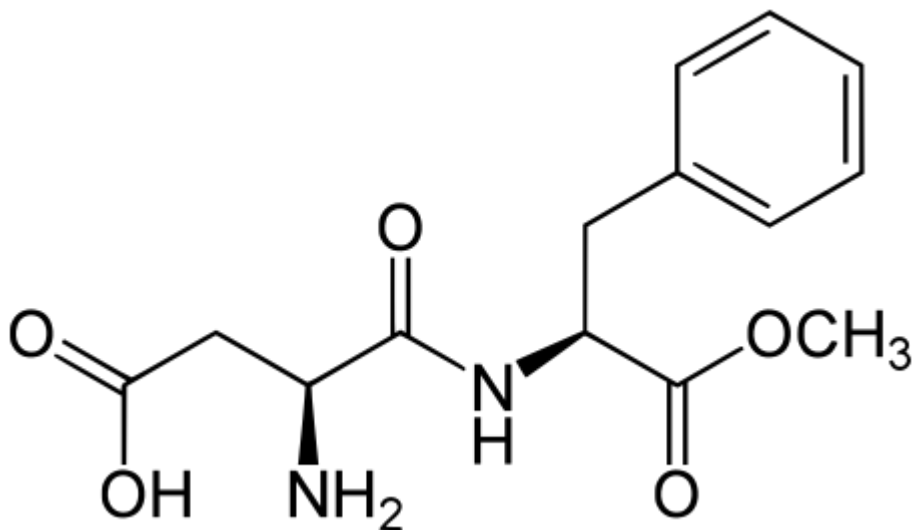
Poszczególne peptydy mają specyficzną sekwencję aminokwasową. Na jednym końcu łańcucha polipeptydowego pozostaje wolna grupa aminowa (N-koniec), a na drugim – karboksylowa (C-koniec).

Jak zapisać wzór peptydu i utworzyć jego nazwę?

Zapamiętaj!

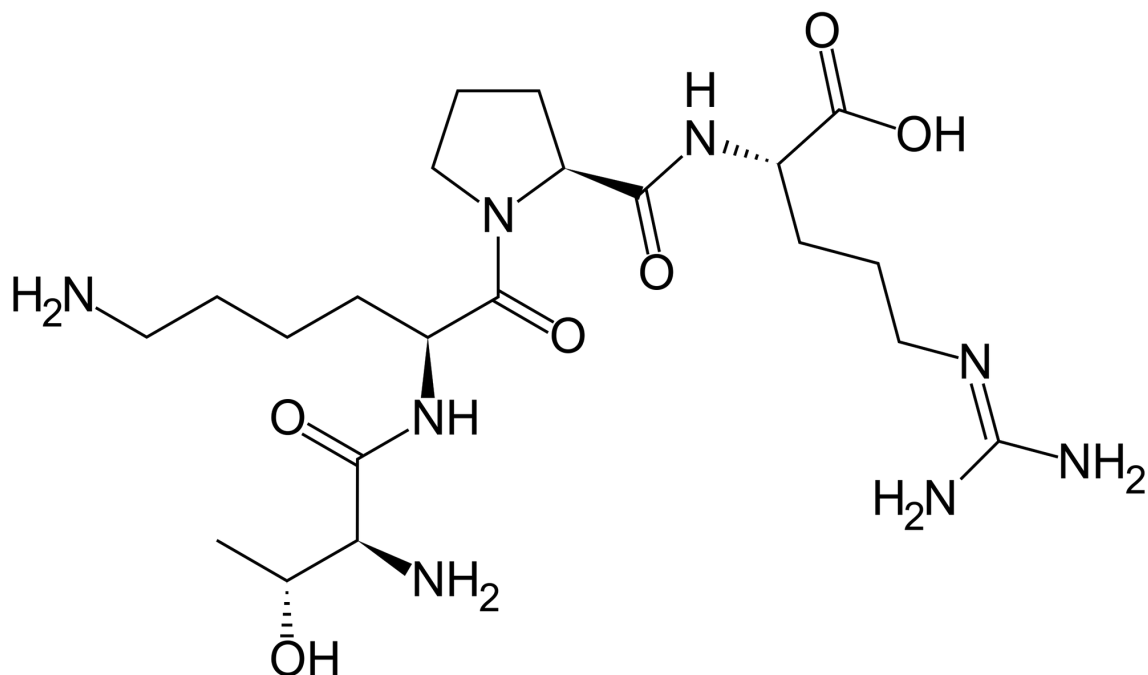
1. Wzory peptydów zapisuje się od N-końca do C-końca.
2. Nazwy systematyczne peptydów tworzy się od N-końca do C-końca.
3. Do nazw aminokwasów, których grupa karboksylowa jest zaangażowana w tworzenie wiązania peptydowego, dodaje się końcówkę „-ylo” lub „-ilo”.
4. Nazwa aminokwasu na C-końcu pozostaje bez zmian.

Przykładowe peptydy



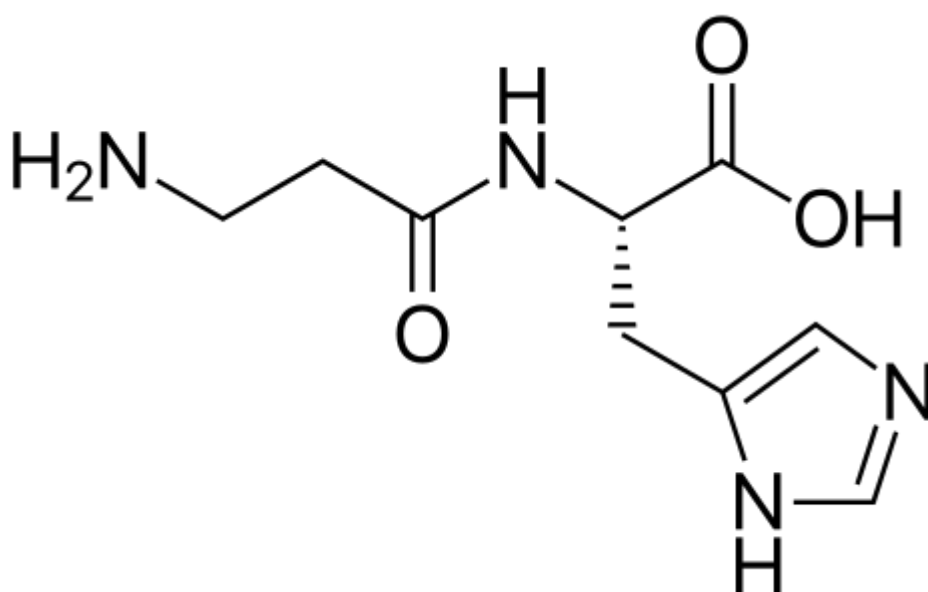
Źródło: Yikrazuul, Wikimedia Commons, domena publiczna.

Aspartam to ester metylowy dipeptydu zbudowanego z kwasu **asparaginowego** i **fenyloalaniny**. Jest niskokalorycznym środkiem słodzącym.



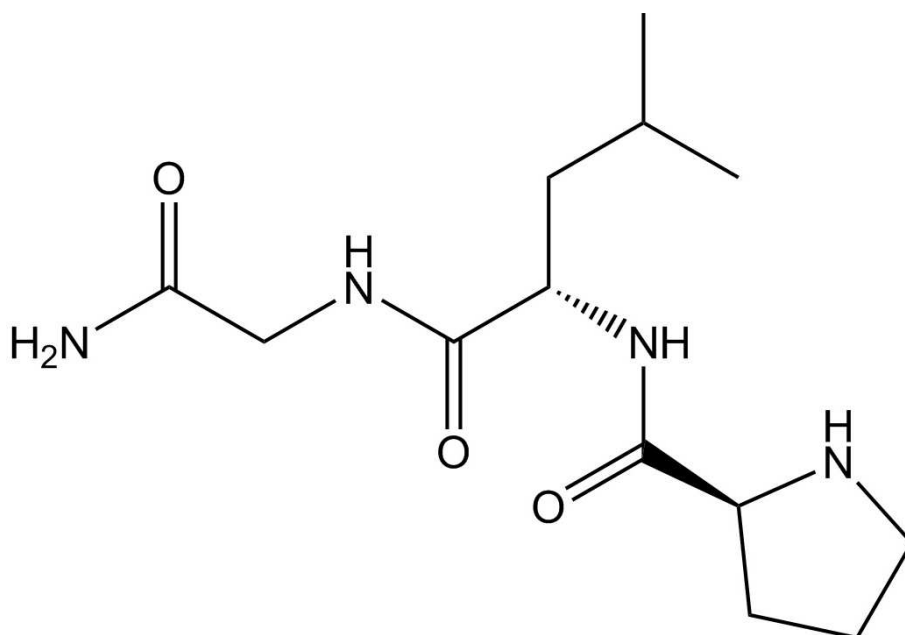
Źródło: Fvasconcellos, Wikimedia Commons, domena publiczna.

Tuftsyna to tetrapeptyd zbudowany z **treoniny**, **lizyny**, **proliny** i **argininy**.
Stymuluje makrofagi i granulocyty do fagocytozy.



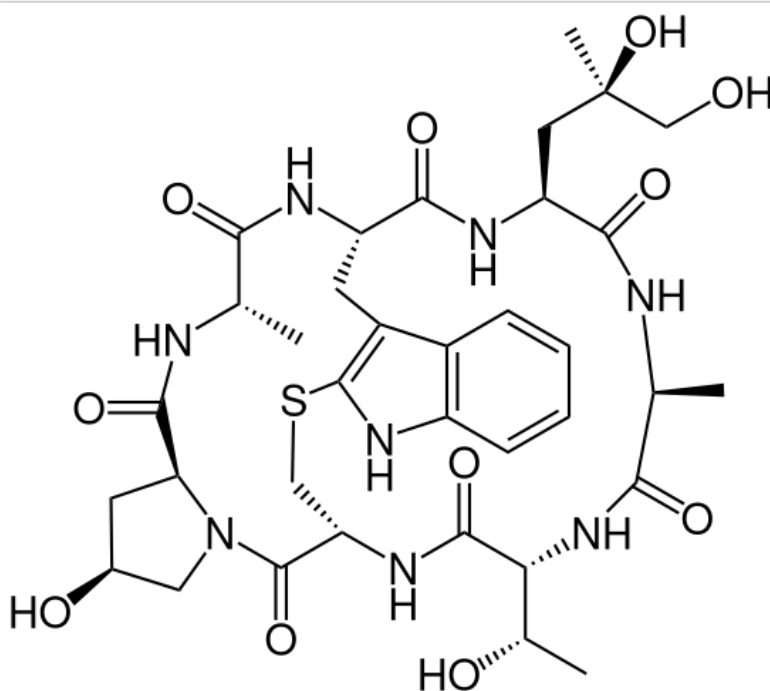
Źródło: Vaccinationist, Wikimedia Commons, domena publiczna.

Karnosyna to dipeptyd zbudowany z **alaniny** i **histydyny**. Jest naturalnym przeciwutleniaczem, który neutralizuje wolne rodniki i wspiera pracę mitochondriów.



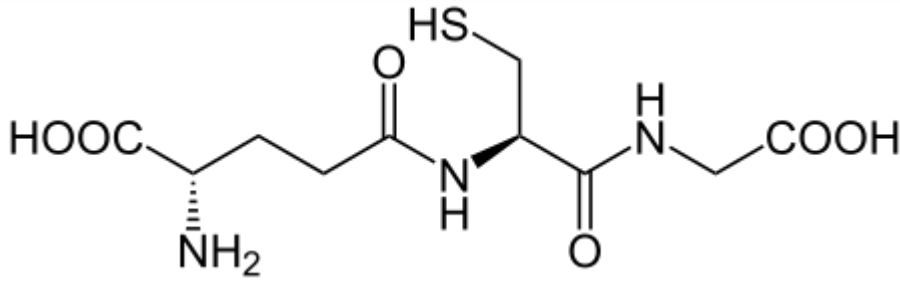
Źródło: Meodipt, Wikimedia Commons, domena publiczna.

Melanostatyna to tripeptyd zbudowany z **proliny**, **leucyny** i **glicyny**. Jest hormonem produkowanym przez podwzgórze, hamuje uwalnianie melanotropiny.



Źródło: Chem Sim 2001, Wikimedia Commons, domena publiczna.

Falloidyna to heptapeptyd zbudowany z **alaniny**, **tryptofanu**, **leucyny**, **alaniny**, **treoniny**, **cysteiny** i **proliny**. Jest silnie toksycznym jadem, występującym m.in. w muchomorze sromotnikowym (*Amanita phalloides*).



Źródło: NEUROtiker, Wikimedia Commons, domena publiczna.

Glutation to tripeptyd zbudowany z **kwasu glutaminowego, cysteiny i glicyny**. Jest przeciwutleniaczem, chroniącym grupy -SH białek przed utlenieniem, bierze udział w procesie oddychania.

Biosynteza białek

Miejscem syntezy białek w komórce są **rybosomy** – wolne w cytozolu lub związane z siateczką śródplazmatyczną.

Skład aminokwasowy białek syntetyzowanych przez rybosomy zapisany jest w kolejności nukleotydów w DNA. Na bazie informacji zawartej w DNA (poprzez **transkrypcję**) powstaje informacyjny RNA (czyli **mRNA**), który z kolei stanowi matrycę do syntezy łańcucha białkowego. Zapis genetyczny w postaci mRNA przetłumaczony zostaje na zapis aminokwasowy, dlatego synteza białek nazywana jest często **translacją**. W procesie translacji poza mRNA uczestniczy także **tRNA**, który transportuje aminokwasy do miejsca syntezy – rybosomu.

Biosyntezę białka można podzielić na kilka etapów:

- aktywacja aminokwasów;
- inicjacja;
- elongacja;
- terminacja.

Więcej informacji na temat transkrypcji znajdziesz w e-materiale *Transkrypcja eukariotyczna – etapy i przebieg*.

Więcej informacji na temat translacji znajdziesz w e-materiałach: *Przebieg translacji u Eukaryota* i *Budujemy białko*.

Aktywacja aminokwasów

Aminokwas, który wejdzie w skład białka, musi zostać przeniesiony z cytozolu na rybosom i związany z nim mRNA. Funkcję transportera aminokwasu pełni tRNA (transportujący RNA), który łączy się z odpowiednim aminokwasem.

Więcej informacji na temat tego procesu znajdziesz w e-materiale [Aminoacylacja tRNA](#).

Inicjacja

Kolejnym etapem syntezy białek jest inicjacja. Do małej podjednostki rybosomu przyłącza się mRNA. Następnie do odpowiedniego miejsca na mRNA przyłączany jest tRNA transportujący pierwszy aminokwas syntetyzowanego peptydu – [metioninę](#). Na koniec etapu inicjacji do opisanego kompleksu w obecności jonów magnezu przyłącza się duża podjednostka rybosomu.

Więcej informacji na temat tego procesu znajdziesz w e-materiale [Regulacja inicjacji transkrypcji](#).

Elongacja

Kolejnym etapem translacji jest elongacja, czyli wydłużanie łańcucha peptydowego. Kiedy dwa aminokwasy znajdują się obok siebie, dochodzi do kluczowej reakcji, czyli wytworzenia wiązania peptydowego pomiędzy nimi. Energia niezbędna do wytworzenia wiązania peptydowego pochodzi z rozpadu wiązania wysokoenergetycznego między aminokwasem a tRNA.

Terminacja

Do zakończenia translacji dochodzi wtedy, gdy zostanie zerwane wiązanie między peptydem a tRNA. Następuje uwolnienie peptydu. Rybosom rozpada się na dwie

podjednostki i uwalnia się mRNA. Białko powstałe w wyniku translacji może ulegać pewnym przemianom – modyfikacjom potranslacyjnym. Polegają one np. na usunięciu z białka aminokwasu metioniny lub na przyłączeniu do białka reszty cukrowej.

Więcej informacji na ten temat znajdziesz w e-materiale [Modyfikacje potranslacyjne białek](#).

Więcej informacji na temat przebiegu translacji znajdziesz w e-materiale [Etapy ekspresji genu u prokariotów i eukariotów](#).

Słownik

metionina

aminokwas białkowy zawierający w strukturze atom siarki, kodowany przez jeden kodon (trójkę nukleotydów) – AUG; kodon ten, nazywany kodonem „start”, jest odczytywany przez rybosom jako miejsce startu translacji

mRNA, informacyjny RNA, matrycowy RNA

rodzaj kwasu rybonukleinowego, którego funkcją jest przenoszenie informacji genetycznej na temat kolejności (sekwencji) aminokwasów w łańcuchu białkowym

rybosom

organella komórkowa zbudowana z rRNA i białek, której funkcją jest synteza białek na drodze translacji

transkrypcja

proces syntezy RNA, podczas którego na matrycy DNA syntetyzowana jest komplementarna nić mRNA

translacja

drugi etap ekspresji informacji genetycznej, podczas którego, na podstawie informacji zapisanej w nici mRNA, syntetyzowany jest polipeptyd

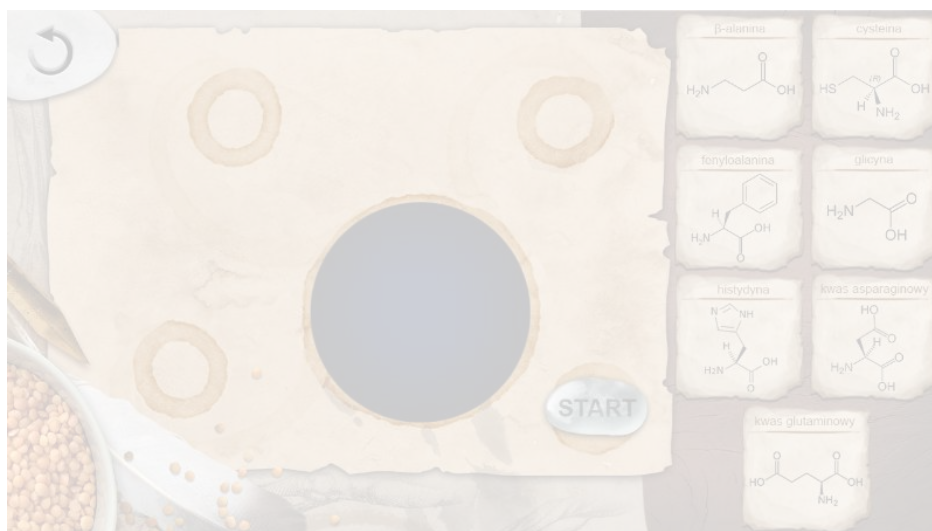
tRNA

transportujący (transferowy; również: przenoszący lub przenośnikowy) kwas rybonukleinowy, pośredniczący w przyłączaniu kolejnych aminokwasów w procesie biosyntezy białka

Gra edukacyjna

Polecenie 1

Wybierając dwa lub trzy spośród podanych aminokwasów, stwórz trzy peptydy: aspartam, karnozynę i glutation.



Zasób interaktywny dostępny pod adresem <https://zpe.gov.pl/a/DRKhu3e0s>

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

Polecenie 2

Wyjaśnij, jak powstaje wiązanie pomiędzy aminokwasami w peptydzie.

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Ułóż chronologicznie etapy biosyntezy białka.

Elongacja



Aktywacja aminokwasów



Terminacja



Inicjacja



Ćwiczenie 2



Uzupełnij tekst, wybierając odpowiednie pojęcia spośród podanych.

Biosyntezę białek można podzielić na dwa etapy: transkrypcję i translację. Transkrypcja to proces syntezy na matrycy . Translacja to proces syntezy na matrycy mRNA. Miejscem syntezy białek w komórce są – wolne w lub związane z . Rybosom składa się z podjednostek zbudowanych z białek i .

trzech

RNA

cytozolu

DNA

dwóch

koenzymami

siateczką śródplazmatyczną

polimerazę DNA

rRNA

mRNA

DNA

rybosomy

aminokwasów

białek

rybozomy

tRNA

Ćwiczenie 3



W probówce znajdują się dwa aminokwasy: fenyloalanina i tryptofan. Zaznacz produkty, które mogą powstać w reakcji kondensacji.

☐ Fenylotryptofan

☐ Tryptofenyloalanina

☐ Tryptofanylofenyloalanina

☐ Fenyloalanylotryptofan

Ćwiczenie 4



Oceń, czy podane zdania są prawdziwe czy fałszywe.

	Prawda	Fałsz
Wiązania peptydowe łączą dwie grupy aminowe lub dwie grupy karboksylowe sąsiadujących aminokwasów.	☐	☐
Kolejność aminokwasów w syntetyzowanym białku zależy od kolejności nukleotydów w DNA.	☐	☐
Na jednym końcu łańcucha polipeptydowego pozostaje wolna grupa aminowa (C-koniec), a na drugim karboksylowa (N-koniec).	☐	☐

Ćwiczenie 5



Zaznacz wszystkie zdania przedstawiające prawdziwe informacje.

☐

Na koniec etapu inicjacji do opisanego kompleksu przyłącza się duża podjednostka rybosomu w obecności jonów cynku.

☐

Kodon startowy AUG koduje metioninę.

☐

Wytworzenie wiązania peptydowego pomiędzy aminokwasami zachodzi podczas elongacji.

☐

Do zakończenia translacji dochodzi wtedy, gdy nastąpi zerwanie wiązania między peptydem a mRNA.

☐

Białko powstałe w wyniku translacji może podlegać modyfikacjom potranslacyjnym.

Ćwiczenie 6



Przyporządkuj poszczególne procesy do etapu translacji, podczas którego zachodzą.

Elongacja

Rozpad rybosomu na dwie podjednostki.

Przyłączenie tRNA niosącego metioninę do odpowiedniego miejsca na mRNA w małej jednostce rybosomu.

Terminacja

Uwolnienie łańcucha polipeptydowego do cytoplazmy.

Tworzenie wiązań peptydowych między aminokwasami.

Zerwanie wiązania między peptydem a tRNA.

Ćwiczenie 7

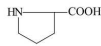
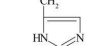
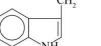


Pojedynczy mRNA może być używany do jednoczesnej produkcji wielu kopii danego polipeptydu dzięki możliwości przyłączania wielu rybosomów do jednej cząsteczki mRNA i tworzenia polirybosomów (lub polisomów). Każdy rybosom wchodzący w skład polirybosomu syntetyzuje samodzielnie, niezależnie od pozostałych, taki sam peptyd. Polirybosomy występują zarówno w komórkach bakteryjnych, jak i w eukariotycznych.

Określ, w jaki sposób tworzenie polirybosomów może być korzystne dla komórki. Policz, ile kopii białka zostanie wyprodukowanych z jednego mRNA, jeśli przyłączy się do niego 100 rybosomów.

Ćwiczenie 8



Wybrane aminokwasy białkowe				Nazwa aminokwasu	Wzór	Kod	pI	Nazwa aminokwasu	Wzór	Kod	pI
Glicyna	$\text{H}_2\text{N}-\text{CH}_2-\text{COOH}$	Gly	6,06	Lizyna	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	Lys	9,60	Metionina	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{S}-\text{CH}_3 \end{array}$	Met	5,74
Alanina	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$	Ala	6,11	Tyrozyna	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{C}_6\text{H}_4 \\ \\ \text{OH} \end{array}$	Tyr	5,64	Treonina	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{CH}-\text{OH} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$	Thr	5,60
Cysteina	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{SH} \end{array}$	Cys	5,05	Glutamina	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{CONH}_2 \end{array}$	Gln	5,65	Prolina		Pro	6,30
Seryna	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{OH} \end{array}$	Ser	5,68	Asparagina	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{CONH}_2 \end{array}$	Asn	5,51	Histydyna	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{HN} \end{array}$ 	His	7,60
Walina	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{CH} \\ / \quad \backslash \\ \text{CH}_3 \quad \text{CH}_3 \end{array}$	Val	6,00	Leucyna	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{CH} \\ / \quad \backslash \\ \text{CH}_3 \quad \text{CH}_3 \end{array}$	Leu	6,01	Tryptofan	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{C}_8\text{H}_6\text{N} \end{array}$ 	Trp	5,89
Fenylalanina	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{C}_6\text{H}_5 \end{array}$	Phe	5,48	Izoleucyna	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{CH}-\text{CH}_3 \\ \\ \text{C}_2\text{H}_5 \end{array}$	Ile	6,05	Arginina	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{NH} \\ \\ \text{NH}-\text{C}-\text{NH}_2 \end{array}$	Arg	10,76
Kwas asparaginowy	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{COOH} \end{array}$	Asp	2,85								
Kwas glutaminowy	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{CH}_2 \\ \\ \text{COOH} \end{array}$	Glu	3,15								

Źródło: W. Mizerski, *Tablice chemiczne*, Warszawa 2004.

Źródło: Centralna Komisja Egzaminacyjna, *Wybrane wzory i stałe fizykochemiczne na egzamin maturalny z biologii, chemii i fizyki*, Warszawa 2015, s. 2., tylko do użytku edukacyjnego.

Korzystając z powyższej tabeli, narysuj wzór tripeptydu o nazwie histydyloseryloglicyna. Kolorem czerwonym zaznacz na nim wiązania peptydowe.



Dla nauczyciela

Autor: Anna Juwan

Przedmiot: Biologia

Temat: Fabryka białek

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:

2) przedstawia budowę białek (uwzględniając wiązania peptydowe); rozróżnia białka proste i złożone; określa biologiczne znaczenie białek (albuminy, globuliny, histony, kolagen, keratyna, fibrynogen, hemoglobina, mioglobina); przedstawia wpływ czynników fizycznych i chemicznych na białko (zjawisko koagulacji i denaturacji); planuje i przeprowadza doświadczenie wykazujące obecność białek w materiale biologicznym; przeprowadza obserwacje wpływu wybranych czynników fizycznych i chemicznych na białko;

VI. Ekspresja informacji genetycznej w komórkach człowieka. Uczeń:

5) opisuje proces translacji i przedstawia znaczenie modyfikacji potranslacyjnej białek;

Zakres rozszerzony

Treści nauczania – wymagania szczegółowe

I. Chemizm życia.

2. Składniki organiczne. Uczeń:

2) przedstawia budowę białek (uwzględniając wiązania peptydowe); rozróżnia białka proste i złożone; opisuje strukturę I-, II-, III- i IV-rzędową białek; planuje i przeprowadza doświadczenie wykazujące obecność białek w materiale biologicznym; przedstawia wpływ czynników fizycznych i chemicznych na białko

(zjawisko koagulacji i denaturacji); określa biologiczne znaczenie białek (albuminy, globuliny, histony, kolagen, keratyna, fibrynogen, hemoglobina, mioglobina); przeprowadza obserwacje wpływu wybranych czynników fizycznych i chemicznych na białko;

XIII. Ekspresja informacji genetycznej. Uczeń:

6) opisuje proces translacji i przedstawia znaczenie modyfikacji potranslacyjnej białek;

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):

- Przedstawisz budowę białek, uwzględniając wiązania peptydowe.
- Przedstawisz budowę wybranych peptydów.
- Stworzysz wybrane peptydy w grze edukacyjnej.
- Wskażesz rybosomy jako organelle komórkowe przeprowadzające translację.
- Omówisz etapy biosyntezy białek.

Strategie nauczania:

- konstruktywizm;
- konektywizm.

Metody i techniki nauczania:

- z użyciem komputera;
- rozmowa kierowana;
- ćwiczenia interaktywne;
- analiza grafiki interaktywnej;
- mapa myśli;
- gra dydaktyczna;
- grupy ekspertów.

Formy pracy:

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

Środki dydaktyczne:

- zasoby multimedialne zawarte w e-materiale;
- tablica interaktywna/tablica, pisak/kreda;
- telefony z dostępem do internetu;
- komputery z dostępem do internetu dla uczniów.

Przed lekcją:

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

Przebieg lekcji

Faza wstępna:

1. Nauczyciel wyświetla zawartość sekcji „Wprowadzenie”. Uczniowie wspólnie z nauczycielem omawiają cele lekcji i określają kryteria sukcesu.
2. **Rozmowa wprowadzająca.** Nauczyciel inicjuje rozmowę na podstawie pytania zawartego we wprowadzeniu: „Jak przebiega synteza białek i z jakich etapów składa się ten proces?”.

Faza realizacyjna:

1. **Praca w grupach z treścią e-materiału.** Nauczyciel dzieli klasę na cztery grupy. Każda z grup opracowuje jedno zagadnienie na podstawie informacji zawartych w e-materiale:

- grupa I – aktywacja aminokwasów;
- grupa II – inicjacja;
- grupa III – elongacja;
- grupa IV – terminacja.

Po opracowaniu zagadnień przez każdą z grup nauczyciel miesza zespoły tak, aby w każdej z nowych grup było przynajmniej dwóch przedstawicieli ze starej grupy.

Każdy z uczniów przedstawia kolegom partię materiału, którą opracował wcześniej (następuje moment właściwego nauczania).

Nauczyciel prosi o wypisanie na małych kartkach pojęć, jakie uczniowie zapamiętali na dany temat. Grupy porządkują kartki w zbiory, wyszukując połączenia pomiędzy zapisanymi pojęciami. Grupy przyklejają kartki na arkuszu papieru A1, łączą strzałkami, rysują linie i dopisują nowe hasła, tworząc mapę myśli.

Przedstawiciele grup omawiają swoje mapy myśli. Nauczyciel weryfikuje informacje, w razie potrzeby uzupełnia.

2. **Praca z multimedium („Gra edukacyjna”).** Uczniowie wykonują indywidualnie polecenie nr 1, w którym mają za zadanie stworzyć w zamieszczonej grze trzy peptydy, wybierając dwa lub trzy spośród podanych aminokwasów. Wskazane osoby przedstawiają swoje rozwiązania na forum klasy.

3. Uczniowie, pracując w parach, wykonują polecenie nr 2 (w którym mają za zadanie wyjaśnić, jak powstaje wiązanie pomiędzy aminokwasami w peptydzie). Nauczyciel w razie potrzeby naprowadza ich na prawidłowe rozwiązanie.
4. **Utrwalenie wiedzy i umiejętności.** Uczniowie samodzielnie wykonują ćwiczenie nr 6 (w którym mają za zadanie przyporządkować poszczególne procesy do etapu translacji, podczas którego zachodzą) z sekcji „Sprawdź się”. Następnie w 4-osobowych grupach omawiają prawidłowe rozwiązanie. Po upływie wyznaczonego czasu wskazany przez nauczyciela przedstawiciel grupy prezentuje odpowiedź wraz z jej uzasadnieniem. Klasa ustosunkowuje się do niej. Nauczyciel udziela uczniom informacji zwrotnej.

Faza podsumowująca:

1. Uczniowie rozwiązują ćwiczenie nr 4 (typu „prawda/fałsz”) z sekcji „Sprawdź się”. Następnie przygotowują podobne zadanie dla osoby z pary: tworzą trzy prawdziwe lub fałszywe zdania dotyczące tematu lekcji. Uczniowie wykonują ćwiczenie otrzymane od kolegi lub koleżanki.

Praca domowa:

1. Wykonaj ćwiczenia od 1 do 3 oraz 5 z sekcji „Sprawdź się”.
2. Dla chętnych: Wykonaj ćwiczenia nr 7 i 8 z sekcji „Sprawdź się”.

Materiały pomocnicze:

- Jane B. Reece i in., „Biologia Campbella”, tłum. K. Stobrawa i in., Dom Wydawniczy REBIS, Poznań 2021.
- „Encyklopedia szkolna. Biologia”, red. Marta Stęplewska, Robert Mitoraj, Wydawnictwo Zielona Sowa, Kraków 2006.

Dodatkowe wskazówki metodyczne:

- Treści w sekcji „Gra edukacyjna” można wykorzystać na lekcji jako podsumowanie i utrwalenie wiedzy uczniów.