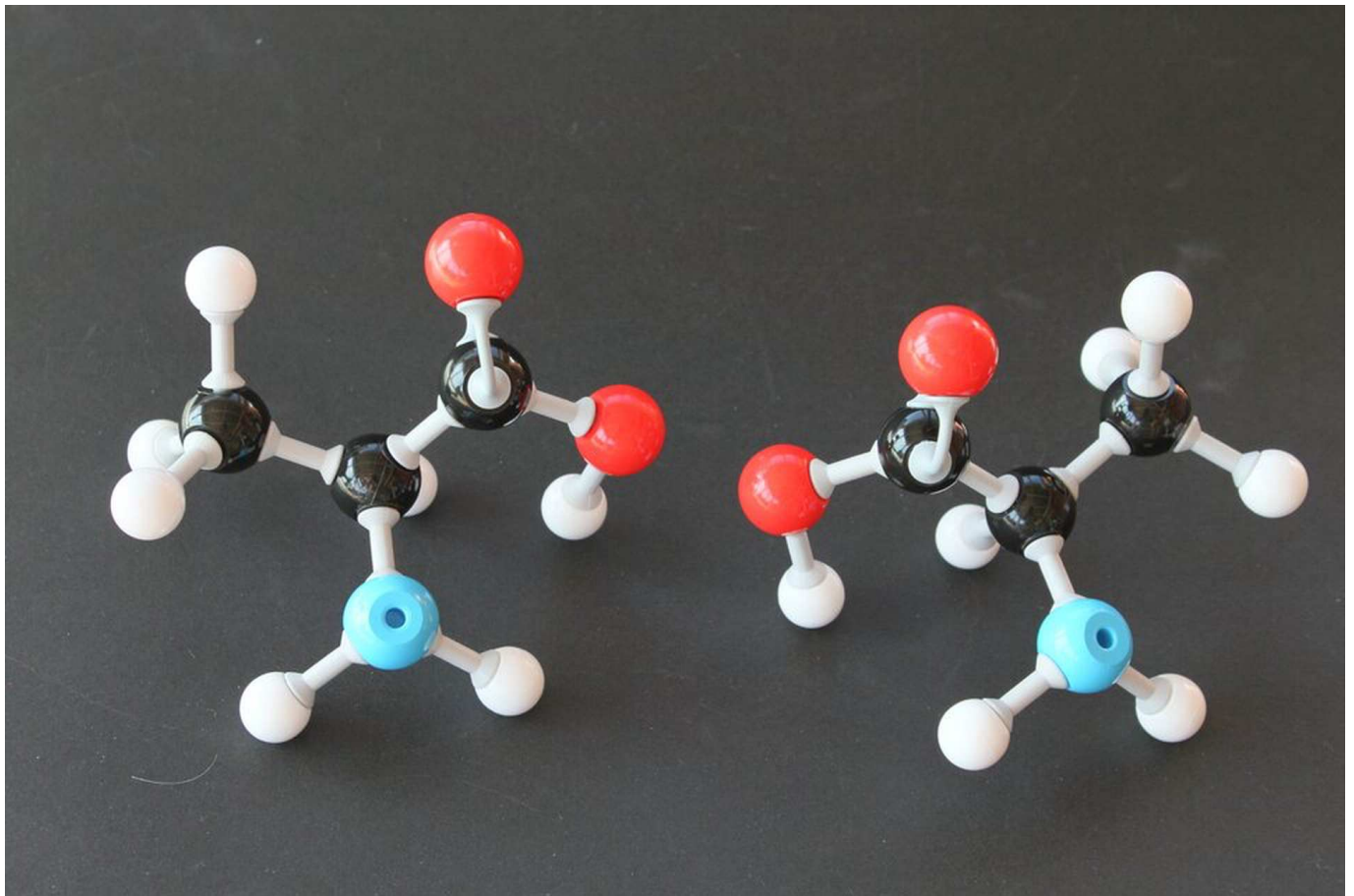




Oksydacyjna deaminacja i inne przemiany aminokwasów

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



Oksydacyjna deaminacja i inne przemiany aminokwasów

Deaminacja aminokwasów jest pierwszym etapem ich degradacji. Umożliwia wykorzystanie tych związków jako substratu oddechowego.

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

Nadmiar aminokwasów nie jest magazynowany w organizmie człowieka – związki te podlegają ciągłym przemianom. Ich katabolizm, czyli rozkład, zachodzi głównie w wątrobie.

Aminokwasy tracą swoje grupy aminowe w dwóch procesach biochemicznych – na drodze oksydacyjnej deaminacji, nazywanej również dezaminacją, lub w wyniku transaminacji. W wyniku dekarboksylacji mogą z kolei tracić grupę karboksylową.

Twoje cele

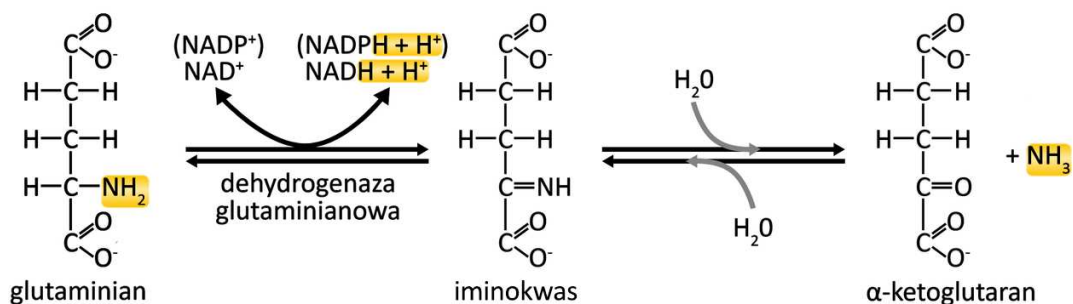
- Wyjaśnisz, czym jest oksydacyjna deaminacja aminokwasów.
- Przedstawisz sposoby wykorzystania przez organizm produktów deaminacji aminokwasów.
- Uzasadnisz znaczenie powstawania amin biogennych w wyniku przemian aminokwasów dla organizmu człowieka.

Oksydacyjna deaminacja aminokwasów

Deaminacja to reakcja chemiczna, która polega na odłączeniu od danego aminokwasu, najczęściej glutaminianu, grupy aminowej.

Podczas reakcji utleniania glutaminianu, nazywanej oksydacyjną deaminacją, grupa aminowa zostaje usunięta i zastąpiona grupą ketonową. Ta reakcja chemiczna jest katalizowana przez enzym – **dehydrogenazę** glutaminianową. W reakcji deaminacji glutaminianu powstają **amoniak** (NH_3) oraz ketokwas (alfa-ketoglutaran z grupą ketonową – $\text{C}=\text{O}$), który podlega dalszym przemianom. Dehydrogenaza glutaminianowa może współdziałać ze związkami takimi jak NAD^+ i NADP^+ , które są przenośnikami elektronów i protonów (H^+).

Uważa się, że deaminację aminokwasów może katalizować także inny enzym – **oksydaza**. Oksydaza glutaminianowa współdziała z **FAD** i **FMN**, które należą do nukleotydów flawinowych. W trakcie reakcji deaminacji z udziałem oksydazy powstają również ketokwas oraz amoniak, a także zredukowane formy tych nukleotydów, czyli FADH_2 oraz FMNH_2 . Związki te zdolne są do przekazywania wodoru na tlen, w wyniku czego dochodzi do powstawania nadtlenu wodoru (H_2O_2). Jest on następnie rozkładany do tlenu i wody przez enzym – **katalazę** – występujący w dużych ilościach w wątrobie.



Deaminacja glutaminianu przy udziale dehydrogenazy glutaminianowej.

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

Deaminacja aminokwasów przez dehydratazy

Dehydrogenazy i oksydazy to nie wszystkie enzymy zdolne do przeprowadzania reakcji deaminacji aminokwasów. Enzym **dehydrataza** serynowo-treoninowa odpowiada za katalizowanie reakcji usuwania grup aminowych z aminokwasów – treoniny oraz seryny. W pierwszej fazie tej reakcji od związku organicznego odłączają się cząsteczki wody (dehydratacja). Następnie zachodzi reakcja główna, czyli odłączenie grupy aminowej w postaci amoniaku.

Szkodliwy dla organizmu amoniak wchodzi do cyklu mocznikowego przeprowadzanego w wątrobie. Ulega przekształceniu w nietoksyczny **mocznik**.

Związki pośrednie – ketokwasy

Usunięcie grupy aminowej z aminokwasu rozpoczyna katabolizm tego związku organicznego. Po usunięciu z aminokwasów atomów azotu z pozostałych szkieletów węglowodorowych powstają związki pośrednie, takie jak:

Alfa-ketoglutaran

powstaje w wyniku deaminacji glutaminianu. Jest też produktem przemian katabolicznych histydyny, ornityny i argininy. Ten ketokwas jest związkiem pośrednim w cyklu Krebsa.

Pirogronian

powstaje w wyniku przemian glicyny, alaniny, cysteiny oraz seryny. Ten związek organiczny przekształcany jest w mitochondriach do acetylo-CoA, który wchodzi do cyklu Krebsa.

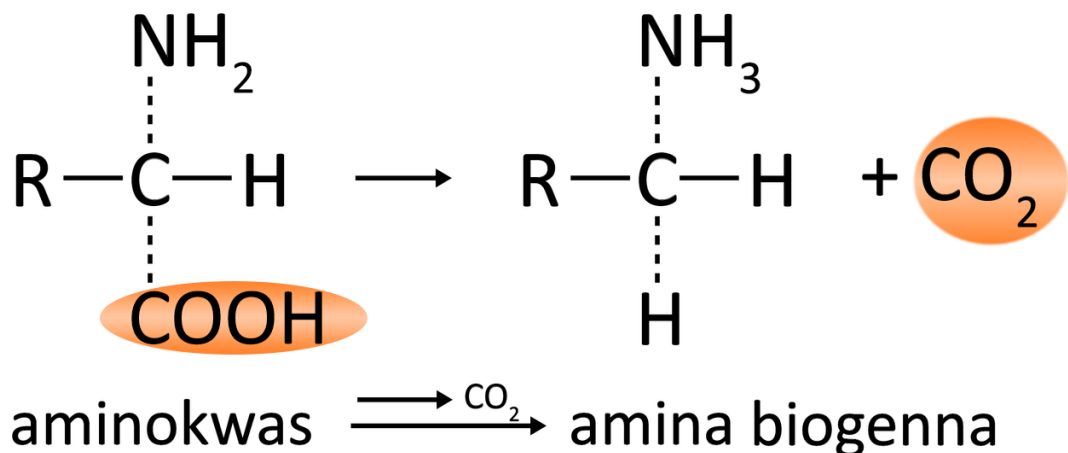
Szczawiooctan

ketokwas, który powstaje w wyniku przemian aminokwasu asparaginy. Związek ten może wchodzić w reakcje glukoneogenezy – reakcje przekształcania niecukrowych prekursorów w glukozę. Jest również produktem wchodzącym w cykl Krebsa.

Powstawanie amin biogennych

Aminy biogenne tworzą się w wyniku dekarboksylacji aminokwasów, czyli usunięcia grupy karboksylowej z danego związku. Przykładem aminy biogennej jest **histamina** powstająca na drodze dekarboksylacji aminokwasu histydyny. Jest to związek biologicznie czynny, obniżający ciśnienie tętnicze, zwiększający przepuszczalność naczyń krwionośnych, a także biorący udział w reakcji alergicznej i stanie zapalnym. Inne aminy biogenne to przede wszystkim:

Serotonina
hormon tkankowy, produkt przemian aminokwasu tryptofanu. Pełni funkcję przekaźnika w ośrodkowym układzie nerwowym, reguluje sen, apetyt, temperaturę ciała i ciśnienie krwi. Występuje również w dużych ilościach w płytkach krwi (trombocytach).
Kwas gamma-aminomasłowy
w skrócie GABA – to neuroprzekaźnik hamujący, który powstaje w wyniku dekarboksylacji kwasu glutaminowego. Reguluje przepływ jonów chlorkowych.
Etanoloamina
powstaje w wyniku dekarboksylacji aminokwasu seryny i wchodzi w skład glicerofosfolipidów. Wspomaga prawidłową pracę układu nerwowego.



Schemat powstawania amin biogennych.

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

Słownik

aminy biogenne

pierwszorzędowe aminy powstające we wszystkich organizmach w wyniku dekarboksylacji aminokwasów zasadowych (ornityny i lizyny)

amoniak

NH₃, związek nieorganiczny, bezbarwny gaz o charakterystycznym zapachu

cykl Krebsa

cykl kwasu cytrynowego; kołowy, wieloetapowy ciąg reakcji enzymatycznych, katalizowanych głównie przez oksydoreduktazy. Przebiega w mitochondriach u organizmów eukariotycznych i w cytoplazmie u organizmów prokariotycznych. U większości organizmów stanowi podstawę oddychania tlenowego. Opisany w 1937 r. przez Hansa A. Krebsa

deaminacja

reakcja chemiczna eliminacji grupy aminowej (–NH₂) z zasad azotowych i aminokwasów, najczęściej z wydzieleniem amoniaku

dehydrataza

enzym katalizujący reakcję dehydratacji, inaczej odwodnienia, w której jednym z produktów jest woda

dehydrogenazy

grupa enzymów zdolna do odszczepienia atomów wodoru od związków organicznych

FAD

dinukleotyd flawinoadeninowy, grupa prostetyczna flawoprotein złożona z kwasu adenozymonofosforowego i nukleotydu flawinowego

FMN

mononukleotyd flawinowy, koenzym flawinowy – ester ryboflawiny i kwasu fosforowego

glukoneogeneza

gr. *genesis* – powstawanie, zachodzący w wątrobie i nerkach proces wytwarzania glukozy z substancji nie będących sacharydami

katalaza

potoczna nazwa enzymów z klasy oksydoreduktaz, posiadających zdolność przyspieszania rozpadu nadtlenu wodoru według reakcji: $2\text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$

mocznik

związek organiczny – końcowy produkt przemiany białek. Wydalany z organizmu głównie razem z moczem

NAD⁺

dinukleotyd nikotynoamidoadeninowy, związek organiczny, który może występować w formie zredukowanej, jako NADH oraz w formie utlenionej, jako NAD⁺. Częsteczka NAD⁺ jest dinukleotydem, który może wiązać jeden proton (H⁺) oraz dwa elektrony, czyli może ulegać redukcji, w wyniku której powstaje NADH.

NADP⁺

dinukleotyd nikotynoamidoadeninowy, organiczny związek chemiczny, który występuje w formie zredukowanej – NADPH i utlenionej – NADP^+ , dzięki czemu bierze udział w reakcjach utleniania i redukcji

neuroprzekaźniki

związki chemiczne wydzielane z zakończenia aksonu komórki presynaptycznej i oddziałujące w specyficzny sposób na receptory w błonie postsynaptycznej

oksydaza

enzym katalizujący oderwanie od różnych związków atomów wodoru lub elektronów i wiązanie ich z tlenem cząsteczkowym

Film



Film dostępny pod adresem </preview/resource/RcptCO4OiCLOu>

Aminokwasy biogenne – źródła i znaczenie dla organizmu człowieka.

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

Film nawiązujący do treści materiału.

Polecenie 1

Obejrzyj film, a następnie przedstaw funkcje amin biogennych.

Polecenie 2

Wyjaśnij, dlaczego nie powinno się spożywać zbyt wielu produktów bogatych w histaminę.

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Oceń, czy poniższe stwierdzenia są prawdziwe, czy fałszywe.

	Prawda	Fałsz
Tylko te enzymy – dehydrogenazy i oksydazy – są zdolne do przeprowadzania reakcji deaminacji aminokwasów.	☐	☐
Szkodliwy dla organizmu amoniak, powstający podczas reakcji deaminacji, wchodzi do cyklu mocznikowego, w którym przekształcany jest w mniej toksyczny mocznik.	☐	☐
Mocznik to związek organiczny będący końcowym produktem przemiany białek. Jest wydalany z organizmu głównie wraz z moczem.	☐	☐

Ćwiczenie 2



Uzupełnij tekst, wybierając prawidłowe sformułowania spośród podanych propozycji.

Aminokwasy to związki, które w organizmie człowieka

poddawane są ciągłym przemianom ☐

są z łatwością magazynowane w pierwotnej formie ☐. Pierwszym etapem ich degradacji

jest ☐ dehydrogenacja ☐ deaminacja ☐, która umożliwia wykorzystanie ich jako

substratów w reakcjach ☐ oddychania komórkowego ☐ fotosyntezy ☐. Głównym

narzędziem odpowiedzialnym za ☐ syntezę ☐ rozkład ☐, inaczej katabolizm,

aminokwasów jest ☐ żołądek ☐ wątroba ☐. Głównymi procesami katabolizmu

aminokwasów są ☐ oksydacyjna deaminacja ☐ nieoksydacyjna dehydrogenacja ☐ oraz

☐ transaminacja ☐ transdezaminacja ☐. W wyniku tych przemian aminokwasy tracą

swoje grupy ☐ aminowe ☐ karboksylowe ☐ i tworzą się ☐ alfa-ketokwasy ☐

☐ beta-aminokwasy ☐.

Ćwiczenie 3



Przyporządkuj odpowiednie opisy do reakcji.

deaminacja katalizowana przez
oksydazę glutaminową

w jej wyniku powstają amoniak oraz ketokwas. Współdziała ze związkami takimi jak NAD^+ oraz NADP^+ , które są przenośnikami elektronów i protonów

deaminacja katalizowana przez
dehydratazę serynowo-treoninową

w jej wyniku powstają amoniak i ketokwas. Współdziała z FAD i FMN, których zredukowane formy są zdolne do przekazywania wodoru na tlen, w wyniku czego powstaje nadutlenek wodoru

deaminacja katalizowana przez
dehydrogenazę glutaminową

w jej wyniku powstają amoniak i ketokwas. Pierwszym etapem procesu jest dehydratacja, czyli odłączenie od związku organicznego cząsteczki wody

Ćwiczenie 4



Przyporządkuj podane poniżej opisy do odpowiednich ketokwasów.

alfa-ketoglutaran

może wchodzić w reakcję
glukoneogenezy oraz w reakcje
cyklu Krebsa

pirogronian

produkt przemian asparaginy

produkt przemian histydyny,
ornityny, argininy

związek pośredni w cyklu Krebsa

szczawiooctan

pochodzi z deaminacji
glutaminianu

w mitochondriach
przekształcany do acetylo-CoA,
który wchodzi w cykl Krebsa

produkt przemian glicyny,
alaniny, cysteiny, seryny

Ćwiczenie 5



Uzupełnij tabelę dotyczącą amin biogennych. Następnie – w zdaniu poniżej tabeli – zaznacz, w jakim procesie powstają te związki.

Nazwa aminy biogennej	histamina	serotonina	kwas gamma-aminomastowy	etanolamina
Aminokwas prekursorowy	histydyna		kwas glutaminowy	seryna
Miejsce występowania		płytki krwi i neurony		
Funkcje				buduje glicerofosfolipidy

neuroprzekaźnik regulujący wiele procesów w tym sen, apetyt, samopoczucie

neurony

dwuwarstwa lipidowa komórek

obniża ciśnienie tętnicze

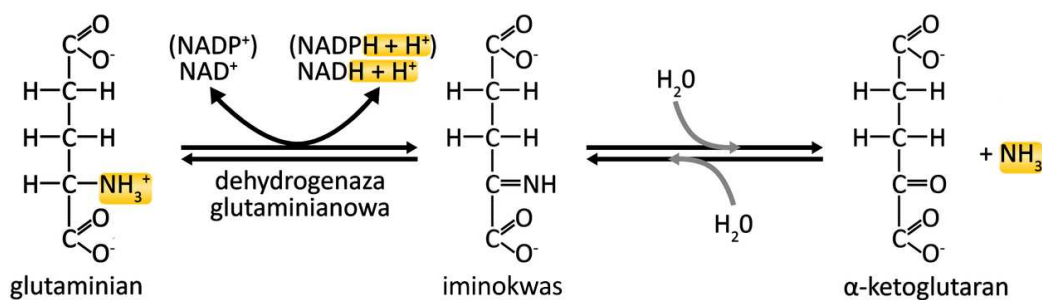
hamujący neuroprzekaźnik

tryptofan

ziarnistości bazofili, mastocyty, tkanka łączna w okolicy naczyń krwionośnych, neurony

Aminy biogenne powstają w procesie dekarboksylacji ☐ hydroksylacji oksydacyjnej ☐ aminokwasów, podczas której usuwana jest grupa karboksylowa ☐ hydroksylowa ☐.

Ćwiczenie 6



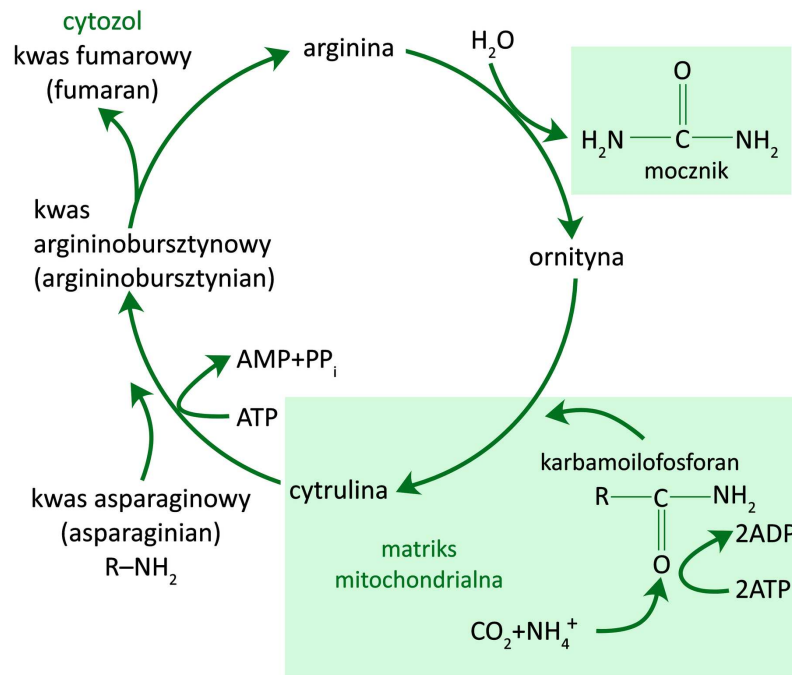
Deaminacja glutaminianu przy udziale dehydrogenazy glutaminianowej.

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

Na podstawie przedstawionej ilustracji oraz własnej wiedzy wskaż, które stwierdzenia są prawdziwe, a które fałszywe.

	Prawda	Fałsz
NADH to forma zredukowana NAD ⁺	☐	☐
NADP ⁺ to forma zredukowana NADPH	☐	☐
w procesie przemiany glutaminianu do α-ketoglutaranu zużywana jest cząsteczka wody	☐	☐
w procesie przemiany glutaminianu do α-ketoglutaranu drugim produktem jest cząsteczka amoniaku (NH ₃)	☐	☐
proces przemiany glutaminianu zachodzi samoistnie	☐	☐
dehydrogenaza glutaminianowa jest enzymem niezbędnym do przemian glutaminianu	☐	☐
NAD ⁺ i NADP ⁺ są przenośnikami reszty aminowej	☐	☐
analogiczny proces przemian glutaminianu z udziałem FAD i FMN zamiast NAD ⁺ i NADP ⁺ jest przeprowadzany przez enzym z grupy oksydaz	☐	☐
inna nazwa przedstawionego procesu to transaminacja	☐	☐

Ćwiczenie 7



Cykl mocznikowy.

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

Na podstawie przedstawionego schematu cyklu mocznikowego oraz własnej wiedzy na temat rozkładu aminokwasów określ, jaką rolę w organizmie człowieka odgrywa cykl mocznikowy. Odpowiedź uzasadnij, wymieniając co najmniej dwa aminokwasy biorące udział w tych przemianach.



Przeczytaj poniższy test dotyczący regulacji kompleksu BCKDH w mięśniu sercowym i odpowiedz na pytanie.

((Kompleks dehydrogenazy rozgałęzionych α -ketokwasów (BCKDH) jest enzymem regulatorowym katabolizmu aminokwasów rozgałęzionych (BCAA), zbudowanym z podjednostek katalitycznych i enzymów regulatorowych. Aktywność BCKDH jest regulowana krótkoterminowo, głównie przez odwracalną fosforylację przy udziale specyficznej kinazy (BDK) i fosfatazy (BDP). Ponadto aktywność BCKDH jest regulowana długoterminowo, poprzez wpływ na ekspresję genów dla podjednostek katalitycznych oraz BDP i BDK. (...) spadek poziomu mRNA dla BDP oraz wzrost poziomu mRNA dla BDK, (...) skutkuje zmniejszeniem aktywności BCKDH i zahamowaniem katabolizmu BCAA.

Źródło: *Ocena wpływu simwastatyny na kompleks dehydrogenazy rozgałęzionych α^* -ketokwasów w mięśniu sercowym szczurów.* Bryja, E., Knapik-Czajka, M., & Zygmunt, M. (n.d.).*

Na podstawie przedstawionego fragmentu oraz własnej wiedzy porównaj, jakie skutki dla działanie mięśnia sercowego będzie miała fosforylacja kompleksu dehydrogenazy rozgałęzionych α -ketokwasów, a jakie regulacja ekspresji genów jej podjednostek.

Dla nauczyciela

Autor: Anna Juwan

Przedmiot: Biologia

Temat: Oksydacyjna deaminacja i inne przemiany aminokwasów

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

Podstawa programowa:

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;

III. Energia i metabolizm.

1. Podstawowe zasady metabolizmu. Uczeń:

1) wyjaśnia, na przykładach, pojęcia: szlaku i cyklu metabolicznego;

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):

- Wyjaśniesz, czym jest oksydacyjna deaminacja aminokwasów.

- Przedstawisz sposoby wykorzystania przez organizm produktów deaminacji aminokwasów.
- Uzasadnisz znaczenie powstawania amin biogennych w wyniku przemian aminokwasów dla organizmu człowieka.

Strategie nauczania:

- konstruktywizm;
- konektywizm.

Metody i techniki nauczania:

- z użyciem komputera;
- ćwiczenia interaktywne;
- praca z filmem;
- śniegowa kula;
- analiza tekstu źródłowego;
- gwiazda pytań.

Formy pracy:

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

Środki dydaktyczne:

- komputery z głośnikami, słuchawkami i dostępem do internetu;
- zasoby multimedialne zawarte w e-materiale;
- tablica interaktywna/tablica, pisak/kreda;
- telefony z dostępem do internetu;
- arkusze papieru A3 z ilustracją gwiazdy.

Przed lekcją:

1. **Przygotowanie do zajęć.** Nauczyciel loguje się na platformie i udostępnia uczniom e-materiał „Oksydacyjna deaminacja i inne przemiany aminokwasów”. Prosi uczestników zajęć o rozwiązanie ćwiczenia nr 1 (polegającego na wskazaniu, które zdania na temat oksydacyjnej deaminacji aminokwasów i jej produktów są prawdziwe, a które fałszywe) z sekcji „Sprawdź się” na podstawie treści w sekcji „Przeczytaj”.

Przebieg lekcji

Faza wstępna:

1. Nauczyciel wyświetla na tablicy lub za pomocą rzutnika zawartość sekcji „Wprowadzenie”. Uczniowie wspólnie z nauczycielem omawiają cele lekcji i określają kryteria sukcesu.
2. **Wprowadzenie do tematu.** Nauczyciel prowadzi pogadankę, zadając pytania:
 - Na czym polega oksydacyjna deaminacja aminokwasów?
 - W jaki sposób powstają aminy biogenne?

Faza realizacyjna:

1. **Praca z multimedium („Film”).** Nauczyciel wyświetla na tablicy interaktywnej materiał z sekcji „Film”. Uczniowie po zapoznaniu się z nim dzielą się na grupy i przygotowują odpowiedzi na polecenia 1 i 2, pracując metodą kuli śniegowej. Nauczyciel objaśnia wspomnianą wyżej metodę i wynikające z niej kolejne etapy pracy:
 - 1) najpierw uczniowie będą indywidualnie opracowywać odpowiedzi na zadane pytania;
 - 2) potem połączą się w pary i porównają swoje propozycje, a na osobnej kartce zapiszą wspólne odpowiedzi;
 - 3) kolejnym krokiem będzie połączenie się par w czwórki, które – jak poprzednio – skonfrontują swoje odpowiedzi;
 - 4) uczniowie utworzą 8-osobowe zespoły i znów porównają swoje propozycje;
 - 5) przedstawiciele poszczególnych zespołów 8-osobowych prezentują na forum klasy uzgodnione w grupie odpowiedzi.
2. **Utrwalenie wiedzy i umiejętności.** Uczniowie w parach wykonują ćwiczenie nr 7 (w którym mają za zadanie – na podstawie przedstawionego schematu oraz własnej wiedzy na temat rozkładu aminokwasów – określić, jaką rolę w organizmie człowieka odgrywa cykl mocznikowy, wymieniając co najmniej dwa aminokwasy biorące udział w tych przemianach) z sekcji „Sprawdź się”. Następnie porównują swoje odpowiedzi z najbliższymi siedzącymi sąsiadami. Nauczyciel w razie trudności naprowadza podopiecznych na właściwe rozwiązania lub wyjaśnia wątpliwości.
3. Uczniowie rozwiązują w grupach 4-osobowych ćwiczenie nr 8 (w którym mają za zadanie – na podstawie przedstawionego fragmentu oraz własnej wiedzy – porównać, jakie skutki dla mięśnia sercowego będzie miała fosforylacja kompleksu dehydrogenazy rozgałęzionych alfa-ketokwasów oraz regulacja ekspresji genów jej podjednostek), wyświetlone przez nauczyciela na tablicy. Po jego wykonaniu następuje omówienie rezultatów na forum klasy.

Faza podsumowująca:

1. **Gwiazda pytań.** Nauczyciel dzieli klasę na trzy grupy. Każdy zespół otrzymuje arkusz papieru A3 z ilustracją gwiazdy. Zadaniem uczniów jest umieszczenie na ramionach gwiazdy pięciu pytań dotyczących tematu lekcji. Każdy zespół po napisaniu pytań przekazuje gwiazdę innej grupie, zgodnie z kierunkiem wskazówek zegara. Teraz zadaniem uczniów jest udzielenie odpowiedzi

na zadane pytania na podstawie wiadomości znajdujących się w e-materiale.

Uczniowie swoje odpowiedzi zapisują na otrzymanym arkuszu papieru A3. Po upływie wyznaczonego czasu grupy prezentują swoje gwiazdy. Nauczyciel w razie potrzeby uzupełnia informacje, wyjaśnia wątpliwości.

2. Nauczyciel wyświetla na tablicy temat lekcji i cele zawarte w sekcji „Wprowadzenie”.

W tym kontekście dokonuje podsumowania najważniejszych informacji przedstawionych na lekcji oraz wyjaśnia wątpliwości uczniów.

Praca domowa:

1. Wykonaj ćwiczenia od 2 do 6 z 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.

Dodatkowe wskazówki metodyczne:

- Uczniowie mogą przed lekcją zapoznać się z multimediami zamieszczonym w sekcji „Film”, aby przygotować się do późniejszej pracy na zajęciach.