KURS

„ BIOLOGIA POD KLUCZ"

METABOLIZM, CZĘŚĆ I

Prezentacja jest chroniona prawnie przed kopiowaniem bez pisemnej zgody autora i stanowi „utwór" i w myśl Ustawy z dnia 4 lutego 1994 r. o prawie autorskim i prawach pokrewnych (Dz. U. z 1994 r., Nr 24, poz. 83 z późn. zm.).

ZADANIE 1.



Zadanie 1. (0-1)

Wśród wymienionych niżej procesów zaznacz dwa, które są procesami anabolicznymi.

A. Fermentacja alkoholowa

B. Chemosynteza

C. Hydroliza skrobi

D. Oddychanie tlenowe

E. Replikacja DNA

ZADANIE 2.

Zadanie 2. (0-1)

Mocznik wydalany przez wiele zwierząt lądowych (a także — przez człowieka) powstaje w cyklu mocznikowym. Poniżej zapisano sumaryczne równanie reakcji tego cyklu.

$$CO_2 + NH_3 + 3ATP + \underset{\text{asparaginowy}}{\text{kwas}} + 2H_2O \rightarrow CO(NH_2)_2 + 2ADP + 2P_i + AMP + PP_i + \underset{\text{fumarowy}}{\text{kwas}}$$

Określ, czy cykl mocznikowy jest przykładem anabolizmu, czy — katabolizmu. Odpowiedź uzasadnij, odnosząc się do jednej z cech tej klasy reakcji.

1 p. – za określenie anabolicznego charakteru przedstawionej reakcji wraz z prawidłowym uzasadnieniem odnoszącym się do zapotrzebowania energetycznego lub wzrostu stopnia złożoności produktu względem substratu.

- Jest to reakcja syntezy, a zatem anaboliczna.
- Jest to reakcja anaboliczna, ponieważ wymaga dostarczenia energii / ATP.
- Jest to anabolizm – ze związków prostszych powstają związki bardziej złożone.

Uwaga: Nie uznaje się odpowiedzi dotyczących wyższego poziomu energetycznego produktów niż substratów, ponieważ równanie reakcji nie uwzględnia bilansu cieplnego.

ZADANIE 3.



Zadanie 3. (0-2)

Oceń prawdziwość stwierdzeń dotyczących metabolizmu. Zaznacz P, jeśli informacja jest prawdziwa, albo F - jeśli jest fałszywa.

1.	W procesach anabolicznych produkty reakcji są związkami bardziej złożonymi niż substraty.	**P**	**F**
2.	Energia uwalniana w procesach anabolicznych jest wykorzystywana do syntezy związków budulcowych.	**P**	**F**
3.	Katabolizm to reakcje syntezy związków złożonych z substancji prostych, wymagające dostarczenia energii.	**P**	**F**

ZADANIE 4.



Zadanie 4. (0-2)

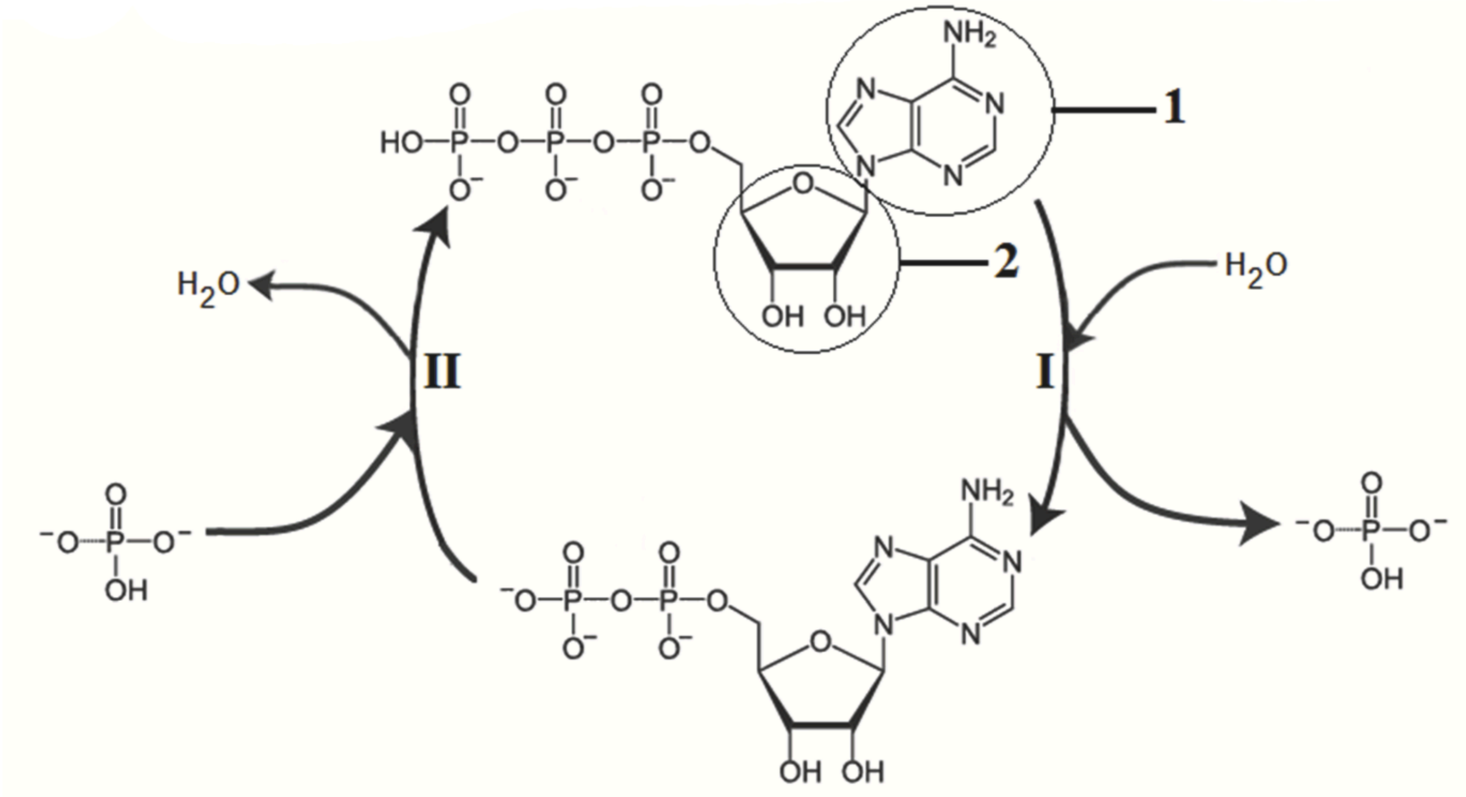
Określ, które z poniższych procesów biochemicznych mają charakter kataboliczny (K), a które anaboliczny (A).

1.	Glikoliza - seria reakcji utleniania glukozy do pirogronianu, prowadząca m. in. do syntezy ATP.	**K**	**A**
2.	Synteza kwasów tłuszczowych z acetylo-CoA z wykorzystaniem NADPH + H^+ jako reduktora.	**K**	**A**
3.	Wydłużanie łańcucha glikogenu o jedną resztę glukozy, czemu towarzyszy hydroliza jednej cząsteczki UTP.	**K**	**A**

ZADANIE 5.

Zadanie 5.

Źródłem energii w większości procesów endoergicznych jest rozkład ATP do ADP. Przekształcenie ATP do ADP wiąże się z odłączeniem jednej reszty fosforanowej. W komórkach ATP jest ciągle odnawiany poprzez przyłączenie do ADP reszty kwasu fosforowego. Wzajemne przekształcenia ATP i ADP tworzą cykl, który w uproszczeniu przedstawiono na schemacie.



ZADANIE 5.

Zadanie 5.1. (0-1)

Dokończ poniższe zdanie — wybierz właściwe typy reakcji spośród wymienionych poniżej i wpisz ich nazwy w wyznaczone miejsca.

dehydratacja *hydroliza* *fosforylacja* *karboksylacja*

Reakcja oznaczona na schemacie numerem I, w której ATP przekształca się w ADP, jest przykładem **hydrolizy**, a reakcja oznaczona numerem II, w której ADP przekształca się w ATP, jest przykładem **fosforylacji**.

Zadanie 5.2. (0-2)

Podaj nazwy związków chemicznych, które wchodzą w skład ATP, oznaczonych na schemacie kółkami 1 i 2.

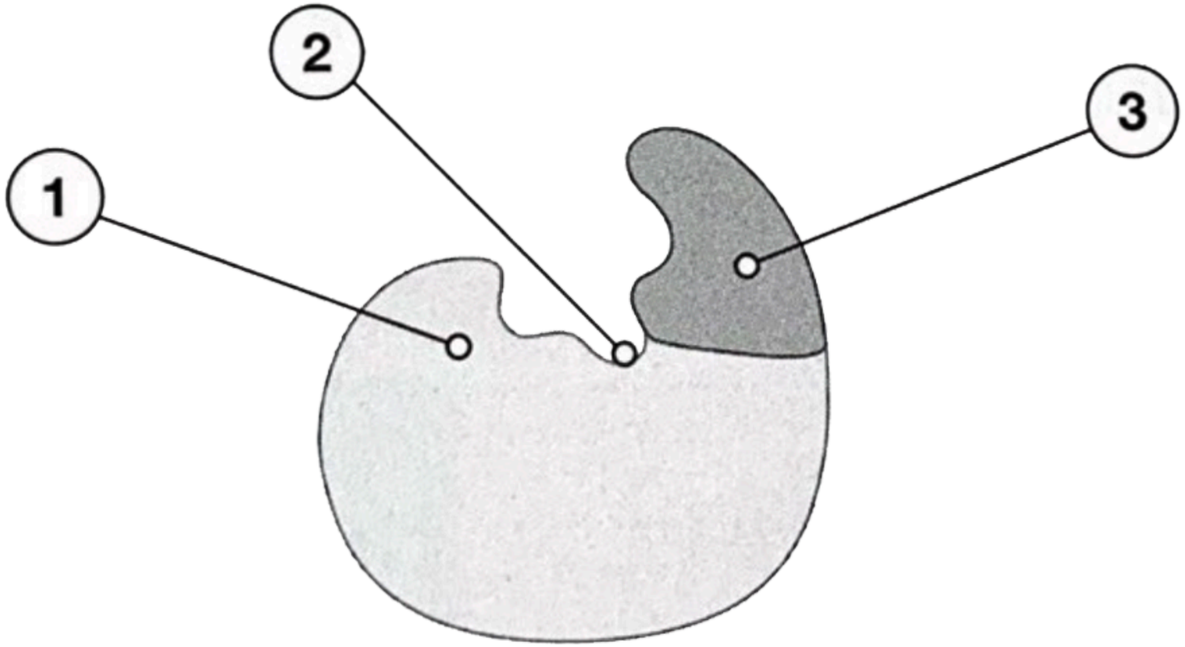
Związek 1: **adenina** Związek 2: **ryboza**

Uwaga: Nie uznaje się odpowiedzi zawierających zamiast nazw związków chemicznych nazwy grup związków chemicznych, np. „zasada azotowa”, „cukier”, „pentoza”.

ZADANIE 6.

Zadanie 6.

Większość enzymów to białka. Niektóre z nich oprócz części białkowej mają dodatkowo element niebiałkowy, czyli kofaktor. Poniższy schemat przedstawia budowę enzymu złożonego z obu części: białkowej i kofaktora.



ZADANIE 6.

Zadanie 6.1. (0-1)

Zaznacz wiersz w tabeli — A, B, C lub D — który prawidłowo opisuje budowę enzymu przedstawionego na schemacie.

	1.	2.	3.
A.	Apoenzym	Kofaktor	Centrum aktywne
B.	Centrum aktywne	Kofaktor	Apoenzym
C.	Kofaktor	Centrum aktywne	Apoenzym
D.	Apoenzym	Centrum aktywne	Kofaktor

ZADANIE 6.

Zadanie 6.2. (0-2)

Oceń, czy poniższe stwierdzenia dotyczące budowy enzymu są prawdziwe. Zaznacz P, jeśli stwierdzenie jest prawdziwe, albo F — jeśli jest fałszywe.

1.	Grupa prostetyczna łączy się nietrwale z apoenzymem.	**P**	**F**
2.	Kofaktor to część niebiałkowa enzymu.	**P**	**F**
3.	Centrum aktywne enzymu to miejsce, do którego przyłącza się substrat.	**P**	**F**

ZADANIE 7.

Zadanie 7. (0-1)

Na przykładzie enzymów białkowych wyjaśnij, w jaki sposób struktura przestrzenna białka warunkuje jego funkcję katalityczną. W odpowiedzi uwzględnij mechanizm działania enzymów.

1 p. – za poprawne wyjaśnienie uwzględniające (1) odpowiednią konformację łańcucha lub centrum aktywne, (2) dopasowanie przestrzenne enzymu i substratu (specyficzność substratową enzymu), (3) obniżenie energii aktywacji reakcji lub zachodzenie określonej reakcji (specyficzność reakcji).

- Do utworzonego centrum aktywnego enzymu „pasują” określone substraty i zachodzi konkretna reakcja.
- Odpowiednia struktura przestrzenna enzymu warunkuje specyficzność kompleksu enzym-substrat (E-S), co zapewnia powstanie konkretnego produktu.
- Dzięki odpowiedniemu sfałdowaniu łańcucha polipeptydowego enzymy przyłączają w centrum aktywnym substraty na zasadzie dopasowania przestrzennego, dzięki czemu obniżona zostaje energia aktywacji reakcji.
- W centrum aktywnym enzymu występują określone łańcuchy boczne aminokwasów z różnych odcinków peptydu, co warunkuje przyłączenie odpowiednich substratów i zachodzenie konkretnej reakcji, np. hydrolizy.

Uwaga: Nie uznaje się odpowiedzi odnoszących się wyłącznie do dopasowania przestrzennego enzymu i substratu bez określenia, jakie ma to znaczenie dla mechanizmu działania enzymu, lub tłumaczących katalizę jedynie przyspieszaniem reakcji (tautologia).

ZADANIE 7.

W tym przypadku polecenie bazowało na wiedzy zdającego, który miał wyjaśnić, w jaki sposób struktura przestrzenna białka warunkuje jego zdolność katalityczną. Zadanie wymagało właściwego powiązania stosunkowo dużej ilości informacji w zwięzłej odpowiedzi, co okazało się trudne – prawidłowe rozwiązanie podało jedynie 12% zdających.

Wiele odpowiedzi nieprawidłowych nie tyle, że zawierało błędy merytoryczne, ale było po prostu niekompletna – nie stanowiły one właściwego wyjaśnienia, ale raczej polegały na wymienieniu pewnych informacji o enzymach białkowych, np.:

Enzymy to cząsteczki, które przyspieszają (katalizują) reakcje zachodzące w organizmach żywych. To w enzymie białkowym trzeciorzędowa struktura białka umożliwia wytworzenie centrum aktywnego, które jest miejscem związania substratu ulegającego reakcji katalitycznej. Efektem działania enzymu jest przekształcenie substratu w produkt.

ZADANIE 7.



Powyższa nieprawidłowa odpowiedź wypełniła w całości miejsce przeznaczone w arkuszu na zapisanie rozwiązania zadania. Nie zawiera ona błędów merytorycznych – wszystkie podane informacje są prawdziwe. Niestety pierwsze i ostatnie zdanie to ogólniki niestanowiące realizacji polecenia.

Jedynie środkowa część wypowiedzi nawiązuje do tego, że struktura trzeciorzędowa białka warunkuje wytworzenie centrum aktywnego enzymu, które wiąże substrat. Jest to jednak odpowiedź niedokończona – brakuje dalszej części wyjaśnienia, w jaki sposób dopasowanie przestrzenne enzymu i substratu wypływa na katalizę – poprzez nadanie specyficzności substratowej, a następnie obniżenie energii aktywacji reakcji lub wymuszenie określonego mechanizmu reakcji.

Samo dopasowanie przestrzenne cząsteczek nie wystarcza do katalizy – doskonałym przykładem są rozmaite receptory występujące w komórkach, np. te wiążące hormony.

ZADANIE 8.

Zadanie 8. (0-2)

Oksydaza polifenolowa jest enzymem, który u roślin odpowiada za brązowienie tkanek po ich mechanicznym uszkodzeniu. Katalizuje ona reakcje, których przebieg wymaga obecności tlenu i pH w zakresie 6–7. Opracowano kilka sposobów powstrzymywania reakcji enzymatycznego brązowienia pokrojonych warzyw i owoców, m.in. przez blanszowanie, polegające na krótkim ogrzaniu produktów spożywczych w temperaturze 75–100°C, albo przez dodanie kwasu cytrynowego lub substancji wiążących wodę.

1. Wyjaśnij, dlaczego brązowienie warzyw jest powstrzymywane przez blanszowanie.

1 p. – za poprawne wyjaśnienie działania blanszowania uwzględniające wpływ wysokiej temperatury na denaturację oksydazy polifenolowej powodującą utratę jej właściwości katalitycznych

- Pod wpływem wysokiej temperatury zostaje zniszczona struktura przestrzenna enzymu i traci on swoją aktywność, a więc nie może katalizować reakcji utleniania związków polifenolowych i nie powstają związki odpowiadające za brązowienie warzyw.

ZADANIE 8.



- Blanszowanie polega na ogrzaniu produktów do temperatury 75–100°C, co wywołuje denaturację oksydazy polifenolowej. W wyniku tego zniszczona zostaje struktura przestrzenna tego enzymu, co skutkuję utratą jego właściwości katalitycznych - nie zachodzą reakcje prowadzące do brązowienia tkanek warzyw.
- W wyniku działania wysokiej temperatury na warzywa, zachodzi zniszczenie struktury przestrzennej oksydazy polifenolowej, w wyniku czego nie katalizuje ona reakcji, które prowadzą do brązowienia tkanek.

Uwaga: Nie uznaje się odpowiedzi w których uczeń ogólnie podał skutek, czyli brak funkcji katalitycznej oksydazy bez wskazania jakie reakcje nie będą zachodzić tj. takie, które prowadzą do brązowienia tkanek.

ZADANIE 8.

2. Wyjaśnij, dlaczego brązowienie warzyw jest powstrzymywane przez spryskiwanie ich sokiem z cytryny.

1 p. – za poprawne wyjaśnienie wpływu soku z cytryny uwzględniające obniżenie pH środowiska, w którym działa oksydaza polifenolowa i w konsekwencji – brak aktywności tego enzymu.

- Sok z cytryny, którym spryskuje się warzywa, powoduje zakwaszenie środowiska (pH poniżej 6), co uniemożliwia działanie oksydazy polifenolowej i nie zachodzą reakcje prowadzące do brązowienia warzyw.
- Aktywność enzymatyczna oksydazy polifenolowej zależy od pH i jego obniżenie poprzez dodanie kwasu cytrynowego powoduje utratę aktywności enzymatycznej tego enzymu, więc nie powstają produkty utleniania związków polifenolowych, które odpowiedzialne są za ciemnienie warzyw.
- Wymaganym pH dla aktywności oksydazy polifenolowej jest pH w zakresie 6–7, więc jego obniżenie sokiem z cytryny sprawia, że oksydaza polifenolowa nie katalizuje reakcji skutkujących brązowieniem warzyw.

Uwaga: Nie uznaje się odpowiedzi w których uczeń ogólnie podał skutek, czyli brak funkcji katalitycznej oksydazy bez wskazania jakie reakcje nie będą zachodzić tj. takie, które prowadzą do brązowienia tkanek.

ZADANIE 9.

Zadanie 9. (0-2)

Kwas salicylowy to związek organiczny, który jest wykorzystywany w medycynie m.in. jako środek odkażający. Służy też do produkcji kwasu acetylosalicylowego, czyli aspiryny — leku o działaniu przeciwbólowym, przeciwzapalnym i przeciwzakrzepowym. Oba związki — zarówno kwas salicylowy, jak i acetylosalicylowy — działają jako inhibitory dehydrogenazy 2-oksoglutaranowej —kompleksu enzymatycznego uczestniczącego w cyklu Krebsa. **Kwas salicylowy hamuje aktywność tego kompleksu na drodze inhibicji kompetycyjnej, natomiast kwas acetylosalicylowy —na drodze inhibicji niekompetycyjnej**. Dodatkowo kwas acetylosalicylowy jest nieodwracalnym inhibitorem cyklooksygenazy — enzymu, który katalizuje syntezę związków uczestniczących w reakcjach zapalnych.

Określ, które stwierdzenia dotyczące inhibicji powodowanej przez kwasy salicylowy i acetylosalicylowy są prawdziwe.

1.	Kwas acetylosalicylowy konkuruje z substratem o miejsce aktywne dehydrogenazy 2-okso-glutaranowej.	**P**	**F**
2.	Inhibicję dehydrogenazy 2-oksoglutaranowej powodowanej działaniem kwasu salicylowego można znieść, zwiększając stężenie substratu.	**P**	**F**
3.	Działanie kwasu acetylosalicylowego powoduje trwałą i całkowitą utratę właściwości enzy-matycznych cyklooksygenazy.	**P**	**F**

ZADANIE 10.

Zadanie 10.

Na schematach przedstawiono stopień wysycenia enzymu substratem przy różnych jego stężeniach.



A.



B.



C.



ZADANIE 10.

Zadanie 10.1. (0-1)

Wyjaśnij, dlaczego przy stałym stężeniu enzymu wzrost stężenia substratu powoduje zwiększenie szybkości reakcji enzymatycznej tylko do pewnego momentu.

1 p. – za poprawne wyjaśnienie odnoszące się do całkowitego wysycenia centrów aktywnych cząsteczek enzymu cząsteczkami substratu.

- Wzrost stężenia substratu przy stałym stężeniu enzymu powoduje wzrost szybkości reakcji tylko do momentu wysycenia wszystkich centrów aktywnych enzymu cząsteczkami substratu. Jeśli dla kolejnych cząsteczek substratu zabraknie centrów aktywnych, reakcja katalizowana przez enzym nie będzie zwiększać swojej szybkości.
- Dzieje się tak dlatego, że gdy reakcja osiągnie V_{max}, to wszystkie cząsteczki enzymów w swoich centrach aktywnych związały już cząsteczki substratów i dalszy wzrost stężenia substratu spowoduje, że nie ma wolnych enzymów, które mogłyby związać nadmiar substratu. W ten sposób szybkość reakcji enzymatycznej po osiagnięciu V_{max} nie będzie już rosła.

ZADANIE 10.

Zadanie 10.2. (0-1)

Dokończ zdanie. Wybierz odpowiedź (A—C) oraz jej uzasadnienie (1-3).

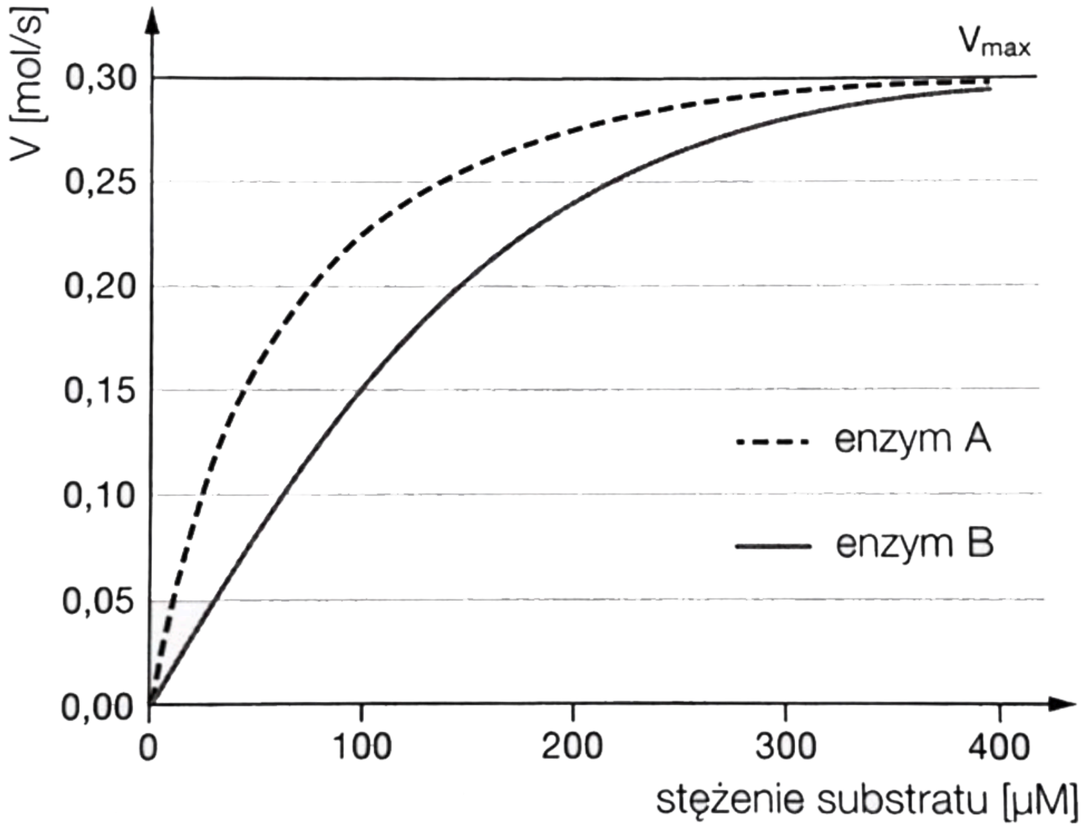
Stężenie substratu poniżej wartości Km przedstawia

A.	ilustracja A	ponieważ	**1.**	wszystkie cząsteczki enzymów są wysycone substratem.
B.	ilustracja B		**2.**	połowa cząsteczek enzymów jest wysycona substratem.
C.	ilustracja C		**3.**	mniej niż połowa cząsteczek enzymów jest wysycona substratem.

ZADANIE 11.

Zadanie 11.

Schemat przedstawia zależność między szybkością reakcji enzymatycznej dla enzymów A oraz B a stężeniem substratu w warunkach stałego pH, stałej temperatury i stałego stężenia enzymu.



ZADANIE 11.



Zadanie 11.1. (0-1)

Odczytaj z wykresu wartość K_M dla enzymu B. Wartość tą podaj z właściwą jednostką.

100 µM

Zadanie 11.2. (0-2)

Oceń, czy poniższe stwierdzenia dotyczące stałej K_M są prawdziwe. Zaznacz P, jeśli stwierdzenie jest prawdziwe, albo F — jeśli jest fałszywe.

1.	Im większa wartość K_M, tym większe jest powinowactwo enzymu do substratu.	**P**	**F**
2.	Ten sam enzym może mieć różne wartości K_M dla różnych substratów.	**P**	**F**
3.	Wartość K_M jest charakterystyczna dla danego enzymu oraz określonego substratu.	**P**	**F**

ZADANIE 12.

Zadanie 12.

Zatrucie metanolem jest dla organizmu człowieka bardzo groźne, ponieważ produkty jego utleniania (aldehyd mrówkowy i kwas mrówkowy) są silnie toksyczne. Utlenianie metanolu katalizuje dehydrogenaza alkoholowa. Enzym ten katalizuje również proces utleniania etanolu, ale produktem tej reakcji jest aldehyd octowy, który jest znacznie mniej toksyczny dla organizmu człowieka. Pierwsza pomoc osobom, u których podejrzewa się zatrucie metanolem, polega na jak najszybszym podaniu około 100 ml alkoholu etylowego.

Zadanie 12.1. (0-1)

Zaznacz rodzaj hamowania aktywności (inhibicji) dehydrogenazy alkoholowej, który występuje po podaniu etanolu osobom zatrutym metanolem. Odpowiedź uzasadnij, odwołując się do mechanizmu tego procesu.

inhibicja kompetycyjna *inhibicja niekompetycyjna*

1 p. – za wskazanie inhibicji kompetycyjnej oraz uzasadnienie, uwzględniające bezpośrednio lub pośrednio konkurencję dwóch substratów o centrum aktywne enzymu.

- Ponieważ metanol i etanol konkurują o centrum aktywne tego enzymu.
- Oba alkohole mają podobną budowę i przyłączają się do centrum aktywnego dehydrogenazy alkoholowej, która katalizuje ich utlenianie.

ZADANIE 12.

Zadanie 12.1. (poziom wykonania – 23%) wymagało określenia, czy opisany rodzaj hamowania aktywności dehydrogenazy alkoholowej jest inhibicją kompetycyjną, czy niekompetycyjną oraz uzasadnienia, odwołującego się do mechanizmu tego procesu. **Najprostsze uzasadnienie polegało na wskazaniu, że oba alkohole konkurują o centrum aktywne dehydrogenazy.** Najczęstszą przyczyną nieuzyskania punktów za rozwiązanie tego zadania były uzasadnienia wskazujące na zupełne niezrozumienie mechanizmu katalizy enzymatycznej i wynikający z tego brak zrozumienia informacji podanych w zadaniu, np.

Inhibicja kompetycyjna – ponieważ utlenianie etanolu katalizuje metanol, tzn. hamuje jego aktywność.

Jest to inhibicja kompetycyjna, ponieważ etanol przyłącza się do dehydrogenazy alkoholowej w tym samym miejscu, co metanol. Enzym utlenia etanol i metanol w ten sam sposób i dlatego etanol jest inhibitorem reakcji tworzenia kompleksu enzym – substrat przez metanol.

Podobne uzasadnienia formułowali zdający, którzy wskazywali, że jest to przykład inhibicji niekompetycyjnej.

Były też odpowiedzi, w których zdający zamiast uzasadnienia odnoszącego się do substratów podanych w treści polecenia przedstawiali definicję inhibicji kompetycyjnej.

ZADANIE 12.

Zadanie 12.2. (0-1)

Wyjaśnij, w jaki sposób wprowadzenie etanolu do organizmu osoby, która wypiła metanol, zmniejsza groźne skutki działania metanolu.

1 p. – za poprawną odpowiedź, odnoszącą się do łączenia się etanolu z enzymem i ograniczenia utleniania lub spowolnienia metabolizmu metanolu, i w konsekwencji powstawania mniejszej ilości toksycznych produktów jego rozkładu.

- Cząsteczki etanolu łączące się z dehydrogenazą alkoholową zmniejszają możliwość przyłączenia do niego metanolu, ograniczając w ten sposób ilość powstających szkodliwych produktów utleniania metanolu.
- Po spożyciu etanolu zmniejsza się tempo wytwarzania silnie toksycznego aldehydu i kwasu mrówkowego, gdyż cząsteczki etanolu łączą się z dehydrogenazą alkoholową, ograniczając przyłączanie się metanolu.

Uwaga: Nie uznaje się odpowiedzi zawierających błąd merytoryczny polegający na stwierdzeniu, że w ogóle nie będzie powstawał aldehyd / kwas mrówkowy. Z odpowiedzi zdającego powinno wynikać, że rozumie ilościowy charakter tego procesu – zmniejsza się jedynie tempo katalizy metanolu, ale ona nie ustaje.

ZADANIE 12.

Bardzo zbliżony poziom wykonania – 24% – miało zadanie 12.2., w którym należało wyjaśnić, w jaki sposób wprowadzenie etanolu do organizmu osoby, która wypiła metanol, zmniejsza groźne skutki działania metanolu.

Większość odpowiedzi odnosiła się do jakościowego charakteru tego procesu i świadczyła o niezrozumieniu, że podanie etanolu spowoduje, że część cząsteczek dehydrogenazy będzie katalizowała utlenianie etanolu, przez co w danym czasie powstanie mniej szkodliwych produktów utleniania metanolu, bo zmniejszy się tempo jego utleniania, np.
Wprowadzenie etanolu zmniejsza skutki działania metanolu, ponieważ nie ulega on utlenieniu i nie tworzy się toksyczny aldehyd mrówkowy i kwas mrówkowy, a powstaje aldehyd octowy, który nie wpływa tak toksycznie na funkcjonowanie wątroby.

Wielu zdających formułowało wyjaśnienia świadczące o niezrozumieniu zarówno mechanizmu katalizy enzymatycznej, jak informacji przedstawionych w zadaniu, np.
Wprowadzenie etanolu powoduje odłączenie metanolu od miejsca aktywnego enzymu i zastąpienie go etanolem, co zmniejsza groźne skutki działania metanolu.

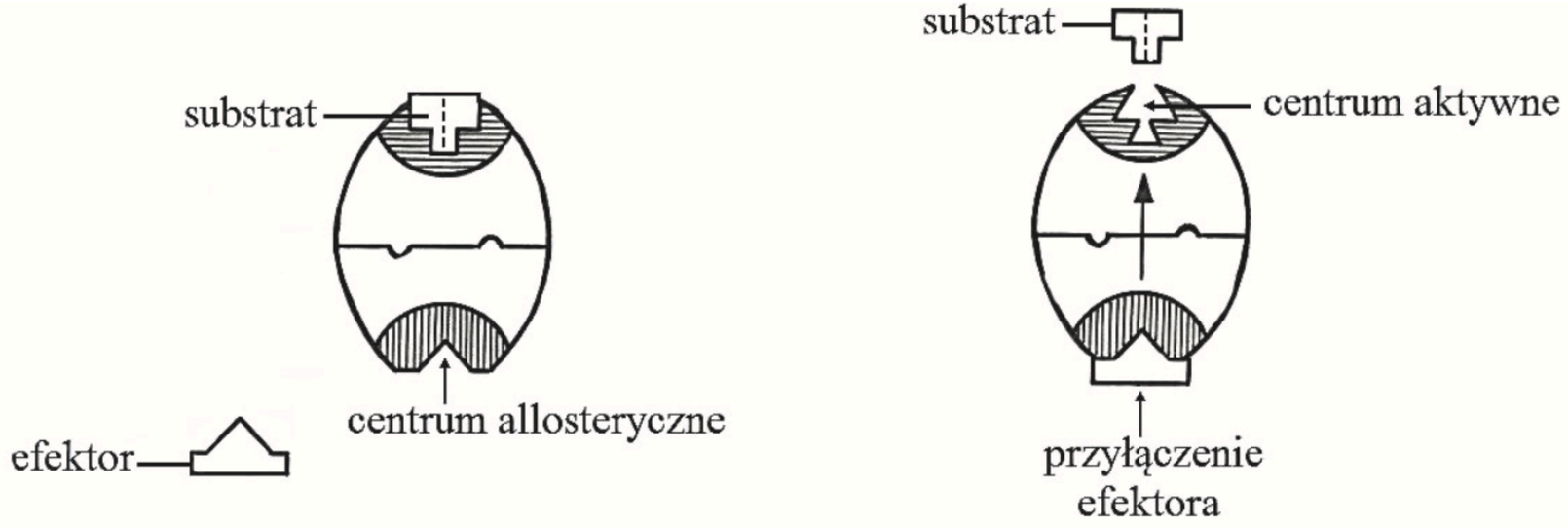
Z odpowiedzi wynika, że ich autorzy błędnie rozumieją hamowanie utleniania metanolu z powodu stałego zablokowania centrum aktywnego dehydrogenazy przez cząsteczki etanolu. Tak jakby nie zrozumieli, że **dehydrogenaza, katalizując również proces utleniania etanolu, powoduje utlenianie każdej cząsteczki tego alkoholu, która dostanie się do jej centrum aktywnego, a zmniejszenie tempa katalizy metanolu wynika z tego, iż cząsteczki etanolu mające większe powinowactwo do tego enzymu, wygrywają konkurencję o jego centrum aktywne.**

ZADANIE 13.

Zadanie 13.

Enzymy mogą być regulowane za pośrednictwem efektorów, które przyłączają się do enzymu w innym miejscu niż centrum aktywne – w tzw. centrum allosterycznym. Ta regulacja może polegać na hamowaniu lub aktywowaniu enzymów. W szlaku metabolicznym aktywność enzymów allosterycznych jest często regulowana przez końcowe produkty tego szlaku.

Na schemacie przedstawiono sposób regulacji allosterycznej enzymu katalizującego pierwszy etap szlaku metabolicznego, składającego się łącznie z trzech różnych reakcji enzymatycznych. Końcowy produkt jest efektorem pierwszego enzymu szlaku.



ZADANIE 13.

Zadanie 13.1. (0-1)

Określ, czy efektor, którego działanie zilustrowano na schemacie, ma charakter aktywatora, czy – inhibitora. Odpowiedź uzasadnij, uwzględniając zmiany struktury przestrzennej tego enzymu.

1 p. – za poprawne określenie, że efektor jest inhibitorem, wraz z uzasadnieniem odnoszącym się do jego wpływu na zmianę struktury przestrzennej centrum aktywnego enzymu, co uniemożliwia przyłączenie się substratu lub powoduje unieczynnienie enzymu.

- Efektor ma charakter inhibitora, ponieważ jego przyłączenie się do centrum allosterycznego powoduje zmianę kształtu centrum aktywnego enzymu i konkretny substrat nie może się do enzymu przyłączyć.
- Ma charakter inhibitora, ponieważ przyłączając się do enzymu zmienia jego centrum aktywne, co powoduje dezaktywację enzymu.

ZADANIE 13.

Zadanie 13.2. (0-1)

Wyjaśnij, w jaki sposób nadmiar produktu końcowego wpłynie w opisanym przypadku na łańcuch katalizowanych reakcji.

1 p. – za poprawne wyjaśnienie uwzględniające w sposób pośredni lub bezpośredni ujemne sprzężenie zwrotne.

- Produkt końcowy łączy się z pierwszym enzymem i powoduje, że reakcja katalizowana przez ten enzym zostaje zahamowana, a przez to cały łańcuch reakcji przestaje funkcjonować.
- Hamowanie przez produkt końcowy ma charakter ujemnego sprzężenia zwrotnego – nadmiar produktu, łącząc się z centrum allosterycznym pierwszego enzymu, wpływa hamująco na pierwszy enzym szlaku metabolicznego, hamując tym samym zachodzenie kolejnych reakcji łańcucha.

ZADANIE 14.

Zadanie 14. (0-2)

Z nerek szczura wyizolowano i oczyszczono enzym dehydrogenazę mleczanową (enzym katalizujący redukcję pirogronianu do mleczanu). W celu zbadania wpływu dwóch związków chemicznych: I i II na aktywność tego enzymu przeprowadzono pomiary aktywności enzymatycznej z pirogronianem jako substratem w optymalnych warunkach dla aktywności tego enzymu z dodatkiem i bez związków I i II. Otrzymane wyniki względnej aktywności enzymu przedstawiono w tabeli obok:

	Związek chemiczny		
Stężenie pirogronianu	**Brak**	**I**	**II**
20 µM	100 %	78 %	54 %
200 µM	100 %	96 %	54 %

Na podstawie powyższych informacji określ, które stwierdzenia dotyczące wpływu badanych związków na opisaną reakcję są prawdziwe, a które fałszywe.

1.	Obydwa związki są inhibitorami reakcji utleniania pirogronianu do mleczanu.	**P**	**F**
2.	Związek I jest inhibitorem kompetycyjnym	**P**	**F**
3.	Związek II jest inhibitorem niekompetycyjnym	**P**	**F**

ZADANIE 15.



Zadanie 15.

Kwas foliowy (witamina z grupy B) jest niezbędny przy podziale komórkowym i dlatego odgrywa szczególną rolę w tkankach, w których podziały komórkowe są intensywne. Pełni on funkcję koenzymu w reakcjach przenoszenia grup jednowęglowych w procesie syntezy zasad purynowych i pirymidynowych. Podczas tych reakcji kwas foliowy ulega utlenieniu, a regenerowanie polega na ponownej jego redukcji. Antagonistą kwasu foliowego jest metotreksat (MTX). Wiąże się on z centrum aktywnym enzymu odpowiedzialnego za reakcję redukcji kwasu foliowego 10 000 razy silniej niż naturalny substrat. Metotreksat działa swoiście na dzielące się komórki, głównie w fazie S cyklu komórkowego, i dlatego jest stosowany w leczeniu wielu chorób nowotworowych. Ubocznym skutkiem opisanej chemioterapii okazuje się wpływ leku na inne prawidłowo dzielące się komórki organizmu, np. na niewyspecjalizowane komórki szpiku kostnego.

ZADANIE 15.

Zadanie 15.1. (0-1)

Zaznacz właściwe dokończenie zdania wybrane spośród A—B oraz jego poprawne uzasadnienie wybrane spośród 1.-3.

Po podaniu MTX zachodzi inhibicja

A.	kompetycyjna	ponieważ	**1.**	metotreksat, podobnie jak kwas foliowy, pełni funkcję koenzymu w reakcjach redukcji grup jednowęglowych.
			2.	metotreksat wiąże się z centrum aktywnym enzymu odpowiedzialnego za reakcję redukcji kwasu foliowego.
B.	niekompetycyjna		**3.**	metotreksat zmienia kształt centrum aktywnego enzymu katalizującego redukcję kwasu foliowego, co jest przyczyną wypierania cząsteczek tego kwasu.

ZADANIE 15.



Zadanie 15.2. (0-1)

Określ, czy podczas leczenia pacjenta chemioterapią, z wykorzystaniem dużych dawek MTX, można odwrócić inhibicję reakcji redukcji kwasu foliowego za pomocą wysokiej dawki tego kwasu. Odpowiedź uzasadnij, odwołując się do właściwości metotreksatu.

1 p. – za poprawne określenie, że podczas leczenia pacjenta chemioterapią niemożliwe jest odwrócenie efektu inhibicji opisanego enzymu, odwołujące się do bardzo silnego powinowactwa MTX do centrum aktywnego.

- Nie, ponieważ MTX łączy się z centrum aktywnym 10 000 razy silniej niż kwas foliowy.
- Nie można, ponieważ niemożliwe jest osiągnięcie w komórce na tyle wysokich stężeń kwasu foliowego, aby skutecznie współzawodniczył o miejsce aktywne enzymu z MTX, który ma do niego 10 tys. razy większe powinowactwo.
- Inhibicja opisanego enzymu przez MTX jest praktycznie nieodwracalna, ponieważ MTX ma silne powinowactwo do centrum aktywnego enzymu. Odwrócenie inhibicji wymagałoby niemożliwego do osiągnięcia w organizmie, znacznego zwiększenia stężenia utlenionej formy kwasu foliowego.
- Chociaż ten typ inhibicji jest odwracalny, to ze względu na bardzo silne powinowactwo MTX do centrum aktywnego enzymu inhibicja tej konkretnej reakcji nie może być zniesiona w organizmie pacjenta.

Uwaga: Nie uznaje się odpowiedzi, w których zdający wykazuje niezrozumienie mechanizmu inhibicji kompetycyjnej, np. „Nawet duża dawka kwasu foliowego nie zdoła odłączyć MTX od centrum aktywnego enzymu”.

ZADANIE 15.



W zadaniu 15.2. (poziom wykonania zadania – 26%) należało określić, że podczas leczenia pacjenta chemioterapią niemożliwe jest odwrócenie efektu inhibicji opisanego enzymu, odwołując się **do silnego powinowactwa metotreksatu do centrum aktywnego.**

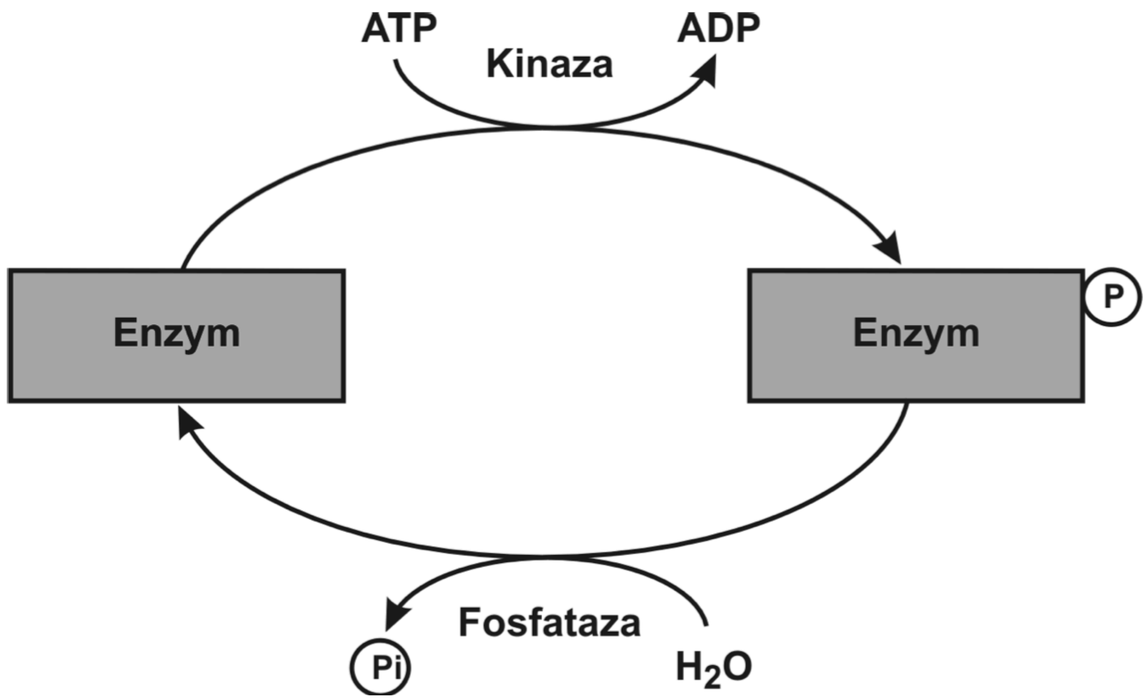
Większość nieprawidłowych odpowiedzi odnosiła się do definicji inhibicji kompetycyjnej, która chociaż odwracalna, np. **przez zwiększenie stężenia substratu, to w opisanym przypadku jest całkowita, ponieważ odwrócenie tej inhibicji wiązałoby się z zastosowaniem bardzo wysokich stężeń kwasu foliowego, znacznie przekraczających jego stężenie fizjologiczne.**

Zadanie nie wymagało znajomości fizjologicznego poziomu kwasu foliowego, ale należało zauważyć, że w tekście źródłowym znajduje się informacja o wysokich dawkach MTX i wiedzieć, że **kwas foliowy jest witaminą rozpuszczalną w wodzie, a więc jej nadmiar jest usuwany z organizmu.**

ZADANIE 16.

Zadanie 16. (0-2)

Zmiana aktywności enzymów poprzez fosforylację lub defosforylację ich cząsteczek jest jednym z podstawowych mechanizmów regulacji metabolizmu komórki. Takie odwracalne modyfikacje białek w warunkach fizjologicznych mogą zostać przeprowadzone tylko z udziałem innych enzymów



ZADANIE 16.



Na podstawie powyższego schematu przedstawiającego regulację aktywności enzymu poprzez fosforylację - defosforylację określ, które z poniższych stwierdzeń są prawdziwe, a które fałszywe

1.	Kinazy generują ATP podczas katalizowanej przez nie reakcji.	**P**	**F**
2.	Kinazy katalizują reakcję fosforylacji.	**P**	**F**
3.	Podczas reakcji defosforylacji wolna reszta kwasu ortofosforowego zostaje przyłączona do cząsteczki fosfatazy	**P**	**F**

ZADANIE 17.

Zadanie 17. (0-1)

Oprócz 20 aminokwasów biogennych, wchodzących w skład białek wszystkich organizmów, w przyrodzie występują także inne aminokwasy, np. L-kanawanina. Toksyczne działanie L-kanawaniny wynika z jej podobieństwa strukturalnego do argininy – aminokwasu naturalnie występującego w białkach.

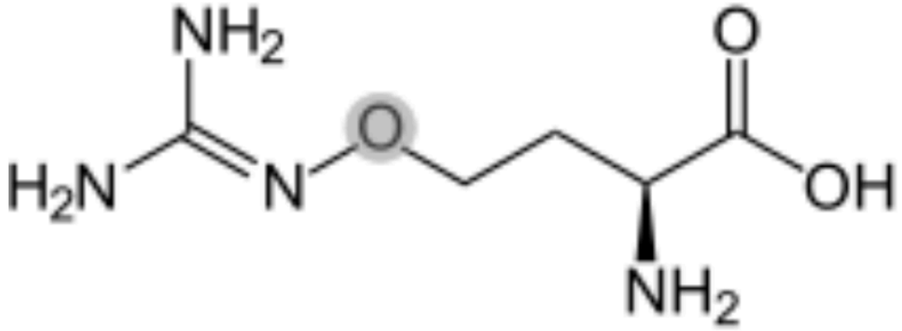
Podczas syntezy białek w miejsca, gdzie powinna znaleźć się arginina, włączana bywa L-kanawanina, co zmienia liczbę i rodzaj oddziaływań między aminokwasami w łańcuchu polipeptydowym. Białka mające w swej strukturze L-kanawaninę wykazują niską aktywność biologiczną lub jej brak.

Wyjaśnij, dlaczego włączanie L-kanawaniny w miejsce argininy w czasie syntezy białek enzymatycznych prowadzi do powstawania enzymów o obniżonej aktywności katalitycznej.

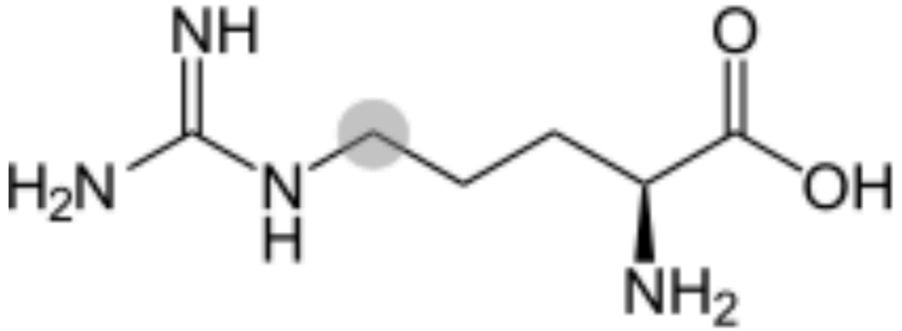
1 pkt – za prawidłowe wyjaśnienie, uwzględniające mechanizm, w jaki zmiana struktury przestrzennej białka wpływa na aktywność katalityczną enzymu, np. przez zmianę struktury centrum katalitycznego lub miejsca allosterycznego.

ZADANIE 17.

L-kanawanina



L-arginina



ZADANIE 17.

- Po wbudowaniu kanawaniny w miejsce argininy, białko nie przyjmie właściwej konformacji. Wtedy centrum aktywne nie będzie miało właściwego kształtu i będzie wykazywało mniejsze powinowactwo do substratów.
- Ponieważ L-kanawanina oddziałuje z aminokwasami z otoczenia inaczej niż arginina, może to wpłynąć na inną budowę miejsca allosterycznego enzymu, co powoduje, że nie będzie ono miało odpowiedniego kształtu pozwalającego na przyłączenie aktywatora.
- L-kanawanina, zastępując argininę w białku, uniemożliwia enzymowi prawidłową zmianę swojego kształtu podczas przeprowadzania reakcji.

Uwaga: Nie uznaje się odpowiedzi odnoszących się wyłącznie do struktury 1-rzędowej białka.

Zadanie 17. należy do grupy zadań wymagających rozwiązania złożonego problemu, jednak odnosi się do tych treści podstawy programowej, które stanowią fundament rozumienia budowy chemicznej organizmów oraz procesów metabolicznych.

Maturzysta na podstawie analizy i interpretacji tekstu dotyczącego L-kanawaniny – niebiałkowego aminokwasu – musiał wyjaśnić, dlaczego włączanie L-kanawaniny w miejsce argininy w czasie syntezy białek enzymatycznych prowadzi do powstawania enzymów o obniżonej aktywności katalitycznej. **Zatem przyczyna i skutek zjawiska były uwzględnione w poleceniu, a maturzyści mieli tylko przedstawić szczegółowy mechanizm prowadzący od przyczyny do skutku.**

ZADANIE 17.

Jego opis powinien wskazywać, że zmiana struktury przestrzennej białka wpływa na aktywność katalityczną enzymu, np.:
przez zmianę struktury centrum katalitycznego – wtedy centrum aktywne nie przyjmuje właściwego kształtu i wykazuje mniejsze powinowactwo do substratów,

poprzez zmianę miejsca allosterycznego enzymu – co spowoduje, że nie będzie ono przyjmowało odpowiedniego kształtu pozwalającego na przyłączenie aktywatora, przez co reakcja nie będzie przebiegała.

Tylko w nielicznych rozwiązaniach można było odnaleźć pełny, logiczny opis mechanizmu zjawiska.
Przykładowa poprawna odpowiedź:

- Włączenie L-kanawaniny w miejsce argininy w czasie syntezy białek enzymatycznych prowadzi do powstania enzymów o obniżonej aktywności, ponieważ w L-kanawaninie jest dodatkowy atom tlenu, prowadzi to do zmiany właściwości miejsca aktywnego białka enzymatycznego, zmniejszając prawdopodobieństwo przyłączenia substratu reakcji, co skutkuje obniżeniem aktywności katalitycznej enzymu.

ZADANIE 17.

Najczęściej maturzyści udzielali odpowiedzi zawierających jedynie przepisane z tekstu źródłowego i polecenia informacje określające przyczynę i skutek, np.:

Zmiana aminokwasów zmienia rodzaj i liczbę oddziaływań między aminokwasami w łańcuchu polipeptydowym budującym enzym, co skutkuje jego dezaktywacją lub obniżeniem aktywności biologicznej.

W wielu rozwiązaniach zawarty był niepełny opis mechanizmu zjawiska, uwzględniający jedynie ogólne stwierdzenia dotyczącego zmian budowy enzymu, np.:

Włączenie L-kanawaniny w miejsce argininy powoduje, że syntezowane białka enzymatyczne mają zmienioną strukturę, co powoduje, że mają obniżoną aktywność katalityczną.

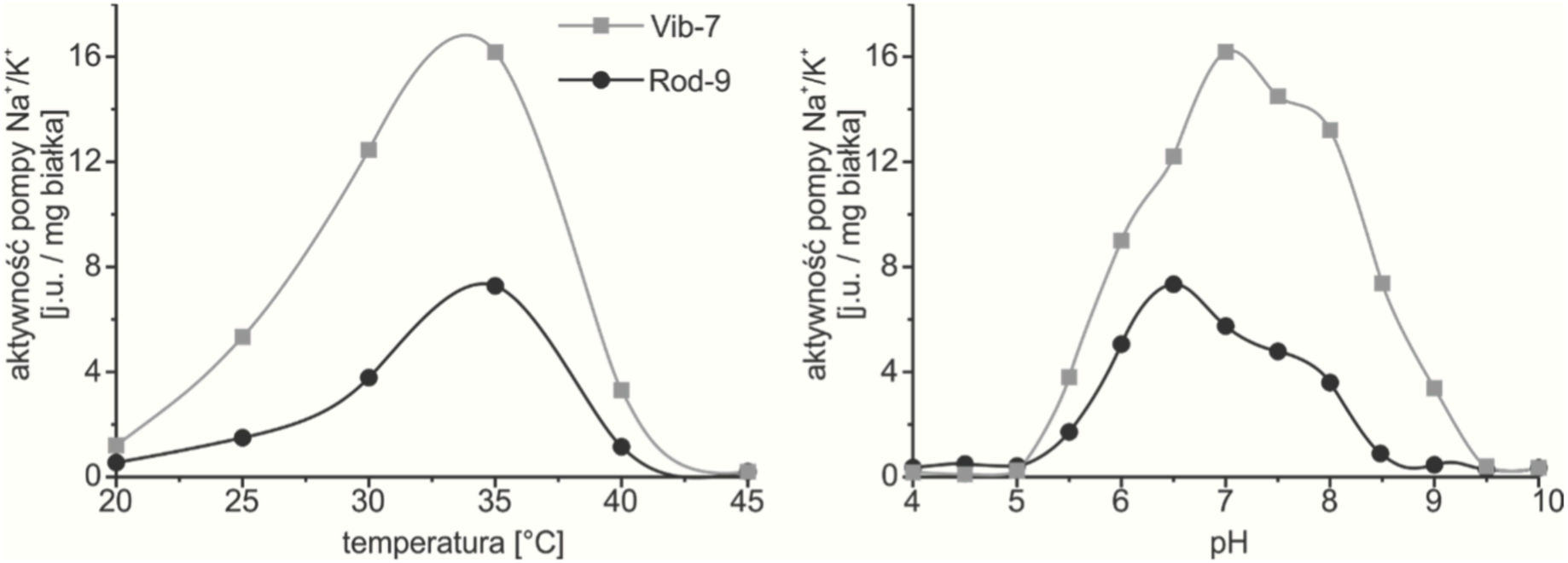
Część maturzystów błędnie zinterpretowała informacje przedstawione w materiale źródłowym i przedstawiała niepoprawny merytorycznie opis zjawiska, np.:

Włączenie L-kanawaniny w miejsce argininy w czasie syntezy białek enzymatycznych prowadzi do powstania enzymów o obniżonej aktywności katalitycznej, ponieważ L-kanawanina cechuje się niską aktywnością biologiczną, przez co obniża się aktywność całego białka enzymatycznego.

ZADANIE 18.

Zadanie 18.

Pompa jonowa Na^+/K^+ zależna od ATP (czyli działająca jedynie w obecności ATP) to białko transportujące jony przez błonę komórkową: Na^+ na zewnątrz komórki, a K^+ do wnętrza komórki, tzn. z miejsca o niskim stężeniu danego jonu do miejsca o wysokim jego stężeniu. Badacze postanowili sprawdzić aktywność dwóch wariantów tego białka pochodzących od nowo odkrytych szczepów bakterii Vib-7 i Rod-9 w zależności od temperatury i pH. Wyniki badań przedstawiono na poniższych wykresach.



ZADANIE 18.

Zadanie 18.1. (0-1)

Określ optymalną temperaturę i wartość pH dla działania pompy jonowej Na^+/K^+ zależnej od ATP pochodzącej ze szczepu Vib-7.

Optymalna temperatura: **ok. 33°C** Optymalne pH: **7**

Zadanie 18.2. (0-1)

Dokończ zdanie. Zaznacz odpowiedź A albo B oraz jej uzasadnienie 1. albo 2.

W temperaturze 35 °C i przy pH 6,5 szybciej transportować jony będzie wariant pompy Na^+/K^+ pochodzący ze szczepu

A.	Vib-7	ponieważ	**1.**	są to optymalne warunki do działania tego wariantu.
B.	Rod-9		**2.**	w tych warunkach jest on bardziej aktywny od drugiego wariantu.