

WIELKA POWTÓRKA MATURALNA

Witaj, nazywam się **Julia Truss** jestem **businesswoman**, a co dla Ciebie najważniejsze **biologiem - praca w EDU TRUST to moja pasja** od ponad 9 lat. W tym czasie zarządzałam ponad 32 osobowym zespołem nauczycieli w swojej firmie. Tworzę profesjonalne produkty, które wprowadzam do szkół. **Swoją pierwszą firmę założyłam mając 18 lat. Ponad 3000 tysięcy osób korzysta z moich flipbooków**, które na rynek edukacji w Polsce dopiero wprowadziłam 13 miesięcy temu. Kocham to. Postaram się dać Ci to narzędzie w postaci mojego kursu abyś też kochał/a swoją przyszłą pracę. Proszę Cię wyznaczyć sobie konkretny cel i dążyć do tego.



Mój cel to zmiana edukacji biologii w Polsce.

III. Energia i metabolizm.

1. Podstawowe zasady metabolizmu. Zdający:

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

Szlaki i cykle metaboliczne

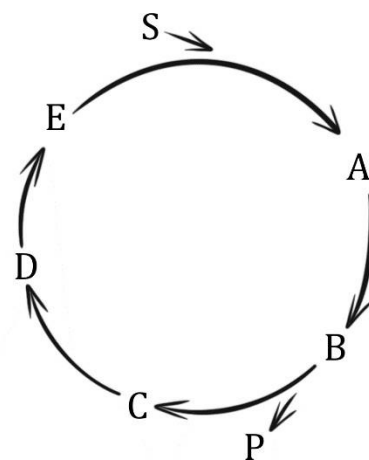
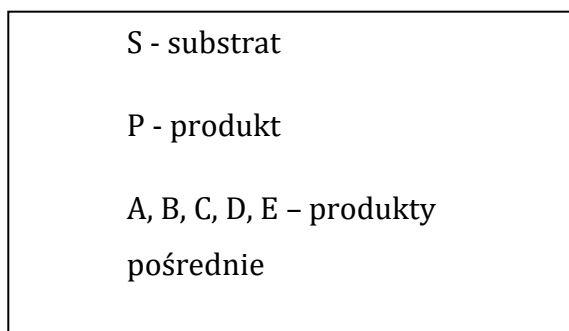
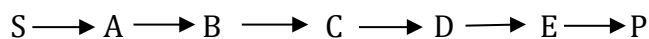
- ciągi reakcji chemicznych zachodzące w określonej kolejności, produkt jednej reakcji jest substratem drugiej
- np. fotosynteza, oddychanie → powiązane ze sobą funkcjonalnie szlaki i cykle metaboliczne

Liniowy:

- w jednym kierunku
- synteza lub rozkład oddzielone przestrzennie
- np. rozkład i synteza glikogenu w kom. wątroby

Cykliczny:

- zamknięty ciąg reakcji
- jeden z produktów reakcji końcowej jest substratem dla pierwszej reakcji kolejnego cyklu
- odtworzenie jednego ze związków chemicznych



2) porównuje istotę procesów anabolicznych i katabolicznych oraz wykazuje, że są ze sobą powiązane.

-charakteryzuje podstawowe kierunki przemian metabolicznych (anabolizm, katabolizm)

Istnieją dwa kierunki przemian metabolicznych:

- **anabolizm** – reakcje syntezy,
- **katabolizm** – reakcje rozpadu.

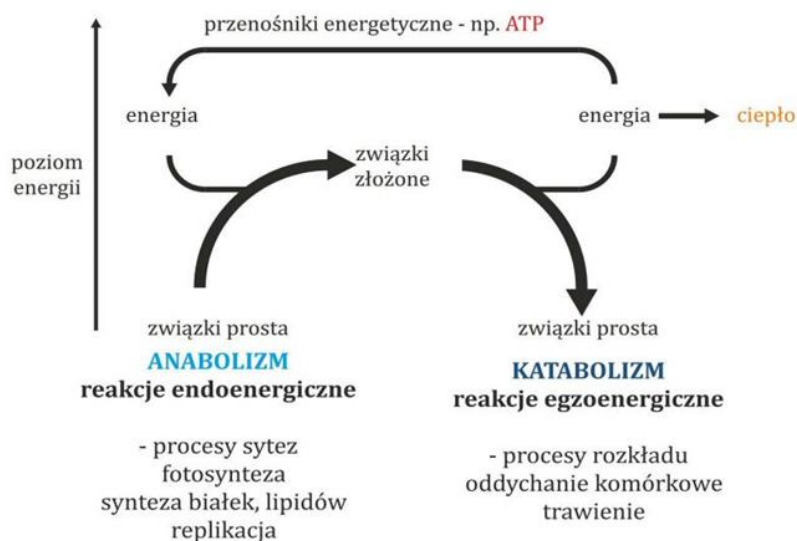
Reakcje anaboliczne są sprzężone z reakcjami katabolicznymi.



-podaje poziom energetyczny substratów i produktów reakcji endoenergicznych i egzoenergicznych

Reakcje anaboliczne mają charakter **endoenergiczny**, czyli

wymagają nakładów energetycznych. Są sprzężone z zachodzącymi równolegle reakcjami katabolicznymi, które są **egzoenergiczne** i pozwalają na akumulację energii biologicznie użytecznej.



2. Przenośniki energii oraz protonów i elektronów w komórce. Zdający:

1) wykazuje związek budowy ATP z jego rolą biologiczną;

- wymienia nośniki energii w komórce

- wymienia cechy ATP

MATURA

ATP to uniwersalny przenośnik energetyczny w układach żywych.

Część energii zostaje przekształcona w **biologicznie użyteczne formy energii np. ATP** i wykorzystana jest do napędzania procesów anabolicznych. **Natomiast większa jej część ulega rozproszeniu poprzez oddawanie ciepła.**

a) cechy ATP:

- **małe rozmiary cząsteczkowe pozwalają mu na przemieszczanie w obrębie komórki,**

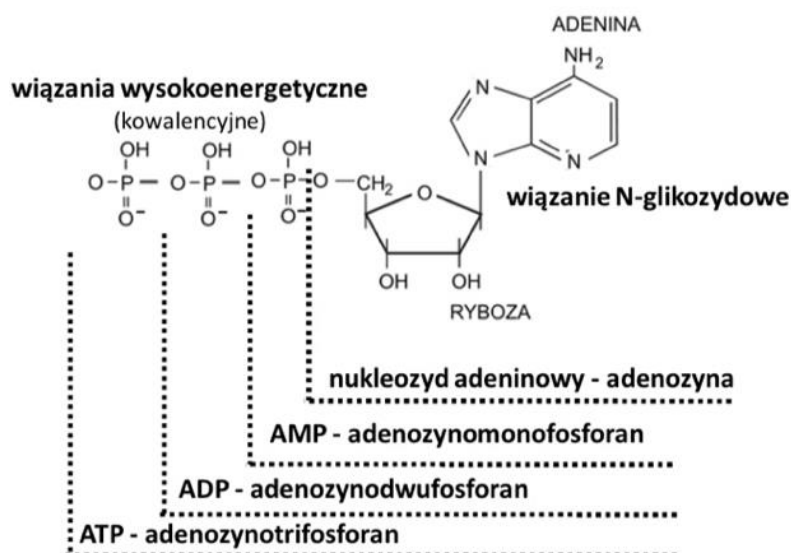
- **jest rozpuszczalny w wodzie,**

- **jest łatwo syntezowany w wyniku fosforylacji i rozpadu – hydrolizy,**

- **jest mało stabilny chemicznie.** Ma krótki czas półtrwania – ok. 0,5 s, co powoduje, że każda żywa komórka musi być energetycznie samodzielna.

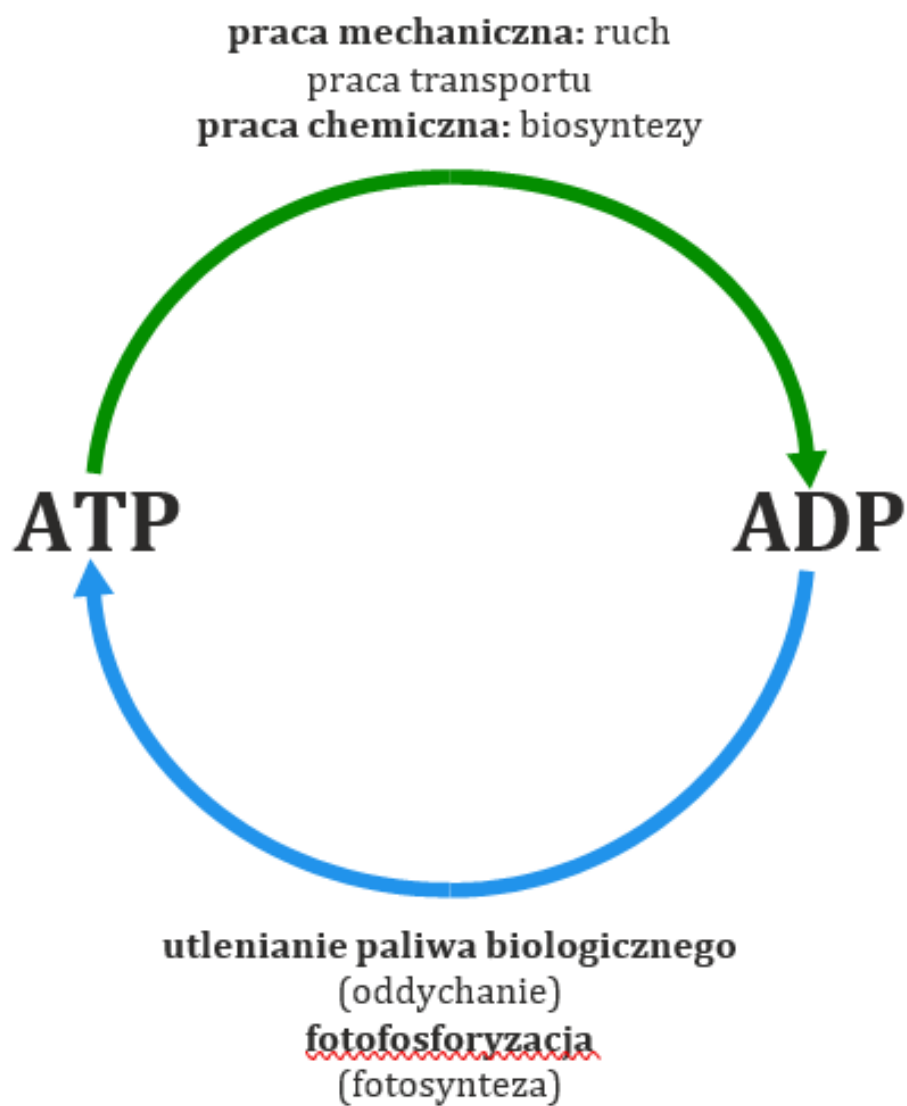
Wynika to z niestabilności układu wiązań pomiędzy trzema resztami ładunku ujemnego.

- **charakteryzuje budowę ATP**



- wyjaśnia, w jaki sposób ATP sprzęga metabolizm (cykl ATP-ADP)

Cykl ATP – ADP jest podstawowym sposobem wymiany energii w układach biologicznych.



- wykazuje związek budowy ATP z jego rolą biologiczną

2) przedstawia znaczenie NAD^+ , FAD , NADP^+ w procesach utleniania i redukcji.

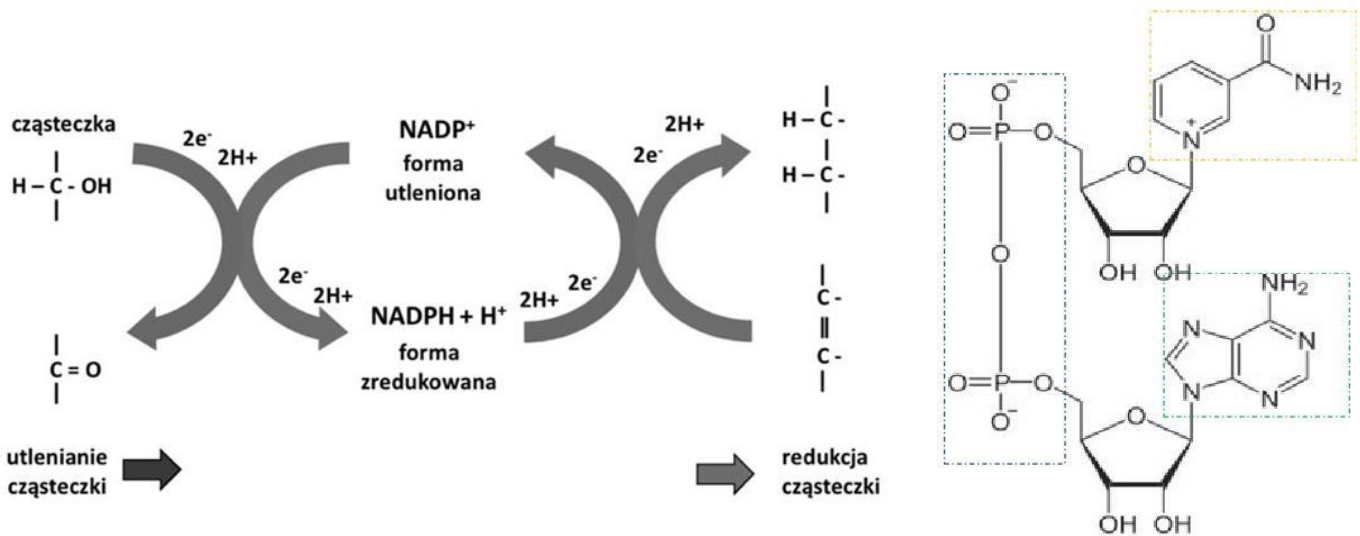
-przedstawia istotę reakcji utleniania i redukcji

- wskazuje postaci utlenione i zredukowane przerośników elektronów na schematach

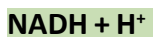
- **NAD** – dinukleotyd nikotynamidoadeninowy,
- **FAD** – dinukleotydflawinoadeninowy.
- **NADP** - fosforan dinukleotydu nikotynamidoadeninowego,

MATURA

Do egzaminu maturalnego wystarczy znać tylko skróty (bez pełnych nazw) NADP , NAD ,



Po przechwyceniu elektronów przechodzą do postaci zredukowanej:



- przedstawia znaczenie NAD^+ , FAD , NADP^+ w procesach utleniania i redukcji

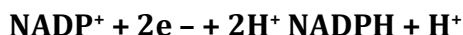
NADPH uczestniczy w reakcjach anabolicznych dostarcza elektrony i wodór (jest donorem) do reakcji biosyntezy np. fotosyntezy i syntezy kwasów tłuszczowych.

Stanowi tzw. *siłę redukującą*.

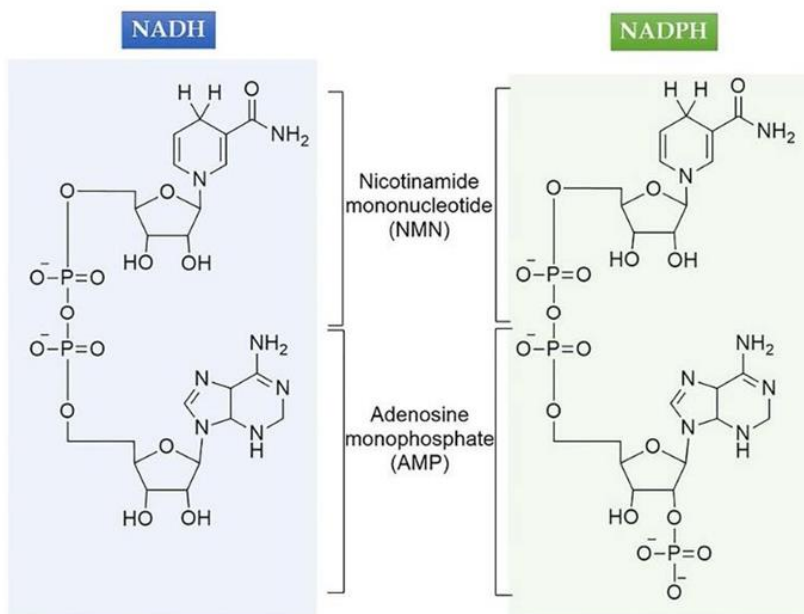
NADH uczestniczy w reakcjach katabolicznych (oddychanie czy β -oksydacja kw. tłuszczowych), przenosi elektrony i wodór pochodzące z przemian substratów oddechowych na układy przerośników elektronowych zlokalizowanych w mitochondrium (łańcuch oddechowy) i uczestniczących w syntezie ATP.

FAD pełni rolę podobną do NAD w reakcjach katabolicznych.

- analizuje przebieg reakcji redoks z udziałem NADP+



Redukcja NADP do NADPH + H zachodzi w **fazie jasnej fotosyntezy** oraz **cyklu pentozofosforanowym**.



3. Enzymy. Zdający:

1) przedstawia charakterystyczne cechy budowy enzymu;

- wyjaśnia pojęcia: **enzym, katalizator, energia aktywacji**

enzym - w większości białkowe, katalizatory przyspieszające specyficzne reakcje chemiczne poprzez obniżenie ich energii aktywacji

Energia aktywacji – **energia niezbędna** do zainicjowania reakcji chemicznej, która prowadzi reagenty do uzyskania stanu stabilnego o niższej energii.

Katalizator- substancja zwiększająca szybkość reakcji nie zużywana w jej efekcie. Katalizatory zwykle przyspieszają reakcję zmniejszając energię aktywacji lub zmieniając mechanizm reakcji.

MATURA

Enzymy obniżają energię aktywacji reakcji chemicznej w warunkach ustrojowych.

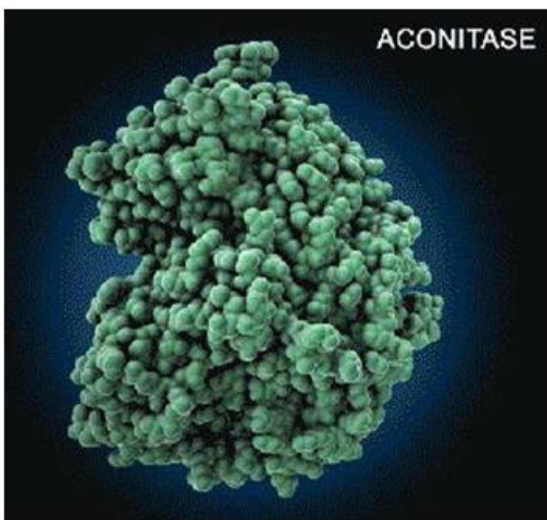
- wyjaśnia rolę enzymów w komórce

W warunkach działania temperatur fizjologicznych (34–42°C u organizmów stałocieplnych i zależnych od temperatury otoczenia u zmiennocieplnych) reakcje chemiczne mogą zachodzić z odpowiednią szybkością jedynie przy udziale **biokatalizatorów**, jakimi są **enzymy**.

- przedstawia budowę enzymów: proste, złożone, grupa prostetyczna, ko faktor, koenzym, holoenzym

Enzymy są aktywnymi chemicznie białkami.

Większość enzymów jest białkami, poza nimi funkcje katalityczne mogą pełnić cząsteczki RNA – **rybozomy** lub DNA – **deoksyrybozomy**.

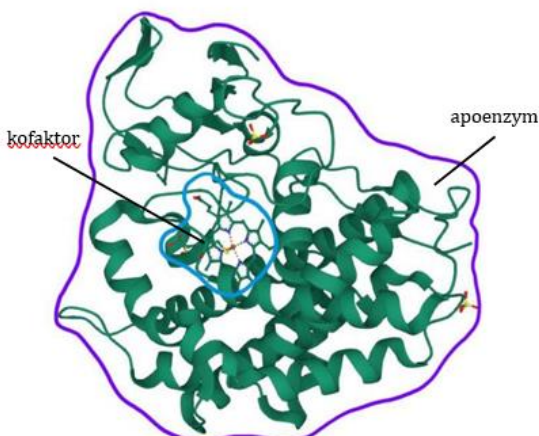


MATURA

część białkowa enzymu
=
apoenzym

a) apoenzym – część białkowa enzymu

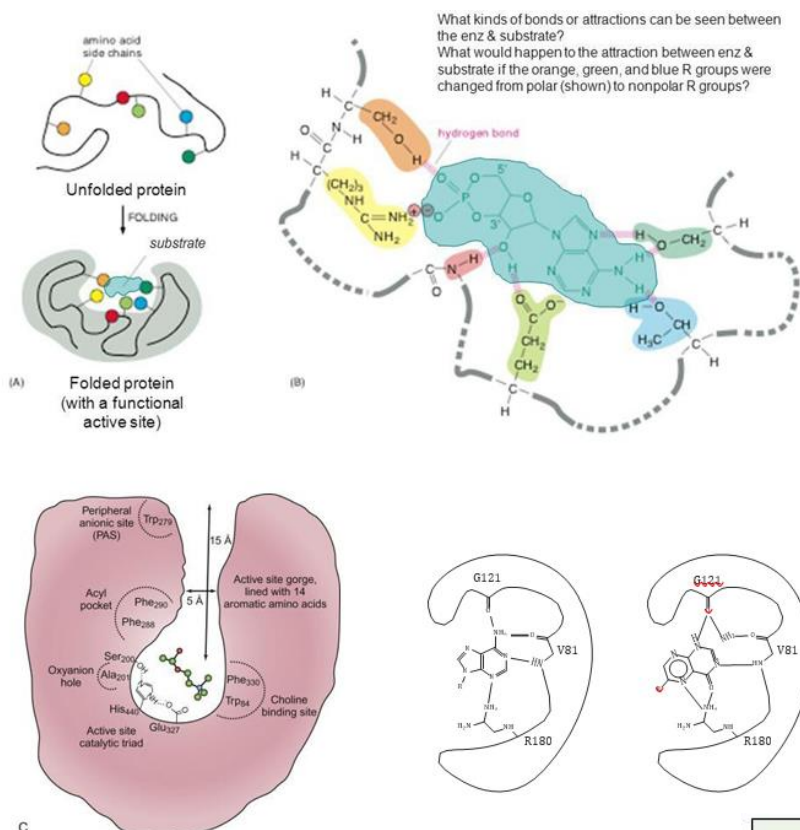
Większość enzymów zawiera obok części białkowej **niebiałkową warunkującą jego aktywność** – tzw. kofaktor.



MATURA

apoenzym + kofaktor
=
holoenzym

Apoenzym zawiera centrum aktywne – region o specyficznym **układzie grup funkcyjnych aminokwasów**, do którego przyłączane są substraty reakcji.



Apoenzym decyduje o specyficzności substratowej enzymu. **Substrat** zostaje związany w miejscu aktywnym poprzez:

- wiązania wodorowe,
- wiązania jonowe,
- siły van der Waalsa.

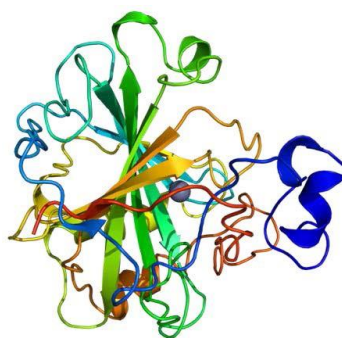
b) kofaktor – część niebiałkowa enzymu

Jest to **cząsteczka organiczna** (np. witamina) lub **atom metalu**.

- Kofaktor stale związany z apoenzymem to

grupa prostetyczna

(m.in. jony metali Fe, Mn, Mg, witaminy).



Anhydraza węglanowa i jon cynku.

MNEMOTECHNIKA

Apoenzym jest jak szef.
Kofaktor jak menadżer.

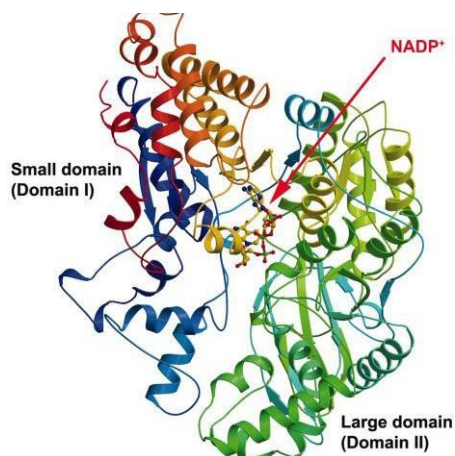


Menadżer wykonuje zadania, których szef nie może wykonać.



np. jon magnezu stabilizuje apoenzym, żeby efektywniej łączył się z substratem.

- Kofaktor związany nietrwale z apoenzymem to **koenzym** np. koenzym A, NAD, NADP i witaminy grupy B.



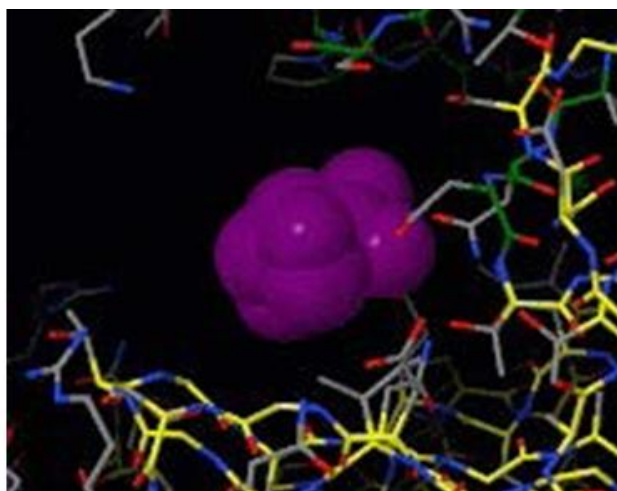
Dehydrogenaza izocytrynianowa

Kofaktor decyduje o rodzaju przeprowadzanej na substracie reakcji.

2) wyjaśnia, na czym polega swoistość substratowa enzymu oraz opisuje katalizę enzymatyczną;

- wyjaśnia mechanizm tworzenia kompleksu enzym-substrat

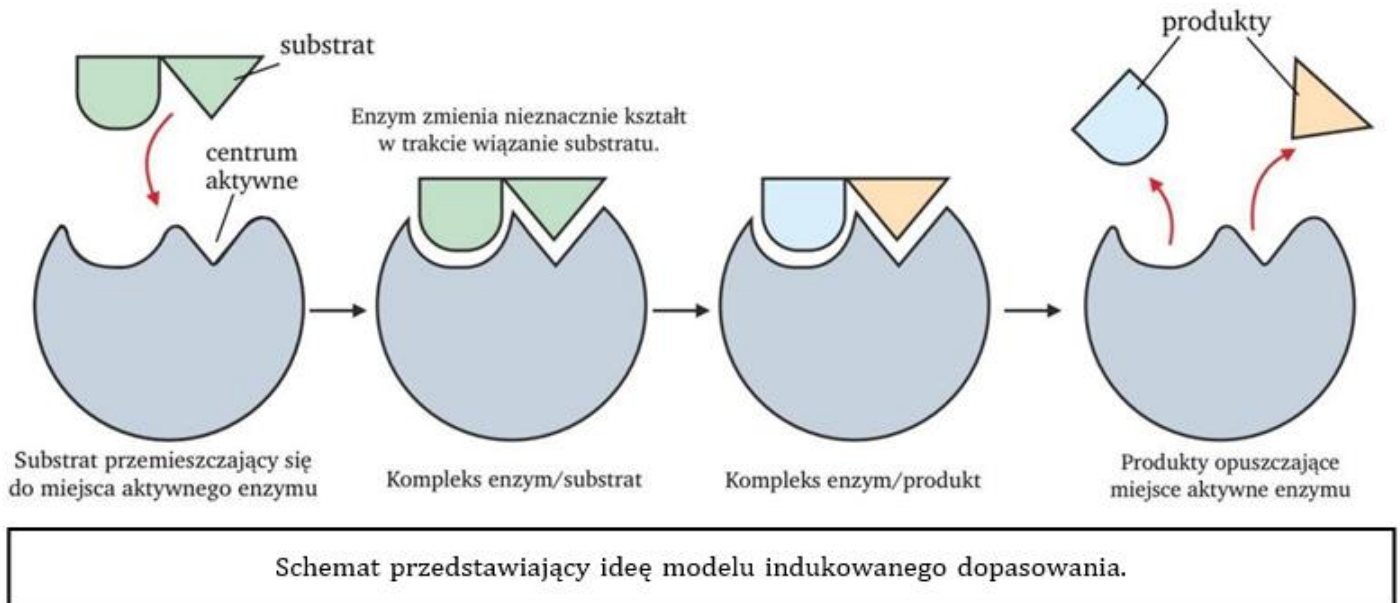
W momencie zbliżania się substratu do enzymu następuje **zmiana kształtu centrum aktywnego**, które dopasowuje się do cząsteczki substratu. Dochodzi do **przemieszczenia grup funkcyjnych aminokwasów centrum aktywnego** w pozycje, w których ich zdolność katalizowania reakcji jest zwiększona



MATURA

Kataliza to zjawisko przyspieszenia reakcji chemicznej pod wpływem obecności niewielkiej ilości **katalizatora**.

Elastyczność centrum aktywnego pociąga za sobą zmianę konformacji całej cząsteczki enzymu.



Grupy aminokwasów, które tworzą centrum aktywne, **podlegają ciągłej reorganizacji przestrzennej**. W ten sposób dopasowują swoją pozycję do wiązanego substratu, co umożliwia proces katalizy.

Każdy substrat dąży do osiągnięcia stanu, w którym **poziom energii swobodnej cząsteczki będzie jak najniższy**. Przeprowadzenie reakcji chemicznej wiąże się z koniecznością **aktywacji substratów**, czyli dostarczenia cząsteczkom energii – tzw. *energii aktywacji*.

Dochodzi wówczas do powstania **krótkotrwałego stanu przejściowego**, w którym reagujące cząsteczki substratów mają wysoki poziom energii swobodnej. **W tym nietrwałym stanie przejściowym następuje przekształcenie substratów i powstanie produktów reakcji**.

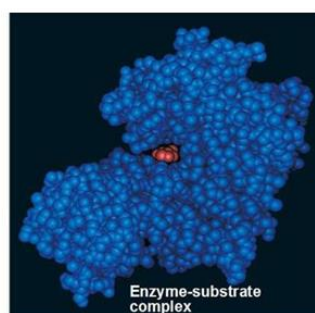
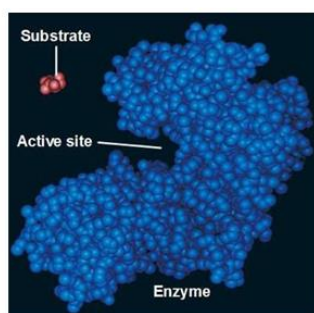
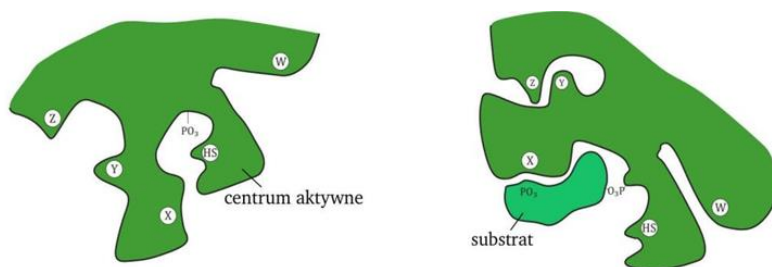
Energia aktywacji może być dostarczana substratom np. **w postaci ciepła** (przez podgrzanie środowiska reakcji). Komórki organizmu człowieka funkcjonują we względnie niskiej temperaturze. Przyspieszenie reakcji chemicznej zachodzącej na terenie komórki poprzez podniesienie temperatury środowiska reakcji jest niemożliwe, bo doprowadziłoby to do denaturacji białek strukturalnych i w konsekwencji do śmierci organizmu.

Mechanizm działania enzymów opiera się na **obniżeniu progu energii aktywacji katalizowanej reakcji**, dzięki czemu substraty biorące w niej udział mogą osiągnąć **stan przejściowy**, a następnie przekształcić się w **produkt w temperaturze, która jest optymalna dla organizmu**.

W obecności enzymów katalizowana reakcja chemiczna może przebiegać **do 1000 razy szybciej**.

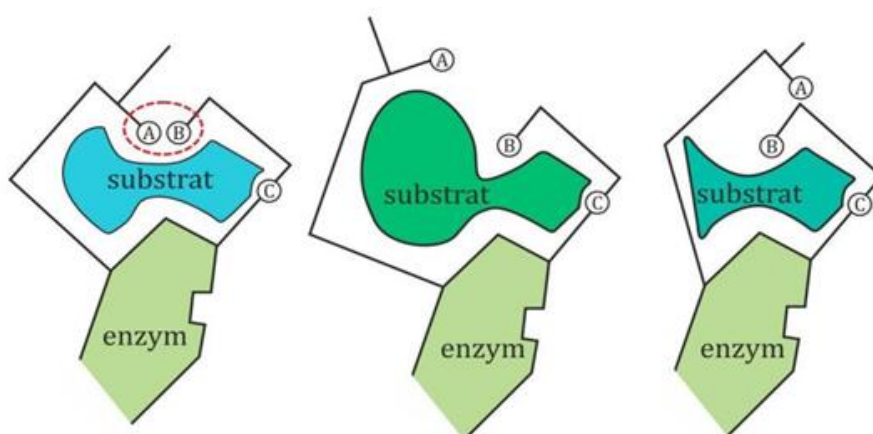
Model indukowanego dopasowania daje pewną swobodę. **Centrum aktywne enzymu dopasowuje się** zmieniając w jakimś stopniu swoją strukturę, dzięki czemu jest bardziej elastyczne w stosunku do cząsteczek substratu.

Działa tak jak **ręka i rękawiczka**. **Rękawiczka dopasowuje się do budowy dłoni**. Rękawiczka może być odpowiednia dla kilku rodzajów dłoni (większych, mniejszych, masywniejszych itp.). **W organizmach żywych taki model wydaje się być bardziej odpowiedni niż model zamek-kłucz.**



Model klucza i zamka **wymusza w pewnym sensie na enzymie bardzo dokładną strukturę i specyfikę.**

Jeden enzym łączy się z jednym rodzajem substratu.



Kluczem przeznaczony do jednego zamka trudno wykorzystać do otworzenia innego.

- wyjaśnia, czym jest swoistość substratowa enzymu i z czego ona wynika

Enzymy wykazują **wysoką specyficzność substratową**, która polega na tym, że enzym łączy się tylko z konkretnym substratem, do którego dopasowuje się jego centrum aktywne.

3) przedstawia sposoby regulacji aktywności enzymów (aktywacja, inhibicja);

- przedstawia sposoby regulacji aktywności enzymów

- przedstawia rodzaje inhibitorów i ich rolę

Aktywność enzymów podlega wpływowi substancji, które mogą działać na enzym **hamująco-inhibitory** lub **aktywująco-aktywatory**.

Hamowanie (inhibicja) aktywności może mieć charakter odwracalny lub nieodwracalny.

a) hamowanie odwracalne – aktywności enzymów jest podstawowym mechanizmem kontroli metabolizmu w układach biologicznych.

b) hamowanie nieodwracalne – polega na związaniu enzymu z *substancją, która trwale go blokuje, powodując utratę aktywności katalitycznej.*

Nieodwracalne hamowanie aktywności enzymów występuje jako skutek działania na enzymy **substancji toksycznych.**

- porównuje mechanizm inhibicji kompetycyjnej i niekompetycyjnej

Hamowanie odwracalne może być kompetycyjne lub niekompetycyjne.

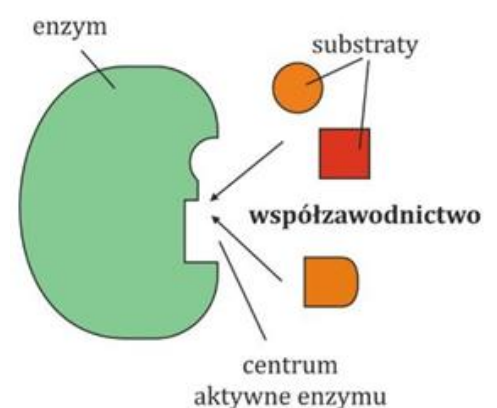
- **Hamowanie (inhibicja) kompetycyjne (współzawodniczące)** – zachodzi

w przypadku, gdy o miejsce aktywne enzymu współzawodniczą dwie substancje: **substrat** i **inhibitor.**

Inhibitor jest podobny do substratu i może wiązać się z miejscem aktywnym enzymu, blokując je substratowi.

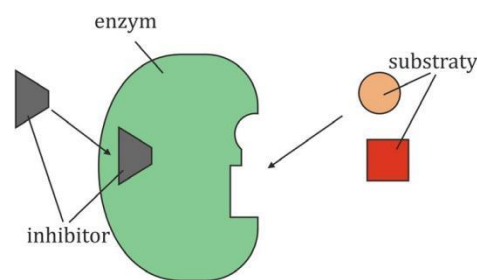
Szybkość reakcji jest zależna od stężenia substratu i inhibitora.

Wzrost stężenia substratu powoduje częstsze łączenie się substratu do miejsca aktywnego inhibitora i wzrost szybkości reakcji – i na odwrót. Reakcja jest, wobec tego, odwracalna.



Przykład:

- **Alkohol etylowy** jest inhibitorem kompetycyjnym dla dehydrogenazyalkoholowej. Podawany jest w zatruciach glikolem i metanolem).



- **Hamowanie (inhibicja) niekompetycyjne** ma miejsce w przypadku, gdy z enzymem wiąże się inhibitor niepodobny do substratu w innym miejscu niż miejsce aktywne.

Reakcja przyłączenia inhibitora do enzymu jest odwracalna.

W ten sposób na aktywność enzymów działają niektóre metabolity **szlaków enzymatycznych** (produkty pośrednie lub końcowe), regulując intensywność przemian tych szlaków na zasadzie **sprzężeniawrotnego ujemnego**.

Podobnie na enzymy mogą działać jony metali ciężkich, powodując utratę ich aktywności.

Przykład:

- regulacja allosteryczna szlaków metabolicznych.

- porównuje mechanizm działania inhibitorów hamujących enzymy nieodwracalnie i odwracalnie

- określa, w jaki sposób można sprawdzić, czy dana substancja jest inhibitorem odwracalnym, czy inhibitorem nieodwracalnym enzymu

4) wyjaśnia mechanizm sprzężenia zwrotnego ujemnego jako sposobu regulacji przebiegu szlaków metabolicznych;

- wyjaśnia pojęcie **sprzężenie zwrotne ujemne** i wskazuje, na czym ono polega

- wyjaśnia **mechanizm sprzężenia zwrotnego ujemnego jako sposobu regulacji przebiegu szlaków metabolicznych**

Gdy aktywność enzymu zostaje obniżona, wzrost stężenia substratu nie powoduje wypierania inhibitora. Reakcja enzymatyczna zachodzi wolniej.

Reakcja przyłączenia inhibitora do enzymu jest odwracalna.

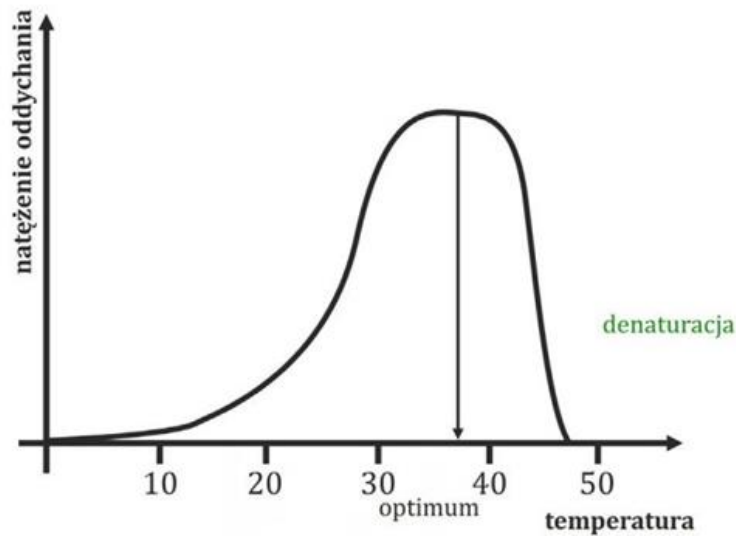
W ten sposób na aktywność enzymów działają niektóre metabolity **szlaków enzymatycznych** (produkty pośrednie lub końcowe), regulując intensywność przemian tych szlaków na zasadzie **sprzężeniawrotnego ujemnego**.

Podobnie na enzymy mogą działać jony metali ciężkich, powodując utratę ich aktywności.

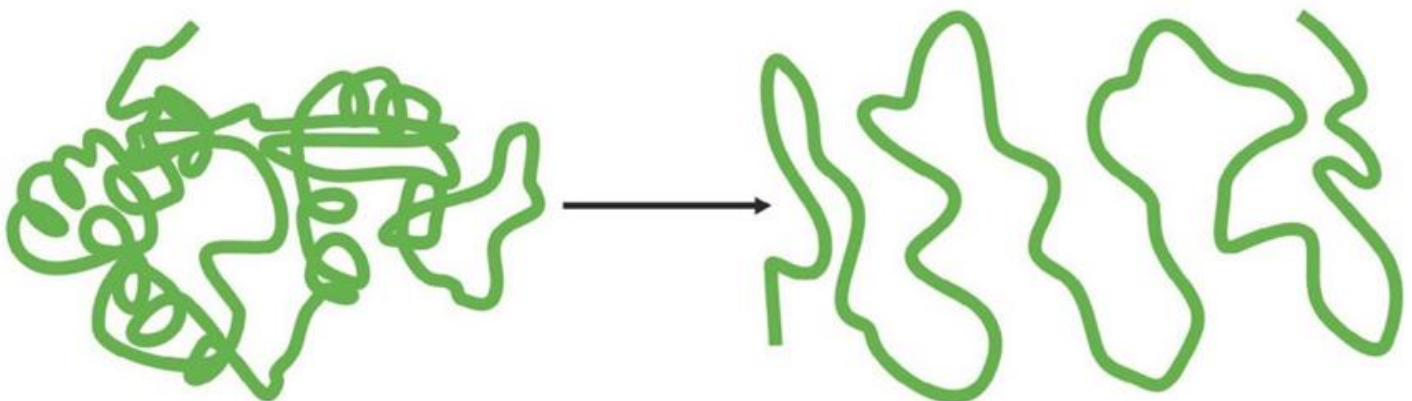
5) wyjaśnia wpływ czynników fizyko-chemicznych (temperatury, pH, stężenia substratu) na przebieg katalizy enzymatycznej; planuje i przeprowadza doświadczenie badające wpływ różnych czynników na aktywność enzymów (katalaza, proteinaza).

- denaturacja

Optimum temperaturowe enzymów mieści się w zakresie **30–45 °C. Wraz ze wzrostem temperatury aktywność enzymu rośnie** (przeciętnie dwukrotnie przy wzroście temp. o 10°C) do osiągnięcia aktywności maksymalnej w temperaturze optymalnej.



Dalszy **wzrost temperatury** powoduje gwałtowny **spadek aktywności enzymu** na skutek jego **denaturacji**.



- stała *Michaelisa*

Stała Michaelisa K_m odzwierciedla aktywność enzymu powinowactwo z substratem.

Miarą szybkości działania enzymów jest liczba reakcji (liczba obrotów) przeprowadzanych w jednostce czasu lub ilość wytworzonego w jednostce czasu produktu np.:

- anhydraza węglanowa – 600 tys/s,

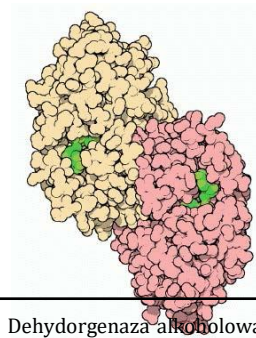
- dehydrogenaza mleczanowa – 26 tys/s. Wchłonięty alkohol

etylowy ulega w **wątrobie** przekształceniu w toksyczny **aldehyd**

octowy przez enzym *dehydrogenazę alkoholową*.

Powstający aldehyd jest przekształcany do octanu przez dwa enzymy:

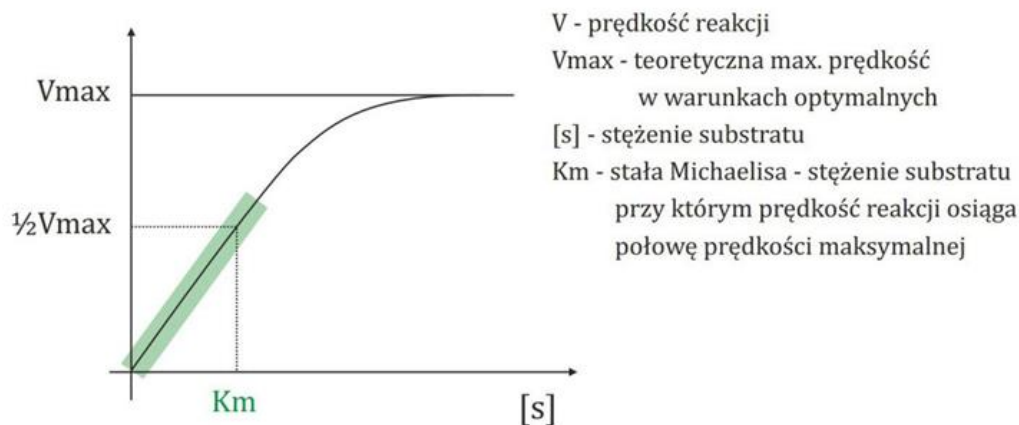
- **mitochondrialną** dehydrogenazę aldehydu octowego **małej wartości K_m ,**
- **cytozolową** dehydrogenazę aldehydu octowego o **dużej wartości K_m .**



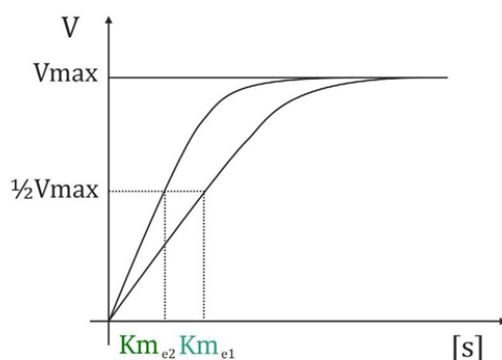
Dehydrogenaza alkoholowa

- porównuje powinowactwo enzymów do substratów na podstawie wartości K_M

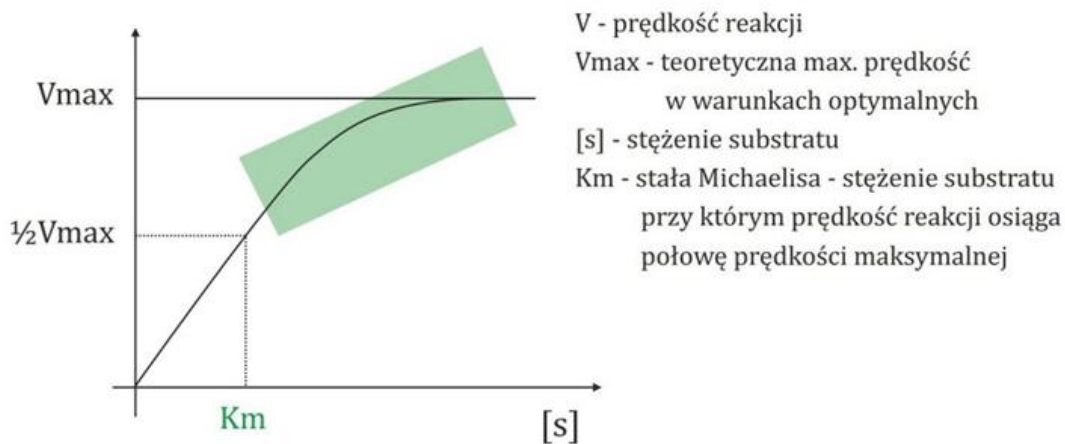
Zależność pomiędzy **szybkością reakcji enzymatycznej** a **stężeniem substratu** opisuje krzywa Michaelisa – Mentena



Przy **stałym stężeniu** enzymu szybkość reakcji enzymatycznej **wykazuje zależność od stężenia substratu [S].**



Stopniowy wzrost stężenia substratu [S] powoduje zwiększenie stężenia kompleksu E-S, a więc szybkość reakcji początkowo **rośnie liniowo**, czyli **wprost proporcjonalnie do stężenia substratu**.

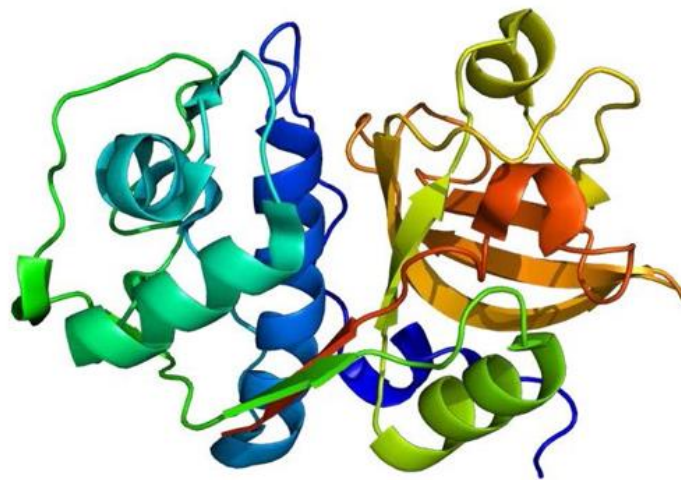


W miarę **dalszego zwiększania stężenia substratu ([S])** przyspieszenia reakcji będzie się **zmniejszać aż do osiągnięcia stanu, w którym reakcja zachodzi z maksymalną szybkością (v_{max})**. **Dalszy wzrost stężenia substratu nie powoduje wzrostu szybkości reakcji.**

Aktywność enzymu określa się za pomocą tzw. **stałej Michaelisa (K_m)**. **K_m** jest takim **stężeniem substratu ([S])**, przy którym szybkość reakcji enzymatycznej jest równa **połowie szybkości maksymalnej ($\frac{1}{2} v_{max}$)**. **Niska wartość K_m** wskazuje, że enzym wiąże się z substratem **bardzo szybko**. Jest zatem **bardzo aktywny**. **Wysoka wartość K_m** wskazuje, że **enzym jest mniej aktywny**.

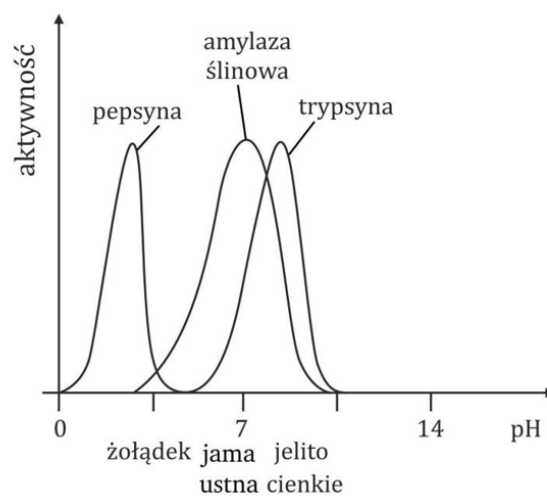
- interpretuje wyniki z doświadczenia wpływu pH (lub innego czynnika) na działanie enzymów trawiennych

- Dla każdego enzymu istnieje **optymalny odczyn środowiska działania.**
- Odczyn wpływa na **stan jonizacji reszt aminokwasów w miejscuaktywnym enzymu,** a więc **warunkuje jego powinowactwo do substratu.**
- Optymalne pH działania większości enzymów komórkowych wynosi od 6,4 do 6,6.
- **Enzymy lizosomalne są aktywne w pH = 5.**



Katepsyna S należy do enzymów endolizosomalnych regulujących mechanizmy odporności wrodzonej i nabytej.

- **Enzymy układu pokarmowego działają w różnych wartościach pH.**



- planuje doświadczenie mające na celu wykazanie wpływu temperatury na aktywność katalazy w bulwach ziemniaka

Przygotowano doświadczenie badające wpływ różnych temperatury na aktywność enzymów (katalaza, proteinaza).

Problem badawczy:

Czy temperatura ma wpływ na aktywność katalazy i proteinazy?

Hipoteza:

Temperatura ma wpływ na aktywność katalazy i proteinazy. Opis przeprowadzenia doświadczenia biologicznego:

Co potrzebne: kiwi, ziemniaki, woda utleniona, żelatyna, 2 szalki, 2 zlewki



Próba badawcza: Nakładamy na szalkę nr 1 ugotowanego ziemniaka, polewamy wodą utlenioną, odkrojony plasterki kiwi zalewamy wrzątkiem następnie rozpuszczoną żelatynę dodajemy po przestygnięciu do zlewki nr 1 i dodajemy kiwi.

Próba kontrolna: Na szalkę nr 2 nakładamy surowego ziemniaka i polewamy wodą utlenioną. Kawałek kiwi umieszczamy w rozpuszczonej przestudzonej żelatynie w zlewce nr 2.

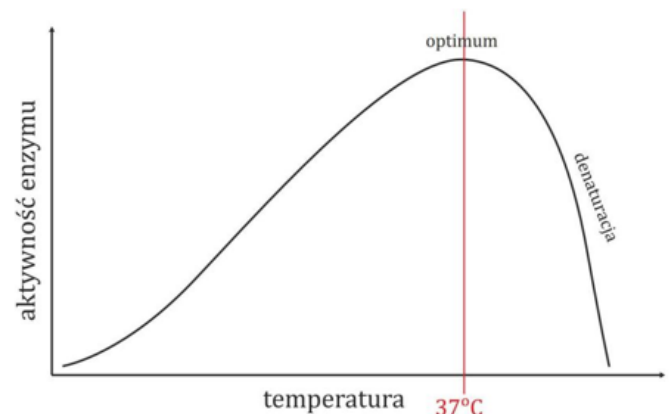
Obserwacje: Na szalce nr 1 brak objawów reakcji, w zlewce nr 1 żelatyna stężała. Po polaniu surowego ziemniaka wodą utlenioną pojawiły się pęcherzyki gazu, w zlewce nr 2 żelatyna nie stężała.

Wnioski: Hipoteza została potwierdzona, wysoka temperatura powoduje denaturację katalazy i proteinazy.

Wyjaśnienia:

Aktywność większości enzymów rośnie wraz ze wzrostem temperatury do ok. 37°C, po czym utrzymuje stałą wartość do ok. 42°C, a następnie spada wskutek postępującej denaturacji białka enzymatycznego.

Wyjątkiem są tzw. enzymy termostabilne, które występują w komórkach termofilnych bakterii zasiedlających gorące źródła. Zależność aktywności enzymów organizmu człowieka od temperatury. Gwałtowny spadek aktywności po przekroczeniu temperatury optymalnej związany jest z denaturacją struktury enzymów.



4. Fotosynteza. Zdający:

1) wykazuje związek budowy chloroplastu z przebiegiem procesu fotosyntezy;

Chloroplasty posiadają dwie błony (zewnętrzną i wewnętrzną), które oddzielają wnętrze chloroplastu od reszty komórki.

Wewnętrzna błona posiada wiele białekprzenośnikowych, które umożliwiają przepływ elektronów i umożliwiają zachodzenie reakcji fotosyntezy.

MATURA

Błona wewnętrzna chloroplastu zawiera białka przenośnikowe odpowiedzialne za proces fotosyntezy.

Chlorofil znajduje się w chloroplastach i jest głównym barwnikiem roślin, dzięki któremu rośliny mają zielony kolor.

Fotosynteza nie może zachodzić w ciemności, ponieważ wymaga on dostępu do promieniowania słonecznego. Rośliny mogą przetrwać w ciemności, ponieważ mają zdolność **magazynowania skrobi w stromie chloroplastów.**

- Chloroplasty posiadają dwie błony - zewnętrzną i wewnętrzną - które oddzielają wnętrze chloroplastu od reszty komórki. Wewnętrzna błona posiada wiele białek przenośnikowych, które umożliwiają przepływ elektronów i umożliwiają zachodzenie reakcji fotosyntezy.

- W fotosyntezie ważną rolę odgrywają barwniki, w szczególności chlorofil, który jest odpowiedzialny za absorpcję promieniowania słonecznego. Chlorofil znajduje się w chloroplastach i jest głównym barwnikiem roślin, dzięki któremu rośliny mają zielony kolor.

-Fotosynteza nie może zachodzić w ciemności, ponieważ wymaga ona dostępu do promieniowania słonecznego. Rośliny mogą przetrwać w ciemności, ponieważ mają zdolność magazynowania skrobi w stromie chloroplastów.

2) przedstawia rolę barwników i fotosystemów w procesie fotosyntezy;

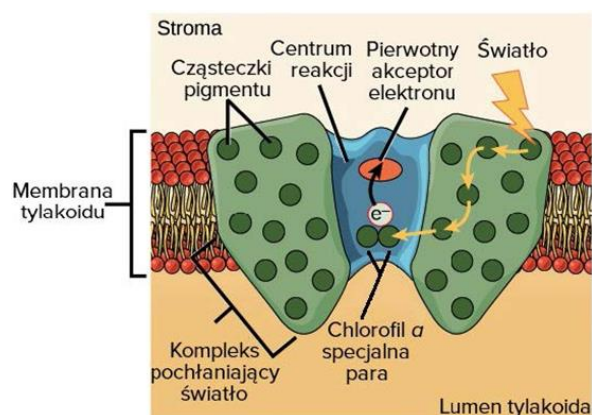
Składniki łańcucha transportu elektronów w błonie tylakoidów:

a) **Fotosystemy/fotoukłady PS I (700) i PS II (680)** – strukturami

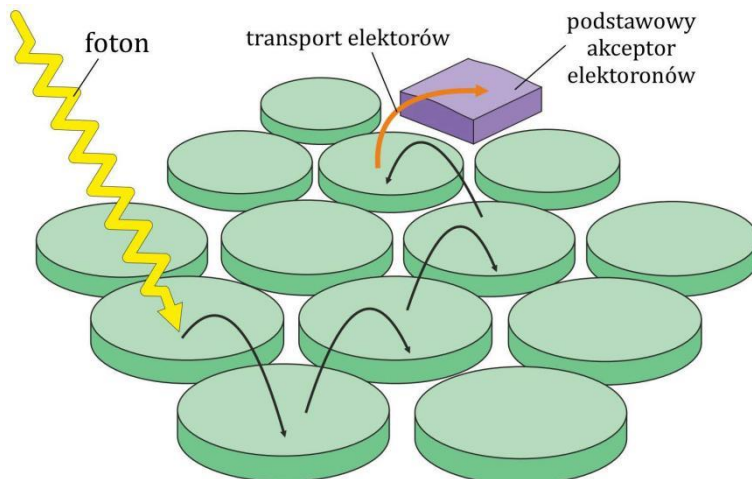
w obrębie błony tylakoidów, które **przechwytyują światło i przekształcają**

Każdy fotosystem zbudowany jest z:

- **kompleksów pochłaniających światło**, które zawierają białka, chlorofile i inne pigmenty,
- **centrum reakcji**



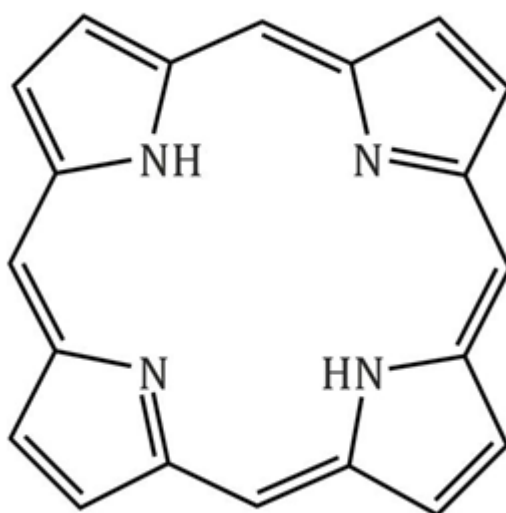
Każdy fotosystem składa się z kilku kompleksów do przechwytywania światła, które otaczają centrum reakcji. **Pigmenty w obrębie kompleksów przechwytyjących światło absorbują światło i przekazują energię do specjalnej pary cząsteczek chlorofilu a w centrum reakcji.** Zaabsorbowana energia powoduje przekazanie elektronu z chlorofilu a do **pierwotnego akceptora elektronów.**



Chlorofile to barwniki główne nadające zielony kolor.

Zbudowane są z pochodnej porfiryny określanej jako **feoforfiryna**. Jest to *pięciopierścieniowa porfiryne z różnymi podstawnikami*. **Cztery z pierścieni to pierścienie pirolowe, a piąty pierścień tworzą same atomy węgla.**

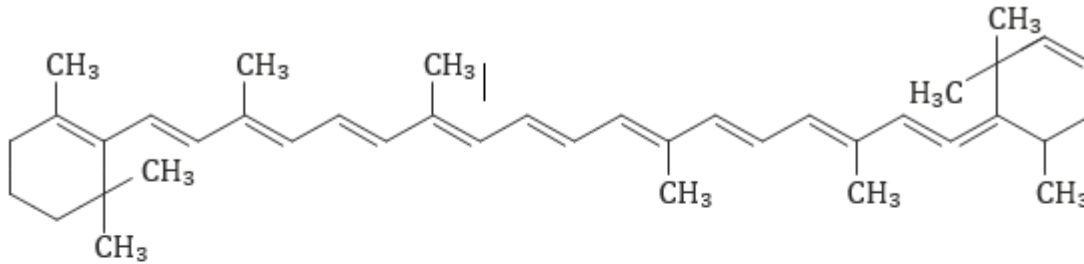
Wiązania pomiędzy atomami tworzącymi pierścienie to następujące po sobie wiązania pojedyncze i podwójne składające się na **układ wiązań sprzężonych**. Przez to chlorofile są bardzo wydajnymi fotoreceptorami, bo **wykazują silną absorbancję w zakresie światła widzialnego.**



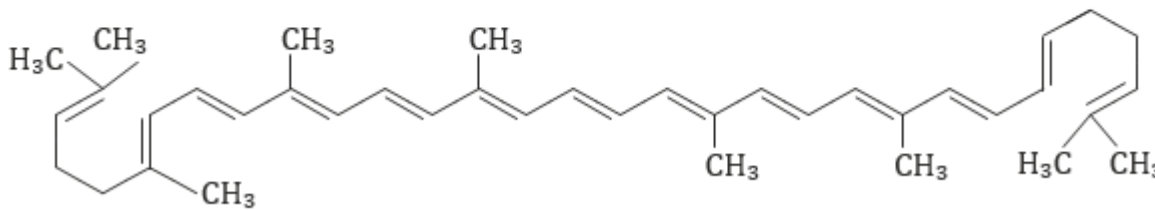
Układ porfirynowy

Centralne miejsce w układzie porfiryny zajmuje **atom magnezu** łączący się z atomami azotu każdego z pierścieni. **Porfiryne tworzą kompleks z magnezem** posiada zdolność do absorpcji promieniowania elektromagnetycznego w zakresie widzialnym. Obecność magnezu wpływa na zdolność **agregacji cząsteczek chlorofilu**, co ułatwia przekazywanie energii wzbudzenia pomiędzy cząsteczkami.

Karotenoidy to barwniki pomocnicze mające barwy od żółtej do czerwonej.



β -karoten



likopen

Odpowiadają za:

- **stabilność błon systemu tylakoidalnego w chloroplastach,**
- gromadzenie światła w procesie fotosyntezy (biorą w nim udział),
- **ochronę przed procesem fotooksydacji.**

Fotooksydacja spowodowana jest przez **reaktywne formy tlenu** powstające podczas wzbudzenia chlorofilu w procesie fotosyntezy, na które narażone są głównie **nienasycone kwasy tłuszczowe lipidów chloroplastowych.**

- Barwniki pomocnicze-Absorbują światło z niebiesko – zielonej części widma, a następnie przekazują ją na cząsteczkę chlorofilu, chronią fotosystemy przed nadmiarem docierającej energii świetlnej, którą pochłaniają, zabezpieczają komórkę przed reaktywnymi formami tlenu (aktywność przeciwutleniająca)
- En. świetlna jest absorbowana przez fotosystem w błonie tylakoidów → kompleks barwnikowo-białkowo- lipidowy:
 - centrum reakcji – chlorofil a i pierwotny akceptor \bar{e}
 - anteny energetyczne– chlorofile, karotenoidy (pochłanianie i przekazywanie en. do centrum reakcji fotosystemu)

- I. pochłanianie światła przez cząst. barwników antenowych: stan podstawowy → stan wzbudzony (wyższy poziom energetyczny)
- II. energia wzbudzenia → na cząst. chlorofilu a
- III. z cząst. chlorofilu a wybite elektrony → pierwotny akceptor elektronów
- na granicy PSII od strony wnętrza tylakoidu - enzymatyczny układ oksydoredukcyjny - fotoliza wody: rozkład wody pod wpływem światła do elektronów, protonów i tlenu
- budowa i funkcjonowanie anten i centrum reakcji
- dwa fotony zaabsorbowane przez PS II powodują: utlenienie cząsteczki wody z utworzeniem O₂ i uwolnieniem H⁺ do światła tylakoidu, wytworzenie NADPH poprzez redukcję NADP⁺ oraz przeniesienie H⁺ do światła tylakoidu przez kompleks cytochromu b/f.

3) analizuje na podstawie schematu przebieg fazy zależnej od światła oraz fazy niezależnej od światła; wyróżnia substraty i produkty obu faz; wykazuje rolę składników siły asymilacyjnej w fazie niezależnej od światła;

Faza jasna jest zależna od światła (faza przemiany energii).

- Zachodzi w błonach **granum** chloroplastu.
- W jej efekcie powstaje **siła asymilacyjna (ATP i NADPH + H)** konieczna do przeprowadzenia reakcji fazy ciemnej.
- W fazie jasnej ma miejsce **fotofosforylacja** i **fotoliza wody** (w fotosyntezie oksygenicznej).



Reakcje fazy jasnej zachodzą w obrębie grantylakoidów chloroplastu.

Fotosyntetyczne pigmenty, takie jak chlorofil a, chlorofil b i karotenoidy, są cząstkami pochłaniającymi światło, które znaleźć można w błonach tylakoidu chloroplastów. **Pigmenty są zorganizowane wraz z białkami w kompleksy zwane fotosystemami.**

Składniki łańcucha transportu elektronów w błonie tylakoidów:

a) **Fotosystemy/fotoukłady PS I (700) i PS II (680)** – strukturami w obrębie błony tylakoidów, które **przechwytingają światło** **przekształcają je w energię chemiczną.**

Każdy fotosystem zbudowany jest z:

- **kompleksów pochłaniających światło**, które zawierają białka, chlorofile i inne pigmenty,
- **centrum reakcji**

Faza ciemna jest niezależna od światła (faza przemiany materii).

- Zachodzi w **stromie** chloroplastu.
- Polega na **asymilacji CO₂** i wytwarzaniu związków organicznych w **cyklu Calvina** przy wykorzystaniu **siły asymilacyjnej**.
- Bezpośrednim produktem jest **cukier** (C₃ – trioza) – **aldehyd 3-fosfoglicerynowy**.

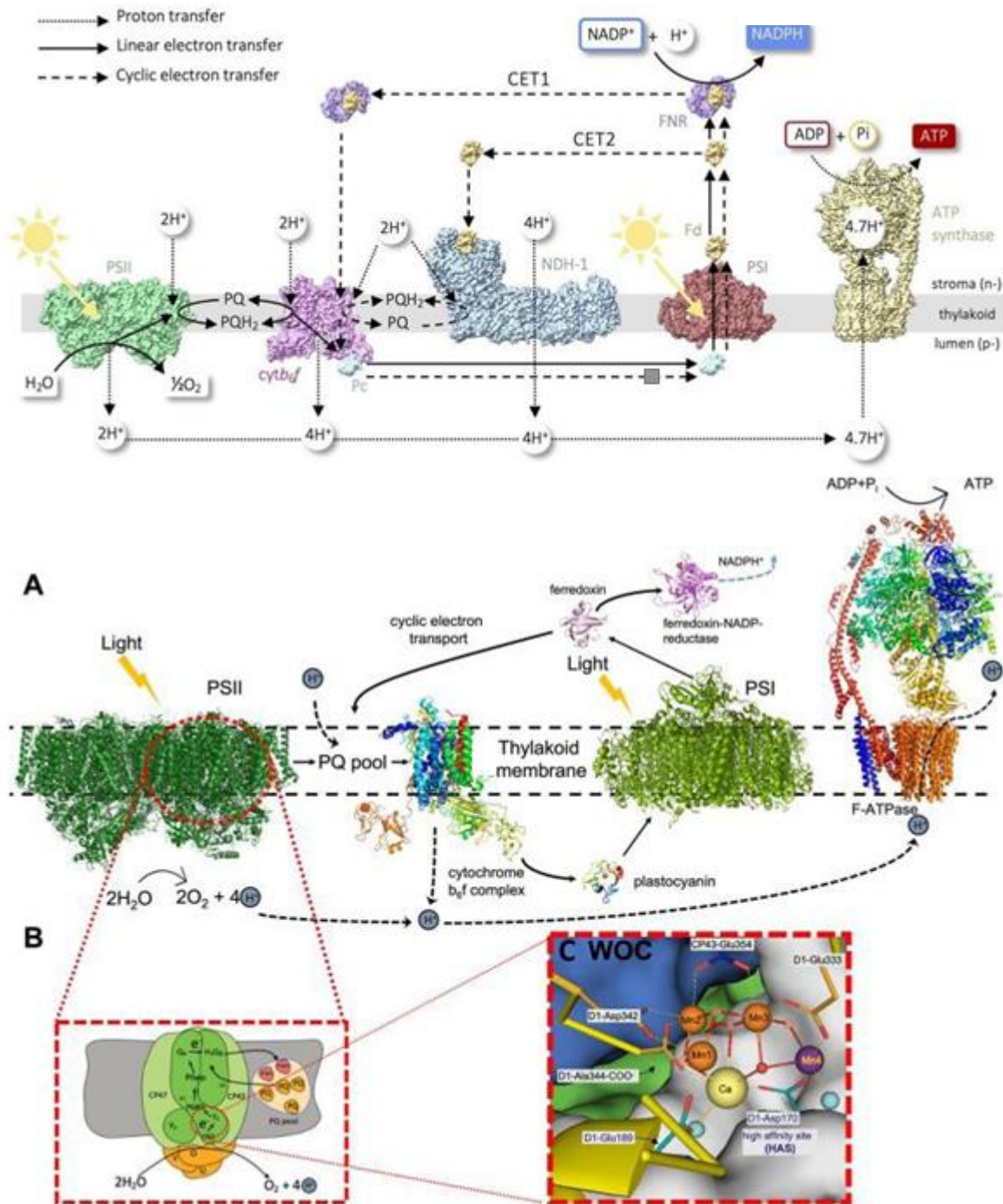


Przebieg reakcji fazy jasnej fotosyntezy.

Przez absorpcję fotonów przez **fotosystem I (P700)** zostają wybite elektrony z **chlorofilu a**. Powstaje tam **luka elektronowa** (wzbudzony chlorofil „dziurą” po wybitym elektronie), która przyciąga elektrony z fotosystemu II.

MATURA

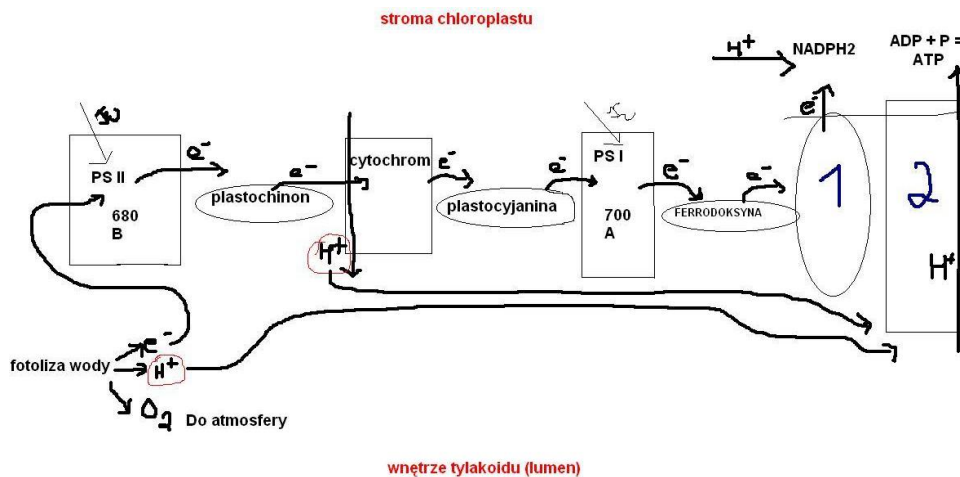
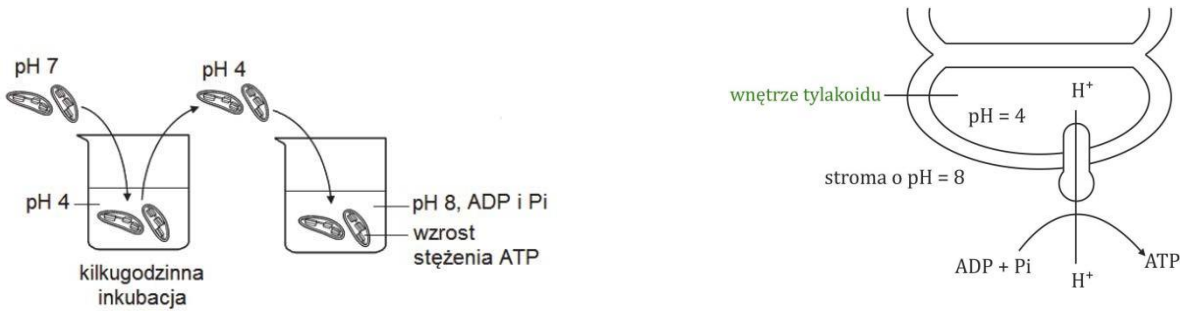
Efektem fazy jasnej jest powstanie siły asymilacyjnej, czyli **ATP i NADPH + H**.



4) wyjaśnia mechanizm powstawania ATP w procesie chemiosmozy w chloroplastcie

Synteza ATP w chloroplastach zachodzi po utworzeniu gradientu pH – doświadczenie Jegendorfa (1966).

Chloroplasty mogą wytwarzać ATP w ciemności, jeżeli w sposób sztuczny zostanie wytworzony gradient protonowy w poprzek błony tylakoidów. W efekcie powstaje cząsteczka sześciowęglowa – C₆, która ulega rozpadowi do dwóch cząsteczek trójwęglowych – C₃ – **kwasu fosfoglicerynowego PGA**.



Wybite z fotosystemu I elektrony są transportowane przez ferrodoksynę na reduktazę NADP (1) .

Absorpcja fotonów przez fotosystem I (P700) - zostają wybite elektrony z chlorofilu a, powstaje tam luka elektronowa (wzbudzony chlorofil z „dziurą” po wybitym elektronie) - przyciąga elektrony z fotosystemu II (pochodzą z fotolizy wody, która odbywa się w fotosystemie II) zgodnie z równaniem.

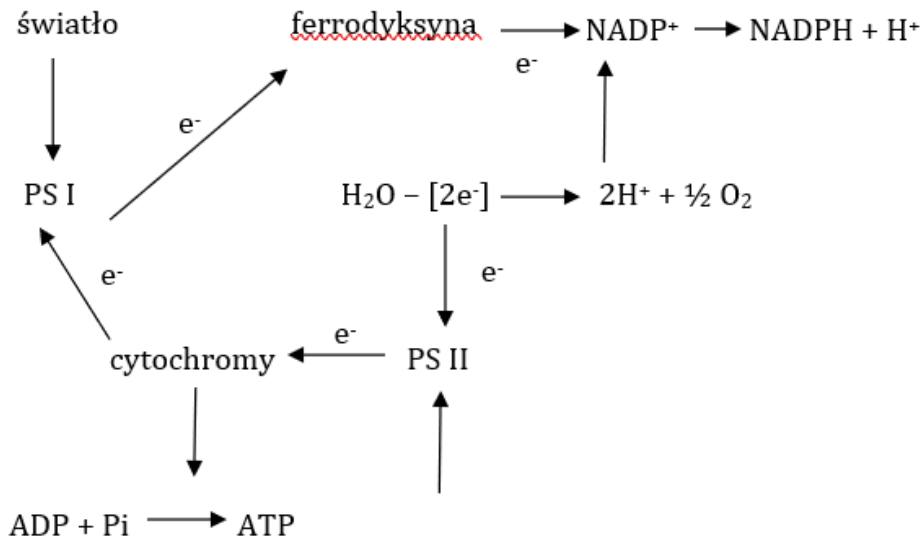
Elektrony z reduktazy NADP przyłączają się do NADP⁺, powoduje to również przyłączenie protonów – powstaje NADPH.

Transportowi elektronów z cząsteczek wody na NADP⁺ towarzyszy ubytek protonów w stromie . Część jest przyłączana do NADP⁺, a część jest aktywnie pompowana do światła tylakoidu . Wewnątrz są też protony z fotolizy wody → powstaje gradient protonowy w poprzek błony tyalkoidu (siła napędowa fosforylacji fotosyntetycznej zachodzącej z udziałem syntazy ATP

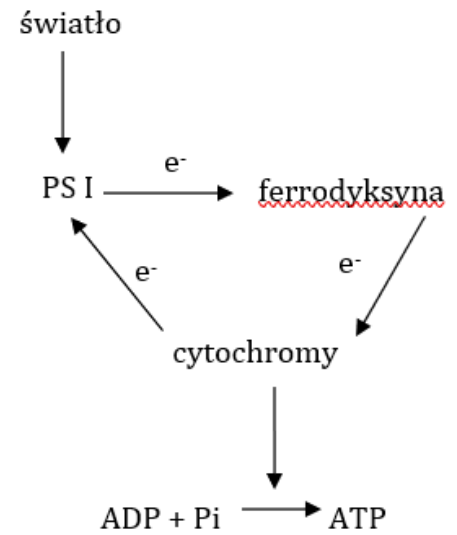
Protony chcąc wyrównać stężenia przepływają z wnętrza tylakoidy do stromy napędzając tym samym syntazę ATP (2) , która przyłącza reszty fosforanowe do ADP.

5) porównuje na podstawie schematu fotofosforylację cykliczną i niecykliczną.

Fosforylacja niecykliczna



Fosforylacja cykliczna



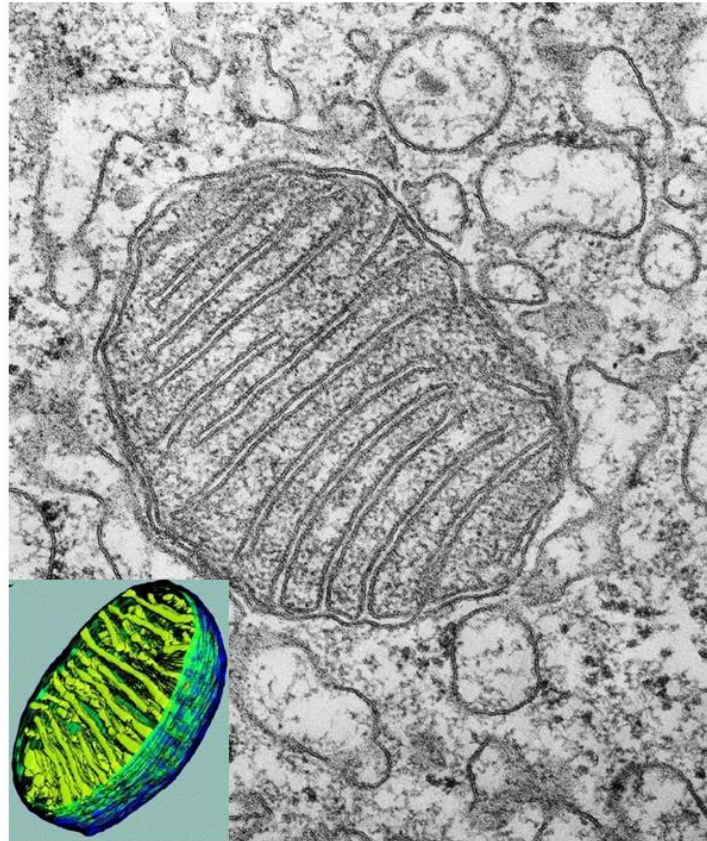
fotosystem	PSI, PS II	PS I
Powstawanie ATP	tak	tak
Powstawanie NADPH + H ⁺	tak	nie

5. Pozyskiwanie energii użytecznej biologicznie. Zdający:

1) wykazuje związek budowy mitochondrium z przebiegiem procesu oddychania komórkowego;

W trakcie ewolucji endosymbiontów do organelli **większość z ich genów przeniosła się do genomu gospodarza.**

Więc jego komórka i organellum musiały wykształcić mechanizm transportujący produkty białkowe potrzebne w organellum.



- Mitochondria posiadają dwie błony - zewnętrzną i wewnętrzną - które oddzielają wnętrze mitochondrium od reszty komórki. Wewnętrzna błona posiada wiele białek przenośnikowych, które umożliwiają przepływ elektronów i umożliwiają zachodzenie łańcucha oddechowego.

2) analizuje na podstawie schematu przebieg glikolizy, reakcji pomostowej i cyklu Krebsa, wyróżnia substraty i produkty tych procesów;

etap	na czym polega	gdzie	produkty
Glikoliza	ciąg reakcji przekształcających jedną cząsteczkę glukozy w 2 cząsteczki pirogronianu z wytworzeniem ATP	cytozol	1 glukoza → 2 pirogronian + 2 ATP + 2NADH
Reakcja pomostowa	przekształcenie 2 cząsteczek pirogronianu w 2 cząsteczki acetylokoenzymu A (acetylo-CoA), powstaje także NADH i CO ₂	matrix mitochondrium	2 pirogronian → 2 acetylo - CoA + 2NADH i CO ₂
Cykl Krebsa	cykl przemian prowadzących do powstania 2 CO ₂ , 3 NADH, FADH ₂ , ATP	matrix mitochondrium	2 CO ₂ , 3 NADH, 1FADH ₂ , 2 ATP
Łańcuch oddechowy	przekazywanie elektronów i protonów uwolnionych w poprzednich etapach oddychania na NAD ⁺ i FAD	wewnętrzna błona mitochondrium	synteza ATP, H ₂ O

Glikoliza

- To seria 10 reakcji, które czerpią energię z glukozy poprzez dzielenie ją na dwiatrójwęglowe cząsteczki nazywane pirogronianami.

- Stanowi pierwszą fazę oddychania komórkowego.

- Nie wymaga tlenu.

- Zachodzi w cytozolu komórki.

Wiele organizmów beztlenowych też korzysta z tej ścieżki.

FAZA WYMAGAJĄCA ENERGII – INWESTYCJA

a) Dodajemy dwie grupy fosforanowe. Sprawiają one, że tak zmodyfikowany niestabilny cukier – teraz nazywany fruktozo-1,6-bisfosforanem – może podzielić się na pół i utworzyć dwatrójwęglowe cukry przenoszące fosforany.

Glukoza jest najpierw przekształcana w fruktozo-1,6-bisfosforan w serii etapów, które zużywają łącznie dwie cząsteczki ATP. Następnie, niestabilna fruktozo-1,6-bisfosforanowa dzieli się na dwie części

tworząc dwie trójwęglowe cząsteczki nazywane fosfodihydroksyacetonem i aldehydem-3-fosfoglicerynowym. Aldehyd-3-fosfoglicerynowy może kontynuować ścieżkę, a fosfodihydroksyaceton może być od razu przekształcony w aldehydu-3-fosfoglicerynowy.

MNEMOTECHNIKA

Glikoliza to 10 reakcji chemicznych z których pierwsza połowa reakcji wymaga inwestycji – (składki zrusz)

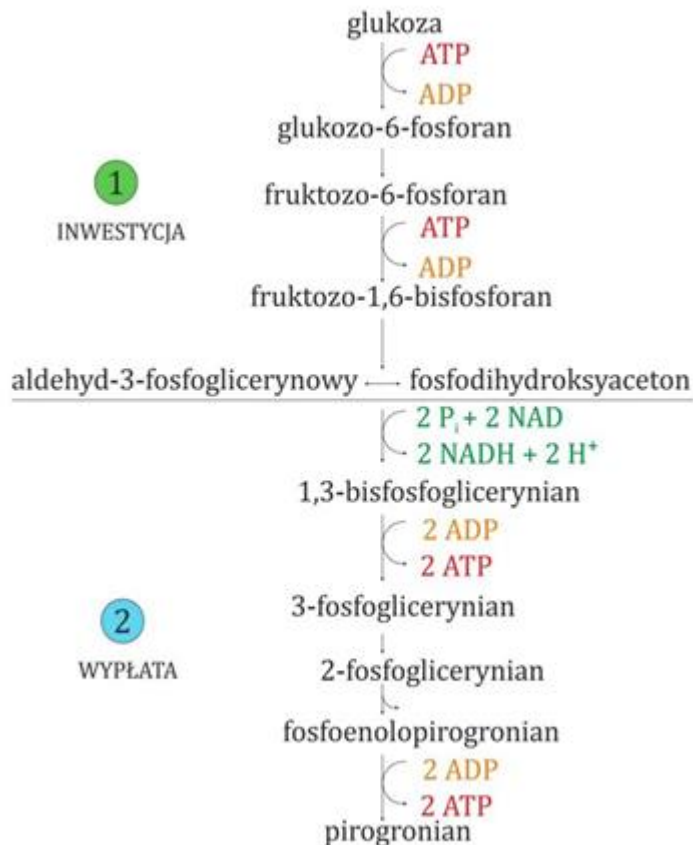
w postaci ATP a w drugiej części reakcji ATP się zwraca – (emertura).

Faza wypląty energii. W serii etapów, podczas których produkowane są dwie cząsteczki ATP i jedna NADH, cząsteczka aldehydu-3-fosfoglicerynowego jest przekształcana w cząsteczkę kwasu pirogronowego.

a) **Aldehyd-3-fosfoglicerynowy** i **fosfodihydroksyaceton** różnią się od siebie. **Tylko jeden z nich – aldehyd 3-fosfoglicerynowy – może wchodzić w następującą fazę.**

Jednakże, ten nieprzychylny

cukier **fosfodihydroksyaceton**, może być z łatwością przekształcony w bardziej przychylny, więc koniec końców oba zakańczają tę ścieżkę.



FAZA UWALNIAJĄCA ENERGIĘ – WYPŁATA

a) Każdy z **trójwęglowych cukrów**

przekształcany jest w kolejne trójwęglowe cząsteczki – **pirogroniany** – poprzez serię reakcji. **W tych reakcjach powstają dwie cząsteczki ATP i jedna cząsteczka NADH.**

MATURA

glikoliza

2 ATP inwestycja = 4 ATP zwrot

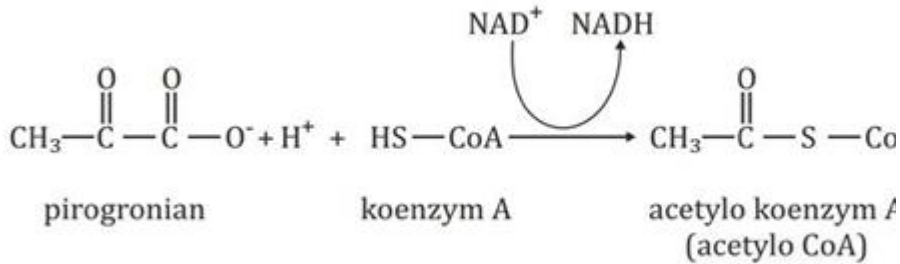
b) Faza ta zachodzi **dwa razy**. Raz na każde dwa trójwęglowe cukry. Łącznie powstają **cztery ATP i dwa NADH**.

c) Glikoliza przekształca **jedną sześciowęglową**

cząsteczkę **glukozy** w **dwie** trójwęglowe cząsteczki **kwasu pirogronowego**.

REAKCJA POMOSTOWA

- zachodzi w macierzy mitochondrialnej,
- polega na przekształceniu pirogronianu w acetylo-CoA (substrat w cyklu Krebsa) przy udziale kompleksu enzymów dehydrogenazy pirogronianowej.
- umożliwia powstawanie również wykorzystuje się w łańcuchu odd do środowiska.



a) **acetylo-CoA** (acetylokoenzym A) nazywany jest także aktywnym octanem zbudowany jest z:

- **koenzymu A** połączonego wiązaniem kowalencyjnym z grupą acetylową, **grupy acetylowej** ($\text{CH}_3\text{CO}-$) – grupy funkcyjnej pochodzącej od kwasu octowego

W organizmach żywych służy jako przenośnik **dwuwęglowych reszt acetylowych** $\text{CH}_3\text{CO}-$, które wiążą się do niego poprzez grupę tiolową ($-\text{SH}$).

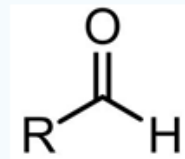
MNEMOTECHNIKA

acetylo-CoA = węzeł pomiędzy reakcjami metabolicznymi



MATURA

grupa acetylowa



CYKL KREBSA

Inaczej nazywany jest **cyklem kwasów trikarboksylowych** (trójwęglowe grupy w jego dwóch początkowych etapach) lub **cyklem kwasu cytrynowego**, co odnosi się do pierwszej cząsteczki, która powstaje podczas reakcji tego cyklu – *cytrynianu*. Ten z dodatkiem **protonu** przyjmuje formę *kwasu cytrynowego*.

- U **eukariontów**, cykl kwasu cytrynowego zachodzi **w matriks mitochondrialnej**, jak i transformacja pirogronianu w acetylo CoA.
- U **prokariontów** oba te etapy zachodzą w **cytozolu**.
- Cykl kwasu cytrynowego jest zamkniętą pętlą
- ostatnia część tej ścieżki odnawia cząsteczki użyte w pierwszym jego etapie

Reakcje zachodzące:

- **dekarboksylacja**, której efektem jest **uwalnianie CO₂**,
- **dehydrogenacja** z udziałem NAD,
- **dehydrogenacja** z udziałem FAD,
- **fosforylacja substratowa z udziałem GDP**

MNEMOTECHNIKA

DElete – coś usuwam

MATURA

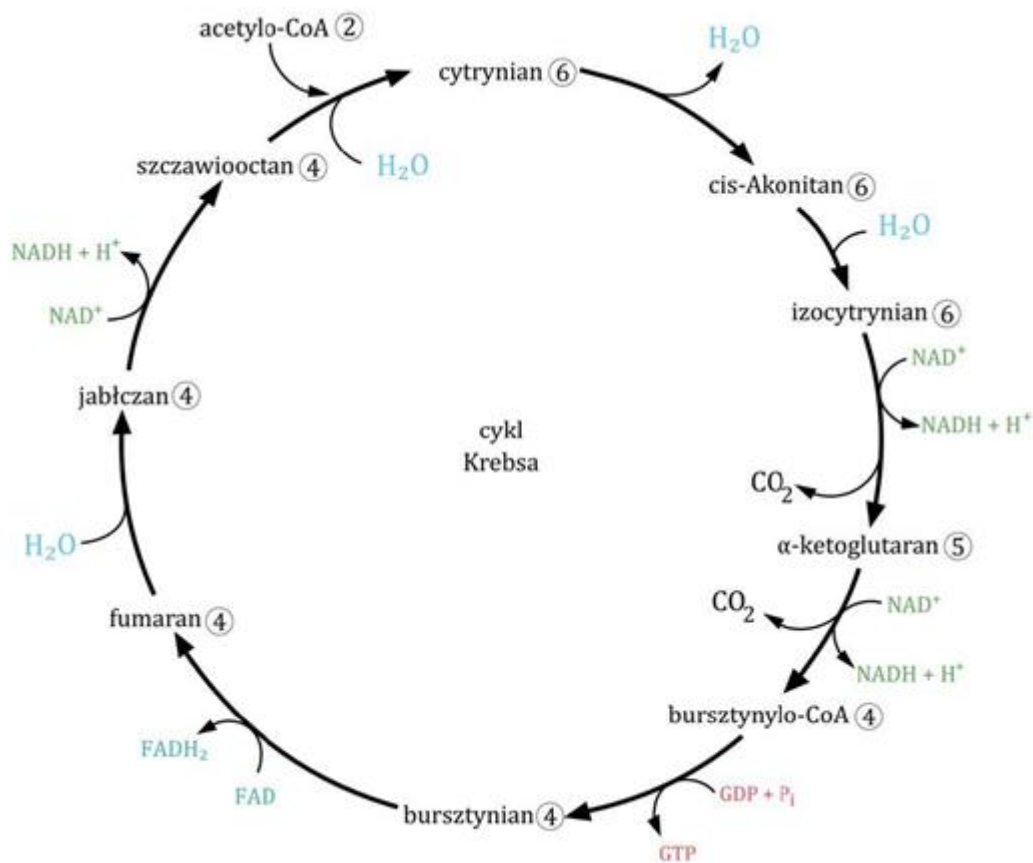
fosforylacja

substratowa – przeniesienie grupy fosforanowej z substratu wysokoenergetycznego na ADP

Etapy cyklu Krebsa

Acetylo-CoA łączy się z **czterowęglową** cząsteczką akceptorową – **szczawiooctanem**, by stworzyć sześciowęglową cząsteczkę zwaną **cytrynianem**. Po szybkiej zmianie rozkładu, ta sześciowęglowa cząsteczkę uwalnia dwa ze swoich węgli w postaci cząsteczek dwutlenku węgla w dwóch podobnych do siebie reakcjach, produkując za każdym razem cząsteczkę NADH. Enzymami katalizującymi te reakcje są kluczowe regulatory cyklu kwasu cytrynowego, które przyspieszają go lub spowalniają zależnie od zapotrzebowań energetycznych komórki.

Pozostawiona **czterowęglowa** cząsteczką **bursztynylo-CoA** przechodzi szeregu dodatkowych reakcji. Wpierw produkuje cząsteczkę ATP lub w niektórych komórkach podobną jej cząsteczkę GTP. Następnie, redukuje przenośnik elektronów FAD, aby w końcu wyprodukować kolejną cząsteczkę NADH. Ten zbiór reakcji regeneruje cząsteczkę wejściową (szczawiooctan), żeby cykl mógł się powtórzyć.



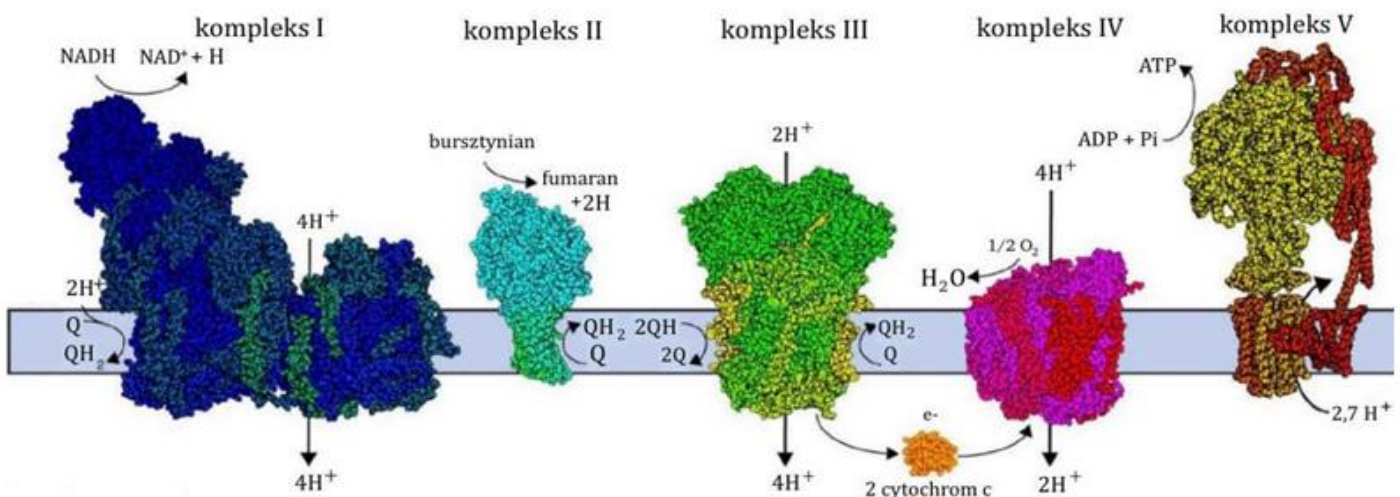
ŁAŃCUCH ODDECHOWY

W **błonę wewnętrzną mitochondrium** wbudowane są **kompleksyprzenośników wodorowych i elektronowych (białka)**:

- **oksydoreduktaza NADH-U** nazywana dehydrogenazą NADH (**kompleks I**),
U ssaków kompleks I jest **ogromnym enzymem** składającym się z 46 podjednostek.
- **dehydrogenaza bursztynianowa (kompleks II)** – **jedyny enzym** CykluKrebsa związany z wewnętrzną błoną mitochondrialną,
- **oksydoreduktaza Q-cytochrom c (kompleks III)** zawierająca **grupyprostetyczne** (hemy oraz Fe-S),
- **oksydaza cytochromu c (kompleks IV)** przenosząca przez błonę **cztery jony H⁺**, wspomagając powstawanie **potencjału chemiosmotycznego**,
- **syntaza ATP.**

Jest to **ostatnie białko** łańcucha oddechowego.

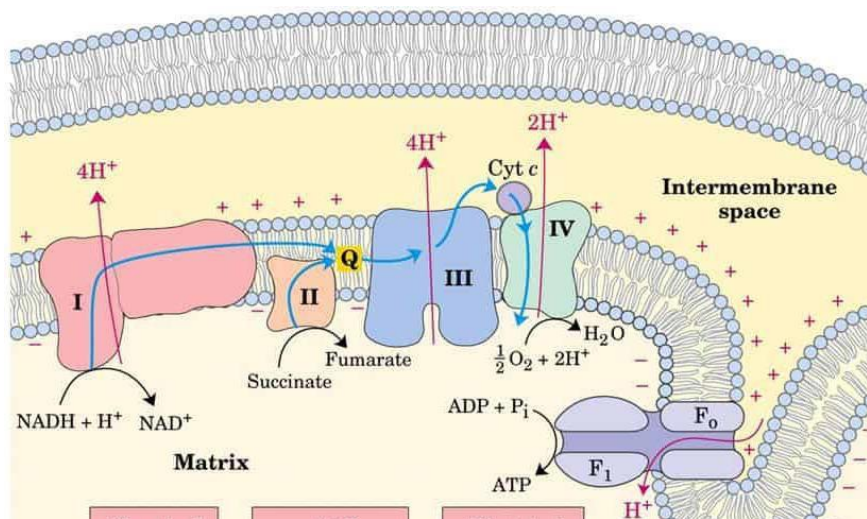
Połączone kompleksy I, III i IV tworzą **kompleks wielkocząsteczkowy(supramolekularny) – respirasom**. Ułatwia on **szybkie przeniesienie** elektronów ze zredukowanych substratów, a także **zapobiega uwalnianiu** pośrednich form reakcji.



Elektrony są transportowane pomiędzy danymi kompleksami przez **dwa specjalne nośniki elektronów**:

- **koenzym Q** (ubichinon redukuje się do ubichinolu) po przyłączeniu elektronów **swobodnie poruszający się w wewnętrznej błonie mitochondrialnej** (umożliwienie transportu elektronów między kompleksami białek łańcucha oddechowego),

Zredukowane nośniki elektronów (**NADH i FADH₂**) **przenoszą elektrony z innych etapów oddychania komórkowego do cząsteczek z początku łańcucha oddechowego.**



3) przedstawia, na czym polega fosforylacja substratowa;

fosforylacja substratowa – podczas glikolizy oraz cyklu Krebsa w procesie oddychania, reakcja chemiczna, rodzaj fosforylacji, w której reszta fosforanowa zostanie przeniesiona ze związku ufosforylowanego (substratu) bezpośrednio na ADP.

wysokoenergetyczny substrat organiczny + ADP → niskoenergetyczny produkt organiczny + ATP

- przyłączenie do ADP reszty P przeniesionej z cząsteczki wysokoenergetycznego substratu organicznego
- wykorzystywana energia uwolniona wskutek rozpadu wysokoenergetycznego wiązania łączącego P z substratem
- produktami są ATP i cząsteczka związku organicznego z mniejszą ilością energii
- w cytozolu komórki m.in. w procesach niewymagających obecności tlenu, etapach oddychania komórkowego - glikoliza, podczas fermentacji
- u beztlenowych heterotrofów stanowi jedyne źródło ATP.

4) wyjaśnia mechanizm powstawania ATP w procesie chemiosmozy w mitochondriach (fosforylacja oksydacyjna);

NA KOŃCU ŁAŃCUCHA ODDECHOWEGO JEST CIEKAWY ENZYMATPAZA UMOŻLIWIAJĄCY POWSTAWANIE ATP

Gdy jony H^+ migrują zgodnie z gradientem i wracają do matriks, przechodzą przez enzym zwany **syntazą ATP**, który wykorzystuje przepływ protonów do syntezy ATP.

MATURA

chemiosmoza –
przemieszczenie protonów przez błony białko-lipidowe umożliwiające wytworzenie ATP z ADP i Pi przy udziale gradientu protonowego

MNEMOTECHNIKA

Syntaza ATP jest jak koło wodne. Woda umożliwia poruszanie się koła w jednym kierunku tak jak protony nie mogą przemieścić się w drugą stronę ponieważ łańcuchy boczne reszt aminokwasowych w pierścieniu białka c odpychają zwiany proton w kanale wejście są do niego dopasowane i w drug stronę byłoby to energetycznie niekorzystne.





wnęka hydrofilowa po stronie przestrzeni międzybłonowa

wnęka hydrofilowa po stronie cytoplazmy



A) transport elektronów (obdarzonych dużą energią) przez przENOŚNIKI w błonie, która zostaje wykorzystana przez pompy protonowe do transportu protonów wbrew gradientowi stężeń przedziału 1 (matrix mitochondrium,) do przedziału 2 (przestrzeni międzybłonowej przez błonę wewnętrzną mitochondrium,)

B) wysokie wartości stężenia protonów w przedziale 2 → protony przepływają do przedziału 1 zgodnie z gradientem stężeń przez kanał syntazy ATP → powstaje ATP

- przENOŚNIKI w wewnętrznej błonie mitochondrium
- rola syntazy ATP

5) porównuje drogi przemiany pirogronianu w fermentacji alkoholowej, mleczanowej i w oddychaniu tlenowym;

- **omawia przebieg poszczególnych etapów fermentacji, określa warunki, w których zachodzi fermentacja, analizuje przebieg fermentacji alkoholowej mlekowej**

Fermentacja to proces, który podobnie jak oddychanie beztlenowe, zachodzi w warunkach beztlenowych. **Przeprowadzają ją niektóre bakterie** np. mlekowe, **grzyby** (w tym drożdże), **protisty zwierzęce** zasiedlające przewody pokarmowe zwierząt (np. orzęski) lub **Pasożyty przewodu pokarmowego człowieka** np. tasiemiec czy glista ludzka. W procesie tym nie zachodzi cykl Krebsa i reakcje łańcucha oddechowego, a końcowym akceptorem elektronów z NADH jest **związek organiczny – pirogronian ($\text{CH}_3\text{COCO}_2\text{H}$) lub aldehyd octowy (CH_3CHO)**. Pomimo zbliżonych warunków środowiskowych, w jakich zachodzą oba procesy, nie należy ze sobą mylić oddychania beztlenowego i fermentacji.

Fermentacja zachodzi na terenie cytozolu i składa się dwóch etapów: **glikolizy i redukcji**. W czasie glikolizy glukoza ulega utlenieniu do dwóch cząsteczek pirogronianu. Rolę utleniacza pełni NAD⁺, który ulega redukcji do NADH. W wyniku fosforylacji substratowej podczas glikolizy powstają netto **dwie cząsteczki ATP**. Ponieważ w czasie fermentacji reakcje łańcucha oddechowego nie zachodzą, powstające podczas glikolizy zredukowane cząsteczki NADH nie mogą z jego udziałem ulec regeneracji (tzw. reoksydacji) do wyjściowej formy NAD⁺. Aby glikoliza zachodziła nieprzerwanie, konieczne jest zatem oddanie elektronów z NADH na alternatywny akceptor. W przypadku fermentacji jest to pirogronian lub jego pochodne. W ten sposób pula dostępnych cząsteczek NAD⁺ wzrasta i utlenianie kolejnych cząsteczek glukozy może być kontynuowane.

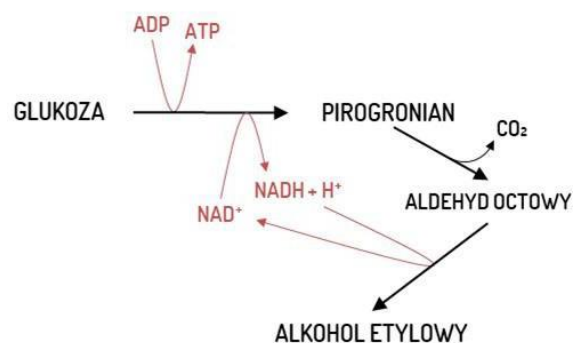
Wyróżnia się wiele rodzajów fermentacji, które różnią się produktem, jaki ostatecznie powstaje w czasie redukcji pirogronianu. Do najbardziej powszechnych należą **fermentacja alkoholowa i mleczanowa**, które znajdują szerokie zastosowanie w przemyśle spożywczym.

fermentacja alkoholowa

Zachodzi głównie u *drożdży* w warunkach beztlenowych. Dzięki temu procesowi mogą produkować ATP poprzez fosforylację substratową zachodzącą podczas glikolizy. **Pirogronian** będący jej końcowym produktem ulega dekarboksylacji do aldehydu octowego, który następnie jest redukowany do **etanolu** (alkoholu etylowego). Dzięki temu NADH utlenia się do NAD⁺, który ponownie może być wykorzystywany w czasie glikolizy.

Podczas fermentacji alkoholowej, w wyniku dwuetapowej przemiany pirogronianu **powstaje końcowy produkt – etanol (alkoholu etylowego)**, od którego pochodzi nazwa procesu. Początkowo pirogronian ulega dekarboksylacji, w czasie której od jego cząsteczki zostaje odłączony dwutlenek węgla. W rezultacie powstaje dwuwęglowa cząsteczka aldehydu octowego. Następnie aldehyd octowy ulega redukcji do etanolu za pomocą NADH, który tym samym ulega utlenieniu do NAD⁺. Regeneracja NAD⁺ umożliwia kontynuację glikolizy i utlenienie następnej cząsteczki glukozy. Fermentację alkoholową przeprowadzają głównie grzyby, np. drożdże (m. in. *Saccharomyces cerevisiae*) i nieliczne bakterie.

Fermentacja alkoholowa:



Sumaryczna reakcja fermentacji alkoholowej:

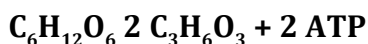


glukoza 2 cząsteczki etanolu + 2 cząsteczki dwutlenku węgla (II) + 2cząsteczki ATP

fermentacja mleczanowa

W przypadku **fermentacji mleczanowej** podczas redukcji pirogronianu powstaje jednoetapowo **mleczan** będący **zjonizowaną formą kwasu mlekowego**. Ten rodzaj fermentacji przeprowadzany jest przez niektóre bakterie i grzyby. Organizmy te są wykorzystywane w przemyśle mleczarskim przy produkcji jogurtów i serów, a także do domowych kiszzonek (ogórków kiszonych, kapusty kiszonej i zsiadłego mleka).

Sumaryczna reakcja fermentacji mleczanowej:



glukoza 2 cząsteczki mleczanu + 2 cząsteczki ATP

Jogurt produkowany jest dzięki fermentacji mleczanowej przeprowadzanej przez bakterie z rodzaju *Lactobacillus*. **mleczan** – to jonowa forma kwasu mlekowego

- określa zysk energetyczny procesów beztlenowych

Oddychanie beztlenowe zachodzi w cytozolu. W wyniku tego oddychania, którego substratem jest glukoza, z jej jednej cząsteczki uzyskiwane są 2 cząsteczki ATP.

- wyjaśnia, dlaczego łańcuch oddechowy zachodzi wyłącznie w warunkach tlenowych

- porównuje oddychanie tlenowe, oddychanie beztlenowe i fermentację

cecha	oddychanie tlenowe	oddychanie beztlenowe	fermentacja
źródło elektronów	związek organiczny	związek organiczny	związek organiczny
produkty oddychania	CO ₂ , H ₂ O, ATP	CO ₂ , związek nieorganiczny, ATP	związek organiczny
ostateczny akceptor elektronów	O ₂	związek nieorganiczny	związek organiczny
lokalizacja procesu w komórce	cytoplazma oraz wpuklenia błony komórkowej/ <u>mitochondrium</u>	cytoplazma i wpuklenia błony komórkowej	cytoplazma
wydajność energetyczna	38 cząsteczek ATP	15 – 25 ATP	2 cząsteczki ATP

6) wyjaśnia, dlaczego utlenianie substratu energetycznego w warunkach tlenowych dostarcza więcej energii niż w warunkach beztlenowych;

- w oddychaniu beztlenowym jedynym etapem służącym do produkcji ATP jest glikoliza. W oddychaniu tlenowym, oprócz glikolizy zysk energetyczny przynoszą jeszcze 2 etapy (cykl Krebsa i, przede wszystkim, łańcuch oddechowy).
- w oddychaniu beztlenowym produkty są mniej utlenione – czyli są bardziej złożonymi związkami, niż w przypadku oddychania tlenowego. Jeśli energia pozyskiwana jest w procesie utleniania, im bardziej utlenimy jakąś cząsteczkę, tym więcej energii na tym zyskamy

7) analizuje na podstawie schematu przebieg glikogenolizy i wykazuje związek tego procesu z pozyskiwaniem energii przez komórkę.

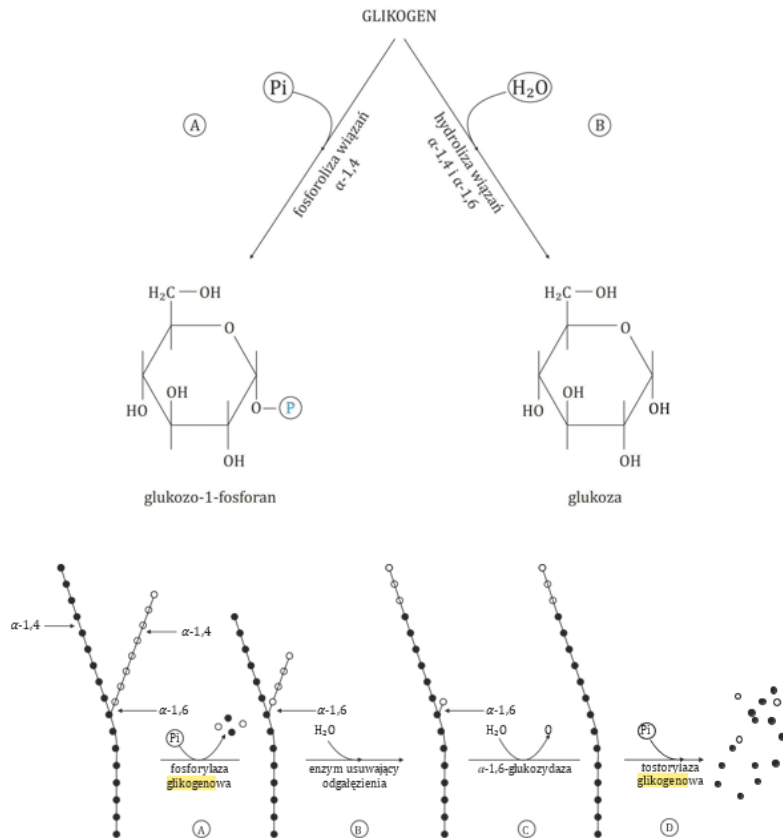
ROZKŁAD GLIKOGENU

- Rozkład glikogenu w **wątrobie** i **mięśniach** nazywany jest **glikogenolizą**.
- *Nie jest odwróceniem jego syntezy.*
- Jest katalizowany przez inne enzymy.

a) **usuwanie rozgałęzień**

Dominującym mechanizmem w rozkładzie glikogenu jest **fosforoliza wiązań α -1,4**. Wspomagającym procesem jest **hydrolityczny rozkład wiązań α - 1,6** występujących w miejscu rozgałęzień cząsteczki glikogenu.

- Hydrolityczny rozpad wiązań α -1,4 ma niewielki udział w degradacji glikogenu. Produktem



fosforolizy jest glukozy-1-fosforan, a produktem hydrolizy jest wolna glukoza.

- A – fosforoliza łańcucha rozgałęzionego,
- B – usuwanie wiązań,
- C – odłączenie wolnej glukozy poprzez hydrolizę wiązania α -1,6,
- d – doszczętna fosforoliza łańcucha prostego.

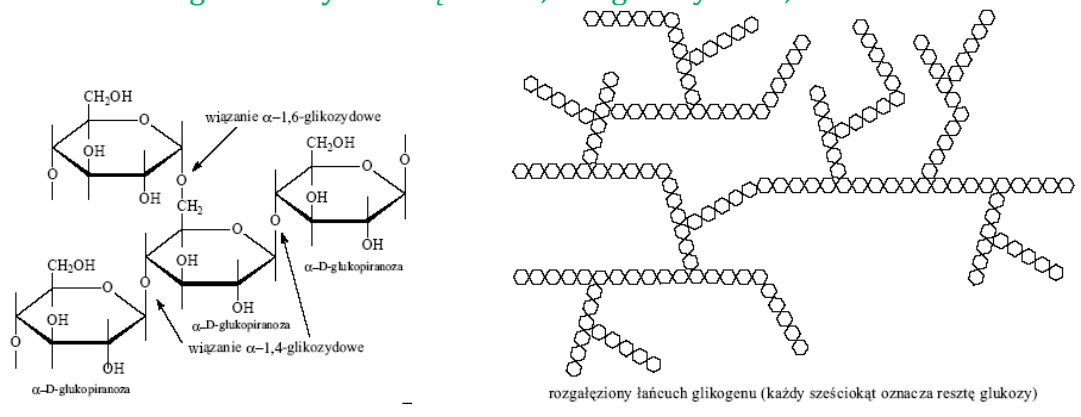
- może szybko dostarczyć organizmowi glukozę lub jej fosforan w odpowiedzi na nagłe zapotrzebowanie na energię.

- I. rozerwanie wiązań glikozydowych w glikogenie
- II. fosforylacja glukozy do glukozy 1-fosforanu
- III. glukoza 1-fosforan \rightarrow glukoza 6-fosforan
- IV. glukoza 6-fosforan \rightarrow defosforylacja \rightarrow glukoza



Rozgałęzienia są usuwane przy udziale „enzymów usuwających odgałęzienia: transferaza glukanowa i amylo- α 1,6glukozydaza

*glikogen): u zwierząt i grzybów, u czł. (wątroba, mięśnie), łańcuch gl. - wiązania 1,4- α - glikozydowe, rozgałęzienia co 8-12 reszt glukozywych - wiązania 1,6- α - glikozydowe,

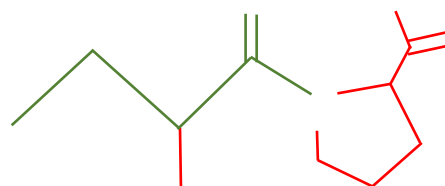


Przykładowe zadanie autorskie

Punktem zwrotnym w historii leczenia nadciśnienia tętniczego krwi było odkrycie inhibitorów konwertazy angiotensyny (ACEI) podczas badań nad jadem niebezpiecznego o nazwie *Bothrops jaraca* na przełomie lat 40. i 50. XX wieku. ACEI hamują aktywność enzymu, który przekształca angiotensynę I w angiotensynę II i hydrolizuje bradykininę. Angiotensyna II działa na naczynia obwodowe tak samo jak adrenalina, zaś bradykininy wykazuje działanie odwrotne.

(Alster, Friedman, 2016)

Fotografia przedstawia węża *Bothrops jaraca* (Żararaka pospolita). Na schemacie widoczny jest związek ACEI. Kolorem zielonym zaznaczono sekwencję wyizolowaną z jadu żararaki.



1.1 (0-1) Wyjaśnij, w jaki sposób ACEI doprowadzają do obniżenia ciśnienia tętniczego krwi.

.....

.....

.....

.....

1.1

1 p. – za prawidłowe wyjaśnienie uwzględniające: 1) wpływ ACEI na stężenie angiotensyny II/bradykininy oraz ich funkcję 2) rozszerzenie naczyń krwionośnych (obwodowych) 3) zmniejszenie oporu naczyniowego 4) spadek ciśnienia tętniczego krwi

0 p. – za każdą inną odpowiedź lub za brak odpowiedzi.

Odpowiedź:

- ACEI doprowadzają do wzrostu stężenia bradykininy we krwi, zaś związek ten rozszerza naczynia krwionośne, co prowadzi do spadku oporu naczyniowego, a więc i ciśnienia krwi.

- ACEI doprowadzają do spadku stężenia angiotensyny II we krwi, zaś związek ten kurczy naczynia krwionośne. Skutkiem tego procesu jest rozszerzenie naczyń krwionośnych obwodowych, spadek oporu naczyniowego i ciśnienia krwi.

UWAGA: dopuszczalna jest odpowiedź, w której zdający odwoła się do zmniejszonego wydzielania aldosteronu, które doprowadzi do zmniejszenia objętości krwi.

Komentarz: stosowanie ACEI doprowadza do spadku stężenia angiotensyny II i aldosteronu (układ RAA) oraz wzrostu stężenia bradykininy. Angiotensyna II kurczy obwodowe naczynia krwionośne, aldosteron prowadzi do zatrzymania wody w organizmie, zaś bradykininy rozkurcza naczynia krwionośne. Rozkurcz naczyń krwionośnych (tak samo jak spadek objętości krwi) z powodu spadku oporu naczyniowego prowadzi do spadku ciśnienia krwi.

1.2 (0-1) Rozstrzygnij, jak na aktywność reniny (zwiększenie/zmniejszenie) wpływa stosowanie ACEI. Odpowiedź uzasadnij.

.....

.....

.....

.....

1.2

1 p. – za prawidłowe rozstrzygnięcie (zwiększenie) oraz uzasadnienie odnoszące się do wpływu ACEI na regulację układu RAA.

0 p. – za każdą inną odpowiedź lub za brak odpowiedzi.

Odpowiedź:

- Stosowanie ACEI doprowadza do zwiększenia aktywności reniny, ponieważ jej wydzielanie nie jest hamowane z powodu niskiego stężenia aldosteronu.
- Zwiększenie, ponieważ niskie stężenie aldosteronu wynikające z działania leku jest czynnikiem pobudzającym wydzielanie reniny.

Komentarz: ACEI ingerują w układ RAA. Pierwszym jego elementem jest renina, która rozpoczyna przemianę angiotensyny, zaś angiotensyna II pobudza wydzielanie aldosteronu. Wydzielanie aldosteronu jest regulowane na zasadzie sprzężenia zwrotnego ujemnego. W przypadku zastosowania ACEI stężenie aldosteronu utrzymuje się na niskim poziomie, co sprawia że wydzielanie reniny nie jest hamowane.

1.3 (0-1) Podkreśl w każdym nawiasie właściwe określenie.

W cząsteczce ACEI (jest/nie jest) obecne wiązanie peptydowe. Łuski *Bathrops jaraca* są wytworem (naskórka/skóry właściwej). Działanie wazopresyny prowadzi do (spadku/wzrostu) ciśnienia tętniczego krwi.

1.3

1 p. – za podkreślenie trzech prawidłowych określeń.

0 p. – za każdą inną odpowiedź lub za brak odpowiedzi.

Odpowiedź:

W cząsteczce ACEI (jest/**nie jest**) obecne wiązanie peptydowe. Łuski *Bathrops jaraca* są wytworem (**naskórka**/skóry właściwej). Działanie wazopresyny prowadzi do (spadku/**wzrostu**) ciśnienia tętniczego krwi.

Komentarz:

1. Nie jest to wiązanie peptydowe, ponieważ atom azotu nie posiada przyłączonego atomu wodoru.
2. Łuski gadów są wytworem naskórka.
3. Wazopresyna doprowadza do wzrostu objętości krwi, ma także działanie kurczące naczynia krwionośne – oba te procesy prowadzą do wzrostu ciśnienia tętniczego krwi.

1.4 (0-1) Oceń czy poniższe stwierdzenia są prawdziwe czy fałszywe.

1.	Stosowanie ACEI może doprowadzić do obniżenia stężenia potasu we krwi.	P	F
2.	Adrenalina kurczy wszystkie naczynia krwionośne.	P	F
3.	Hormony tarczycy nie mają wpływu na ciśnienie tętnicze krwi.	P	F

- 1.4**
2 p. – za wybranie trzech prawidłowych odpowiedzi
1 p. – za wybranie dwóch prawidłowych odpowiedzi
0 p. – za wybranie jednej prawidłowej odpowiedzi lub za brak odpowiedzi.

Odpowiedź:

FFF

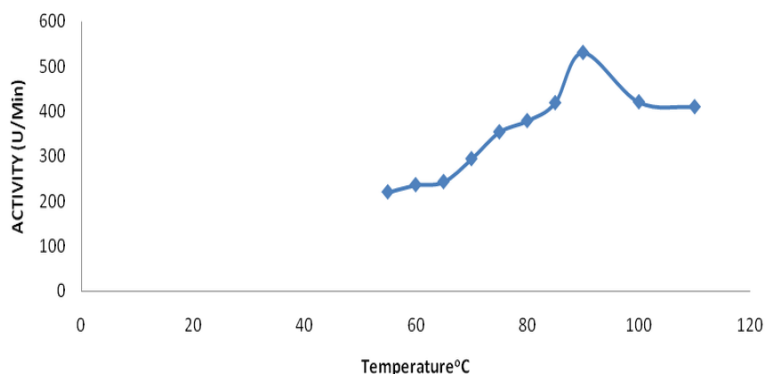
Komentarz:

1. ACEI zmniejszają stężenie aldosteronu we krwi, zaś hormon ten pobudza usuwanie jonów potasu z organizmu.
2. Adrenalina kurczy obwodowe naczynia krwionośne.
3. Działanie hormonów tarczycy prowadzi między innymi do przyspieszenia akcji serca, co sprawia że ciśnienie krwi podnosi się.

Przykładowe zadanie autorskie

Papaina to proteaza otrzymywana z mlecza zielonych owoców i liści melonowca właściwego (*Carica papaya*). Papaina wytwarzana jest w postaci białka prekursorowego składającego się z 345 reszt aminokwasów. Elementami dojrzałego białka są reszty aminokwasów od 134 do 345 (licząc od pierwszej reszty aminokwasowej białka prekursorowego). Optymalne pH dla działania papainy jest zawarte w zakresie 5,0-8,0.

Poniższy wykres przedstawia zależność aktywności papainy od temperatury. Na fotografii przedstawiono melonowca właściwego.



2.1 (0-1) Sformułuj wniosek dotyczący optimum temperaturowego dla działania papainy.

.....

.....

.....

.....

22.1

1 p. – za prawidłowe sformułowanie wniosku.

0 p. – za każdą inną odpowiedź lub za brak odpowiedzi.

Odpowiedź:

- Papaina działa optymalnie w temperaturze 90°C.
- Optimum temperaturowe papainy to 90°C.

Komentarz: wniosek jest stwierdzeniem, które można sformułować na podstawie analizy przedstawionych danych. Możemy zaobserwować, że najwyższą aktywność enzymu stwierdzono w temperaturze 90°C.

2.2 (0-1) Oceń czy poniższe stwierdzenia są prawdziwe czy fałszywe.

1.	Papaina wykazuje inne właściwości niż typowe enzymy proteolityczne.	P	F
2.	<i>Carica papaya</i> należy do roślin okrytonasiennych.	P	F

- 2.2**
1 p. – za wybranie dwóch prawidłowych odpowiedzi
0 p. – za wybranie jednej prawidłowej odpowiedzi lub za brak odpowiedzi.

Odpowiedź:

PP

Komentarz:

1. Papaina jest aktywna w temperaturze, w której typowy enzym uległby denaturacji.
2. Roślina ta wytwarza owoce, jest zatem okrytonasienna.

2.3 (0-1) Określ, ile nukleotydów obecne jest we fragmencie mRNA, którego translacja prowadzi do powstania części białka prekursorowego papainy, która tworzy dojrzałe białko. Nie uwzględniaj kodonu STOP.

.....

.....

.....

.....

- 1 p.** – za podanie prawidłowej odpowiedzi.
0 p. – za każdą inną odpowiedź lub za brak odpowiedzi.

Odpowiedź:

- 636

Komentarz: część białka prekursorowego papainy, która tworzy dojrzałe białko, składa się z 212 reszt aminokwasów. Każdy aminokwas kodowany jest przez jeden kodon, zaś każdy kodon składa się z 3 nukleotydów co daje 636 nukleotydów.

2.4 (0-1) Rozstrzygnij, w miejscu działania którego enzymu trawiennego człowieka (trypsyny/pepsyny) może być aktywna papaina. Odpowiedź uzasadnij.

.....

.....

.....

.....

2.4

1 p. – za prawidłowe rozstrzygnięcie (trypsyny) oraz uzasadnienie odnoszące się do optymalnego pH dla tego enzymu.

0 p. – za każdą inną odpowiedź lub za brak odpowiedzi.

Odpowiedź:

- Trypsyny, ponieważ działa ona w lekko zasadowym środowisku panującym w dwunastnicy.
- Trypsyny, ponieważ optymalne dla tego enzymu jest pH lekko wyższe od 7.

Komentarz: pepsyna jest enzymem działającym w żołądku, którego sok ma pH około 2, zaś trypsyna działa w dwunastnicy, której sok ma pH około 8.