NOTATKA MATURALNA · ROZDZIAŁ 3

Energia i metabolizm

III. Energia i metabolizm: metabolizm, przenośniki energii i elektronów, enzymy, fotosynteza, pozyskiwanie energii użytecznej biologicznie (podstawa programowa, zakres rozszerzony)

Notatka dla ucznia przygotowana do matury z biologii na poziomie rozszerzonym (podstawa programowa 2024, Dz.U. 2024 poz. 1019). Oryginalne opracowanie – nie jest materiałem Centralnej Komisji Egzaminacyjnej. Do użytku własnego ucznia.

Metabolizm i ATP

Szlak metaboliczny to ciąg reakcji, w którym produkt jednej reakcji jest substratem następnej (glikoliza, glukoneogeneza). **Cykl** to szlak, w którym ostatni etap odtwarza związek wchodzący do pierwszej reakcji: w cyklu Krebsa szczawiooctan, w cyklu Calvina RuBP.

- **Anabolizm** – synteza związków złożonych z prostszych, reakcje endoergiczne, zwykle redukcje (cykl Calvina, glukoneogeneza, synteza glikogenu).
- **Katabolizm** – rozkład związków złożonych, reakcje egzoergiczne, zwykle utlenianie (glikoliza, cykl Krebsa, fermentacje).
- Oba kierunki łączą ATP i przenośniki elektronów: katabolizm je „ładuje", anabolizm zużywa.

ATP to nukleotyd: adenina, ryboza i trzy reszty fosforanowe połączone wiązaniami bezwodnikowymi. Hydroliza ATP → ADP + P_i jest **egzoergiczna** i napędza reakcje endoergiczne, transport aktywny i ruch. ATP jest **przenośnikiem**, a nie magazynem energii: jest go w komórce mało i stale się odtwarza, a energię na dłużej gromadzą glikogen, skrobia i tłuszcze.

Przenośniki elektronów

Utlenianie substratu to oddanie elektronów, redukcja to ich przyjęcie. Przenośniki odbierają elektrony w jednych procesach i oddają w innych.

Przenośnik	Forma zredukowana	Gdzie powstaje	Gdzie jest utleniana
NAD^+	$NADH + H^+$	glikoliza, reakcja pomostowa, cykl Krebsa	łańcuch oddechowy; fermentacje (redukcja pirogronianu lub aldehydu octowego)
FAD	$FADH_2$	cykl Krebsa (utlenianie bursztynianu)	łańcuch oddechowy
$NADP^+$	$NADPH + H^+$	faza zależna od światła (PS I)	cykl Calvina (redukcja PGA)

Enzymy: budowa i kataliza

- Większość enzymów to białka. **Holoenzym** = **apoenzym** (część białkowa) + **kofaktor**: jon metalu albo związek organiczny. **Koenzym** wiąże się luźno (NAD^+), **grupa prostetyczna** trwale (FAD w dehydrogenazie bursztynianowej).
- **Centrum aktywne** tworzy kilka reszt aminokwasów, które zbliża struktura III-rzędowa białka, choć w łańcuchu mogą leżeć daleko od siebie.
- Enzym tworzy z substratem kompleks E–S i **obniża energię aktywacji**. Nie zmienia bilansu energetycznego reakcji ani położenia równowagi, tylko przyspiesza jej osiągnięcie, i wychodzi z reakcji niezmieniony.
- **Swoistość substratowa** wynika z dopasowania kształtu i ładunków centrum aktywnego do substratu (model indukowanego dopasowania).
- Proteinaza hydrolizuje wiązania peptydowe i rozkłada łańcuch na krótsze peptydy i aminokwasy.

Enzymy: regulacja i czynniki

- **Inhibitor kompetycyjny** przypomina substrat i wiąże się w centrum aktywnym; jego działanie słabnie, gdy rośnie stężenie substratu. **Niekompetycyjny** wiąże się poza centrum aktywnym i obniża V_{max}. **Enzymy allosteryczne** mają miejsca regulatorowe dla aktywatorów i inhibitorów. Inhibicja nieodwracalna to trwałe zablokowanie enzymu.
- **Ujemne sprzężenie zwrotne:** produkt końcowy szlaku hamuje enzym jednego z pierwszych etapów, więc szlak zwalnia, gdy produktu jest dość. Gdy produktu ubywa, hamowanie ustępuje. Przykład: glikoliza przyspiesza przy niedoborze ATP, a zwalnia przy jego nadmiarze.

Czynnik	Skutek dla szybkości reakcji
temperatura	wzrost do optimum – szybsze zderzenia cząsteczek; powyżej optimum – denaturacja, zmiana kształtu centrum aktywnego
pH	zmienia jonizację reszt aminokwasów, więc kształt i działanie centrum aktywnego
stężenie substratu	szybkość rośnie, aż wszystkie centra aktywne są zajęte (nasycenie, V_{max}); dalej prawie się nie zmienia

Doświadczenia z enzymami

Podstawa wymienia katalazę (rozkład H_2O_2 do wody i tlenu) i proteinazę (trawienie białka). Na maturze oceniana jest metodologia.

- **Próba kontrolna z przegotowanym ekstraktem** pokazuje, że efekt daje aktywny, niezdenaturowany enzym, a nie inne składniki ekstraktu. **Próba z wodą** wyklucza samorzutny przebieg zjawiska.
- **Temperaturę optymalną** można wskazać tylko po zbadaniu szeregu temperatur po obu stronach maksimum, i to jako przedział między sąsiednimi pomiarami. Dwa pomiary pozwalają tylko stwierdzić, w której temperaturze aktywność była wyższa.
- Hipoteza jest zdaniem twierdzącym o zmiennej niezależnej; problem badawczy ma formę pytania.
- Odchylenie standardowe liczysz ze wzoru z karty CKE (dzielenie przez n): $\sigma = \sqrt{[\Sigma(x_i - \bar{x})^2 / n]}$. Zapisz tok obliczeń i jednostkę.
- W doświadczeniach z masą roślin używa się suchej masy, bo zawartość wody w świeżej masie jest zmienna i zniekształca wniosek o związkach organicznych. Sucha masa zawiera też składniki mineralne.

Fotosynteza: faza zależna od światła

- **Chloroplast:** w tylakoidach (grana) są barwniki, fotosystemy, łańcuch transportu elektronów i syntaza ATP, w stromie enzymy cyklu Calvina (RuBisCO), DNA i rybosomy. Duża powierzchnia błon tylakoidów oznacza dużo fotosystemów.
- **Barwniki:** chlorofil a tworzy centra reakcji, chlorofil b i karotenoidy to barwniki antenowe, które poszerzają zakres pochłanianego światła. Karotenoidy chronią też przed uszkodzeniami fotooksydacyjnymi. Centra reakcji to P680 (PS II) i P700 (PS I).
- **Fotofosforylacja niecykliczna:** H_2O → PS II → plastochinon → kompleks cytochromów b_6f → plastocyjanina → PS I → ferredoksyna → reduktaza $NADP^+$ → NADPH. **Fotoliza wody** uzupełnia elektrony PS II i uwalnia O_2 oraz H^+ do wnętrza tylakoidu.
- **Chemiosmoza:** transport elektronów przez kompleks b_6f wpompowuje H^+ ze stromy do wnętrza tylakoidu, więc wnętrze ma niższe pH niż stroma (lekko zasadowa, ok. 8). H^+ wracają do stromy przez syntazę ATP i w stromie powstaje ATP.
- Produkty fazy: ATP i NADPH (**siła asymilacyjna**) oraz O_2.

Fotosynteza: cykl Calvina

Etap	Co zachodzi	Zużycie
karboksylacja	RuBisCO przyłącza CO_2 do RuBP (C_5); powstają 2 cząsteczki PGA (C_3)	–
redukcja	PGA → aldehyd 3-fosfoglicerynowy (triozofosforan)	ATP i NADPH
regeneracja	z 5 cząsteczek triozofosforanu odtwarzane są 3 cząsteczki RuBP	tylko ATP

- Na 1 CO_2 zużywane są 3 ATP i 2 NADPH. Sześć obrotów cyklu daje nadwyżkę triozofosforanów równoważną jednej heksozie.
- Faza zależna od światła: substraty H_2O, ADP, P_i, $NADP^+$; produkty O_2, ATP, NADPH. Cykl Calvina: substraty CO_2, ATP, NADPH; produkty triozofosforany, ADP, P_i, $NADP^+$.
- Po odcięciu CO_2 przy stałym świetle ustaje karboksylacja: RuBP przestaje być zużywany, a nadal jest odtwarzany, więc jego stężenie rośnie, a PGA maleje.

Podgląd • Pierwsza Ławka

Oddychanie tlenowe

Etap	Miejsce	Bilans na 1 glukozę
glikoliza	cytozol	2 pirogronian, 2 ATP netto, 2 NADH
reakcja pomostowa	macierz mitochondrium	2 acetylo-CoA, 2 CO_2, 2 NADH
cykl Krebsa	macierz mitochondrium	4 CO_2, 6 NADH, 2 $FADH_2$, 2 ATP (GTP)
łańcuch oddechowy i fosforylacja oksydacyjna	wewnętrzna błona mitochondrium (grzebienie)	$O_2 \rightarrow H_2O$; większość ATP

- **Chemiosmoza w mitochondrium:** elektrony z NADH i $FADH_2$ płyną przez kompleksy łańcucha oddechowego do O_2 (ostateczny akceptor). Energia przepływu służy do pompowania H^+ z macierzy do przestrzeni międzybłonowej. H^+ wracają do macierzy przez syntazę ATP i napędzają syntezę ATP.
- Zysk teoretyczny: ok. 30–32 ATP z glukozy (zależnie od przenoszenia NADH z cytozolu).

Fosforylacja substratowa i fermentacje

Fosforylacja substratowa to przeniesienie reszty fosforanowej z wysokoenergetycznego związku pośredniego na ADP przez enzym (glikoliza, cykl Krebsa). Nie wymaga błon ani gradientu H^+ i zachodzi także bez tlenu.
Fosforylacja oksydacyjna i **fotofosforylacja** to synteza ATP napędzana gradientem H^+ przez syntazę ATP.

	Fermentacja alkoholowa	Fermentacja mleczanowa	Oddychanie tlenowe
Akceptor elektronów z NADH	aldehyd octowy	pirogronian	O_2 (przez łańcuch oddechowy)
CO_2	tak	nie	tak
ATP z glukozy	2	2	ok. 30–32

Fermentacja służy **regeneracji NAD^+**, bez którego glikoliza by stanęła. W przemianie pirogronianu w etanol lub mleczan ATP nie powstaje, a zysk jest mały, bo produkt nadal zawiera dużo energii. Przy pełnym utlenieniu glukozy do CO_2 elektrony z NADH trafiają na tlen i powstaje wielokrotnie więcej ATP.

Glikogenoliza i glukoneogeneza

- **Glikogenoliza** – fosforoliza glikogenu do glukozo-1-fosforanu (potem glukozo-6-fosforanu). W wątrobie glukozo-6-fosfataza uwalnia glukozę do krwi. Mięśnie nie mają tego enzymu, więc ich glikogen zasila tylko własną glikolizę.
- **Glukoneogeneza** (głównie wątroba) – synteza glukozy z mleczanu, glicerolu i aminokwasów glukogennych. Nie jest prostym odwróceniem glikolizy: jej nieodwracalne etapy omijają inne enzymy. Zużywa energię (6 ATP/GTP na glukozę z 2 pirogronianów).
- Oba procesy w wątrobie utrzymują stężenie glukozy we krwi między posiłkami (glukagon pobudza, insulina hamuje).
- **Cykl Corego:** mleczan z mięśni → wątroba → glukoza → mięśnie. Bilans na 1 glukozę: +2 ATP w mięśniu, −6 w wątrobie, razem −4 ATP.
- Jednoczesny przebieg obu szlaków byłby cyklem jałowym (bez produktu, ze zużyciem ATP); różne enzymy można regulować przeciwstawnie.

Słowa kluczowe z zasad oceniania

Polecenie / temat	Co musi paść w odpowiedzi, żeby dostać punkt
Wyjaśnij chemiosmozę	skąd i dokąd pompowane są H^+, powstanie gradientu, powrót H^+ przez syntazę ATP, synteza ATP; sam termin nie daje punktu
Wyjaśnij wpływ temperatury lub pH na enzym	zmiana struktury przestrzennej enzymu / centrum aktywnego albo denaturacja; w niskiej temperaturze rzadsze kompleksy E–S
Wyjaśnij plateau szybkości przy dużym stężeniu substratu	wysycenie centrów aktywnych stałej ilości enzymu
Określ temperaturę optymalną	tylko po szeregu pomiarów po obu stronach maksimum, jako przedział
Uzasadnij wybór suchej masy	zmienna lub nieokreślona zawartość wody zniekształca wynik dla związków organicznych
Wykaż rolę siły asymilacyjnej	ATP i NADPH w redukcji PGA, a ATP także w regeneracji RuBP
Wyjaśnij, dlaczego tlenowo powstaje więcej ATP	pełne utlenienie glukozy do CO_2, elektrony z NADH i $FADH_2$ na O_2, fosforylacja oksydacyjna; beztlenowo ATP tylko z glikolizy
Porównaj fosforylację substratową i oksydacyjną	przeniesienie fosforanu z wysokoenergetycznego związku kontra gradient H^+ i syntaza ATP
Oblicz (ATP, średnia, σ)	tok obliczeń, jednostka i dane z polecenia; σ z dzieleniem przez n
Wyjaśnij sprzężenie zwrotne ujemne	produkt końcowy hamuje enzym wczesnego etapu; szlak zwalnia przy nadmiarze produktu

CO JESZCZE JEST W ŚRODKU

Notatki do matury z biologii (poziom rozszerzony) – rozdział 3: Energia i metabolizm, dla ucznia

Podgląd pokazał 3 z 4 stron. Pełna wersja: 4 stron A4, PDF do druku.

- Metabolizm i ATP
- Przenośniki elektronów
- Enzymy: budowa i kataliza
- Enzymy: regulacja i czynniki
- Doświadczenia z enzymami
- Fotosynteza: faza zależna od światła
- Fotosynteza: cykl Calvina
- Oddychanie tlenowe
- Fosforylacja substratowa i fermentacje
- Glikogenoliza i glukoneogeneza
- ramka „Słowa kluczowe z zasad oceniania" – czego wymaga klucz CKE przy poleceniach z tego działu,
- ramka „Najczęstsze błędy na maturze" – tak traci się punkty i tak jest dobrze,
- ramka „Zapamiętaj" – reguły i skróty do szybkiej powtórki.

Kup pełną wersję – plik od razu na e-mail

pierwszalawka.pl/material/biologia-matura-notatka-rozdzial-03-metabolizm