

CHE3 XII	Biochemické dejy
CHE3 XII.4	Metabolizmus sacharidov

Význam sacharidov

- 1.Energetická**- najrýchlejší zdroje energie- glukóza, fruktóza
- 2.Zásobná**- zásoba energie v podobe zásobných cukrov-škrob, glykogén
- 3.Stavebná**- súčasť buniek, tkanív, pletív- celulóza, štruktúrne zložky niektorých bielkovín (glykoproteínov), lipidov (glykolipidy), nukleových kyselín (ribóza, deoxyribóza)
- 4.Metabolická**- súčasť metabolicky aktívnych nízkomolekulových látok- vitamíny, nukleotidy, koenzýmy

I.Katabolizmus sacharidov

- Príjem v potrave vo forme polysacharidov (*škrob, glykogén*) a oligosacharidov (*sacharóza*)
- **Rozklad v TS pomocou** enzýmov **hydroláz** na základné stavebné jednotky- monosacharidy
- Na získanie energie potrebná forma sacharidov- **glukóza**

Glykolýza

- **rozklad glukózy na pyruvát a zisk energie vo forme ATP a NADH** (z 1 molekuly glukózy vznikajú 2 molekuly pyruvátu, 2NADH + H⁺, 2ATP)
- Prebieha za anaeróbných podmienok v cytoplazme (**anaeróbná substrátová fosforylácia**)

Etapy glykolýzy

A.prípravná fáza	B.produkčná fáza
premena 1 glukózy na 2 molekuly glyceraldehyd-3-fosfát	premena 2 molekúl glyceraldehyd-3-fosfátu na 2 molekuly pyruvátu
energetický deficit - 2ATP	zisk 4ATP, 2NADH + H ⁺

A.prípravná fáza

1.aktivácia glukózy fosforyláciou	spotreba ATP	glukóza - 6- fosfátu, ADP
2. izomerizácia glukóza- 6- fosfátu		fruktóza-6-fosfát
3. fosforylácia fruktóza -6-fosfátu	spotreba ATP	fruktóza- 1,6- bisfosfátu, ADP
4. štiepenie fruktózy- 1,6- bisfosfátu		dihydroxyacetónfosfát a glyceraldehydfosfát
5. izomerizácia dihydroxyacetónfosfátu		glyceraldehydfosfát

B.produkčná fáza

1. oxidácia (dehydrogenácia) 2 molekúl glyceraldehydu	NAD ⁺ , P	1,3-bisfosfoglycerát, NADH + H ⁺
2.defosforylácia 1,3-bisfosfoglycerátu	ADP	3-fosfoglycerát, vznik ATP
3.izomerizácia 3-fosfoglycerátu		2-fosfoglycerát
4.dehydratácia 2-fosfoglycerátu		Fosfoenolpyruvát+ H ₂ O
5.defosforylácia fosfoenolpyruvátu	ADP	Pyruvát (k.pyrohroznová), vznik ATP

Energetická bilancia glykolýzy z 1 molekuly glukózy

Aktivácia glukózy a vznik fruktóza- 6-fosfátu		-2ATP
Zisk ATP z 1 molekuly glukózy	4ATP	4ATP
	Spolu:	2ATP

Spracovanie pyruvátu

Podstata: regenerácia NAD⁺ redukciou substrátu

Formy spracovania pyruvátu

1. anaeróbne (2ATP)		2. aeróbne (32ATP)
A. mliečne kvasenie	B. alkoholové kvasenie	Oxidatívna dekarboxylácia
Produkt: laktát	Produkt: etanol	Produkt: acetylCo A
Regenerácia NAD ⁺ redukciou pyruvátu na laktát	Regenerácia NAD ⁺ redukciou acetaldehydu na etanol	Regenerácia NAD ⁺ redukciou O ₂ na vodu (až v <i>dýchacom reťazci</i>)

1. anaeróbne spracovanie pyruvátu

- v cytoplazme
- energeticky menej výhodné, bez energetického zisku (*iba z glykolýzy z 1 glukózy 2 ATP*)

A. Mliečne kvasenie

- v kostrových svaloch, ktoré pracujú na kyslíkový dlh, mikroorganizmy (*výroba mliečnych produktov, kvasenie kapusty*)
- vznikne laktát
- Redukovaný NADH z glykolýzy sa oxiduje samotným pyruvátom

B. Alkoholové (etanolové) kvasenie

- kvasinky
 - Vznik etanolu
1. krok- **dekarboxylácia** CO₂ z karboxylovej skupiny pyruvátu- vznik acetaldehydu
 2. krok- **redukcia** acetaldehydu na etanol, súčasne sa regeneruje NAD⁺

2.aeróbne spracovanie pyruvátu

- úplná oxidácia pyruvátu- **oxidatívna dekarboxylácia pyruvátu**
- energeticky výhodnejšie, z 1 glukózy 32x ATP
- V matrice mitochondrií
- Odštiepenie CO₂ z karboxylovej skupiny pyruvátu
- Vznik NADH + H⁺ a vznik **acetylkoenzýmu A** (vstupujú do citrátového cyklu a do dýchacieho reťazca)

Energetická bilancia aeróbnej oxidácie z 1 molekuly glukózy

Priamy zisk ATP v glykolýze		+2ATP
Regenerácia 2 molekúl NADH z glykolýzy v dýchacom reťazci	2x2,5ATP	+5ATP
Regenerácia 2 molekúl NADH z oxidačnej dekarboxylácie pyruvátu v dýchacom reťazci	2x2,5ATP	+5ATP
Oxidácia 2 molekúl acetylkoenzýmu A v citrátovom cykle	2x10ATP	+20ATP
	Spolu:	32ATP

II. Anabolizmus (biosyntéza) sacharidov

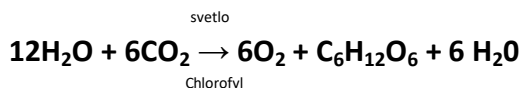
Heterotrofné organizmy	Autotrofné organizmy
Príjem potravou alebo glukoneogenezou	fotosyntéza
Z iných organických látok- pyruvátu, laktátu, glycerolu a medziproduktov citrátového cyklu	z jednoduchých anorganických látok CO ₂ a H ₂ O

Glukoneogenéza

- v prípade, že potrava neobsahuje dostatočné množstvo cukrov (napr. hladovanie)
- tvorba glukózy z nesacharidových substrátov (*aminokyselín alebo glycerolu*)
- v pečeni a menej v obličkách
- v cytoplazme a mitochondriách
- katalýza enzýmami, regulácia hormónmi (*inzulín, glukagón, kortizol*)

Fotosyntéza

- primárny zdroj sacharidov a zdroj kyslíka pre organizmy (*rastliny, sinice, zelené baktérie*)
- na membránach chloroplastov



Podstata

- Súbor biochemických procesov, pri ktorom sa zachytáva slnečná energia a využíva sa na syntézu sacharidov z jednoduchých anorganických látok CO₂ a H₂O

1.Fyzikálne hľadisko- premena slnečnej energie na chemickú

2.Chemické hľadisko- redukcia CO₂ látky s nízkym obsahom energie na organické molekuly s vysokým obsahom energie

Fázy fotosyntézy

A.Svetelná (primárna)- fotochemická	B.Tmavá (sekundárna)- syntetická
tylakoidná membrána chloroplastov	strómy chloroplastov

A.Svetelná fáza

- Prebieha iba počas dňa
- na tylakoidnej membráne chloroplastov

Podstata

- Pohltienie svetelnej energie a jej premena na chemickú
- chemická energia sa využije na tvorbu ATP a NADPH (potrebný pre tmavú fázu)
- tvorba sekundárneho produktu O₂

Fotosyntetické farbivá

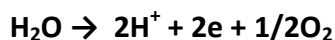
- Podieľajú sa na zachytávaní a premene svetelného žiarenia na chemickú energiu
- 1.chlorofyly-** chlorofyl a, chlorofyl b (*fotosynteticky aktívny iba a*)
 - 2.karotenoidy-** karotény, xantofyly (*pomocné farbivá, ktoré zvyšujú efektivitu fotosyntézy, prenos fotónov na chlorofyly*)

Fotosystémy

- Tvorené fotosyntetickými farbivami a bielkovinou
- Účinnosť v rôznych oblastiach žiarenia
- Pohltiením žiarenia excitovaný stav – uvoľnenie elektrónu (*prenos elektrónu pomocou prenášačov a následne jeho doplnenie*)

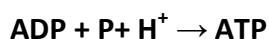
	Fotosystém II (PSII)	Fotosystém I (PSI)
Reakčné centrum	chlorofyl a P680	chlorofyl a P700
Prenos e	P700	NADP ⁺ (<i>redukcia na NADPH</i>)
Prenášače (bielkoviny)	PQ- plastochinón, PC- plastocyanín, cytochrómy	Fd- feredoxín, Fp- flavoproteín
Doplnenie e	z fotolýza vody	z P680

1. Fotolýza vody- oxidácia molekuly vody excitovaným PSII (oxidovanou formou PSII)



- Uvoľnené elektróny dopĺňujú excitovaný fotosystém PSII
- Kyslík uniká do ovzdušia
- H⁺ prechod zo stromy do lumenu (*vznik protónového gradientu na membráne tylakoidov*)- **protónová pumpa**

- 2. adsorpcia svetelného žiarenia PSII fotosystémom** → excitácia 2 molekúl PSII → uvoľnenie 2 elektrónov
- prenos uvoľnených elektrónov na excitovaný PSI- **necyklický tok elektrónov**
 - odčerpávanie H^+ zo strómy do lumenu (*vznik protónového gradientu*)
- 3. adsorpcia svetelnej energie PSI fotosystémom** → excitácia PSI → uvoľnenie elektrónu
- Uvoľnené elektróny redukujú $NADP^+$ na $NADPH + H^+$ alebo sa vracajú v **cyklickom toku elektrónov**
 - uvoľnené elektróny sa doplnia zo PSII
 - H^+ odčerpávané zo strómy do lumenu (*vznik protónového gradientu*)
- 4. Fotofosforylácia (syntéza ATP)** pomocou ATPázy poháňanej protónovým gradientom



- na 1ATP potrebných prenos $4,5H^+$ z lumenu naspäť do strómy

Prenos elektrónov

1.necyklický	2.cyklický
Fotolýza vody → fotosystém II → fotosystém I → $NADP^+$	Z fotosystému I → prenášače (<i>ferredoxín, cytochrómy, plastocyanín</i>) → fotosystém I
elektróny sa nevracajú späť na miesto uvoľnenia	návrat elektrónov na miesto uvoľnenia

B.Tmavá fáza fotosyntézy

- Nie je priamo potrebné svetelné žiarenie
- V strome chloroplastov

Podstata- syntéza sacharidov z CO_2 s využitím energie ATP a redukovačla NADPH získaných v svetelnej fáze

Metabolická dráha tmavej fázy	
A.Calvinov- Bensonov cyklus C3 rastliny	
1.Fixácia CO_2	Primárny akceptor ribulóza- 1,5-bisfosfát → 3-fosfoglycerát (C3)
2.Redukcia	3-fosfoglycerát (C3) za účasti $NADH + H^+$ a ATP → glyceraldehyd-3-fosfát → glukóza
3.Regenerácia	Obnova primárneho akceptora

B.Hatchovo-Slackov cyklus- C4 rastliny (niektoré tropické a subtropické rastliny)

- primárny akceptor **fosfoenolpyruvát** → oxálacetát(C4) → glukóza