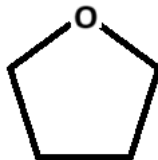


22. Sacharidy a jejich metabolismus

- Jsou nejrozšířenější přírodní látky
- Obsahují ve svých molekulách atomy uhlíku, vodíku a kyslíku (dále i dusík, fosfor nebo síru)
- V zelených rostlinách vznikají fotosyntézou
- Živočichové získávají sacharidy v potravě, pokud je jich v potravě nedostatek, vyrábí si je látkovou přeměnou z aminokyselin nebo glycerolu
- **Funkce sacharidů**
 - o Stavební – celulóza
 - o Zdroj energie – jejich odbouráváním vzniká energie, oxid uhličitý a voda
 - o Zásobní funkce – glykogen a škrob v rostlinách
 - o Součást nukleosidů, nukleotidů, koenzymů, hormonů, antibiotik, glykosidů
- V průmyslu se využívají k výrobě sladidel, papíru, alkoholu, výbušnin, umělých vláken, kyselin
- **Dělení sacharidů**
 - o Monosacharidy – tvoří je pouze jedna monosacharidová jednotka
 - o Oligosacharidy – tvoří je 2-10 monosacharidových jednotek
 - Disacharidy a monosacharidy se označují jako cukry
 - o Polysacharidy – tvoří je více než 10 monosacharidových jednotek
- Oligosacharidy a polysacharidy se hydrolýzou štěpí na monosacharidy
- Obsahují chirální (asymetricky) uhlík – navázané skupiny jsou všechny jiné
 - o Sacharidová řada D – hydroxyskupina na poslední asymetrickém uhlíku je v zápisu Fischerovým vzorcem psána vpravo
- **Monosacharidy**
 - o Obsahují ve svých molekulách 3-7 uhlíků
 - o Nedají se štěpit na sacharidy jednodušší
 - o Jsou to bezbarvé krystalické látky, dobře rozpustné ve vodě za vzniku sladkých roztoků
 - o Podléhají různým přeměnám, technicky nejvýznamnější je lihové kvašení
 - o Kromě dihydroxyacetonu jsou monosacharidy opticky aktivní, obsahují alespoň jeden asymetrický uhlík – stáčí tedy rovinu polarizovaného světla o určitý úhel doleva nebo doprava
 - o **Dělení**
 - podle hydroxylových skupin
 - Aldehydová skupina – aldózy (polyhydroxyaldehydy)
 - Ketonická skupina – ketózy (polyhydroxyketony)
 - podle počtu uhlíků
 - Triózy
 - Tetrózy
 - Pentózy
 - Hexózy
 - Heptózy

○ **Vzorce**

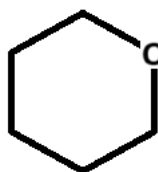
- Fischerovy vzorce – lineární
- Haworthovy vzorce – cyklické – přesnější znázornění struktury
 - Sacharidy s pětičlenným cyklem – furanózy



○

- tetrahydrofuran

- Sacharidy s šestičlenným cyklem – pyranózy



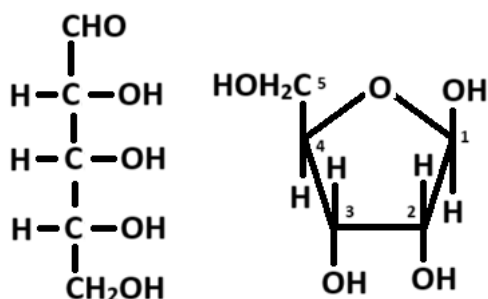
○

-tetrahydropyran

- Vznikem cyklické formy se původní uhlíkový atom nesoucí karbonylovou skupinu mění na chirální a nese poloacetalový hydroxyl
- α-anomery – u D-monosacharidů je poloacetalový hydroxyl navázán dolů, u L-monosacharidů nahoru
- β-anomery – D-monosacharidů je poloacetalový hydroxyl navázán nahoru, u L-monosacharidů dolů
- Tollensovy vzorce – přechod mezi oběma typy vzorců

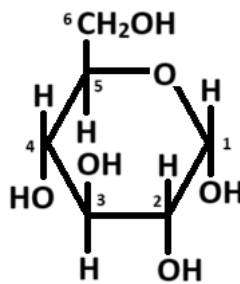
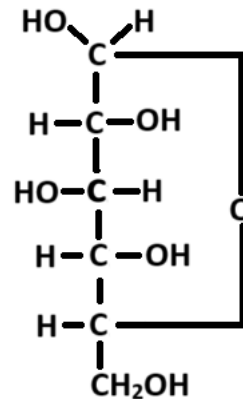
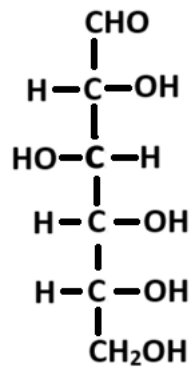
○ **Zástupci monosacharidů**

- Glycinaldehyd (aldotrióza) a dihydroxyaceton (ketotrióza)
 - V přírodě se nevyskytují
 - Objevují se v metabolismu jako fosfáty
 - Lze je připravit dehydrogenací glycerolu
 - Jsou to izomerní sloučeniny
- D-Ribosa
 - Aldopentóza
 - Společně se svým derivátem 2-deoxy-D-ribosou je součástí nukleových kyselin



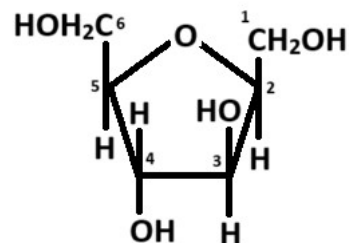
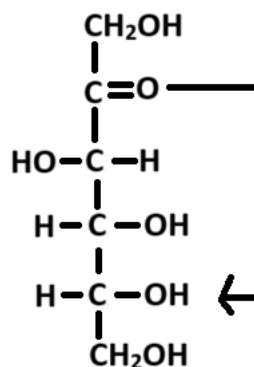
▪ D-Glukosa

- Aldohexóza, zvaná hroznový cukr
- Bílá, sladká látka, dobře rozpustná ve vodě
- Je obsažena v ovoci, ve včelím medu (50 %), v krvi
- Při námaze se velmi rychle a lehce vstřebává, je rychlým zdrojem energie pro organismus
- Koncentrace glukosy v krvi se označuje jako glykemie
- Je základem mnoha oligosacharidů a polysacharidů



▪ D-fruktóza

- Ketohexóza, zvaná ovocný cukr
- Je obsažena v ovoci, ve včelím medu (50 %)
- Nejsladší cukr, součást sacharózy

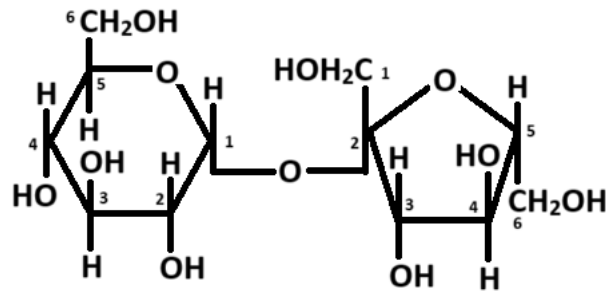


- D-galaktosa
 - Aldohexóza
 - Je složkou disacharidu laktózy, některých polysacharidů, glykoproteinů a glykolipidů
- **Reakce monosacharidů**
 - Důkazové reakce
 - Reakce s Fehlingovým činidlem (roztok modré skalice, hydroxidu sodného a vinanu sodno-draselného)
 - Zahřátím a smícháním s Fehlingovým činidlem se kationty v něm přemění na oxid mědný a vysráží se a roztok se zbarví do červenohnědé barvy
 - Reakce s Tollensovým činidlem (směs dusičnanu stříbrného a vodného roztoku amoniaku)
 - Pokud je volný poloacetalový hydroxyl, dochází k reakci a dojde k vysrážení stříbra
 - Oxidace a redukce
 - Oxidací na aldehydové skupině vznikají aldonové kyseliny
 - D-Glukosa oxiduje na kyselinu glukonovou
 - Redukcí na aldehydové skupině vznikají cukerné alkoholy – alditoly
 - D-Glukosa se redukuje na D-glucitol
 - D-glucitol (sorbit) se používá jako sladidlo pro diabetiky
 - Esterifikace
 - Estery kyseliny tridryhogenfosforečné
 - Přednostně se esterifikuje 1. (primární) nebo 6. uhlíku (poloacetalová)
 - Vznik glykosidu
 - Reakce alkoholu s monosacharidem (v kyselém prostředí)
 - Vzniká přednostně na poloacetalovém hydroxylu
 - Patří mezi acetaly
- **Oligosacharidy**
 - Vznikají spojováním monosacharidů glykosidovou vazbou
 - Podle počtu monosacharidových jednotek rozlišujeme disacharidy, trisacharidy, ...
 - **Disacharidy** – vznikají dvojím způsobem
 - Poloacetalový hydroxyl jedné molekuly se spojí s některým hydroxylem (jiným než poloacetalovým) jiné molekuly sacharidu a vznikne redukující disacharid
 - Tyto disacharidy reagují s Tollensovým a Fehlingovým činidlem
 - Poloacetalový hydroxyl jedné molekuly se spojí s poloacetalovým hydroxylem jiné molekuly a vznikne neredukující disacharid
 - **Vlastnosti disacharidů**
 - Bezbarvé, krystalické látky
 - Dobře rozpustné ve vodě na sladké roztoky
 - Jsou součástí potravin

○ **Zástupci disacharidů**

▪ **Sacharóza**

- Vzniká spojením D-glukózy a D-fruktózy
- Bezbarvá a ve vodě rozpustná látka
- Neredukující disacharid, tzv. řepný nebo třtinový cukr
- Použití: v potravinářství jako sladidlo, ve farmacii jako přídatná látka
- Její hydrolýzou vzniká glukóza a fruktóza



•

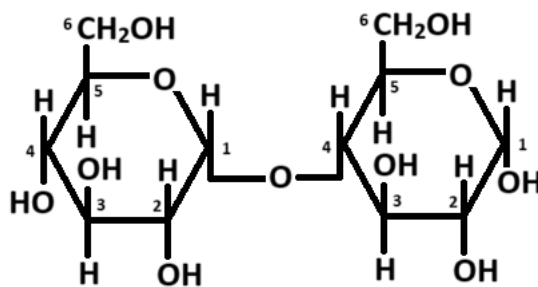
▪ **Laktóza**

- Vzniká spojením D-galaktózy a D-glukózy
- Redukující disacharid
- Běžně se nazývá mléčný cukr, protože je přítomna v mléce savců

▪ **Maltóza**

- Vzniká spojením dvou molekul D-glukózy
- Redukující disacharid
- Vzniká hydrolýzou škrobu nebo působením enzymů v klíčcích semenech ječmene

○ Odtud plyne její název: sladový cukr



•

- Polysacharidy

- Jejich molekuly mají podobnou strukturu jako oligosacharidy, ale jsou tvořeny mnohem větším počtem monosacharidových jednotek
- Nejrozšířenější sacharidy, patří mezi biopolymery (přírodní makromolekulární látky)
- Monosacharidové jednotky tvořící polysacharidy mohou být:
 - Stejného typu – homopolysacharidy
 - Různého typu – heteropolysacharidy
- V přírodě slouží jako stavební a zásobní látky rostlin a živočichů, některé jsou biologicky aktivní
- Některé jsou rozpustné ve vodě, jiné v ní bobtnají a tvoří viskózní roztoky, další jsou nerozpustné
- Nemají redukční vlastnosti, protože glykosidové vazby vznikají mezi poloacetalovými hydroxyly
 - Lineární - vazba 1-4
 - Větvené – hlavní řetězec: vazba 1-4; vedlejší řetězce: vazba 1-6
- Nemají sladkou chuť
- **Homopolysacharidy**
 - Celulóza
 - Hlavní složka buněčných stěn a vyšších rostlin
 - Lineární polysacharid, tvořený D-glukózovými jednotkami spojenými β (1-4) glykosidovými vazbami
 - Řetězce mohou mít i tisíce jednotek
 - Nerozpustná ve vodě
 - Pro člověka je nestravitelná, ale tvoří důležitou součást potravy jako součást vlákniny
 - V rostlinách se nejčastěji vyskytuje v doprovodu dalších polysacharidů i látek nesacharidové povahy (např. lignin), ty se souhrnně nazývají hemicelulóza
 - Získává se ze dřeva jako surová celulóza (buničina) a slouží jako surovina pro papírenský a textilní průmysl
 - Škrob
 - Zásobní látka rostlin, skládá se ze dvou složek
 - Amylóza
 - Obsahuje D-glukózové zbytky vázané α (1-4) glykosidovými vazbami
 - Je nevětvená
 - rozpustná ve vodě
 - Amylopektin
 - Obsahuje D-glukózové zbytky spojené α (1-4) i α (1-6) glykosidovými vazbami
 - Je větvený
 - ve studené vodě se nerozpouští ale bobtná
 - škrob tvoří ve vodě koloidní roztoky
 - průmyslově se získává z brambor a obilovin

- slouží k výrobě D-glukózy
- Glykogen
 - Zásobní látka živočichů
 - Strukturou připomíná amylopektin, ale je více větvený
 - Obsažen především v játrech a ve svalech
 - Je rozpustný ve vodě
- Chitin
 - Základní složka kutikuly členovců, buněčných stěn hub a některých řas
 - Složen z monosacharidových jednotek obsahujících dusík
- Agaróza
 - Má podobnou strukturu jako chitin
 - Je hlavní složkou agaru, který se získává z některých mořských řas
 - Tvoří gely a používá se v potravinářství a mikrobiologii (k přípravě živných půd)
- Pektiny
 - Zásobní polysacharidy složité struktury
 - Obsaženy např. v jablkách, slupkách citrusů
 - Při zahřívání tvoří gely, čehož se využívá při výrobě džemů
- **Heteropolysacharidy**
 - Součást buněčných stěn mikroorganismů, mezibuněčné hmoty a tělních tekutin

- **Metabolismus sacharidů**

- Sacharidy se syntetizují v autotrofních organismech, jsou produktem fotosyntézy
- Heterotrofní organismy je přijímají v potravě a jsou pro ně zdrojem energie
- Zásadní úlohu v metabolismu sacharidů hraje glukóza
- **Katabolismus sacharidů**
 - Polysacharidy a oligosacharidy jsou v trávicí soustavě rozloženy na monosacharidy
 - Glukóza je odbourávána v jednotlivých buňkách glykolýzou
 - **Glykolýza**
 - Děj, při němž je glukosa v buňce za anaerobních podmínek odbourávána na pyruvát (sůl kyseliny pyrohroznové) za uvolnění energie v podobě ATP
 - Probíhá v cytoplazmě
 - Glukosa vstupující do glykolýzy musí být nejdříve aktivována (pomocí ATP) na glukosa-6-fosfát
 - Není potřeba kyslík, jedná se o anaerobní fosforylaci
 - Celkový zisk jsou 2 molekuly ATP z 1 molekuly glukózy
 - Pyruvát vstupuje do dalších reakcí
 - Za anaerobních podmínek se pyruvát redukuje na laktát (při intenzivní práci)
 - Jakmile je dostatek kyslíku, mění se zpět na pyruvát
 - Za aerobních podmínek podléhá pyruvát oxidační dekarboxylaci za vzniku acetyl-CoA, který vstupuje do Krebsova cyklu
 - Krebsův (citrátový) cyklus – probíhá v mitochondriích
 - Dýchací řetězec – probíhá na vnitřní membráně mitochondrií
 - Největším zdrojem vodíku pro dýchací řetězec je Krebsův cyklus a β -oxidace

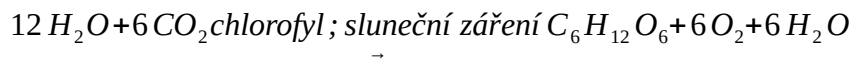
○ **Anabolismus sacharidů**

- Autotrofní organismy mají schopnost syntetizovat sacharidy z anorganických látek v procesu zvaném fotosyntéza
- Heterotrofní organismy, přijímají sacharidy v potravě, ale mohou si glukózu tvořit z jednoduchých organických látek – glukoneogeneze

▪ **Fotosyntéza**

- Je proces, kdy jsou z anorganických látek a světelné energie syntetizovány organické látky

•



• **Primární (světelná) fáze**

- Je závislá na světle a probíhá v membráně tylakoidů v chloroplastech
- Energie pohlceného světelného záření je využita k tvorbě ATP (energie) a NADPH + H⁺ (redukční činidlo) pro sekundární fázi
- Fotosystém je soustava přenašečů barviv, jejich podstatnou složkou je chlorofyl
- Fotosystém I (P₇₀₀) přijme světelné záření, přejde do excitovaného stavu a uvolní elektrony, které mohou buď redukovat NADP⁺ na NADPH + H⁺ nebo se vrátit zpět přičemž část jejich energie je využita k tvorbě ATP v procesu zvaném cyklická fosforylace
- Fotosystém II (P₆₈₀) přijme světelné záření, přejde do excitovaného stavu a uvolní elektrony, které přecházejí na fotosystém I, nahradí z něho uvolněné elektrony a část jejich energie je využita k tvorbě ATP v procesu zvaném necyklická fosforylace
- Fotolýza vody, je proces, kdy se voda rozkládá na kyslík (uvolňován do okolí), vodík (váže se na NADP⁺) a elektrony (regenerují fotosystém II)

• **Sekundární (temnostní) fáze**

- Není závislá na světle, probíhá mimo tylakoidy ve stromatu chloroplastů
- Dochází při ní k redukci CO₂ za vzniku sacharidů při využití ATP a NADPH + H⁺ z primární fáze
- Nejvýznamnější metabolickou cestou syntézy sacharidů je tzv. Calvinův cyklus, kdy je CO₂ postupně začleňován do organické sloučeniny, kde konečným produktem je hexóza