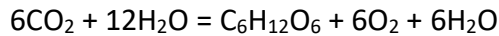


SACHARIDY

Sacharidy (cukry, glycidy, karbohydráty) sú dôležité prírodné zlúčeniny, ktoré sa skladajú z atómov uhlíka, vodíka a kyslíka. Sú tvorené v autotrofných rastlinách fotosyntetickou asimiláciou oxidu uhličitého a vody (enzymatickým štiepením cukrov vzniká spätne CO₂ a H₂O). Sumárnu rovnicu **fotosyntézy** môžeme znázorniť takto:



V živých organizmoch predstavujú sacharidy hlavný **zdroj energie pre metabolické pochody**. Okrem toho sú aj **stavebnou jednotkou nukleových kyselín**. Niektoré sacharidy majú **významnú štruktúrnu funkciu**, lebo vytvárajú **podporu pre rastlinné pletivá** (celulóza) a **tkanivá niektorých živočíchov** (chitín). Dôležitá je aj ich **zásobná funkcia** (škrob u rastlín, glykogén u húb a živočíchov). V neposlednom rade medzi sacharidy patria aj niektoré **biokatalyzátory** (napr. vitamín C). **Energetická hodnota** je 17,2 kJ na 1 gram.

ROZDELENIE SACHARIDOV

Sacharidy môžeme deliť podľa viacerých hľadísk. Na základe funkčnej skupiny, ktorú obsahujú, ich delíme na:

1. **aldózy** - obsahujú vo svojej molekule aldehydickú skupinu (-C(=O)-H),
2. **ketózy** - obsahujú v molekule ketoskupinu (>C=O).

Na základe počtu atómov uhlíka možno sacharidy deliť na:

- **triózy** - s 3 uhlíkmi v molekule (napr. glyceraldehyd alebo dihydroxyacetón - najjednoduchšie cukry),
- **tetrózy** - so 4 atómami uhlíka,
- **pentózy** - s 5 uhlíkmi (napr. ribóza),
- **hexózy** - so 6 uhlíkmi (väčšina tu spomínaných sacharidov)...

Na základe počtu monosacharidových jednotiek, delíme cukry na:

1. **monosacharidy** - sú tvorené len jednou molekulou aldózy alebo ketózy,
2. **polysacharidy** (v širšom zmysle slova) - sú tvorené min. 2 jednotkami monosacharidu, podľa počtu jednotiek poznáme potom:
 1. **disacharidy** - tvoria ich 2 molekuly monosacharidu,
 2. **oligosacharidy** - tvorí ich max. 10 molekúl monosacharidu,
 3. **polysacharidy** (v užšom zmysle slova) - sú zložené z viac ako 10 jednotiek.

MONOSACHARIDY

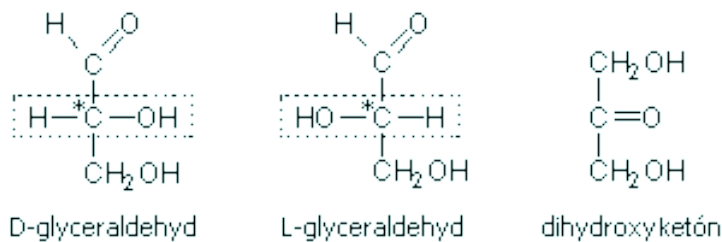
Monosacharidy sú kryštalické látky dobre rozpustné vo vode, čiastočne rozpustné v organických rozpúšťadlách. Po chemickej stránke sú to **polyhydroxyaldehydy (aldózy)** alebo **polyhydroxyketóny (ketózy)**. Majú viac alebo menej sladkú chuť.

Najjednoduchšími monosacharidmi sú **triózy** (molekuly obsahujú 3 atómy uhlíka) **glyceraldehyd** (aldotrióza) a **dihydroxyacetón** (ketotrióza)

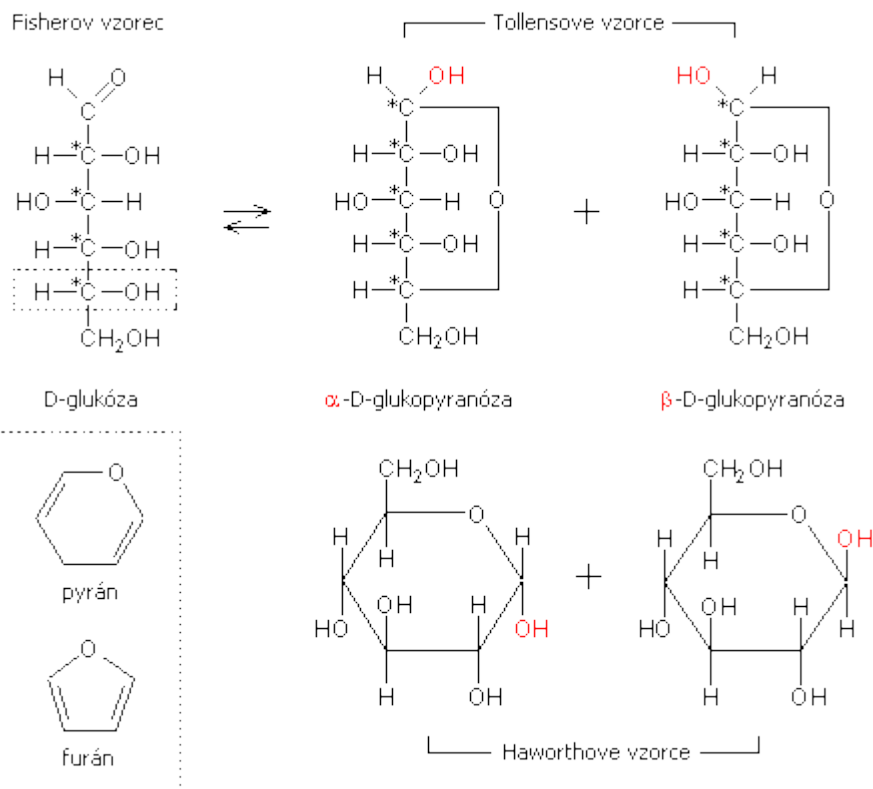
Všetky monosacharidy s výnimkou dihydroxyacetónu obsahujú vo svojej molekule jeden alebo viac asymetrických - **chirálnych uhlíkov** (označenie *C), čo tieto látky robí opticky aktívnymi, teda otáčajú rovinu polarizovaného svetla doľava (označujeme znamienkom -) alebo doprava (označujeme znamienkom +).

Na asymetrickom uhlíku je z jednej strany viazaný atóm vodíka H-*C, z druhej strany hydroxylová skupina *C-OH, pričom môžu existovať dva **stereoizoméry**: ak je -OH skupina na poslednom chirálnom uhlíku vpravo, označujeme tento stereoizomér ako **D-rad** (*lat.* dexter - pravý), -OH skupina na ľavej strane určuje **L-rad** (*lat.* laevus - ľavý).

UPOZORNENIE:POZOR!!! Sacharidy zatriedujeme do dvoch radov D alebo L bez ohľadu na to, či otáčajú rovinu polarizovaného svetla doľava (-) alebo doprava (+).



Spôsob zápisu vzorcov, tak ako je uvedený na obrázku hore v prípade trióz, nazýva sa **Fischerov vzorec**. Monosacharidy sa však v takejto lineárnej forme, kedy majú voľnú funkčnú aldo- alebo ketoskupinu, v prírode málo vyskytujú. Vnútromolekulovou reakciou medzi OH skupinou na poslednom chirálnom uhlíku a funkčnou skupinou vznikajú cyklické štruktúry - **poloacetálové** (z aldóz) alebo **poloaketálové** (z ketóz) formy sacharidov, ktoré vytvárajú päť alebo šesťčlánkové heterocyklické zlúčeniny svojou štruktúrou pripomínajúce furán alebo pyrán. Podľa toho ich potom nazývame **furanózy** alebo **pyranózy**. Tento prechod môžeme znázorniť pomocou **Tollensových** alebo **Haworthových vzorcov**.



Na obrázku si môžete všimnúť, že presunom protónu z OH skupiny na kyslíkový atóm karbonylovej skupiny vznikne nový asymetrický uhlík *C. Podľa polohy OH skupiny na tomto uhlíku rozoznávame dve **stereoizoméne formy** α - a β -anoméry.

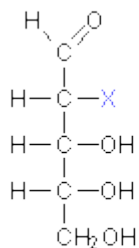
α -anomér má túto skupinu v opačnej polrovine ako CH₂OH skupinu,

β -anomér má túto skupinu v rovnakej polrovine ako CH₂OH skupinu.

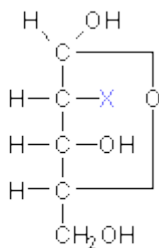
PENTÓZY

Pentózy sú monosacharidy, ktoré majú v molekule **5 atómov uhlíka**. V organizmoch sa pentózy vyskytujú v **nukleotidoch** (spolu s kyselinou trihydrogénfosforečnou a dusíkatou bázou) i v osobitných koenzýmoch.

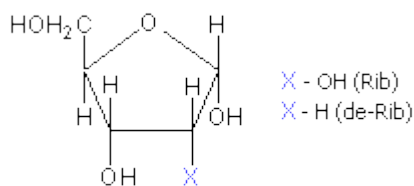
Z pentóz je významná najmä **ribóza** a **deoxyribóza**, ktoré obe patria medzi aldopentózy. Ribóza sa vyskytuje v ribonukleotidoch, v ribonukleovej kyseline, v koenzýmoch (napr. ATP, NAD) a niektorých vitamínoch. Deoxyribóza sa nachádza v deoxyribonukleotidoch a v deoxyribonukleovej kyseline. DNA v jadrách tvorí základ genetickej molekulárnej informácie.



(2-deoxy)-D-ribóza



(2-deoxy)- α -D-ribofuranóza

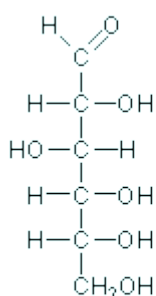


HEXÓZY

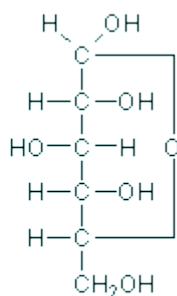
GLUKÓZA

D-glukóza (hroznový cukor, dextróza, krvný cukor) patrí medzi **aldohexózy**. Je to najvýznamnejší a najrozšírenejší monosacharid, ktorý sa nachádza v ovocí a v krvi cicavcov. V bunkách sa na ňu mení väčšina ostatných sacharidov a v tejto forme sa uskutočňuje aj ich prenos v rastlinnom a živočíšnom organizme. Pri metabolickom štiepení glukóza poskytuje značné množstvo energie. Glukóza je tiež súčasťou väčšiny dôležitých zložených sacharidov, z ktorých sa získava hydrolýzou (napr. škrob, glykogén).

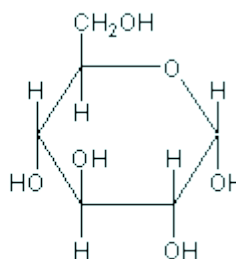
Koncentrácia glukózy v ľudskej krvi je $3,3 - 5,6 \cdot 10^{-3} \text{ mol.l}^{-1}$. Reguláciu hladiny glukózy v krvi zabezpečuje hormón **inzulín**, ktorý ju znižuje, naopak **glukagón** ju zvyšuje. Obidva hormóny sú produktom buniek Langerhansových ostrovčiekov v podžalúdkovej žľaze. U diabetikov je hladina glukózy v krvi vyššia (nedostatok tvorby inzulínu) a časť sa potom vylučuje močom. Pokles koncentrácie glukózy v krvi na polovicu môže spôsobiť mozgovú disfunkciu a pri ešte podstatnejšom znížení (napr. pri predávkovaní inzulínom) má za následok kómu, nezvratné poškodenie a nakoniec smrť.



D-glukóza

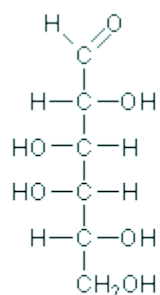


α -D-glukopyranóza

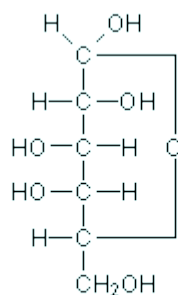


GALAKTÓZA

D-galaktóza (cerebróza) patrí tiež medzi aldohexózy. Je **epimérom glukózy**, čo znamená, že sa **od molekuly glukózy odlišuje polohou OH skupiny na jednom atóme uhlíka** (v tomto prípade na štvrtom uhlíku). Spolu s glukózou tvorí disacharid **laktózu**, ktorý tvorí osobitný mliečny cukor laktóru. Galaktóza sa vo zvýšenej miere nachádza aj mozgu a nervovom tkanive.



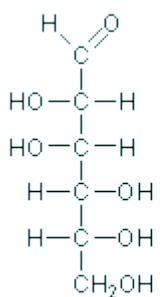
D-galaktóza



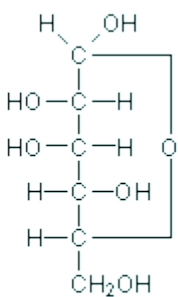
α -D-galaktopyranóza

MANÓZA

Aj **D-manóza** patrí medzi aldohexózy. Je **epimérom glukózy na druhom uhlíku**. Pôvodne sa tento sacharid zistil iba v rastlinách (svätójánsky chlieb), neskoršie ju izolovali aj z krvnej plazmy (koní, psov). Tvorí prevažne súčasť zložitejších makromolekúl.



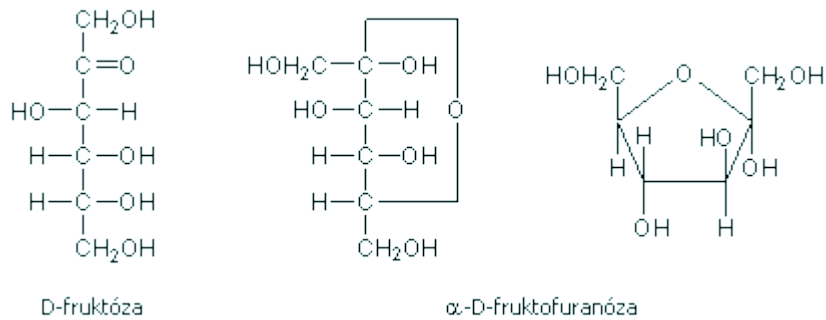
D-manóza



α -D-manopyranóza

FRUKTÓZA

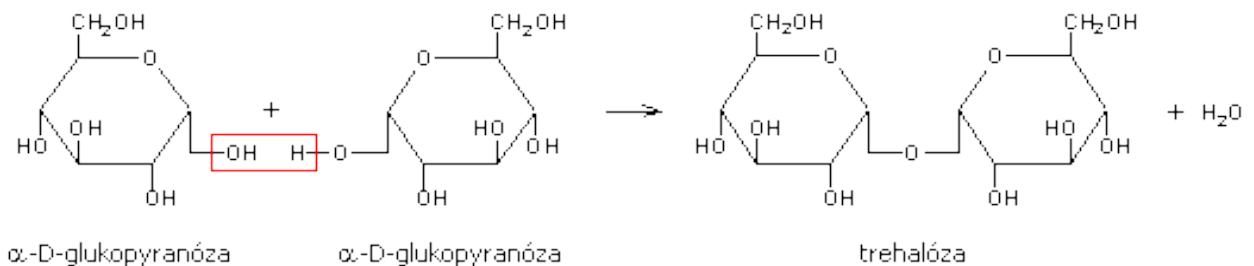
Fruktóza (ovocný cukor) patrí medzi aldoketózy. **D-fruktóza** je ľavotočivá, a preto jej starší názov bol **levulóza**. Je to rastlinný cukor, no vyskytuje sa aj v telových tekutinách živočíchov a to v sperme a plodovej vode. Fruktóza sa v krvi rýchlejšie metabolizuje, preto ju môžu používať diabetici.



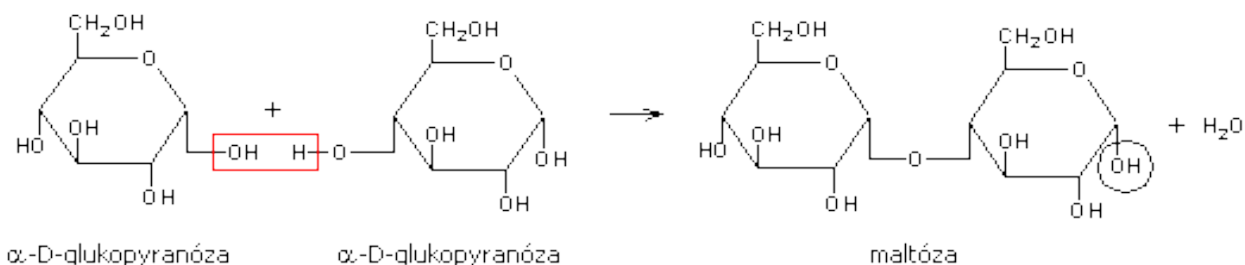
DISACHARIDY

Disacharidy sú cukry, ktorých molekuly obsahujú dve rovnaké alebo rôzne monosacharidové jednotky spojené **glykozidovou väzbou** ...C-O-C... Ide o reakciu **poloacetálového hydroxyly** s ďalšou molekulou monosacharidu, reagujúce molekuly sa spoja prostredníctvom kyslíka a uvoľní sa molekula vody. Glykozidová väzba sa môže vytvoriť dvoma spôsobmi, pričom spôsob vzniku určuje redukčné vlastnosti disacharidu:

1. ak sa vytvorí väzba medzi poloacetálovými -OH skupinami oboch monosacharidov, výsledný disacharid nemá voľný poloacetálový hydroxid a **nemá** redukčné vlastnosti (typ trehalózy),

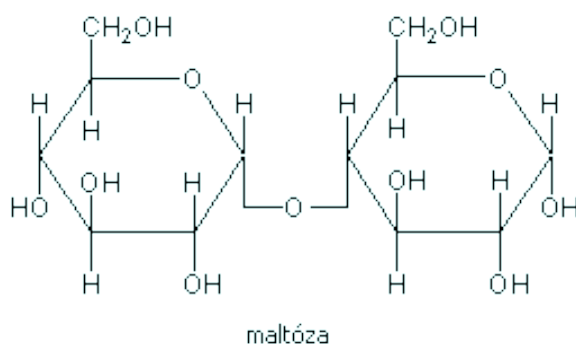


2. ak sa vytvorí väzba medzi poloacetálovou -OH skupinou jedného monosacharidu a -OH skupinou (2,4,6) druhého monosacharidu, disacharid má voľný poloacetálový hydroxid a **má** redukčné vlastnosti (typ maltózy).



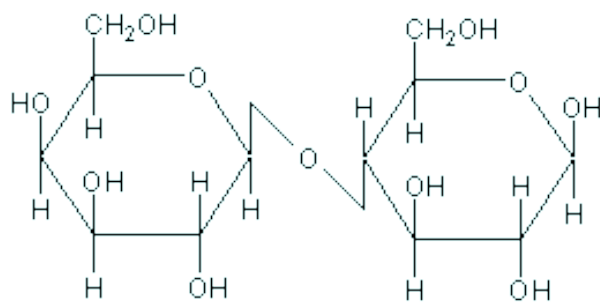
MALTÓZA

Maltóza (sladový cukor) sa skladá z **dvoch molekúl $\alpha\text{-D-glukopyranózy}$** , ktoré sú spojené **$\alpha(1-4)$ glykozidovou väzbou**. Disacharid má redukčné vlastnosti. Maltóza je rastlinného pôvodu, u živočíchov a človeka však vzniká aj štiepením škrobu a glykogénu **amylázami** (enzýmami štiepiacimi zložené sacharidy).



LAKTÓZA

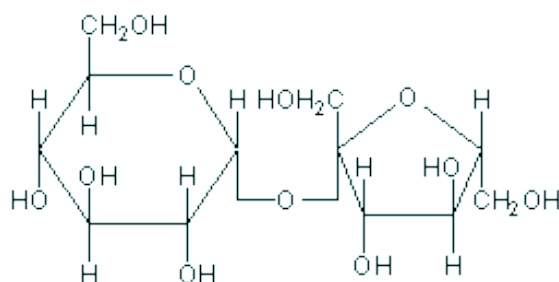
Laktóza (mliečny cukor) sa skladá z **$\beta\text{-D-galaktopyranózy}$ a $\beta\text{-D-glukopyranózy}$** , ktoré sú **spojené $\beta(1-4)$ glykozidovou väzbou**. Disacharid má **redukčné vlastnosti**. Laktóza je špecifický cukor živočíšneho pôvodu, ktorý sa syntetizuje v bunkách mliečnych žliaz cicavcov a je nevyhnutný vo výžive mladých jedincov. V závislosti od živočíšneho druhu je koncentrácia laktózy v mlieku 0-7%. Laktóza sa zistila aj v mnohých jedlých hubách, nie je však jasné, aký má v nich význam.



laktóza

SACHARÓZA

Sacharóza (trstinový cukor, repný cukor) sa skladá z **α -D-glukopyranózy** a **β -D-fruktofuranózy**, ktoré sú spojené **$\alpha(1-2)$ glykozidovou väzbou**. Disacharid nemá **redukčné** vlastnosti. Sacharóza je rastlinného pôvodu, nachádza sa vo všetkých rastlinných plodoch a v šťavách, najmä v cukrovej repe a cukrovej trstine. Má mimoriadne dôležitý význam vo výžive živočíchov a človeka. Metabolickým spracovaním 1 gramu sacharózy sa uvoľní 16,7 kJ (4 kcal) energie.



sacharóza

POLYSACHARID

Väčšina sacharidov nájdených v prírode sa vyskytuje vo forme polysacharidov. Polysacharidy sa skladajú z viac ako 10 monosacharidových jednotiek, ktoré sú podobne ako disacharidy viazané glykozidovými väzbami. Kyslou enzymatickou **hydrolýzou** sa štiepia až na monosacharidy. Polysacharidy sú na rozdiel od jednoduchých mono- a disacharidov vo vode veľmi málo rozpustné a nemajú sladkú chuť.

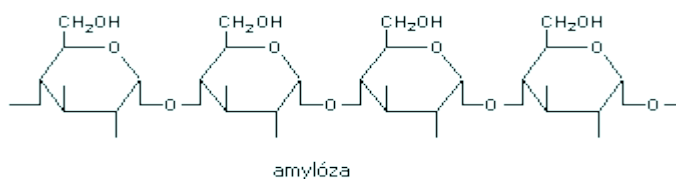
ŠKROB

Škrob (amylum) je súčasťou rastlín a tvorí ich zásobné látky. Nachádza sa v hľúzách a plodoch rastlín. Škrob sa skladá z dvoch zložiek:

1. **amylóza**, ktorá tvorí 20% škrobu je rozpustná v horúcej vode,
2. **amylopektín**, tvoriaci 80% škrobu, nie je rozpustný ani v horúcej vode.

Základnou stavebnou jednotkou obidvoch zložiek je **α -D-glukopyranóza**. Amylózu tvoria **molekuly glukózy viazané α (1-4) glykozidovou väzbou**. Amylopektín má **rozvetvenú štruktúru**, kde sú **molekuly viazané nielen glykozidovou väzbou α (1-4), ale aj α (1,6)**, ktorá sa **opakuje na každých 20-24 jednotiek glukózy**.

Hydrolytickým štiepením (amylázami) škrobu vznikajú 4-12 glukózové molekuly - **dextríny**, tie sa štiepia na maltózu (2 molekuly glukózy), ktorá sa účinkom enzýmu **maltázy** štiepi až na glukózu.

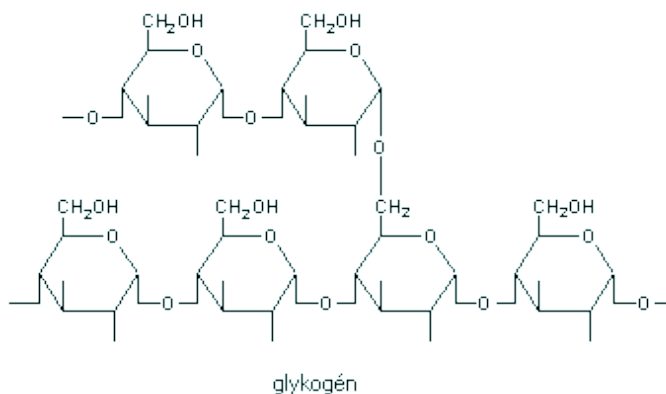


GLYKOGÉN

Glykogén (živočíšny škrob) je veľmi významným **zásobným polysacharidom živočíšnych organizmov**. Po chemickej stránke sa jedná o **polymér α -D-glukopyranóz spojených α (1-4) glykozidovými väzbami**, pričom sa **molekula glykogénu** podobne ako v prípade amylopektínu u rastlinného škrobu **rozvetvuje (po každých 3 glukózových jednotkách) α (1-6) glykozidovými väzbami**.

V čistej forme je glykogén biely prášok dobre rozpustný vo vode (výnimka medzi polysacharidmi). Živočíchy si ho syntetizujú v pečeni z glukózových jednotiek do charakteristického priestorového útvaru. Okrem pečeni sa ukladá aj v kostrových svaloch a v prípade potreby sa príslušnými enzýmami štiepi za vzniku molekúl glukózy.

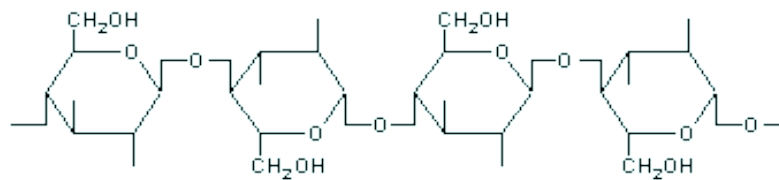
Glykémia je hladina cukru v krvi.



CELULÓZA

Celulóza (buničina) je stavebnou látkou rastlinných pletív. Je zložená tak isto ako škrob z **glukopyranózy**, ale má iný typ glykozidovej väzby. Molekuly **β -D-glukopyranózy** sú pospájané do makromolekuly glykozidovou väzbou **$\beta(1-4)$** .

Celulóza je úplne nerozpustná vo vode. Pre väčšinu živočíchov ako zdroj živín je takmer bezvýznamná, iba niektoré druhy živočíchov (prežúvavce, parazitujúce druhy hmyzu na rastlinách, termity) ju dokážu štiepiť a využiť (pomocou symbiotických organizmov, enzýmami celulázami). Človek využíva celulózu na výrobu papiera (v dreve sa nachádza až 50% celulózy). **Trinitrát celulózy**, získaný jej nitráciou je základom pre výrobu strelného prachu.

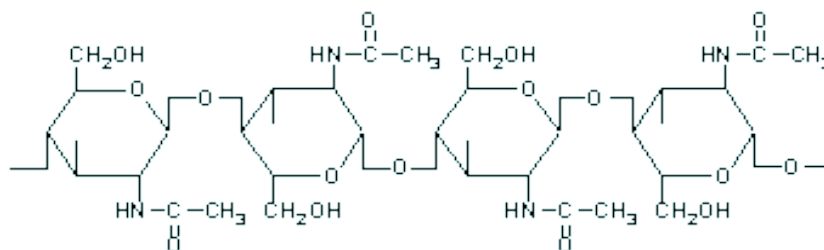


celulóza

CHITÍN

Chitín je **oporný polysacharid v organizme mnohých bezstavovcov**. Nachádza sa aj v niektorých hubách. Jeho molekula a štruktúra je veľmi podobná celulóze, pretože chitín obsahuje **N-acetyl-glukozamínové zostatky navzájom pospájané $\beta(1-4)$ glykozidovými väzbami**. Táto látka sa od celulózy odlišuje tým, že **každá hydroxylová skupina na druhom uhlíku glukózy je nahradená acetamidovou skupinou**.

Chitín sa nerozpúšťa v alkohole, slabých kyselinách ani zásadách. Tráviace enzýmy živočíchov ho nedokážu rozštiepiť. Pri niektorých potravinárskych technológiách (spracovanie morských krabov) sa získava veľa odpadového chitínu, ktorý sa môže využiť ako substrát na čistenie odpadových vôd, pri liečení spálenín i hojení rán.



chitín