

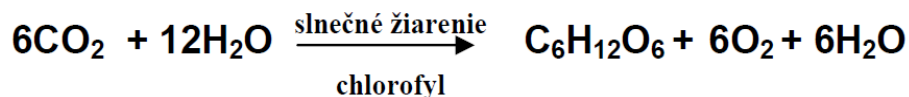
# Teoretické východiska k téme Sacharidy

Sacharidy (z gréckeho sacharon = cukor) patria medzi najdôležitejšie prírodné látky. Synonymom názvu sacharidy je termín glycidy. Sú stálou zložkou všetkých buniek. Živočíšne bunky a tkanivá ich obsahujú menej ako proteínov a lipidov. V rastlinách však tvoria 85-90 % sušiny. Sú tvorené v zelených rastlinách fotosyntézou, živočíšny organizmus ich prijíma potravou.

V rastlinnom tele majú najmä stavebnú funkciu, sú stavebnými jednotkami buniek, tkanív a nukleových kyselín, pre živočíšne organizmy predstavujú hlavný zdroj energie. Významným zdrojom sacharidov je med, vzácny prírodný liek a potraviná, ktorú ľudia poznali už v dávnej minulosti [1, 2].

## 2.1 Chémia sacharidov

Sacharidy sú tvorené v zelených rastlinách fotosyntézou zo vzdušného oxidu uhličitého a vody za prítomnosti slnečného žiarenia a katalytického účinku chlorofylu. Priebeh fotosyntézy možno vyjadriť stechiometrickou rovnicou [3] :



Listy odoberajú oxid uhličitý zo vzduchu a pohlcujú svetelnú energiu zo Slnka. Rastliny prijímajú vodu koreňmi a dopravujú ju vodivými pletivami do listov. Hlavným produktom fotosyntézy je glukóza, ktorá sa ukladá v rastline vo forme zložitejších cukrov a škrobu. Ako vedľajší produkt fotosyntézy vzniká kyslík, ktorý sa uvoľňuje do ovzdušia. Živočíšny organizmus prijíma sacharidy najmä potravou a sú pre neho dôležitým zdrojom energie.

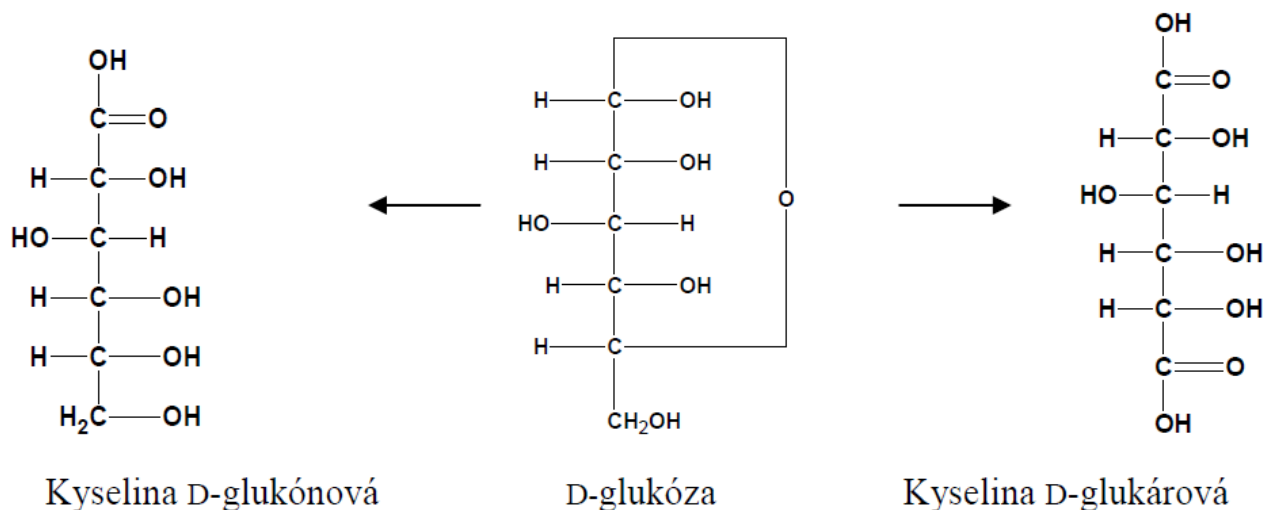
### Chemické reakcie sacharidov

Chemické reakcie monosacharidov prebiehajú na hydroxylových alebo na karbonylových skupinách. Rozoznávame tieto typy chemických reakcií:

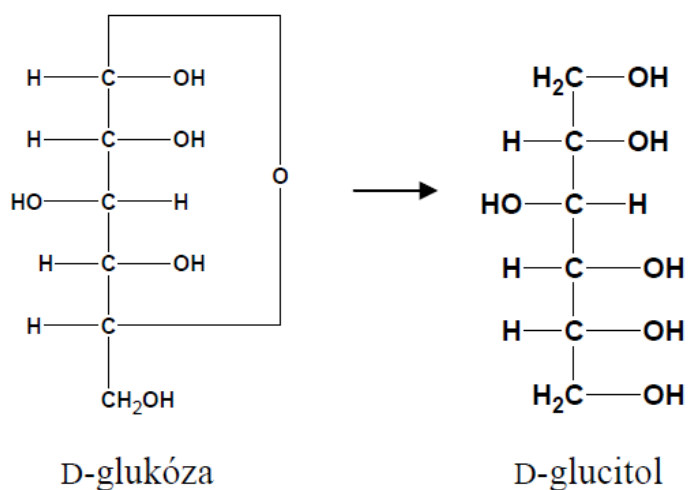
#### Oxidačno-redukčné reakcie

Veľmi ľahká je oxidácia aldehydovej skupiny aldóz:

- Miernymi oxidačnými činidlami (napr. brómovou vodou) sa oxiduje na karboxylovú skupinu a vznikajú polyhydroxykyseliny, označované ako aldónové kyseliny. Ich názov sa tvorí náhradou koncovky –óza koncovkou –onová kyselina (napr. z L-glukózy – kyselina glukónová).
- Aldourónové kyseliny (urónové) sú oxokyseliny, ktoré vznikli oxidáciou primárnej hydroxylovej skupiny. Ich názvy sa utvoria zo slova kyselina a nahradením prípony –óza príponou –urónová (napr. D-glukóza – kyselina D-glukurónová).
- Oxidáciou oboch koncových skupín reťazca (napr. kyselinou dusičnou) vznikajú aldárové kyseliny. Názov utvoríme zo slova kyselina nahradením –óza príponou –árová (napr. D-glukóza – kyselina D-glukárová) [4].

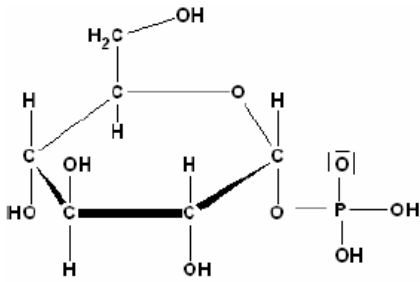


**Redukciou** karbonylovej skupiny vznikajú sacharidové alkoholy, ktoré majú príponu –itol [4].

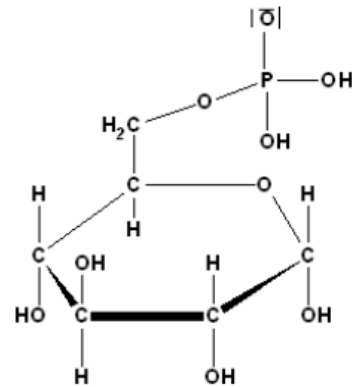


## Esterifikácia monosacharidov

Hydroxylové skupiny v molekulách môžu reagovať s kyselinami za vzniku esterov. Najvýznamnejšie sú estery s kyselinou trihydrogenfosforečnou  $H_3PO_4$ . V molekule glukózy sa esterifikuje poloacetálový hydroxyl a primárny hydroxyl za vzniku esterov. Produktmi esterifikácie glukózy sú  $\alpha$ - alebo  $\beta$ - D-glukóza-1-fosfát a  $\alpha$ - alebo  $\beta$ -D- glukóza-6-fosfát.



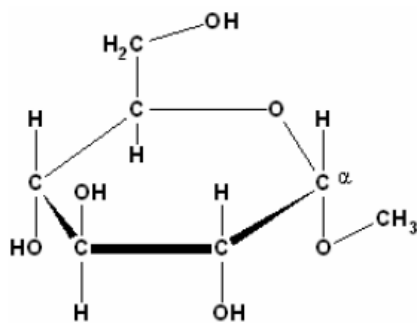
$\alpha$ -D- glukóza-1-fosfát



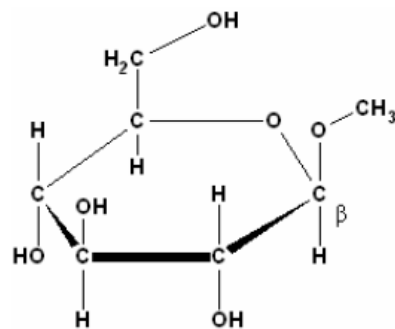
$\alpha$ -D-glukóza-6-fosfát

## Vznik glykozidov

Cyklické formy monosacharidov reagujú s alkoholmi poloacetálovou hydroxylovou skupinou. Pri reakcii sa uvoľní molekula vody a reagujúce molekuly sa spoja  $\alpha$  – alebo  $\beta$ - glykozidovou väzbou. Vznikajú  $\alpha$  – a  $\beta$ - glykozidy [2].



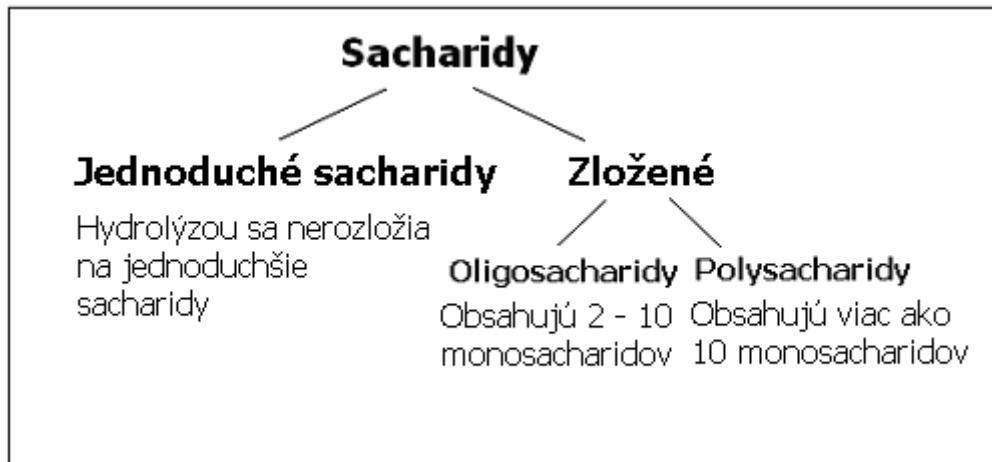
metyl- $\alpha$ -D-glukopyranozid



metyl-  $\beta$ -D-glukopyranozid

## 2.2 Rozdelenie sacharidov

Sacharidy sú štruktúrne veľmi pestrú skupinou prírodných látok [3]. Základom ich molekuly je uhlíkový reťazec tvorený 3 až 9 atómami uhlíka. Na atómy uhlíka v molekule sacharidu sú viazané okrem alkoholovej skupiny aj aldehydová alebo ketónová skupina. Preto sa sacharidy označujú ako polyhydroxyaldehydy alebo polyhydroxyketóny [1].



Obr. 1 Rozdelenie sacharidov podľa počtu monosacharidových jednotiek

### I. Monosacharidy

Monosacharidy sú polyhydroxykarbonylové zlúčeniny, môžeme ich definovať ako polyhydroxyaldehydy, alebo polyhydroxyketóny s 3 alebo viacerými atómami uhlíka.

#### Rozdelenie monosacharidov

Podľa funkčnej skupiny, ktorú obsahujú sa monosacharidy delia na:

1. *Aldózy* – sacharidy, ktoré okrem hydroxylovej skupiny obsahujú vo svojej molekule aldehydovú skupinu (-CHO).
2. *Ketózy* – sacharidy, ktoré okrem hydroxylovej skupiny obsahujú vo svojej molekule ketoskupinu ( $>C=O$ ) [1].

Tab. 1 Rozdelenie sacharidov podľa funkčnej skupiny

Monosacharidy	Aldóza	Ketóza
funkčná skupina	hydroxylová skupina a aldehydová skupina (-CHO)	hydroxylová skupina a ketónová skupina (>C=O)
príklad	D-(+)-glyceraldehyd	dihydroxyacetón
štruktúrny vzorec	$  \begin{array}{c}  \text{H} \quad \quad \text{O} \\  \quad \quad \quad \parallel \\  \quad \quad \quad \text{C} \\  \quad \quad \quad   \\  \text{H} - \text{C} - \text{OH} \\  \quad \quad \quad   \\  \quad \quad \quad \text{H}_2\text{C} - \text{OH}  \end{array}  $	$  \begin{array}{c}  \text{H}_2\text{C} - \text{OH} \\    \\  \text{C} = \text{O} \\    \\  \text{H}_2\text{C} - \text{OH}  \end{array}  $

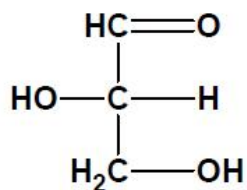
### D- a L- konfigurácia

Najjednoduchšou aldózou je glyceraldehyd a najjednoduchšou ketózou je dihydroxyacetón. S výnimkou dihydroxyacetónu obsahujú sacharidy vo svojej molekule aspoň jeden chirálny uhlík. Asymetrické uhliky spôsobujú optickú aktivitu monosacharidov (otáčajú rovinu polarizovaného svetla). Podľa priestorového usporiadania – H a – OH skupiny na poslednom chirálnom uhlíku sa môžu vyskytovať v dvoch stereoizomérnych formách [1]. Tieto vlastnosti sa vyznačujú aj v názve sacharidu:

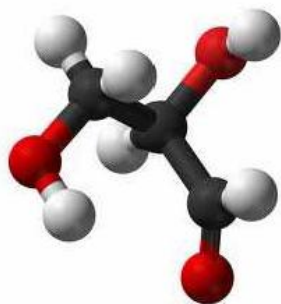
- Sacharid s hydroxylovou skupinou na asymetrickom uhlíku **vľavo** sa označuje ako **L-**
- Sacharid s hydroxylovou skupinou na asymetrickom uhlíku **vpravo** sa označuje ako **D-**

Obidve konfigurácie majú rovnaké chemické vlastnosti. Líšia sa len niektorými fyzikálnymi vlastnosťami – najmä otáčavosťou roviny polarizovaného svetla. Túto rovinu otáčajú o rovnaký uhol, ale opačným smerom. Voláme ich **enantioméry** alebo **optické antipódy**.

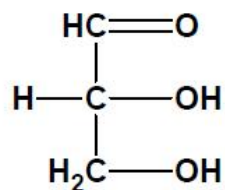
Sacharid otáčajúci rovinu polarizovaného svetla doľava má pri názve znamienko (-), kým jeho optický antipód má znamienko (+) (Obr. 2).



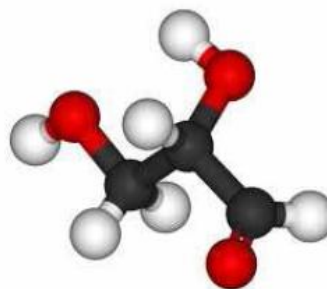
L -glyceraldehyd



D-(+)-glyceraldehyd



D -glyceraldehyd



L-(+)-glyceraldehyd

Obr. 2 Dve odlišné konfigurácie glyceraldehydu

Pri sacharidoch s väčším počtom atómov uhlíka je pre zaradenie do D- a L- radu rozhodujúca poloha hydroxylovej skupiny na asymetrickom uhlíku, ktorý susedí s primárnou alkoholovou skupinou  $-\text{CH}_2\text{OH}$  [2].

Podľa počtu atómov uhlíka v molekule sa monosacharidy delia na:

1. **Triózy** – obsahujú 3 atómy uhlíka v molekule
2. **Tetrózy** – obsahujú 4 atómy uhlíka
3. **Pentózy** – obsahujú 5 atómov uhlíka
4. **Hexózy** – obsahujú 6 atómov uhlíka

Tab. 2 Rozdelenie sacharidov podľa počtu atómov uhlíka

Monosacharid	Trióza	Tetróza	Pentóza	Hexóza
Počet C	3	4	5	6
Príklad	D-(+)-glyceraldehyd	D-(+)-erytróza	D-(+)-fruktóza	D-(+)-glukóza
Štruktúrny vzorec	$  \begin{array}{c}  \text{H} \quad \text{O} \\  \diagdown \quad // \\  \text{C} \\    \\  \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\    \\  \text{H}_2\text{C}-\text{OH}  \end{array}  $	$  \begin{array}{c}  \text{H} \quad \text{O} \\  \diagdown \quad // \\  \text{C} \\    \\  \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\    \\  \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\    \\  \text{H}_2\text{C}-\text{OH}  \end{array}  $	$  \begin{array}{c}  \text{H} \quad \text{O} \\  \diagdown \quad // \\  \text{C} \\    \\  \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\    \\  \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\    \\  \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\    \\  \text{H}_2\text{C}-\text{OH}  \end{array}  $	$  \begin{array}{c}  \text{H} \quad \text{O} \\  \diagdown \quad // \\  \text{C} \\    \\  \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\    \\  \text{HO}-\text{C}-\text{H} \\    \\  \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\    \\  \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\    \\  \text{H}_2\text{C}-\text{OH}  \end{array}  $

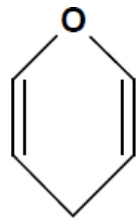
### Vlastnosti monosacharidov

Monosacharidy sú bezfarebné, kryštalické látky. Sú dobre rozpustné vo vode, čiastočne sa rozpúšťajú v zriedenom etanole a sú nerozpustné v organických rozpúšťadlách. Majú viac alebo menej výraznú chuť [2].

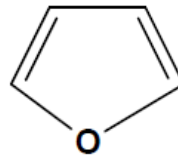
### Štruktúra monosacharidov

Monosacharidy môžu podliehať intramolekulovej reakcii, pričom sa lineárna štruktúra mení na cyklickú. Táto reakcia sa uskutočňuje medzi karbonylovou (aldehydovou alebo ketónovou) a hydroxylovou skupinou naviazanou na poslednom chirálnom uhlíku tej istej molekuly sacharidu za vzniku poloacetálovej alebo poloketálovej väzby. Vznikajú 5- alebo 6-článkové heterocyklické štruktúry s atómom kyslíka v cykle. Päťčlánkové cyklické štruktúry sacharidov sa nazývajú furanózy a šesťčlánkové cyklické sacharidy pyranózy.

Takéto vyjadrenie cyklických štruktúr monosacharidov voláme Tollensove vzorce na rozdiel od lineárnych necyklických Fischerových vzorcov. Tollensove vzorce možno prepísať na názornejšie Haworthove vzorce [1].



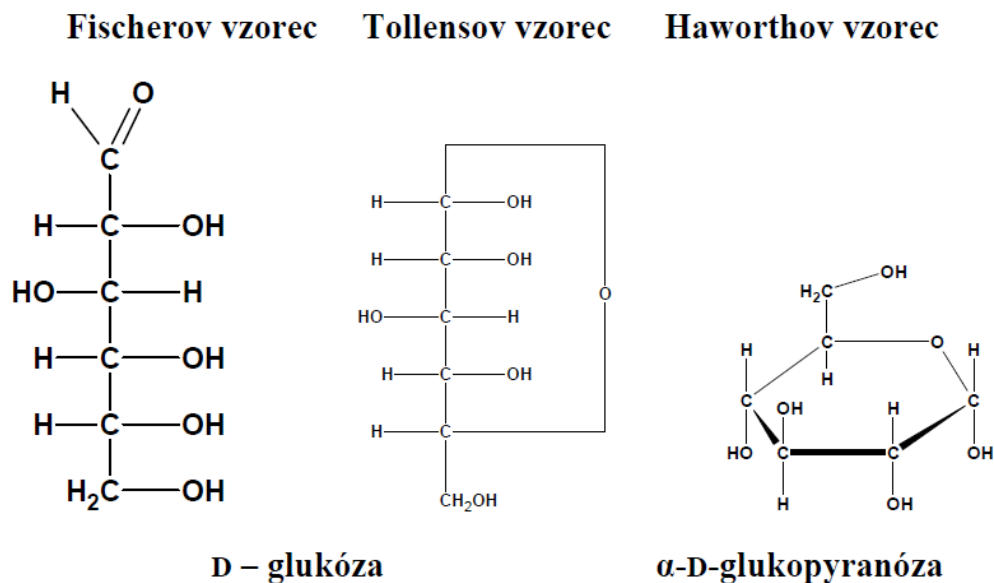
pyrán



furán

### Typy vzorcov

- **Fischerove vzorce** zobrazujú monosacharidy v lineárnej forme, pri ktorej majú voľnú aldo- alebo ketoskupinu. Fischerove vzorce nevystihujú všetky chemické vlastnosti monosacharidov, preto sa zaviedli cyklické vzorce.
- **Tollensove vzorce.** Tollens predpokladal, že aldehydová skupina je čiastočne acetylizovaná niektorou z prítomných hydroxylových skupín. Ani tieto vzorce nevystihujú skutočnú štruktúru sacharidov, lebo jednotlivé atómy ležia na jednej priamke.
- **Haworthove vzorce** vystihujú presnejšie cyklickú štruktúru sacharidov. Podľa základného heterocyklu sa Haworthove vzorce nazývajú pyranózy alebo furanózy [2].



Obr. 3 Vzorce glukózy podľa Fischera, Tollensa a Hawortha

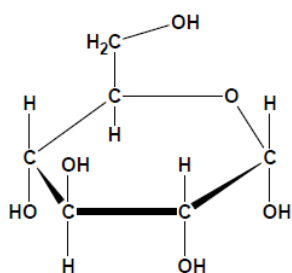
Vzorce monosacharidov sa píše podľa potreby v acyklickej alebo cyklickej forme. Pre oligosacharidy a polysacharidy sa používajú len Haworthove vzorce.



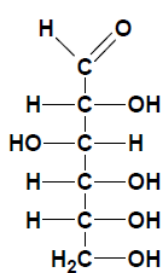
## $\alpha$ - a $\beta$ - anoméry

Presunom protónu z hydroxylovej skupiny na kyslíkový atóm karbonylovej skupiny vznikne nový chirálny uhlík. Podľa polohy hydroxylovej skupiny na tomto uhlíku rozoznávame dve diastereoizoméne formy  $\alpha$  a  $\beta$ . Novovzniknutý chirálny uhlík nazývame anomérny uhlík a diastereoizoméne formy  **$\alpha$ - a  $\beta$ - anoméry** [1].

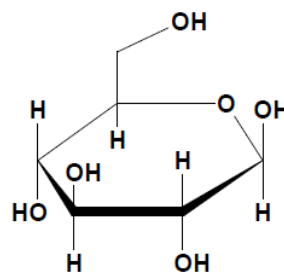
- $\alpha$ - anomér: poloacetálová hydroxylová skupina sa nachádza napravo (pod úrovňou cyklu).
- $\beta$ - anomér: poloacetálová hydroxylová skupina sa nachádza naľavo (nad úrovňou cyklu).



$\alpha$ - D- glukopyranóza



D- glukóza

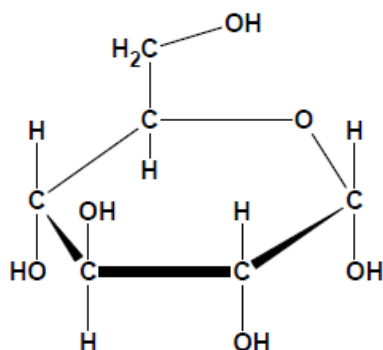


$\beta$ - D- glukopyranóza

Medzi  $\alpha$  a  $\beta$  anomérom neexistuje štruktúrny vzťah predmetu a jeho zrkadlového obrazu, neotáčajú rovinu polarizovaného svetla o rovnaký uhol [3].

## Prehľad najvýznamnejších monosacharidov

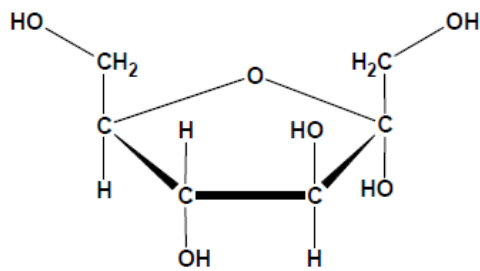
### Glukóza (hroznový cukor)



je monosacharid patriaci medzi aldohexózy. Glukóza existuje v dvoch enantioméroch, D- glukóza a L- glukóza. V organizme má osobité postavenie, prúdi krvou a tým sa dostáva do celého tela. Glukóza je biela, kryštalická látka, rozpustná vo vode, sladkej chuti. Nachádza sa v rôznych častiach rastlín, najmä v zrelých plodoch. Je významným zdrojom energie a je ľahko stráviteľná. V lekárskej praxi sa využíva na prípravu injekčných a infúzných roztokov

a hojivých masťí. Nachádza sa v ovocí, v ovocných šťavách a v mede.

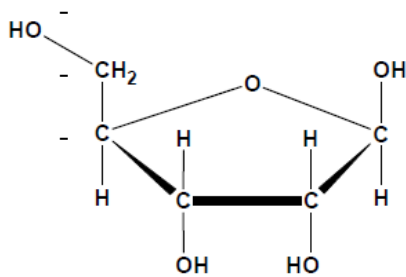
### ***Fruktóza (ovocný cukor)***



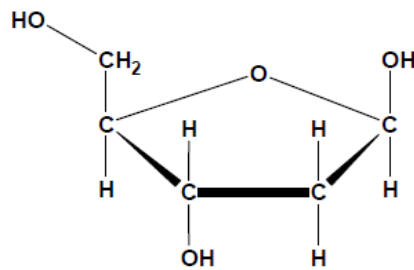
je najsladší cukor. V krvi sa rýchlejšie metabolizuje, preto ju môžu užívať aj diabetici. Podobne ako glukóza je súčasťou ovocia (jahody, maliny, čučoriedky), zeleniny (melón, sladké zemiaky) a medu. Používa sa na sladenie cukrovínok, ovocných štiav, jogurtov, konzervovaného ovocia a mrazených dezertov [4].

### ***Ribóza RNA a 2-deoxy-D-ribóza DNA***

- sú základné stavebné zložky nukleových kyselín.



ribóza



deoxyribóza

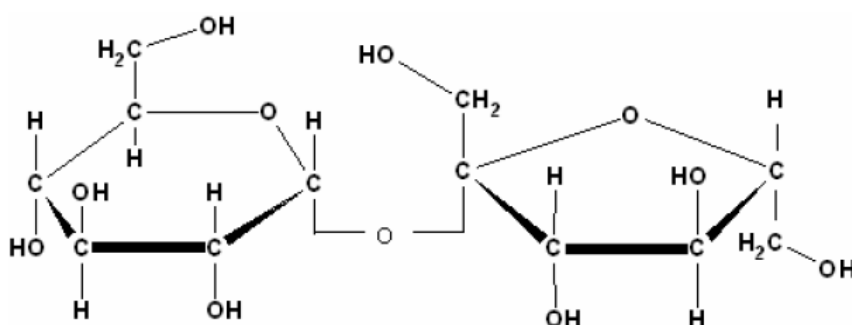
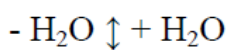
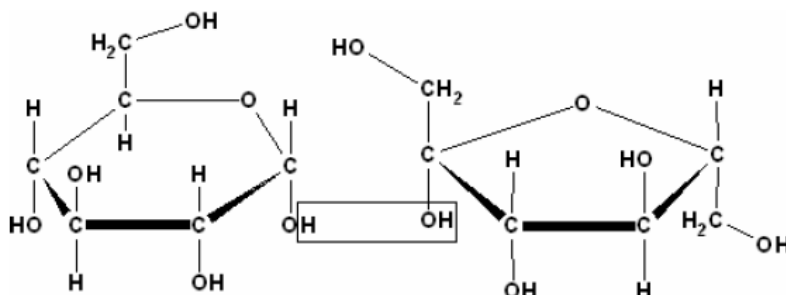
## **II. Disacharidy**

Vznikajú spojením dvoch molekúl monosacharidov za odštiepenia molekuly vody. Molekuly sacharidov sú navzájom viazané glykozidovou väzbou. K spojeniu monosacharidových jednotiek môže dôjsť dvoma spôsobmi:

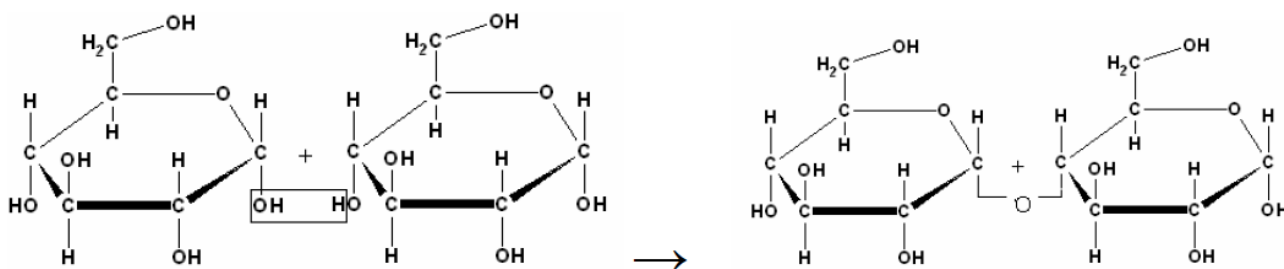
- Ak sa na glykozidovej väzbe zúčastňujú poloacetálové hydroxyly oboch cukrov, výsledný oligosacharid nemá redukujúce vlastnosti.

glukóza

fruktóza



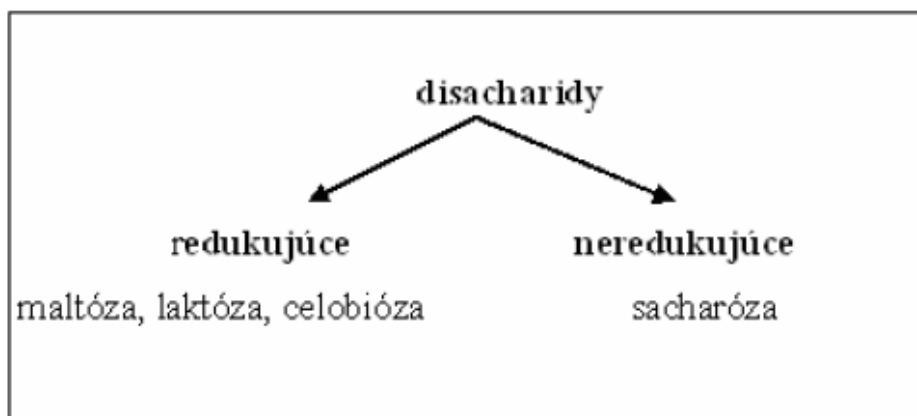
- Ostatné sacharidy s voľnou poloacetálovou skupinou nazývame redukujúce sacharidy, teda do glykozidovej väzby prispel jeden monosacharid poloacetálovým hydroxylom a druhý alkoholovým hydroxylom.



glukóza

glukóza

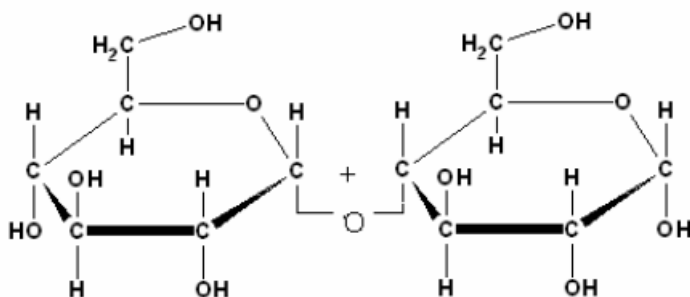
maltóza



Obr. 4 Rozdelenie disacharidov

### Prehľad najvýznamnejších disacharidov

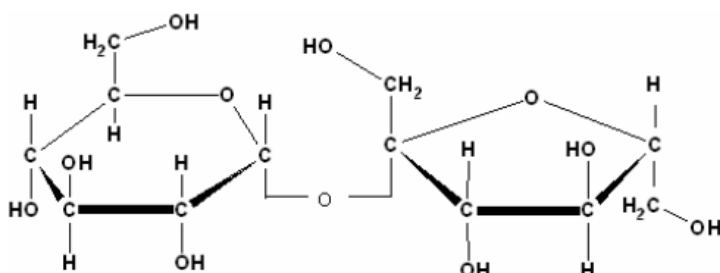
#### *Maltóza (sladový cukor)*



je zložená dvoch molekúl  $\alpha$ -D-glukopyranózy, ktoré sú spojené  $\alpha$ -1,4-glykozidovou väzbou. Je redukujúci cukor, pretože má voľnú jednu poloacetálovú hydroxylovú skupinu [1]. Oproti sacharóze má len málo sladkú chuť. Je dobre

rozpuštná vo vode. Je ľahko skvasiteľná kvasinkami, využíva sa pri výrobe piva [6].

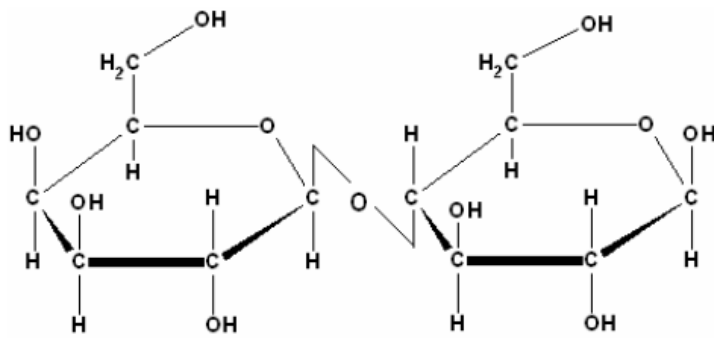
#### *Sacharóza (repný cukor)*



je zložená z  $\alpha$ -D-glukopyranózy a  $\beta$ -D-fruktófuranozy, ktoré sú spojené 1,2-glykozidovou väzbou. Je neredukujúci sacharid [1]. Je biela kryštalická látka sladkej chuti dobre rozpuštná vo vode. Nachádza

sa v rastlinách, najviac v cukrovej repe a cukrovej trstine. Má vysokú energetickú hodnotu, je dôležitou súčasťou výživy človeka. Používa sa ako bežné sladidlo v potravinárstve, zahriatím sa mení na karamel.

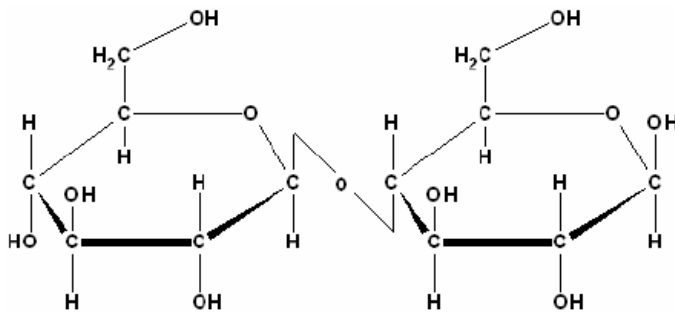
### Laktóza (mliečny cukor)



je zložená molekul  $\beta$ -D-galaktopyranózy a D-glukopyranózy, viazaných  $\beta$ -1,4-glykozidovou väzbou. Je redukujúci sacharid [1]. Nachádza sa v mlieku cicavcov. Je menej sladká ako sacharóza, používa sa na výrobu

vyživovacích prípravkov [7].

### Celobióza



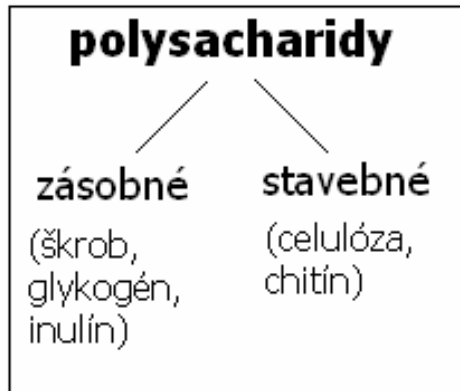
je zložená z  $\beta$ -Dglukopyranózy a D-glukopyranózy viazaných  $\beta$ -1,4-glykozidovou väzbou. Je redukujúci sacharid. Je základnou zložkou celulózy [1].

## III. Polysacharidy

Polysacharidy sú kondenzačné produkty monosacharidov zložené z viac ako desiatich monosacharidových jednotiek. K spojeniu molekúl dochádza väzbou poloacetálového hydroxyly s alkoholickým hydroxylom. Spojenie monosacharidových jednotiek má glykozidový charakter. Homopolysacharidy sú zložené z rovnakých monosacharidových jednotiek, na rozdiel od heteropolysacharidov, ktoré sú tvorené rôznymi monosacharidovými jednotkami [1]. Hydrolýzou sa dajú štiepiť na oligosacharidy, ďalej až na monosacharidy.

### Vlastnosti a funkcia polysacharidov

Na rozdiel od mono- a disacharidov nemajú sladkú chuť. Niektoré polysacharidy sa nerozpúšťajú vo vode a sú málo reaktívne (celulóza). Spôsobujú to intramolekulové vodíkové mostíky, ktoré molekulu spevňujú. V živých organizmoch plnia stavebnú (celulóza, hemicelulóza) a zásobnú funkciu (škrob, glykogén, inulín) (Obr. 5).



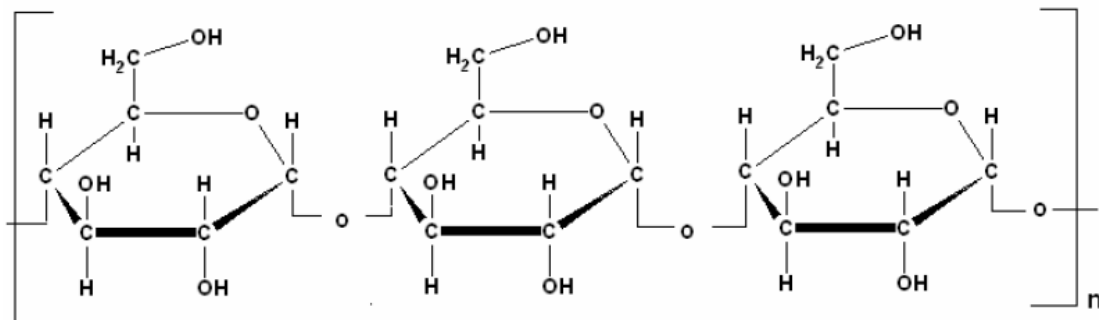
Obr. 5 Rozdelenie polysacharidov

### Prehľad najvýznamnejších polysacharidov

**Škrob** je rastlinná zásobná látka. Skladá sa z dvoch polysacharidov – lineárna amyulóza a rozvetvený amylopektín. Stavebnou jednotkou oboch zložiek je  $\alpha$ -Dglukopyranóza. Molekuly  $\alpha$ -D-glukopyranózy sú pospájané  $\alpha$ -1,4 glykozidovou väzbou. Je biela kryštalická látka. Vyskytuje sa v rastlinách (zemiaky, obilie, rôzne plody a listy rastlín) ako rezervná látka. Patrí medzi biologicky a aj hospodársky najvýznamnejšie sacharidy. Má obrovský význam pre výživu ľuďstva. V priemysle sa používa na výrobu lepidiel, na škrobenie prádla a v potravinárstve.

#### Amylóza

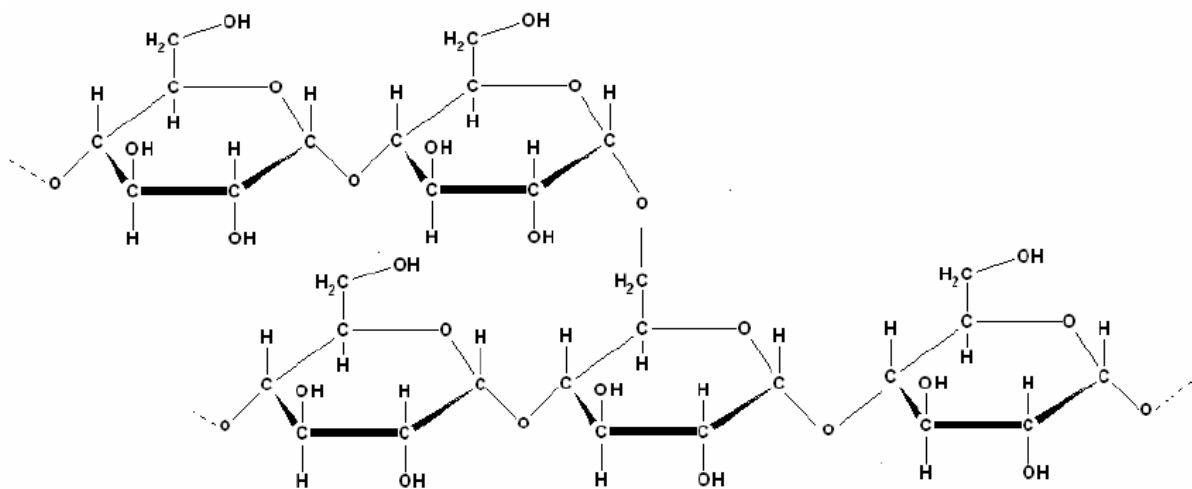
- tvorí asi 20% škrobu,
- jej reťaze sú nerozvetvené, glukózové jednotky sú spojené  $\alpha$ -1,4 glykozidovou väzbou (Obr. 6), vo vode sa rozpúšťa na čirý, málo viskózný roztok, zahriatím nemazovatie,
- reaguje s jódou a vzniká intenzívne modré sfarbenie. Podstata tejto reakcie je v tom, že sa molekuly jódu dostávajú do dutín závitnice, čím sa mení ich schopnosť absorbovať svetlo.



Obr. 6 Časť molekuly amylózy

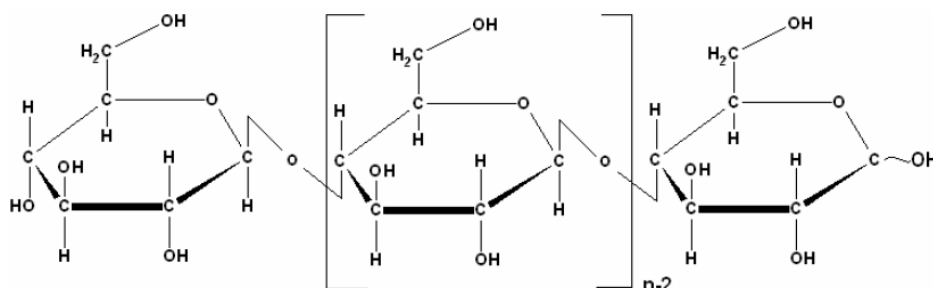
## Amylopektín

- tvorí asi 80% škrobu,
- nachádza sa najmä vo vonkajšej časti škrobových zŕn,
- glukózové jednotky sú v ňom viazané  $\alpha$  - 1,4 glykozidovou väzbou, ale v menšej miere sa vyskytujú aj  $\alpha$  - 1,6 väzby, čím dochádza k vetveniu reťazca (Obr. 7),
- v studenej vode sa amylopektín nerozpúšťa,
- zahriatím mazovatie a tým vytvára viskózný roztok, ktorý ochladením tuhne na gél [7].

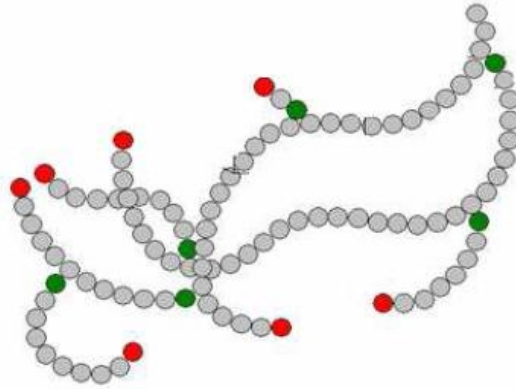


Obr. 7 Časť molekuly amylopektínu

**Celulóza** je stavebný polysacharid rastlinného pôvodu. Je najrozšírenejšia organická látka na zemi. Makromolekula celulózy je zložená z viac ako tisíc stavebných jednotiek  $\beta$ -D-glukopyranózy, ktoré sú pospájané  $\beta$ -1,4 glykozidovou väzbou, t.j. pozostáva z celobiózy. Takmer čistú celulózu obsahuje bavlna, ľan a konope. V dreve sa okrem celulózy nachádza aj napr. hemicelulóza, lignín, živice. Pre človeka je celulóza nestráviteľná, ale aj napriek tomu je dôležitou zložkou potravy. Tvorí hlavnú zložku tzv. hrubej vlákniny, ktorá podporuje peristaltiku čriev. Používa sa na výrobu papiera, umelého hodvábu, celofánu, strelnej bavlny a celuloidu.



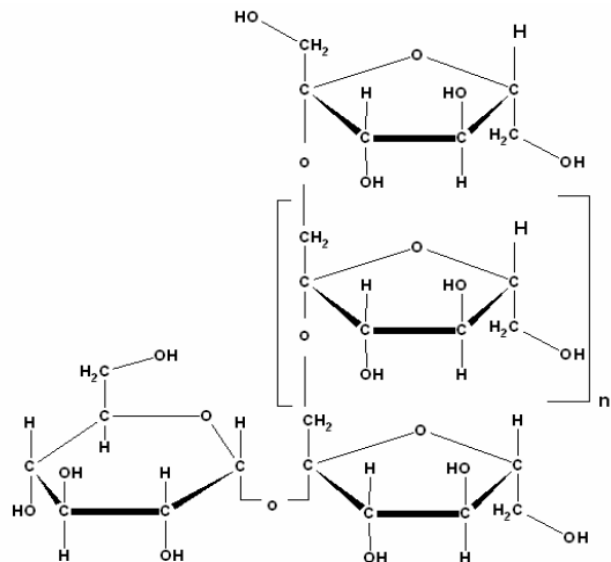
**Glykogén** je živočíšny zásobný polysacharid, štruktúrou sa podobá amylopektínu, je však viac rozvetvený. Nachádza sa v pečeni a vo svaloch. Rozpúšťa sa vo vode, jódom sa takmer nefarbí. Základnou stavebnou jednotkou glykogénu sú  $\alpha$ - D-glukopyranózové jednotky, pospájané  $\alpha$ - 1,4 a  $\alpha$ - 1,6 glykozidovými väzbami [7].



Obr. 8 Glykogén

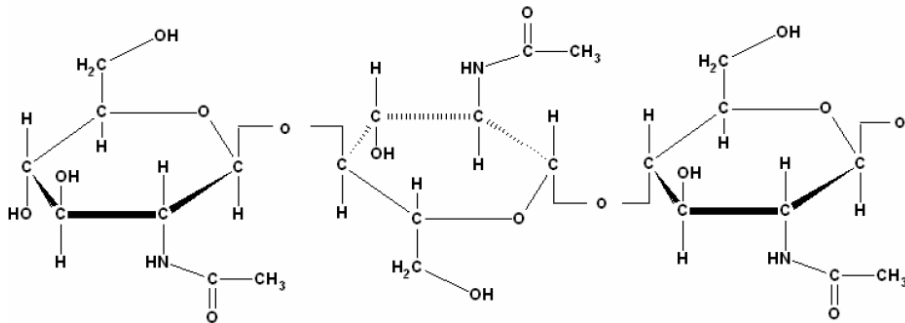
**Dextran** je  $\alpha$ -glukán. Hlavný reťazec obsahuje 1 $\rightarrow$ 6 väzby a vetví sa väzbami 1 $\rightarrow$ 2 a 1 $\rightarrow$ 3. Tvorí viskózne roztoky a používa sa ako náhrada krvnej plazmy [4].

**Inulín** je rezervný polysacharid rastlinného pôvodu. Základnou stavebnou jednotkou inulínu je D-fruktóza vo furanózovej forme, viazaná  $\beta$ - 1,2 glykozidovou väzbou, a je zakončený molekulou sacharózy. Vyskytuje sa vo viacerých rastlinách, najmä v hľuznatých a koreňových. Používa sa ako prísada do pečiva pre diabetikov [7].





**Chitin** je spoločný štruktúrny polysacharid húb, hmyzu a kôrovcov. Je tvorený acetyl- $\beta$ -Dglukozamínom. Druhý najrozšírejší polysacharid v prírode. Vyskytuje sa v bunkovej stene húb, v krovkách hmyzu a iných ochranných povrchoch niektorých organizmov [4].



## LITERATÚRA

- [1] Kollárová, M.: *Základy biochémie*. Bratislava : Vydavateľstvo UK, 2004. s. 20-45. ISBN: 80-223-1926-0.
- [2] Ferenčík, M., Škárka, B., Novák, M., Turecký, L. : *Biochémia*. Bratislava: Slovak academic press, 2000. s. 143-144.
- [3] Čársky, J., Kopřiva, J., Křištofová, V., Pecháň, I. : *Chémia pre 3. ročník gymnázií*. Bratislava: SPN, 2004. s. 74-90.
- [4] Jindra, A., Kovács P., Pšenák, M., Šípál, Z. : *Biochémia, Molekulárnobiologické a farmaceutické aspekty*. Martin: Osveta, 1985. s. 25-34.
- [5] Kováč, J., Kováč, Š., Fišera L., Krutošíková, A. : *Organická chémia 2*. Bratislava : Alfa, 1992. s. 1138.
- [6] Remeš, I.: *Fyziologie výživy*. Praha : Avicenum zdravotnické nakladatelství, 1983. s. 41.
- [7] Takáčsová, M., Pribela, A.: *Chémia potravín, 1. vydanie*. Bratislava : Vydavateľstvo STU, 1996. s. 72-91, ISBN: 80-227-0861-5.