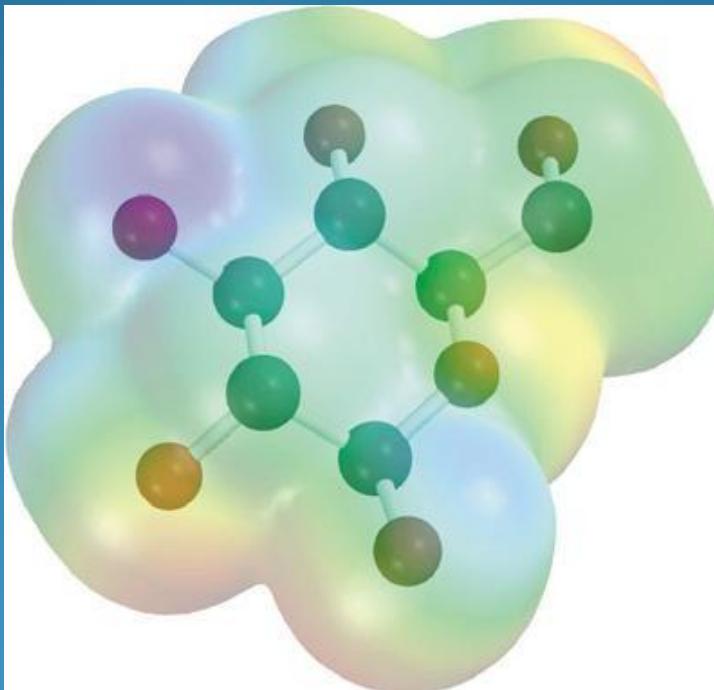


УГЛЕНИ ХИДРАТИ



Šta su ugljeni hidrati?

- Opšta formula ugljenih hidrata je $C_n(H_2O)_n$
- Ugljeni hidrati se definišu kao polihidroksilni aldehydi ili polihidroksilni ketoni odnosno supstance koje hidrolizom daju polihidroksilne aldehyde ili polihidroksilne ketone

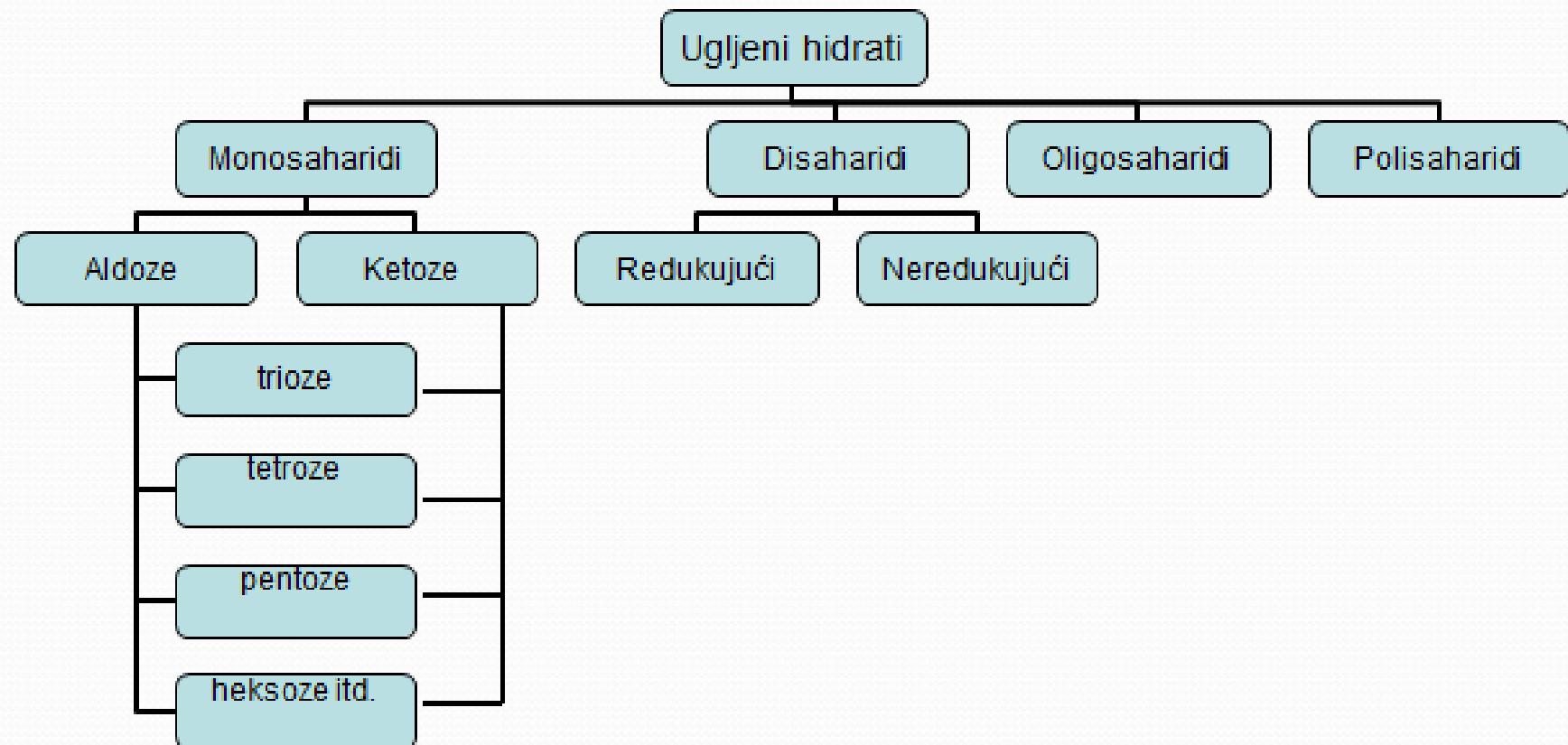
Funkcija ugljenih hidrata

- Predstavljaju veliku grupu jedinjenja koja zajedno sa proteinima i lipidima čine osnovne komponente bioloških sistema
- Supstance koje čine strukturu biljaka i drveća
- Osnovni izvori energije u ćeliji
- Sistemi za skladištenje energije
- Gradivne jedinice masti, nukleinskih kiselina, složenih proteina, itd.
- Imaju raznovrsna i često veoma različita fizičko-hemijska svojstva.
- Mogu biti kristalni i amorfni, rastvorljivi i nerastvorljivi u vodi, podložni oksidaciji i stabilni, sposobni da hidrolizuju ili ne, itd.

Podjela ugljenih hidrata

- Dele se na osnovu nekoliko kriterijuma: vrste karbonilne grupe; broja ugljenikovih atoma; broja monosaharidnih jedinica itd.
- **Monosaharidi** – prosti šećeri – ne mogu se hidrolizovati na prostije šećere
- **Oligosaharidi** – hidrolizom daju manji broj monosaharida najčešće 2 – 9
- **Polisaharidi** – hidrolizom daju veći broj molekula monosaharida

Podela ugljenih hidrata



MONOSAHARIDI

Opšta formula $(\text{CH}_2\text{O})_n$ gde je $n = 3 - 7$

Podela monosaharida:

1. Prema broju C – atoma u molekulu dele se na:

- **trioze** (3 C – atoma)
- **tetroze** (4 C – atoma)
- **pentoze** (5 C – atoma)
- **heksoze** (6 C – atoma)

2. Prema funkcionalnim grupama dele se na:

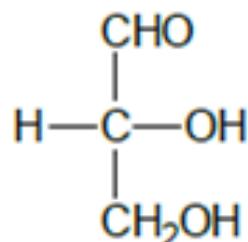
- **aldoze** (prisutna aldehidna grupa) i
- **ketoze** (prisutna keto grupa)

oza na kraju reči označava šećer

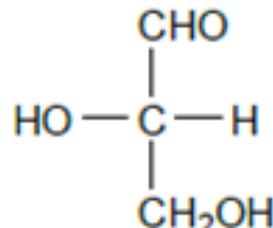
- Svi monosaharidi su lako rastvorljivi u vodi, što je uslovljeno prisustvom -OH grupama i imaju sladak ukus.
- U prirodi se ređe nalaze slobodni, a češće su sastojci oligo- i polisaharida.
- Svi monosaharidi imaju nerazgranat ugljovodonikov lanac.
- Svi monosaharidi su redukujući šećeri.
- Najprostiji monosaharidi imaju tri C-atoma

MONOSAHARIDI

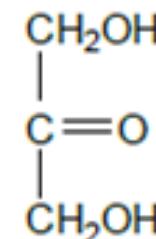
- Najprostiji monosaharidi imaju tri C-atoma



aldo-trioza
D-glicerin-aldehid



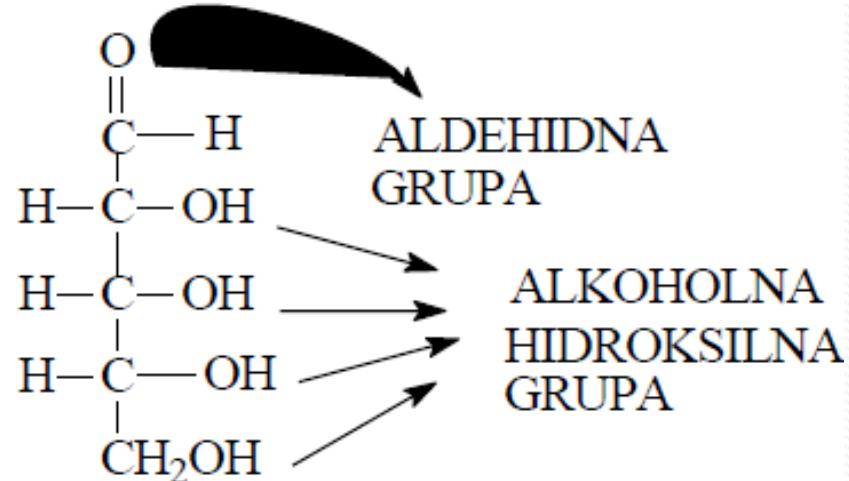
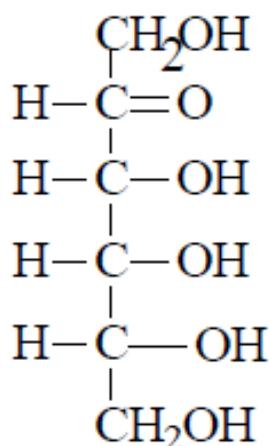
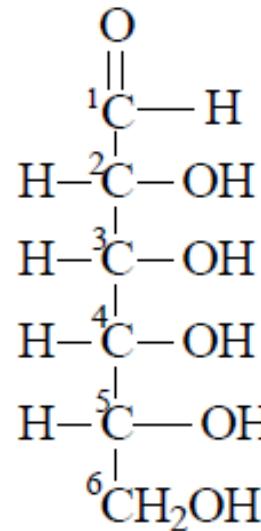
aldo-trioza
L-glicerin-aldehid



keto-trioza
dioksi-aceton

- Uvođenjem $-\text{CHOH}$ grupe između aldehidne grupe gliceraldehida i susednog hiralnog centra izvode se dve serije enantiomernih šećera aldoza.
- Uvođenjem $-\text{CHOH}$ grupe između keto grupe dioksiacetona i susednog C-atoma izvode se dve serije enantiomernih šećera ketoza.

Aldoze i ketoze



ALDOHEKSOZA KETOHEKSOZA ALDOPENTOZA

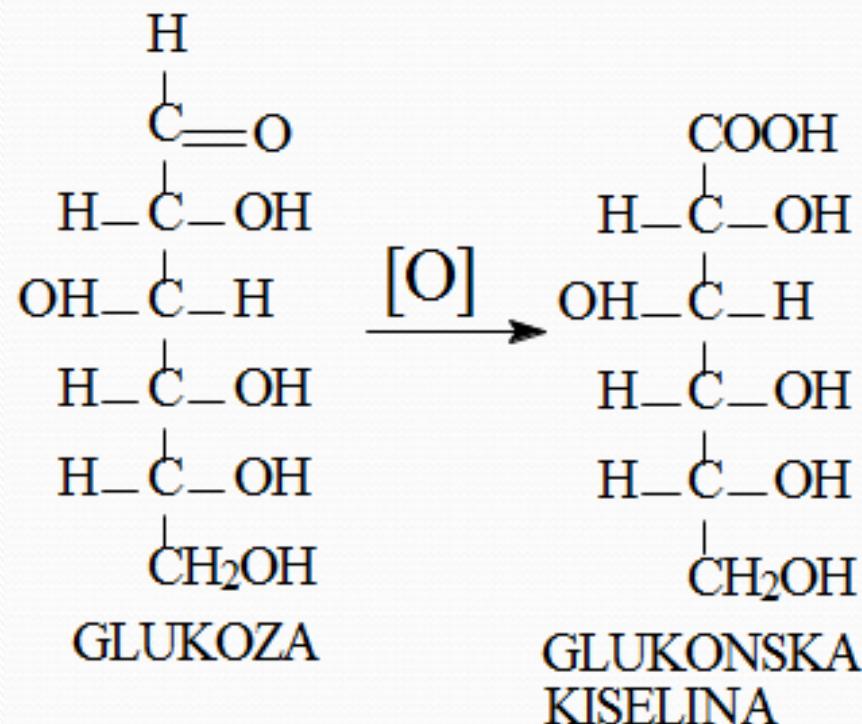
HEMIJSKE OSOBINE MONOSAHARIDA

- Hemijske osobine monosaharida određene su prisustvom aldehidne, keto i alkoholne hidroksilne funkcionalne grupe.
- Oksidacija
- Redukcija
- Supstitucija
- Reakcija sa mineralnim kiselinama
- Esterifikacija

Oksidacijom aldehidne grupe aldoza nastaju monokarboksilne kiseline

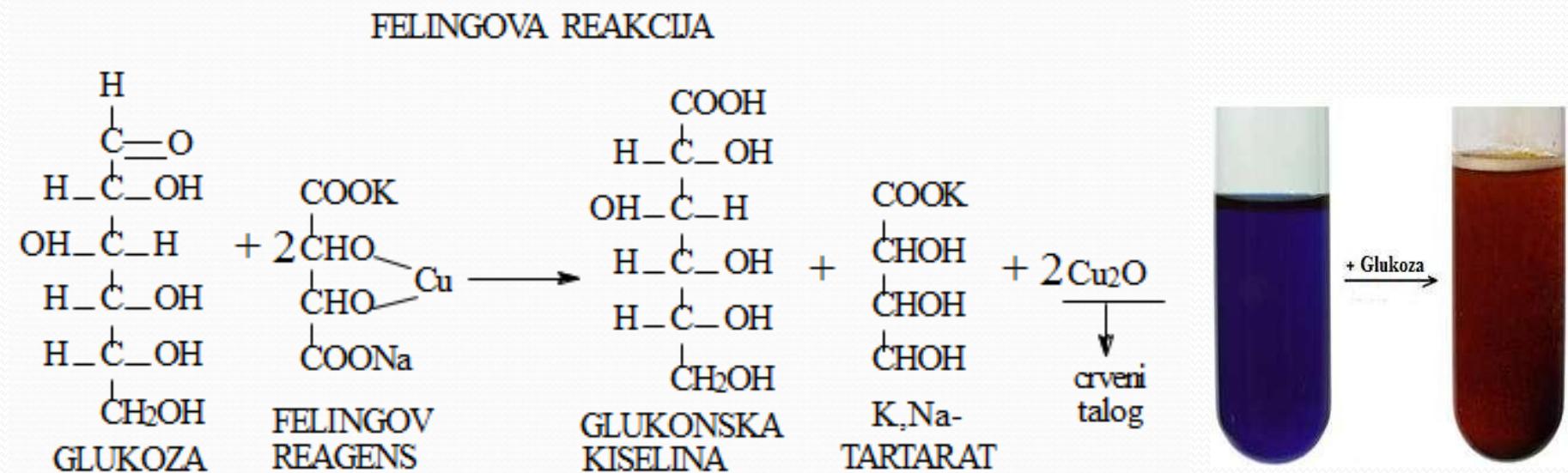
- Naziv ovih kiselina se gradi dodavanjem nastavka **onska** na osnovu naziva monosaharida npr.

Glukoza – glukonska kiselina

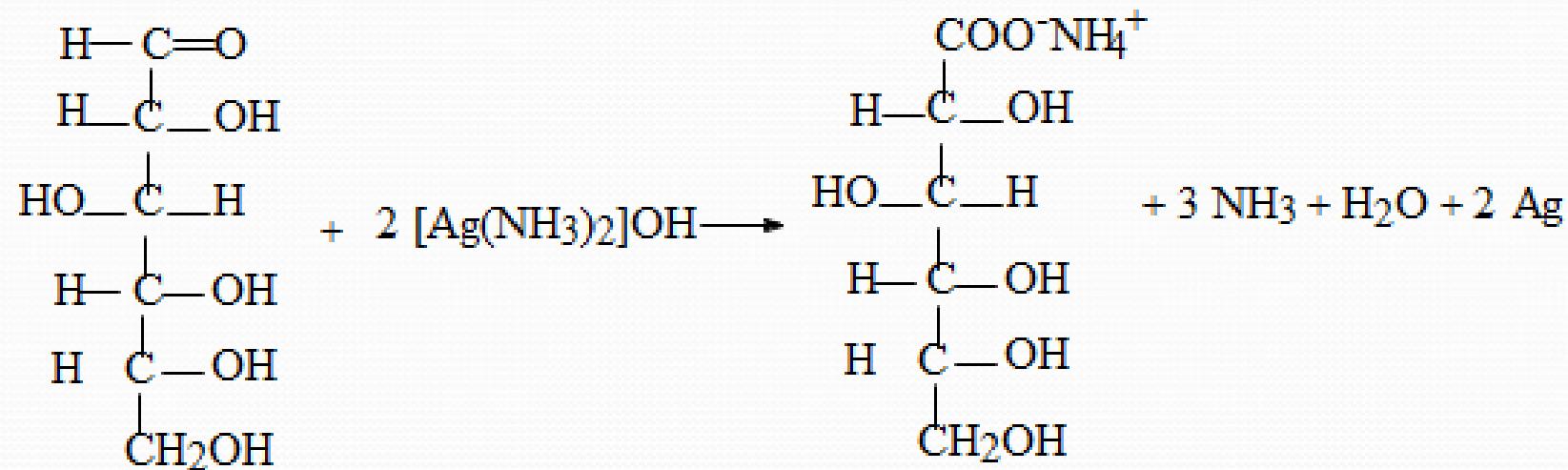


Ova reakcija se lako izvodi oksidacijom monosaharida sa Cu^{2+} (Felingova reakcija) i Ag^+ jonima (Tolensova ili reakcija srebrnog ogledala)

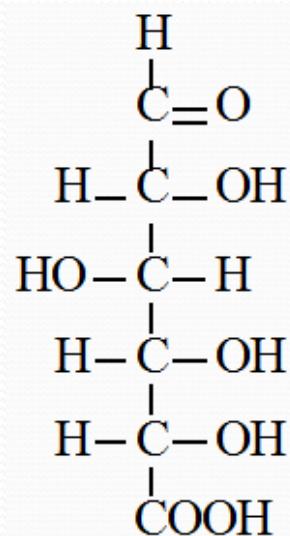
- Šećeri koji reaguju sa ovim reagensima zovu se **redukujući šećeri**.



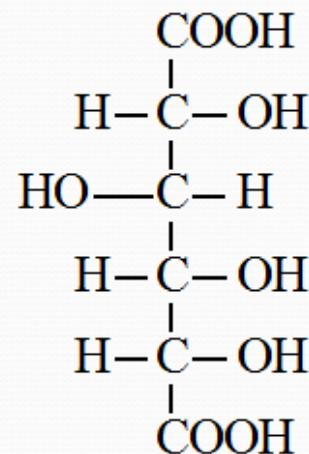
Tolensova reakcija ili reakcija srebrnog ogledala



Oksidacijom primarne alkoholne grupe na C6 ugljeniku nastaju "uronske kiseline" a istovremenom oksidacijom aldehidne i C6 OH grupe nastaju "šećerne kiseline"

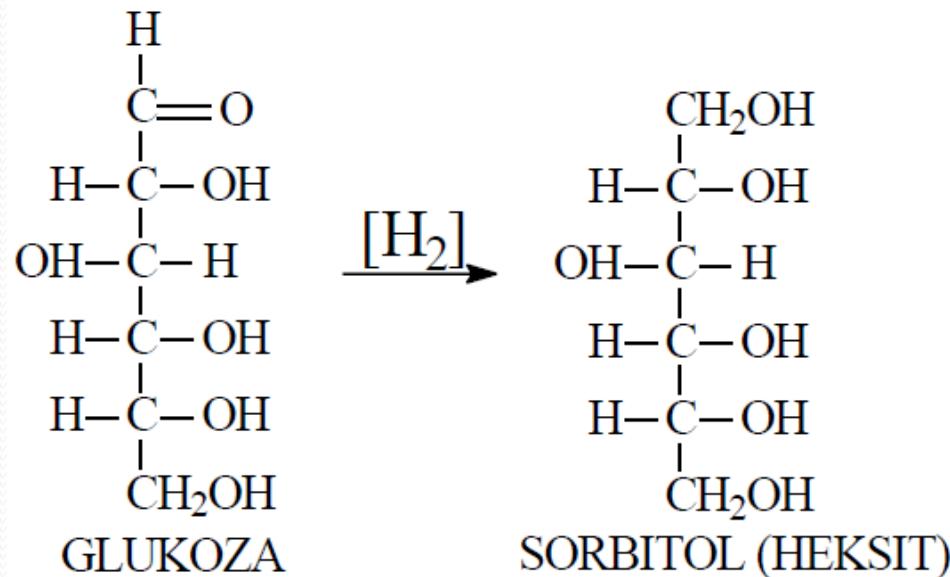


GLUKURONSKA
KISELINA

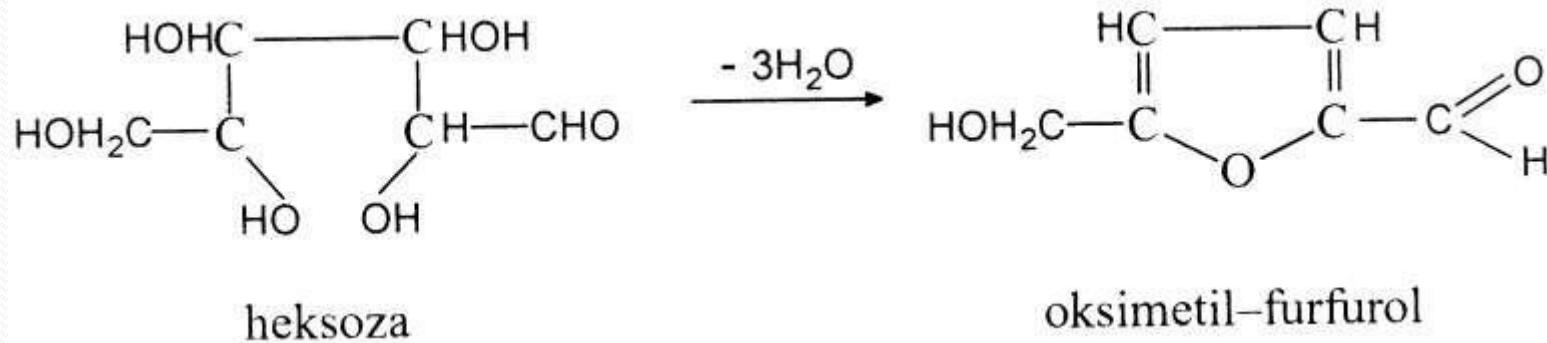
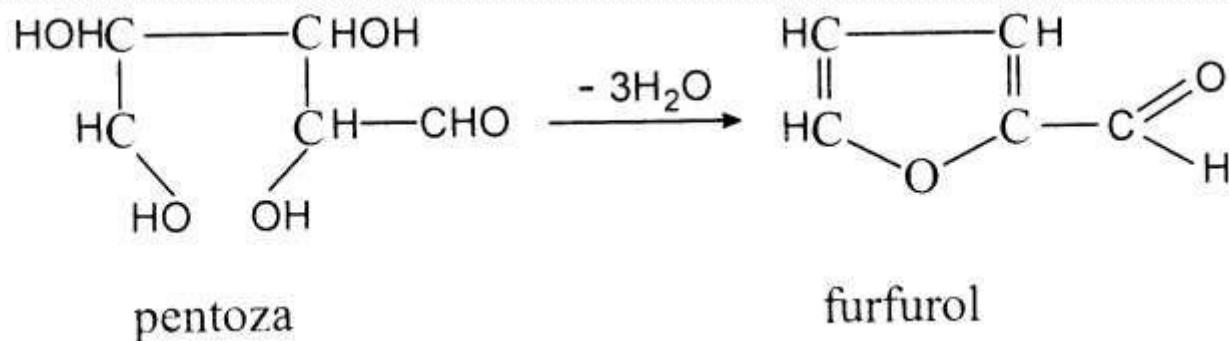


GLUKO-ŠECERNA
KISELINA

Redukcijom monosaharida nastaju polihidroksilni alkoholi
PENTOZE – PENTITI HEKSOZE - HEKSITI



Reakcija sa kiselinama



Stereoizomerija heksoza

ALDOZE IMAJU

4 hiralna C atoma

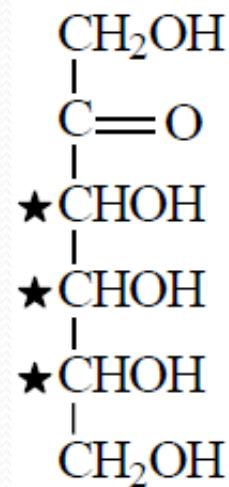
BROJ IZOMERA: $X = 2^4 = 16$



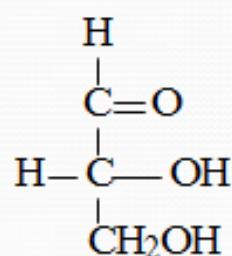
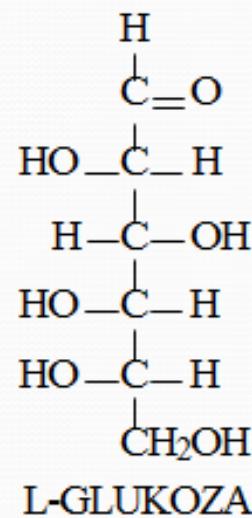
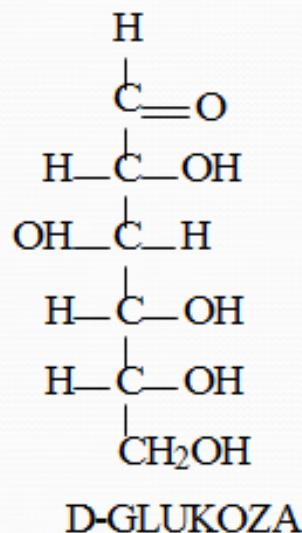
KETOZE IMAJU

3 hiralna C atoma

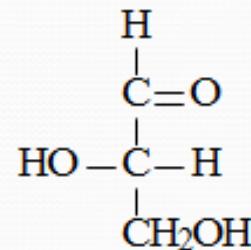
BROJ IZOMERA: $X = 2^3 = 8$



D i L GLUKOZA



D-GLICERINALDEHID

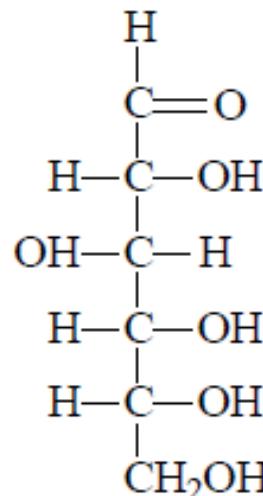


L-GLICERINALDEHID

TAUTOMERIJA HEKSOZA - CIKLOPOLUACETALNI OBLICI

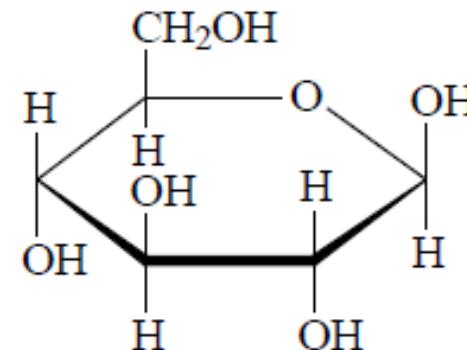
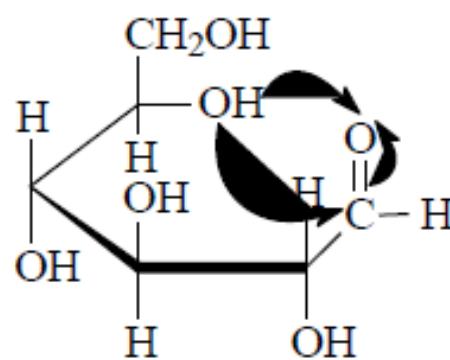
- Šećeri sadrže u molekulu aldehidnu ili keto funkcionalnu grupu pored alkoholne hidroksilne funkcionalne grupe
- Ove funkcionalne mogu međusobno da reaguju dajući poluacetale kada se nađu na pogodnom rastojanju (pentoze, heksoze)
- Reakcija se dešava tako je veoma mali udio šećera u formi otvorenog niza na fiziološkim uslovima

NASTAJANJE CIKLOPOLUACETALNOG OBLIKA

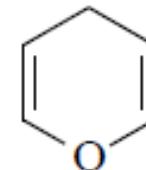


D-GLUKOZA

OTVORENI NIZ

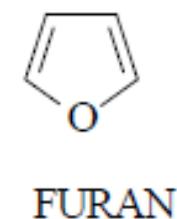
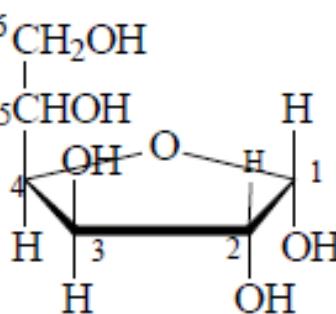
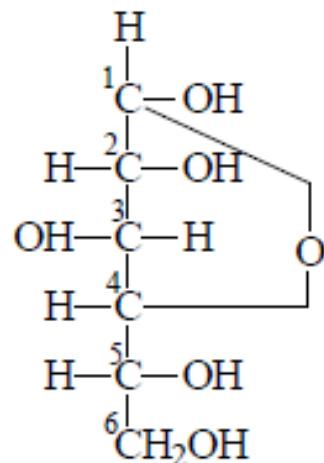
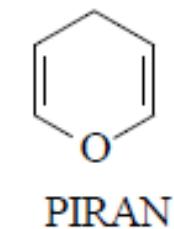
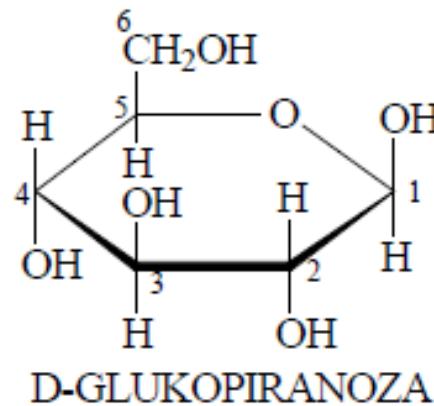
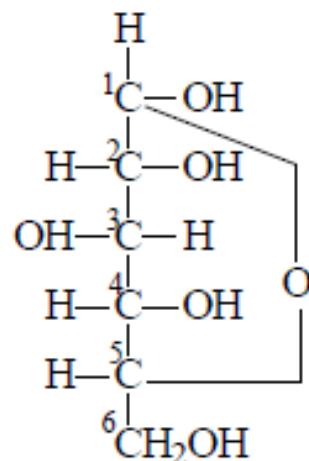
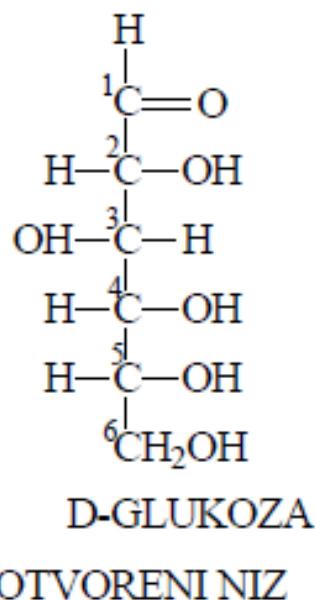


D-GLUKOPIRANOZA
CIKLO POLUACETALNI OBLIK



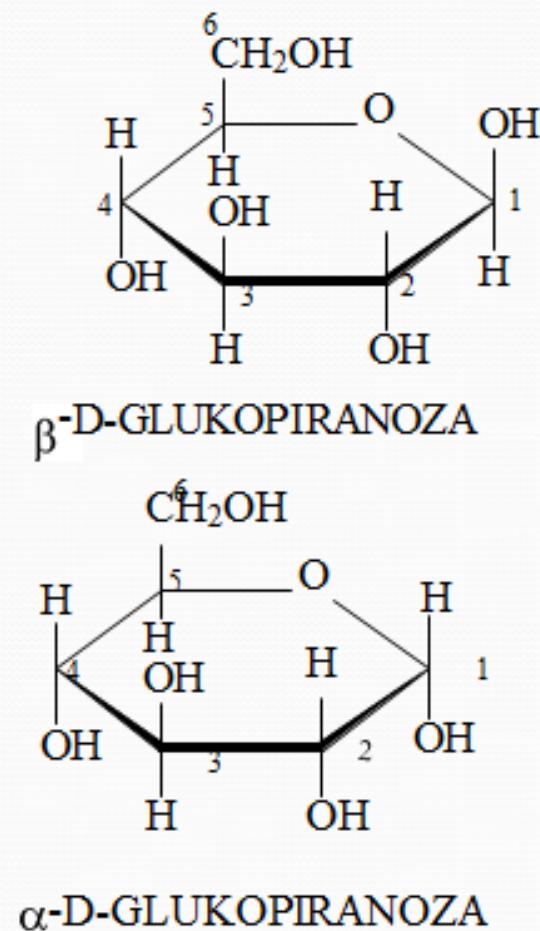
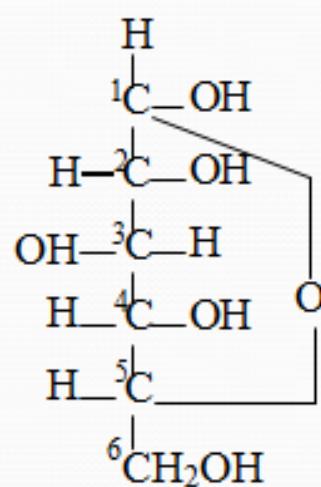
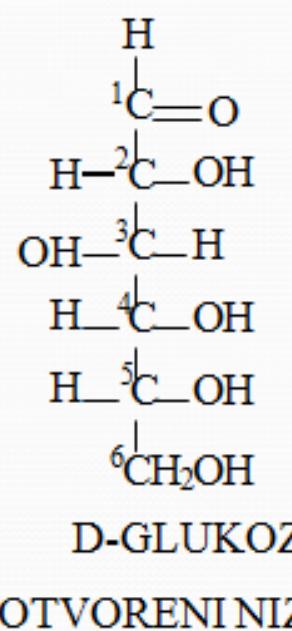
PIRAN

Postoje piranozni i furanozni poluacetalni oblici heksoza



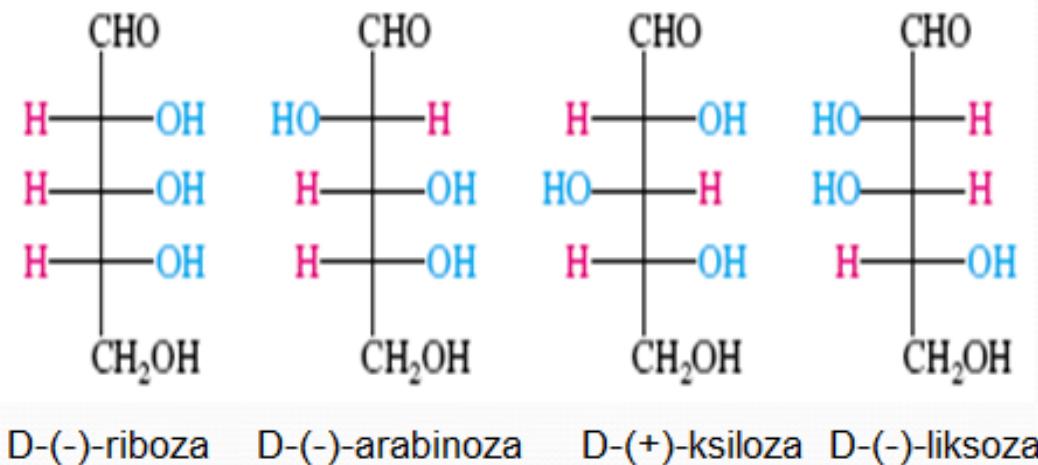
D-GLUKOFURANOZA

Prilikom formiranja ciklopoluacetalnih oblika C atom na položaju 1 postaje novi hiralni centar i tako nastaju α i β anomeri

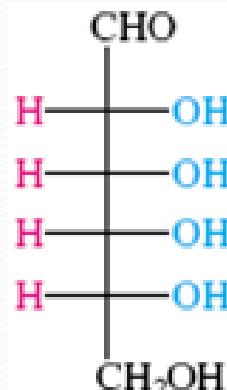


Svi prirodni šećeri su D – konfiguracije

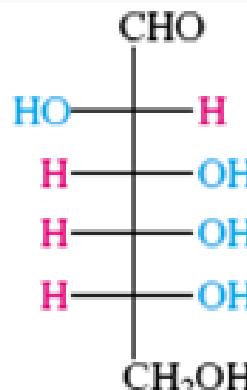
D – aldopentoze



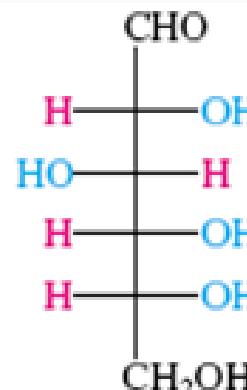
D – aldoheksoze



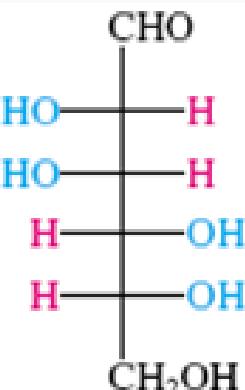
D-(+)-aloza



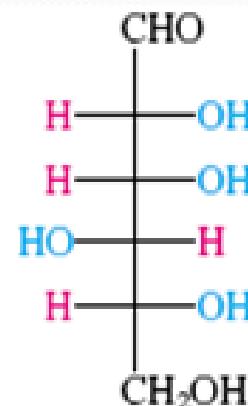
D-(+)-altroza



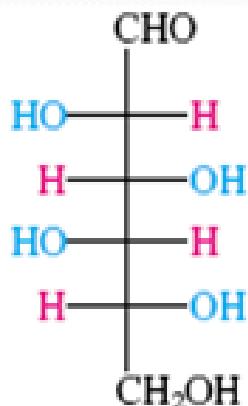
D-(+)-glukoza



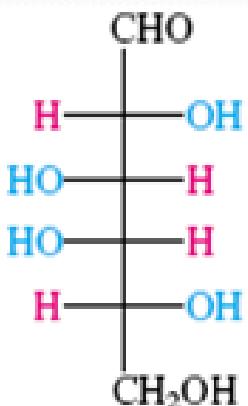
D-(+)-manoza



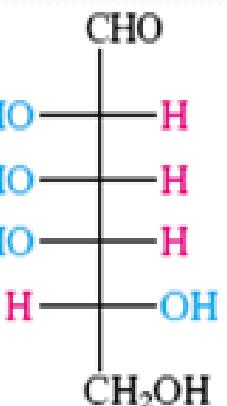
D-(-)-guloza



D-(-)-idoza

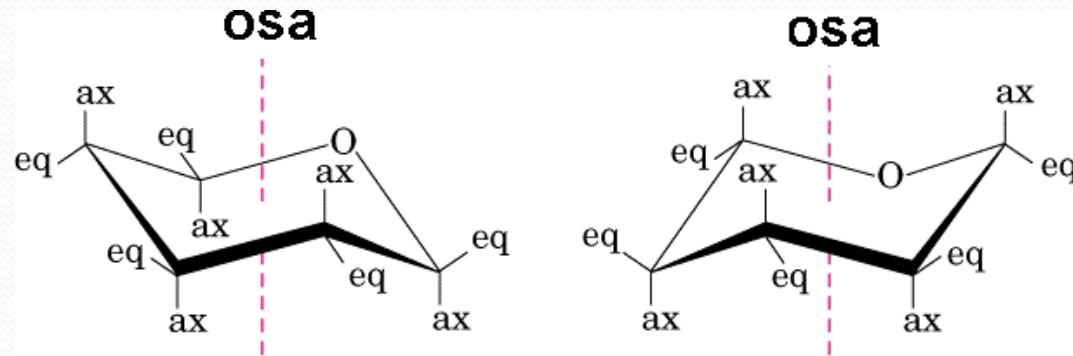


D-(+)-galaktoza

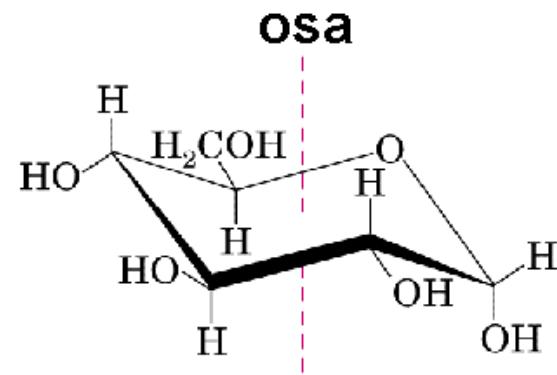


D-(+)-taloza

KONFORMACIONE FORMULE



Dva moguća oblika konformacije stolice



α - D - Glukopiranoza

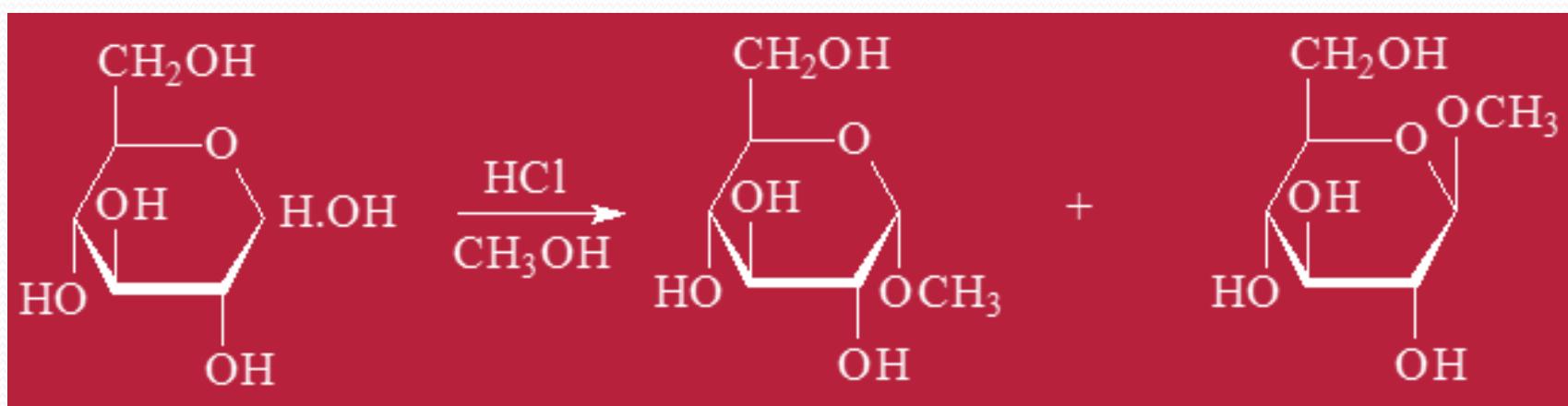
Glikozidi

- Glikozidi su acetali šećera i alkohola međusobno povezani glikozidnom vezom:

CIKLIČNI OBLIK MONOSAHARIDA + ALKOHOL \longrightarrow GLIKOZID
(poluacetalna struktura) (acetalna struktura)

- Ako je alkohol povezan za monosaharid "kiseoničnim mostom", onda su to *O-glikozidi*, ako je povezan direktno na C atom to su *C-glikozidi*, odnosno za atom azota *N-glikozidi* ili pak za atom sumpora *S-glikozidi*.

GRAĐENJE GLIKOZIDA



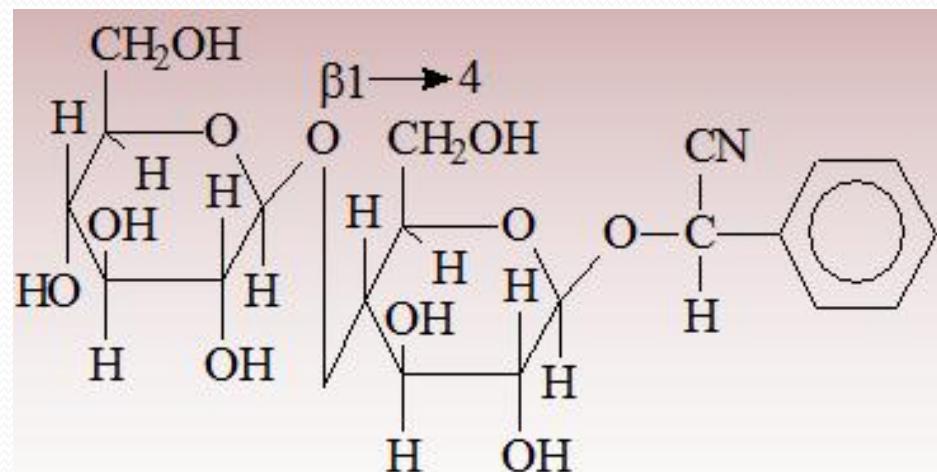
D-glukopiranoza

α -D-metilglukozid
(70%)

β -D-metilglukozid
(30%)

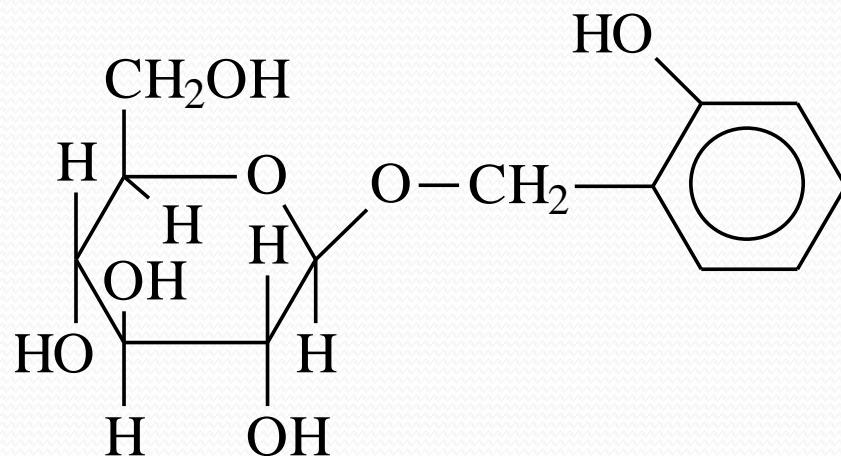
Značajni glikozidi

- **Glikozidi** imaju izvesna fiziološka dejstva na čoveka i životinje te su našli primenu u medicini.
- Poznati biljni glikozidi su:
 - *amigdalin* iz gorkog badema, otrovan



Značajni glikozidi

- *Salicin* koji je ustanovljen u kori vrbe i topole u kojem je alkohol hidroksibenzil vezan za D-glukozu.

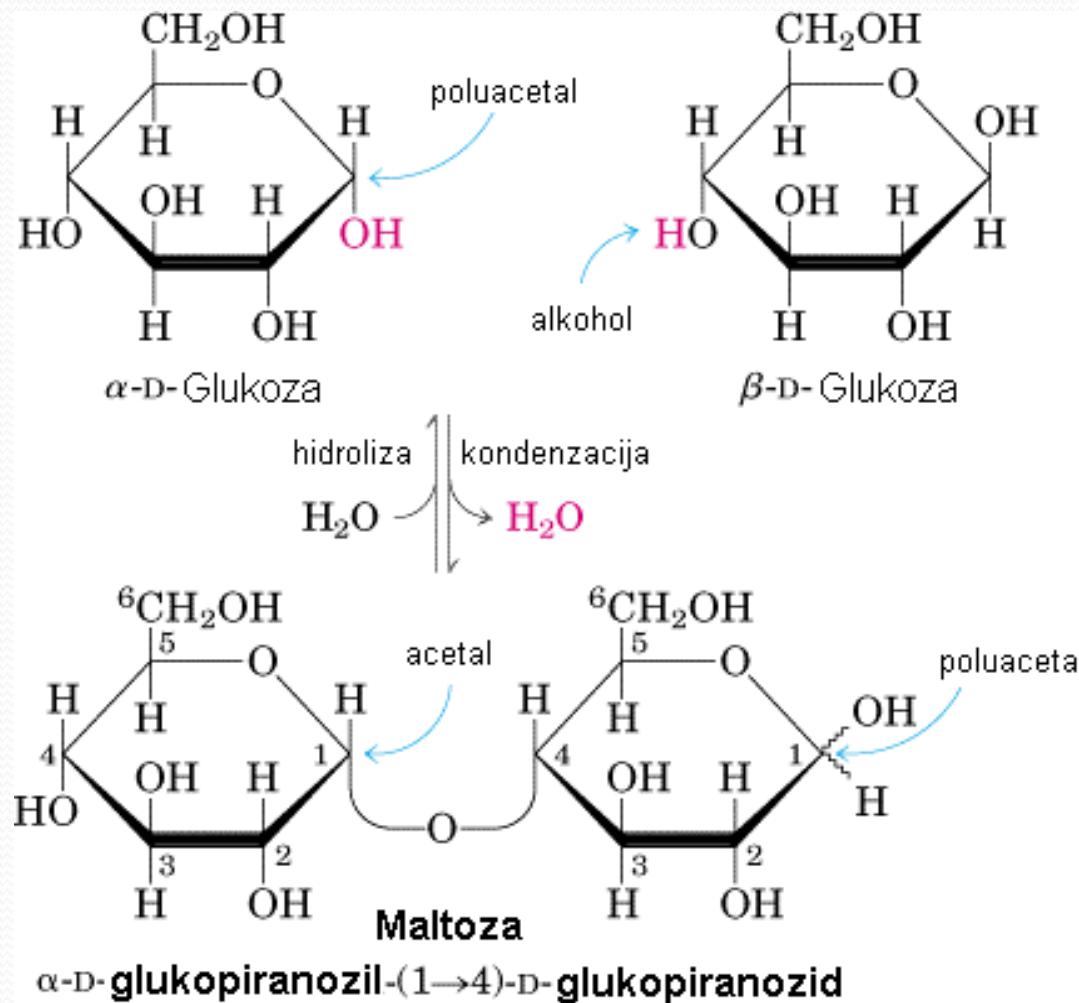


Oligosaharidi

- Ugljeni hidrati koji hidrolizom daju 2–10 monosaharidnih jedinica.
- Mogu biti disaharidi, trisaharidi, tetrasaharidi...
- Monosaharidi sadrži veći broj OH-grupa, koje su veoma reaktivne u prirodi se javljaju oblici međusobnog povezivanja dve i više jedinica .
- Veza koja se stvara između dve ili više ugljikohidratnih jedinica naziva se **glikozidna veza**.
- U zavisnosti u kojem se položaju i konfiguraciji nalaze OH-grupe, one (uz izdvajanje H₂O) stvaraju različite tipove glikozidnih veza kao npr.

$\alpha(1 \rightarrow 4)$, $\alpha(1 \rightarrow 6)$, $\beta(1 \rightarrow 3)$, $\beta(1 \rightarrow 4)$ i dr.

FORMIRANJE MALTOZE



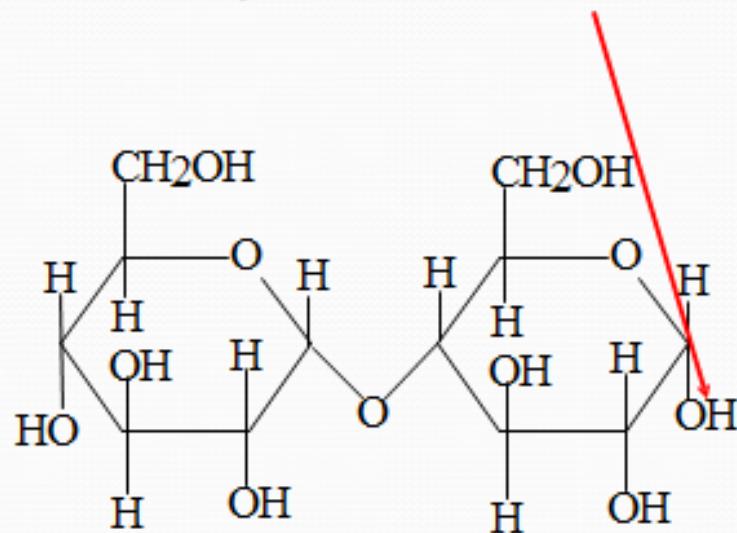
Disaharidi

- **Disaharidi** su glikozidi izgrađeni iz dve iste ili različite monosaharidne jedinice.
- Hidrolizom daju monosaharide.
- Zavisno od načina građenja glikozidne veze razlikujemo *redukujuće i neredukujuće disaharide*.
- *Redukujući disaharidi* nastaju u slučajevima kada u građenju glikozidne veze ne učestvuje poluacetalna grupa osnovnog šećera, odnosno kada se poluacetalna (redukujuća) grupa jednog monosaharida vezuje za bilo koju neredukujuću hidroksilnu grupu drugog monosaharida.
- Od redukujućih disaharida u biljkama su najviše zastupljene *maltoza, celobioza i gentiobioza*.

Redukujući disaharidi

- **MALTOZA** - nastaje razlaganjem skroba; u prirodi zastupljenija β maltoza
- bela kristalna supstanca, rastvorljiva u vodi, manje slatka od saharoze
- ne nalazi se slobodna, ali je ima dosta u prokljalom ječmu i sladu.

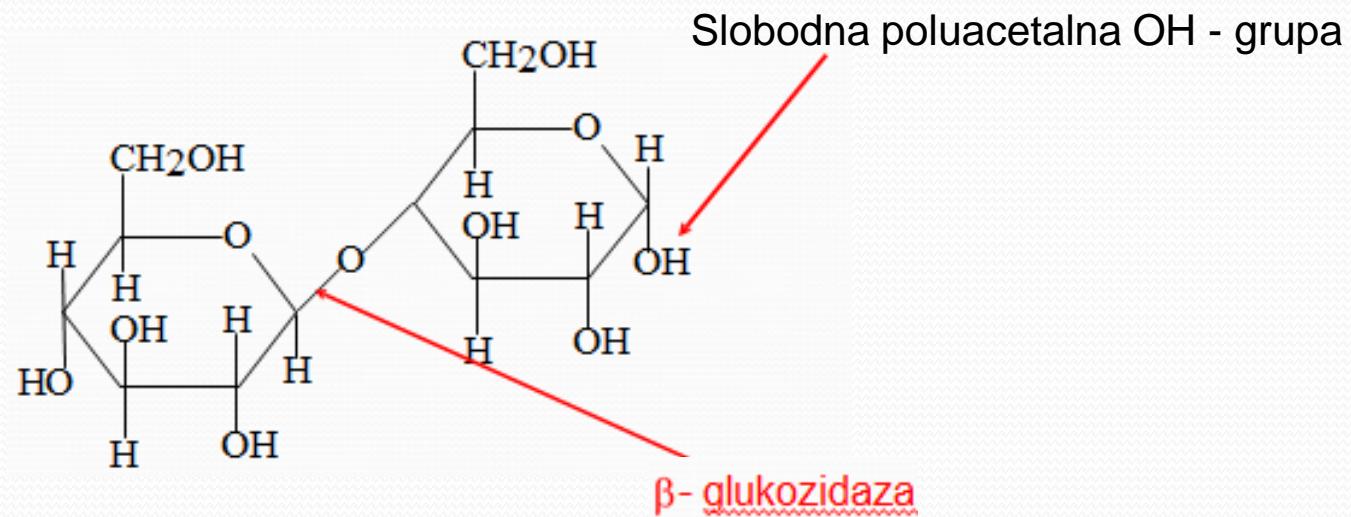
Slobodna poluacetalna OH - grupa



α -D-glukopiranozil-D-glukopiranoza,
 α -anomer ili α -maltoza

Redukujući disaharidi

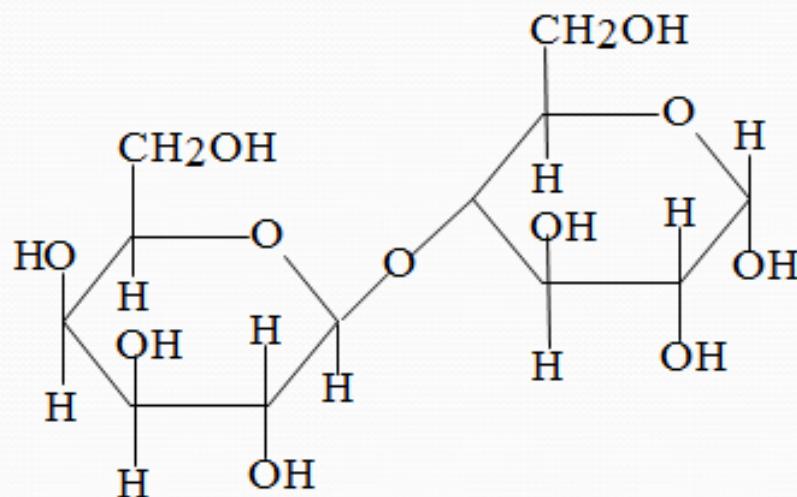
- ***CELOBIOZA*** - prisustvo β ($1 \rightarrow 4$) glikozidne veze čini je nesvarljivom za više organizme
- bela kristalna supstanca, rastvorna u vodi, nema sladak ukus
- ne nalazi se slobodna, već nastaje razlaganjem celuloze



β -D-glukopiranozil-D-glukopiranosa,
 α -anomer ili α -celobioza

Redukujući disaharidi

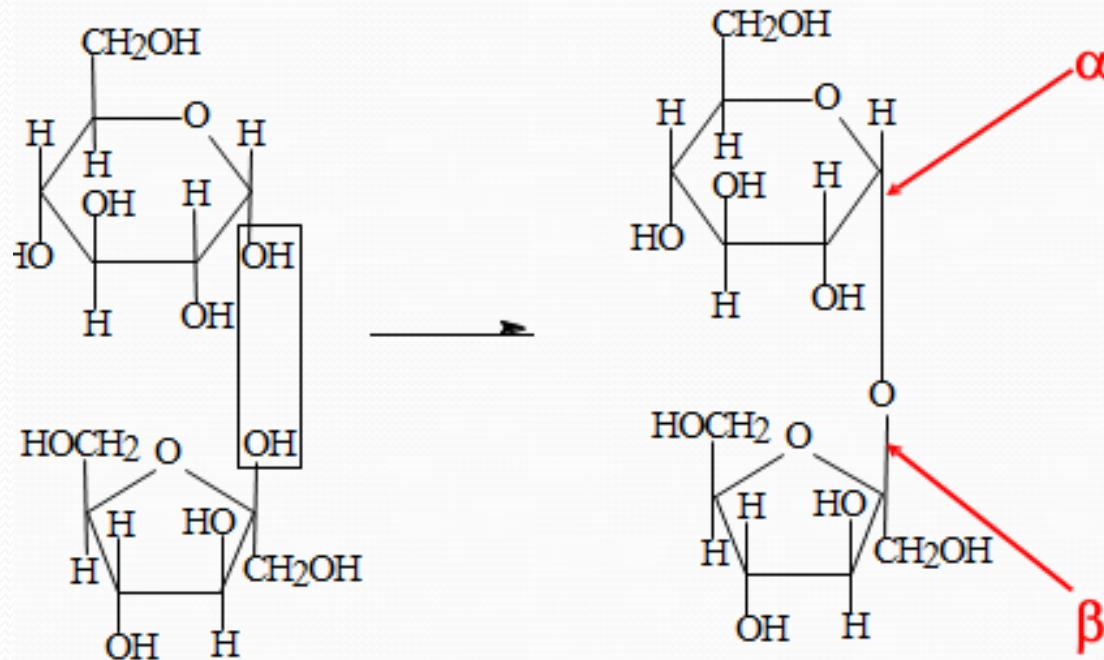
- **LAKTOZA** (mlečni šećer) - nalazi se u mleku sisara (majčino mleko 6%; kravljie 4,5%)
 - Nalazi se u mleku sisara, u ljudskom i kravljem mleku oko 5%.
 - Dobija se kao sporedni proizvod pri proizvodnji sira a nalazi se u *surutki*, vodenom rastvoru, koji zaostaje nakon taloženja proteina.



β -D-galaktopiranozil-D-glukopiranoza,
 α -anomer ili α -laktoza

Neredukujući disaharidi

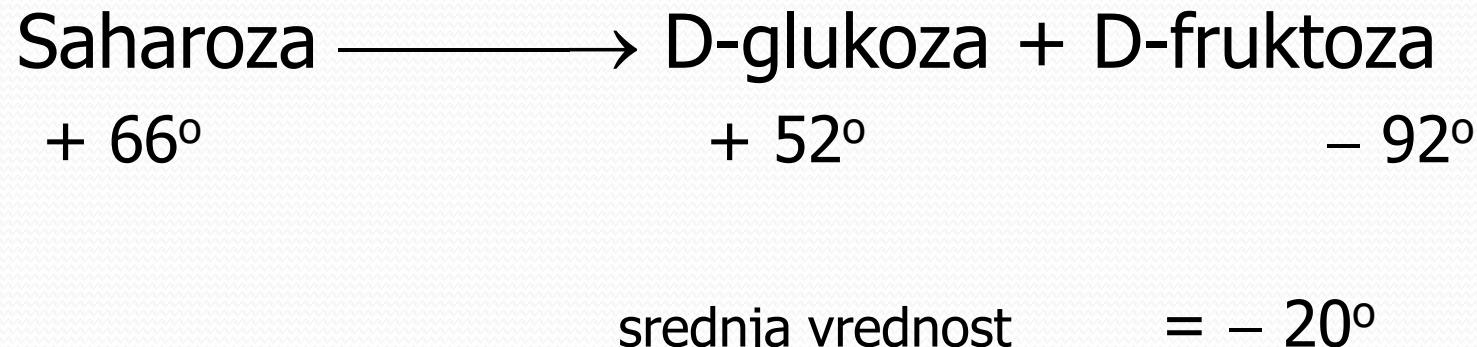
- **SAHAROZA** (trščani šećer) - dobija se iz šećerne repe i šećerne trske
- Kristalna supstanca, lako rastvorna u vodi, slatkog ukusa
- Upotrebljava se u domaćinstvu.



α -D-glukopiranozil- β -D-fruktofuranozid

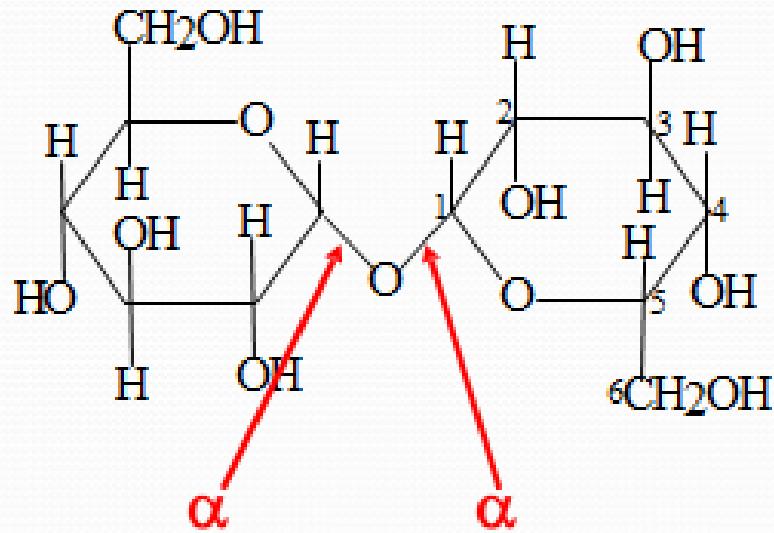
Inverzija saharoze

- Inverzija saharoze je fizička pojava koja se ogleda u promeni veličine i smera ugla skretanja ravni polarizovane svetlosti.
- Rastvor saharoze skreće za $+ 66^\circ$, a rastvor glukoze i fruktoze za $- 20^\circ$.
- Inverzijom nastaje invertni šećer koji ima redukcionе osobine!
- Prirodni invertni šećer je med.



Neredukujući disaharidi

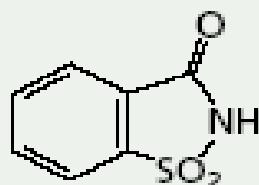
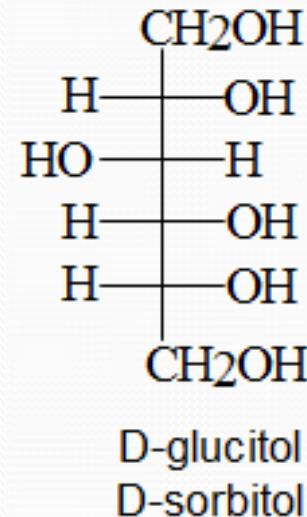
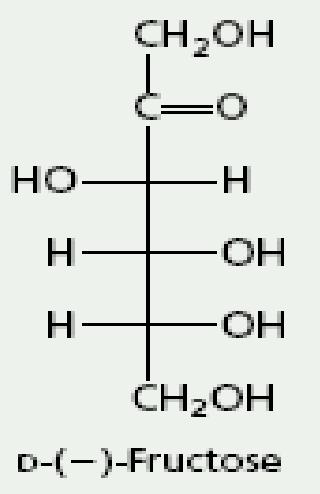
- **TREALOZA** - Glavni šećer u cirkulatornom sastavu insekata, ima ga i u gljivama i kvascima.
- Osnovni izvor energije insekata, kao i rezerva ugljenih hidrata u jajima, larvama i čaurama insekata.



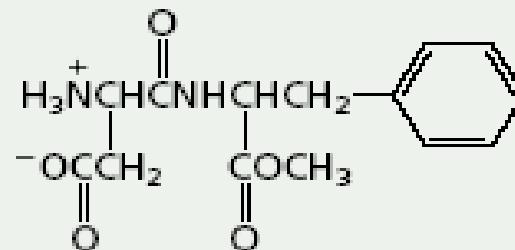
Trehalosa, α -D-glukopiranozil- α -D-glukopiranozid

Supstance koje se koriste

kao zamena za saharozu

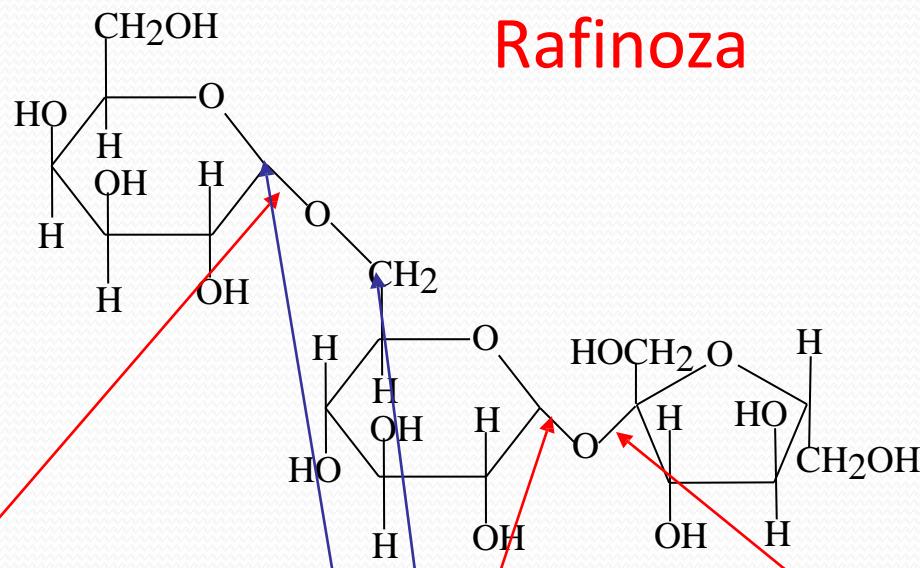


Saccharin



Aspartame

Rafinoza



α -D-galaktopyranozil-(1 \rightarrow 6)- α -D-glukopyranozil- β D-fruktofuranozid

- Vrlo rasprostranjen u biljkama ali u malim koncentracijama
- Izoluje se iz melase za vreme kristalizacije saharoze

POLISAHARIDI

- Polisaharidi su polimeri monosaharida
- Sastavljeni od više od 10 monosaharidni
- Polisaharidi se razlikuju u:
- Sastavu monomera
- Tipu glikozidne veze kojom su povezane monosahridne jedinke
- Dužini lanca i stepenu grananja
- Biološkoj ulozi
- Amorfne supstance, teško rastvorljive u vodi

PODELA POLISAHARIDA

- PREMA SASTAVU MONOSAHARIDA
- Homopolisaharidi
- Heteropolisaharidi
- PREMA STEPENU GRANANJA
- Nerazgranati
- Razgranati

HOMOPOLISAHARIDI

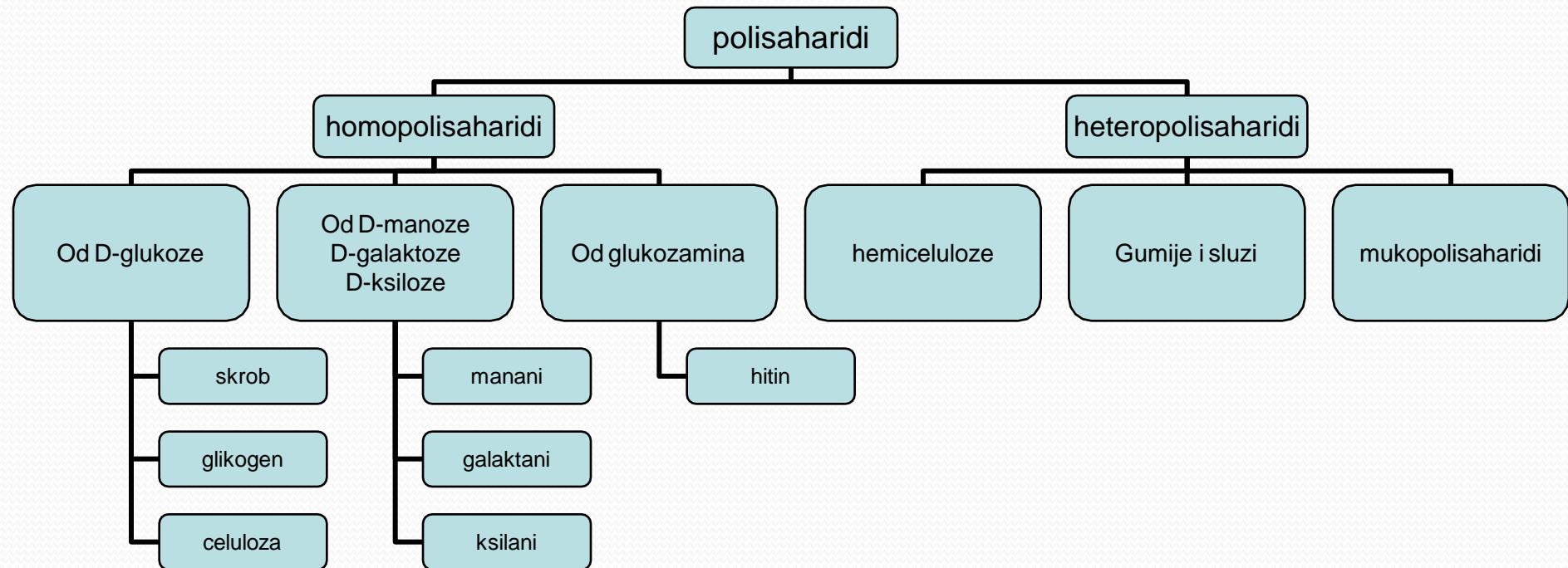
- Sadrže samo jedan tip monosaharida
- Mogu biti nerazgranati i razgranati
- Skrob, celuloza, glikogen (glukoza)

HETEROPOLISAHARIDI

- Sadrže više vrsta monosaharida
- Mogu biti nerazgranati i razgranati
- Pektini
- Hemiceluloza

Polisaharidi

Klasifikacija polisaharida

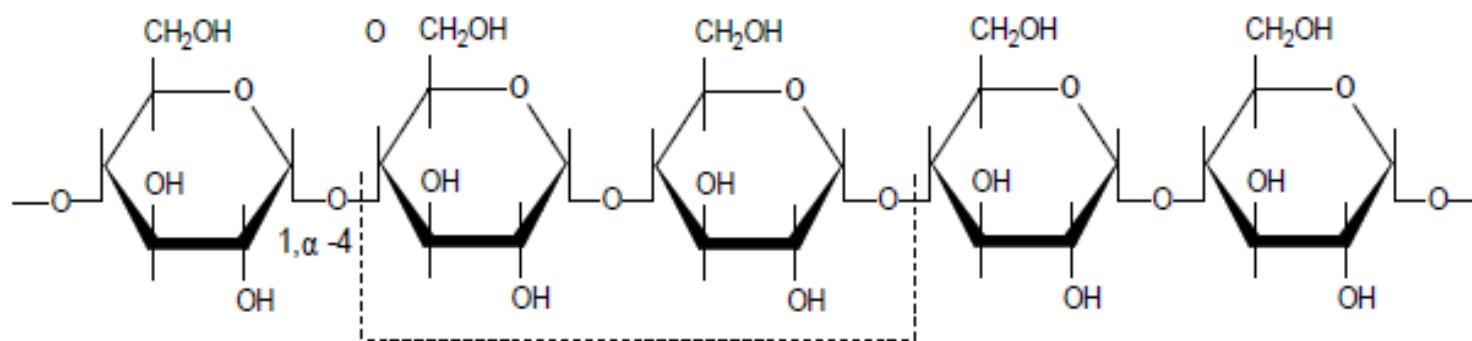


SKROB

- Polisaharid (homoglukan) sastavljen samo od α -D-glukoznih jedinki
- Biljke – u obliku granula karakterističnih za svaku biljnu vrstu
- Krompir – elipsaste; kukuruz i pšenica – sferne; pirinač – heksaedar. U tim granulama je prisutan i protein ekstenzin, koji ima funkciju biološkog lepka, a tu su i enzimi za razlaganje skroba.
- Depo rezervne hrane za biljke i izvor hrane za životinjski svet
- Skrob sadrži dva tipa polimera glukoze = amiloza + amilopektin.

AMILOZA

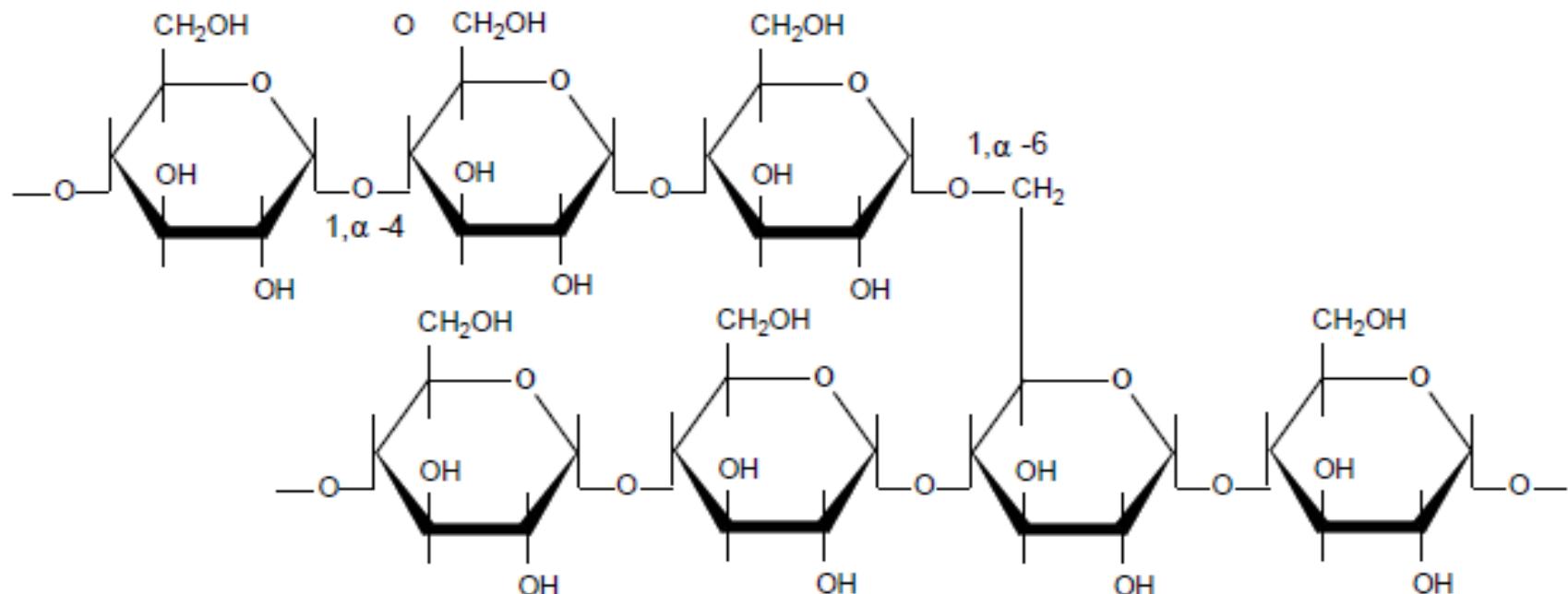
- α -D-glukozne jedinice povezane $\alpha(1 \rightarrow 4)$ glikozidnom vezom
- Linearna makromolekula (250-300 glukoznih jedinki).
- Ima redukujući kraj (slobodna poluacetalna grupa poslednjeg glukoznog ostatka), ali nije redukujući polisaharid jer je udeo ovih OH grupa u rastvoru amiloze veoma mali.



maltozna jedinica
deo molekula amiloze

AMILOPEKTIN

- 1000-5000 molekula glukoze; granje posle svakih 25-30 glukoznih jedinica



deo molekula amilopektina
građa amilopektina

DEKSTRANI

Produkt su delimične hidrolize skroba, ali i nastaju delovanjem bakterija na saharazu, tako što hidrolizuju saharazu do glukoze i fruktoze.

Fruktozu koriste za metaboličke potrebe, a glukozu polimerizuju u dekstrane

GLIKOGEN

Životinjski skladišni polisaharid (jetra, mišići).

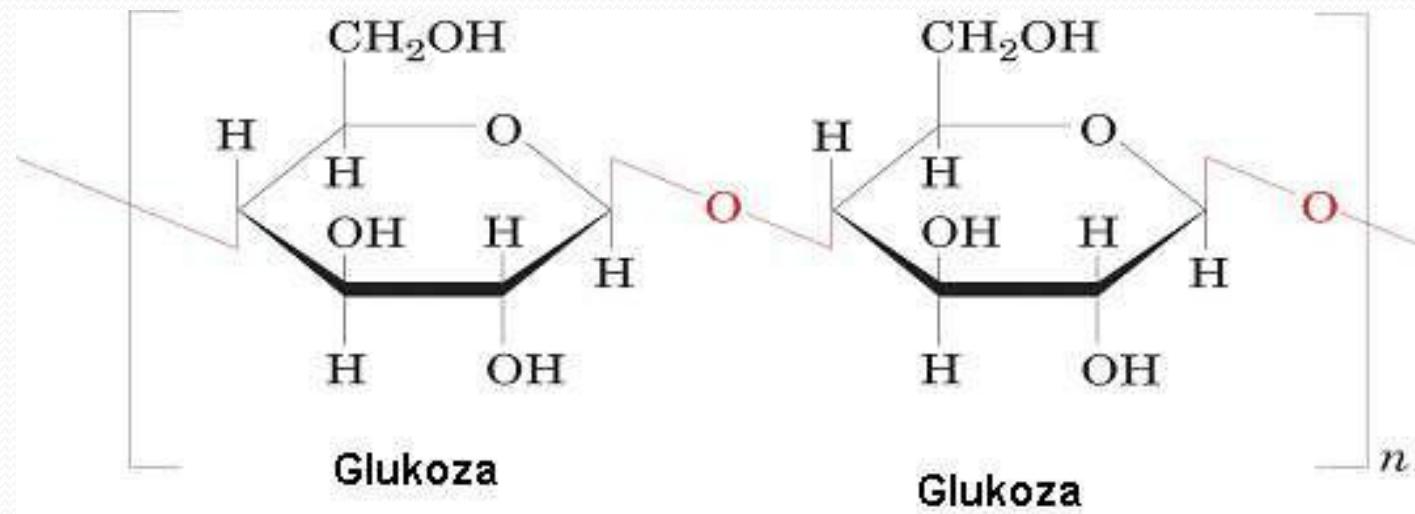
Sastavljen od D-glukoze, kao i skrob, ali je veći (25000-95000 jedinica).

Lanac je razgranat, više nego kod skroba (grananje na 12-18 jedinica).

CELULOZA

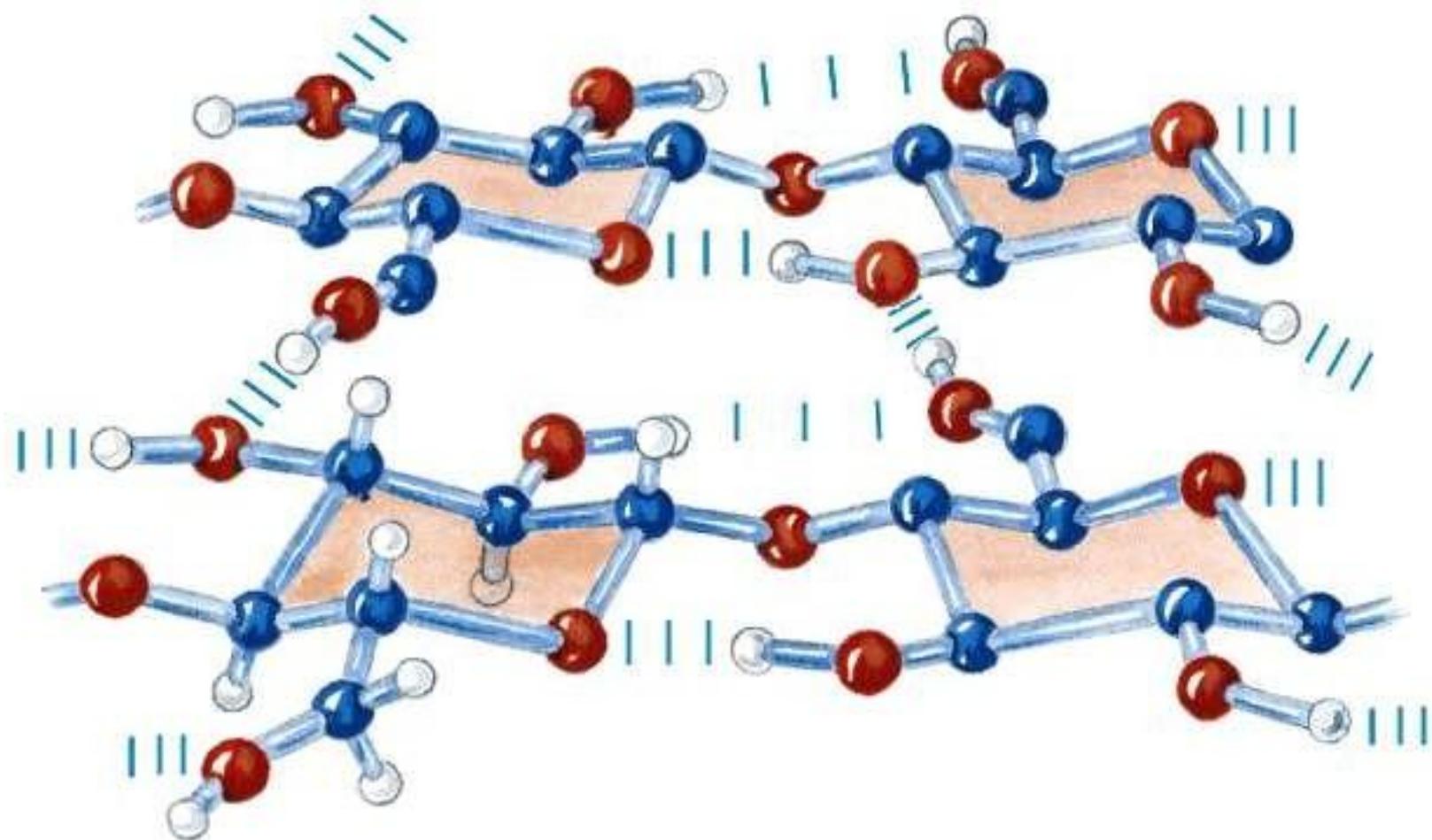
- Sadrži samo molekule glukoze
- Jedinke glukoze su povezane β ($1 \rightarrow 4$) glikozidnom vezom što čini celulozu nesvarljivom za više organizme.
- Polimeri celuloze su linearni
- Najrasprostranjeniji polisaharid u prirodi.
- Preživari u predželucu imaju mikroorganizme koji razlažu celulozu.
- Gradivna materija u biljkama → strukturni polisaharid (velika čvrstoća i elastičnost).

SEGMENT STRUKTURE CELULOZE celobioza



STRUKTURA CELULOZE

veze između polimernih lanaca



UPOTREBA CELULOZE

- Strukturni polisaharid biljaka
- Sadržaj celuloze: suvo lišće 10%, drvo oko 50%, pamuk 98%
- Upotreba celuloze zavisi od oblika i dužine vlakana
- Lan, juta i konoplja 20 – 350 cm, pamuk 1,5 – 5,5 cm, drvo 0,2 – 5 mm
- Duža vlakna se koriste za izradu tekstila a kraća za izgradnju hartije
- Mercerizirani pamuk (1814 John Mercer, NaOH)

PROIZVODI OD CELULOZE

- Celuloza se rastvara u Švajcerovom reagensu $\text{Cu}(\text{NH}_3)_4(\text{OH})_2$ – dobijanje viskoze i celofana
- Glukoza – hidroliza celuloze (celulaze)
- Celulozni estri (nitrati celuloze, acetati celuloze)
- Celulozni etri (metilceluloza, karboksimetilceluloza, rastvorljivi u vodi, ugušćivači)

Papir i karton

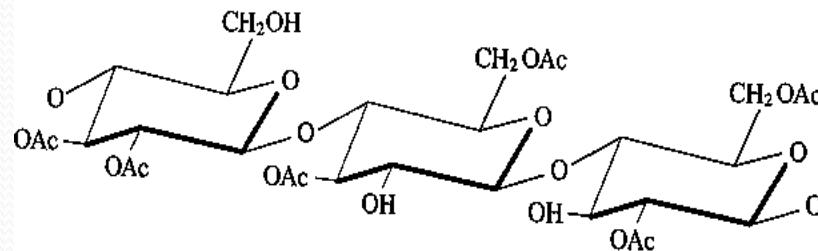


Tkanine



Celulozni estri

CELULOZNI ACETAT

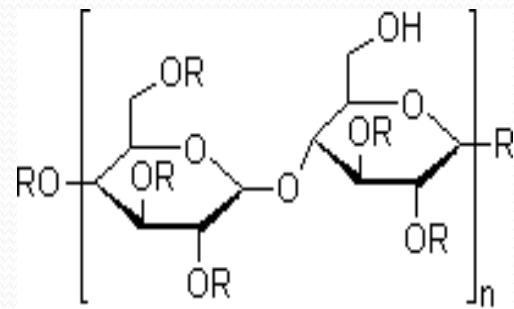


CELULOZA NITRAT



Late-stage deterioration of nitrate film.

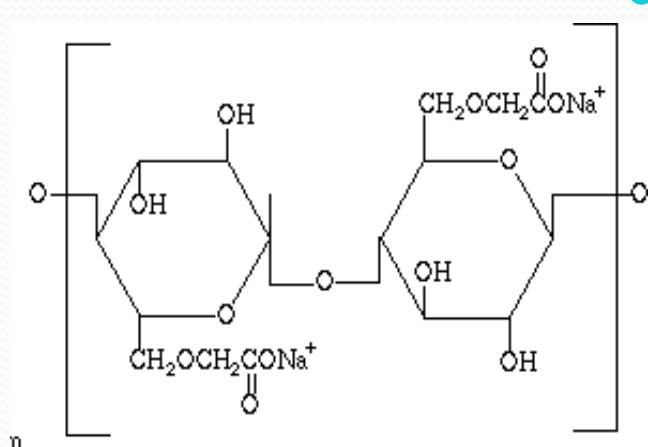
Celulozni etri



R = H or CH₃

Metil celuloza

- Koriste se kao žgušnjivači u prehrambenoj industriji
- (E 466) i stabilizatori emulzija (sladoled).
- Dobri su lepkovi.



Karboksi metil celuloza



HEMICELULOZA:

- Biljni polisaharid.
- Sem glukoze sadrži i galaktozu i heksauronske kiseline

AGAR-AGAR:

- Polisaharid sastavljen od D- i L-galaktoze i veoma malog procenta ksiloze i arabinoze.
- U mikrobiologiji za pravljenje podloga (sa vodom daje pihtijastu masu koja iznad 40°C postaje tečna i transparentna)

INULIN:

- Biljni polisaharid – dalija, artičoka, meksička biljka topinambur.
- Sastavljen od fruktoze (β ($1 \rightarrow 2$) veza) i 2-3% glukopiranoze koja se nalazi na krajevima niza.
- Primena u mikrobiologiji.
- Priprema hrane za dijabetičare

MANAN:

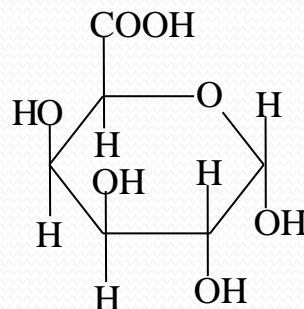
- Polisaharid sastavljen od molekula manoze.
- Gljivice, kvasti.

HETEROPOLISAHARIDI (HETEROGLIKANI)

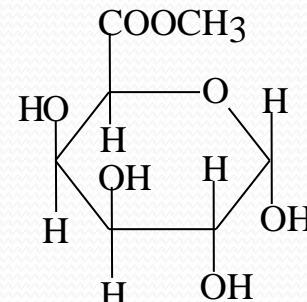
- Jedinjenja koja hidrolizom daju više vrsta monosaharida.
- Iz ove grupe najvažniji su oni koji ulaze u sastav vezivnog tkiva, i oni su vezani za proteine izgrađujući tzv. glikoproteine. Nazivaju se još i mukopoly-saharidi,
- Linearne su strukture, najčešće su sastavljeni od uronskih kiselina i N-acetil-heksozamina.
- Najtipičniji predstavnici su hondroitin-sulfat, hijaluronska kiselina i heparin

Pektinske supstance

- Polisaharidi nastali polimerizacijom D-galaktouronske kiseline (poligalaktouronska kiselina), polimerizacijom D-galaktouronske kiseline i njenog metil estra (pektini.)
- Protopektini hidrolizom osim pektinske kiseline daju i druge polisaharide: celuza, galaktozani, pentozani itd.
- U većim količinama nalaze u voćnim plodovima: jabukama, kruškama, jagodama, ribizlama itd.
- Kuvanjem pektina sa rastvorom saharoze u prisustvu organskih kiselina (limunske, jabučne itd.) dobija se žele.
- Na sposobnosti želiranja pektina zasniva se proizvodnja džemova, marmelada, filova u industriji bombona itd.



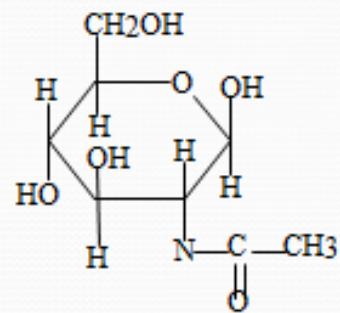
α-D-galaktouronska kiselina



metil estar α-D-galaktouronske kiseline

Hitin

- Makromolekul izgrađen od ostataka acetilovanog glukozamina, N-glukozamina, međusobno povezanih -1,4-glikozidnim vezama
- Od hitina su izgrađene čvrste opne insekata i rakova, a nalazi se i u nekim gljivama



N-acetylglucosamin

