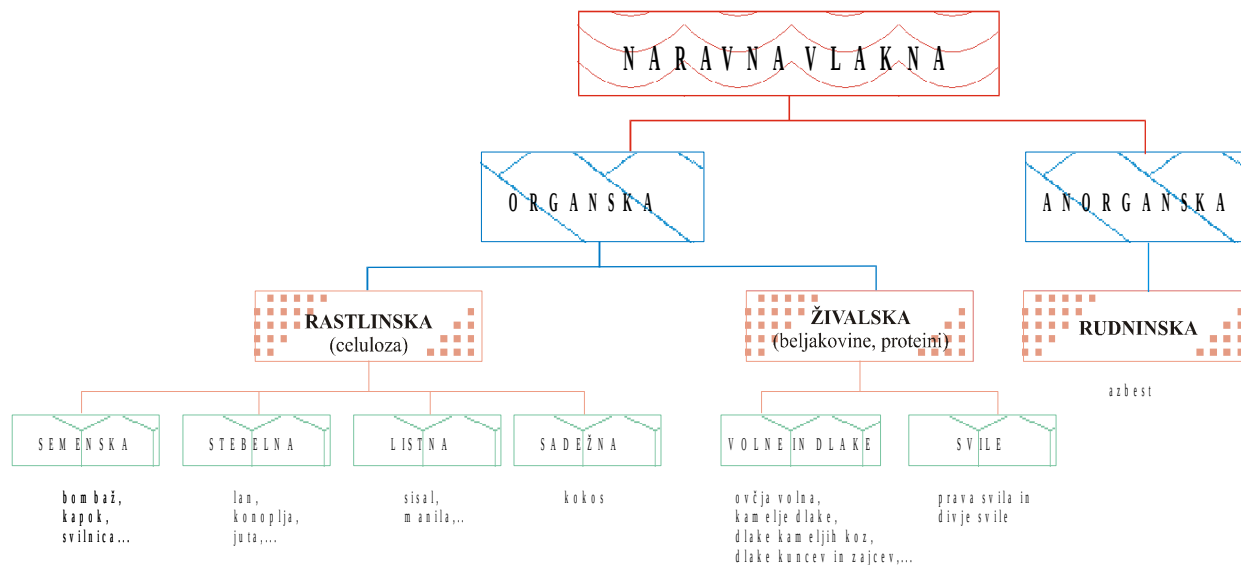


Seminarska naloga pri predmetu Organska kemija

Ogljikovi hidrati

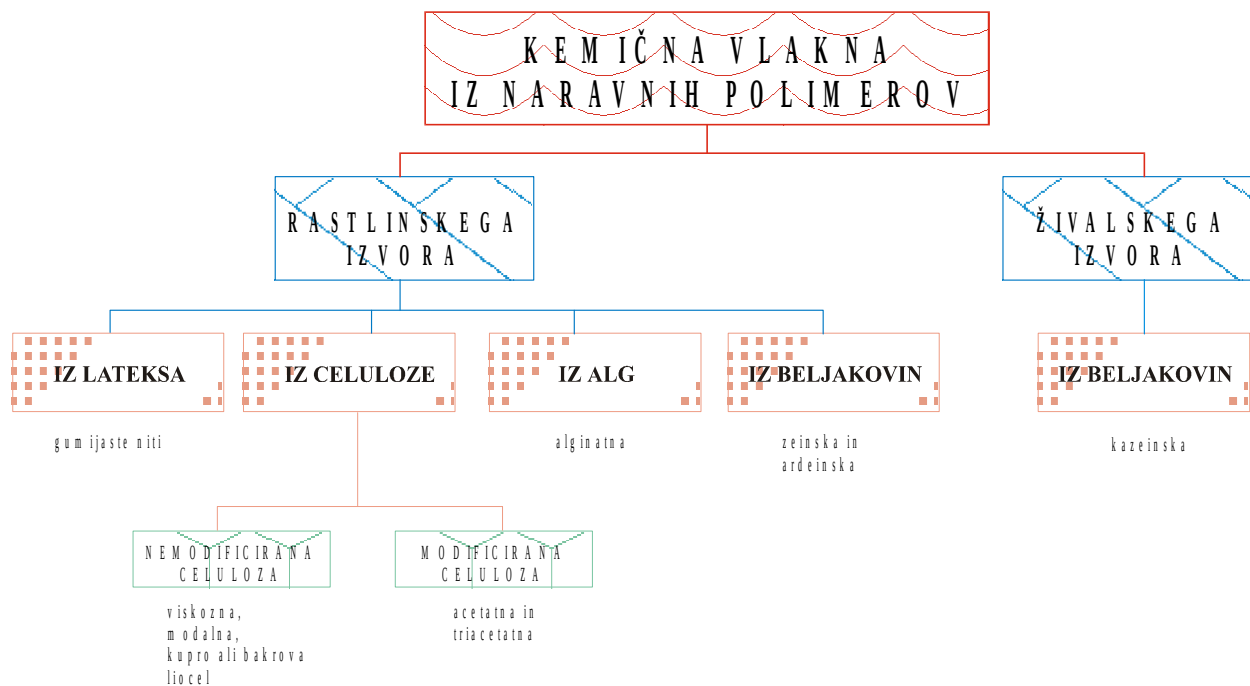
1. RAZDELITEV NARAVNIH POLIMEROV [1]

Na sliki 1.1 je prikazana razdelitev naravnih vlaken.



Slika1.1: Razdelitev naravnih vlaken [1]

Na sliki 1.2 je prikazana razdelitev kemičnih vlaken iz naravnih polimerov.



Slika 1.2: Razdelitev kemijskih vlaken iz naravnih polimerov [1]

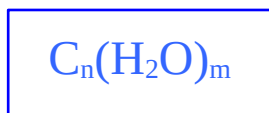
2. OGLJIKOVI HIDRATI^[2, 3, 4]

Pod imenom **OGLJIKOVI HIDRATI** je zajeta velika skupina organskih spojin, ki igrajo pomembno vlogo v rastlinskem in živalskem svetu. Sladkor se nahaja v sokovih vseh rastlin, škrob je glavna sestavina semen in gomoljev, listi in stebli so sestavljeni večinoma iz celuloze, glikogen je v živalih,...

Ogljikovi hidrati spadajo v skupino najpomembnejših organskih spojin ki vstopajo v sestavo tako rastlin kot tudi živih bitij. Življenje brez ogljikovih hidratov si sploh ne moremo zamisliti. Značilni pa so tudi za industrijo, saj so kot osnovna surovina za proizvodnjo: papirja, celuloznih vlaken (bombaž, viskoza,...), etanola,....

Večina ogljikovih hidratov vsebuje poleg ogljikovih atomov tudi atome vodika in kisika v takšnem razmerju kot v vodi 2:1 (na dva atoma vodika en atom kisika).

Splošna formula večine ogljikovih hidratov je:



Definicijo teh spojin lahko postavimo le na osnovi njihove zgradbe. So **monooksopolihidroksi** spojine. To pomeni, da imajo eno okso ali karbonilno skupino in več hidroksi skupin. Okso skupina je lahko ketonska ali aldehidna in tako so enostavni sladkorji aldehidi in ketoni. Ti skupini, poleg številnih hidroksilnih –OH skupin, odrejata osnovne lastnosti sladkorjev.

Število kisikov, ki jih vsebujejo hidroksi in okso skupine je pri najvažnejših sladkorjih enako številu ogljikovih atomov. Ker se dve takšni skupini nikoli ne nahajata ne enem C atomu iz tega sledi, da pripada vsakemu C atomu en kisikov atom.

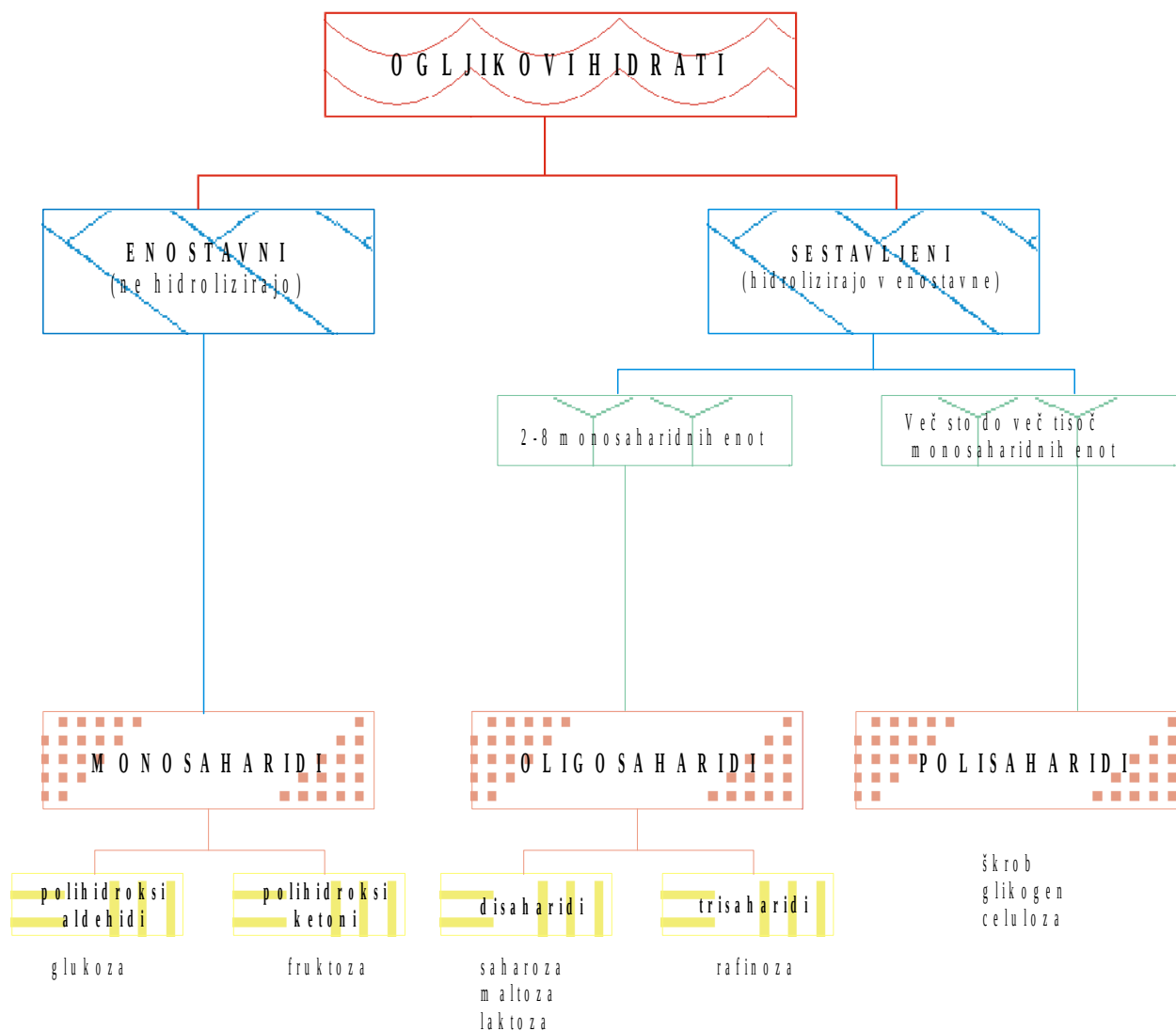
Vsi ogljikovi hidrati, razen polisaharidov se raztapljajo v vodi in imajo sladek okus (nekateri bolj nekateri manj) in jim zaradi tega pravimo **sladkorji**.

3. DELITEV OGLJIKOVIH HIDRATOV ^[2]

Glede na velikost njihovih molekul delimo ogljikove hidrate v tri skupine:

- monosaharide,
- oligosaharide in
- polisaharide .

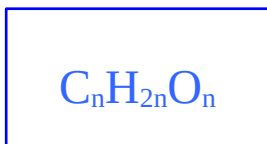
Na sliki 3.1 je prikazan shematski pregled razdelitve ogljikovih hidratov po številu enot.



Slika 3.1: Delitev ogljikovih hidratov po številu enot

3.1 MONOSAHARIDI ^[2, 4, 5, 6]

Monosaharidi so najenostavnejši in najnižje molekularni ogljikovi hidrati z le eno sladkorno komponento z neprekinjeno verigo C-atomov v molekuli. Kot polihidroksi aldehidi in polihidroksi ketoni predstavljajo prve oksidacijske proizvode polihidroksilnih alkoholov s splošno formulo:



Monosaharid je aldehyd ali keton, ki v svoji strukturi (zgradbi) vsebuje najmanj dve OH-skupini.

Glede na število C-atomov oziroma O-atomov, ki so v karbonilnih in –OH skupinah v molekuli monosaharidov, jih delimo na:

- trioze,
- tetroze,
- pentoze,
- heksoze,...

Glede na funkcionalno skupino (-CHO in =CO) delimo monosaharide na:

- aldoze (vsebujejo aldehydno skupino) in
- ketoze (vsebujejo ketonsko skupino).

V največ primerih je število ogljikovih atomov v naravnih monosaharidih enaka številu kisikovih atomov. To je tudi razlog, da večina znanstvenikov monosaharide deli glede na število C-atomov.

Od vseh monosaharidov, ki se nahajajo v naravi (to so tisti, ki vsebujejo od 3 do 8 C-atomov) so najbolj razširjene heksoze (nahajajo se v mnogih sladkih plodovih kot proste, več pa v obliki oligosaharidov in polisaharidov). Takoj za njimi pa so najpogosteje prisotne pentoze. Obe skupini imata pomembno vlogo v rastlinskem in živalskem svetu. Ostali monosaharidi, s tremi ali štirimi C-atomami v naravi niso razširjeni in nimajo pomembne vloge.

Monosaharidi so nevtralne snovi v obliki kristalov, ki se v vodi lahko raztapljajo, v alkoholu težje, medtem ko so v etru netopni. Večina jih ima sladek okus. Zaradi prisotnosti večjega števila vodikovih vezi je temperatura taljenja sorazmerno visoka in se pogosto zgodi, da pri segrevanju prej razpadejo preden se raztopijo.

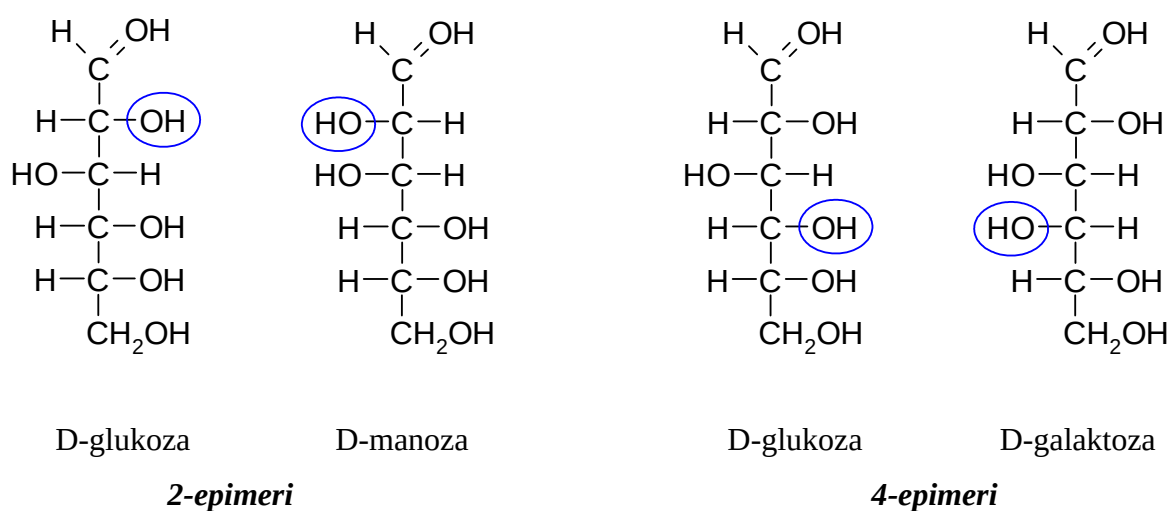
Kemijske lastnosti monosaharidov so zelo podobne lastnostim aldehydov in ketonov. Zaradi tega jih lahko dokažemo s pomočjo nekaterih reakcij, ki so značilne za aldehide in ketone. Obstajajo pa reakcije, ki so značilne samo za monosaharide.

Optična aktivnost je pri ogljikovih hidratih pomembna, saj se lahko z njo določi koncentracija sladkorja v kateri koli raztopini.

3.1.1 Konfiguracija monosaharidov ^[5, 6, 9]

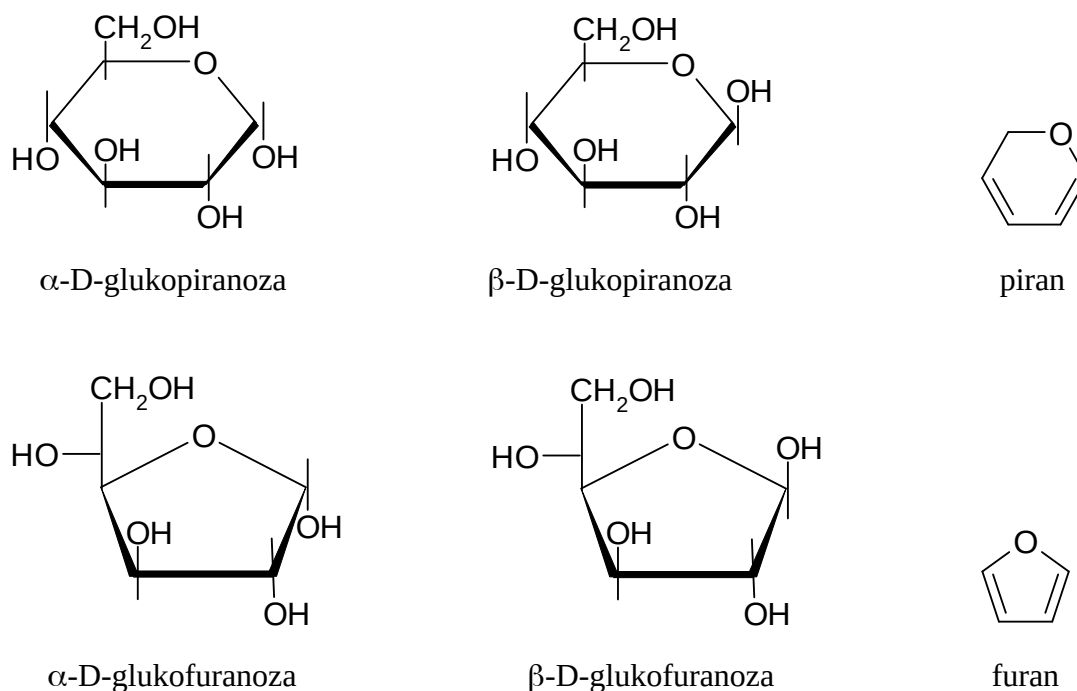
Monosaharidi imajo v molekuli enega ali več kiralnih ogljikovih atomov in so zato optično aktivni. Relativna konfiguracija monosaharidov je opredeljena z lego hidroksilne skupine na kiralnem ogljikovem atomu, ki je najbolj oddaljen od aldehydne oz. ketonske funkcionalne skupine. Molekula mora biti zapisana v Fischerjevi projekciji.

Monosaharidi lahko obstajajo v dveh konfiguracijskih oblikah, to je kot enantiomerni pari v D- in L- obliki. Epimeri lahko imenujemo monosaharida, ki se razlikujeta v konfiguraciji na enem samem kiralnem C-atomu. Kot primer lahko navedemo D-glukozo in D-manozo, ki sta 2-epimeri ter D-glukozo in D-galaktozo, ki sta 4-epimeri (Slika 3.2).



Slika 3.2: Primeri epimer

Z nastankom hemiaketalne oblike (ciklične) nastane nov kiralni center na C1 atomu. Zato za vsako piranozo in furanozo obstajata dve diastereoizomerni obliki (Slika 3.3). Te oblike imenujemo anomeri in jih označujemo kot α - in β - oblika. Obe obliki lahko predstavljamo s Fischerjevo ali Haworthovo projekcijsko formulo.



Slika 3.3: Diastereoizomerni obliki piranoze in furinoze

3.1.2 Konformacijske oblike ^[3, 4, 6, 9]

Piranoze obstajajo v konformacijski obliki stola, ki je tudi najbolj stabilna. Poznamo dve konformacijski obliki in sicer 4C_1 in 1C_4 . Ločita se po položaju C1 in C4 atoma v konformacijski obliki piranoze. Najbolj pogosta konformacijska oblika v skupini D-piranoze je 4C_1 -oblika, ki ima večje funkcionalne skupine kot npr. $-OH$ ali $-CH_2OH$ v ekvatorialni legi. Interakcije med temi funkcionalnimi skupinami so majhne in zato je ta konformacijska oblika najbolj stabilna.

Anomerni efekt nastane v primeru ko lahko anomerna $-OH$ skupina v ekvatorialnem položaju neko konformacijsko obliko destabilizira, medtem ko jo ista skupina v aksialnem položaju lahko stabilizira. Ta efekt nastane zaradi odbojnih sil med dvema paralelnima dipoloma vezi C5 – O5 in C1 – O1 (ekvatorialna).

Piranoze so znatno bolj stabilne kot furanoze, saj monosaharidi v piranozni obliki prevladujejo. Molekule različnih konformacijskih oblik lahko določimo: s polarimetrijo, z oksidacijo z bromom ali z magnetno resonanco.

3.1.3 Optična rotacija, mutarotacija ^[4, 6, 9]

Optična aktivnost pri ogljikovih hidratih ima velik pomen, ker se lahko z njeno pomočjo določi koncentracija sladkorja v katerikoli raztopini. Velikost obračanja ravnine polarizirane svetlobe se meri s pomočjo polarimetra. Za to merjenje je osvojena specifična rotacija, ki se nanaša na kot za katerega se obrne polarizirana svetloba, ko polarizirana monokromatska svetloba preide skozi sloj raztopine debeline 1 dm katero v enem kubičnem centimetru vsebuje en gram aktivne substance. Ta vrednost se meri na določeni temperaturi in pogosto s pomočjo rumene monokromatske svetlobe natrijeve pare pri valovni dolžini $\lambda = 589$ nm in je označena kot

$$[\alpha]_D^{t^{\circ}C}$$

$$[\alpha]_D^{t^{\circ}C} = \frac{\alpha}{l \cdot c}$$

Kjer je:

α - kot za kateri je izvršeno obračanje (kot rotacije)

l – dolžina (cevi) [dm]

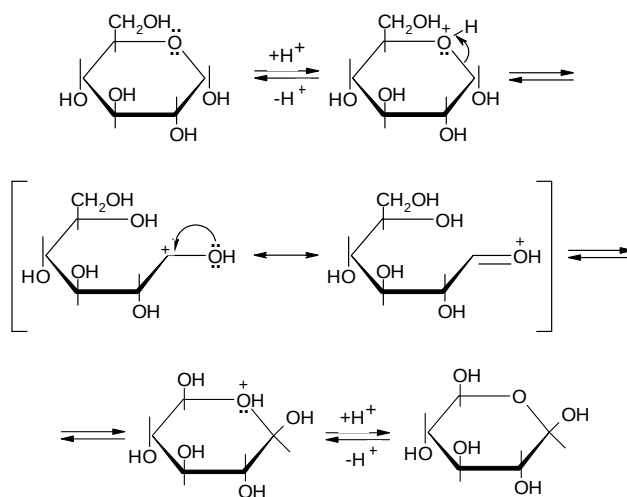
c – koncentracija (masa raztopljenе aktivne substance v gramih na 1 cm³ raztopine) [g/cm³]

t – temperatura [°C]

Iz navedenega izraza se lahko izračuna koncentracija c . Specifična rotacija ene molekule predstavlja eno njegovo karakteristično fizikalno konstanto, kot so npr. njena točka topnosti, točka taljenja in gostota. Specifična rotacija z naraščanjem temperature pada in raste z razredčenjem.

Pojav, kjer sveže pripravljene raztopine spreminjajo specifično rotacijo se imenuje **mutarotacija**. Značilna je za vse monosaharide, ki se nahajajo v α in β cikličnih oblikah. Mutarotacija izhaja iz tega, ker npr. aldoze obstajajo v dveh izomernih modifikacijah med katerima se v vodni raztopini postopno vzpostavlja ravnotežje. V ravnotežju vsebuje zmes 36% oblike α in 64% oblike β .

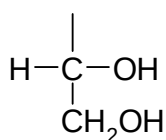
Ob protoniranju O pride do odprtja in ponovnega zaprtja obroča in tako preide molekula iz α oblike v β obliko (Slika 3.4).



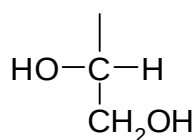
Slika 3.4: Pojav mutarotacije

3.1.4 **Pentoze** ^[2, 5, 6]

Pentoze v naravi ne nastopajo kot monosaharidi, ampak le kot gradniki oligosaharidov in polisaharidov (npr. v lesu in vseh olesenelih rastlinskih delih). Iz njih dobimo pentoze s hidrolizo. Pogosto so tudi sestavni del proteidov pri živalih kot npr. v jetrih in trebušni slinavki. Oznake D in L pred imenom saharida si lahko razlagamo s pomočjo optične aktivnosti monosaharidov glede na asimetričnost ogljikovih atomov. Glede na lego -OH skupine na predzadnjem ogljikovem atomu v verižni formuli razlikujemo:

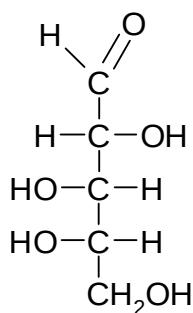


D-spojina

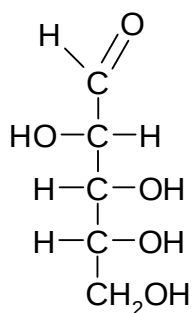


L-spojina

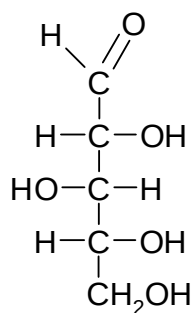
Na sliki 3.5 je prikazanih nekaj predstavnikov pentoz.



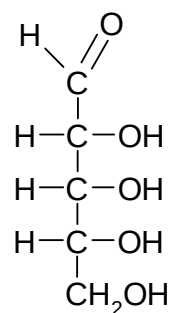
L-arabinoza



D-arabinoza



D-ksiloza



D-riboza

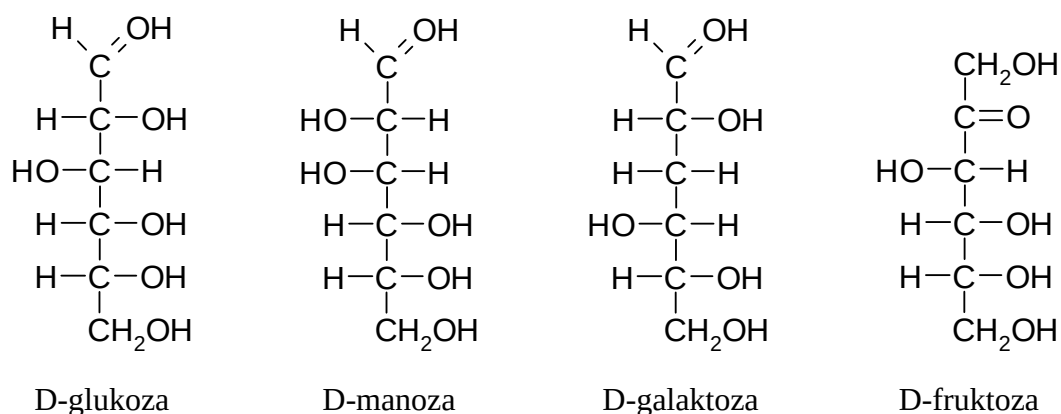
Slika 3.5: Predstavniki pentoz

- **D-ksiloz** je najlažje dosegljiva pentoza in jo pridobivamo iz ksilana, ki se nahaja v bukovem lesu in slami. Ksilan je pentozan, ki se nahaja v olesenelih delih rastlin. D-ksilozo imenujemo tudi lesni sladkor se tali pri temperaturi 145 °C. Je zelo sladka.
- **L-arabinoza** ima večji pomen kot D-arabinoza in se v naravi nahaja v obliki glikozidov. Najdemo jo v rastlinskih gumijih (pektin sladkorne pese). Kristalizira in tali se pri temperaturi 160 °C.
- **D-riboza** je biokemično najvažnejša pentoza, ki se nahaja v nukleinskih kislinah kot njihov pomemben sestavni del. Kristalizira v obliki ploščatih kristalov in se tali pri temperaturi 87 °C. Čeprav je v naravi zelo razširjena je težko dostopna, kajti nastopa v zelo majhnih količinah.

3.1.5 Heksoze ^[2, 5, 6]

V skupino heksoz spadajo najvažnejši ogljikovi hidrati, ki se pojavljajo kot samostojne spojine ali kot gradniki višjemolekularnih ogljikovih hidratov. Heksoze v naravi nastopajo kot monosaharidi, oligosaharidi in polisaharidi. Od 24 možnih aldoz in ketoz se nahajajo v naravi le D-glukoza, D-manoza, D-fruktoza, L-sorboza ter D- in L-galaktoza. Ostale heksoze so pridobljene s pomočjo sintez.

Na slik 3.9 so prikazani predstavniki heksoz.



Slika 3.9: Predstavniki heksoz

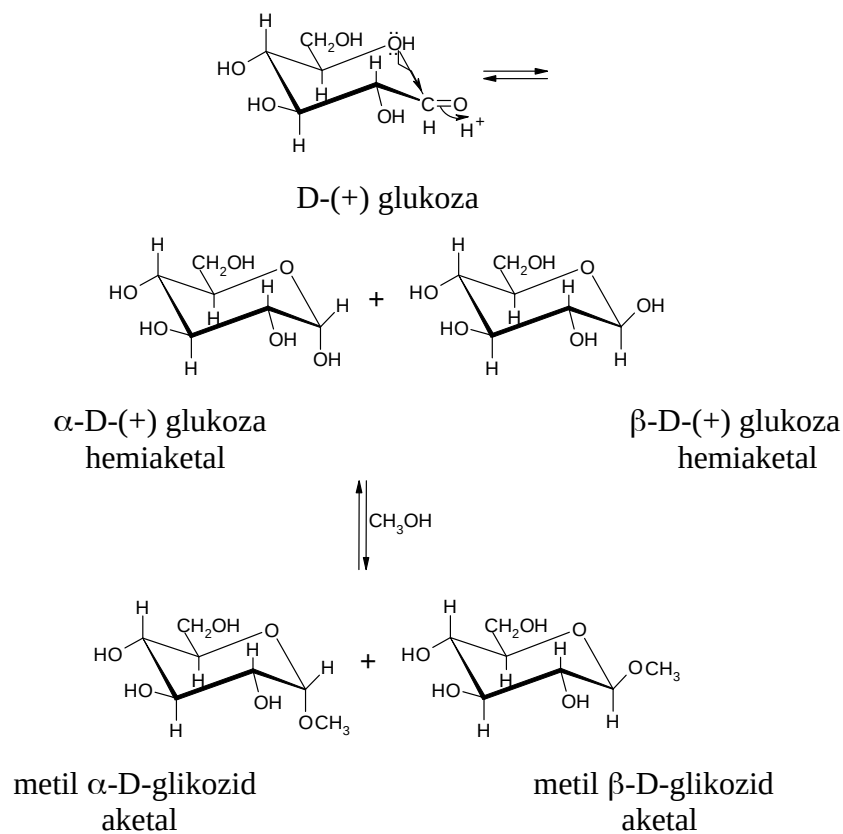
- **D-glukoza** (grozdni sladkor, dekstroza) je najpogostejši monosaharid in spada med aldoheksoze. Najdemo jo v mnogih sadežih, medu, krvi (krvni sladkor), kemijsko vezano v saharozi, maltozi, laktozi, celulozi, škrobu in mnogih drugih ogljikovih hidratih. Nahaja se tudi v živalskem svetu in sicer v krvi sesalcev (cca. 0,1%). Zelo pomembna je glukoza v vezani obliki, saj je gradnik številnih oligosaharidov predvsem pa polisaharida škroba in celuloze. Škrob in celuloza sta v celoti zgrajena iz glukoze. Tehnično pridobivamo glukozo izključno iz škroba, kjer krompirjev ali koruzni škrob hidrolizirajo z razredčeno solno kislino

v avtoklavah pod pritiskom. Glukoza je bela kristalinična snov s tališčem pri 146 °C. Na tržišču se pojavlja v obliki α -glukoze. Je izredno topna v vodi, veliko manj v alkoholu. Je klasičen primer za mutarotacijo. Pomembna reakcija je alkoholno vrenje, kjer glukoza prevre s pomočjo kvasovk v alkoholu. Prek glukoze se presnavljajo in razgrajujejo ogljikovi hidrati v živalskem organizmu.

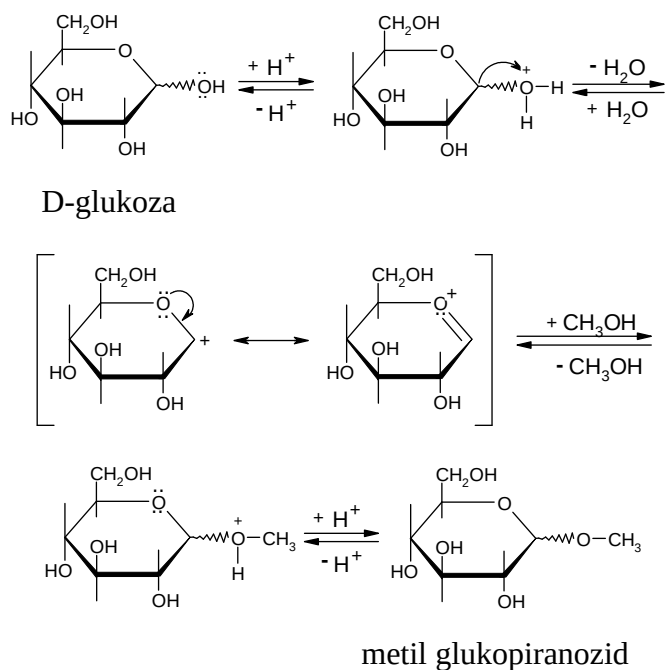
- **D-manoza** se v naravi ne pojavlja prosta ampak le v polisaharidih (mananih in manozidih). Najlažje jo pridobimo s kislom hidrolizo manana oreha koščaka. Je sladka z grenkim priokusom. Tali se pri 133 °C.
- **D-fruktoza** ali sadni sladkor je ketoza. Prosta se nahaja v številnih plodovih in medu. Vezana z glukozo tvori disaharid saharozo. Kot gradnik se pojavlja tudi polisaharid inulin, iz katerega zlahka pripravimo čisto fruktozo. Fruktoza težko kristalizira. Tališče ima pri 102 °C. Reducira Fehlingovo raztopino in se obnaša v kemičnih reakcijah kot glukoza. Glikozidno vezana fruktoza nastopa vedno v β -obliki in sicer furanozidno, čeprav je piranozna oblika stabilnejša.
- **D- in L-galaktoza** se v naravi nahaja v vezani obliki v mlečnem sladkorju (laktozi), v pektinih, nekaterih polisaharidih (galaktanih) in glikozidih. Njeni derivati se nahajajo tudi v nekaterih lipidih v možganih. Je relativno težko topna v vodi. Ker dobro kristalizira se da po hidrolizi mlečnega sladkorja dobro ločiti od glukoze. S kvasovkami prevre mnogo počasneje kakor glukoza in fruktoza. Včasih se v naravi nahaja tudi L-galaktoza (agaragar), vendar jo vedno spremlja D-galaktoza, ki je v pribitku.

3.1.6 Glikozidi ^[4, 7, 9]

V prisotnosti kislin kot katalizatorjev reagirajo ogljikovi hidrati z R-OH in nastanejo glikozidi. Hemiaketalni se pretvorijo v aketale, ki so etri. Nastajanje etrske – aketalne vezi – med anomerno hidroksilno skupino v molekuli glukoze in metanolom v kislem mediju prikazuje spodnja reakcija.



Na sliki 3.7 je prikazan mehanizem nastanka glikozidne vezi. Ta reakcija je pomembna za razumevanje zgradbe oligosaharidov in polisaharidov.



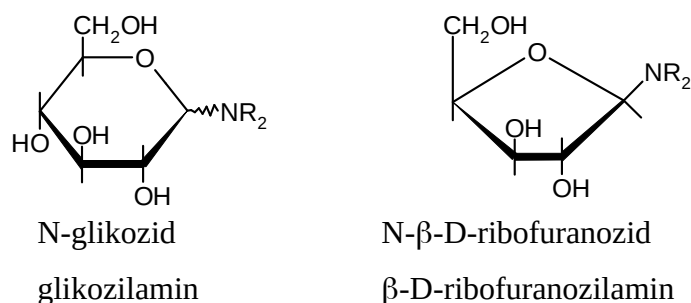
Slika 3.7: Nastanek glikozidne vezi

Istočasno pa se protonira tudi O in pride do odprtja in ponovnega zaprtja obroča – mutarotacija (Slika 3.4).

Poznamo več vrst glikozidov:

- O-glikozide (nukleofil je O od R-OH ali Ar-OH),
- N-glikozide (glikozamini, ADN, ARN),
- S-glikozide in
- C-glikozide.

Na sliki 3.8 sta predstavljena N-glikozida.



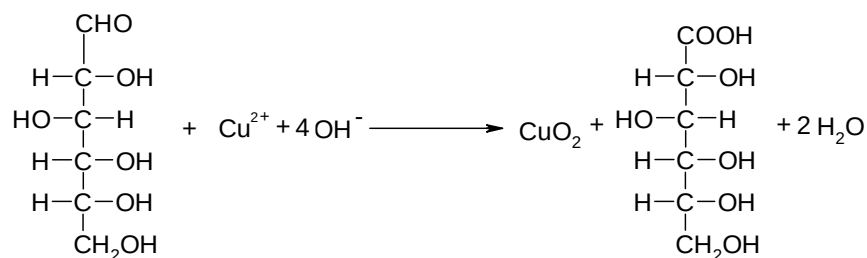
Slika 3.8: N-glikozida

3.1.7 Reakcije monosaharidov ^[4, 5, 6, 7, 9]

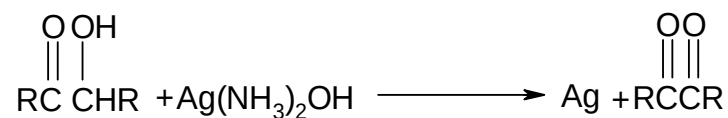
A. Reakcije anomernega C-atoma

1. **Etrenje**, kjer nastanejo glikozidi.
2. **Oksidacija**, kjer lahko aldoze pod milimi pogoji oksidiramo do aldonskih kislin, medtem, ko ketoze ne reagirajo.

a) **Test s Fehlingovo raztopino**, kjer nastane opečnato rdeča oborina pri tistih spojinah, ki imajo proste aldehydne skupine. Aldehydna skupina –CHO je reducirajoča funkcionalna skupina.



b) **Test s Tolens-ovim reagentom**, kjer se aldoze pretvorijo v aldonske kisline, ketoze pa v α-dikarbonilne skupine. Pozitivno reakcijo dobimo le pri tistih ogljikovih hidratih, ki imajo prosto glikozidno –OH skupino, torej so reducenti. Alkalna raztopina $\text{Ag}(\text{NH}_3)_2^+$ (Tollensov reagent) oksidira reducirajoči sladkor in se pri tem izloči srebro v obliki srebrovega ogledala.



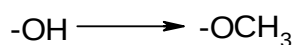
3. Redukcija

V primeru, ko ogljikovi hidrati igrajo vlogo reducentov imajo prosto $-\text{CHO}$ in tedaj se reducirajo. Ogljikovodiki, ki niso reducenti, kar pomeni, da imajo glikozidno vezane $-\text{CHO}$ skupino, ne reagirajo.

B. Reakcije z $-\text{OH}$ skupinami

$-\text{OH}$ skupine ogljikovih hidratov imajo iste lastnosti, kot $-\text{OH}$ skupine primarnih R-OH (alkoholov). Tvorijo lahko etre, estre in aketale.

a) **metiliranje** $-\text{OH}$ s pomočjo CH_3I



b) **zaestrenje** $-\text{OH}$ s pomočjo $(\text{CH}_3\text{CO})_2\text{O}$, kjer v primeru zaestrenja vseh $-\text{OH}$ skupin glukoze dobimo pentaacetat (najpomembnejši so fosforni estri).

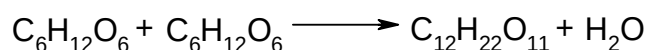
3.2 DISAHARIDI ^[2, 4, 6, 9]

Večina naravnih ogljikovih hidratov vsebuje več kot eno monosaharidno enoto. Molekula disaharidov je sestavljena iz dveh monosaharidnih enot, ki sta povezani z glikozidno vezjo. Glikozidna vez nastane med hemiaketalno –OH skupino ene enote in drugo –OH skupino naslednje enote, ki pa je lahko tudi anomerna –OH skupina. Orientacija vezi na atomu C1 (prve monosaharidne enote) je lahko α - ali β -, medtem ko je na drugi monosaharidni enoti določena z njeno strukturo. Pri disaharidih so najpogostejše 1,4 α - ali 1,4 β - vezi. Če nastane glikozidna vez med hemiacetalnima –OH skupinama monosaharidov imenujemo tak disaharid nereducirajoči oligosaharid oziroma na splošno glikozid. V primeru, ko nastane vez med eno hemiacetalno skupino ene monosaharidne enote in neko –OH skupino druge enote, imenujemo tak disaharid reducirajoči disaharid oziroma na splošno glikozilglukoza. Ti disaharidi kažejo pojav mutarotacije, kar pomeni, da se pojavljajo tako v α - kot v β - konformacijski obliki.

Pri stabilnosti določenih konformacijskih oblik imajo pomembno vlogo intramolekularne H-vezi. Tako sta na primer najbolj stabilni konformacijski obliki celobioze in laktoze ter tisti, ki sta stabilizirani s H-vezjo, ki poteka med –OH skupino na atomu C3 glikozne enote in mostnim kisikovim atomom. Tudi v saharozi sta obe monosaharidni enoti povezani z dvema vodikovima vezema. Prva je med –OH skupino na atomu C1 fruktoze in –OH skupino na atomu C2 glukoze, medtem ko je druga H-vez med –OH skupino na C6 atomu fruktoze in mostnim kisikovim atomom, ki povezuje obe enoti.

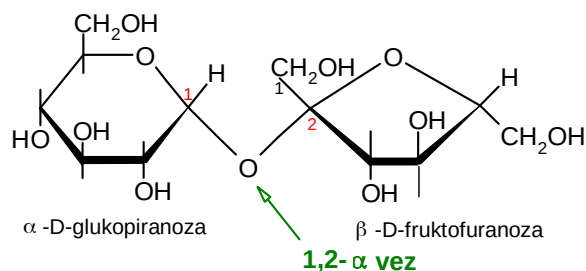
Disaharide enostavno hidroliziramo s kislinami. Hidrolizo saharoze imenujemo tudi inverzija, nastalo epimolarno mešanico D-glukoze in D-fruktoze pa invertni sladkor. Izraz inverzija je v uporabi, ker nastala mešanica sladkorjev, to je D-glukoze in D-fruktoze, suče ravnino linearno polarizirane svetlobe v obratno smer urinega kazalca kot izhodna raztopina saharoze. Na osnovi kota zasuka linearno polarizirane svetlobe zmesi sladkorjev, ki jo dobimo po hidrolizi disaharida in mutarotaciji, lahko ugotovimo konfiguracijo vezi na anomernem C atomu. Ker imajo α -anomerne oblike višjo specifično rotacijo v D-vrsti monosaharidov kot β - anomere, povzroči cepitev β - glikozidne vezi povečanje specifične rotacije in cepitev α - glikozidne vezi pomanjšane specifične rotacije.

Disaharidi nastanejo iz monosaharidov z odcepom vode:



3.2.1 Saharoza ^[3, 4, 6, 9]

Saharoza je disaharid, sestavljen iz α -D-glukoze in β -D-fruktoze, ki sta med seboj vezani prek polaketalnih ogljikovih atomov (Slika 3.10):



Slika 3.10: 1,2- α -saharoza

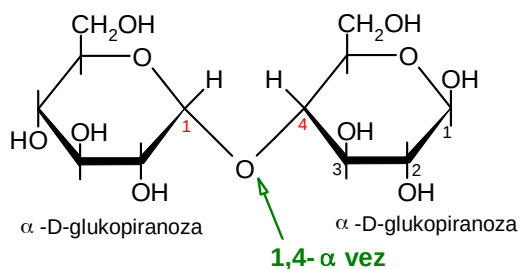
Saharozo imenujemo tudi trsni ali pesni sladkor. Je zelo razširjena v naravi, toda njene koncentracija v rastlinah je relativno majhna. Izjema sta sladkorni trs in sladkorna pesa, kjer se saharoza nahaja v večjih koncentracijah in sta glavni vir za njeno pridobivanje. Sladkorna pesa vsebuje 17-20% sladkorja.

Saharoza je lahko topna v vodi medtem, ko je v alkoholu težko topna. Tali se pri temperaturi 186 °C, kjer že delno razpada v steklasto amorfno maso. Pri nadaljnjem segrevanju porumeni in porjavi in se tvori ti. karamel. Z nadaljnjim segrevanjem poogleni ob razvijanju plinov in pare. Vodna raztopina saharoze suka ravnino polariziranega žarka na desno $[\alpha]_D = 66,5^\circ$. Alkalije nimajo vpliva na saharozo, medtem, ko na kisline ni odporna. Že sledi solne kisline jo pri kuhanju hidrolizirajo.

Ker v molekuli ni polaketalne hidroksilne skupine, se obroč ne more odpreti. Saharoza ne reducira Fehlingove raztopine in Tollensovega reagenta, zato jo uvrščamo med nereducirajoče sladkorje.

3.2.2 Maltoza ^[3, 4, 6, 9]

Maltoza je saharid, sestavljena iz dveh monomernih enot α -D-glukoze (Slika 3.11):



Slika 3.11: 1,4- α -maltoza

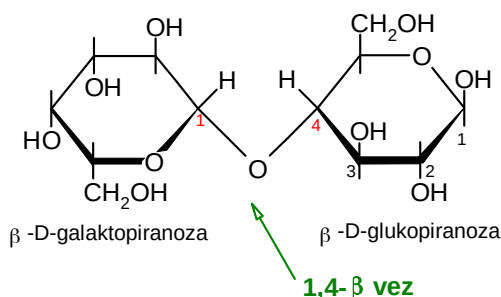
Maltoza ali sladni sladkor ne nastopa kot samostojni rezervni ogljikov hidrat v rastlini. Ima posebno vlogo kot vmesni produkt pri biokemični razgradnji škroba. Najdemo jo predvsem v kalečih semenih – ječmen. Tehnično pridobivanje maltoze poteka s pomočjo diastaze – encima ječmenovega slada, ki razgrajuje škrob. Diastaza cepi vsako drugo glikozidno vez v molekuli škroba in ga tako pretvarja v maltozo. Ta vrsta hidrolize je specifična za pridobivanje maltoze, saj pri kislinski hidrolizi hidrolizira škrob direktno v glukozo.

Kemijske lastnosti maltoze odredjata obe sladkorni komponenti. Je reducent, saj reducira Fehlingovo raztopino. Zaradi prisotnosti glikozidne sladkorne komponente je zelo občutljiva na kisline, ki jo pri kuhanju v zelo kratkem času popolnoma hidrolizirajo. Ker ima molekula maltoze eno prosto okso- skupino more nanjo vezati nadaljnjo monosaharidno enoto. Ta tip vezav tako omogoča združitev neomejenega števila monosaharidnih enot v oligo ali polisaharidno molekulo. Te sposobnosti nimajo vsi disaharidi.

Maltoza težko kristalizira. Njena specifična sučnost v ravnatežju je $[\alpha]_D = +118^\circ$. S kvasovkami prevre neposredno, ne da bi jo bilo potrebno predhodno hidrolizirati. Maltoza v obliki sirupa, ki vsebuje dekstrine in ki nastane s hidrolizo škroba, služi kot farmacevtski preparat za krepitev oz. utrjevanje telesa.

3.2.3 Laktoza ^[3, 4, 6, 9]

Laktoza je disaharid sestavljena iz β -D-galaktopiranoze in β -D-glukopiranoze (Slika 3.12):



Slika 3.12: 1,4- β -laktoza

Je ogljikov hidrat živalskega izvora in se nahaja v mleku sesalcev:

- kravjem mleku(4-5%),
- ovčjem mleku (3,3-6,5%) in
- ženskem mleku (5-5,5%).

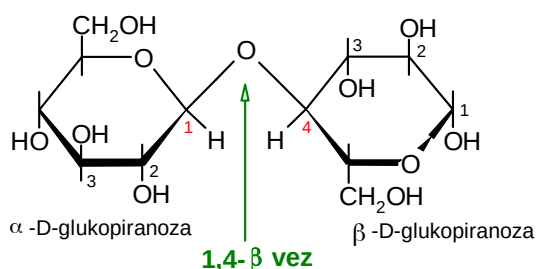
Tehnično pridobivamo laktozo izključno iz sirotke, ki nastane po oddvojitvi maščob in kazeina iz mleka. Po uparjanju laktoza izkristalizira.

V molekuli laktoze je molekula galaktoze glikozidno vezana na C4 atom glukoze. Njena zgradba je podobna zgradbi celobioze in se razlikujeta le po konfiguraciji četrtega C-atoma glikozidne komponente.

Iz vodnih raztopin se laktoza pod 93,5 °C izloča kot hidrat α -oblike, nad to temperaturo pa v brezvodni β -obliki. Brezvodna α -laktoza se tali pri temperaturi 223 °C in je malo težje topna v vodi. Laktoza reducira Fehlingovo raztopino, torej je reducent. Kvasovke ne vplivajo nanjo, ampak se prebavi v želodcu sesalcev. V velikih količinah jo uporabljajo v prehrabene namene in kot sredstvo za utrjevanje.

3.2.4 Celobioza ^[3, 4, 6, 9]

Celobioza je disaharid, sestavljena iz dveh enot glukoze, ki sta med seboj povezani z 1,4 β -vezjo (Slika 3.13):



Slika 3.13: 1,4- β -celobioza

Celobioza je stereoizomerna maltozi in nastane pri hidrolizi celuloze. S hidrolizo celobioze se dobi izključno D(+) glukoza kakor tudi pri maltozi. Ima vse lastnosti kot maltoza. Razlikuje se le v tem, da je ne more ustvariti človeški organizem, temveč samo rastlinojeda bitja. V naravi se ne nahaja kot prosta. Ker reducira Fehlingovo raztopino je reducent.

3.3 POLISAHARIDI ^[2, 3, 5, 6]

Polisaharidi spadajo med najrazsežnejšo organske spojine in se nahajajo tako v rastlinah kot v živih bitjih. Na pogled so to amorfne, visokomolekularne spojine. Z raziskovanjem njihove strukture s pomočjo rentgenskih žarkov je dokazano, da so sestavljeni iz mikrokristalov. Pri hidrolizi s pomočjo kislin in encimov se razgradijo na monosaharide: heksoze in pentoze. Glikozidno so zgrajeni podobno kot oligosaharidi, le da imajo večje molekulske mase, ki znaša od nekoliko tisoč do nekaj milijonov. Monosaharid, ki vstopa v polisaharid se nahaja v ciklični polaketalni obliki. Z drugo monosaharidno enoto se veže z glikozidno vezjo v dolgo verigo. Polisaharidi, ki so zgrajeni iz samo ene vrste monosaharida se imenujejo homopolisaharidi (škrob). Monosaharidi, ki najpogosteje vstopajo v molekulo polisaharida so: glukoza, galaktoza, manoza, arabinoza in ksiloza.

Z združevanjem večjega števila monosaharidnih molekul v večjo molekulo s pomočjo glikozidnih vezi prihaja do izgubljanja tistih najvažnejših lastnosti, ki so značilne za te osnovne spojine ogljikovih hidratov, kot naprimer: topnost v vodi, kristalizacije, sposobnost redukcije in sladek okus. Takšne makromolekularne spojine, ki jih imenujemo polisaharidi nimajo lastnosti sladkorja.

Večinoma se polisaharidi nahajajo kot rezervni sladkor v organih rastlin in živali.

Polisaharidi se običajno ne raztapljajo v hladni vodi, v topli vodi pa nekateri dispergirajo in tvorijo kolidne raztopine (škrob). V organskih topilih so praktično netopni. Nimajo sladkega okusa. To si lahko razložimo zaradi prisotnosti zelo malega števila prostih glikozidnih –OH skupin v osnovnih gradbenih molekulah, kakor tudi zvišanjem molekulske mase. Celuloza se ne topi ne v hladni in ne v vroči vodi.

3.3.1 Celuloza in celulozna vlakna ^[4, 5, 6, 7]

Celuloza je najbolj razširjen polisaharid, saj se nahaja v naravi v največjih količinah. V rastlinah se redko nahaja prosta. Ponavadi je tesno povezana z ligninom in hemicelulozami. Je sestavni del vseh celičnih sten in v velikih količinah nastaja vsak dan s procesom fotosinteze iz ogljikovega dioksida in vode ob posredovanju sončne svetlobe.

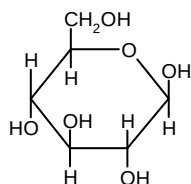
Celuloza je sestavljena iz 44% ogljika, 6% vodika in 50% kisika.

3.3.1.1 Izolacija celuloze ^[4]

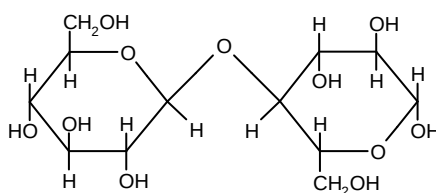
Način izolacije celuloze je odvisen od vsebujočih primesi. Pri bombažu in ramiji je možno maščobe, voske, proteine in pektine odstraniti s pomočjo ekstrakcije s topili in alkalijami. Ker so v lesu izredno močne vezi med poliozami in ligninom, je izolacija celuloze možna samo z obdelavo lesa z zelo agresivnimi kemikalijami kot so na primer: klor, natrijev klorid in perocetna kislina.

3.3.1.2 Struktura in konfiguracije celuloze ^[4, 6, 9, 12]

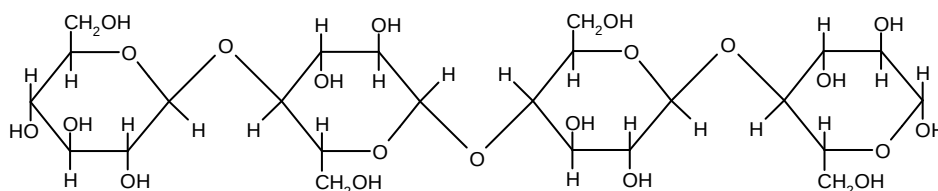
Empirična formula celuloze je $(C_6H_{10}O_5)_n$, kjer n predstavlja povprečno stopnjo polimerizacije in podaja povprečno število glukoznih enot povezanih z β -1,4-glukozidnimi vezmi v makromolekularno verigo. Dve molekuli β -glukoze oz. glukopiranoze se kondenzirata v celobiozo, ki je osnovni gradbeni element celuloze (Slika 3.14). Pri hidrolizi se celuloza razkroji preko disaharida celobioze v končni razkrojni produkt grozdni sladkor - β -glukozo. Glukoza obstaja v dveh oblikah, in sicer kot spojina z verižno in ciklično zgradbo. Glukopiranozni obroči celulozne verige so med seboj povezani v energijsko najbolj stabilnem stanju in tj. v konformacijski obliki stola.



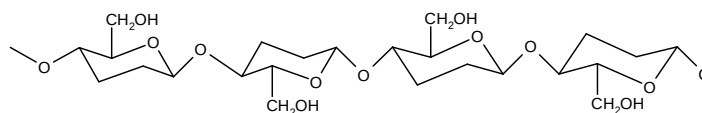
Glukoza



Celobioza



Izsek iz celulozne molekule



Konformacijska oblika stola celulozne formule

Slika 3.14: Shematični prikaz tvorbe celuloze

Iz slike 3.14 je razviden zasuk vsake β -glukoze enote za 180° proti predhodni monomerni enoti.

Osnovni gradbeni element β -glukoza ima hidroksilne skupine na drugem, tretjem in šestem C atomu. Primarne in sekundarne hidroksilne skupine lahko popolnoma zaestrimo in zaetrimo.

Na obeh koncih celulozne molekule se nahajajo hidroksilne skupine z različnimi lastnostmi:

- -OH skupina na prvem C atomu pripada polaketalni obliki, ki izhaja iz aldehydne skupine in deluje v molekuli kot reducent.
- -OH skupina na četrtem C atomu je alkoholna hidroksilna skupina in nima redukcijskih sposobnosti.

Številne hidroksilne skupine vzdolž molekularne verige so vzrok visoke reaktivnosti celuloze. Pri oksidaciji primarnih hidroksilnih skupin nastanejo aldehydne skupine, pri oksidaciji sekundarnih hidroksilnih skupin v celulozi pa ketonske.

3.3.1.3 Topnost celuloze ^[4, 5, 6, 9, 11]

Za raziskovanje molekularnih lastnosti celuloze je nujno potrebno da jo pretvorimo v raztopino. Kljub temu da ima celuloza hidrofilni karakter ni topna v nobenem običajnem topilu zaradi velike molekulske mase in njene nadmolekulske strukture. Direktno topna je celuloza samo v koncentriranih kislinah (fosforjevi, trifluorocetni,...) pri čemer se vezi med molekulami delno hidrolitično razgrajujejo.

Celuloza kljub številnim hidroksilnim skupinam ni topna v vodi. Vzrok za netopnost so številne vodikove vezi, ki medsebojno povezujejo hidroksilne skupine celuloze. Voda lahko pretrga nekaj vodikovih vezi med dvema celulozama, vendar niso vse vezi istočasno dostopne. Dostopnost vodikovih vezi za vodo in barvila, ki so raztopljeni v vodi je povezana z velikostjo in porazdelitvijo kristalinih in amorfnih področij.

Na podlagi številnih -OH skupin vzdolž molekularne verige je celuloza zelo reaktivna in obstaja možnost tvorbe velikega števila derivatov celuloze s pomočjo eterifikacije in esterifikacije. S pomočjo kovinskih kompleksov kot je na primer Cuoxam (bakrov oksid-amonijak) lahko celulozo pretvorimo v raztopino.

V raztopinah celulozne molekule izgubijo svojo iztegnjeno obliko in prehajajo v klobčičasto. Proces raztapljanja se začne pri celulozi na površini nadmolekularne celulozne strukture. Pri vdoru topila v celulozno molekulo pa prične le ta povečevati razmike med posameznimi gradbenimi enotami (glukoza). Pri tem najprej nastane gosta asociirana molekulska mreža. S povečanjem koncentracije topila pa dobimo "idealno" ločene posamezne molekule.

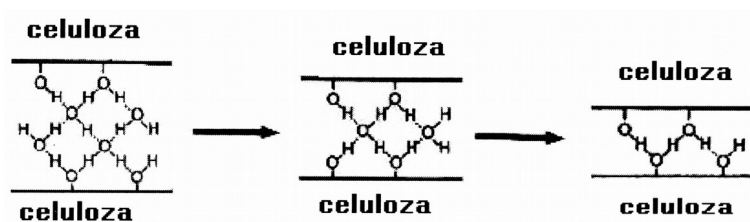
Sorpcijske lastnosti celuloznih vlaken

Sorpcijske lastnosti vlaken so širok pojem, ki opisuje pojav adsorpcije, absorpcije in desorpcije.

Na sorpcijske lastnosti vlaken vplivata tako molekulska (kemična sestava, dolžina makromolekul, število končnih skupin) kot tudi nadmolekulska struktura vlaken (stopnja kristaliničnosti, velikost kristalitov, delež amorfnih področij, delež in oblika praznin,...).

Bistven vpliv na absorpcijske lastnosti celuloznih vlaken imata molska masa zaradi števila hidroksilnih skupin in delež amorfnih področij v katerih potekajo absorpcijski procesi. Celulozna vlakna imajo močan hidrofilni karakter, ker hidroksilne skupine glukočnih monomerov privlačijo vodikove ione (H^+) iz vode in vodnih raztopin.

Med obdelavo celuloznih vlaken odstranimo vodo iz kristalinih in amorfnih področij pri procesu sušenja. Vlakna se pri tem skrčijo in med celuloznimi verigami se ponovno tvorijo vodikove vezi (Slika 3.15).



Slika 3.15: Prikaz ponovne tvorbe vodikovih vezi med celuloznimi verigami pri procesu sušenja

Pri delovanju alkalnih raztopin se tvori alkalijska celuloza kjer se na hidroksilne skupine celuloze vežejo Na^+ ioni in nabrekanje je večje kot pri vodi.

Zelo pomemben dejavnik za nabrekanje celuloze je sposobnost reagentov, da porušijo intermolekulske vodikove vezi med celuloznimi verigami in s tem zrahljajo strukturo.

Za predelovalne sposobnosti vlaken je pomembna dostopnost za reagente in barvila v vodi nabreklih celuloznih vlaken.

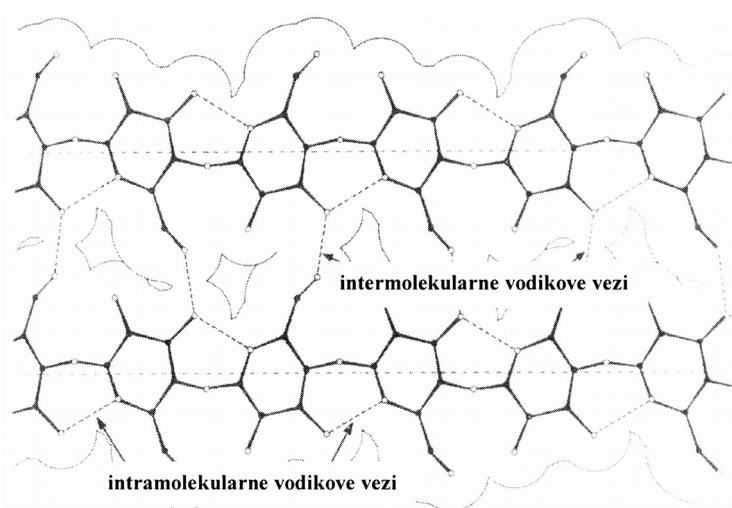
3.3.1.4 Dolžina verige ^[10]

Celuloza je definirana kot linearni polimer, kateri je sestavljen iz posameznih gradnikov in zato molekularno dolžino podajamo kot polimerizacijska stopnja. Povprečna polimerizacijska stopnja celuloze je odvisna od njenega izvora in predobdelave.

Povprečna polimerizacijska stopnja po Staudingerju je za naravna celulozna vlakna 2000-3000, za regenerirana celulozna vlakna pa 200-800. Pri regularnih viskozni vlaken je povprečna polimerizacijska stopnja 300-350 glukozidnih enot.

3.3.1.5 Vezi v molekuli celuloze ^[12, 13, 14, 15, 16]

Makromolekula celuloze je trakaste oblike z dolžino 5000 nm, širino 1 nm in debelino 0,5 nm pri DP 10000. Ti trakovi so znotraj celične stene urejeni v fibrilarno strukturo, ki temelji na medsebojni povezavi z H - vezmi, ki zagotavljajo povezavo med sosednjimi celuloznimi verigami (Slika 3.16).



Slika 3.16: Shematični prikaz inter- in intramolekularnih vodikovih vezi v strukturi celuloze

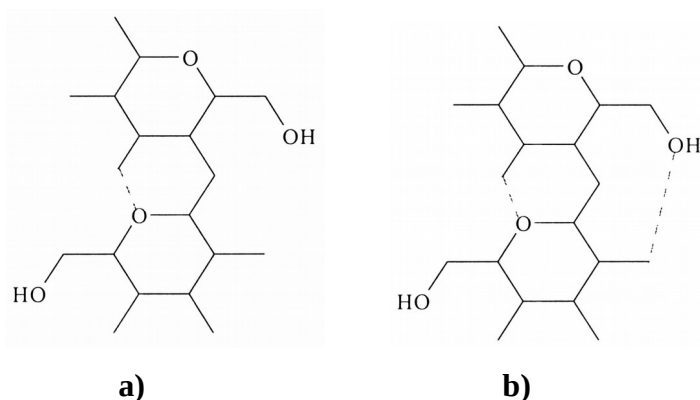
Vodikove vezi so odgovorne za fibrilarno strukturo v celični steni in s tem za trdnost stančevine in papirja.

Vodikove vezi, ki jih je opredelil Haworth, se lahko izoblikujejo na dva načina: intermolekularno in intramolekularno.

Kemična sestava in konformacija celuloznih molekul omogočata močan medsebojni privlak makromolekul in nastanek sekundarnih intermolekularnih interakcij.

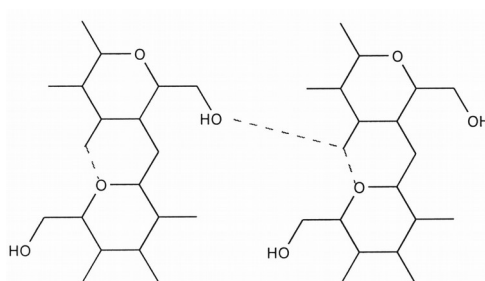
Eksperimentalno so z NMR, IR in rentgensko analizo odkrili, da se intramolekularne vodikove vezi tvorijo med vodikovim atomom na tretjem ogljikovem atomu glukoze enote in kisikom, ki se nahaja v piranoznem obroču sosednje glukoze iste celulozne molekule, kar je prikazano na sliki 3.16a.

Nekateri avtorji omenjajo tudi druge intramolekulske vodikove vezi, ki se vzpostavijo med hidroksilnimi skupinami na šestem ogljikovem atomu ene glukoze enote in vodikovim atomom na drugem C atomu sosednje glukoze enote (Slika 3.16b).



Slika 3.16: Intramolekularne vodikove vezi

Isti avtorji so ugotovili, da nastane intermolekularna vez med vodikovimi atomi na tretjem ogljikovem atomu ene verige in kisikovimi atomi hidroksilne skupine na šestem ogljikovem atomu sosednje verige, kar je prikazano na sliki 3.17.



Slika 3.17: Intermolekularne vodikove vezi

3.3.1.6 Reakcije celuloze ^[9]

Vsaka enota celuloze vsebuje tri –OH skupine, ki jih lahko zaestrimo ali zaetrimo.

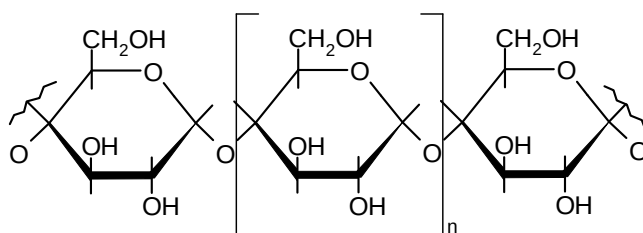
1. **Zaestrenje** z očetno kislino CH_3COOH , kjer dobimo z acetiliranjem acetatno celulozo.
2. **Zaestrenje** z HNO_3 , kjer z nitracijo dobimo nitro celulozo. V primeru zaestrenja vseh treh –OH skupin dobimo trinitrocelulozo. Z zaestrenjem le dveh –OH skupin pa dobimo dinitrocelulozo (umetna svila).
3. **Zaetrenje** z metanolom, kjer kod končni produkt dobimo metilcelulozo, ki je topna v vodi ali alkalijah. Ta lastnost je odvisna od stopnje metiliranja.
4. Pridobivanje **viskoze** poteka tako, da celuloza v alkalnem mediju reagira s CS_2 . Ta tvori s pribitkom CS_2 in NaOH viskozno maso – viskozo. Dobljeno maso potiskajo skozi šobe v kopel z razredčeno H_2SO_4 , kjer se izobori celuloza v obliki finih niti.
5. **Hidrolizo** škroba ali celuloze lahko izvršimo s kuhanjem v raztopinah mineralnih kislin.

3.3.2 Škrob ^[2, 6, 7, 9]

Škrob je polimer α -D-glukoze in je najpomembnejši rezervni ogljikov hidrat rastlin. Sestavljen je iz dveh plasti: zunanje membrane in snovi, ki zapolnjuje notranjost zrna. Dejansko je škrob mešanica dveh polimerov različne strukture: 25% amiloze in 75% amilopektina.

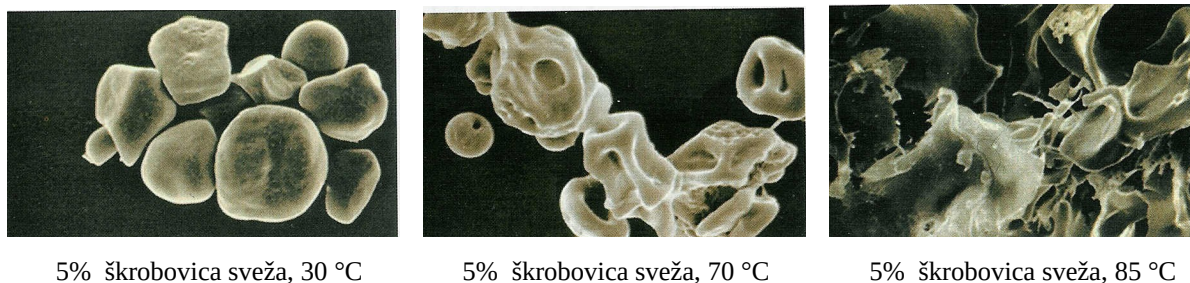
Največje količine škroba nastajajo v aminoplastih, kateri se nahajajo v semenih, gomoljih, korenikah in čebulicah višjih rastlin. Škrobna zrnca imajo različno obliko, odvisno od vira škroba in imajo premer od 2-100 μm . Vsebujejo skoraj popolnoma čist škrob, 1-2% maščob ali maščobnih kislin ter drugih primesi. V gomoljčnem (krompirjevem) škrobu pa so našli poleg čistega škroba še 0,07-0,22% fosfatov, kateri so kot esterna skupina vezani na amilopektin. S pomočjo mokrega mletja in sedimentacije je mogoče škrob izolirati.

Škrob je makromolekula, katere osnovne enote so povezane z 1,4- α - glikozidnimi vezmi. Te osnovne verige nosijo določeno število krajših prečnih verig, ki so povezane 1,6- α -glikozidnimi vezmi (Slika 3.18). Makromolekula škroba vsebuje približno 100 000 glukoznih enot.



Slika 3.18: Molekula škroba

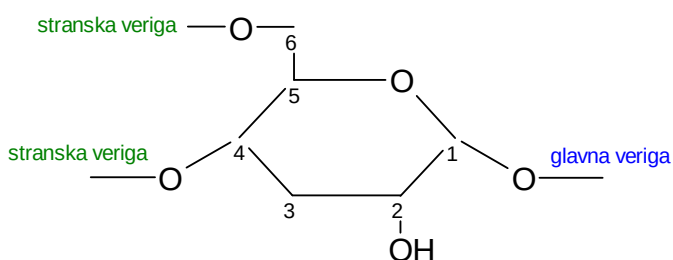
Škrob se najpogosteje uporablja zaradi sposobnosti navzemanja vode in nabrekanja. Nabrekanje je posledica prodiranja molekul vode v škrobno zrnce. Pri temperaturi okoli 70 °C škrobno zrnce počni, voda ima prost dostop do razvejane makromolekule škroba. Nastajajo vodikove vezi med molekulami vode in hidroksilnimi skupinami škrobne makromolekule. Škrob želira. Spodnja slika (3.19) prikazuje dejanski proces nabrekanja in želiranja škroba videno pod mikroskopom.



Slika 3.19: Nabrekanje 5% disperzije koruznega škroba v vodi pri različnih temperaturah

Hidroliza z razredčenimi kislinami privede škrob v glukozo (popolna hidroliza). Encimatska hidroliza z diatazami oz. amilazami pa privede škrob do maltoze (delna hidroliza). S tem je tudi dokazano, da se molekula škroba sestoji iz maltoznih ostankov, ki so med seboj vezani z glikozidno vezjo.

Razvejanost in mesto v glukoznem gradbenem delcu, od koder izhajajo stranske verige so dognali s popolnim metiliranjem škroba. Na osnovi tega je mogoče ugotoviti, da se stranska veriga odcepi od šestega glukoznega C atoma (Slika 3.20).



Slika 3.20: Cepitev stranske verige

Zaradi značaja vezi med glukozami ter glavne in stranske verige molekule škroba niso grajene premočrtno, temveč so nekoliko usločene.

Škrob se glede na različen izvor deli na:

- A-tip (žitni škrob),
- B-tip (krompirjev škrob) in
- V-tip (zaklejen škrob).

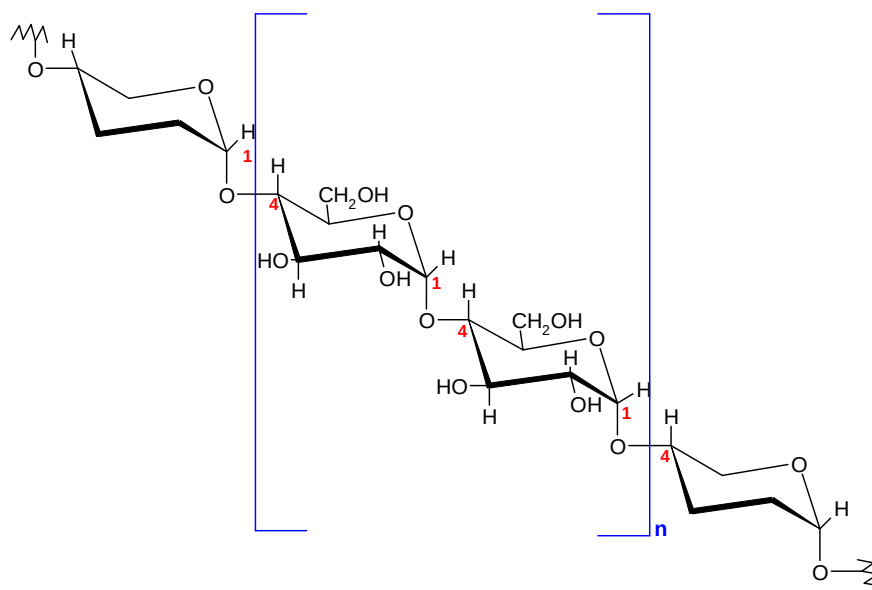
Škrob se uporablja v prehrabene namene, kot lepilo (dekstrin), za apreturo, pri tisku kot gostilo za tiskarsko goščo,....

Čeprav je bilo objavljeno o škrobu že mnogo literature, so ostala še vseeno nekatera vprašanja nepojasnjena:

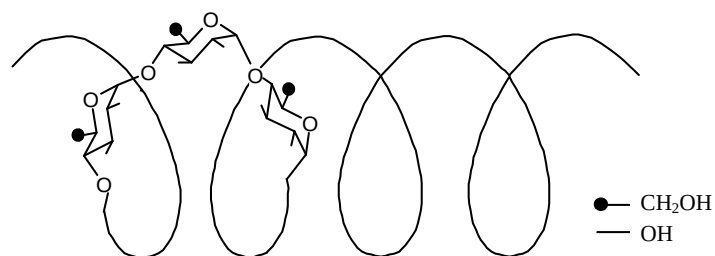
- razdelitev amiloze in amilopektina znotraj škrobnega zrnca ter njihova orientacija in lokacija
- poroznost škrobovega zrnca
- fina struktura in osnovne gradbene enote (male blok strukture, mikrogranule ali vlakna)
- stopnja kristaliničnosti
- vloga vode pri oblikovanju strukture škroba

3.3.2.1 Amiloza ^[4, 5, 6, 7, 9]

Amiloza je nerazvejana molekula, glukozične molekule pa so med seboj povezane z 1,4- α vezmi (Slika 3.21). Zaradi α -vezi molekula ni linearna, ampak v obliki vijačnice (Slika 3.22). Ta spiralna oblika ji omogoča, da tvori komplekse z malimi molekulami, ki se lahko skrijejo znotraj spirale. V vodi je topna in ne tvori kleja. Vsebnost amiloze se določa s pomočjo titracije z jodom, kjer se amiloza modro obarva. Ne vsebuje fosforjeve kisline. Ima relativno nizko polimerizacijsko stopnjo (DP 60-6000). Amiloza vsebuje 50-300 enot glukoze. Večina vrst škroba vsebuje cca 20-25% amiloze. Vendar pa se danes lahko s posebnim gojenjem pridelajo rastlinske vrste z zelo velikim deležem amiloze.



Slika 3.21: Molekula amiloze



Slika 3.22: Spiralna oblika amiloze

100% amilozo lahko danes pridobivamo z encimatsko sintezo fosfoliaze. To je encim ki ga pridobivamo iz krompirjevega soka. Pri sintezi s fosfoliazami se ostanek glikozida iz glukoza-1-fosfata prenaša na nereduciran konec polimerne verige. Tvori se amilozna veriga.

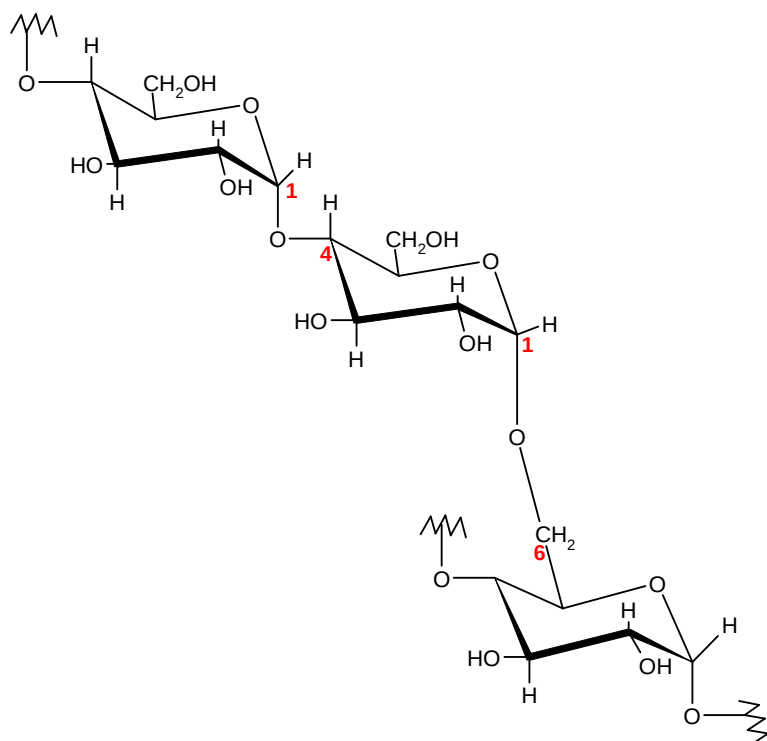
V preglednici 3.1 so prikazani deleži amiloze v različnih rastlinskih škrobih.

Preglednica 3.1: Deleži amiloze v različnih rastlinskih škrobih

Škrob	Amiloza [%]
Krompir	21
Koruza	27
Pšenica	23
Amilo koruza	50-80
Voščena koruza	0
Gladek grah	36
Zakrnel grah	69

3.3.2.2 Amilopektin ^[4, 5, 6, 7, 9]

V makromolekuli škroba na približno 25 glukoznih enot nastopajo poleg 1,4- α vezi, nastopajo še 1,6- α -glikozidne vezi. Ta del škroba se imenuje amilopektin (Slika 3.23). Makromolekula škroba je zaradi tega zelo razvejana, kar ima za posledico zelo kompleksno kristalno zgradbo škrobnih zrn. Stranske verige so kratke in imajo dolžino 15-25 glikozidnih obročev. V vroči vodi je težko topen. Pri reakciji z jodom se obarva vijolično.



Slika 3.23: Molekula amilopektina

Kot pomemben sestavni del vsebuje povprečno 0,2% fosforjeve kisline. Analize so pokazale da je ena molekula H_3PO_4 vezana približno na vsak 300-ti glikozidni ostanek. Zaestrena je v obliki glukoze-6-fosforjeve kisline. Vsebnost fosforjeve kisline je vzrok za lepljivost amilopektina. Zaradi fosfatne skupine ima amilopektin negativni naboj in v električnem polju potuje k pozitivni elektrodi.

4. KVALITATIVNO IN KVANTITATIVNO DOLOČANJE OGLJIKOVIH HIDRATOV ^[17, 18]

Metode po katerih analiziramo mono- in oligosaharide so:

- kemične,
- kolorimetrične,
- kromatografske,
- optične,
- biokemične,
- masna spektroskopija,
- jedrska magnetna resonanca in
- IR spektroskopija.

Tako kot pri vseh analizah tudi pri analizi ogljikovih hidratov velja, da mora biti vzorec za analizo reprezentativen in pripravljen tako, da ostane nespremenjen.

Priprava vzorca za določanje ogljikovih hidratov obsega ekstrakcijo živila in čiščenje ekstrakta. Za ekstrakcijo izberemo topilo, ki je učinkovito in selektivno. To je takšno, ki dobro topi in iz vzorca ekstrahira vse ogljikove hidrate. Najpogosteje uporabljeno topilo je voda oziroma razredčen etanol. Če poteka ekstrakcija pri zvišani temperaturi je potrebno zagotoviti nevtralnost medija, da ne pride do hidrolize občutljivih sladkorjev. Pri ekstrakciji z vodo je potrebno biti pazljiv, da ne pride do mikrobiološke okužbe, ki lahko spremeni sestav in množino ekstrahiranih sladkorjev. Voda zagotavlja kvantitativno ekstrakcijo in zahteva čiščenje ekstrakta.

Čiščenje je odvisno od tega, katere moteče snovi vsebuje ekstrakt:

- Maščobe in klorofil lahko odstranimo z ekstrakcijo s petroletrom.
- Polarne snovi oborimo z organskimi topili.
- Optično aktivne snovi in kloride odstranimo s Carrezovo raztopino ali raztopino nevtralnega svinčevega acetata.
- Z ionskimi izmenjevalci odstranimo iz ekstrakta aminokislino, beljakovine, različne soli organske kisline, lipide in rastlinske pigmente.

Med **kemičnimi metodami** so pomembne predvsem tiste, ki slonijo na redukcijskih sposobnostih različnih sladkorjev, mono- in nekaterih disaharidov. Analiziramo lahko tudi nereducirajoče ogljikove hidrate, le predhodno jih je potrebno hidrolizirati v reducirajoče. V

alkalnem mediju pri povišani temperaturi prosta karbonilna skupina reducira npr. Cu^{2+} . Pri tem nastane količina sladkorja proporcionalna količina oborine Cu_2O , ki jo lahko kvantitativno določimo gravimetrično ali s titracijo.

Kolorimetrične metode določanja sladkorjev temeljijo na barvnih reakcijah do katerih pride zaradi kondenzacije razgradnih produktov sladkorjev v močnih mineralnih kislinah z različnimi organskimi spojinami (npr. fenolom, antronom,...).

Refraktometrično določanje vrste in koncentracije sladkorjev temelji na dejstvu, da je lomni količnik neke raztopine odvisen od temperature in valovne dolžine svetlobe. Predvsem pa je odvisen od sestavine in koncentracije raztopljenih snovi v raztopini, skozi katero potuje.

Polarimetrična analiza se uporablja za določanje čistosti in koncentracije raztopin optično aktivnih snovi. Kot sukanja nihajne ravnine polarizirane svetlobe je odvisen od valovne dolžine svetlobe, dolžine poti žarka, temperature raztopine in koncentracije raztopljenega sladkorja. Ker je specifičen zasuk posameznih sladkorjev poznan, lahko na osnovi kota zasuka določimo vrsto sladkorja in izračunamo koncentracijo le-tega. Ta metoda je hitra in preprosta ter primerna v analitiki topnih mono-, oligo- in polisaharidov.

Encimatske metode imajo pomembno mesto pri analizi sladkorjev. Z njimi je mogoče določiti monosaharide (glukozo, fruktozo, galaktozo,...), oligosaharide (saharozo, maltozo, laktozo,...) in polisaharide (škrob,...) posamezno ali ob prisotnosti drugih sladkorjev.

Encimatske metode so hitre, razmeroma preproste in z njimi lahko rešimo nekatere probleme, ki jih s konvencionalnimi metodami ni mogoče. Encimi so visoko specializirane beljakovine, ki katalizirajo specifične biokemične reakcije. Zaradi tega je priprava vzorcev preprosta, saj ni potrebno analizirane snovi izolirati iz vzorca in odstraniti motečih snovi.

Encimatske reakcije potekajo pri sobni temperaturi v nevtralnem mediju v relativno kratkem času. Spremembo substrata, ki je posledica aktivnosti encima merimo neposredno polarimetročno, elektrometrično, medtem ko posredno merimo fotometrično v UV ali VIS spektru, fluorimetrično in elektrometrično. Množina obarvanega ali fluorescentnega produkta nastalega v vzporedni reakciji je proporcionalna množini analizirani snovi v vzorcu.

Med **kromatografskimi metodami** sta najenostavnejši **papirna** in **tankoplastna kromatografija**, ki sta primerni za vzorce ki so kompleksni in moramo na njih opraviti kvalitativno in kvantitativno analizo. Kvantitativno analizo izvedemo z direktno denziometrijo ali

z ustrezno analizo eluiranega madeža. Druga možnost za določanje ločenih komponent je določanje retenzijskega faktorja.

Mnogo bolj kot zgoraj naštetih vrsti kromatografije se za analizo ogljikovih hidratov uporablja **plinsko tekočinska kromatografija**. Uporabna je za določanje posameznih monosaharidov ali kompleksnih mešanic, za analizo oligosaharidov ali njihovih mešanic, za določanje monosaharidne sestave ogljikohidratnih polimerov in določanje stopnje polimerizacije. Ta metoda omogoča analizo malih količin ogljikovih hidratov in je manj podvržena interferenci drugih sestavin vzorca.

Visokotlačna kromatografija visoke ločljivosti se za analizo ogljikovih hidratov uporablja največ. V primerjavi s plinsko kromatografijo je primernejša za analizo mešanice preprostih monosaharidov in oligosaharidov. Uporabna je tudi pri analizi polisaharidov, predvsem za raziskavo njihove sestave in narave vezi po encimatski ali kislinski hidrolizi. Analiziramo lahko polisaharide z molsko maso do 2500, odvisno od njihove topnosti..

Jedrsko magnetna resonanca-NMR je ena najpogosteje uporabljenih metod v organski kemiji. Pri ogljikovih hidratih je uporabna za določanje strukture mono-, oligo- in polisaharidov, kvantitativno določanje mono- in oligosaharidov, za določanje mesta glikozidne vezi in sestave monosaharidov v polisaharidni molekuli.

S **senzorično analizo** lahko kvalitativno in kvantitativno ocenimo ogljikove hidrate sladkega okusa. Kakovost sladkega okusa lahko ocenjujemo opisno ali z določanjem razlik med vzorcem in standardom. Intenzivnost sladkega okusa ocenjujemo navadno v primerjavi s sladkostjo raztopine 10% saharoze.

5. LITERATURA

- [1] B. Kreševič: **Tekstilne surovine**, Zbrano gradivo, Univerza v Mariboru, Tehniška fakulteta, Strojništvo, Maribor 1993
- [2] W. Schröter, K.H. Lautenschläger, H. Bibrack, A. Schnabel: **Kemija**, Splošni priročnik, Tehniška založba Slovenije, Ljubljana 1993
- [3] P.W. Atkins, M.J. Frazer, M.J. Clugston, R.A.Y. Jones: **Kemija, zakonitosti in uporaba**, Tehniška založba Slovenije, Ljubljana 1997
- [4] M. Tišler: **Organska kemija**, Državna založba Slovenije, Ljubljana 1982
- [5] C.R. Noller: **Kemija organskih spojeva**, Tehnička knjiga, Zagreb
- [6] S.R. Arsenijević: **Organska hemija**, Šesto izdanje, Naučna knjiga, Beograd 1990
- [7] M. Vrtačnik, N.Z. Brouwer: **Organska kemija**, Tehniška založba Slovenije, Ljubljana 2002
- [8] S.H. Pine in ostali: **Organska kemija**, Školska knjiga, Zagreb 1984
- [9] A. Majcen le Marechal: **Zapiski predavanj**, Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo, Študijsko leto 2001/2002
- [10] R.S. Jovanović: **Celulozna prirodna i hemijska vlakna**, IRO Građevinska knjiga, Beograd 1989
- [11] T. Kreže: **Sorpcijske karakteristike klasičnih in novih, okolju prijaznih regeneriranih celuloznih vlaken**, Doktorska disertacija, Univerza v Mariboru, Fakulteta za strojništvo, Maribor 19999
- [12] W. Burchard: **Polysaccharide**, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, Tokyo 1985
- [13] T. Rijavec: **Tekstilne surovine – osnove**, Naravoslovno tehniška fakulteta, Univerza v Ljubljani, Ljubljana 2000
- [14] D. Kimovec: **Tekstilne surovine**, 1 del, Kranj 1977
- [15] W.N. Haworth: **Helv. Chim. Acta**, 11 (1928) 514
- [16] J. Blackwell, F.J. Kolpak: **Macromolecules**, 8 (1975) 322
- [17] D. Auflage, F. Klages, W. de Gruyter&Co: **Einfuehrung in die organische Chemie**, Berlin 1969
- [18] Hauptman, Graefe, Remane: **Lehrbuch der organischen Chemie**; VEB Deutscher Verlag fuer Grundstoffindustrie Leipzig, Leipzig 1976

KAZALO

1. RAZDELITEV NARAVNIH POLIMEROV ^[1]	2
2. OGLJIKOVI HIDRATI ^[2, 3, 4]	3
3. DELITEV OGLJIKOVIH HIDRATOV ^[2]	4
3.1 MONOSAHARIDI ^[2, 4, 5, 6]	5
3.1.1 Konfiguracija monosaharidov ^[5, 6, 9]	6
3.1.2 Konformacijske oblike ^[3, 4, 6, 9]	7
3.1.3 Optična rotacija, mutarotacija ^[4, 6, 9]	8
3.1.4 Pentoze ^[2, 5, 6]	9
3.1.5 Heksoze ^[2, 5, 6]	10
3.1.6 Glikozidi ^[4, 7, 9]	11
3.1.7 Reakcije monosaharidov ^[4, 5, 6, 7, 9]	13
3.2 DISAHARIDI ^[2, 4, 6, 9]	15
3.2.1 Saharoza ^[3, 4, 6, 9]	16
3.2.2 Maltoza ^[3, 4, 6, 9]	16
3.2.3 Laktoza ^[3, 4, 6, 9]	17
3.2.4 Celobioza ^[3, 4, 6, 9]	18
3.3 POLISAHARIDI ^[2, 3, 5, 6]	19
3.3.1 Celuloza in celulozna vlakna ^[4, 5, 6, 7]	19
3.3.1.1 Izolacija celuloze ^[4]	20
3.3.1.2 Struktura in konfiguracije celuloze ^[4, 6, 9, 12]	20
3.3.1.3 Topnost celuloze ^[4, 5, 6, 9, 11]	21
3.3.1.4 Dolžina verige ^[10]	23
3.3.1.5 Vezi v molekuli celuloze ^[12, 13, 14, 15, 16]	23
3.3.1.6 Reakcije celuloze ^[9]	25
3.3.2 Škrob ^[2, 6, 7, 9]	25
3.3.2.1 Amiloza ^[4, 5, 6, 7, 9]	27
3.3.2.2 Amilopektin ^[4, 5, 6, 7, 9]	28
4. KVALITATIVNO IN KVANTITATIVNO DOLOČANJE OGLJIKOVIH HIDRATOV ^[17, 18]	30
5. LITERATURA	33