

7.6.2. UGLJENI HIDRATI

Ugljeni hidrati su grupa veoma rasprostranjenih jedinjenja u prirodi. Procesom fotosinteze u listovima zelenih biljaka stvara se *glukoza*, jedan od najvažnijih ugljenih hidrata. Međusobnim povezivanjem po nekoliko stotina, pa i hiljada molekula glukoze u veće molekule — makromolekule, dobijaju se molekuli *skroba* i *celuloze* koji predstavljaju gradivni materijal biljnih ćelija.

Ugljeni hidrati se sastoje od ugljenika, vodonika i kiseonika. Naziv potiče iz prošlosti, kada se smatralo da su ugljeni hidrati jedinjenja ugljenika i vode prema sledećoj opštoj formuli: $C_n(H_2O)_n$. Danas znamo da to nije tačno, ali je naziv zadržan. Većina ugljenih hidrata je rastvorljiva u vodi i slatkog ukusa (šećer).

Ugljeni hidrati mogu da se podele na tri grupe:

1. *monosaharidi* (prosti šećeri); ne mogu se razložiti na prostije šećere;

2. *oligosaharidi*, njihovi molekuli su sagrađeni od 2 do 10 monosaharidnih jedinica (grčki: *oligos* — malobrojan);

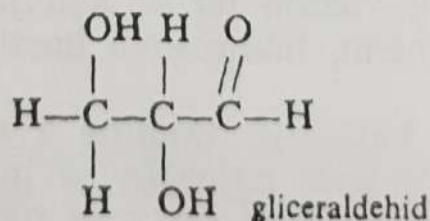
3. *polisaharidi*, čiji su molekuli sagrađeni od 10 do nekoliko hiljada monosaharidnih jedinica.

Monosaharidi. — Monosaharidi su najjednostavniji šećeri. U molekulu mogu imati 3, 4, 5 ili 6 atoma ugljenika i odgovarajući broj atoma vodonika i kiseonika. Monosaharidi s tri atoma ugljenika nazivaju se *trioze*, s četiri *tetroze*, s pet *pentoze*, sa šest *heksoze**. Kako se vidi karakterističan nastavak za obeležavanje grupe monosaharida je *oza*.

Monosaharidi imaju složenu strukturu. Pored nekoliko hidroksilnih

grupa sadrže u molekulu još po jednu aldehydnu $—C \begin{array}{l} =C \\ \backslash H \end{array}$ ili keto

($>C=O$) funkcionalnu grupu. Zbog toga se često nazivaju i polihidroksilni aldehidi, odnosno ketoni. Odnos aldehydne prema hidroksilnim grupama možemo videti na primeru najjednostavnijeg ugljenog hidrata, *gliceraldehida*. On može nastati oksidacijom glicerina i ima sledeću strukturnu formulu:



Monosaharidi s aldehydnom funkcionalnom grupom u molekulu nazivaju se *aldoze*, a s keto grupom su *ketoze*. Tako, na primer, monosaharidi sa šest ugljenikovih atoma u molekulu (i šest atoma kiseonika, takođe), *heksoze*, mogu se podeliti u dve grupe: *aldoheksoze* i *ketoheksoze*.

Heksoze imaju molekulska formulu $C_6H_{12}O_6$. Većina heksoza pripada *aldozama*, a u manjoj meri u prirodi se nalaze i *ketoze*.

* Adekvatna tome je i podela prema broju kiseonikovih atoma.

Najvažnije i najrasprostranjenije heksoze su groždani šećer — glukoza i voćni šećer — fruktoza.

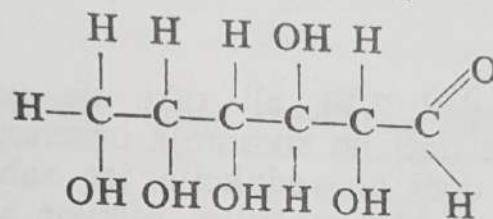
Glukoza se ne nalazi samo u grožđu, već i u soku raznog voća. Stalni je sastojak krvi (oko 0,1%). Industrijski se proizvodi razlaganjem skroba.

Ogled 7.10.

Sipajte u epruvetu 2 cm³ sveže spravljenog 5%-tnog rastvora bakar(II)-sulfata (plavog kamena). Tome dodajte 2 cm³ 10%-tnog rastvora natrijum-hidroksida i 1 cm³ 10%-tnog rastvora glukoze. Promešajte rastvor i zagrevajte epruvetu.

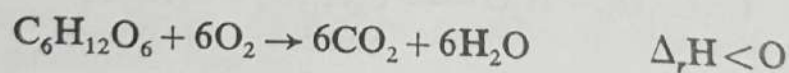
Nakon izvesnog vremena izdvaja se crveni talog bakar(I)-oksida, Cu₂O. Prema tome, glukoza se zbog prisustva aldehidne grupe ponaša kao redukciono sredstvo. Istovremeno kad se jon bakra iz molekula bakar-sulfata redukovao za jednu jedinicu, aldehidna grupa se oksidovala i od glukoze je nastala odgovarajuća karboksilna kiselina.

Strukturna formula glukoze može da se predstavi na sledeći način:



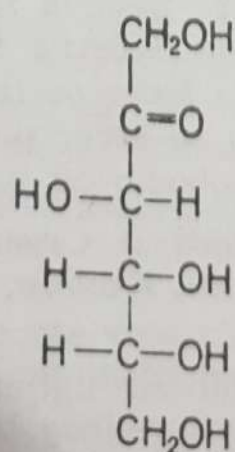
Novija istraživanja su pokazala da glukoza može da ima i cikličnu strukturu i da je ta struktura stabilnija od aciklične.

Uloga glukoze u živim ćelijama je da u procesu oksidacije oslobađa energiju neophodnu za život:



Fruktoza ima istu molekulsku formulu kao i glukoza (C₆H₁₂O₆) i zajedno s njom nalazi se slobodna u voću, među i drugim prirodnim sokovima. Za razliku od glukoze, fruktoza ima u molekulu jednu keto funkcionalnu grupu i pripada grupi ketoheksoza:

Primer 23.



Razlike u strukturi molekula glukoze i fruktoze najbolje se mogu videti iz njihovih strukturnih formula.

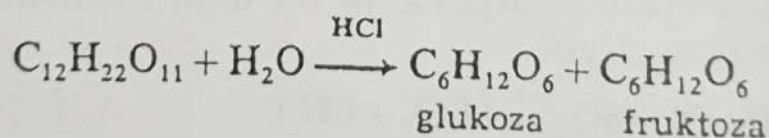
Strukturna formula fruktoze, kao i glukoze, može se prikazati na više načina.

Pentoze su monosaharidi s pet atoma ugljenika i pet atoma kiseonika u molekulu. Opšta formula im je $C_5H_{10}O_5$ i mogu se razlikovati zavisno od toga da li pripadaju grupi *aldopentoza* ili *ketopentoza*. Od važnijih pentoza treba pomenuti *ribozu* i *deoksiribozu* (ima jedan atom kiseonika manje), koje su veoma rasprostranjene u živim organizmima i učestvuju u izgradnji *nukleinskih kiselina*, koje su nosioci naslednih osobina.

Disaharidi. — Disaharidi ($C_{12}H_{22}O_{11}$) su ugljeni hidrati čiji se molekuli mogu razložiti na dva molekula monosaharida.

Saharoza je najvažniji disaharid (običan tršćani šećer, ili šećer iz šećerne repe). Osim u šećernoj trsci i šećernoj repi, iz kojih se industrijski dobija, saharoza se nalazi i u sokovima mnogih drugih biljaka, naravno, u mnogo manjoj količini (mrkve, breze, javora i sl.). To je bela kristalna supstanca, molekulске formule $C_{12}H_{22}O_{11}$, čija je temperatura topljenja oko $160^{\circ}C$. Molekulska formula pokazuje da se pri povezivanju jednog molekula glukoze i jednog molekula fruktoze izdvaja jedan molekul vode.

Ako ponovimo ogled 7.10, ali tako da umesto rastvora glukoze dodamo saharozu, neće doći do stvaranja crvenog taloga bakar(I)-oksida, drugim rečima, neće doći do redukcije jer saharoza ne poseduje slobodnu aldehydnu grupu. Ako međutim rastvor saharoze prethodno prokuvamo s hlorovodoničnom kiselinom, možemo izvršiti redukciju bakar(II)-sulfata jer se saharoza razložila na monosaharide:



Smesa glukoze i fruktoze, koja nastaje hidrolizom saharoze, naziva se *invertni šećer*, a sam proces razlaganja — *inverzija*. Pri industrijskoj proizvodnji šećera vodi se računa o tome da ne dođe do inverzije, jer invertni šećer teško kristališe.

Industrijsko dobijanje šećera zasniva se na procesu ekstrakcije šećera toplom vodom iz izgnječene šećerne trske ili iz rezanaca šećerne repe. Iz tako dobijenog rastvora šećer se izdvaja kristalizacijom. Potom se pristupa *rafinaciji*, pri čemu se šećer ponovo rastvara u vodi i cedi kroz koštani ugajl da bi se oslobodio od primesa.

Kod nas se šećer proizvodi u Crvenki, Beogradu, Zrenjaninu, Vrbasu, Sremskoj Mitrovici, Senti, Kovinu, Peći i drugim mestima.

Polisaharidi. — Polisaharidi su ugljeni hidrati čiji su molekuli nastali međusobnim povezivanjem velikog broja molekula monosaharida uz izdvajanje vode. Njihova opšta formula je $(C_6H_{10}O_5)_n$, gde n označava broj molekula monosaharida.

Najpoznatiji polisaharidi su skrob i celuloza.

Skrob. — Skrob se nalazi u obliku sitnih, mikroskopskih zrnaca u semenu žitarica, krtolama krompira, podzemnim rizomima mnogih biljaka. Ranije smo rekli da se u procesu fotosinteze gradi glukoza u zelenim listovima biljaka, koja tokom noći odlazi u tkiva za magaciranje hrane (putujući skrob), pri čemu se iz molekula glukoze sintetizuje skrob, koji nema redukcionu osobinu ali se pod dejstvom kiselina ili fermenta može hidrolizovati i razložiti na glukozu. Nepotpunom hidrolizom skroba nastaje maltoza. Skrob se može dokazati pomoću joda.

Skrob se upotrebljava u različite svrhe, prvenstveno u ishrani. Od brašna bogatog skrobom spravlja se hleb i peciva. Skrob se upotrebljava i za dobijanje glukoze, knjigovezačkog lepka, za proizvodnju alkohola itd.

Hrana koju čovek upotrebljava mora, pre svega, biti zdrava, a zatim kvalitetna i raznovrsna. Osnovni hranljivi sastojci hrane su belančevine, ugljeni hidrati i masti. Ove tri grupe jedinjenja učestvuju u izgradnji citoplazme i organela svih ćelija, odnosno u izgradnji svih tkiva i organa. Dobra hrana mora sadržati i mnoge druge supstance kao što su mineralne materije, vitamini itd.

Tabela 7.7.

Energetska vrednost hranljivih materija

Masti	38,9 kJ	(9,3 kcal)
Ugljeni hidrati	17,2 kJ	(4,1 kcal)
Belančevine	17,2 kJ	(4,1 kcal)

O mastima, uljima i ugljenim hidratima učili ste i u VIII razredu osnovne škole. Obnovite gradivo i napišite o njihovom značaju za pravilnu ishranu.

Celuloza. — Celuloza je polisaharid koji je, kao i skrob, sagrađen od velikog broja molekula glukoze, daleko većeg nego skrob. Zbog toga celuloza ima istu molekulsku formulu $(C_6H_{10}O_5)_n$, samo u ovom slučaju n ima mnogo veću vrednost. Celuloza je najrasprostranjeniji ugljeni hidrat u prirodi. Prvenstveno se nalazi u ćelijskim opnama biljaka (dok je u opnama ćelija životinja i čoveka nema). Lanena, pamučna i konopljana vlakna izgrađena su skoro od čiste celuloze. Od ovih biljaka ljudi su od davnina proizvodili tekstilne tkanine.

Čista celuloza je bela, amorfna supstanca, otporna prema mnogim rastvaračima. Dobro se rastvara u amonijačnom rastvoru bakar(II)-hidroksida.

U industriji se celuloza može dobiti iz slame, drveta, trske itd. kuvanjem s kalcijum-bisulfitom ili natrijum-hidroksidom.

Prirodna vlakna upotrebljavali su još stari narodi pre nekoliko hiljada godina. Ručna izrada pređe i tkanina razvijala se i usavršavala zajedno sa pripitomljavanjem životinja od kojih su dobijane neophodne sirovine.

Među najznačajnijim prirodnim vlaknima koja se i danas koriste spadaju svakako vuna, pamuk i svila. Vuna i svila su belančevinaste (proteinske) prirode, dok pamuk predstavlja skoro potpuno čistu celulozu. Osim ovih vlakana, od davnina se koriste i vlakna koja predstavljaju celulozni sloj like na stabljikama nekih biljaka (lan, konoplja, juta itd.).

Pamuk se i danas najviše upotrebljava u proizvodnji tkanina sa udelom 50—60% u svetskim okvirima. Dobija se i od vlakana kojima je obavijeno seme biljke pamučike. Vlakna se odvajaju specijalnim mašinama i sortiraju u klase prema precizno utvrđenim standardima za finoću, boju, zrelost, dužinu vlakana i sl. Po hemijskom sastavu pamuk predstavlja jedan od oblika celuloze sa dosta čvrstom mnogostranom vlaknastom strukturom. Dužina vlakana iznosi 12,5—50 mm. Duža vlakna se koriste za izradu pamučnih tkanina, a kraća za proizvodnju celuloze. I pored toga što su pamučna vlakna prilično otporna na hemijsko delovanje, ipak im se i hemijskim putem mogu poboljšati svojstva. Različitim hemijskim sredstvima moguće je postići i otpornost prema gužvanju. Pamučne tkanine dobro podnose toplotu, sredstva za pranje i druge uticaje.

Rejon ili veštačka svila je najznačajnije prirodno regenerisano vlakno. Dobija se od celuloze koja se opet dobija iz pulpe spravljene od isitnjenih drva. Celuloza se najpre razgradi sa natrijum-hidroksidom, a zatim se ostavi da reaguje sa ugljenik (IV)-sulfidom.

U toku dalje obrade nastaje viskoza. Kad se rastvor viskoze pod pritiskom propušta kroz uzane pore u kiselu sredinu, nastaje rejon. On se na hladno izvlači i upotrebljava kao vlakno. Rejon ima ograničenu upotrebu kao tkanina za odevne predmete. Služi za proizvodnju užadi i za automobilske gume.

Celuloza se proizvodi u Loznici, Beranima, Sremskoj Mitrovici i drugim mestima. Upotrebljava se za dobijanje raznih vrsta hartije, veštačke svile, eksploziva i plastičnih masa.

PITANJA I ZADACI:

1. Koje su razlike između aldoza i ketoza?
 2. Zbog čega glukoza ima osobine redukcionog sredstva?
 3. Pri proizvodnji šećera organske kiseline neutralizuju se krečnim mlekom, čiji se višak potom ukloni uvođenjem ugljenik (IV)-oksida. Napišite jednačinu reakcije i objasnite postupak odvajanja taloga.
 4. Napišite opštu formulu heksoza, pentoza i polisaharida.
 5. Kako se dokazuje skrob?
 6. Nepotpunom hidrolizom skroba nastaje:
a) saharoza b) maltoza c) galaktoza.
- Označite tačan odgovor.