

# Ogljikovi hidrati - monosaharidi



V tem poglavju se boste naučili (ponovili)

- kaj so osnovne lastnosti ogljikovih hidratov,
- kaj so monosaharidi,
- katere so dokazne reakcije za monosaharide.



## Enostavni ogljikovi hidrati – monosaharidi

Ogljikovi hidrati so pomembne organske spojine za življenje na Zemlji. Predvidevajo, da je več kot polovica vseh atomov ogljika na Zemlji vezanega v molekulah ogljikovih hidratov.

Že leta 1840 so znanstveniki ugotovili, da je možno sestavo teh spojin predstaviti tako, kot da bi bile sestavljene iz ogljika in vode. Zato jih je leta 1844 Carl Schmidt poimenoval ogljikovi hidrati. Nekateri, predvsem enostavni ogljikovi hidrati imajo sladek okus, zato jim pravimo lahko tudi sladkorji.

Enostavni ogljikovi hidrati nastanejo v procesu fotosinteze v rastlinah, ki vsebujejo fotosintetska barvila, kot je recimo klorofil, iz ogljikovega dioksida in vode s pomočjo sončne svetlobe. Prvi ogljikov hidrat, ki pri fotosintezi nastane, je fruktoza, ki se nato spremeni v glukozo. Glukoza se nato pretvori v procesu celičnega dihanja v energijsko bogato snov, ki daje energijo celicam rastlin, v škrob, ki je zaloga hrane v gomoljih, koreninah ali semenih in v celulozo, ki služi v celičnih stenah rastlin kot opora. Ogljikovi hidrati se lahko spremenijo tudi v druge organske biomakromolekule, kot so beljakovine, lipidi in nukleinske kisline.

Za razliko od rastlinskega telesa, telesa živali in tudi človeka vsebujejo malo ogljikovih hidratov, le okoli 1 % mase telesa.

Ljudje ne uporabljamo ogljikovih hidratov le za hrano (običajno sestavlja obrok od 60 do 65 % ogljikovih hidratov), ampak tudi za oblačila (celuloza v bombažu), gradnjo bivališč, gretje, papir (celuloza iz lesa).



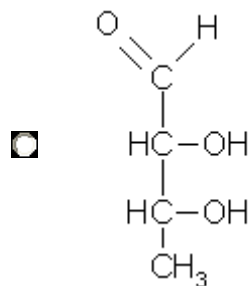
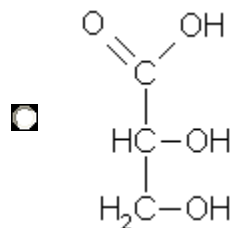
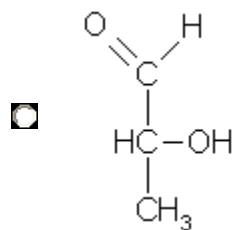
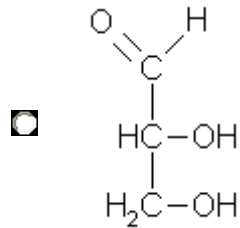
Vse slike (vir: Wikipedia).



## Izberite pravilen odgovor

Ogljikovi hidrati so sestavljeni iz ogljika, kisika in vodika. Najenostavnejši ogljikov hidrat je 2,3-dihidroksipropanal ali glicerolaldehid.

Katera formula predstavlja najenostavnejši ogljikov hidrat, 2,3-dihidroksipropanal?



## Glukoza

Najpomembnejši ogljikov hidrat z vidika prehrane organizmov je **glukoza** ali grozdni sladkor. Glukoza se nahaja v organizmih v krvi, prenaša se iz prebavil v vse celice telesa in se porablja pri celičnem dihanju pri pridobivanju energijsko bogate snovi, adenzin trifosfata (ATP). V krvi je glukoze od 80 do 100 mg/100 mL krvi. Ker se glukoza nahaja v krvi, jo dodajajo bolnikom med infuzijo direktno v kri, kadar ne morejo jesti.

Pri sladkorni bolezni (diabetes) glukoza ob pomanjkanju hormona inzulina, ki ga izloča v kri trebušna slinavka, ne more vstopati v celice, zato se njena koncentracija v krvi povečuje. Izločati se prične skozi ledvice v urin, s tem se izloča tudi veliko vode. Pride do dehidracije in drugih, lahko življenjsko ogrožajočih težav. Nastanek diabetesa preprečujemo z zdravim načinom življenja, najhujše oblike pa zdravijo z injkcijami inzulina.

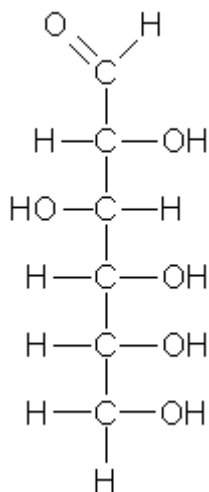
Glukoza je tudi gradbeni element drugih sladkorjev, ni pa tako sladkega okusa kot kuhinjski sladkor.

Glukoza ima molekulska formulo  $C_6H_{12}O_6$ . Ta formula kaže, da so molekule že najenostavnejših ogljikovih hidratov lahko dokaj velike.



## Odgovorite na vprašanja

Oglejte si Fisherjevo projekcijo strukturne formule aciklične oblike glukoze in odgovorite na vprašanja.



Koliko atomov različnih elementov gradi molekulo najpomembnejšega monosaharida?

Kako imenujemo s skupnim imenom, glede na funkcionalne skupine, tovrstne monosaharide?

## Oglejte si film in poiščite pravilne odgovore

S pomočjo filma, ki prikazuje reakcijo med ogljikovim hidratom in koncentrirano žveplovo kislino, odgovori na vprašanje.

Na namizni sladkor smo dali nekaj koncentrirane žveplove(VI) kisline. Kaj lahko sklepaš iz opažanj pri poskusu, ki ga prikazuje film?

- Pri poskusu zaradi eksotermne reakcije izhaja iz čaše vodna para, ki kondenzira v vodne kapljice, ki jih opazimo kot megla, kar dokazuje, da so ogljikovi hidrati sestavljeni iz vodika in kisika.
- Pri poskusu nastaja oglje, ki je ogljik, saj so ogljikovi hidrati tudi spojine ogljika.
- Pri poskusu opazimo nastanek ogljikovega dioksida, saj so ogljikov hidrati sestavljeni iz ogljika in kisika.
- Pri poskusu nastane žveplo.

Iz grščine izhaja beseda *hydros*, kar pomeni voda. Sladkorji vsebujejo vodik in kisik v razmerju 2 : 1, torej v enakem razmerju kot voda. Zaradi atomov vodika in kisika vezanih v molekuli so sladkorji dobili ime ogljikovi **HIDRATI**.

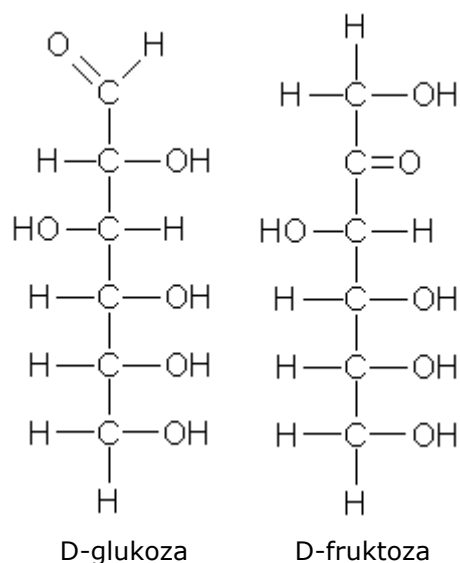
Zaradi atomov ogljika vezanih v molekuli sladkorjev so dobili ime **OGLJIKOVI** hidrati.



## Fruktoza

Drug pomemben monosaharid je **fruktoza** ali sadni sladkor. Med vsebuje veliko (40 %) fruktoze. Ker je fruktoza kar za skoraj 100 % slajša od glukoze in za 73 % slajša od kuhinjskega sladkorja, ima med zelo sladek okus.

Molekulska formula fruktoze je ista kot glukoze. Aciklični obliki D-glukoze in D-fruktoze v Fisherjevi projekciji pa pokažeta razlike med njima.



## Dopolnite

D-glukoza je polihidroksialdoza, D-fruktoza pa polihidroksiketoza. Dopolnite spodnje besedili

V strukturi formuli D- glukoze lahko opazite dve vrsti funkcionalnih skupin, (-OH)

in  skupino, v strukturi formuli D- fruktoze pa  in (-CO-)  
 ali ka  (nadaljuj začetno besedo) skupino.



## Izberite pravilne odgovore

Katere funkcionalne skupine imajo monosaharidi?

- Karbonilno ali ketonsko.
- Karboksilno.
- Hidroksilno.
- Estrsko.



## Monosaharida v DNA in RNA

Glukoza in fruktoza sodita v skupino heksoz, ker imata  ogljikovih atomov. V naravi so pomembni tudi ogljikovi hidrati s petimi ogljikovimi atomi, kot sta recimo riboza in deoksiriboza, ki gradita nukleinske kisline (DNA in RNA). Ta dva monosaharida sodita med

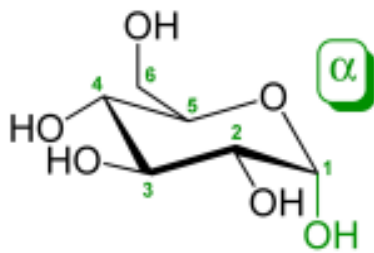


## Ciklična oblika molekul monosaharidov

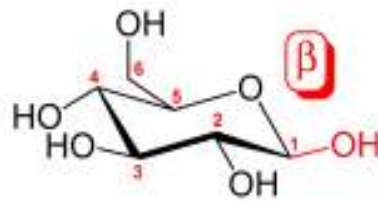
V naravi so molekule monosaharidov predvsem v ciklični obliki. Ciklična oblika nastane tako, kot kaže animacija.

Pri reakciji karbonilne in ene hidroksilne skupine znotraj iste aciklične molekule monosaharida nastane ciklična oblika monosaharida.

Niti s Fisherjevo linearno formulo (aciklična oblika) ne s Haworthovo ciklično projekcijo pa ne prikažemo dejanske oblike glukoze. Najugodnejše energijsko stanje šestčlenskega obroča je konformacija »stola«. Zapisa, ki najbolje prikazujeta strukturo molekule glukoze, si oglejmo spodaj:



$\alpha$ -D-glukopiranoza



$\beta$ -D-glukopiranoza



Odgovorite na vprašanje

Kateri ogljikov atom, na katerega je vezana hidroksilna skupina v molekuli glukoze oz. fruktoze, sodeluje pri reakciji nastanka ciklične oblike molekule monosaharida?

(zapiši številko)



Lastnosti monosaharidov

Monosaharidi so brezbarvne trdne snovi. Zgrajeni so iz kristalov, v kristalih pa so molekule monosaharidov. Monosaharidi so dobro topni v vodi, v organskih nepolarnih topilih pa niso topni. Dopolnite povedi.

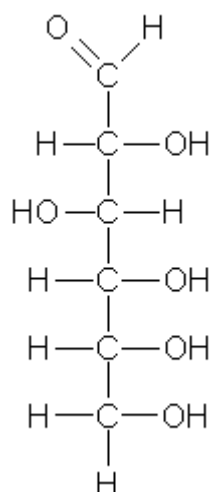
Glukoza se v vodi  raztaplja, v heksanu pa se  . 1-heksanol se v vodi slabo raztaplja, v heksanu pa dobro. Kaj lahko sklepaš iz tega? Molekule glukoze imajo več  funkcionalnih skupin, saj so boljše topne v polarnem topilu - vodi kot v  topilu - heksanu. Polarne skupine v molekuli glukoze so



### Ovrednotite trditve

Z monosaharidi potekajo reakcije, ki so značilne za alkohole, aldehide in ketone.

Ovrednotite trditve, pri tem pa si pomagajte s strukturno formulo glukoze



Glukoza lahko reagira z alkoholom tako, da nastane eter.

Pravilno  Nepravilno

Z glukozo poteče reakcija bromiranja.

Pravilno  Nepravilno

V molekuli glukoze poteče oksidacija primarne hidroksilne skupine.

Pravilno  Nepravilno

Z glukozo potečejo reakcije značilne za karboksilne kisline.

Pravilno  Nepravilno

V molekuli glukoze poteče oksidacija aldehydne skupine.

Pravilno  Nepravilno



## Dokazi monosaharidov

Reagenti, ki se uporabljajo pri dokaznih reakcijah na monosaharide, so bazični. To povzroči, da se ciklične molekule monosaharidov razklenijo (primerjaj animacijo nastanka ciklične oblike glukoze) in nastanejo aldehydne funkcionalne skupine, ki reagirajo z kovinskimi ioni v raztopinah reagentov. Pri tem se aldehydna skupina oksidira do karboksilne skupine.

Najznačilnejša reagenta za dokaz monosaharidov sta Fehlingov in Tollensov. Oba reagenta sta odkrila nemška kemika Hermann von Fehling (1812-1885) in Bernhard Tollens (1841-1918).

Pri reakciji monosaharida s Fehlingovim reagentom, ki vsebuje bakrove ione ( $\text{Cu}^{2+}$ ), nastane rjavo rdeča oborina bakrovega(I) oksida ali bakra ( $\text{Cu}_2\text{O}$  ali  $\text{Cu}$ ) pri reakciji s Tollensovim reagentom, ki vsebuje srebrove ione ( $\text{Ag}^+$ ), pa nastane na stenah epruvete srebro ( $\text{Ag}$ ).



## Izberite pravilen odgovor

S Fehlingovim reagentom določamo tako aldoze kot ketoze. Zakaj meniš je tako, glede na to, da je Fehlingov reagent, reagent za aldehyde?

- Zato, ker so ketoze zmesi v katerih se v sledovih nahajajo tudi aldoze.
- Zato, ker bazični medij Fehlingovega reagenta lahko spremeni ketonsko skupino v monosaharidu v aldehydno skupino.
- Zato, ker vsebujejo molekule aldoz tudi ketonsko skupino.
- Zato, ker imajo tako aldoze kot ketoze šest ogljikovih atomov.

## V tem poglavju se boste naučili (ponovili)


- kakšna je zgradba in lastnosti oligosaharidov,
- kakšna je zgradba in lastnosti polisaharidov,
- kakšen je pomen oligosaharidov in polisaharidov za organizme.





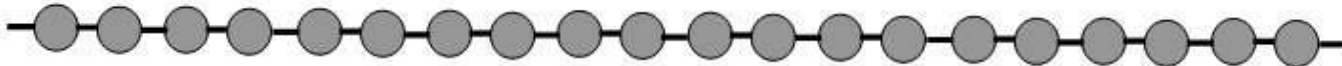
## Sestavljeni ogljikovi hidrati

Sestavljene ogljikove hidrate delimo glede na število enot monosaharidov na oligosaharide (*gr. oligos* – malo, majhno) in polisaharide (*gr. poli* – mnogo, veliko). Če si predstavljamo, da predstavlja monosaharid eno enoto in če se molekule monosaharidov povezujejo med seboj, dobimo oligosaharide in polisaharide.

 Monosaharid, ena enota



Oligosaharidi, od dve do deset monosaharidnih enot



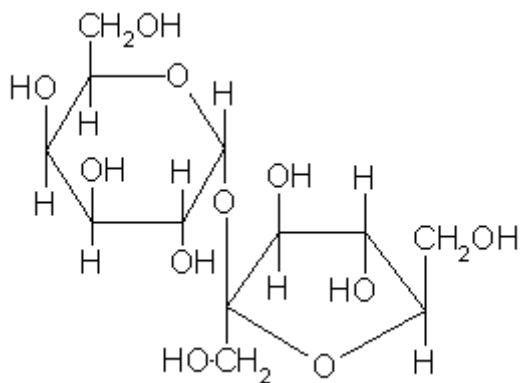
Polisaharidi, več kot deset monosaharidnih enot

Monosaharidne enote se povezujejo preko anomernih (kiralni center na prvem ogljikovem atomu ciklične oblike monosaharida) hidroksilnih skupin v oligo- in polisaharide. Tako nastanejo acetali ali ketali, ki so etri, vez med posameznimi monosaharidnimi enotami pa je etrska ali acetalna vez. Acetale ogljikovih hidratov pa imenujemo tudi glikozidi, zato etrsko vez med monosaharidnimi enotami imenujemo tudi glikozidna vez.

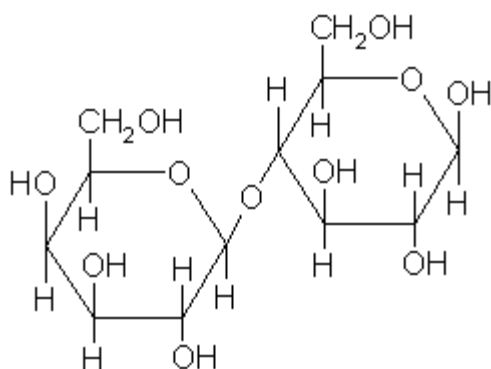


## Oligosaharidi

Oligosaharidi so sestavljeni iz najmanj dveh do največ desetih monosaharidnih enot. Oligosaharide, ki so sestavljeni iz več kot dveh monosaharidnih enot, redko najdemo v naravi. Najpogosteje v naravi najdemo dva oligosaharida (saharoza in laktoza) sestavljena iz dveh monosaharidnih enot. Takim oligosaharidom pravimo disaharidi.



Haworthova projekcija saharoze



Haworthova projekcija laktoze



### Izberite pravilen odgovor

Na osnovi zgornjih strukturnih formul laktoze in saharoze izberite njuno pravilno molekulsko formulo.

- $C_{12}H_{24}O_{12}$ .
- $C_{12}H_{20}O_{10}$ .
- $C_{11}H_{24}O_{12}$ .
- $C_{12}H_{22}O_{11}$ .



### Saharoza

Saharoza je kuhinjski ali namizni sladkor s katerim običajno sladkamo hrano. Je verjetno najširše prodajana čista organska snov na Zemlji. Imenujemo ga tudi trsni ali pesni sladkor, saj ga pridobivajo iz podzemnega dela rastline sladkorne pese ali stebel sladkornega trsa.

Sladkorno peso ali trs zmeljejo in iztisnejo sok. Sok sladkorne pese vsebuje od 10 do 17 % saharoze, sok sladkornega trsa pa od 15 do 20 %. Saharozo pridobijo iz soka z izparevanjem vode in prekristalizacijo. Nahaja se v obliki kristalov, kristale pa sestavljajo molekule saharoze. Saharozna je dobro topna v vodi.



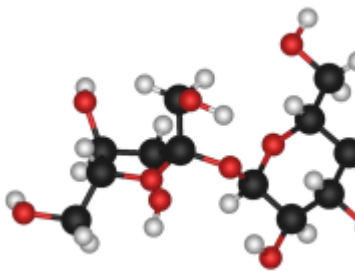
Sladkorna pesa (vir: Wikipedia)      Sladkorni trs (vir: Wikipedia)



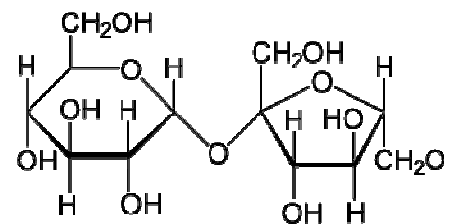
### Nastanek saharoze iz dveh enot monosaharidov



Kristali saharoze.



Model molekule saharoze.



Haworthova formula saharoze.

Vse slike, Vir: Wikipedia

Dve animaciji prikazujeta nastanek saharoze. Natančno si ju ogledaj, da boš lažje reševal spodnje naloge.



## Dopolnite

Molekula saharoze je sestavljena iz dveh molekul monosaharida, glukoze in fruktoze, ki ju povezuje  $\alpha, \beta$ -1,2-glikozidna vez. Ta vez nastane med C1 atomom D-glukoze in C2 atomom D-fruktoze. Glukoza se nahaja v piranozni, fruktoza pa furanozni obliki (glej zgornjo formulo). Primerjaj število atomov posameznih elementov v obeh monosaharidih in v nastali saharozi. Pomagaj si z molekulskimi formulami, ki si jih že spoznal. Kaj ugotoviš?

V molekuli saharoze sta  atoma  in atom  manj kot v molekulah glukoze in fruktoze skupaj.

Kaj lahko predvidevaš? Kateri stranski produkt je nastal pri reakciji nastanka saharoze?



## Laktoza

Za razliko od drugih ogljikovih hidratov, ki nastajajo predvsem v rastlinah, tvorijo laktozo le živali. Laktoza je sladkor v mleku sesalcev. Človeško mleko vsebuje od 5 do 8 % laktoze, kravje pa nekoliko manj, od 4 do 6 %. Laktoza je za okoli 5/6 manj sladka kot saharoza. Laktozo sestavljata glukozna in galaktozna monosaharidna enota, povezani pa sta z  $\beta$ -1,4-glikozidno vezjo, cepi pa jo encim laktaza.

Z laktozo sta povezani dve bolezni ljudi, laktozna preobčutljivost in galaktozemija.



## Dodatne informacije

S klikom na spodnji gumb boš dobil dodatne informacije o zgoraj omenjenih boleznih.

LAKTOZNA PREOBČUTLJIVOST

Okoli 70 % odrasle svetovne populacije in nekateri otroci nimajo encima laktaze, ki katalizira razgradnjo molekul laktoze, ali pa jo celice ozkega črevesa izločajo zelo malo, kar povzroča določeno stopnjo laktozne intolerance (preobčutljivost na laktozo), saj laktoza ne hidrolizira. Laktoza tako preide v široko črevo, kjer posredno in neposredno povzroča napihnjenost trebuha, drisko in krče. Predelano mleko v mlečnih izdelkih (jogurti, skuta, sir ...) ne vsebuje tako veliko laktoze, ker se je delno razgradila, tako da jih lahko brez večjih težav uživajo tudi ljudje z blažjimi oblikami preobčutljivosti na laktozo.

## GALAKTOZEMIJA

Nevarnejša pa je genetsko pogojena bolezen, imenovana galaktozemija. Ljudem s to boleznijo primanjkuje encima, ki spremeni galaktozo v glukozo. Povečana koncentracija galaktoze v krvi povzroča driske, izgubo apetita, zaostanek v rasti in razvoju, okvare jeter z zlatenico, umsko zaostalost in lahko tudi smrt. Dojenčkov z dokazano galaktozemijo ne smejo hraniti z nobeno hrano, ki vsebuje galaktozo, tako ne smejo piti mleka. Ko otrok odrašča, pridobi druge poti presnove galaktoze in tako lahko uživa tudi mleko in mlečne izdelke. Galaktozemijo odkrijejo pri enem dojenčku na 65.000 rojstev.



## Hidroliza oligosaharidov

Reakcijo nastanka disaharidov imenujemo **kondenzacija**, obratno reakcijo razgradnje disaharidov pa **hidroliza**. V prebavilih živali poteka hidroliza s pomočjo encimov, v laboratoriju pa s pomočjo kislin in segrevanja.



## Odgovorite

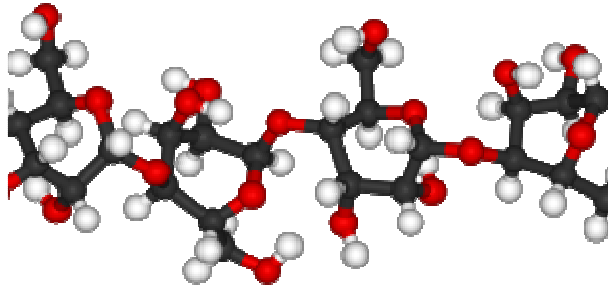
Opazuj spremembe pri poskusu na filmu. Zakaj je nastala, po dodatku Fehlingovega reagenta, rjava oborina v epruveti 1, v katero smo dodali klorovodikovo kislino?

- Saharoza je hidrolizirala, nastala monosaharida pa povzročita pozitivno Fehlingovo reakcijo.
- Saharoza je kondenzirala, tako da je nastala oborina bakrovega oksida.
- Fruktosa in glukosa sta pri kemijski reakciji s Fehlingovim reagentom tvorili saharozo.
- Pri reakciji hidrolize je eden od reaktantov voda.



## Polisaharid celuloza

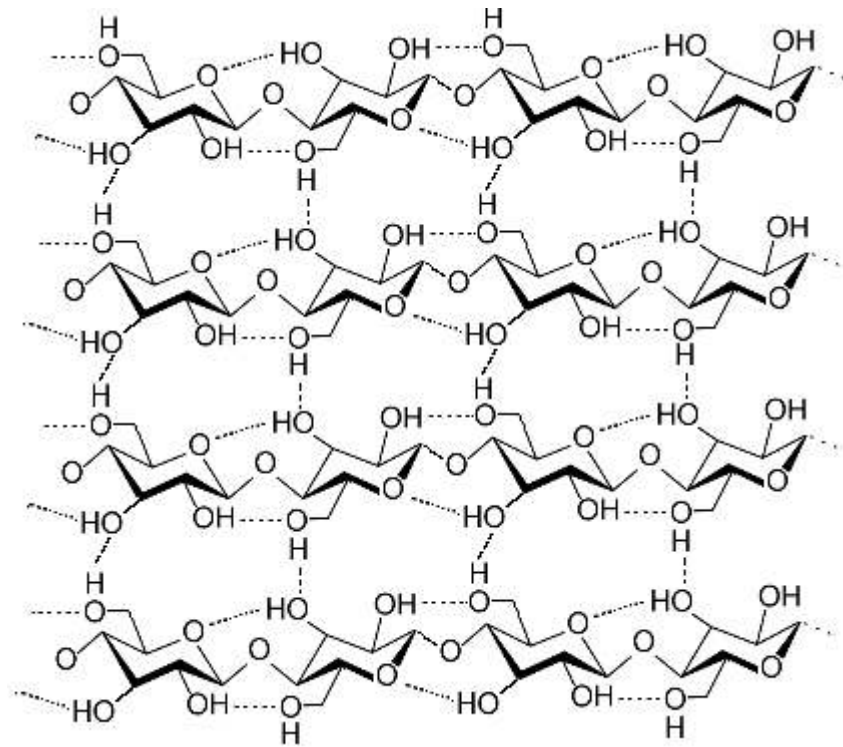
Celuloza je najpogostejša snov na Zemlji. Rastline jo izdelajo kar okoli 10 milijard ton na dan. Vlakna semen bombaževca, iz katerih izdelujejo vato in filtrni papir, so skoraj čista celuloza. Okoli polovica mase lesa je celuloza, drugo polovico sestavljajo druge snovi. Poleg celuloze, ki omogoča rastlinam oporo, saj je glavna sestavina celičnih sten rastlinske celice, izdelujejo rastline tudi škrob. Največ celuloze porabimo za izdelavo papirja, ki vsebuje okoli 15 % celuloze.



3D model dela makromolekule celuloze (Vir:

Wikipedia)

Tudi celulozo sestavljajo glukozne enote, vendar so med seboj povezane z  $\beta$ -1,4-glikozidnimi vezmi, zato so molekule celuloze linearne. Od 1200 do 1400 molekul celuloze pa se povezuje z vodikovimi vezmi med seboj v vlakna, mikrofibrile. Taka struktura daje celulozi veliko trdnost.



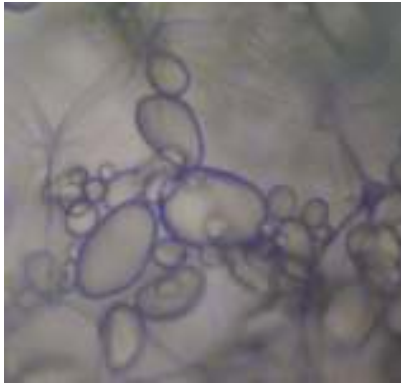
Črtkano so označene vodikove vezi med posameznimi makromolekulami celuloze (vir: Wikipedia).

Za hidrolizo  $\beta$ -1,4-glikozidnih vezi človek v prebavnem traktu nima encimov, zato celuloze ne more izkoriščati kot vir glukoze. Vendar so vseeno ta vlakna pomembna v človeški prehrani, saj omogočajo vezavo vode, mehčanje hrane in olajšajo razgradnjo drugih komponent hrane ter preprečujejo nastanek nekaterih bolezni kot so sladkorna bolezen, rak na črevesju ... Tudi drugi sesalci celuloze ne razgradijo z encimi na glukozne enote. Nekateri rastlinojedci zato potrebujejo praživali in bakterije, ki razgrajujejo celulozo v njihovem prebavnem traktu.



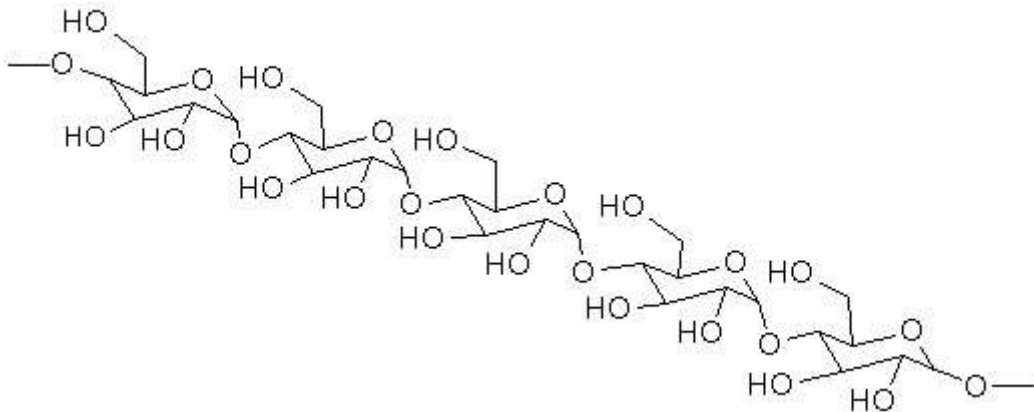
Polisaharida škrob in glikogen

Škrob služi rastlinam kot zaloga hrane (glukoze) v koreninah, semenih, gomoljih, plodovih ... Je tudi eno glavnih hranil za živali in ljudi. Riž vsebuje 75 %, koruza 65 %, pšenica 55 % in krompir le 15 % škroba. Nahaja se v celičnih organelih amiloplastih.

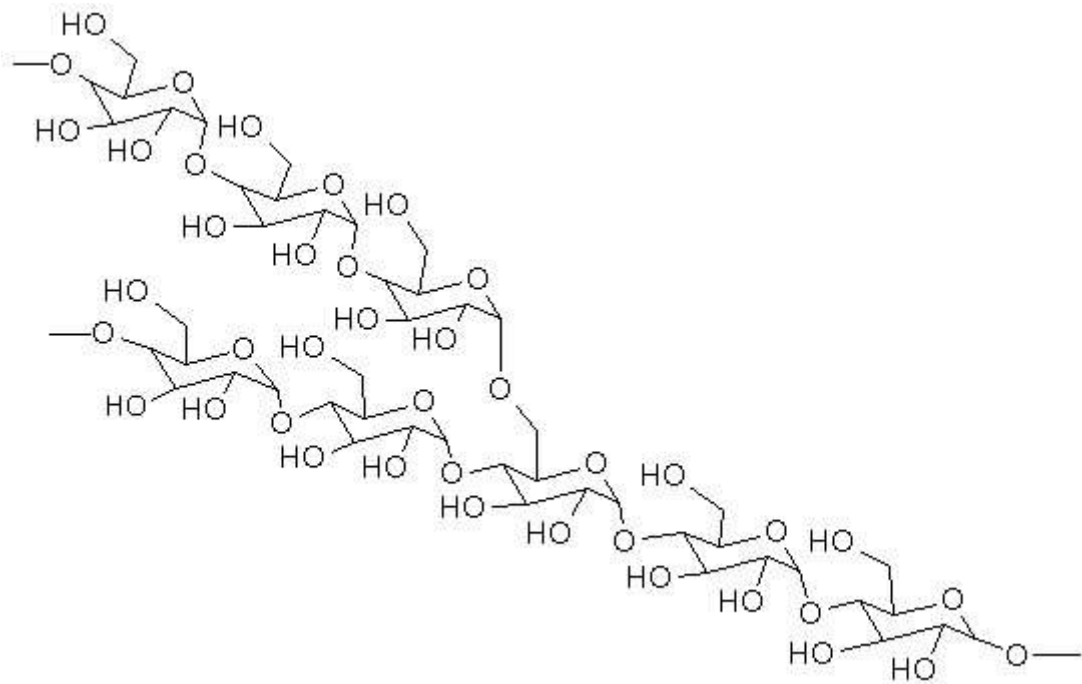


Amiloplasti krompirja s škrobnimi zrnji (vir: Wikipedia).

Živali prav tako nekaj glukoze skladiščijo v mišicah in jetrih v obliki polisaharida glikogena ali živalskega škroba. Škrob sestavljata amiloza in amilopektin. Amiloze je v škrobu od 20 – 25 %, amilopektina pa od 75 – 80 %. Makromolekulo amiloze, ki je nerazvejena, sestavljajo glukozne enote povezane z  $\alpha$ -1,4-glikozidnimi vezmi. Makromolekula amilopektina pa je razvejena, saj so poleg  $\alpha$ -1,4-glikozidnih vezi tudi  $\alpha$ -1,6-glikozidne vezi v molekuli, kar povzroči razvejenost molekule na vsakih 24 do 30 glukoznih enot.



Formula dela makromolekule amiloze



Formula dela makromolekule amilopektina

Makromolekula glikogena je še bolj razvejena kot molekula amilopektina. Skladišči se predvsem v jetnih in mišičnih celicah v obliki zrn.

Za vse omenjene polisaharide lahko zapišemo enako molekulsko formulo  $(C_6H_{10}O_5)_n$ , kjer n pomeni veliko število glukoznih enot.



### Ovrednotite trditve

Ovrednotite ali vsebuje stvar na sliki v večji meri celulozo ali škrob.



Bombaž vsebuje celulozo.

Pravilno  Nepravilno





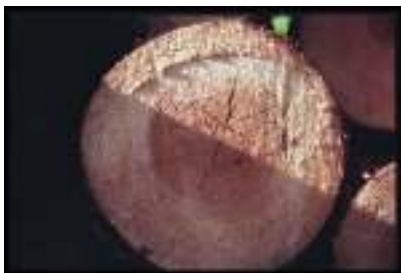
Koruza vsebuje predvsem celulozo.

Pravilno  Nepravilno



Krompir vsebuje predvsem škrob.

Pravilno  Nepravilno



Les vsebuje predvsem celulozo.

Pravilno  Nepravilno



Riž vsebuje le celulozo.

Pravilno  Nepravilno



**Izberite pravilen odgovor**

Celulozo in škrob gradijo enaki gradniki, molekule glukoze. Lastnosti škroba in celuloze pa so popolnoma drugačne. Zakaj mislite, da je tako?

- Ker se molekule glukoze v škrobu in celulozi drugače povezujejo med seboj.
- Ker so molekule glukoze v celulozi večje kot v škrobu.
- Ker so molekule glukoze v škrobu nastale pri procesu fotosinteze, tiste v celulozi pa ne.
- Ker med molekulami glukoze v škrobu ni tako močnih vezi kot v celulozi.



### Dopolnite

S pomočjo formul molekule škroba in celuloze ter opažanj pri poskusu dopolnite povedi.

V molekuli škroba in celuloze so med seboj povezane  enote z  ali  vezjo. Zaradi zgradbe molekul je celuloza v vroči vodi , škrob pa je  topen.



### Izberite pravilen odgovor

Škrob je pomembna snov v prehrani ljudi in živali. V prebavilih se mora razgraditi na manjše molekule, da lahko vstopijo v kri, te pa prenese kri do vseh celic organizma, kjer se porabijo pri pretvorbi v energijsko bogate snovi. Za celulozo to ne velja.

Katera snov, ki se vsrka v kri, nastane v prebavilih s pomočjo encimov iz makromolekul škroba?

- Na molekule saharoze.
- Na molekule vode in ogljikovega dioksida.
- Na molekule glukoze.
- Na molekule različnih oligosaharidov.



### Dopolnite

Oglejte si filma in dopolnite.

Če snov vsebuje škrob se po dodatku jodovice obarva . Vse snovi, ki smo jih uporabili v prvem filmu vsebujejo .

Celuloze ne moremo dokati z , saj se raztopina ne obarva .



### Izberite pravilne odgovore

Pri segrevanju vodne raztopine škroba s klorovodikovo kislino in jodovico pride do razbarvanja raztopine. Zakaj se to zgodi?

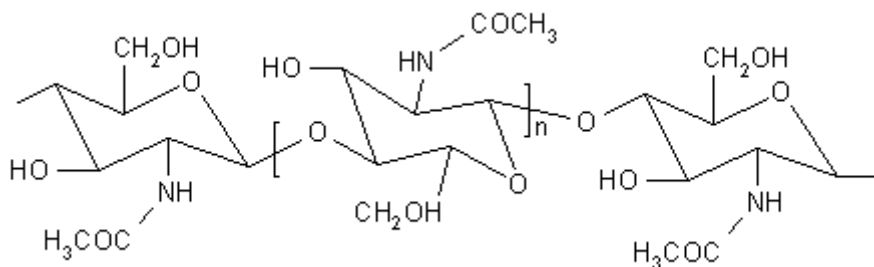
- Pri segrevanju nakisane raztopine škroba nastanejo krajše verige ogljikovih hidratov.
- Pri poskusu nastane celuloza, zato se raztopina razbarva.
- Poteče hidroliza škroba.
- Končni produkt reakcije, ki poteka med segrevanjem, je glukoza.



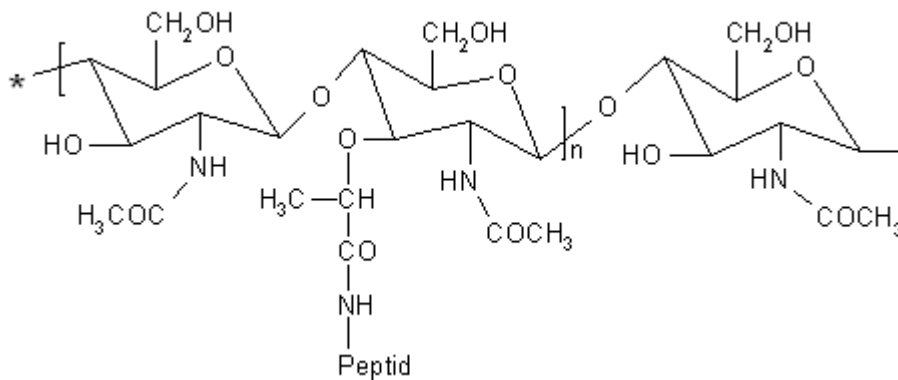
### Nekateri drugi polisaharidi

Poleg polisaharidov, ki imajo v svoje makromolekule vgrajene le glukozne enote poznamo še številne druge polisaharide, ki imajo poleg glukoznih tudi druge enote. To so npr: hitin, murein, heparin, hialuronska kislina, hondroitin sulfat, pektini ...

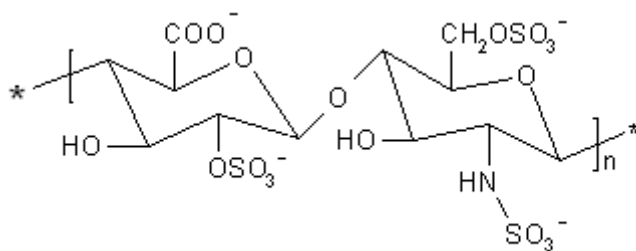
Hitin, ki je N-acetil-D-glukozamin-polisaharid vsebuje acetilirane amino skupine vezane na D-glukozo, tvori ogradje členonožcev in celične stene gliv.



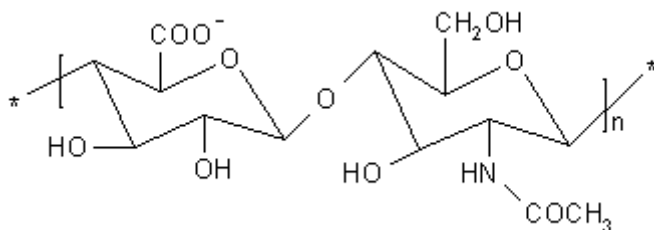
Murein sestavlja celične stene bakterij in ga gradijo enote N-acetil-D-glukozamina in N-acetilmuraminske kisline, na katero je vezana peptidna veriga.



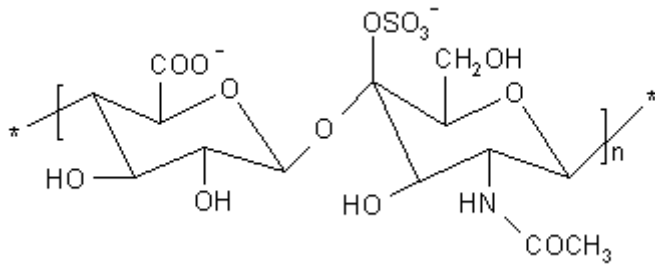
Heparin, ki deluje kot antikoagulant (preprečuje strjevanje krvi), saj deaktivira encim trombin, ki omogoča nastanek strdka. Heparin je heterogen polisaharid, saj se ponavljajoče enote nekoliko razlikujejo med seboj, ponavlja pa se disaharidna enota v njegovi makromolekuli.



Hialuronska kislina se nahaja v vezivnem tkivu živali. Ima vlogo »maziva« v sinovialni tekočini (tekočina v sklepkih), je tudi sestavni del steklovine v očesu. Ponavljajoče se disaharidne enote predstavljata D-glukuronska kislina in N-acetil-D-glukozamin.



Hondroitin sulfat ima podobno zgradbo kot hialuronska kislina, disaharidno enoto sestavljata glukuronska kislina in N-acetil-D-galaktozamin zaestren s sulfatno skupino. Je glavna sestavina hrustanca in ekstracelularne tekočine v tkivih.



## Preverite svoje znanje o polisaharidih

1. Kako imenujemo kemijsko reakcijo nastanka disaharida iz dveh monosaharidov?

- Kondenzacija.
- Hidroliza.
- Estrenje.
- Oksidacija.

2. Kakšna je splošna formula disaharidov?

- $C_6H_{12}O_6$ .
- $C_{12}H_{22}O_{11}$ .
- $(C_{12}H_{21}O_{10})_2$ .
- $(C_6H_{12}O_6)_2$ .

3. Iz katerih dveh monosaharidnih enot je sestavljen namizni ali kuhinjski sladkor, ki ga pridobivajo iz sladkorne pese ali trsa?

- Fruktoze in glukoze.
- Fruktoze in galaktoze.
- Laktoze in glukoze.
- Dveh glukoznih enot.

4. Kako imenujemo vez med dvema molekulama monosaharidov v molekulah disaharidov ali polisaharidih?

- Estrska vez.

- Dvojna kovalentna vez.
- Etrska, glikozidna ali acetalna vez.
- Vodikova vez.

5. S katero snovjo, raztopljeno v vodi, dokažemo škrob v nekem vzorcu hrane?

- S Fehlingovim reagentom.
- Z vodno raztopino joda in kalijevega jodida.
- Z raztopino broma v diklorometanu.
- Z kislno vodno raztopino kalijevega dikromata(VI).

6. Kaj sestavlja škrob?

- Saharoza.
- Amiloza in amilopektin.
- Glikogen.
- Oligosaharidi.

7. Kateri monosaharid nastane pri hidrolizi škroba?

- Saharoza.
- Fruktosa.
- Galaktoza.
- Glukoza.

8. Imenujte heterogen polisaharid, ki preprečuje strjevanje krvi?

- Hialuronska kislina.
- Murein.
- Heparin.
- Hondroitin sulfat.

9. Kako lahko glede na monosaharidne enote še imenujemo hitin?

- D-glukuronska kislina.
- N-acetil-D-glukozamin-polisaharid.

- N-acetil-D-glukozamin.
- N-acetilgalaktozamin sulfat-polisaharid.

Kaj se boste v tem poglavju naučili?

Znali boste razlikovati med monosaharidi, disaharidi ter znali prepoznati monosaharidne enote v

disaharidih. Spoznali boste pomen ogljikovih hidratov za uravnoteženo prehrano.



Kaj so ogljikovi hidrati?  
Od kod ime ogljikovi hidrati?

**Ogljikovi hidrati** so spojine, v katerih so **atomi vodika in kisika** med seboj povezani z **atomi ogljika v razmerju 2: 1** tako kot pri vodi. Od tu tudi izvira ime **ogljikovi hidrati**, saj hydros v grščini pomeni vodo. Večina ogljikovih hidratov ima torej **splošno formulo**  $C_mH_{2n}O_n$ . Kasneje so ugotovili, da ime ne ustreza lastnostim teh spojin, saj ne reagirajo kot hidrati, a se je ime ogljikovi hidrati vseeno ohranilo.



Splošna formula ogljikovih hidratov

**Kakšna je splošna formula za ogljikove hidrate?**

Splošna formula za ogljikove hidrate je



Kje najdemo ogljikove hidrate?

**Kaj so ogljikovi hidrati in kje jih najdemo?**

Med ogljikove hidrate prištevamo **sladkorje, škrob in celulozo**. So najbolj razširjene organske spojine v naravi. Nastajajo pri fotosintezi v zelenih rastlinah. Rastlinam in živalim zagotavljajo oporne snovi in so glavni **vir energije** v organizmu.



Ogljikovi hidrati



## **Našej tri najznačilnejše predstavnike ogljikovih hidratov.**

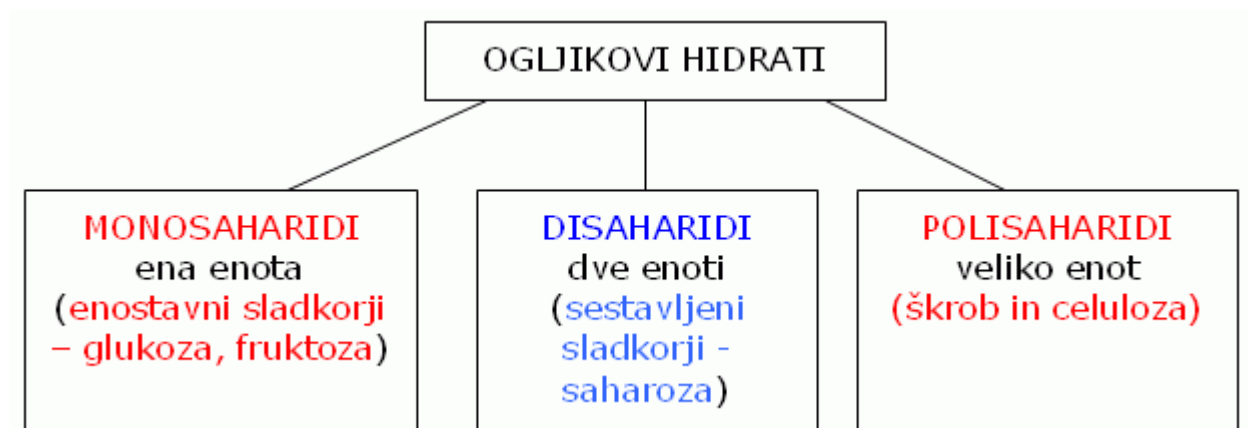
Najznačilnejši predstavniki ogljikovih hidratov so ,  in .



Kako delimo ogljikove hidrate?

### **Delitev ogljikovih hidratov**

Ogljikovi hidrati so sestavljeni iz ene ali več enot. Glede na število enot ogljikove hidrate delimo na monosaharide, disaharide in polisaharide:



Delitev ogljikovih hidratov

### **Kako ločimo ogljikove hidrate glede na število gradbenih enot?**

Ogljikove hidrate delimo na  (ena enota v molekuli),  (dve enoti v molekuli) in  (več enot v molekuli).



Predstavniki monosaharidov in disaharidov

### **Monosaharidi in disaharidi**

**Monosaharidi in disaharidi** imajo v splošni formuli  $C_nH_{2n}O_n$  vrednosti **n od 3 do 12**. Najpomembnejši **monosaharid** je **glukoza**, **disaharid** pa **saharoza (beli sladkor)**, ki je sestavljena iz **dveh monosaharidnih** enot, glukoze in fruktoze.



Ali poznaš monosaharide?

Navedi primer najbolj poznanega monosaharida, ki ima 6 ogljikovih atomov.

Monosaharid z 6 ogljikovimi atomi je glukoza s formulo



Ali poznaš disaharide?

Navedi obe monosaharidni enoti, ki sestavljata disaharid saharozo.

Disaharid saharoza je sestavljena iz dveh monosaharidnih enot, iz  in fruktoze .

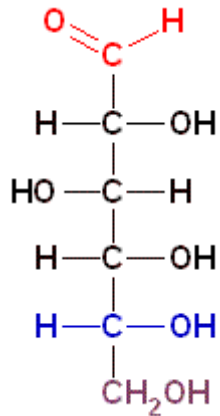


Glukoza

Ali veš, kaj je grozdni sladkor?

**Glukoze** je največ v grozdnem sladkorju, zato jo imenujemo tudi **grozdni sladkor**. Glukozo uvrščamo med **aldoze** zaradi značilne skupine v glukozi, ki jo imenujemo **aldehidna skupina -CHO**.

Oglej si strukturno formulo in model molekule glukoze.



Zgradba glukoze

**Katerih funkcionalnih skupin je v molekuli glukoze največ?**

V molekulah glukoze so  skupine, s formulo –OH.



Zgradba glukoze

**Navedi funkcionalno skupino, značilna za molekulo glukoze.**

Za molekulo glukoze je značilna  skupina, s formulo –CHO.



Ali je v živilu glukoza?

**Kako bi se prepričali, da je v živilu, ki ga bomo zaužili glukoza?**

**Oglejmo si poskus, ki prikazuje, kako lahko dokažemo glukozo z dodatkom Fehlingovega reagenta.**

SKLEP:

**Rdeče obarvanje raztopine preiskovane snovi po dodatku Fehlingovega reagenta je dokaz za prisotnost glukoze v živilu.**

Glukoza se namreč oksidira, zato se modri  $\text{Cu}^{2+}$  ioni v Fehlingovem reagentu reducirajo do rdečih  $\text{Cu}^+$  ionov ali celo do bakra.

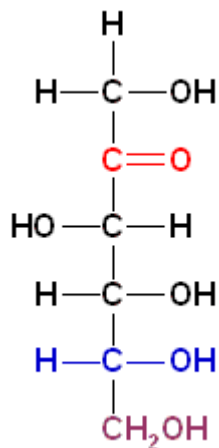


Fruktoza

Ali veš, kaj je sadni sladkor?

Fruktoze je od sladkorjev največ v različnih vrstah sadja, zato ji pravimo tudi **sadni sladkor**. Fruktozo uvrščamo med **ketoze** zaradi značilne skupine v fruktozi, ki jo imenujemo **ketonska skupina**  $-\text{CO}$ .

Oglej si strukturno formulo in model molekule fruktoze.



Zgradba fruktoze

Katerih funkcionalnih skupin je v molekuli fruktoze največ?

V molekulah fruktoze so   s formulo  $-\text{OH}$ .



Zgradba fruktoze

Navedi funkcionalno skupino, značilno za molekulo fruktoze.

Za molekulo **fruktoze** je značilna  skupina s formulo  $-\text{CO}$ .



Ali veš zakaj sladkarije niso koristne?

**Katerih snovi telesu primanjkuje, če uživamo hrano, kot so slaščice, rafiniran sladkor in osvežilne pijače, ki vsebujejo veliko sladkorjev?**

- Mineralov.
- Vitaminov.
- Vlakin.
- Vseh naštetih snovi.



Ali veš, v katerih vrstah hrane je največ monosaharidov in disaharidov?

**Monosaharidi in disaharidi** se največkrat nahajajo v različnih vrstah sadja ali zelenjave, v medu, mleku, mlečnih proizvodih, bonbonih, sladicah, sirupih in osvežilnih pijačah. **Telesu predstavljajo vir energije, ki ga telo lahko zelo hitro uporabi, vendar telesa ne oskrbujejo z vitamini, minerali in vlakninami.**



**Oglejmo si, kako delimo enostavne monosaharide in disaharide glede na število C-atomov (m).**

m	vrsta	splošna formula	primer	vir
3-6	<b>monosaharidi</b>	pentoze: $\text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}_5$ heksoze: $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$	riboza glukoza fruktoza	grozdje (grozdni sladkor) med, sadje
12	<b>disaharidi</b>	$\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$	saharoza laktoza	pesa (pesni sladkor), sladkor ( trsni sladkor)

			maltoza	mleko (mlečni sladkor) sladni sladkor
--	--	--	---------	--

Oglejmo si model molekule saharoze:

Model molekule  
saharoze

## Ogljikovi hidrati - polisaharidi



Kaj se boste v tem poglavju naučili?

Znali boste razlikovati med monosaharidi, disaharidi in polisaharidi ter znali prepoznati monosaharidne enote v disaharidih in polisaharidih. Spoznali boste strukturo najznačilnejših polisaharidov in pomen ogljikovih hidratov za uravnoteženo prehrano.



Kaj so polisaharidi?

### Spoznajmo polisaharide

Polisaharidi so zgrajeni iz **monosaharidnih enot**, ki so med seboj povezane v zelo **dolge verige**. **Polisaharidi** so torej naravni polimeri, kjer so monosaharidne enote povezane med seboj tako, da lahko splošno formulo za polisaharide zapišemo kot  $(C_6 H_{10}O_5)_n$ , vrednosti **n** pa so zelo velike: od  $10^3$  -  $10^4$ .



Kako so zgrajeni polisaharidi?

### Dopolni besedilo.

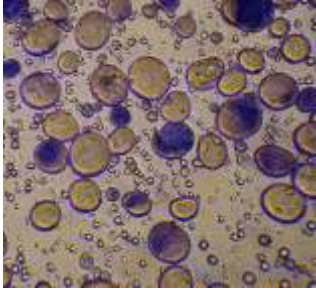
Polisaharidi so zgrajeni iz  enot, ki so med seboj povezane v zelo dolge .



Kje najdemo polisaharide?

### Kaj predstavljajo polisaharidi v rastlinah in živalih?

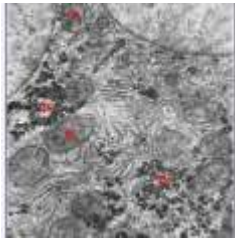
**Polisaharide** najdemo predvsem v **rastlinah**, manj v živalih. Tako v rastlinah kot v živalih imajo polisaharidi **dvojno vlogo**, služijo kot **rezervna snov** in **oporna snov**.



zrnca škroba v celicah pšenice  
vir: Wikipedia



bombaž je skoraj čista celuloza  
vir: Wikipedia



glikogen v celicah jeter  
vir: Wikipedia



hitin v oklepu jastoga

Vir	Rezervni polisaharidi	Oporni polisaharidi
<b>rastline</b>	škrob	celuloza
<b>živali</b>	glikogen	hitin



Kaj predstavljajo polisaharidi v rastlinah in živalih?

**Dopolni besedilo.**

V rastlinah in živalih imajo polisaharidi dvojno vlogo, predstavljajo namreč  snov in oporno snov.



Ogljikovi hidrati v rastlinah

**Kje in katere ogljikove hidrate najdemo v rastlinah?**



vir: Wikipedia

V koruzi je **škrob** (v storžih) in **celuloza** (v listih in stebalu).

## Škrob in celuloza

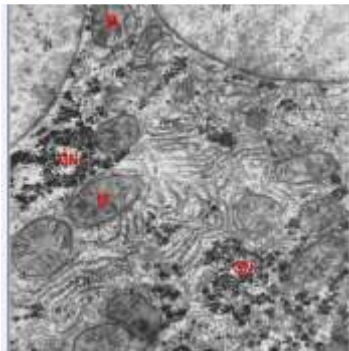
V rastlini, kot je **koruza**, najdemo polisaharide tako v steblih in listih rastline kot tudi v storžih. V steblih in listih rastline nastajajo polisaharidi v obliki **celuloze**, ki rastlini služi kot oporna snov, v storžih pa prevladuje polisaharid **škrob**.

Človeško telo in mesojede živali nimajo encimov za prebavo celuloze, zato celuloze ne moremo prebaviti, saj ne vsebuje ustreznih encimov, ki jih imenujemo celuloze. Celulozo lahko prebavijo rastlinojede živali ob pomoči mikroorganizmov, ki se nahajajo v njihovih prebavilih.



## Ogljikovi hidrati v živalih

**Kje in katere ogljikove hidrate najdemo v živalih?**



Glikogen v celicah jeter  
vir: Wikipedia

## Glikogen

Je rezervni polisaharid živalskega izvora. Nahaja se v vseh celicah, a se najpogosteje shranjuje v jetrnih celicah. Človeški organizem pa pretvori višek glukoze v glikogen, ki ga skladišči v jetrih in mišicah. Na znižanje ravni glikogena v jetrih vpliva 24-urno stradanje in fizično delo. Je topen v vodi. Po potrebi človeški organizem glikogen razgradi nazaj v glukozo.



## Polisaharidi v rastlinah in živalih

**Dopolni trditvi:**



Polisaharida, ki ju najdemo v rastlinah, sta škrob in . Polisaharida živalskega izvora sta: , ki je oporni polisaharid v živalih (oklepi žuželk in rakov) in glikogen, ki je  polisaharid, nahaja se predvsem v celicah .



## Hrana bogata s škrobom

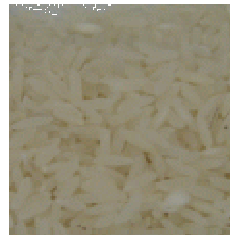
### Škrob v hrani

Polisaharid **škrob** se nahaja v hrani, kot so npr. **krompir, riž, žitarice, kruh, testenine, stročnice**. Našteta hrana je tudi vir energije in vitaminov. Pri vsakem dnevnem obroku je priporočljivo zaužiti vsaj nekaj sestavljenih ogljikovih hidratov, ki vsebujejo škrob. Škrobna živila mora telo namreč razgraditi s pomočjo encimov v slini do **glukoze**, preden telo tako živilo lahko uporabi, zato telesu škrobna živila predstavljajo **dolgotrajnejši vir energije**.



### Polisaharidi v živilih

Katera živila, ki vsebujejo polisaharide prepoznaš na slikah?



### Hrana kot vir energije

Katero izmed živil telesu predstavlja vir energije, ki je dolgotrajnejši?

- Sladoled.
- Kokakola.
- Kruh.

- Bonboni.

Pravilno! Kruh je škrobno živilo, potrebno ga je razgraditi, zato telesu predstavlja dolgotrajnejši vir energije.



## Ali je v živilu škrob?

**Kako bi se prepričali, da je v živilu, ki ga bomo zaužili škrob?**

Oglejmo si poskus Dokaz škroba z jodovico.

SKLEP:

**Modro obarvanje raztopine preiskovane snovi po dodatku jodovice je dokaz za prisotnost škroba v živilu.**



## Kaj vsebuje živilo?

V čašo damo košček kruha in vodo ter pomešamo. Nato dodamo kapljico raztopine joda. Pojavi se modro obarvanje. Katero snov v kruhu smo s tem dokazali?

- Celulozo.
- Glukozo.
- Sol.
- Škrob.

Pravilno! Modro obarvanje raztopine preiskovane snovi po dodatku jodovice je dokaz za prisotnost škroba v živilu.



## Vlaknine v ogljikovih hidratih

**Sestavljeni ogljikovi hidrati vsebujejo vlaknine.**

V hrani, ki vsebuje sestavljene ogljikove hidrate, se nahajajo človeškemu organizmu nepogrešljive snovi, kot so vitamini, minerali in vlaknine. Če zaužijemo neobdelano sadje in zelenjavo ali žitarice, bomo znatno povečali vnos **vlaknin**, ki jih človeško telo sicer ne more prebaviti, so pa zanj zelo koristne. Vlaknine so deli rastlin, ki so lahko **vodotopni** ali **nevodotopni**, oboji pa so za človeško telo zelo koristni. **Nevodotopne vlaknine**, ki jih najdemo v sadju in zelenjavi ter polnovrednih žitaricah, rjavem rižu, pšenici in fižolu, so posebej pomembne pri izboljšanju prebave, ki vpliva tudi na zmanjšanje rakavih obolenj.



## Vlaknine

**Katera trditev o vlakninah ni pravilna?**

- Vlasknine se nahajajo v polisaharidih.
- Vlasknine se nahajajo v sadju, zelenjavi in polnovrednih izdelkih.
- Vlasknine, ki so človeku koristne so le vodotopne.
- Vlasknine človeško telo ne more prebaviti.



## Zgradba škroba celuloze in glikogena

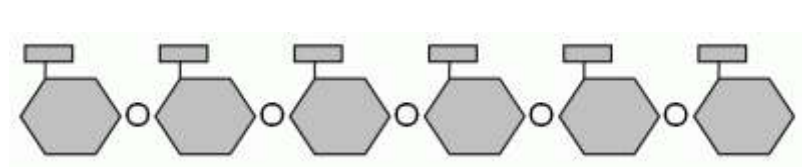
### Kje se skrivajo velike razlike treh najpomembnejših polisaharidov?

Oglejmo si, kako se med seboj po kemijski zgradbi razlikujejo škrob, celuloza in glikogen.

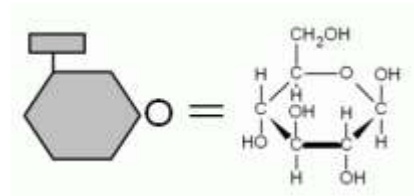
### Škrob

Škrob je sestavljen iz zelo veliko **molekul glukoze**, ki se med seboj povezujejo in gradijo **topno amilozo** in **netopen amilopektin**.

**V amilozi** je povezanih med seboj **več 100 enot glukoze**, v **nerazvejanih** verigah:

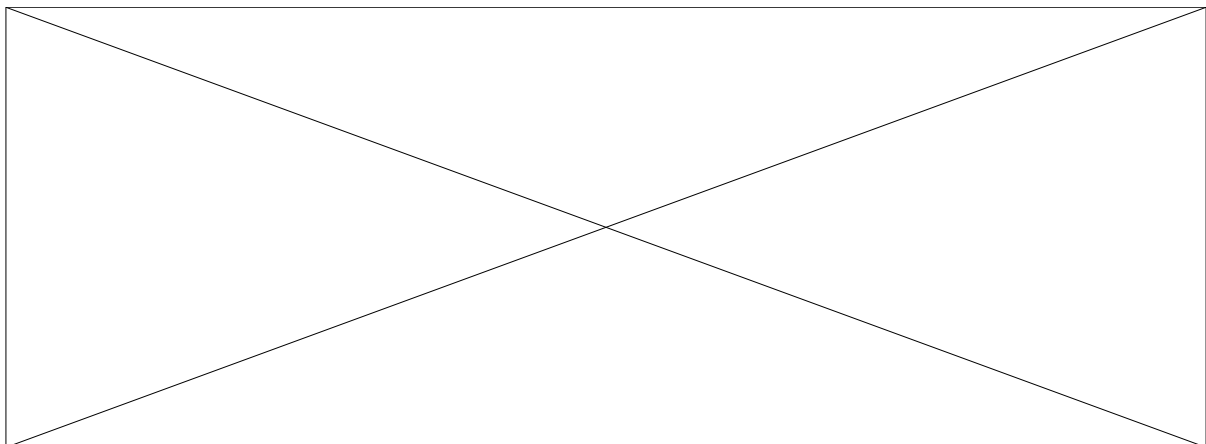


**amiloza**

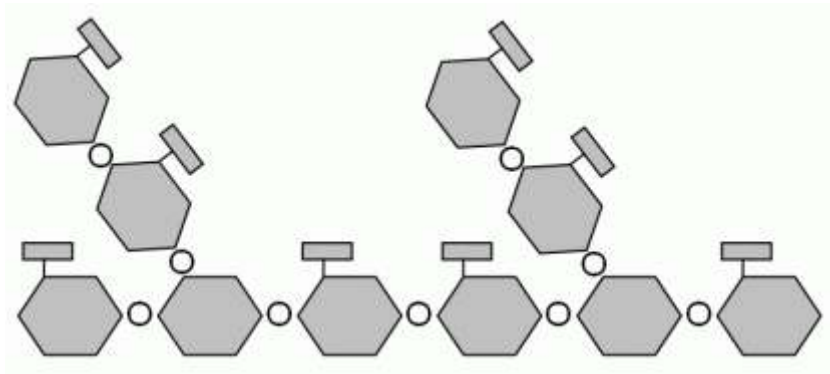


**molekula glukoze**

Povezovanje enot glukoze v makromolekulo amiloze si poglejte še na animaciji.

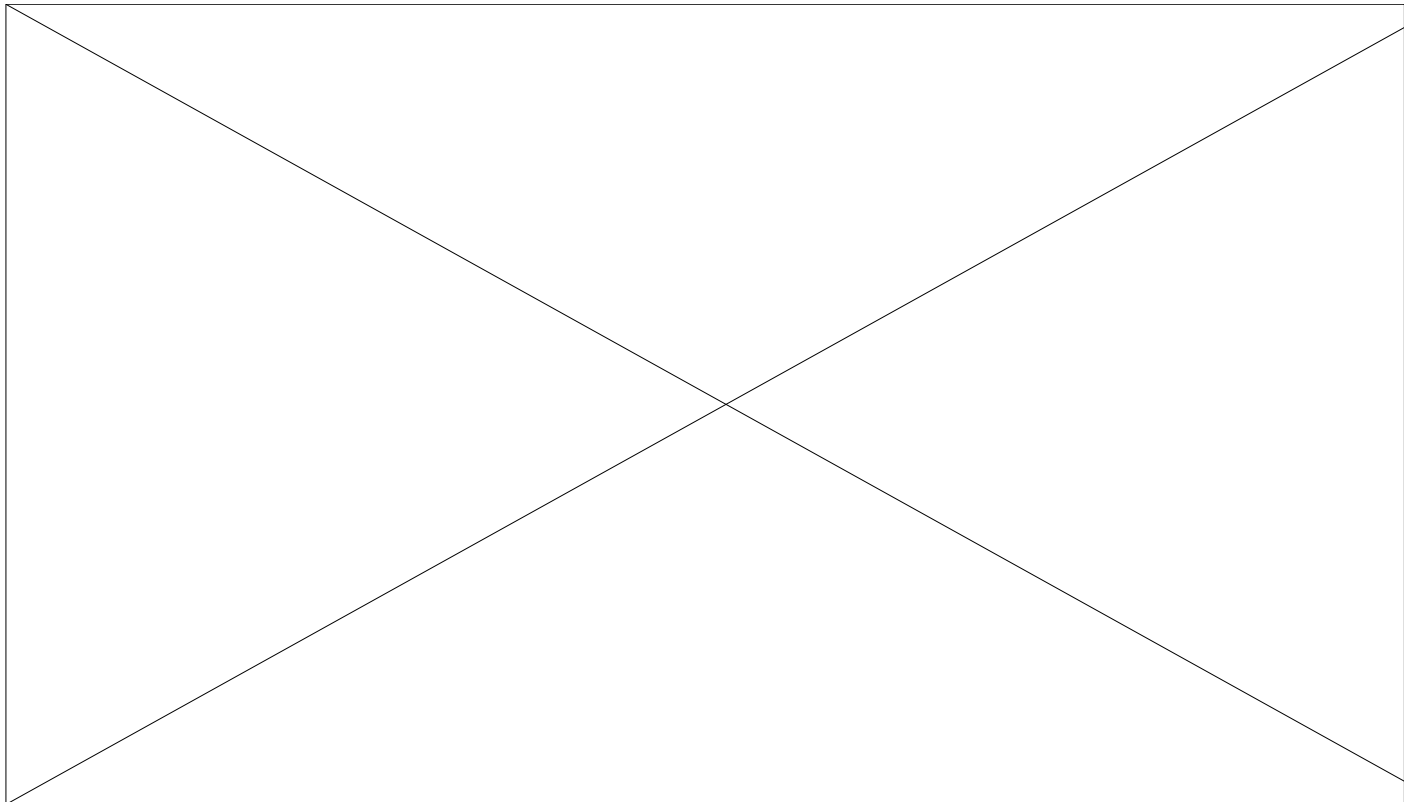


**V amilopektinu** je povezanih med seboj **več 1000 enot glukoze**, v **razvejanih** verigah:



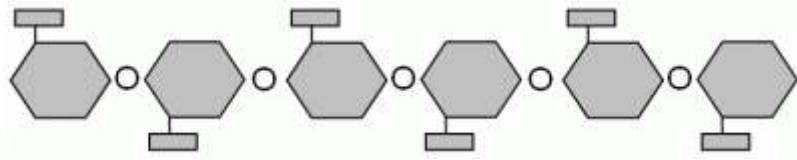
### amilopektin

Povezovanje enot glukoze v razvejeno makromolekulo amilopektina si poglejte še na animaciji.

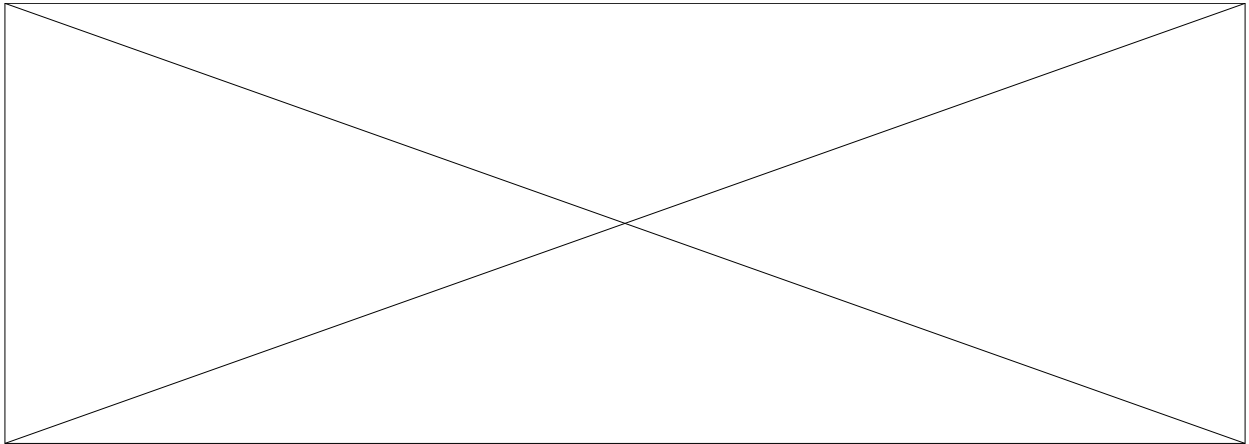


### Celuloza

Celuloza je sestavljena iz zelo veliko **molekul glukoze**, ki so med seboj **povezane v različni smeri**. Ta majhna razlika je razlog za velike razlike v lastnostih škroba in celuloze, ki smo jih že spoznali. Molekule glukoze se med seboj povezujejo tako, da so **izmenično obrnjene v eno in drugo smer**:

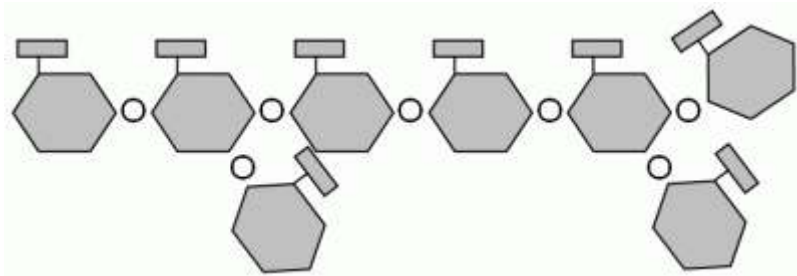


Povezovanje enot glukoze v makromolekulo celuloze si poglejte še na animaciji.



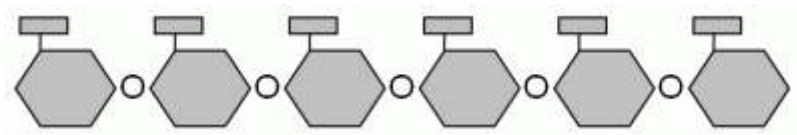
## Glikogen

Glikogen je sestavljen iz zelo veliko **molekul glukoze**, ki so med seboj **povezane v različnih smereh**:



## Zgradba polisaharidov

Ugotovi, kateri polisaharid predstavlja naslednja strukturna formula:



- glukozo
- celulozo
- amilozo

glikogen

Napačno. Glukoza je monosaharid.

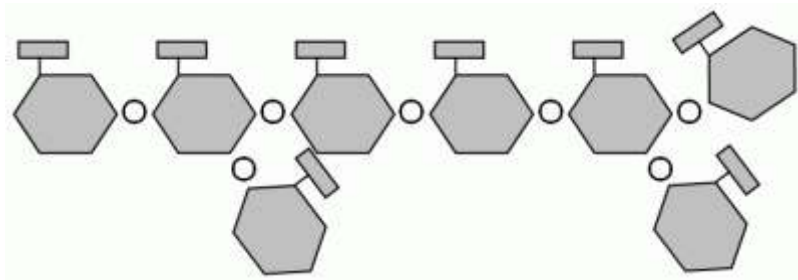
Napačno. V celulozi so molekule glukoze izmenično obrnjene v eno in drugo smer.

Napačno. V glikogenu so molekule glukoze povezane v različnih smereh.



## Zgradba polisaharidov

Ugotovi, kateri polisaharid predstavlja naslednja strukturna formula:



glukozo

celulozo

škrob

glikogen

Napačno. Glukoza je monosaharid.

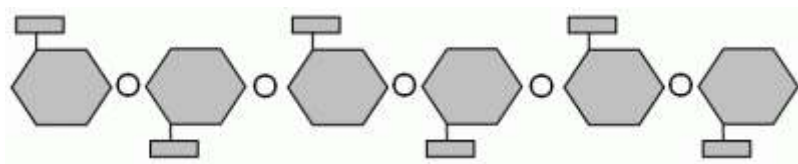
Napačno. V celulozi so molekule glukoze izmenično obrnjene v eno in drugo smer.

Napačno. Škrob sestavljata amiloza in amilopektin.



## Zgradba polisaharidov

Ugotovi, kateri polisaharid predstavlja naslednja strukturna formula:



glukozo

celulozo

škrob

glikogen

Napačno. Glukoza je monosaharid.

Napačno. Škrob sestavljata amiloza in amilopektin.

Napačno. V glikogenu so molekule glukoze med seboj povezane v različnih smereh.