

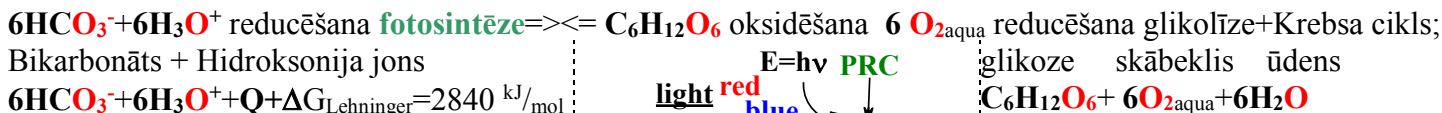
Bioorganiskās vielas Ogļhidrāti

Atslēgas termini. Bioorganiskā viela glikoze, fruktoze, klasifikācija, uzbūve, funkcionālās grupas.

Heksozes, pentozes. Aldozes un ketozes. Izomeri, optiskie izomēri, ketonu enolu tautomērija.

Atvērtas virknes un cikliski hemiacetāli. Polikondensācijas un esterifikācijas - fosforilēšanas reakcijas - ar hidrolāzes vai kināzes E.3 klases enzīmiem. Enzīmu E.1 klases virzītā oksidēšana, reducēšana.

Glikozes un $O_{2(aqua)}$ **fotosintēzes** zaļajos augos termodinamika pielietojot Hesa likumu aprēķinu kārtību



$$\Delta H_{Hess} = (\Delta H^\circ_{C_6H_{12}O_6} + 6\Delta H^\circ_{O_2} + 6\Delta H^\circ_{H_2O}) - (6\Delta H^\circ_{H_3O^+} + 6\Delta H^\circ_{HCO_3^-}) = +2812,6 \text{ kJ/mol}$$

$$= -1267,13 + 6 \cdot -11,7 + 6 \cdot -286,65 - (6 \cdot -692,4948 + 6 \cdot -285,81) = 2812,6 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta S_{Hess} = (\Delta S^\circ_{C_6H_{12}O_6} + 6\Delta S^\circ_{O_2} + 6\Delta S^\circ_{H_2O}) - (6\Delta S^\circ_{H_3O^+} + 6\Delta S^\circ_{HCO_3^-}) = -3194,1 \text{ J/mol/K}$$

$$= -2901,49 + 6 \cdot -94,2 + 6 \cdot -453,188 - (6 \cdot -494,768 + 6 \cdot -3,854) = -3194,1 \text{ J/mol/K}$$

$$\Delta S_{izklyede} = -\Delta H_{Hess} / T = -2812,6 \cdot 1000 / 298,15 = -9433,51 \text{ J/mol/K}$$

$$\Delta S_{kopēja} = \Delta S_{Hess} + \Delta S_{izklyede} = -3194,1 - 9433,51 = -12627,6 \text{ J/mol/K}$$

$$\Delta G_{Hess} = \Delta H_{Hess} - T \cdot \Delta S_{Hess} = 2812,6 - 298,15 \cdot -3,1941 = 3765 \text{ kJ/mol}$$

Glikozē brīvā enerģija $G_{C_6H_{12}O_6} = 2840 - 6 \cdot 78,08 - 6 \cdot 85,64 + 6 \cdot 68,52 = 2840 - 468,48 - 513,84 + 411,12 = 2268,8 \text{ kJ/mol}$.

Reducēšanas potenciāls: $24H_3O^+ + 6H_3O^+ + 6HCO_3^- \rightleftharpoons C_6H_{12}O_6 + 42H_2O - 24 e^-$; $E_{C_6H_{12}O_6} = -0,393 \text{ V}$; 6. Lpp.

pie $[H_3O^+] = 10^{-7,36} \text{ M}$ un $[O_{2(aq)}] = 6 \cdot 10^{-5} \text{ M}$ ir $E_{O_2} = E^{0,0591/4} \cdot \log([O_{2(aq)}] \cdot [H_3O^+]^4 / [H_2O]^6) = 0,833 \text{ V}$

$$\Delta G_{eq/F/n} = (E_{C_6H_{12}O_6} - E_{O_2}) = \Delta E = -2840000 / 96485 / 24 = (E_{C_6H_{12}O_6} - 0,833) = -1,226 \text{ V}$$

$$E_{C_6H_{12}O_6} = \Delta E + E_{O_2} = -1,226 + 0,833 = -0,393 \text{ V};$$

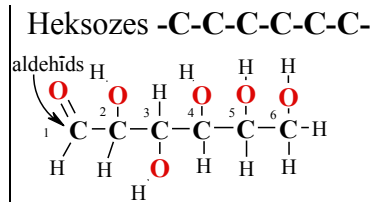
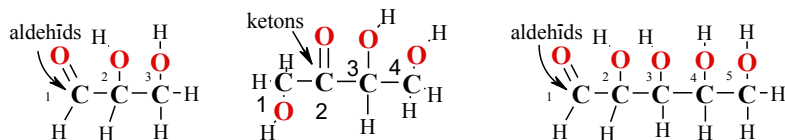
Bioorganiskās vielas ir oglekļa-oglekļa savienojumu ķēdes C-C-C-C-C-C-C-C

Bioorganisko ogļhidrātu molekulas veido oglekļa ķēdes kombinatoriku no 1-7.

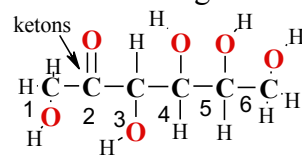
Funkcionālās grupas veidojas oglekļa atomu savienojumos ar skābekli C-O-, slāpekli C-N< un sēru C-S-.

Ogļhidrātu oglekļa atomu ķēdes -C-C-C-C-C-C-

Triozes -C-C-C-; Tetrozes -C-C-C-C-; Pentozes -C-C-C-C-C-



aldoheksoze D-glikoze

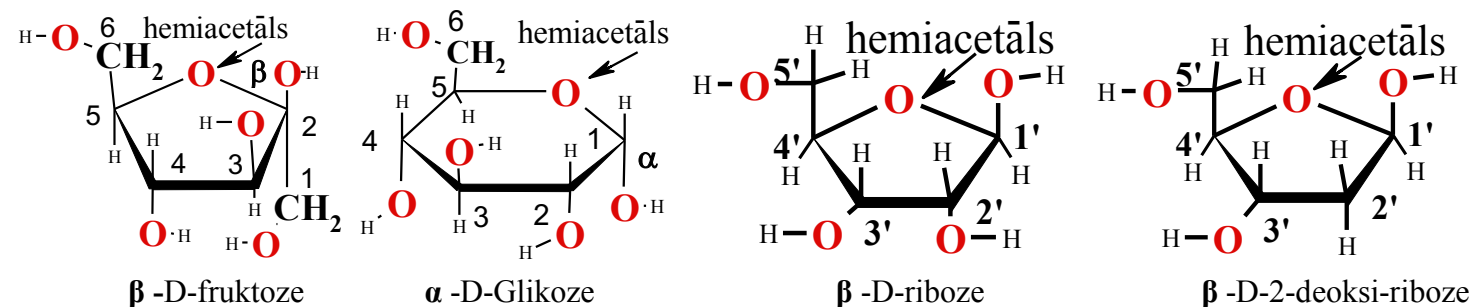


D-gliceraldehyds; ketotetroze D-erituloze; aldopentoze D-riboze;

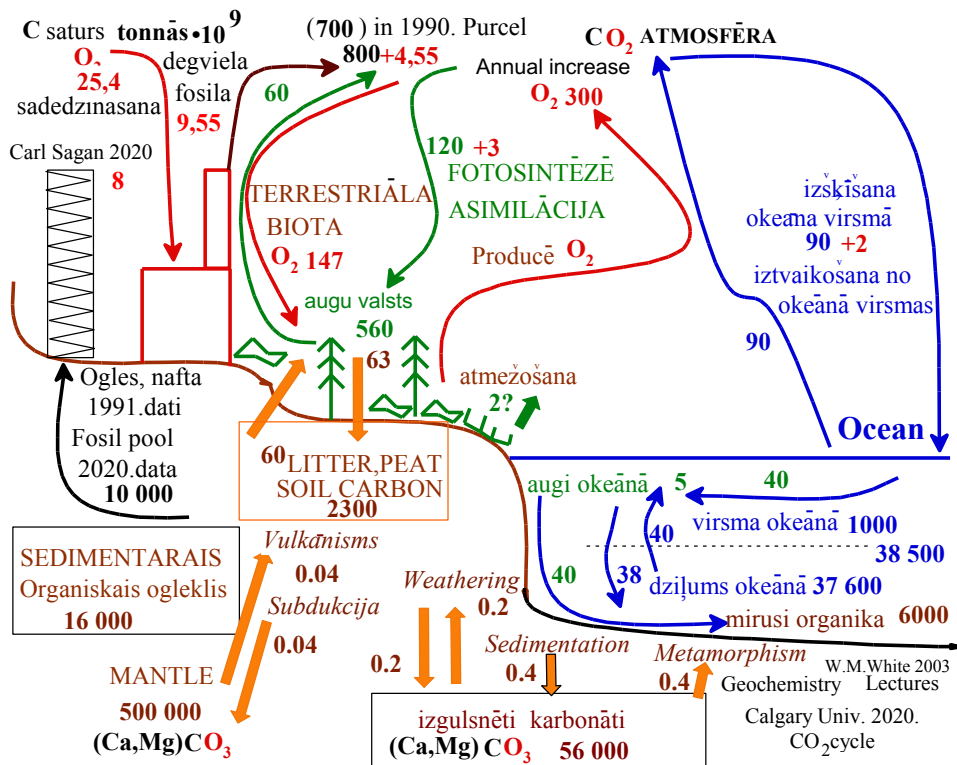
ketoheksoze D-fruktoze

Trīs veidu funkcionālās grupas oglekļa atomu savienojumā ar skābekli C-O-

- 1) Aldehyda grupa HC=O galā; Keto grupa >C=O virknē pie C2
- 2) Poli spirtu hidroksila grupas -CHOH-CHOH-;
- 3) Hemiacetāls - pusacetāls oglekļa atomu cikliskā ķēde ar -O-.



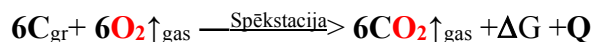
Oglekļa 6 atomu savienojums glikoze plus 6 ūdens molekulas ir biodegviela



Degviela-kurināmais ogle ir cieta viela, kurā oglekļa atomi ir saistīti savā starpā ar kovalentām saitēm C-C-C-C-C-C. Ogļu spēkstacijas enerģijas iegūšanai darbojas visas ekonomiski attīstītās valstīs, piegādājot patērētājiem elektroenerģiju un siltuma enerģiju. Cilvēce ar kurināmā izmešiem papildina atmosfēras CO_2 saturu 100% par plus 1,2% no kopējiem globāliem un kosmiskiem procesiem uz Zemes. Okeānos visos Zemes ūdeņos ir izšķīdis 47 reizes lielāks CO_2 daudzums kā atmosfērā 100%, bet karbonātu $(\text{Ca}, \text{Mg})\text{CO}_3$ izgulsnējumi Zemes garozā satur 70 reizes vairāk CO_2 kā atmosfērā 100%. Zaļo augu fotosintēze katru gadu asimilē CO_2 daudzumu 15,4% no atmosfēras 100% un no ūdens,

producējot glikozi $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ 307,5 Gt ar oglekļa masu 120+3 Gt. Fotosintēzē izdalītais skābekļa daudzums atmosfērā 300-147=153 Gt stabilizē Prigožina atraktoru globālo O_2 koncentrāciju atmosfērā 20,95%.

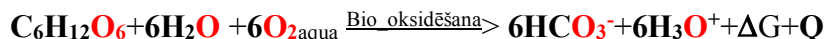
Sešu oglekļa atomu C-C-C-C-C-C degviela sadegot ar sešām skābekļa molekulām producē sešas CO_2 molekulas.



Reakcija ir $\Delta G_{\text{Hess}} = -2366,35 \text{ kJ/mol}$ eksoerģiska; $\Delta H_{\text{Hess}} = -2361,05 \text{ kJ/mol}$ eksotermiska izdalās siltums Q.

- Ogle nešķīst ūdenī tā pēc nešķīst šūnās un starpšūnu telpā.
- Gāzveida skābeklis un ogļskābā gāze ir nāvējoši šūnu organismiem (medicīnisks simptoms embolija), saplēšot un nosprostojošot transportu membrānās.

Glikoze $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ ar sešām ūdens molekulām $6\text{H}_2\text{O}$ ir bio degviela sadegot ar sešām skābekļa molekulām.

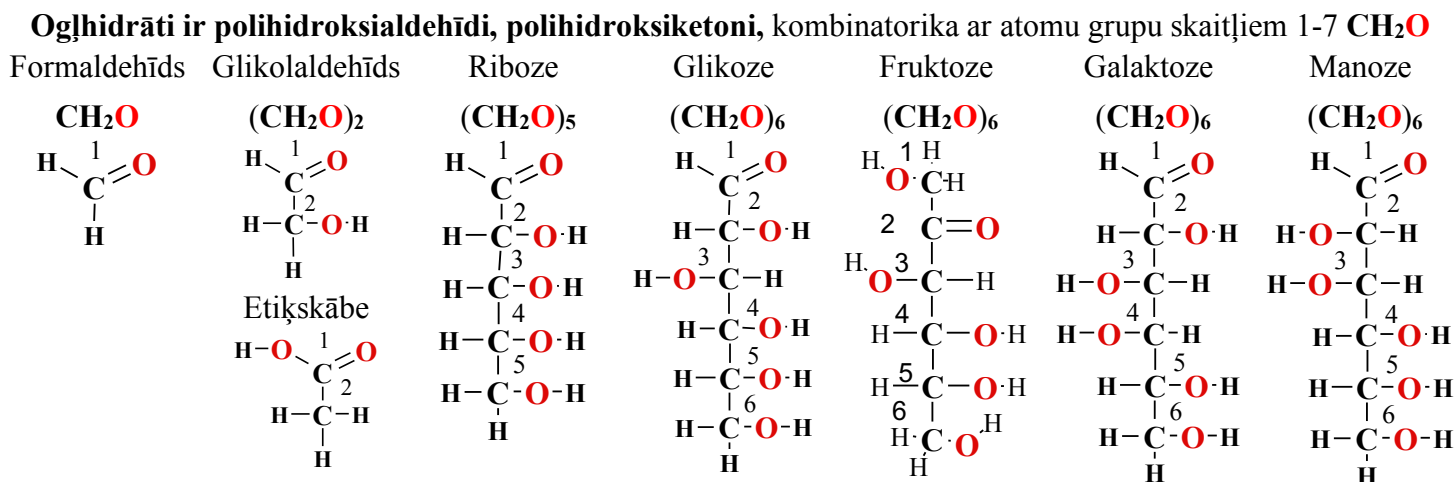


Reakcija ir $\Delta G_{\text{Hess}} = -3765 \text{ kJ/mol}$ eksoerģiska; $\Delta H_{\text{Hess}} = -2812,6 \text{ kJ/mol}$ eksotermiska izdalās siltums Q.

- Glikoze šķīst šūnās un starpšūnu telpā.
- Skābeklis un ūdens osmozē cauri akvaporīniem nokļūst šūnās un mitohondrijā. Glikolīzes un Krebsa cikla produkti ģenerē koncentrācijas gradientu 6HCO_3^- , $6\text{H}_3\text{O}^+$ virzienā ārā no šūnas izvadīšanai cauri protonu un bikarbonāta kanāliem. Skābekļa un ūdens osmoze cauri akvaporīniem norisinās pretēji osmolārās koncentrācijas gradientam ΔC_{osm} <http://aris.gusc.lv/BioThermodynamics/ColigativePropertiesL.pdf> virzienā uz šūnu Bio_oxidēšanas virzienā. Ja glikozes koncentrācija asinīs ir normā $5 \text{ mM} \pm 2\text{mM}$, tad glikozes nodrošināts transports uztur homeostāzi organismā.

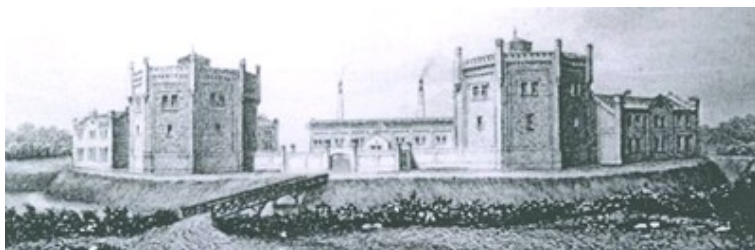
Piezīme: Izdevīgāk ir iegūt enerģiju no glikozes un sešām ūdens molekulām nevis no ogles. Glikoze dod līdzvērtīgu bioenerģiju salīdzināmu ar ogļu un ģeneratora gāzes vērtību 3765 kJ/mol .

Glikozes $C_6H_{12}O_6$ formula aprakstīta ogļhidrāta formā $C_6(H_2O)_6$ ar profesora K. Šmita ieteikumu 1744. gadā. Sešu CH_2O grupas vienību virkne ar Aivara Grīnberga ierosinājumu veido sešu C-C-C-C-C-C oglekļa atomu ķēdes grupu vienību virkni $(CH_2O)_6$. Atomu grupas vienība CH_2O atspoguļo atomu kombinatoriku dzīvajā dabā ar skaitļiem 1-7: CH_2O , $(CH_2O)_2$, $(CH_2O)_3$, $(CH_2O)_4$, $(CH_2O)_5$, $(CH_2O)_6$, $(CH_2O)_7$:
 Formaldehīds Glikolaldehīds Glicerāldehīds Tetroze Riboze Glikoze Sedoheptuloze



Ģenerators gāzes $6 CO \uparrow_{gas} + 6 H_2 \uparrow_{gas}$ glikozes analogs degviela ēku apkurei un apgaismojumam

Ģenerators gāzes ($CO \uparrow_{gas} + H_2 \uparrow_{gas}$) komponentu sastāvā ir viena atomu grupas vienība CH_2O bet glikozes formulai $C_6H_{12}O_6$ atbilst sešas atomu grupas vienības $(CH_2O)_6$ tāpat kā ģenerators gāzes kompleksa sešas vienības $6(CO \uparrow_{gas} + H_2 \uparrow_{gas})$.



Pilsētas gāzes fabrika pie Bastejkalna (1863. g.)



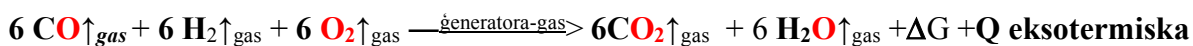
Otrā Rīgas gāzes fabrika

Ģenerators gāzes komponenti $6(CO \uparrow_{gas} + H_2 \uparrow_{gas})$ reiz seši ir lietoti 19., 20. gadsimta sākumā Rīgā ēku apkurei un ielu apgaismošanai.

Bijušā Jakovļevska ravelīna vietā iepretim tagadējam Bastejkalnam uzbūvē jauno rūpnīcu. Projektu izstrādāja Berlīnes gāzes rūpnīcas direktors Kunnels, bet ēkas fasādi – Rīgas pilsētas arhitekts Johans Felsko. Pamatakmens tika iemūrēts 1861. gada 12. jūlijā, un jau 1862. gada 6. augustā rūpnīca vēra savas durvis. Mūsdienās ēka nav zaudējusi savu šarmu.

1874. gadā sākās otrās gāzes rūpnīcas celtniecība. Ierādīta vieta Maskavas rajonā, kur pārsvarā dzīvoja strādnieku šķiras pārstāvji, tagadējās Matīsa un Bruņinieku ielas stūrī. 1903. gadā gāzes vada kopējais garums sasniedza jau 89,1 kilometru, bet Pirmā pasaules kara priekšvakarā pilsētā bija jau vairāk nekā 5 tūkstoši gāzes laternu. Vadītājs (1894–1915) inženieris ķīmiķis, skolotājs Maksis Rozenkrancs.

Sešu ģenerators gāzes $6(CO \uparrow_{gas} + H_2 \uparrow_{gas})$ komponentu degviela sadegot ar $6 O_2 \uparrow_{gas}$ producē $6 CO_2 \uparrow_{gas} + 6 H_2O \uparrow_{gas} + Q$.



Reakcija ir $\Delta G_{Hess} = -2914,72 \text{ kJ/mol}$ eksoerģiska; $\Delta H_{Hess} = -3148,89 \text{ kJ/mol}$ eksotermiska izdalās siltums Q .

1. Tvana gāze ir toksiska hromoproteīnu aktīvā centra hēma inde bloķējot šo enzīmu aktivitāti.
2. Gāzveida $6 H_2 \uparrow_{gas}$, $6 O_2 \uparrow_{gas}$, $6 CO_2 \uparrow_{gas}$, $6 H_2O \uparrow_{gas}$ ir nāvējoši šūnu organismiem (medicīniskais simptoms embolija), saplēšot un nosprostojojot transportu membrānās.

Kiralitāte (hiralitāte)

Adresē: <http://aris.gusc.lv/ChemFiles/Saharidss/SSViewer/SSVFrameset.htm>.

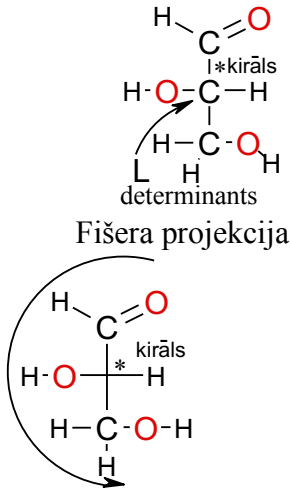
Molekulas, kuras nav identiski ar to spoguļa attēliem, tiek apzīmētas par **kirālām** vai **hiralām** no *Grieķiskā cheir* (keir - roka), piemēram, ķirurģija ir ārstēšana ar rokām.

Oglekļa atoms ar četrām atšķirīgām piesaistēm ir **kirāls** divu optisko izomēru formā.

Glicerāldehīds ir ar vienu **kirālo** oglekli un var pastāvēt kā spoguļa attēlu pāris

L- un D- **enantiomēri**. **Uzdevums:** uzzīmēt **Fišera** projekcijas kreisā un labā pusē!

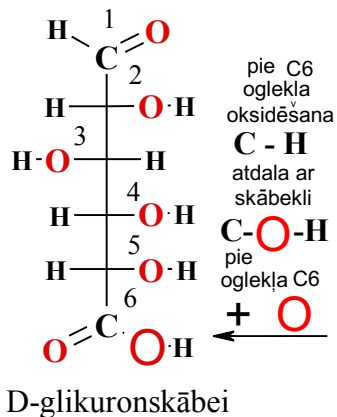
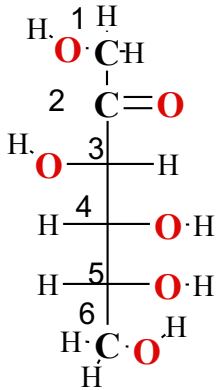
L-glicerāldehīds - Levos L



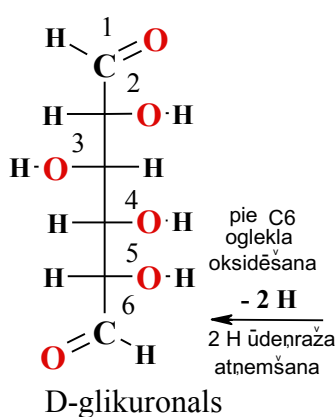
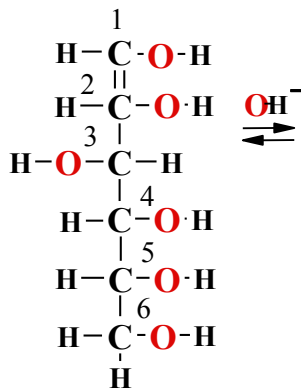
Pretēji pulksteņa rādītāja virzienam
Counter Clockwise rotation CCW
Pa kreisi (Latīniski, *laevus*) **L -**

Uzdevums: pabeigt **Fišera projekcijas** dotajām atvērtajām **monosaharīdu virknēm**

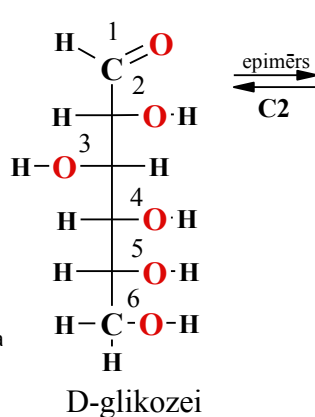
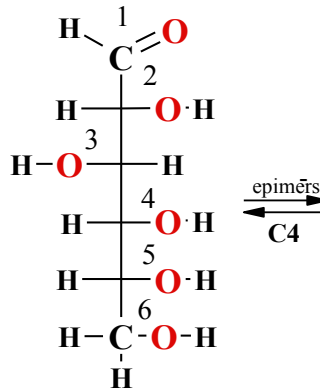
D-fruktozei



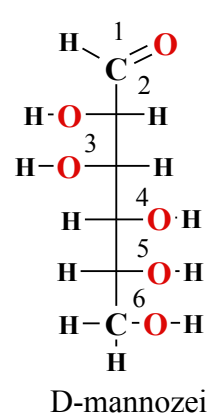
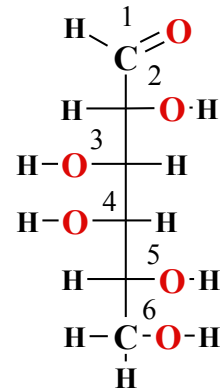
glikoenuols



D-glikozei



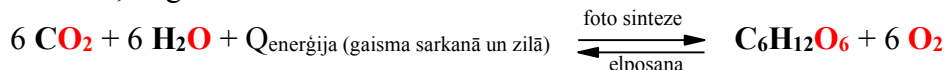
D-galaktozei



5. Ogļhidrāti un glikoze

<http://aris.gusc.lv/NutritionBioChem/35Ogl45Hidr150211.pdf>

Glikoze rodas planētas Zemes zaļo augu fotosintēzes reakcijā, ar kuru zaļie augi globāli apgādā Zemeslodes dzīvo dabu, tātad arī mūs cilvēkus, ar glikozi un skābekli:



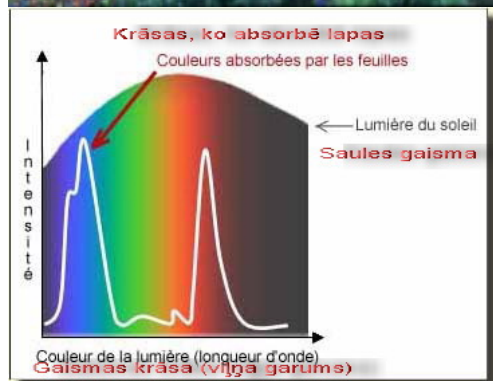
No glikozes dzīvajos organismos veidojas pārējie ogļhidrāti, piemēram, fruktoze, ciete, celuloze, pektīns u.c., bet skābekli dzīvie organismi patērē ieelpojot, lai pretreakcijās ar glikozi un ieelpoto skābekli dzīvajās šūnās iegūtu enerģiju dzīvības procesu uzturēšanai. Tādā veidā no gaismas zilās un sarkanās daļas uzkrātā enerģija Q šūnās elpojot tiek izmantota dzīvības procesu uzturēšanai. Ir izpētīts, ka elpojot organismā, ja „sadedzina” 1 gramu glikozes, izdalās 17 kJ vai 4 kcal siltuma Q .

Ogļhidrāti savu nosaukumu ir ieguvuši 1844. gadā, ko ieteica

Tērbatas universitātes profesors K. Šmits, jo glikozes molekulas sastāvu var uzrakstīt divos veidos $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ un $\text{C}_6(\text{H}_2\text{O})_6$ no kurienes redzams, ka uz sešiem oglekļa atomiem ir sešas ūdens molekulas, un tas nozīmē, ka uz katru oglekļa atomu ogļhidrātā ir viena ūdens molekula, ko var aprakstīt ar vispārīgo molekulas formula $\text{C}_n(\text{H}_2\text{O})_n$.

Šāda sastāva oglekļa un ūdens klātbūtni var pārbaudīt eksperimentāli. Mēģenē ieberot mazliet cukura un karsējot cukurs kūst, tad kļūst brūns kā grauzdēta karamele un visbeidzot pāroglejas, bet mēģenes aukstajā daļā sakrājas ūdens pilieniņi. Tātad ogle un ūdens ataino ogļhidrātu sastāvu, kuru vispārīgā formula ir $\text{C}_n(\text{H}_2\text{O})_m$ parādot molekulas sastāvu ar n oglekļa C atomiem un m ūdens H_2O molekulām.

Ogļhidrāti dzīvajās šūnās veido savstarpējus savienojumus un uzkrājas polimēru savienojumu veidā. Tādēļ ogļhidrātus iedala monosaharīdos, disaharīdos un polisaharīdos.



8. att. Augu valsts foto ar dažādas intensitātes zaļuma nokrāsām no gaiši zaļas līdz tumši zaļai. Baltā saules gaisma satur trīs krāsas gaismu sarkano, zaļo un zilo. Zaļie augi fotosintēzes reakcijās izlieto saules baltās gaismas sarkano un zilo gaismu, kā rezultātā mēs redzam pāri palikušo zaļo gaismu. Jo tumšāka ir augu zaļā krāsa, jo vairāk sarkanās un zilās gaismas tiek absorbēts

3.1. tab. Monosaharīdi, disaharīdi un polisaharīdi.

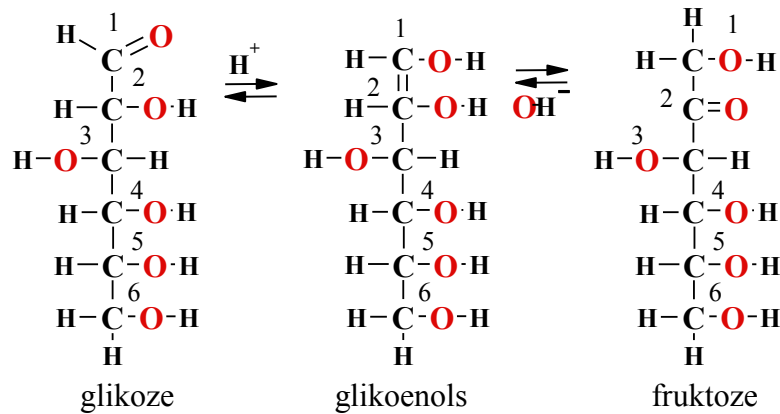
Ogļhidrāti	Nosaukums	Formula
Monosaharīdi	glikoze	$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$
	fruktoze	$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$
	riboze	$\text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}_5$
Disaharīdi	saharoze	$\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$
	laktoze	$\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$
Polisaharīdi	ciete	$(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n$
	celuloze	$(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n$

fotosintēzes reakcijās.

Monosaharīdi , nosaukumi un nomenklatūra

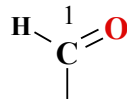
Monosaharīdi ir mono mēru elementārposmi disaharīdu un polisaharīdu veidošanai dzīvīvajās šūnās. Hidrolizējot disaharīdus un polisaharīdus iegūst brīvas polimērā nesaistītas monosaharīdu vienības.

Ogļhidrātu bioloģisko pārvērtību sākuma molekulas ir glikoze un fruktoze. Nosaukums fruktoze ir cēlies no latīņu vārda fruktus – augļi. Fruktoze rodas no glikozes skābā ūdens vidē. Saldiem augļiem un ogām ar skābu garšu saldo garšu piešķir fruktoze. Fruktoze ir divreiz saldāka par glikozi tāpēc skābās sulas dēļ augļi un ogas šķiet saldāki par dārzeņiem.



Ogļhidrāti ir organiskas dabas vielas, kuru molekulās ir viena karbonil grupa $>\text{C}=\text{O}$. Aldehīda forma ūdenī bāziskā vidē vai ketona forma skābā ūdens vidē.

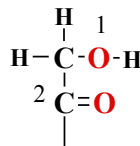
Glikoze pieder pie aldoheksozēm ar aldehīda grupu oglekļa virknes galā. Skaitļa vārds hekso norāda uz oglekļa atomu skaitu ogļhidrātā seši 6C.



Tā kā aldehīda grupa atrodas oglekļa virknes galā tad oglekļa virkni sāk numurēt no aldehīda oglekļa gala ar numuru 1.

Glikozes formu mēdz saukt arī par asins cukuru, dēļ tās atrašanās vāji bāziska asins plazmā pH=7,36.

Fruktoze ir ketoheksoze ar keto grupu oglekļa atomu virknes sākumā pie otrā oglekļa atoma. Fruktoze ir sastopama augļos un ogās tāpēc to sauc arī par augļu cukuru.

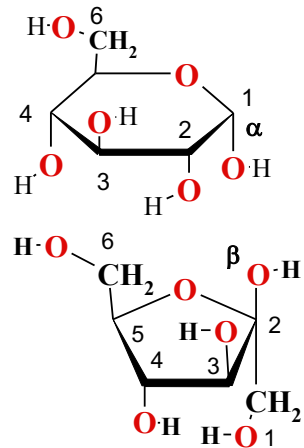


Viens oglekļa atoms ogļhidrātu molekulā ir karbonil grupa $>\text{C}=\text{O}$, bet pārējie oglekļa atomi ir daudzvērtīgie spirti, kuri satur hidroksil grupu $-\text{O}-\text{H}$. Heksožu molekulas ir piecvērtīgas spirta molekulas, jo pieci oglekļa atomi satur piecas hidroksil grupas.

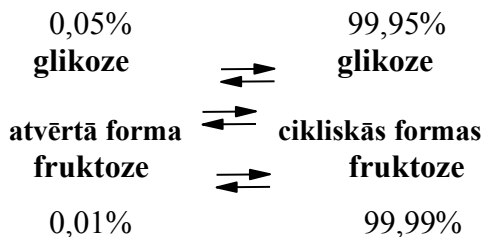


7 Att. Bumbieru, vīnogu, ābolu, apelsīnu, greipfrūtu, ķiršu fotogrāfijas. Augļos skābās sulas dēļ atrodas fruktozes ogļhidrāta ketoheksozes forma, kura ir divas reizes saldāka par glikozi. Tādēļ nogatavojušies augļi un ogas garšo ievērojami saldāk.

Glikoze bāziskā vidē maisījumā ar vara(II) hidroksīdu veido intensīvi zilu šķīdumu, jo gaiši zilās vara(II) hidroksīda nogulsnes izšķīst ogļhidrāta daudzvērtīgā spirta reakcijā (skat, glicerīnu). Ja intensīvi zilo šķīdumu karsē, tad glikozes aldehīda grupa oksidējas par glukonskābi un rodas dzeltenas vienvērtīgā vara(I) hidroksīda CuOH nogulsnes. Karsējot ūdenī nešķīstošā bāze sadalās par vara(I) oksīdu Cu₂O ķieģelšarkanā krāsā un ūdeni:



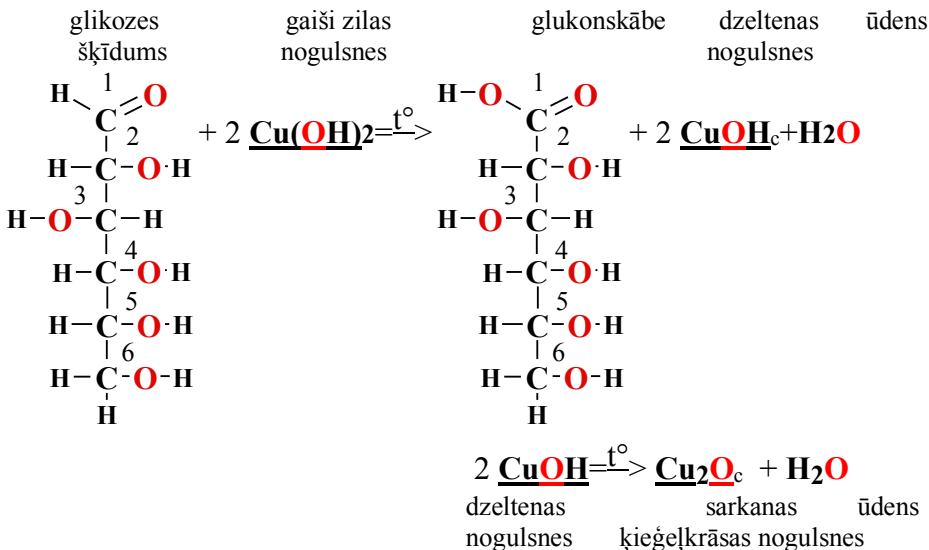
9. att. Cikliskā glikozes forma un cikliskā fruktozes forma veidojas ūdens polārās molekulas dēļ.



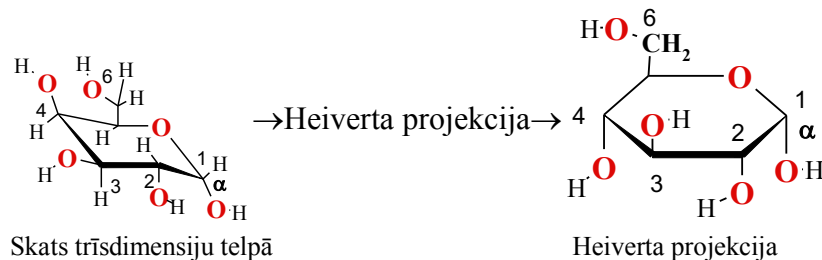
No visām glikozes cikliskajām formām un vienīgās atvārtās formas ūdenī līdzsvarā ir tikai 0,05% atvārtā forma ar brīvu aldehīda grupu. Fruktozes vienīgās atvārtās formas ketona daudzuma daļa ir vēl mazāka 0,01% no visām iespējamām formām gan cikliskajām gan atvārtās formas. Šāda līdzsvara attiecība ūdens vidē starp atvārtā un cikliskām formām pastāv visiem ogļhidrātiem.

6. Glikozes reakcijas

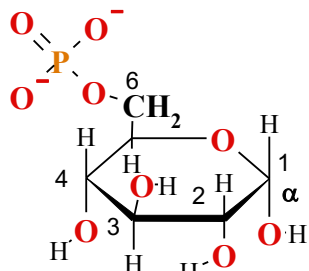
Glikozei ir zināmi astoņi raksturīgi reakciju tipi: aldehīda oksidēšanās reakcijas, aldehīdu glikozes molekulas ciklizēšanās reakcijas, aldehīda reducēšanās reakcija par spirtu, daudzvērtīgo spirtu reakcija ar vara hidroksīdu, spirtu esterificēšanās reakcijas ar skābēm, polikondensēšanās reakcijas (veidojot disaharīdus un polisaharīdus) rūgšanas reakcijas un bioloģiska oksidēšanās reakciju kaskāde līdz sadegšanas gala produktiem ūdens H₂O un oglekļa(IV) oksīds CO₂ enerģijas iegūšanai dzīvības procesu uzturēšanai dzīvajos organismos, kura ir pretēja reakcija zaļo augu fotosintēzes reakcijai veidojoties glikozei C₆H₁₂O₆ un skābeklim O₂ (skat, iepriekšējā nodaļā), un, kura, patērējot gaismas sarkanās un zilās krāsas absorbēto enerģiju Q.



Ūdens vidē visiem monosaharīdiem ir raksturīgas ciklizēšanās reakcijas. Attēlojot ciklisko molekulu no trīsdimensiju attēla uz papīra visiem ogļhidrātiem zīmē Heiverta projekcijas. Heiverta projekcijā uzzīmē plakanu sešstūri vai piecstūri 45 grādu leņķī pret z asi (pret sevi vērsta no papīra plaknes) un skābekli ciklā iezīmē augšā pa labi. Heiverta projekcijā norāda vertikāli hidroksil grupu virzienu attiecībā pret sešstūra plakni uz augšu vai uz leju Oglekļa atomi ciklā atrodas taisņu krustpunktos: 1,2,3,4,5 un pēdējais vai sestais ogleklis H₂CH grupas sastāvā atrodas virs sešstūra plaknes :



Ogļhidrātu hidroksil **-O-H** grupas viegli veido esterus ar dažādām skābēm. Šūnas bioloģijā dzīvības procesu uzturēšanā neaizstājami un nozīmīgi ir fosforskābes esterī ar spirta hidroksil grupām. Piemēram, glikoze iekļūstot šūnā gandrīz momentā esterificējas par glikozes fosforskābes esterī, lai varētu piedalīties daudzos, sekojošos pakāpeniskos oksidēšanas un enerģijas uzkrāšanas procesos glikolīzē un Krebsa - citronskābes – citrāta ciklā.

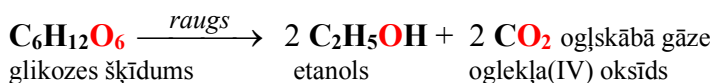


Glikozes fosforskābes esteris šūnas iekšpusē (pH=7,36) ir anjons ar negatīvu lādiņu **-2** pie fosfāta.

Glikozes rūgšanas reakcijas

Rūgšanas procesi ar glikozi norisinās dabā dažādu mikroorganismu klātbūtnē, jo mikroorganismi izdala fermentus, kuri ir biokatalizatori. Katrs no fermentiem veic vienu sev raksturīgu reakciju. Fermenti paātrina reakcijas norisi līdz miljoniem reižu un fermentu reakcijas specializācija neļauj veidoties iespējamiem blakus produktiem. Fermentatīvajās reakcijās gala produkti veidojas bez piemaisījumiem, ātri un ar 100% iznākumu.

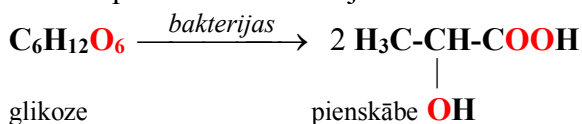
Alkoholiskā rūgšana norisinās rauga sēnīšu klātbūtnē noslēgtos no gaisa piekļuves norobežotos traukos, ko apzīmē ar terminu aneirobos apstākļos:



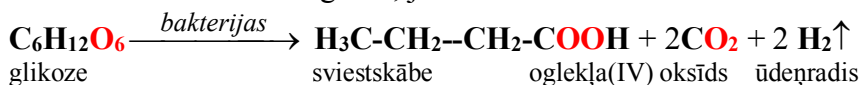
Ja rūgšanas glikozes maisījumam piekļūst gaisa skābeklis, tad veidojas etiķskābe:



Pienskābās baktērijas gaisa skābekļa **O₂** klātbūtnē pārvērš glikozi pienskābē un sadzīvē mēs sastopamies ar šo procesu katru dienu, jo piens saskābst, kāpostus, gurķus, sēnes un pat ābolus ieskābē pienskābes baktērijas:

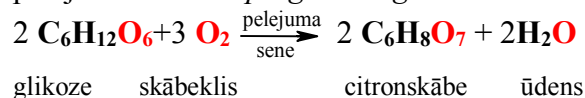


Ja pienskābes baktērijām nepieklūst gaisa skābeklis, tad norisinās sviest skābā rūgšana, jo rodas butānskābe - sviestskābe:



10 Att. Rūgušpienā pienskābes baktērijas glikozi ir pārvērtušas pienskābē un svaigais piens ir sarūdzis.

Glikozes citronskābo rūgšanu izraisa pelējuma sēnes *Aspergillus niger*:



7. Disaharīdi

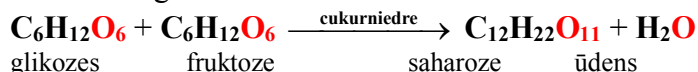


11. att. Cukurniedru zaļās lapas plantācijās Brazīlijā vai Indijas okeānu salās saules gaismas apspīdētas pārvērš CO_2 un H_2O par cukuru un skābekli.

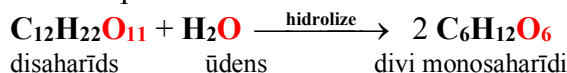


12. att. Ciete uzkrājas kartupeļu bumbuļos pie saknēm zem zaļajām kartupeļu lapām, kurās fotosintēzes reakcijās no ogļskābās gāzes, ūdens un gaismas zilās un sarkanās krāsas veidojas glikoze, kura uzkrājas kartupeļu bumbuļos pie saknēm cietes polimēru formā.

Ogļhidrāti poli kondensācijas reakcijās veido disaharīdus vai polisaharīdus un ūdeni. Glikozei polikondensējoties ar fruktozi rodas saharoze – galda cukurs un ūdens:

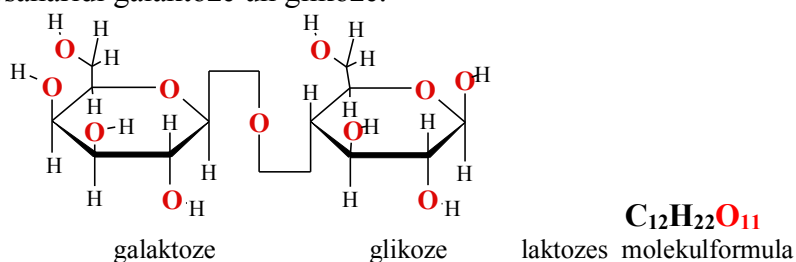


Pretēja reakcija ir hidrolīzes reakcija, kurā saharozes disaharīds sadalās atpakaļ par monosaharīdiem divām glikozes molekulām bāziskā vidē vai par divām fruktozes molekulām skābā vidē.



Augsts saharozes saturs ir cukurbietēs 16-20% un cukurniedrēs 14-26%. Ar to šīs kultūras izmanto cukura iegūšanai rūpnieciski. Cukura cenas veikalos ir stipri atkarīgas no laika apstākļiem audzējot cukurniedres vai cukurbietes. Vai ir pietiekams saulaino dienu skaits un vai ir pietiekams mitruma saturs augsnē, jo zaļo augu fotosintēze notiek pietiekami siltā laikā, saules gaismā un nepieciešams ir ūdens (sk. 3.6 nodaļas sākumā).

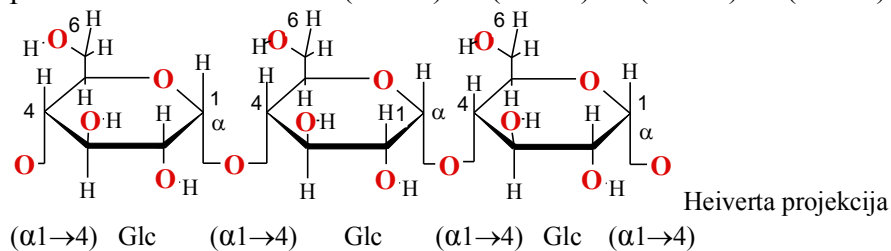
Laktoze ir otrs dabā sastopamais disaharīds, kura sastāvu veido divi monosaharīdi galaktoze un glikoze:



Laktoze ir govs pienā 5% un mātes pienā 7%

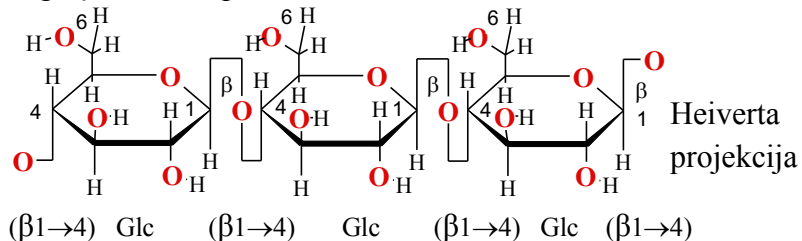
Polisaharīdi ciete, celuloze

Augi uzkrāj fotosintēzes reakcijā iegūto glikozi cietes polimēru veidā $(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n$, kurā monosaharīda glikozes mono mēra vienību skaits n var sasniegt $n=1000000$ vienu miljonu glikozes vienību. Tā kā mikroskopā var saskatīt šo molekulu sakopojumu sīku, cietu graudiņu veidā, tad tos sauc par cieti. Glikozi saīsināti apzīmē ar Glc un saistoties kopā daudzām α -glikozes molekulām izveidojas garas polimēru virknes. Trīs struktūrvienību secību attēlo struktūrformula Heiverta projekcijā un parāda tekstā šādu secību $(\alpha 1 \rightarrow 4)\text{Glc}(\alpha 1 \rightarrow 4)\text{Glc}(\alpha 1 \rightarrow 4)\text{Glc}(\alpha 1 \rightarrow 4)$



Cietes ūdens šķīdums ar jodu krāsojas intensīvi zilā krāsā, tādēļ šo reakciju izmanto joda vai cietes pierādīšanai ūdens šķīdumā.

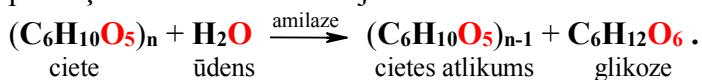
Augi fotosintēzes reakcijā iegūto glikozi izmanto apjomīga celulozes $(C_6H_{10}O_5)_n$ polimēra virkņu ietvara veidošanai. Celuloze kalpo augu šūnām kā ķermeņa ietvars jeb matrica, piešķirot augu stublājiem struktūru un mehānisko izturību visā auga ķermenī kopumā.



Cietes un celulozes polimēru molekulās ir atšķirīga glikozes saistīšanās struktūra:

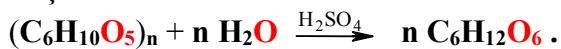
- cietes struktūrā $\beta 1 \rightarrow 4$ skābekļa $-O-$ glikozīda tiltiņš starp glikozes monosaharīda molekulām, bet
- celulozes struktūrā $\beta 1 \rightarrow 4$ skābekļa tiltiņš $-O-$ starp glikozes monosaharīda molekulām.

Cilvēka gremošanas traktā jau siekalās mutē ir biokatalizators - enzīms amilāze, kura viegli hidrolizē tikai $\alpha 1 \rightarrow 4$ skābekļa tiltiņus $-O-$ starp glikozes monosaharīda molekulām, atdalot no polimēru virknes brīvu glikozes molekulu organismam - dzīvības funkciju uzturēšanai:

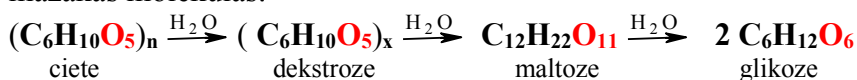


Celulozes $\beta 1 \rightarrow 4$ skābekļa tiltiņus $-O-$ starp glikozes monosaharīda molekulām amilāze hidrolizēt nespēj atšķirīgās struktūras dēļ. Tādēļ zāli, augu celulozes saturošās daļas cilvēks uzturā nevar lietot. Zālēdājiem dzīvniekiem īpašas baktērijas, kuras mājo dzīvnieku priekškuņģī, atdala brīvas glikozes molekulas no celulozes polimēra. Atgremojošas brīvas glikozes saturošo barības masu dzīvnieks barību nogādā kuņģī un barības traktā glikoze uzsūcās audos.

Rūpnieciski celulozes hidrolīzi veic karsējot celulozi ar atšķaidītu sērskābi:



Rūpnieciski cietes hidrolīzi veic pakāpeniski sadalot mazākās molekulās:



Kā katalizatoru lieto atšķaidītu sērskābi.



13 Att. Saskaldīt malku var viegli celulozes šķiedru virzienā un ļoti grūti celulozes šķiedrā perpendikulāri.

Cukura diabēts un glikozes līmenis asinīs, aptaukošanās un badošanās

Glikozes (asins cukura) koncentrācija asinīs ir 5 milimoli litrā (5mM). Glikozes (asins cukura) satura pazemināšanās vai paaugstināšanās asinīs ir slimība ar nosaukumu **diabēts**.

Vārds **diabēts** satur prievārdu **dia** grieķiski nozīmē starp un vārdu **bēta** latīniski ir cukurbiete. **Diabēts**, kas norāda uz to, kas ir starpā, aptverot vienu un otru pusi. **Diabēts** ir stāvoklis, kas aptver divus kaitīgus glikozes līmeņus asinīs:

hipoglikēmija – glikozes koncentrācija asinīs vairākas reizes mazāka par 5 mM un

hiperglikēmija – glikozes koncentrācija asinīs vairākas reizes lielāka par 5 mM.

Normāla glikozes koncentrācija cilvēka asinīs ir no 4 mM līdz 8 mM. Uzņemot uzturvielas gremošanas traktā brīvās glikozes molekulas jau mūsu mutē cauri gļotādai nokļūst asinīs nedaudz palielinot glikozes koncentrāciju virs 5 mM.

Koncentrācijas palielināšanās līdz 8 mM ieslēdz divus glikozes uzkrāšanas mehānismus aknās. Pirmajā veidojas glikozes polimērs glikogēns, kurš pēc uzbūves līdzīgs cietei augos, bet ir mazāka izmēra. Otrajā mehānismā aknas metabolizē glikozi par taukiem, kuri lipoproteīnu lodīšu veidā (skat. Aptaukošanās un holesterīns) asinīs transportējas uz visām organisma šūnām.

Pirmais ceļš labi paēduša cilvēka aknās uzkrājas līdz 300 gramiem glikozes glikogēna polimēra formā, kurš līdzīgs cietes glikozes polimēram kartupeļos un maizes graudos un arī kukurūzā. Uzkrātās glikozes 300 grami ir pietiekams daudzums, kurš iztērējas 8 līdz 12 stundu ilgā miega periodā cilvēkam guļot naktī. Nakts laikā 300 g uzkrātā glikoze pilnīgi izlietojas uzturot glikozes koncentrāciju asinīs 5 mM.

Otrs ceļš uzturā uzņemtās glikozes enerģijas apjoma uzkrāšanai aknās ir tās metabolizēšana par taukiem. Aknas tauku lodītes lipoproteīnus izdala asinīs (skat. Aptaukošanās un holesterīns) un lipoproteīnu lodītes nokļūst pie visām organisma šūnām un tai skaitā tauku šūnās uzkrājas tauki palielinot tauku šūnas izmērus.

Pārmērīga ogļhidrātu lietošana uzturā var novest pie aptaukošanās, bet badošanās noārda muskuļu olbaltumvielas arī sirds muskulatūrā, lai uzturētu glikozes koncentrāciju cilvēka asinīs 5 mM. Tas vājina muskulatūras šūnas arī sirdi.

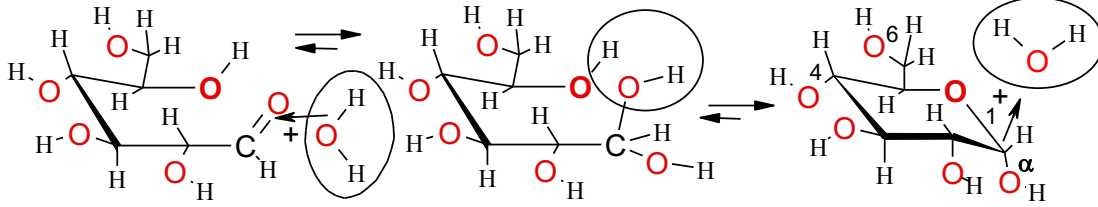
Ja novājinātai muskulatūrai uzliek fizisku pārslodzi, tad muskuļu šūnas iet bojā, un šo slimību apzīmē ar vārdu miokarda infarkts vai tautas valodā sirds trieka. Visos gadījumos iemesli ir nepietiekama glikozes koncentrācijas piegāde zem 4 mM sirds muskuļu šūnām vai arī sirds asinsvadu nosprostošanās, holesterīna izgulsnēšanās dažādu ārēju faktoru iespaidā vai arī organisma badošanās dēļ. Mums jāiegaumē, ka badošanās bremzē smadzeņu darbību, attīstību un vājina cilvēka prāta spējas, kas īpaši nelabvēlīgi iespaido bērna augšanu un attīstību.



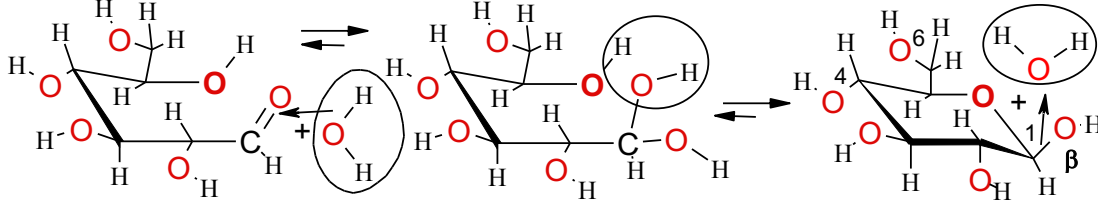
15 att. Glikozi uzturā uzņem ar saldiem augļiem, ar kartupeļiem, ar cukurbiešu vai cukurniedru cukuru, ko sauc par galda cukuru, ar maizi un miltu ēdieniem, piemēram, putraini, mannas, makaronu u.c. ēdieniem.

Ūdens koncentrācija 55,3 M virzīta cikliskas glikozes un fruktozes veidošanās

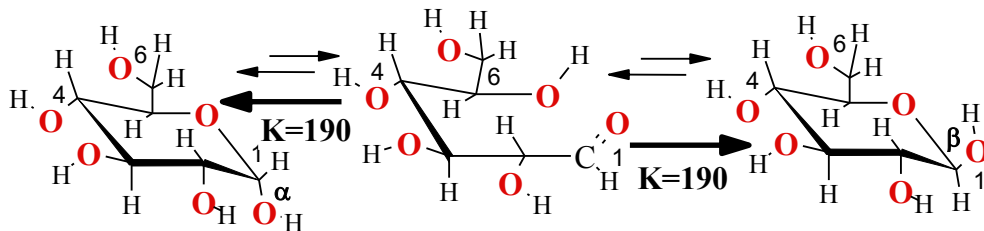
Lekcija 6. lpp: <http://aris.gusc.lv/BioThermodynamics/CarbohydratesProteins.pdf>



Ūdens skābekļa atoms pievelkas oglekļa atomam un pēc ciklizēšanās ūdens atgriežas



Atvērtā virknes $K \geq 190$ $K_{eq} = \frac{[\text{cikliska}]}{[\text{atverta}]} = 190$ masas daļa $w\% = 1/191 * 100\% = 0.05\% \dots$



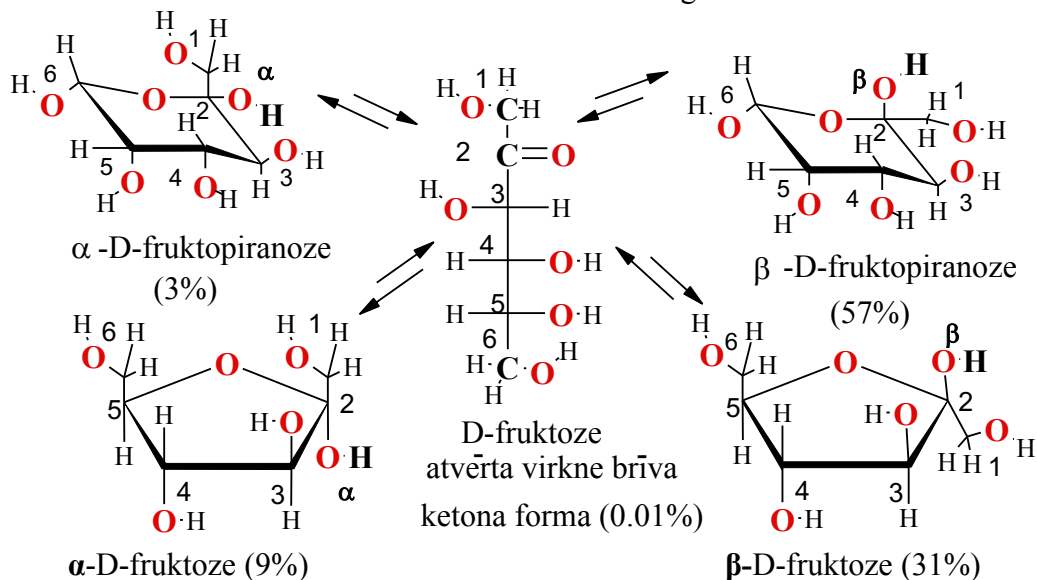
α -D-glikoze kušana 146°C $[\alpha] = +112^\circ$, β -D-glikoze kušana 190°C $[\alpha] = +19^\circ$

Hemiacetāla cikliskās alfa α - un beta β - formas.

Alfa un beta glikozes formas ir bioķīmiski un fizioloģiski atšķirīgas.

Alfa glikoze ir struktūrvienība cietes, amilozes polimērā.

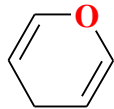
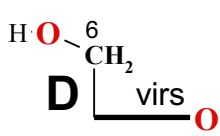
Beta glikoze ir struktūrvienība celulozes polimērā.



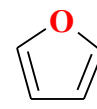
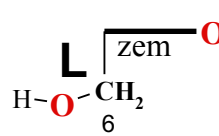
Vienīgā bioķīmiski un fizioloģiski nozīmīga cikliskā forma metabolismā-vielmaiņā ir β -D-fruktoze (31%) ūdens šķīduma līdzsvarā ar atvērto D-fruktozes C6 virkni.

$K_{līdz} = \frac{[\text{cikliska}]}{[\text{atverta}]} = 9999$ atvērtas virknes masas daļa $w\% = 1/10000 * 100\% = 0.01\% \dots$

Ciklisko hemiacetāla vai hemiketāla D- (bet vienīgi fukoze L-) Heiverta projekcijas

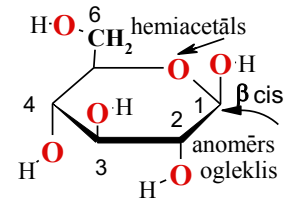
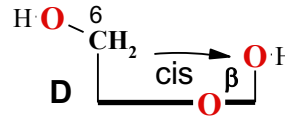
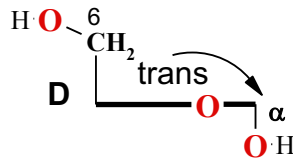
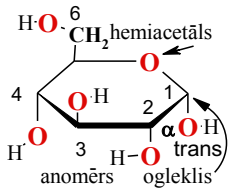


Piranozes cikls



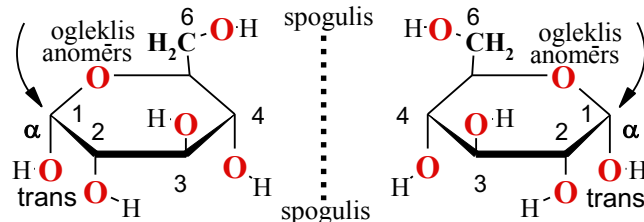
Furanozes cikls

Furanozes un piranozes, α - un β - (*trans* - un *cis* - izomēri) monosaharīdi.

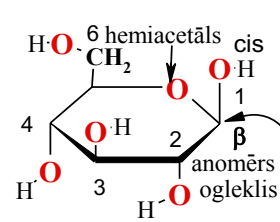


← Enantiomērs →

← Epimērs pie C1 →



spoguļa attēls α -L-glikoze no α -D-glikozes

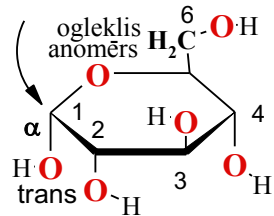


β -D-glikoze

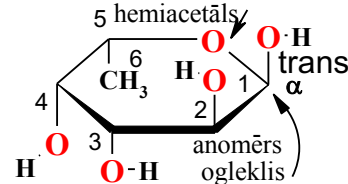
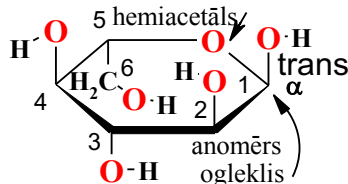
spoguļa attēls

Heiverta projekcijā

← C4 epimērs α -L-6deoksi-galakteze →



spoguļa α -L-glikoze Heiverta α -L-glikoze

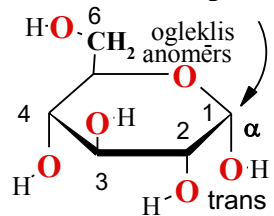


α -L-fukoze

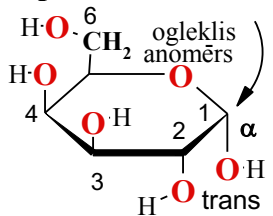
α -L-fucose vienība ir saistīta ($\alpha 1 \rightarrow$) kā sānu grupa pie oligosaharīdu virknēm ekstra celulārā telpā cilvēka organismā kā **imunoloģiskais marķieris** saimnieka molekulāro vielu atpazīšanai vai svešķermeņu vielu - antigēnu saistīšanu un aizvākšanu.

← Epimērs pie C4 →

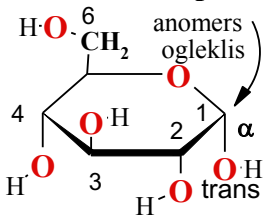
← Epimērs pie C2 →



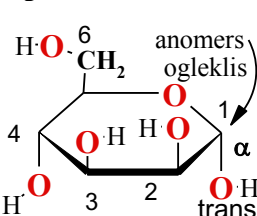
α -D-glikoze



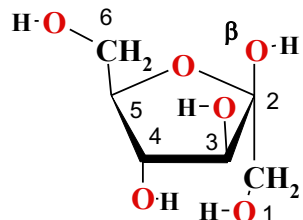
α -D-galakteze



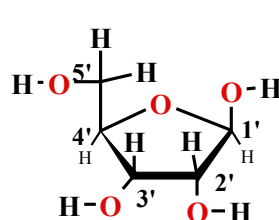
α -D-glikoze



α -D-mannoze

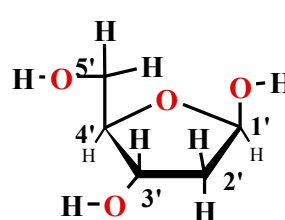


β -D-fruktoze (31%)



β -D-riboze

RNS ribozes fosfāta polimēra mugurkaula komponente

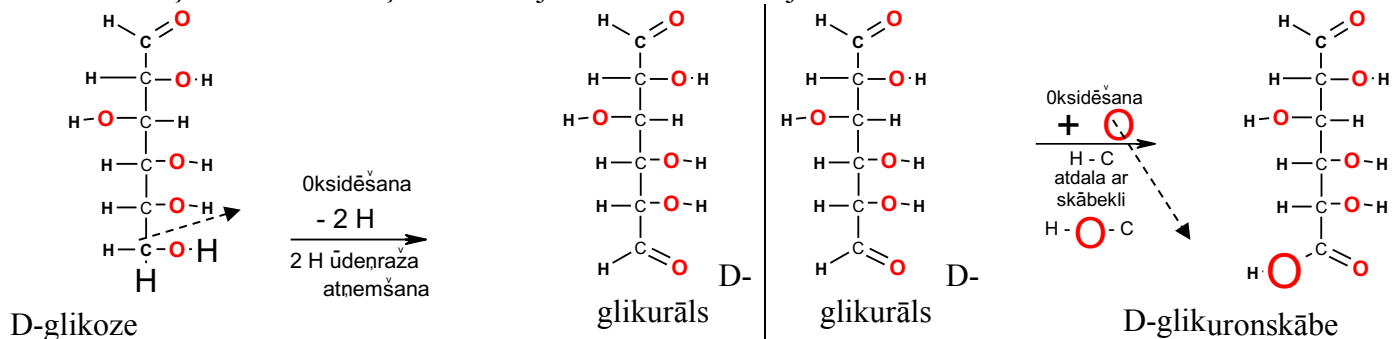


β -D-2-deoksi-riboze

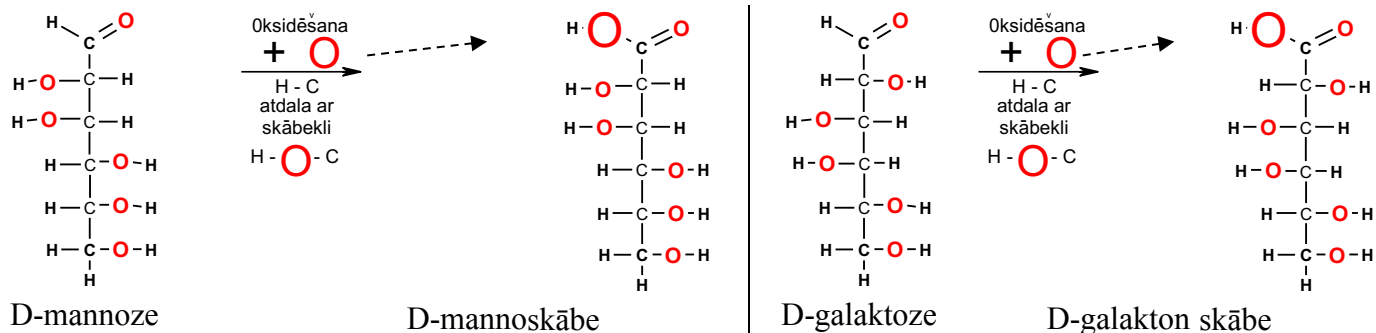
DNS deoksi ribozes fosfāta polimēra mugurkaula komponente

Reakcijas produkti ogļhidrātu atvērtajās virknēs !
 Glikozes sestā oglekļa C6 hidroksila divpakāpju **oksidēšanas** reakcijas:

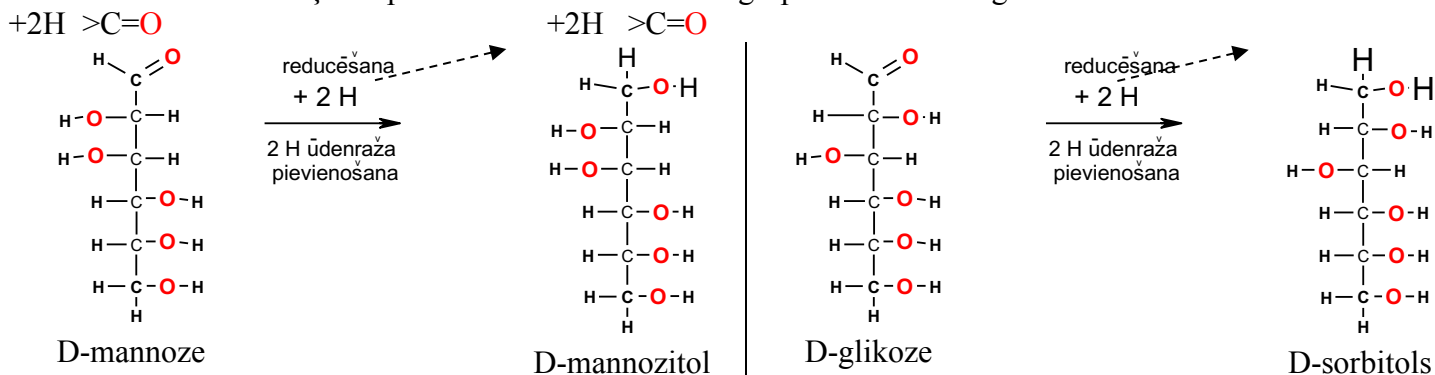
C6 oksidēšana atņemot divus ūdeņražus. Otrajā oksidēšanā veidojot -COOH skābi:



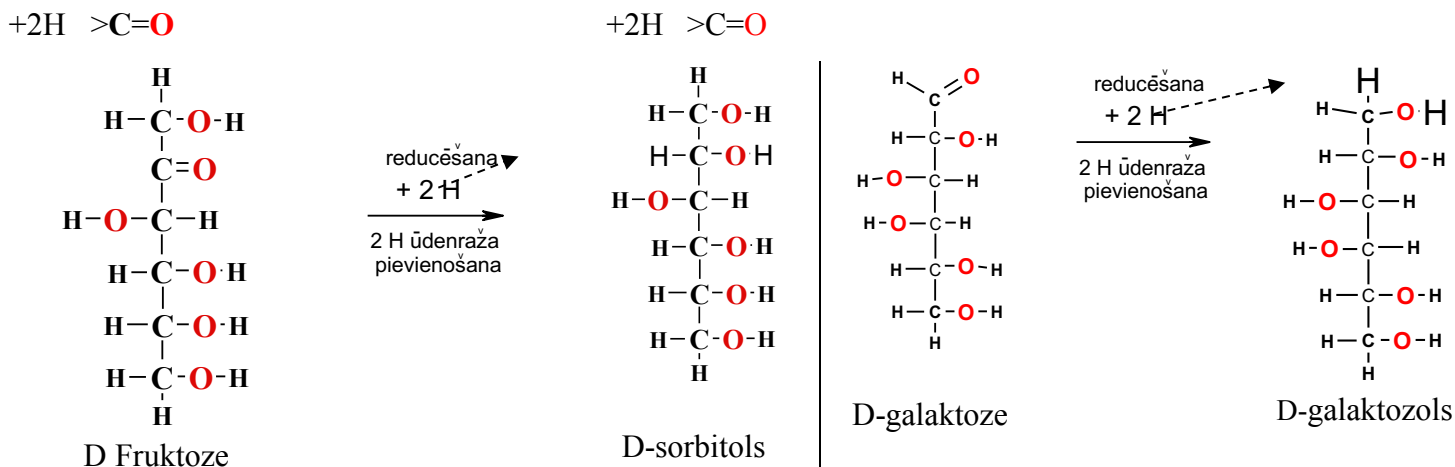
Aldehīda oksidēšana ar skābekli O atdala H - C ūdeņradi no oglekļa H - O - C



Reducēšana ir divu ūdeņražu pievienošana 2H karbonila grupai mannozē un glikozē

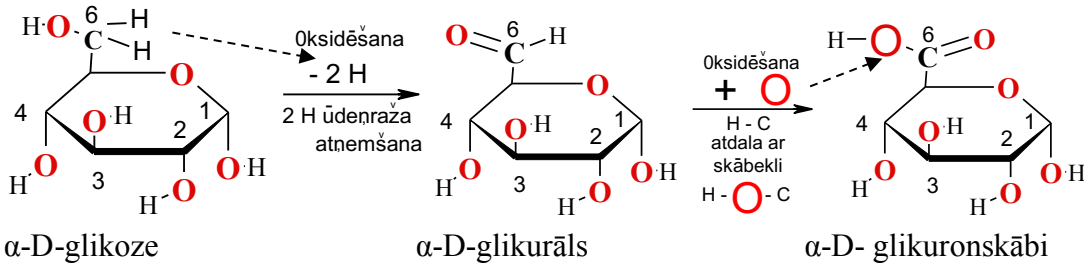


Fruktozē un galaktozē reducēšana ir divu ūdeņražu pievienošana 2H karbonila grupai



Oksidēšanas, skābes bāzes un fosforilēšanas reakcijas !

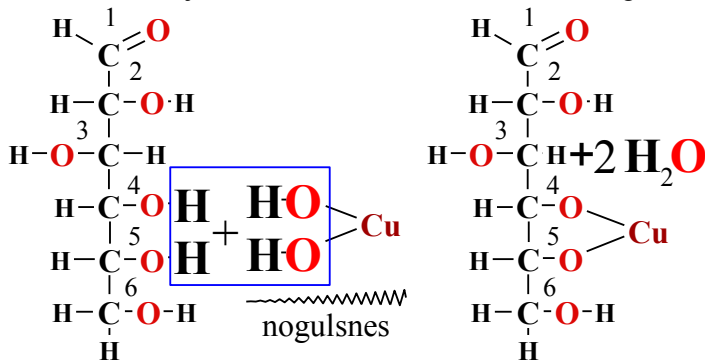
1. Atņemot divus ūdeņražus no glikozes 2. glikurāla oksidēšana veido glikuronskābi



Pierādīt hidroksila grupas glikozē ($C_6H_{12}O_6$) vara glikolāts un fosfāta esteri

Divu vai vairāku blakus oglekļu atomu hidroksila grupas **-CHOH-CHOH** piešķir aldo- un keto-heksozēm daudzvērtīgu spirtu īpašības, kuras šķīdina **vara(II)** hidroksīda nogulsnes **Cu(OH)₂↓**. Iegūtais **vara(II)** glikolāta savienojums ir kompleksais savienojums un tā pēc šķīstošs ūdenī. Tam piemīt intensīvi zila krāsa: **CuSO₄ + 2 NaOH** \longrightarrow **Cu(OH)₂↓** + **Na₂SO₄**

vara sulfāts nātrija hidroksīds **vara** hidroksīda nogulsnes nātrija sulfāta šķīdums



Aprakstiet novērojumus!

Kā pēc krāsas izmaiņās?

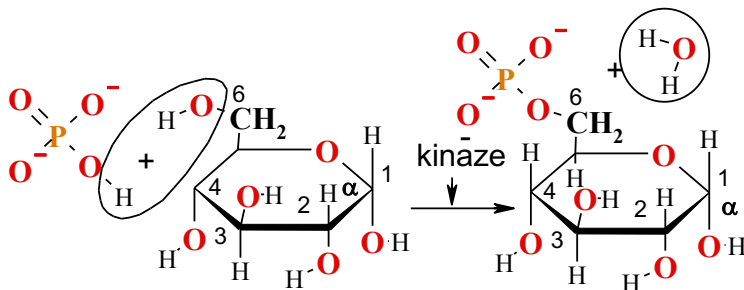
Kāds pamatojums izmaiņām?
Kas izraisa šādas pārvērtības?

D-glikoze **vara(II)** hidroksīds **vara** glikolāts zils šķīdums ūdenī

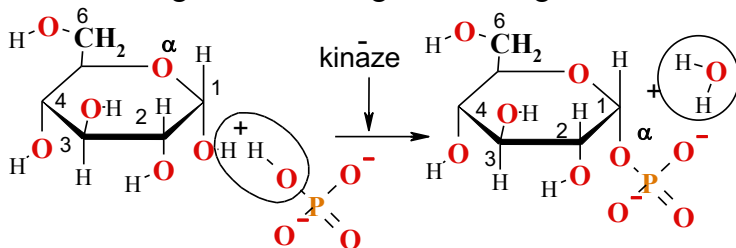
Darba gaita. Mēģenē samaisa vienu 1 pilienu **vara(II)** sulfāta **CuSO₄** šķīdumu ar sešiem 6 pilieniem nātrija hidroksīda **NaOH** šķīdumu. **Vara(II)** hidroksīda nogulsnēm **Cu(OH)₂↓** piepilina vienu-divus 1-2 pilienus glikozes **C₆H₁₂O₆** šķīdumu. Labi samaisa pagatavoto šķīdumu!

Vai jūsu novērojumi atbilst aprakstītajam tekstā? Atzīmēt kas sakrīt un kas nesakrīt!

Hidrolāzes E.2 klases enzīmi kināzes esterificē-fosforilē hidroksila grupu >HC-OH



HPO₄²⁻ hidrogenfosfāts α -D-glikoze α -D-glikozes-6-fosfāts²⁻



HPO₄²⁻ hidrogenfosfāts α -D-glikoze-1-fosfāts²⁻ Glc1P²⁻ un ūdens

Aprakstiet fosforilēšanas nozīmi koncentrācijas gradienta veidošanai glikozei iekļūstot šūnā!

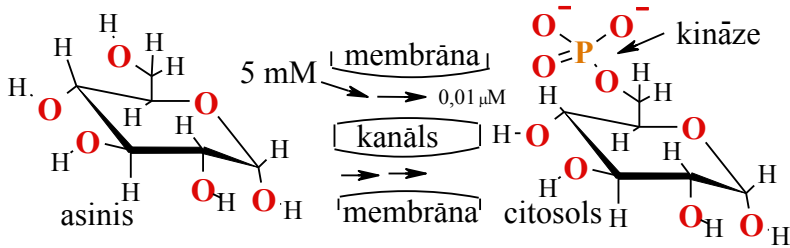
Fizioloģiskais pH=7,36
protolītiskajā līdzsvarā nosaka
-2 lādiņu pie fosfāta
D-Glc6P²⁻
Neitrāla glikoze D-Glc iegūst
negatīvu lādiņu -2
ar fosfāta grupu.

Uzzīmēt esterifikācijas reakcijas
E.2 klases enzīmu
Kināzes-Hidrolāzes
virzītus produktus
 α -D-glikozes-1-fosfātu²⁻ un
ūdeni!

Glikoze transportu cauri šūnu membrānām no asinīm uzņemot šūnā virza

koncentrācijas gradients $[Glc_{asinis}] = 5 \text{ mM} > [Glc_{citosols}] = 0.01 \text{ } \mu\text{M}$.

↓ Ārpus šūnas $[Glc_{asinis}] = 5 \text{ mM}$ iekšu šūnā glikozi fosforilē heksokināze tā pēc

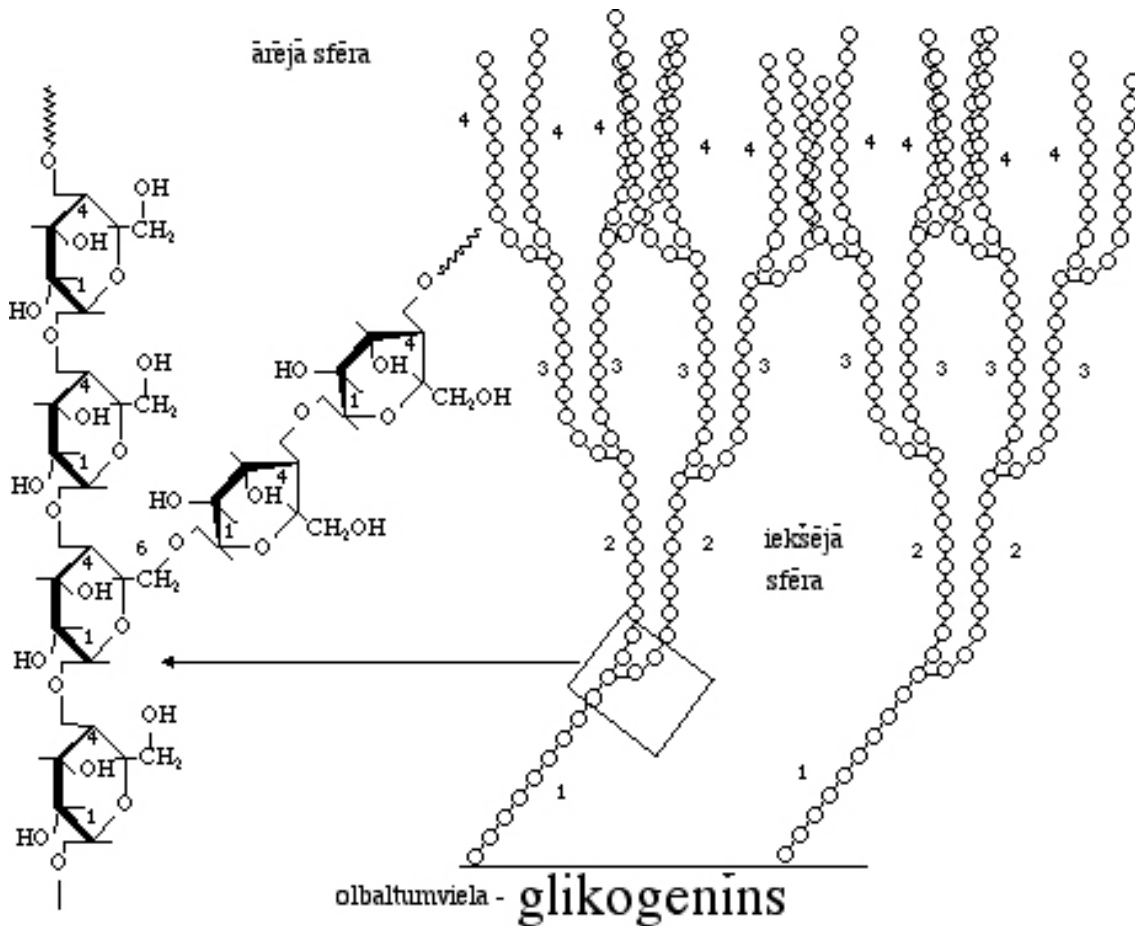


koncentrācija samazinās
no 5 mM līdz
 $[Glc_{citosols}] = 0.01 \text{ } \mu\text{M}$ vērtībai, jo
fosforilētās
glikozes $[Glc6P^{2-}]$ koncentrācija
nietekmē glikozes gradientu
abpus membrānai.

Polimērs glikogēns uzkrāj šūnu citosolā $[Glc] = 0.4 \text{ M}$ glikozes vienības.

Glikogēna kopējais daudzums labi barotā pieaugušā ķermenī ir 350 g, gandrīz līdzvērtīgi sadalās starp aknām un muskuļiem. Cilvēka muskuļu un aknu šūnas uzkrāj 350g glikozi uz nakti. Hidrolīzē no glikogēna glikozes molekulas cilvēka organisms patērē nakts miera 8 stundu laikā, lai uzturētu asins glikozes normālu koncentrāciju $[Glc] = 5 \text{ mM}$. Glikogēns ir ogļhidrātu rezerve dzīvniekos.

Līdzīgi amilopektīnam augos, glikogēns ir nelineārs-sazarots polimērs D-glikozes saistīšanai ar α -1,4- un α -1,6-glikozīdisko saitēm, bet tam ir mazāka mola masa un ar izteiktāki sazarotu struktūru (Zīmējums).



Zīmējums Glikogēns ir izteikti sazarots polimērs ar D-glikozi saistītu α -1,4-glikozīdu saitēm 10-18 vienībām virknē. Sazarošanās pozīcijā divas glikozes vienības saistītas ar α -1,6-glikozīdisko saiti.

Jēdzieni un termini. Kompozītu ogļhidrātu uzbūve un klasifikācija. Struktūru veidi: disaharīdu glikozīdiskās saites **C-O-C** maltozē, laktozē un saharozē. Raksturīgas atšķirības glikozīdiskās **-O-** sasaistēs vērojamas **maltozes, laktozes, celobiozes, saharozes, cietes, glikogēna** un **celulozes** molekulu struktūrās. Atšķirības saharīdu šāda veida sasaistēs 1-4 un 1-1 vai 1-2 uzrāda ķīmiskās īpašības, kuras klasificē par **reducējošiem ogļhidrātiem** un par **nereducējošiem ogļhidrātiem**.

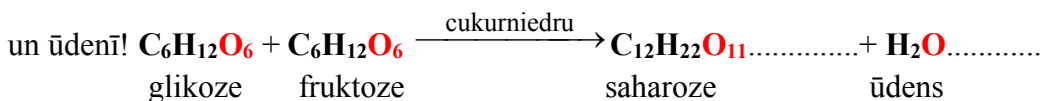
Kompozīto ogļhidrātu hidrolīze. Fruktozes inversija. Cietes un celulozes pakāpeniskas hidrolīzes produkti. Kompozīto ogļhidrātu hidrolīzes produktu pārbaude.

Adresē: <http://aris.gusc.lv/ChemFiles/Saharides/SSViewer/SSVFrameset.htm>

Sintēzes (polikondensācijas) un **hidrolīzes** E.2 klases hidrolāzes enzīmu virzītas reakcijas

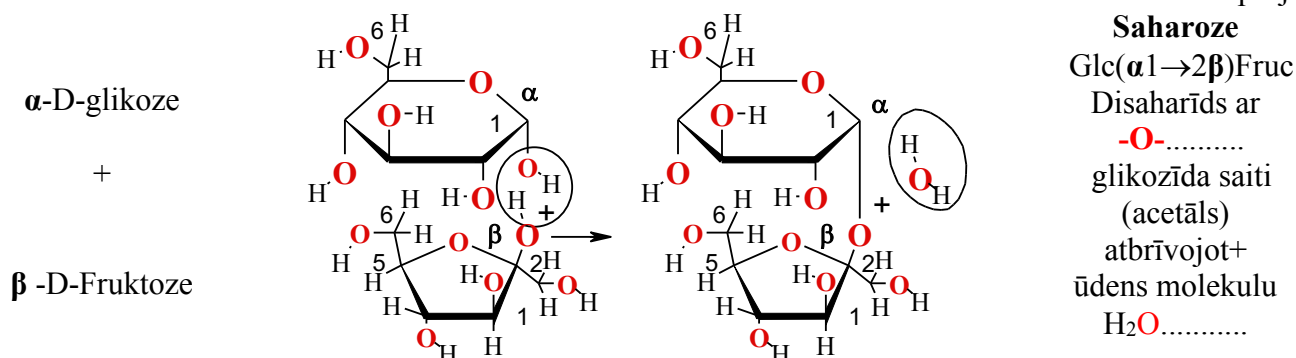
Uzrakstīt ogļhidrātu **polikondensēšanās - sintēzes** reakcijas veidojot disaharīdus ar glikozīdu saiti **-O-**..... (acetālu veidošanās) atbrīvojot ūdens molekulu.

Uzrakstīt polikondensēšanās molekulāro izteiksmi glikozei ar fruktozi savienojoties saharozes molekulā – cukurā



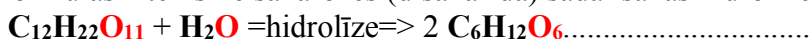
Uzrakstīt polikondensēšanās molekulāro izteiksmi glikozei ar fruktozi savienojoties saharozes molekulā – cukurā un ūdenī!

Uzzīmēt disaharīda struktūru Heiverta projekcijā!



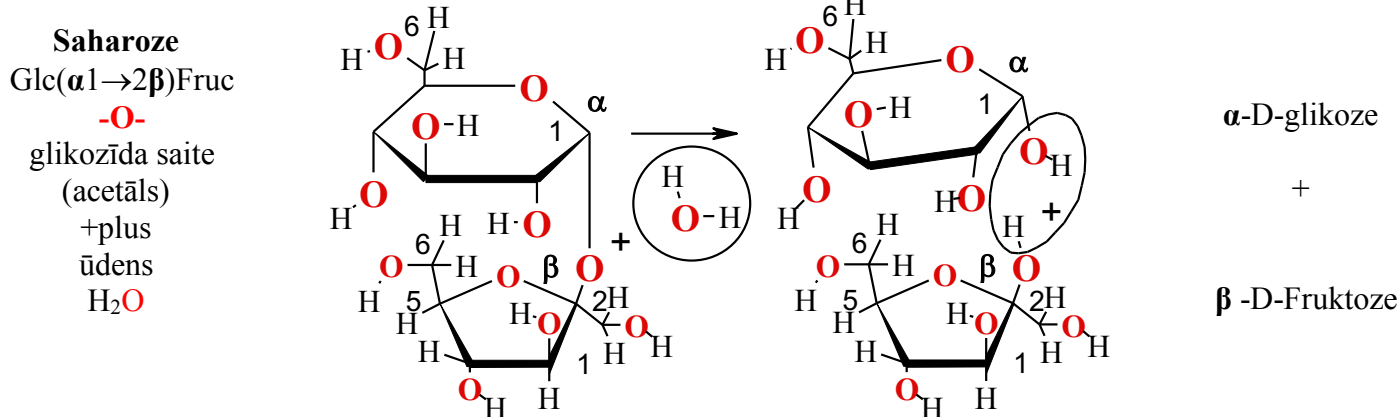
Hidrolīzes reakcija ir atgriezeniski pretēja **sintēzes (polikondensācijas)** reakcijai.

Uzrakstīt formulas izteiksmē saharozes (disaharīda) sadalīšanas hidrolīzei ar ūdeni,



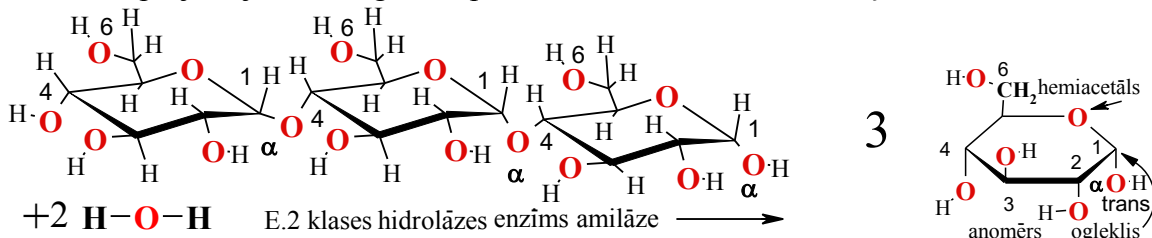
disaharīds divi monosaharīdi glikoze un fruktoze!

Uzrakstīt Heiverta projekcijas saharozes (disaharīda) sadalīšanas hidrolīzei ar ūdeni divās struktūrās par glikozi un par fruktozi produktos!



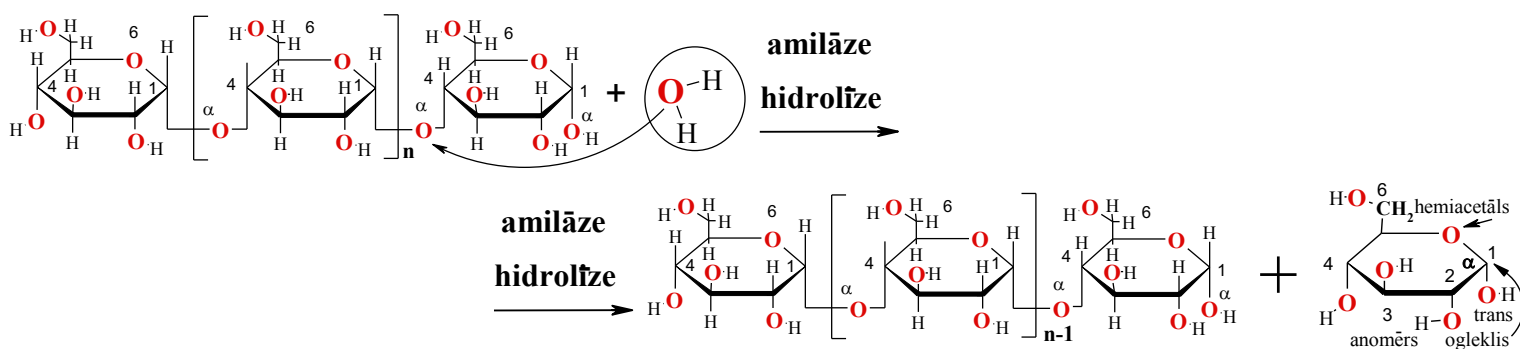
Augi uzkrāj fotosintēzes reakcijā iegūto **cietes** polimēru $(C_6H_{10}O_5)_n$, kur skaitlis **n** var sasniegt **n=1000000** vienu miljonu glikozes vienību. Mikroskopā var redzēt veidotus molekulu agregātus sīkus, cietus graudus, kas tiek saukti latviski par "cieti"- cietes graudi. Glikozes saīsinātais apzīmējums ir Glc. Alfa α -glikozes molekulas saistītas kopā polimēra virknē.

Cietes triozes $\alpha 1 \rightarrow 4$ divu glikozīdu **-O-** saišu hidrolīzē ar E.2 klases hidrolāzes enzīmu amilāzi un attēlot Heiverta projekcijās 3 α -D-glikozi pēc hidrolīzes $C_6H_{12}O_6$ ūdens šķīdumā! Attēlot!

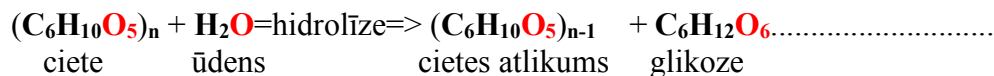


Trīs struktūras vienību secību attēlot Heiverta projekcijās struktūras formulu **cietei**. **Cietē**

Glc $[(\alpha 1 \rightarrow 4)Glc]_n(\alpha 1 \rightarrow 4)Glc$ **Cietes** hidrolīze $\alpha 1 \rightarrow 4$ glikozīda **-O-** tiltiņam starp glikozes struktūras vienībām Glc $(\alpha 1 \rightarrow 4)Glc$ noārda polimēra virkni atbrīvojot glikozes molekulu Glc atlikums Glc $[(\alpha 1 \rightarrow 4)Glc]_{n-1}(\alpha 1 \rightarrow 4)Glc$:



Cietes hidrolīzes produkts mono saharīds Cilvēka gremošanas traktā jau mutes siekalās ir enzīms amilāze.

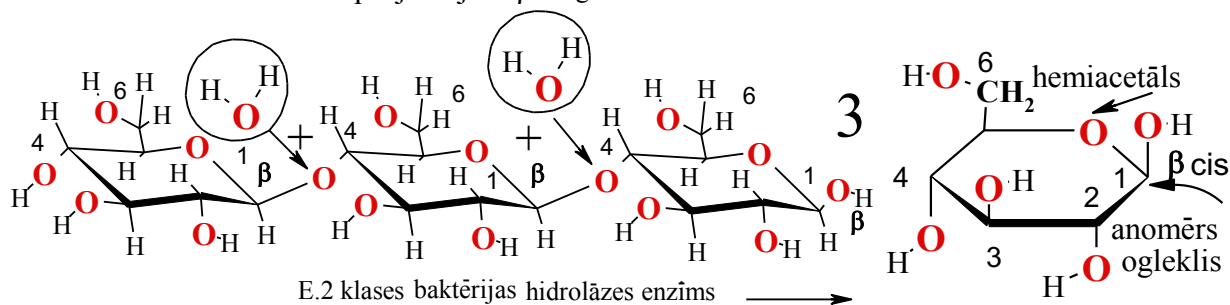


Augi fotosintēzes reakcijā iegūtās glikozes vienības lieto saistīšanai rāmja struktūrā ar šķērssi saitēm starp virknes šķiedrām **celulozē** $(C_6H_{10}O_5)_n$. **Celuloze** kalpo augu šūnās kā ķermeņa rāmis vai matrica un piešķir auga stiebram – organismam struktūru un mehānisku izturību.

Cilvēka gremošanas trakts nespēj hidrolizēt **celulozes** polimēra glikozīda **-O-** tiltus starp glikozes monosaharīdu struktūrvienībām $\beta 1 \rightarrow 4$ un $\beta 1 \rightarrow 6$.

Amilāze nespēj hidrolizēt **Celulozes** $\beta 1 \rightarrow 4$ un $\beta 1 \rightarrow 6$ skābekļa **-O-** glikozīda tiltus, jo atšķiras no struktūras skābekļa **-O-** glikozīdu tiltos $\alpha 1 \rightarrow 4$ un $\alpha 1 \rightarrow 6$. Tā pēc zāli un augu celulozi saturošas daļas pārtikā nevar lietot cilvēka gremošanas sistēmā.

Atgremotāj dzīvniekos ir īpašas baktērijas, kuras mājā priekškuņģī, atdalot brīvas glikozes molekulas no celulozes polimēra. Celulozes triozes divu $\beta 1 \rightarrow 4$ glikozīdu **-O-** saišu hidrolīzi ar baktērijas Hidrolāzes E.2 klases enzīmu un attēlot Heiverta projekciju 3 β -D-glikozes vienībai

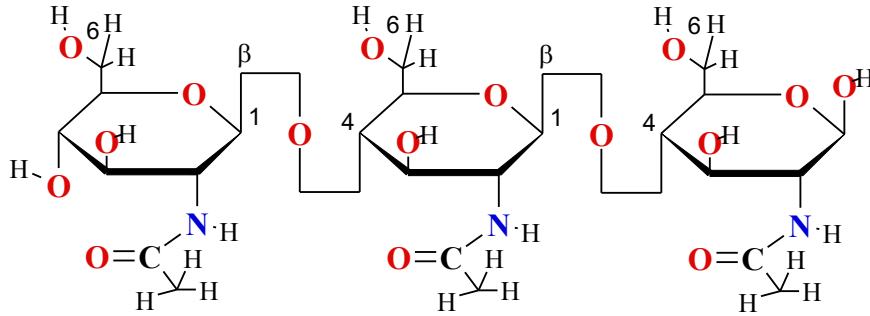


Brīvās glikozes satura barības masu dzīvnieki nogādā kuņģī un gremošanas traktā absorbē glikozi audos.

Adrese: <http://aris.gusc.lv/ChemFiles/Saharides/SSViewer/SSVFrameset.htm>

<http://aris.gusc.lv/ChemFiles/Saharīds/PolySaharīds/HyalurChondroitHeparKeratMucHTM/0GlycoProteinKomponentes.html>

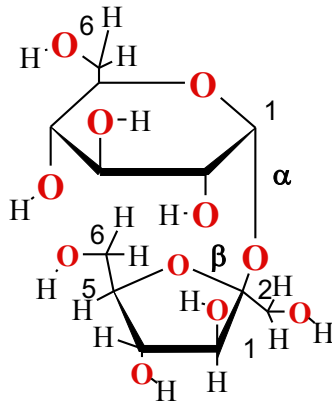
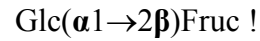
Heiverta projekcijas divām glikozīdu **-O-** sasaistēm savienojot trīs vienības GlcNA **hitīna triozē!**



β -NAcetil-D-glikozamīns β -NAcetil-D-glikozamīns β -NAcetil-D-glikozamīns

Heiverta projekciju glikozīda sasaistei

-O- ar glikozi un fruktozi **saharozē**

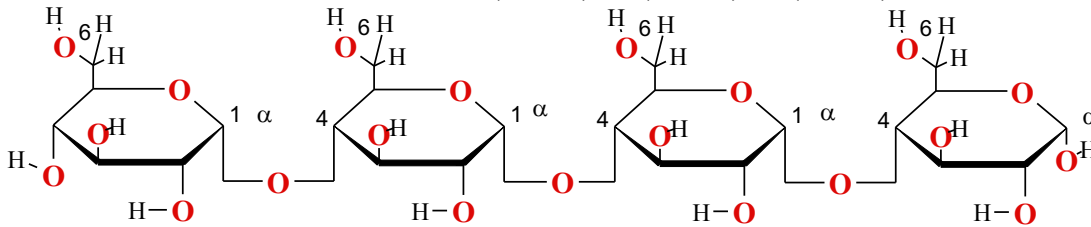
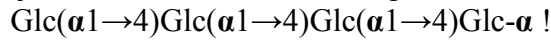


α -D-glikozes vienība

$(\alpha 1 \rightarrow 2\beta)$ -O- glikozīda saite (acetāls)

β -D-Fruktozes vienība

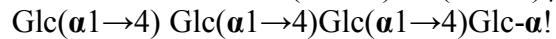
Heiverta projekcijas četru vienību sasaistei ar glikozīdu **-O-** saitēm **amilozē**



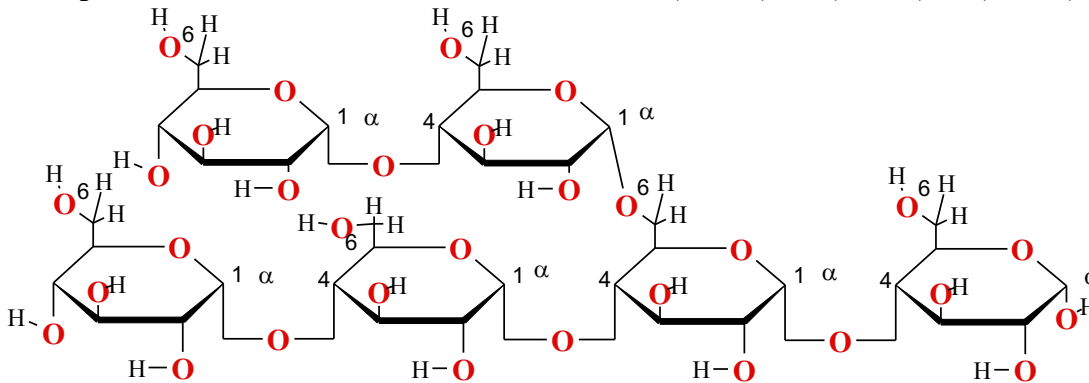
α -D-glikozes vienība α -D-

glikozes vienība α -D-glikozes vienība α -D-glikozes vienība

Heiverta projekcijas sazarotā sasaistē **-O-** $\text{Glc}(\alpha 1 \rightarrow 4) \text{Glc}(\alpha 1 \rightarrow 6) \downarrow$



amilopektīnā

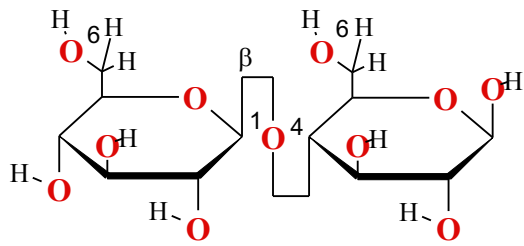


α -D-glikozes vienība α -D-glikozes vienība α -D-glikozes vienība α -D-glikozes vienība

Heiverta projekcijas glikozīda **-O-β1→4** sasaistē !

Celbioze

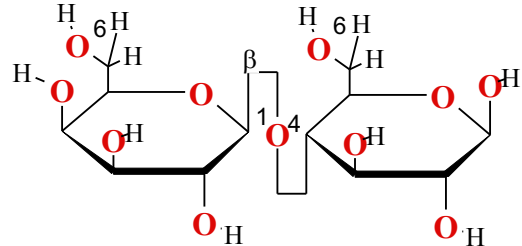
Glc(β1→4)Glc-β



β -D-glikozes vienība β -D-glikozes vienība

Laktoze !

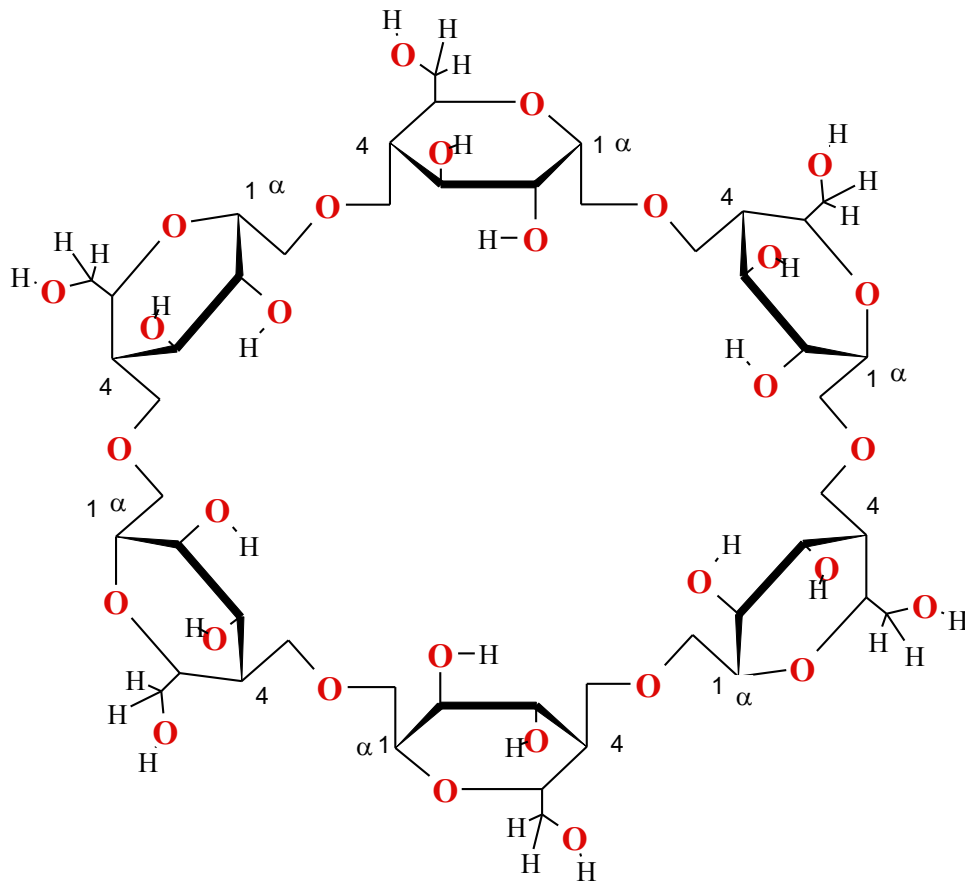
Gal(β1→4)Glc-β



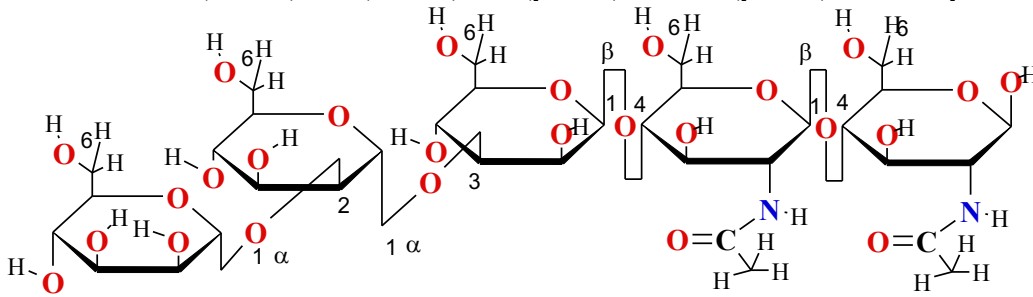
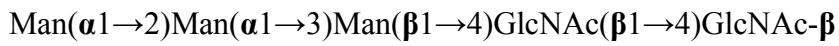
β -D-galaktoze β -D-glikoze

Heiverta projekcijas glikozīda **-O-α 1→4** sasaistē ! **Ciklo Heksa Amilozē!**

Glc(α1→4)Glc(α1→4)Glc(α1→4) Glc(α1→4)Glc(α1→4)Glc(α1→4) ciklā



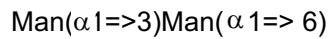
Heiverta projekcijas glikozīda **-O-** sasaistē ! **Mucīns lineārs !**



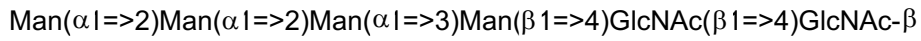
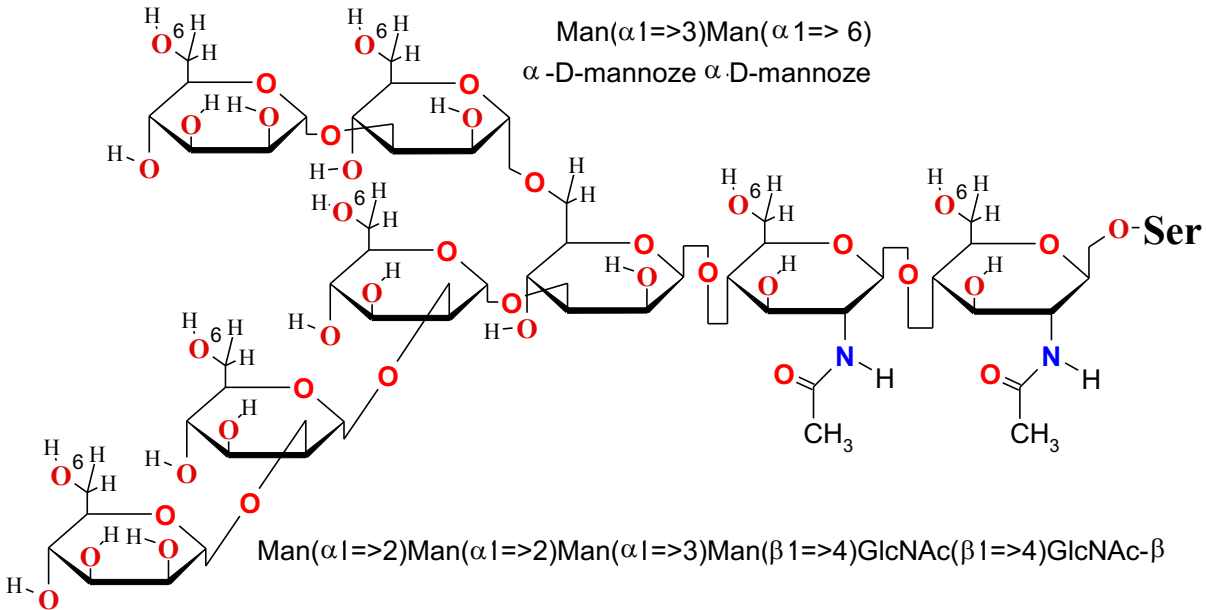
β -N-Acetil-D-glikozamīns β -N-Acetil-D-glikozamīns

α -D-mannoze α -D-mannoze α -D-mannoze

Heiverta projekcijas glikozīda **-O-** sasaistē ! **Mucīns sazarots (žāklis) !**

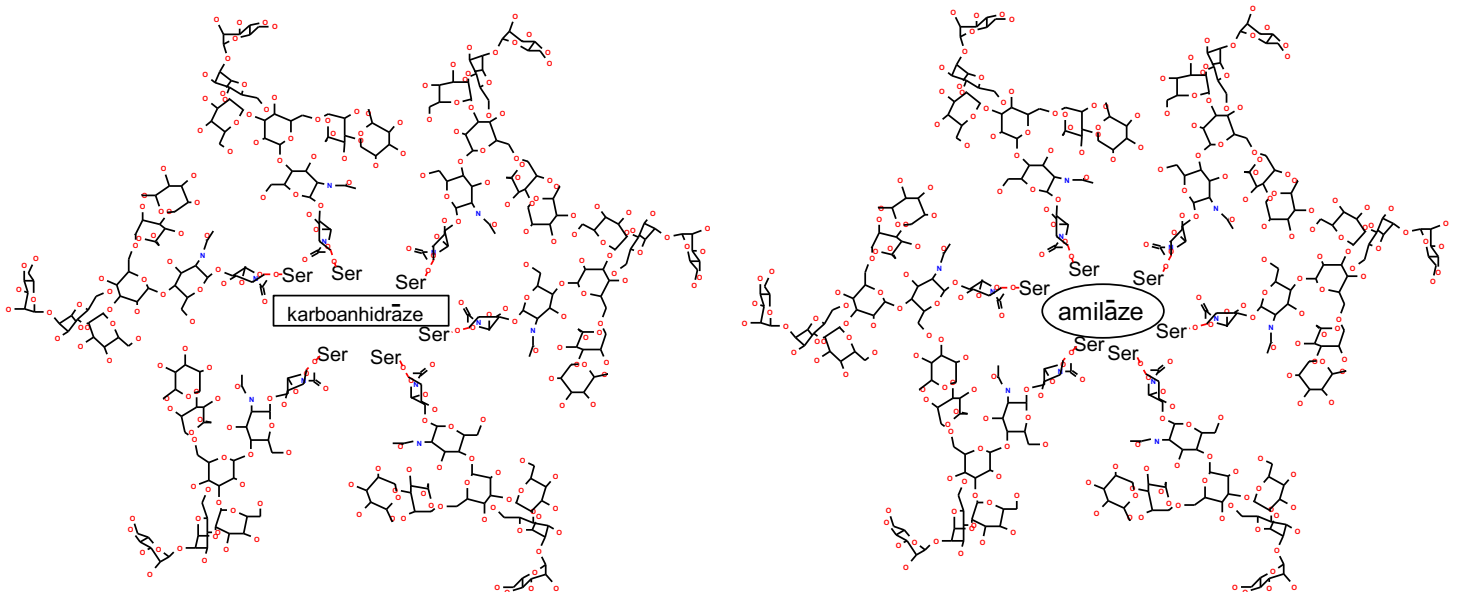


α -D-mannoze α -D-mannoze



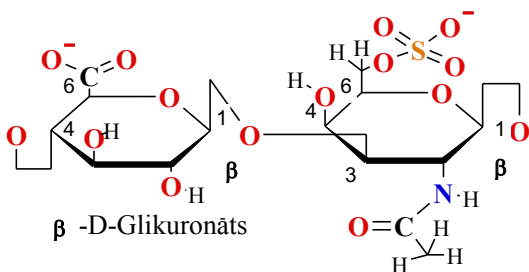
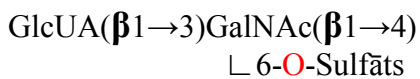
α -D-mannoze α -D-mannoze α -D-mannoze α -D-mannoze β -N-Acetil-D-glikozamīns

β -N-Acetil-D-glikozamīns

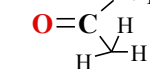


Astoņu disaharīdu struktūrvienības Heiverta projekcijās!

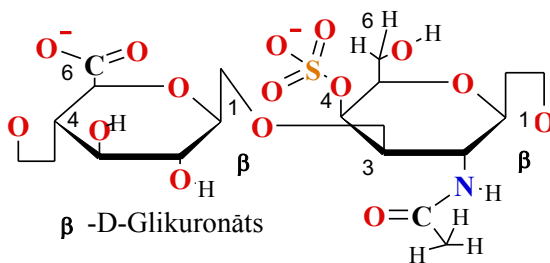
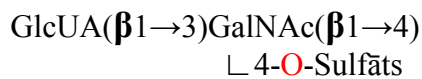
Hondroitīna 6-sulfāts



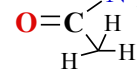
β -D-Glikuronāts



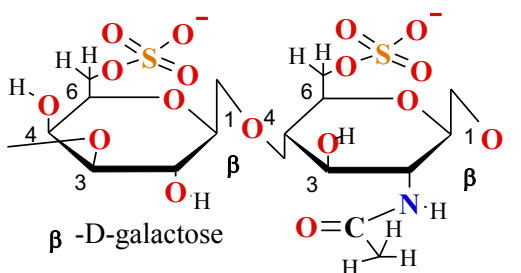
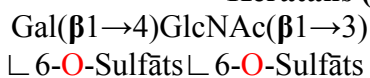
hondroitīna 4-sulfāts



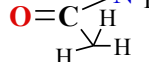
β -D-Glikuronāts



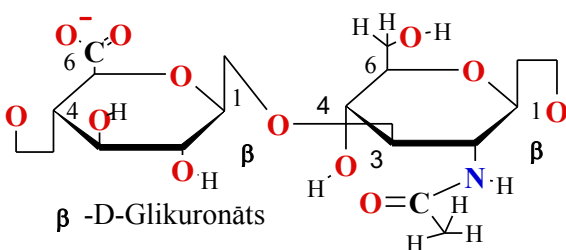
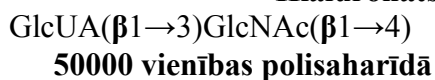
Keratāns (6-sulfāts)



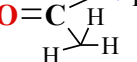
β -D-galactose



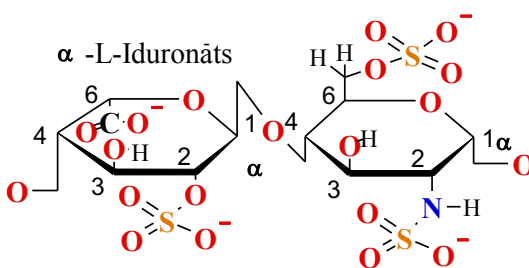
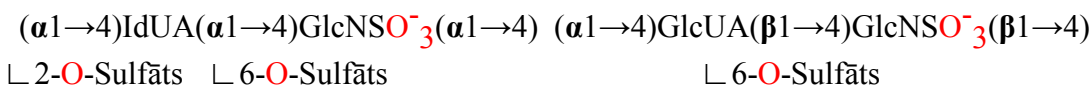
Hialuronāts



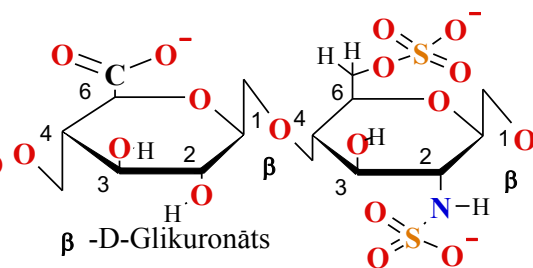
β -D-Glikuronāts



Heparīns

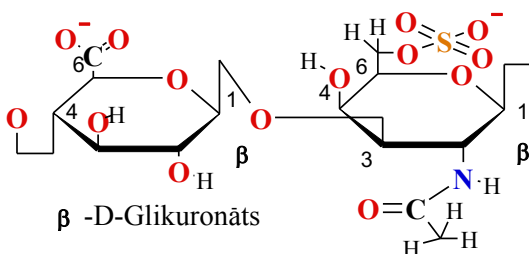
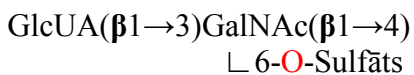


α -N-Acetil vai N-sulfo-D-glikozamīns

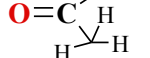


β -N-Acetil vai N-sulfo-D-glikozamīns

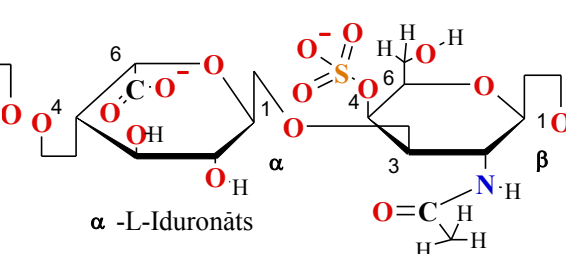
Dermatāna sulfāts 6-O-Sulfāts



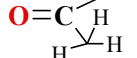
β -D-Glikuronāts



dermatāna sulfāts 4-O-Sulfāts



α -L-Iduronāts



β -N-Acetil-D-galaktozamīns-6-sulfāts

β -N-Acetil-D-galaktozamīns-4-sulfāts