

## Bioorganiskās vielas Ogļhidrāti

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

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.

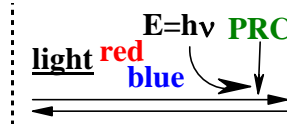
Enzīmu E.1 klases virzītā oksidēšana, reducēšana, E.2 klases kināzes esterifikācija-fosforilēšana.

Glikozes un  $O_{2\text{aqua}}$  **fotosintēze** zaļajos augos ar gaismas **zilo sarkano** fotonu enerģiju  $E=h\nu$

**Fotosintēze** =>

<= Glikolīze + Krebsa cikls

Bikarbonāts + Hidronija jons  
 $6\text{HCO}_3^- + 6\text{H}_3\text{O}^+ + \text{Q} + \Delta G_{\text{reakcija}}$



glikoze skābeklis ūdens  
 $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_{2\text{aqua}} + 6\text{H}_2\text{O}$

$$\Delta H_{\text{reakcija}} = (\Delta H^\circ_{\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6} + 6\Delta H^\circ_{\text{O}_2} + 6\Delta H^\circ_{\text{H}_2\text{O}}) - (6\Delta H^\circ_{\text{H}_3\text{O}^+} + 6\Delta H^\circ_{\text{HCO}_3^-}) = +2805,3 \dots \text{kJ/mol}$$

$$= -1263,78 - 6 \cdot 11,715 - 6 \cdot 285,85 - (6 \cdot -689,93 + 6 \cdot -285,81) = -3049,17 + 5854,44 = 2805,27 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta S_{\text{reakcija}} = (\Delta S^\circ_{\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6} + 6\Delta S^\circ_{\text{O}_2} + 6\Delta S^\circ_{\text{H}_2\text{O}}) - (6\Delta S^\circ_{\text{H}_3\text{O}^+} + 6\Delta S^\circ_{\text{HCO}_3^-}) = 787,6 \dots \text{J/mol/K}$$

$$= 269,45 + 6 \cdot 110,876 + 6 \cdot 69,9565 - (6 \cdot 98,324 + 6 \cdot -3,854) = 1354,45 - 566,82 = 787,6 \dots \text{J/mol/K}$$

$$\Delta S_{\text{izkļiede}} = -\Delta H_{\text{reakcija}} / T = -2805,27 \cdot 1000 / 298,15 = -9408,9 \dots \text{J/mol/K}$$

$$\Delta S_{\text{kopēja}} = \Delta S_r + \Delta S_{\text{izkļiede}} = 787,625 - 9408,9217 = -8621,3 \dots \text{J/mol/K}$$

$$\Delta G_{\text{reakcija}} = \Delta H_{\text{reakcija}} - T \cdot \Delta S_{\text{reakcija}} = 2805,27 - 298,15 \cdot 0,787625 = 2805,27 - 234,83 = 2570,4 \dots \text{kJ/mol}$$

Produktos  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_{2\text{aqua}} + 6\text{H}_2\text{O}$  akumulēta brīvā enerģija  $-2570,4 \text{ kJ/mol} = T \cdot \Delta S_{\text{kopēja}}$

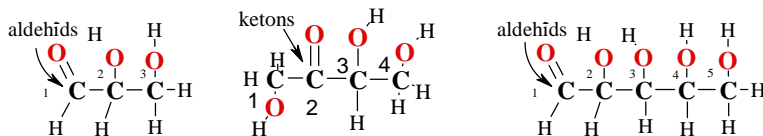
### Bioorganiskās vielas ir oglekļa-oglekļa savienojumu ķēdes C-C-C-C-C-C-C

Bioorganisko ogļhidratu molekulas veido oglekļa ķēdes combinatoriski no 1-7.

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

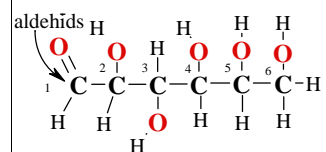
Ogļhidrātu oglekļa atomu ķēdes -C-C-C-C-C-C-

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

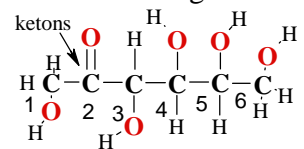


D-gliceraldehīds; ketotetroze D-eritruoze; aldopentoze D-riboze;

Heksozes -C-C-C-C-C-C-



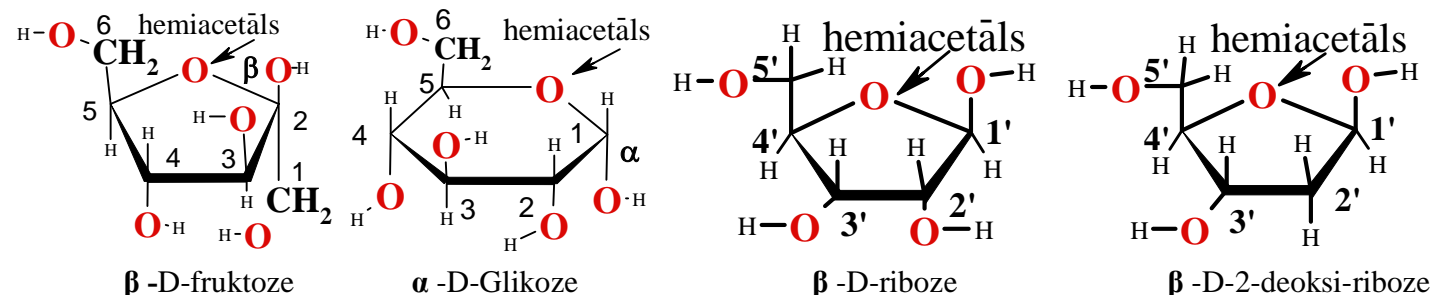
aldoheksoze D-glikoze



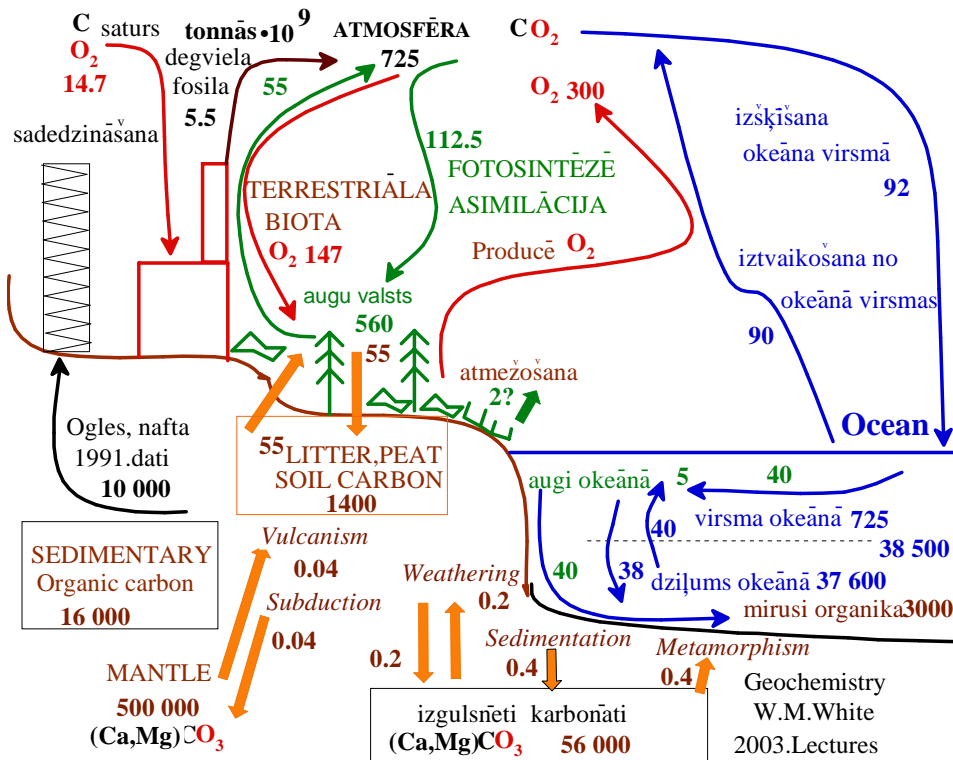
ketoheksoze D-fruktoze

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

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



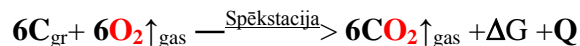
## Oglekļa 6 atomu savienojums glikoze plus 6 ūdens molekulas ir biodegviela



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, siltuma enerģiju. Cilvēce ar kurināmā izmešiem papildina atmosfēras  $CO_2$  ↑<sub>gas</sub> saturu 100% par plus 0,76% no kopējiem globāliem un kosmiskiem procesiem uz Zemes. Okeānos visos Zemes ūdeņos ir izšķīdis 53 reizes lielāks  $CO_{2aqua}$  daudzums kā atmosfērā 100%, bet karbonātu  $(Ca,Mg)CO_{3ciets}$  izgulsnējumi Zemes garozā satur 77 reizes vairāk  $CO_2$  kā atmosfērā 100%. Zaļo augu fotosintēze katru gadu asimilē  $CO_2$  daudzumu 15,5% no atmosfēras 100% un no

ūdens 53\*100%, producējot glikozi  $C_6H_{12}O_6$  ar oglekļa masu  $112,5 \cdot 10^9$  tonnas. Fotosintēzē izdalītais skābekļa daudzums atmosfērā  $300 \cdot 10^9$  tonnas stabilizē globālo  $O_2$  koncentrāciju atmosfērā 20,95%.

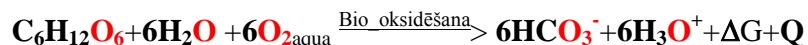
Sešu oglekļa atomu C-C-C-C-C-C degviela sadegot ar sešām skābekļa molekulām producē sešas  $CO_2$  molekulas..



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

1. Ogle nešķīst ūdenī tā pēc nešķīst šūnās un starpšūnu telpā.
2. Gāzveida skābeklis un ogļskābā gāze ir nāvējoši šūnu organismiem ( medicīniskis simptoms embolija), saplēšot un nosprostojojot transportu membrānās.

Glikoze  $C_6H_{12}O_6$  ar sešām ūdens molekulām  $6H_2O$  ir bio degviela sadegot ar sešām skābekļa molekulām.



Reakcija ir  $\Delta G_{\text{react}} = -2570,4 \text{ kJ/mol}$  eksoerģiska;  $\Delta H_{\text{react}} = -2805,27 \text{ kJ/mol}$  eksotermiska izdalās siltums Q.

1. Glikoze šķīst šūnās un starpšūnu telpā.
2. Skābeklis un ūdens osmozē cauri akvaporīniem nokļūst šūnās un mitohondrijā. Glikolīzes un Krebsa cikla produkti ģenerē koncentrācijas gradientu  $6HCO_3^-$ ,  $6H_3O^+$  virzienā ārā no šūnas izvadīšanai cauri protonu un bikarbonāta kanāliem. Skābekļa un ūdens osmoze cauri akvaporīniem norisinās pretēji osmolārās koncentrācijas gradientam  $\Delta C_{\text{osm}}$  <http://aris.gusc.lv/BioThermodynamics/ColigativePropertiesL.pdf> virzienā uz šūnu Bio\_ oksidēšanas 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 generatora gāzes vērtību  $2805 - 3000 \text{ kJ/mol}$ .

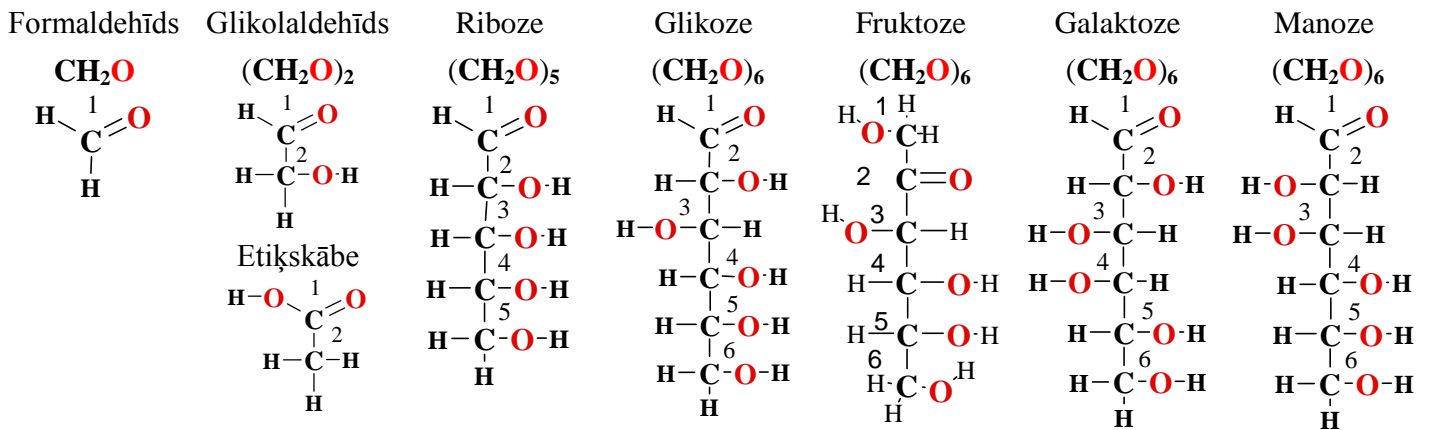
**Āris Kaksis 2018.gadā Rīgas Stradiņa universitātē Ar Aivara Grīnberga atļauju!**

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

**Ogļhidrāti ir polihidroksialdehīdi, polihidroksiketoni,** kombinatorika ar atomu grupu skaitļiem 1-7  $CH_2O$



**Generators gāzes  $6CO_{\uparrow gas} + 6H_2_{\uparrow gas}$  glikozes analogs degviela ēku apkurei un apgaismojumam**

Generators 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.)



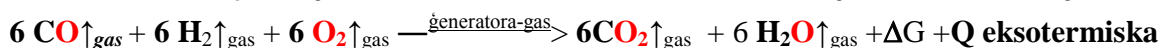
Otrā Rīgas gāzes fabrika

Generators 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 Maksis Rozenkrancs.

Sešu ģenerators gāzes  $6(CO_{\uparrow gas} + H_2_{\uparrow gas})$  komponentu degviela sadegot ar  $6O_2_{\uparrow gas}$  producē  $6CO_2_{\uparrow gas} + 6H_2O_{\uparrow gas} + Q$ .



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

1. Tvana gāze ir toksiska hromoproteīnu aktīvā centra hēma inde bloķējot šo enzīmu aktivitāti.
2. Gāzveida  $6H_2_{\text{gas}}$ ,  $6O_2_{\uparrow gas}$ ,  $6CO_2_{\uparrow gas}$ ,  $6H_2O_{\uparrow gas}$  ir nāvējoši šūnu organismiem (medicīniskais simptoms embolija), saplēšot un nosprostojojot transportu membrānās.

Āris Kaksis 2018.gadā Rīgas Stradiņa universitātē Ar Aivara Grīnberga atļauju!  
Kiralitāte (hiralitāte)

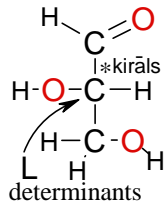
Adresē: <http://aris.gusc.lv/ChemFiles/Saharidss/SSViewer/SSVFrameset.htm>.

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

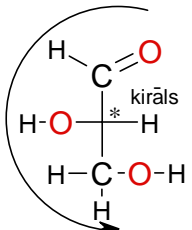
Oglekļa atoms ar četrām atšķirīgām piesaistēm ir **kirāls** divu optisko izomēru formā.

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



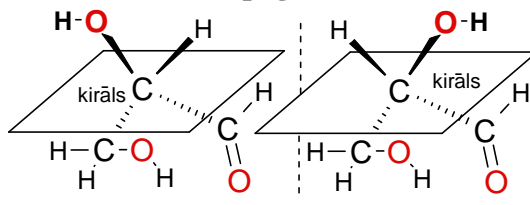
Fišera projekcija



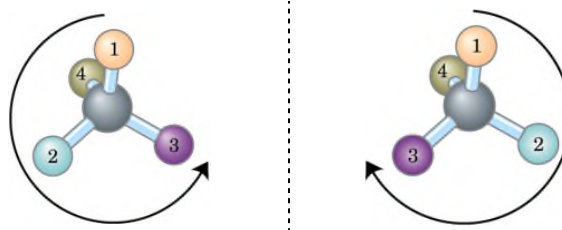
Pretēji pulksteņa rādītāja virzienam  
Counter Clockwise rotation CCW

**Pa kreisi** (Latīniski, *laevus*) **L -**

spogulis

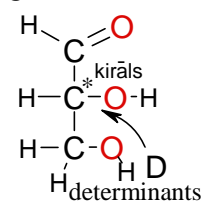


enantiomēri

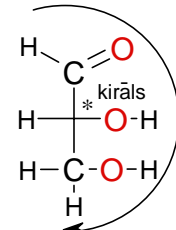


spogulis  
spogulis  
un

D-glicerāldehīds -Dexter D



Fišera projekcija

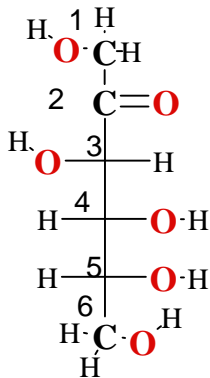


pulksteņa rādītāja virzienā  
Clockwise rotation CW

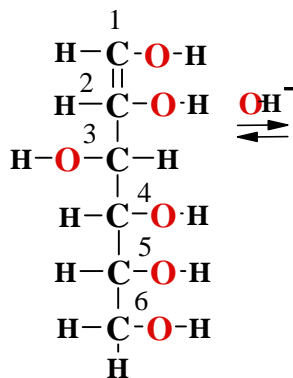
**pa labi** (Latīniski, *dexter*) **D -**

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

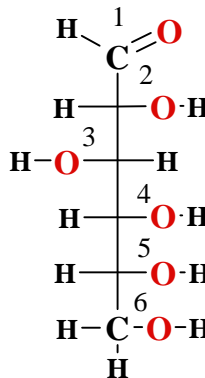
D-fruktozei



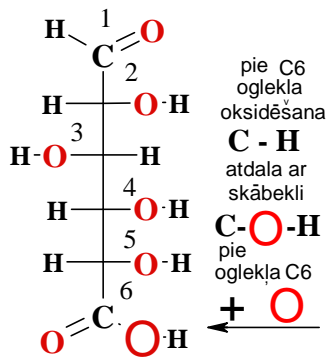
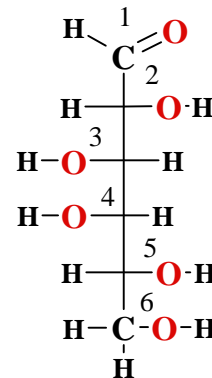
glikoenols



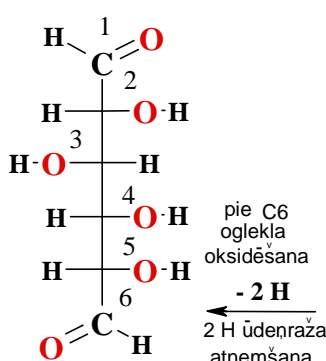
D-glikozei



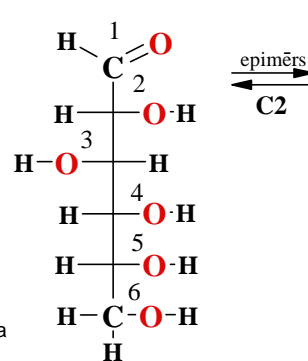
D-galaktozei



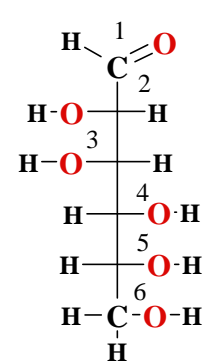
D-glikuronskābei



D-glikuronāls



D-glikozei

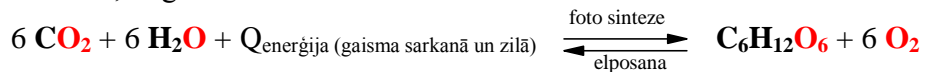


D-mannozei

## 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  $\text{C}_n(\text{H}_2\text{O})_n$ .

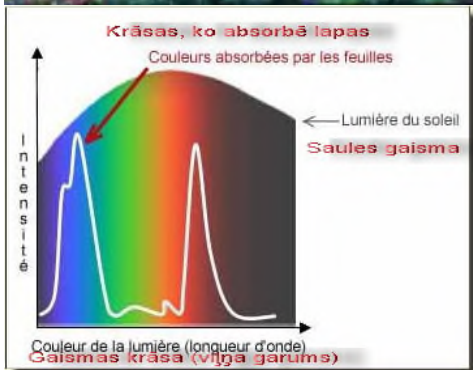
Šāda sastāva oglekļa un ūdens klātbūtni var pārbaudīt eksperimentāli. Mēģenē ieberot mazliet cukura un karsējot cukurs kūst, tad kļūst brūns kā grauzdēta karamele un visbeidzot pārdeg, bet mēģenes aukstajā daļā sakrājas ūdens pilieniņi. Tātad ogle un ūdens ataino ogļhidrātu sastāvu, kuru vispārīgā formula ir  $\text{C}_n(\text{H}_2\text{O})_m$  parādot molekulas sastāvu ar **n** oglekļa **C** atomiem un **m** ūdens **H<sub>2</sub>O** molekulām.

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

### 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.

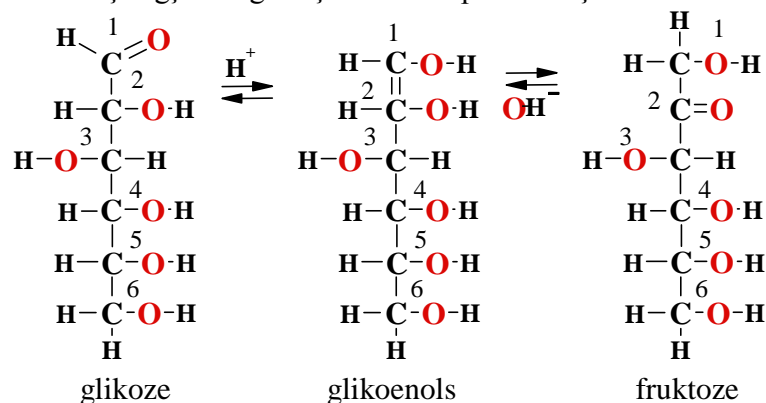


8. att. Augu valsts foto ar dažādas intensitātes zaļuma nokrāsām no gaiši zaļas līdz tumši zaļai. Baltā saules gaisma satur trīs krāsas gaismu sarkano, zaļo un zilo. Zaļie augi fotosintēzes reakcijās izlieto saules baltās gaismas sarkano un zilo gaismu, kā rezultātā mēs redzam pāri palikušo zaļo gaismu.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

**Āris Kaksis 2018.gadā Rīgas Stradiņa universitātē Ar Aivara Grīnberga atļauju!  
Monosaharīdi, nosaukumi un nomenklatūra**

Monosaharīdi ir mono mēru elementārposmi disaharīdu un polisaharīdu veidošanai dzīvajās 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 dārzeniem.



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.

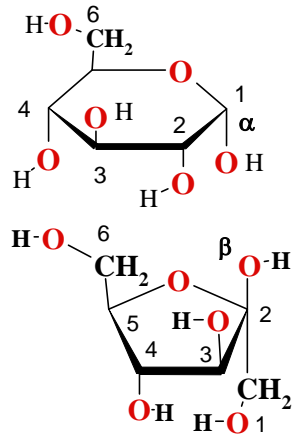
Fruktoze ir ketoheksoze ar keto grupu oglekļa atomu virknes sākumā pie otrā oglekļa atoma. Fruktoze ir sastopama augļos un ogās tāpēc to sauc arī par augļu cukuru.

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.

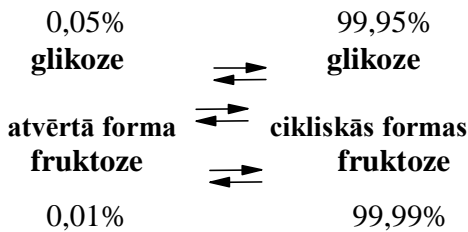


7 Att. Bumbieru, vīnogu, ābolu, apelsīnu, greipfrūtu, ķiršu fotogrāfijas. Augļos skābās sulas dēļ atrodas fruktozes ogļhidrāta ketoheksozes forma, kura ir divas reizes saldāka par glikozi. Tādēļ nogatavojušies augļi un ogas garšo ievērojami saldāk.

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  $\text{CuOH}$  nogulsnes. Karsējot ūdenī nešķīstošā bāze sadalās par vara(I) oksīdu  $\text{Cu}_2\text{O}$  ķieģeļsarkanā krāsā un ūdeni:



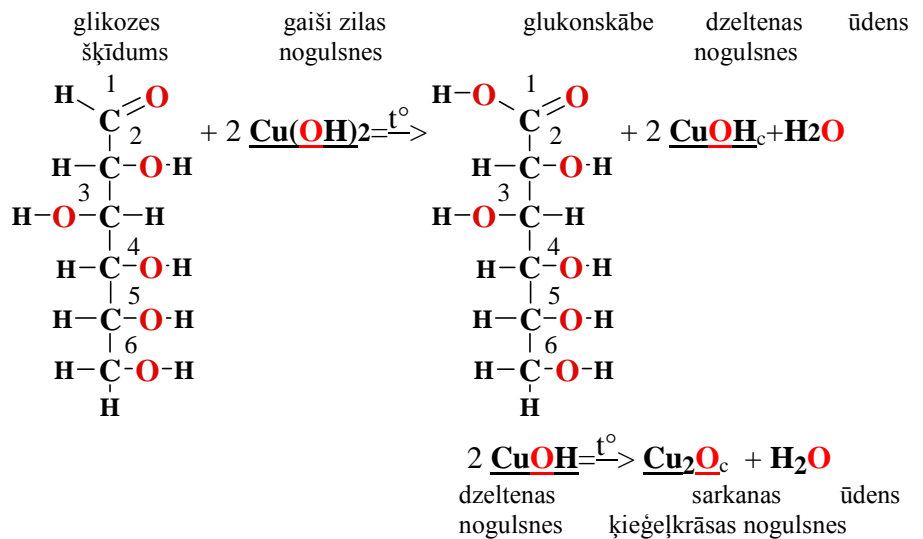
9. att. Cikliskā glikozes forma un cikliskā fruktozes forma veidojas ūdens polārās molekulas dēļ.



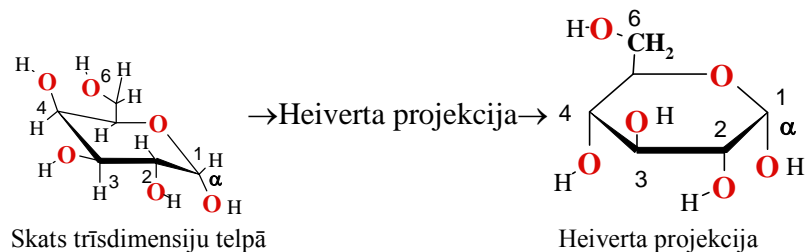
No visām glikozes cikliskajām formām un vienīgās atvārtās formas ūdenī līdzsvarā ir tikai 0,05% atvārtā forma ar brīvu aldehīda grupu. Fruktozes vienīgās atvārtās formas ketona daudzuma daļa ir vēl mazāka 0,01% no visām iespējamām formām gan cikliskajām gan atvārtās formas. Šāda līdzsvara attiecība ūdens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

## 6. Glikozes reakcijas

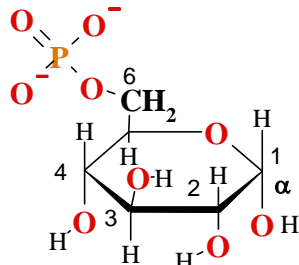
Glikozei ir zināmi astoņi raksturīgi reakciju tipi: aldehīda oksidēšanās reakcijas, aldehīdu glikozes molekulas ciklizēšanās reakcijas, aldehīda reducēšanas reakcija par spirtu, daudzvērtīgo spirtu reakcija ar vara hidroksīdu, spirtu esterificēšanās reakcijas ar skābēm, polikondensēšanās reakcijas (veidojot disaharīdus un polisaharīdus) rūgšanas reakcijas un bioloģiska oksidēšanās reakciju kaskāde līdz sadegšanas gala produktiem ūdens  $\text{H}_2\text{O}$  un oglekļa(IV) oksīds  $\text{CO}_2$  enerģijas iegūšanai dzīvības procesu uzturēšanai dzīvajos organismos, kura ir pretēja reakcija zaļo augu fotosintēzes reakcijai veidojoties glikozei  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$  un skābeklim  $\text{O}_2$  (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 taisņņu krustpunktos: 1,2,3,4,5 un pēdējais vai sestais ogleklis  $\text{H}\text{OCH}_2$  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 esteri ar spirta hidroksil grupām. Piemēram, glikoze iekļūstot šūnā gandrīz momentā esterificējas par glikozes fosforskābes esteru, lai varētu piedalīties daudzos, sekojošos pakāpeniskos oksidēšanas un enerģijas uzkrāšanas procesos glikolīzē un Krebsa - citronskābes – citrāta ciklā.

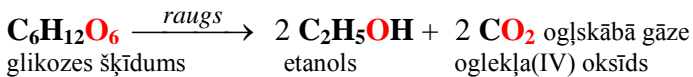


Glikozes fosforskābes esteri šūnas iekšpusē (pH=7,36) ir anjons ar negatīvu lādiņu -2 pie fosfāta.

### 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 reizēm un fermentu reakcijas specializācija neļauj veidoties iespējamajiem blakus produktiem. Fermentatīvajās reakcijās gala produkti veidojas bez piemaisījumiem, ātri un ar 100% iznākumu.

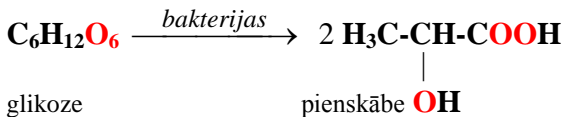
Alkoholiskā rūgšana norisinās rauga sēnīšu klātbūtnē noslēgtos no gaisa piekļuves norobežotos traukos, ko apzīmē ar terminu aneirobos apstākļos:



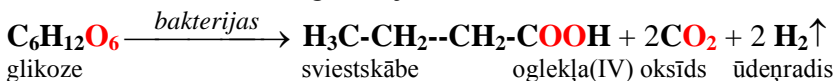
Ja rūgšanas glikozes maisījumam piekļūst gaisa skābeklis, tad veidojas etiķskābe:



Pienskābās baktērijas gaisa skābekļa O<sub>2</sub> 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:

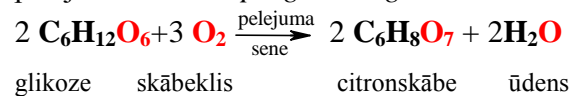


Ja pienskābes baktērijām nepiekļūst gaisa skābeklis, tad norisinās sviestā skābā rūgšana, jo rodas butānskābe - sviestskābe:



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

Glikozes citronskābo rūgšanu izraisa pelējuma sēnes *Aspergillus niger*:





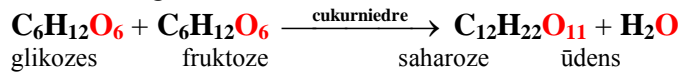


11. att. Cukurniedru zaļās lapas plantācijās Brazīlijā vai Indijas okeānu salās saules gaismas apspīdētas pārvērš  $\text{CO}_2$  un  $\text{H}_2\text{O}$  par cukuru un skābekli.

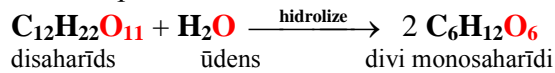


12. att. Ciete uzkrājas kartupeļu bumbuļos pie saknēm zem zaļajām kartupeļu lapām, kurās fotosintēzes reakcijās no ogļskābās gāzes, ūdens un gaismas zilās un sarkanās krāsas veidojas glikoze, kura uzkrājas kartupeļu bumbuļos pie saknēm cietes polimēru formā.

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

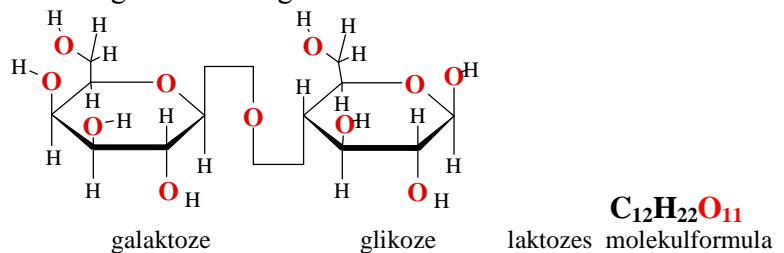


Pretēja reakcija ir hidrolīzes reakcija, kurā saharozes disaharīds sadalās atpakaļ par monosaharīdiem divām glikozes molekulām bāziskā vidē vai par divām fruktozes molekulām skābā vidē.



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).

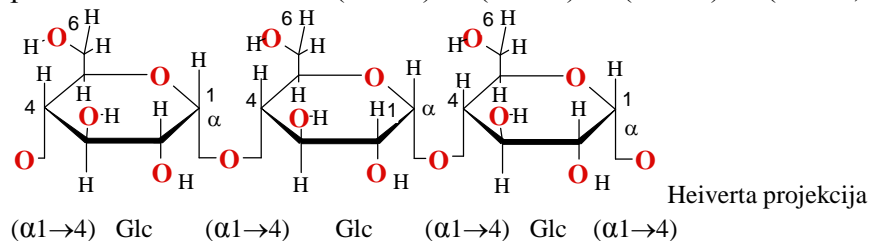
Laktoze ir otrs dabā sastopamais disaharīds, kura sastāvu veido divi monosaharīdi galaktoze un glikoze:



Laktoze ir govju pienā 5% un mātes pienā 7%

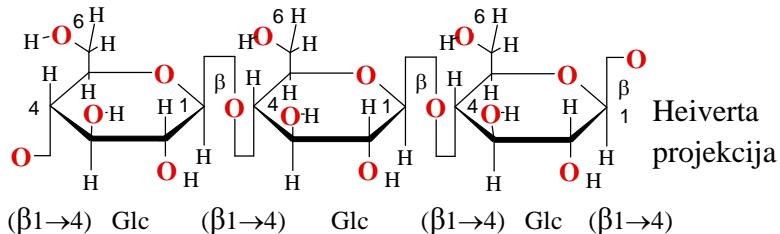
### Polisaharīdi ciete, celuloze

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  $\alpha$ -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 cietis pierādīšanai ūdens šķīdumā.

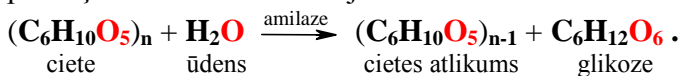
Augu fotosintēzes reakcijā iegūto glikozi izmanto apjomīga celulozes ( $C_6H_{10}O_5$ )<sub>n</sub> polimēra virkņu ietvara veidošanai. Celuloze kalpo augu šūnām kā ķermeņa ietvars jeb matrica, piešķirot augu stublājiem struktūru un mehānisko izturību visā auga ķermenī kopumā.



Cietes un celulozes polimēru molekulās ir atšķirīga glikozes saistīšanās struktūra:

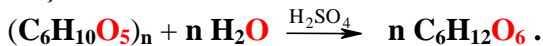
- cietes struktūrā β1→4 skābekļa -O- glikozīda tiltiņš starp glikozes monosaharīda molekulām, bet
- celulozes struktūrā β1→4 skābekļa tiltiņš -O- starp glikozes monosaharīda molekulām.

Cilvēka gremošanas traktā jau siekalās mutē ir biokatalizators - enzīms amilāze, kura viegli hidrolizē tikai α1→4 skābekļa tiltiņus -O- starp glikozes monosaharīda molekulām, atdalot no polimēru virknes brīvu glikozes molekulu organisma patēriņam - dzīvības funkciju uzturēšanai:

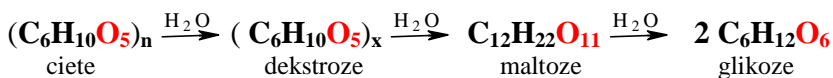


Celulozes β1→4 skābekļa tiltiņus -O- starp glikozes monosaharīda molekulām amilāze hidrolizēt nespēj atšķirīgās struktūras dēļ. Tādēļ zāli, augu celulozes saturošās daļas cilvēks uzturā nevar lietot. Zālēdājiem dzīvniekiem īpašas baktērijas, kuras mājo dzīvnieku priekškuņģī, atdala brīvas glikozes molekulas 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.

**Āris Kaksis 2018.gadā Rīgas Stradiņa universitāte Ar Aivara Grīnberga atļauju!**  
**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 glotādei 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.

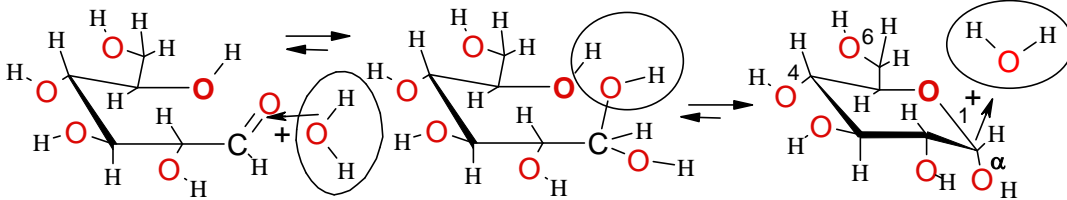


15 att. Glikozi uzturā uzņem ar saldiem augļiem, ar kartupeļiem, ar cukurbiēšu vai cukurniedru cukuru, ko sauc par galda cukuru, ar maizi un miltu ēdieniem, piemēram, putraimi, mannas, makaronu u.c. ēdieniem.

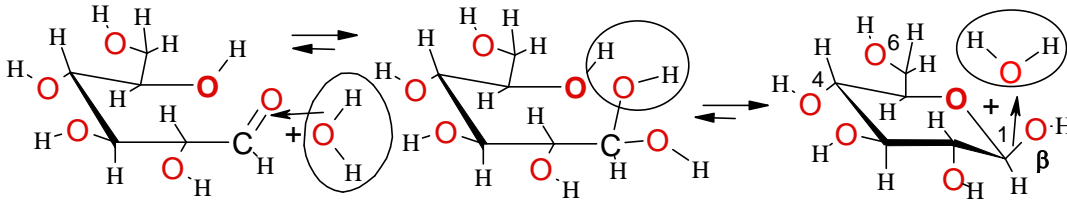


**Ūdens koncentrācijas 55,3 M virzīta cikliskas glikozes un fruktozes veidošanās**

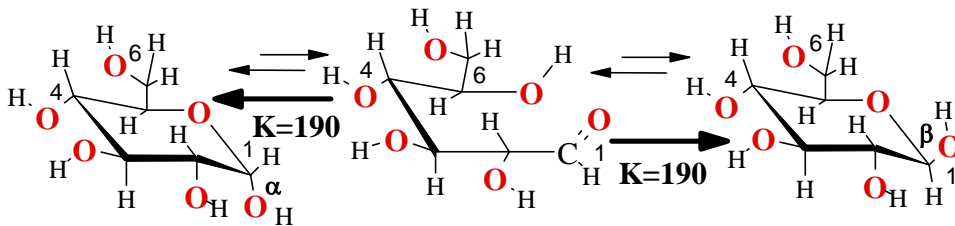
Lekcija 6. lpp: <http://aris.gusc.lv/BioThermodynamics/CarbohydratesProteins.pdf>



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  $w\% = 1/191 * 100\% = 0.05\% \dots$



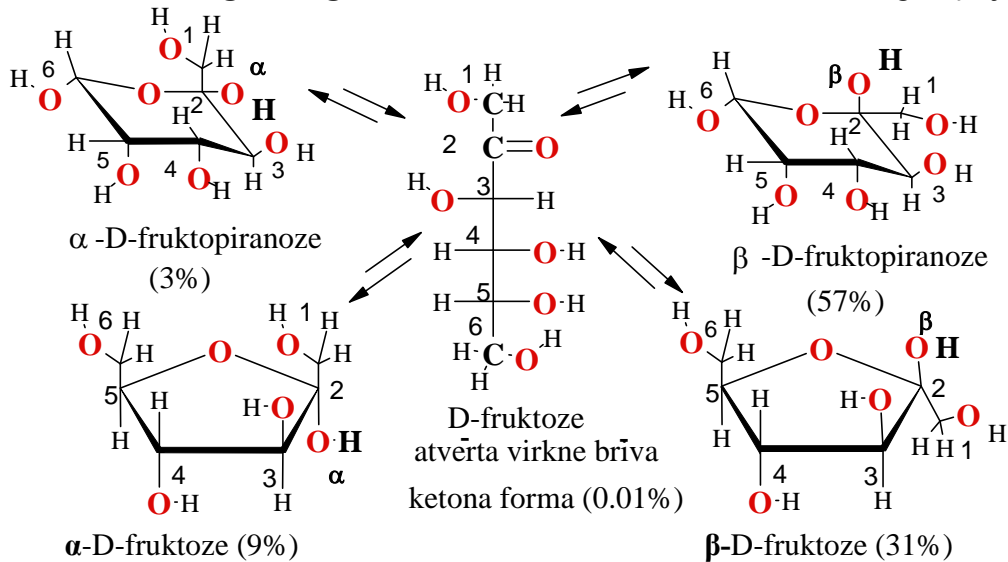
$\alpha$ -D-glikoze kušana  $146^\circ\text{C}$   $[\alpha] = +112^\circ$ ,  $\beta$ -D-glikoze kušana  $190^\circ\text{C}$   $[\alpha] = +19^\circ$

**Hemiacetāla** cikliskās alfa  $\alpha$ - un beta  $\beta$ - formas.

Alfa un beta glikozes formas ir bioķīmiski un fizioloģiski atšķirīgas.

Alfa glikoze ir struktūrvienība cietes, amilozes polimērā.

Beta glikoze ir struktūrvienība celulozes polimērā.



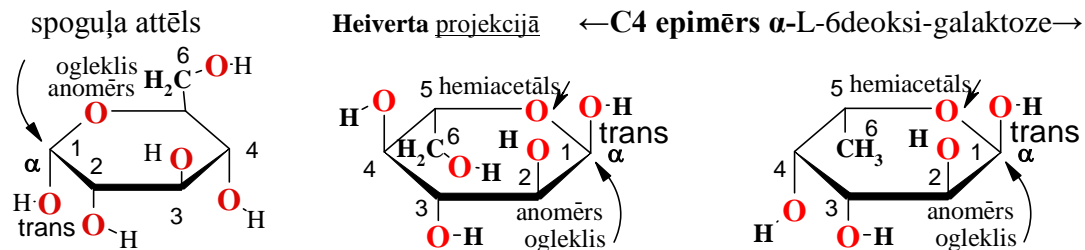
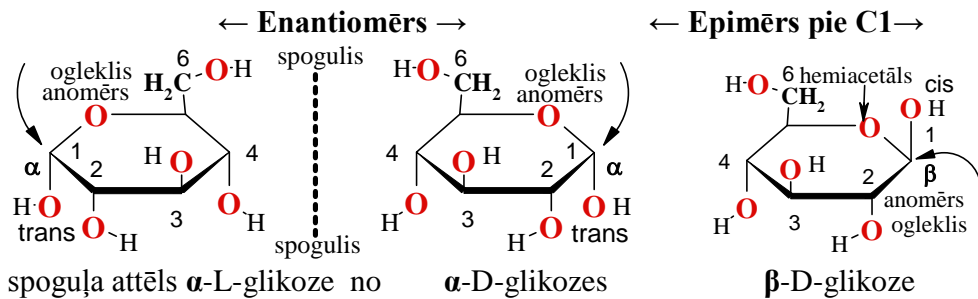
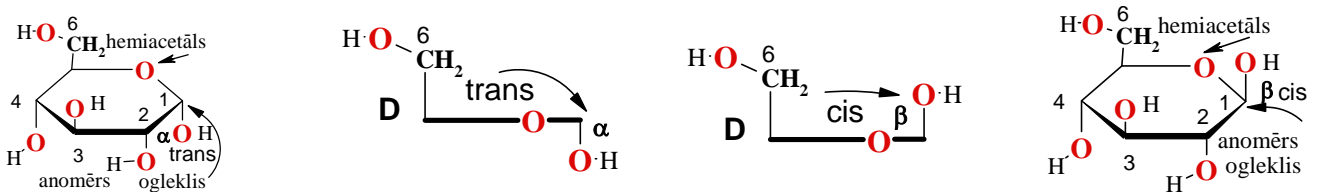
Vienīgā bioķīmiski un fizioloģiski nozīmīga cikliskā forma metabolismā-vielmaiņā ir  $\beta$ -D-fruktoze (31%) ūdens šķīduma līdzsvarā ar atvērto D-fruktozes C6 virkni.

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

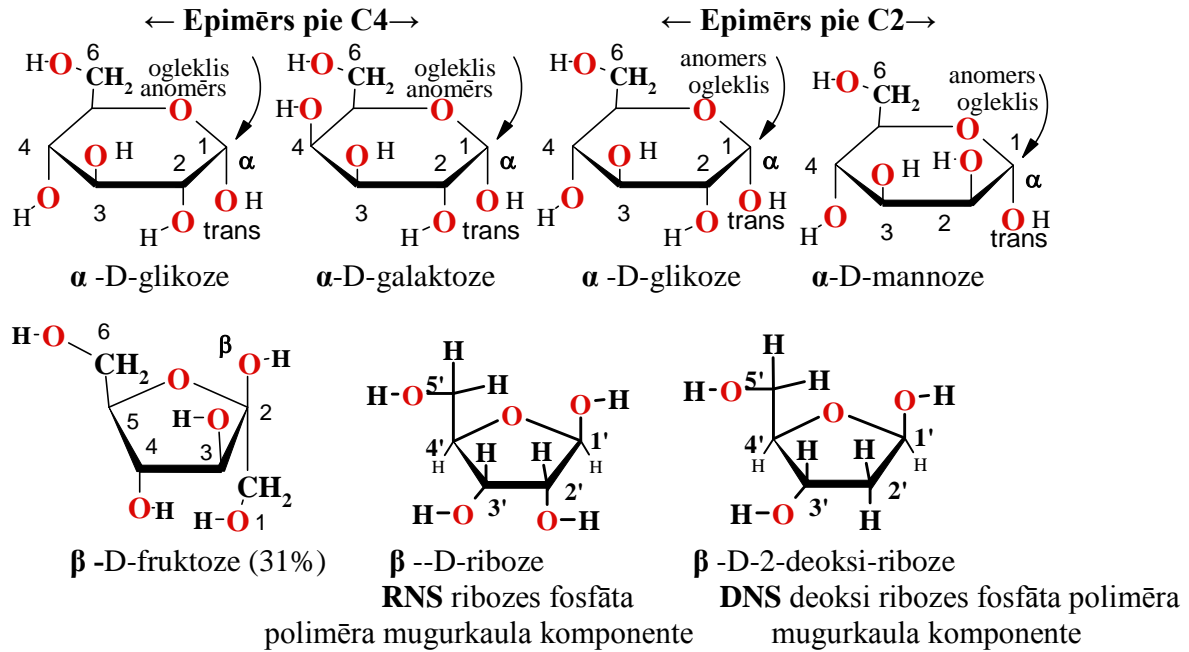
Ciklisko hemiacetāla vai hemiketāla D- (bet vienīgi fukoze L-) Heiverta projekcijas



Furanozes un piranozes,  $\alpha$  - un  $\beta$  - (*trans* - un *cis* - izomēri) monosaharīdi.



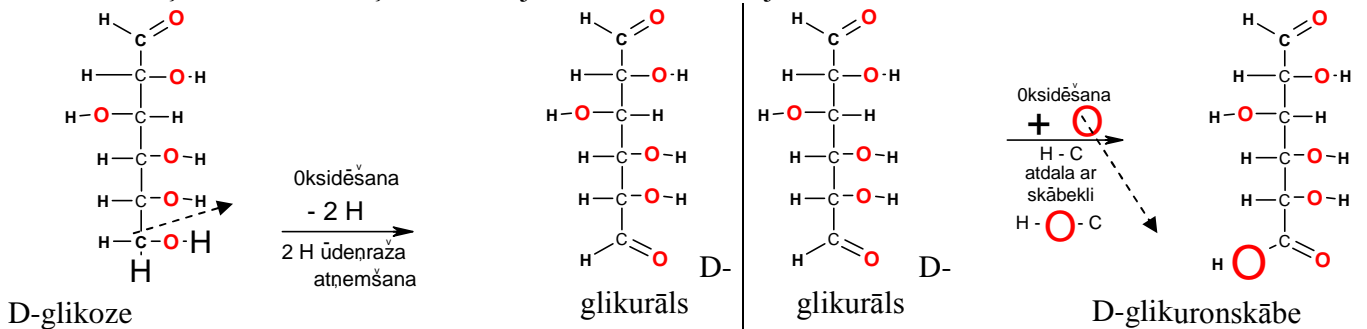
α-L-fucose vienība ir saistīta (α1→) kā sānu grupa pie oligosaharīdu virknēm ekstra celulārā telpā cilvēka organismā kā **imunoloģiskais marķieris** saimnieka molekulāro vielu atpazīšanai vai svešķermeņu vielu - antigēnu saistīšanu un aizvākšanu.



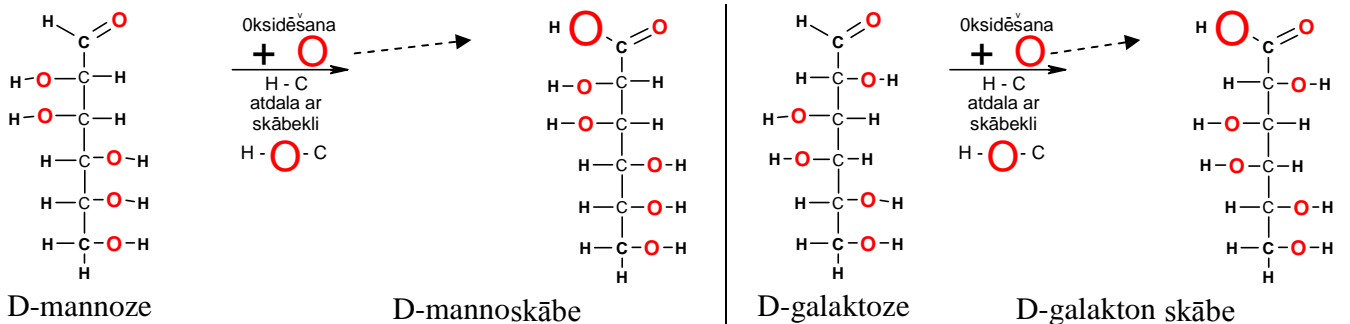
Reakcijas produkti ogļhidrātu atvērtajās virknēs !

Glikozes sestā oglekļa C6 hidroksila divpakāpju **oksidēšanas** reakcijas:

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

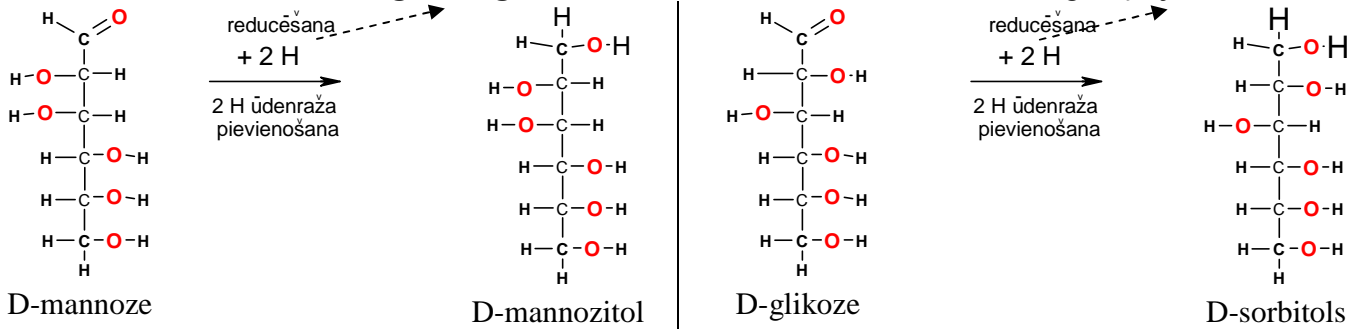


Aldehīda oksidēšana ar skābekli O atdala H - C ūdeņradi no oglekļa H - O - C

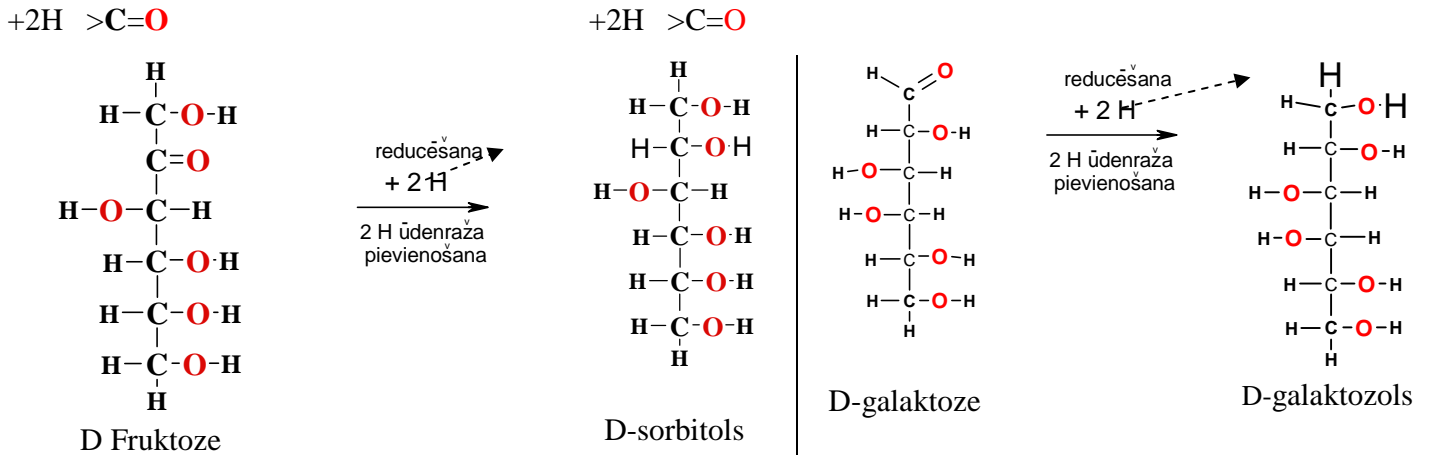


Reducēšana ir divu ūdeņražu pievienošana 2H karbonila grupai mannozē un glikozē



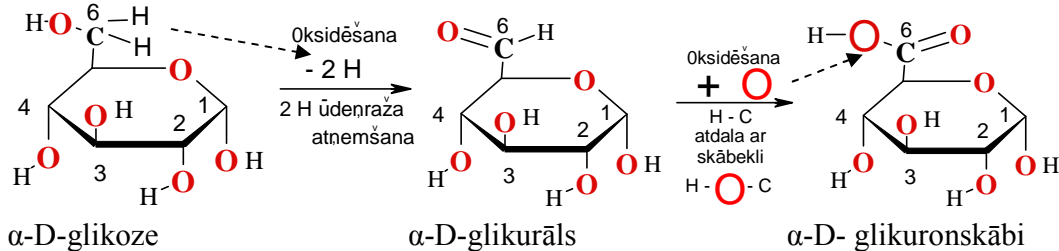


Fruktozē un galaktozē reducēšana ir divu ūdeņražu pievienošana 2H karbonila grupai



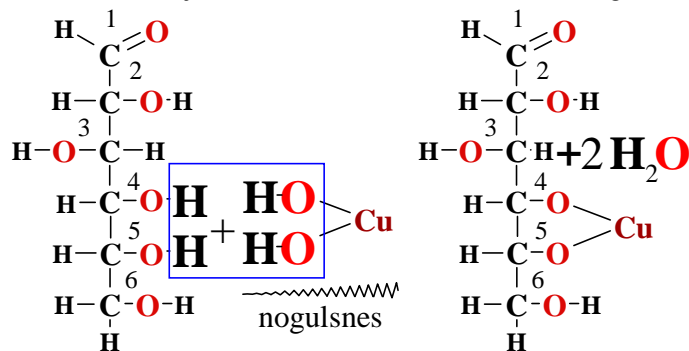
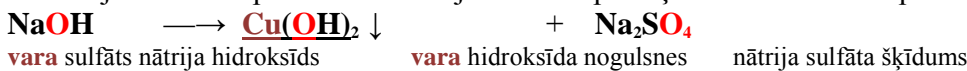
Oksidēšanas, skābes bāzes un fosforilēšanas reakcijas !

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:  $CuSO_4 + 2$



Aprakstiet novērojumus!

Kā pēc krāsas izmaiņās?

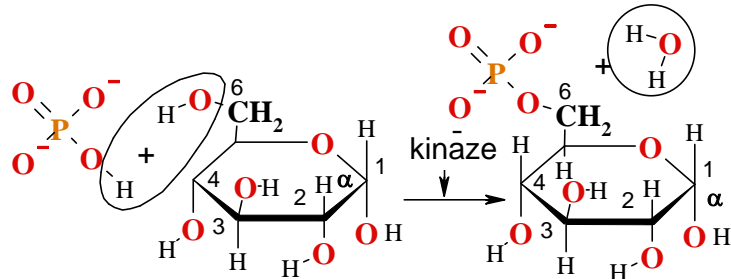
Kāds pamatojums izmaiņām?  
Kas izraisa šādas pārvērtības?

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

Darba gaita. Mēģenē samaisa vienu 1 pilieni **vara(II)** sulfāta **CuSO<sub>4</sub>** šķīdumu ar sešiem 6 pilieniem nātrija hidroksīda **NaOH** šķīdumu. **Vara(II)** hidroksīda nogulsnēm **Cu(OH)<sub>2</sub>** ↓ piepilda vienu-divus 1-2 pilienus glikozes **C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub>** šķīdumu. Labi samaisa pagatavoto šķīdumu!

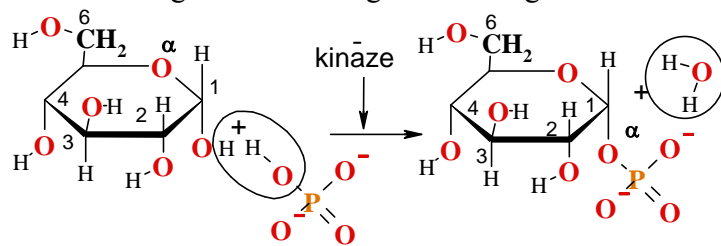
Vai jūsu novērojumi atbilst aprakstītajam tekstā? Atzīmēt kas sakrīt un kas nesakrīt!

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



Fizioloģiskais pH=7,36  
protolītiskajā līdzsvarā nosaka  
-2 lādiņu pie fosfāta  
D-Glc6P<sup>2-</sup>  
Neitrāla glikoze D-Glc iegūst  
negatīvu lādiņu -2  
ar fosfāta grupu.

HPO<sub>4</sub><sup>2-</sup> hidroģenfosfāts α-D-glikoze α-D-glikozes-6-fosfāts<sup>2-</sup>



HPO<sub>4</sub><sup>2-</sup> hidroģenfosfāts α-D-glikoze-1-fosfāts<sup>2-</sup> Glc1P<sup>2-</sup> un ūdens

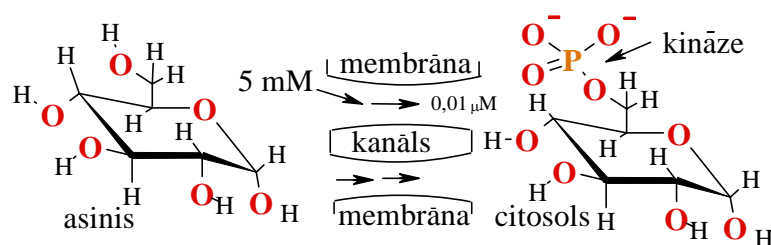
Uzzīmēt esterifikācijas reakcijas  
E.2 klases enzīmu  
Kināzes-Hidrolāzes  
virzītus produktus  
α-D-glikozes-1-fosfātu<sup>2-</sup> un  
ūdeni!

Aprakstiet fosforilēšanas nozīmi koncentrācijas gradienta veidošanai glikozei iekļūstot šūnā!

Glikoze transportu cauri šūnu membrānām no asinīm uzņemot šūnā virza

koncentrācijas gradients [Glc<sub>asinis</sub>]=5 mM>[Glc<sub>citolsols</sub>]= 0.01 μM.

↓ Ārpus šūnas [Glc<sub>asinis</sub>]=5 mM iekļuvušo šūnā glikozi fosforilē heksokināze tā pēc



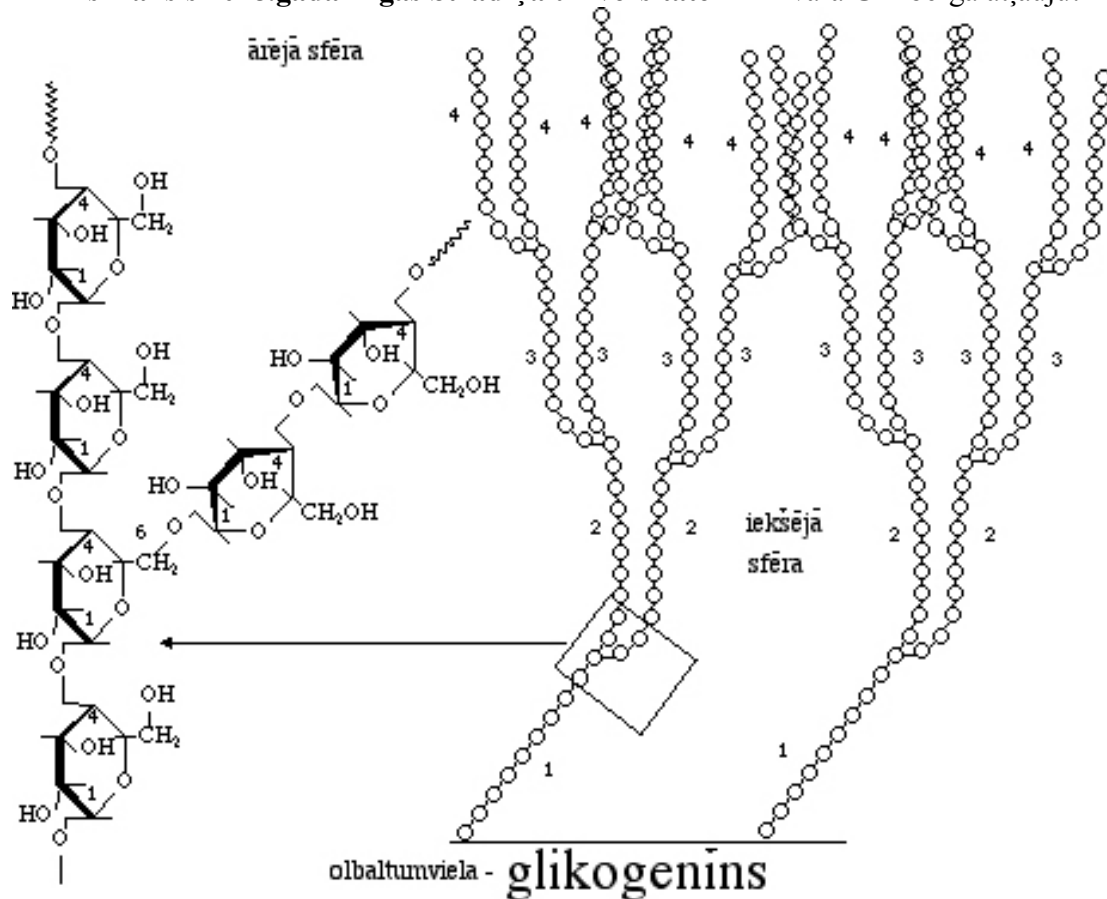
koncentrācija samazinās  
no 5 mM līdz  
[Glc<sub>citolsols</sub>]=0.01 μM vērtībai, jo  
fosforilētās  
glikozes [Glc6P<sup>2-</sup>] koncentrācija  
neietekmē glikozes gradientu  
abpus membrānai.

Polimērs glikogēns uzkrāj šūnu citosolā [Glc]=0.4 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 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  $\alpha$ -1,4-glikozīdu saitēm 10-18 vienībām virknē. Sazarošanās pozīcijā divas glikozes vienības saistītas ar  $\alpha$ -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**.

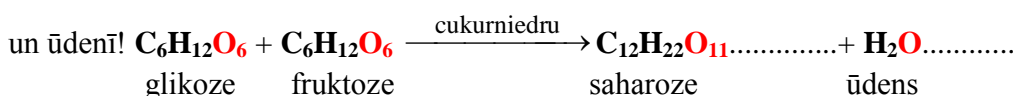
Kompozīto ogļhidrātu hidrolīze. Fruktozes inversija. Cietes un celulozes pakāpeniskas hidrolīzes produkti. Kompozīto ogļhidrātu hidrolīzes produktu pārbaude.

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

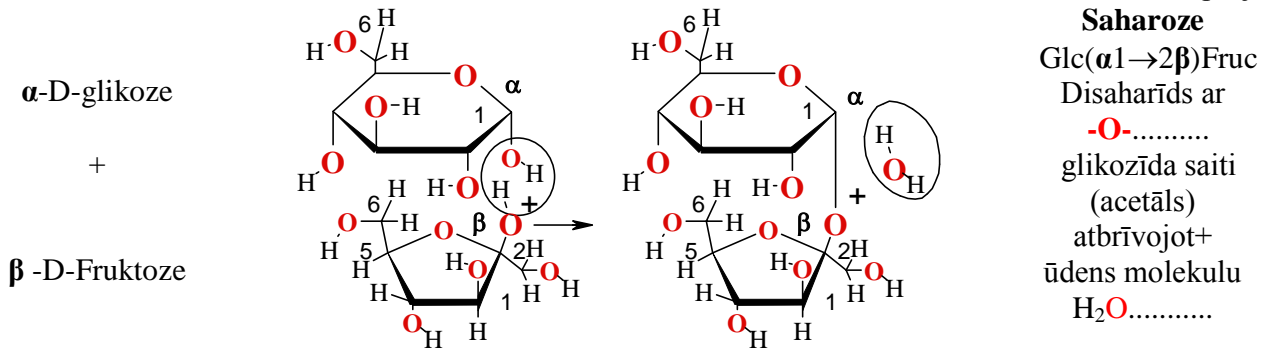
**Sintēzes** (polikondensācijas) un **hidrolīzes** E.2 klases hidrolāzes enzīmu virzītas reakcijas

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

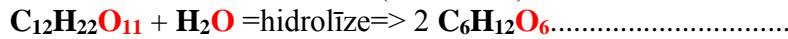


Uzrakstīt polikondensēšanās molekulāro izteiksmi glikozei ar fruktozi savienojoties saharozes molekulā – cukurā un ūdenī!



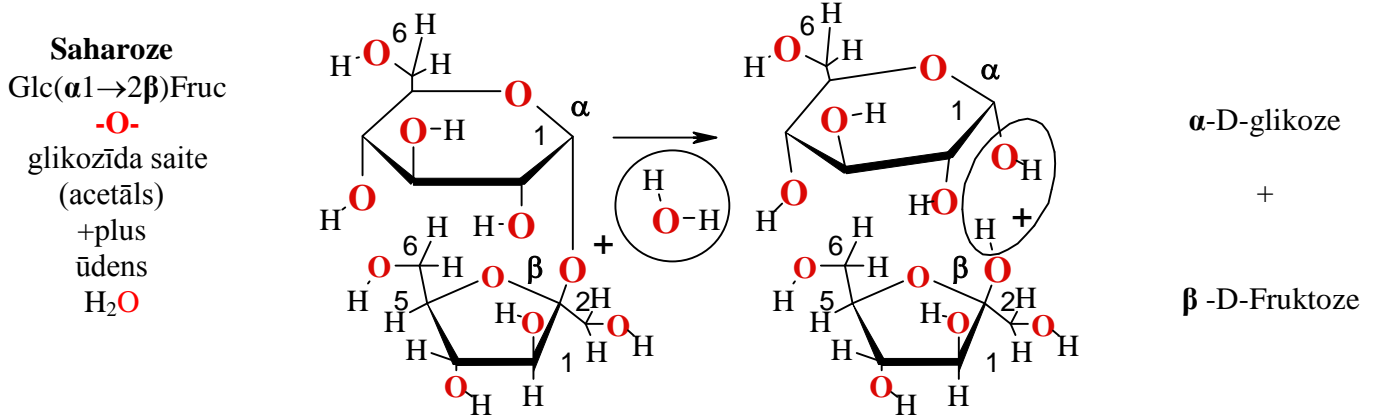
**Hidrolīzes** reakcija ir atgriezeniski pretēja **sintēzes (polikondensācijas)** reakcijai.

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



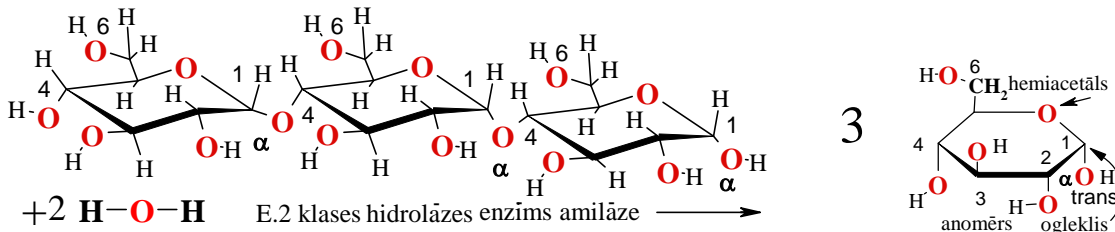
disaharīds divi monosaharīdi glikoze un fruktoze!

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



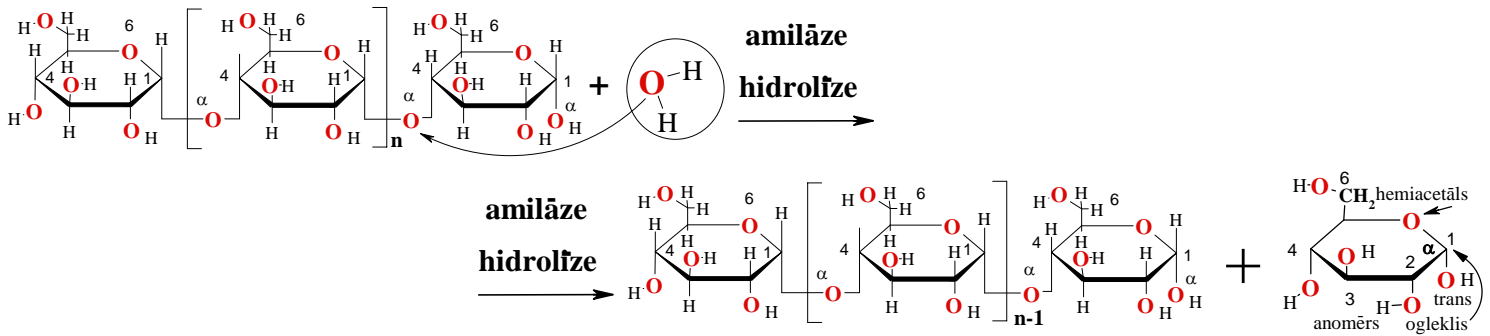
Augi uzkrāj fotosintēzes reakcijā iegūto **cietes** polimēru (C<sub>6</sub>H<sub>10</sub>O<sub>5</sub>)<sub>n</sub>, kur skaitlis **n** var sasniegt **n=1000000** vienu miljonu glikozes vienību. Mikroskopā var redzēt veidotus molekulu agregātus sīkus, cietus graudus, kas tiek saukti latviski par “cieti”- cietes graudi. Glikozes saīsinātais apzīmējums ir Glc. Alfa α-glikozes molekulas saistītas kopā polimēra virknē.

Uzrakstīt produktus **cietes** triozes α1—4 divu glikozīdu -O- saišu hidrolīzē ar E.2 klases hidrolāzes enzīmu amilāzi un attēlot Heiverta projekcijās 3 α-D-glikozi pēc hidrolīzes C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub> ūdens šķīdumā! Attēlot!

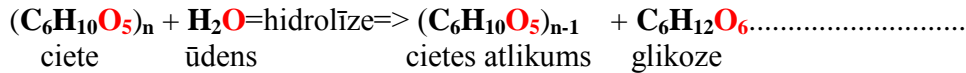


Trīs struktūras vienību secību attēlot Heiverta projekcijās struktūras formulu **cietei. Cietē**

Glc[(α1→4)Glc]<sub>n</sub>(α1→4)Glc **Cietes** hidrolīze α1→4 glikozīda -O- tiltiņam starp glikozes struktūras vienībām Glc(α1→4)Glc noārda polimēra virkni atbrīvojot glikozes molekulu Glc atlikums Glc[(α1→4)Glc]<sub>n-1</sub>(α1→4)Glc:



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

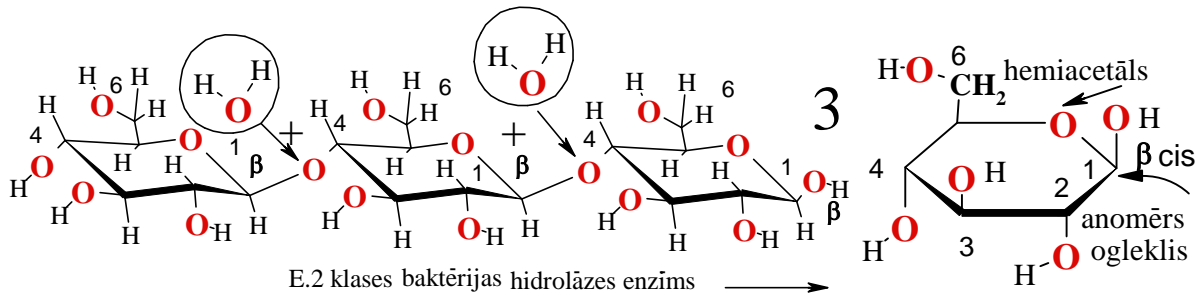


Augs fotosintēzes reakcijā iegūtās glikozes vienības lieto saistīšanai rāmja struktūrā ar šķērss saitēm starp virknes šķiedrām **celulozē**  $(C_6H_{10}O_5)_n$ . **Celuloze** kalpo augu šūnās kā ķermeņa rāmis vai matrica un piešķir auga stiebram – organismam struktūru un mehānisku izturību.

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 mājo 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  $\beta$ -D-glikozes vienībai

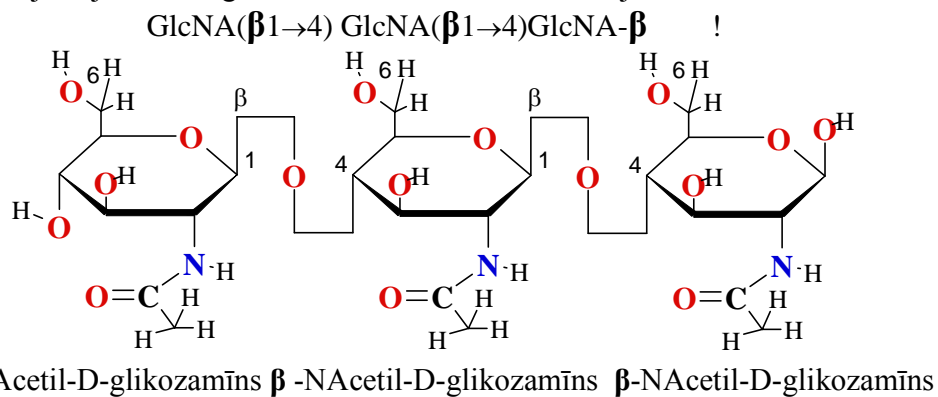


Brīvās glikozes saturs barības masu dzīvnieki nogādā kuņģī un gremošanas traktā absorbē glikozi audos.

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

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

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

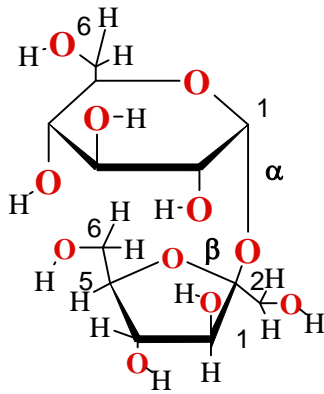


Āris Kaksis 2018.gadā Rīgas Stradiņa universitātē Ar Aivara Grīnberga atļauju!

Pabeigt Heiverta projekciju glikozīda sasaistei

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

$\text{Glc}(\alpha 1 \rightarrow 2\beta)\text{Fruc}$  !



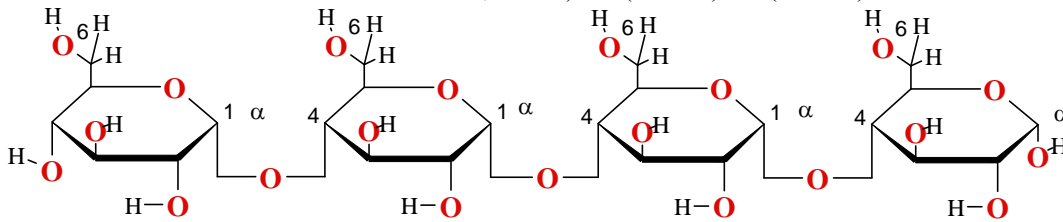
$\alpha$ -D-glikozes vienība

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

$\beta$  -D-Fruktozes vienība

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

$\text{Glc}(\alpha 1 \rightarrow 4)\text{Glc}(\alpha 1 \rightarrow 4)\text{Glc}(\alpha 1 \rightarrow 4)\text{Glc}-\alpha$  !



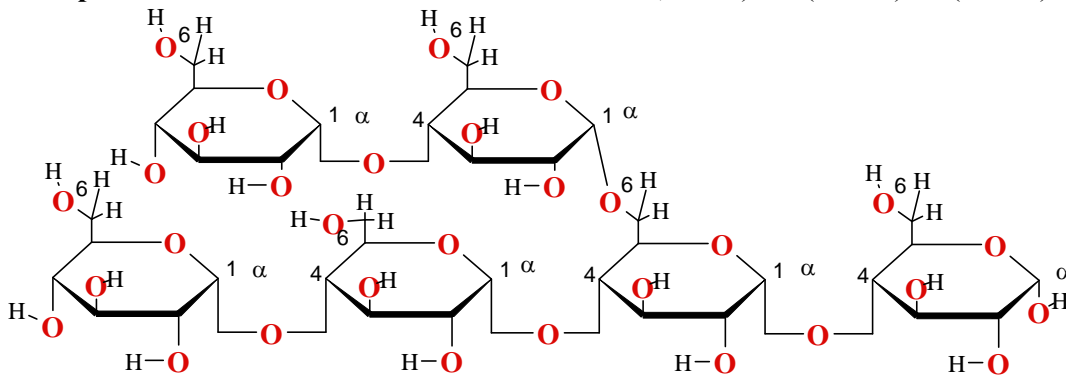
$\alpha$ -D-glikozes vienība  $\alpha$ -D-

glikozes vienība  $\alpha$ -D-glikozes vienība  $\alpha$ -D-glikozes vienība

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

**amilopektīnā**

$\text{Glc}(\alpha 1 \rightarrow 4)\text{Glc}(\alpha 1 \rightarrow 4)\text{Glc}(\alpha 1 \rightarrow 4)\text{Glc}-\alpha$ !

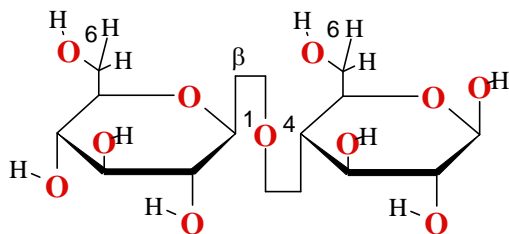


$\alpha$ -D-glikozes vienība  $\alpha$ -D-glikozes vienība  $\alpha$ -D-glikozes vienība  $\alpha$ -D-glikozes vienība

Pabeigt Heiverta projekcijas glikozīda **-O-**  $\beta 1 \rightarrow 4$  sasaistē !

**Celbioze**

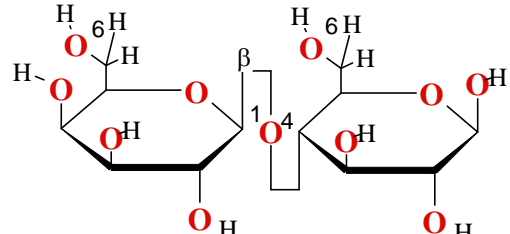
$\text{Glc}(\beta 1 \rightarrow 4)\text{Glc}-\beta$



$\beta$  -D-glikozes vienība  $\beta$  -D-glikozes vienība

**Laktoze !**

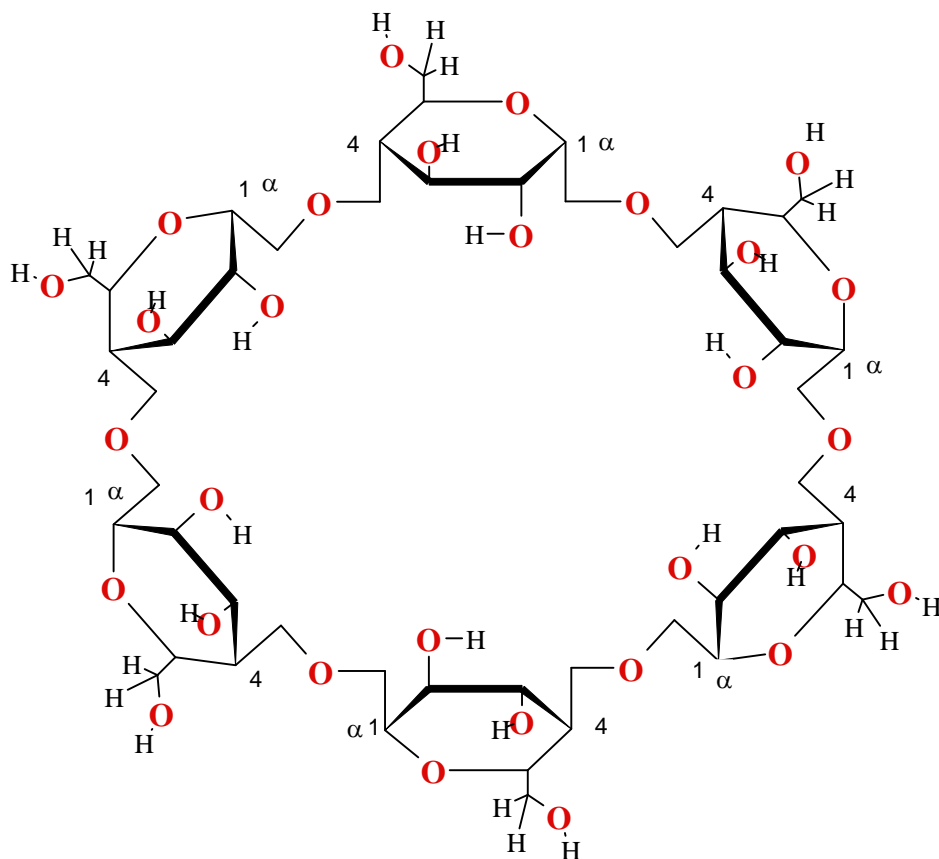
$\text{Gal}(\beta 1 \rightarrow 4)\text{Glc}-\beta$



$\beta$  -D-galaktoze  $\beta$  -D-glikoze

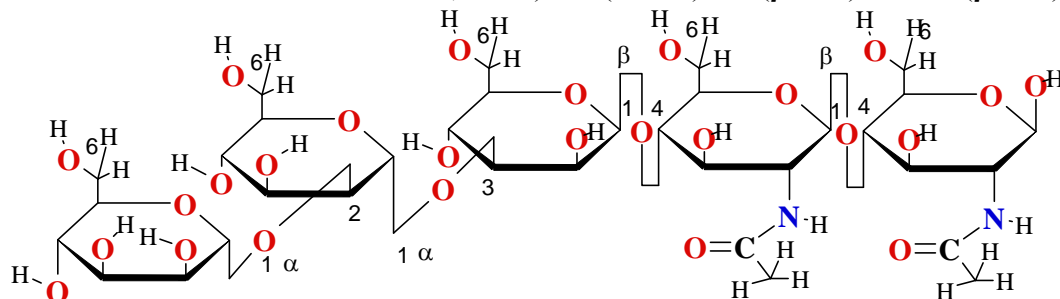
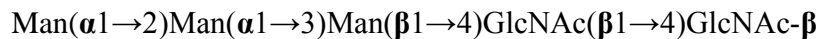
Pabeigt Heiverta projekcijas glikozīda **-O-**  $\alpha$  1 $\rightarrow$ 4 sasaistē **!Ciklo Heksa Amilozē!**

Glc( $\alpha$ 1 $\rightarrow$ 4)Glc( $\alpha$ 1 $\rightarrow$ 4)Glc( $\alpha$ 1 $\rightarrow$ 4) Glc( $\alpha$ 1 $\rightarrow$ 4)Glc( $\alpha$ 1 $\rightarrow$ 4)Glc( $\alpha$ 1 $\rightarrow$ 4) ciklā



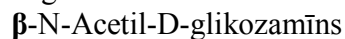
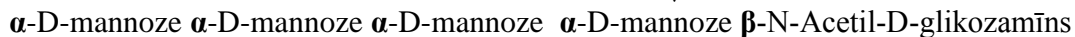
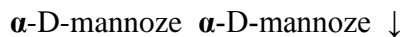
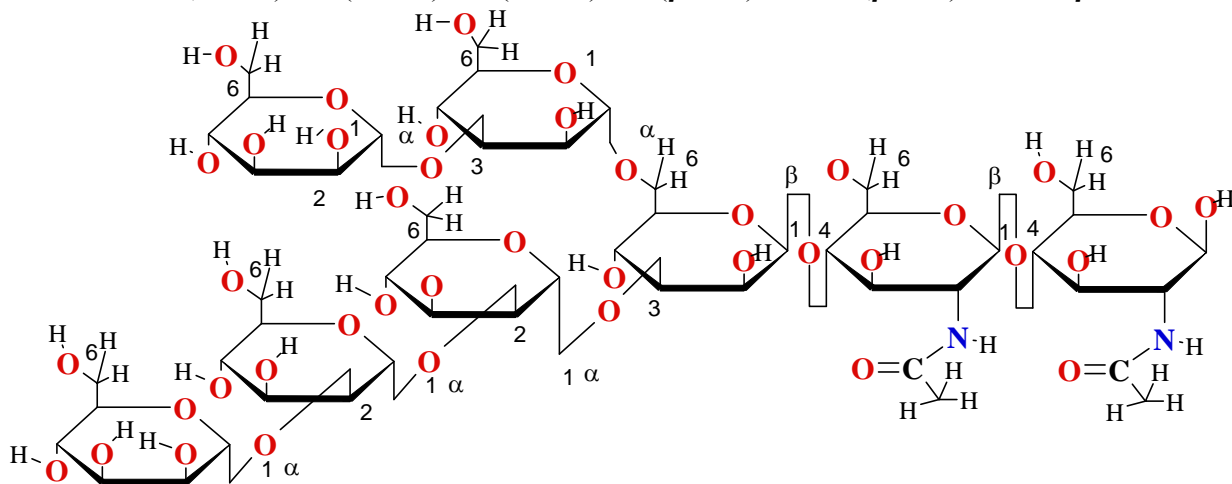
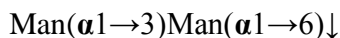
Pabeigt Heiverta projekcijas glikozīda -O- sasaistē !

**Mucīns lineārs !**



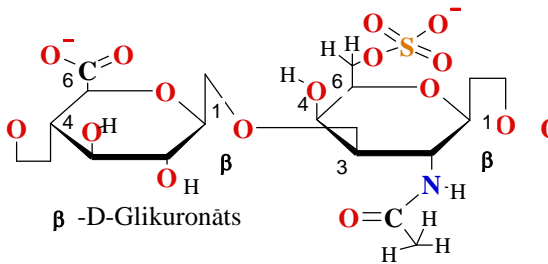
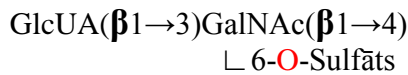
Pabeigt Heiverta projekcijas glikozīda -O- sasaistē !

**Mucīns sazarots (žāklis) !**



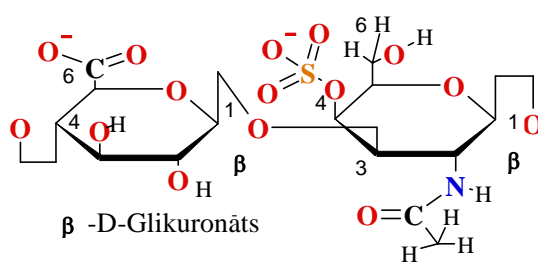
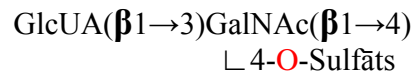
Pabeigt proteoglikānu komponentu astoņu disaharīdu struktūrvienības Heiverta projekcijās!

**Hondroitīna 6-sulfāts**



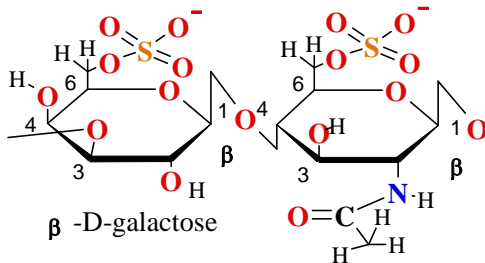
β -N-Acetil-D-galaktozamīns-6-sulfāts

**hondroitīna 4-sulfāts**



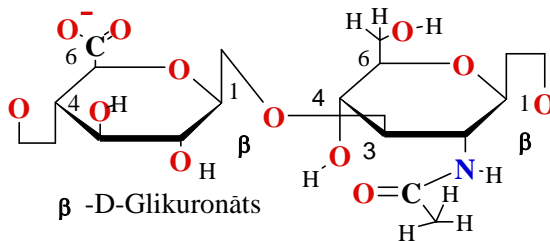
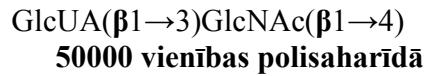
β -N-Acetil-D-galaktozamīns-4-Sulfāts

**Keratāns (6-sulfāts)**



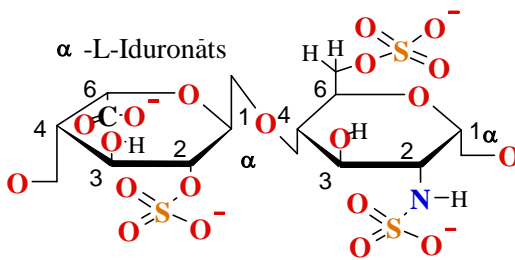
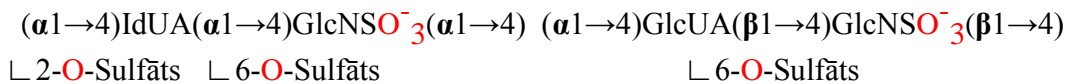
β -N-Acetil-D-glikozamīns (-6-Sulfāts)

**Hialuronāts**



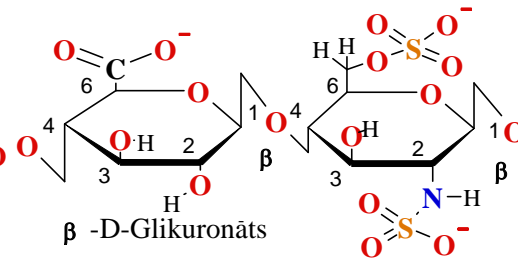
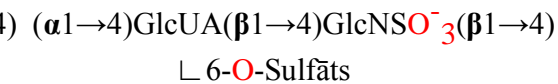
β -N-Acetil-D-glikozamīns

**Heparīns**



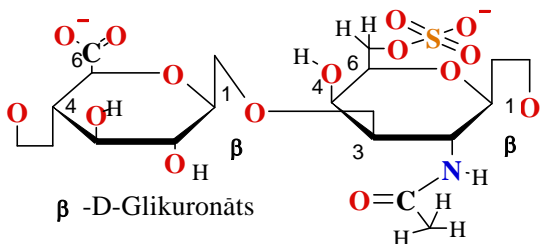
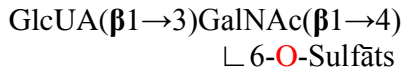
α -N-Acetil vai N-sulfo-D-glikozamīns

**heparāna sulfāts**



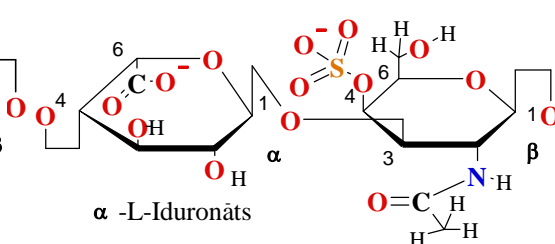
β -N-Acetil vai N-sulfo-D-glikozamīns

**Dermatāna sulfāts 6-O-Sulfāts**



β -N-Acetil-D-galaktozamīns-6-sulfāts

**dermatāna sulfāts 4-O-Sulfāts**



β -N-Acetil-D-galaktozamīns-4-sulfāts