

## Węglowodany

- n Wzór sumaryczny
- n  $C_nH_{2n}O_n$
- n Aldehydowe lub ketonowe pochodne alkoholi wielowodorotlenowych

## Węglowodany - podział

### CUKRY PROSTE

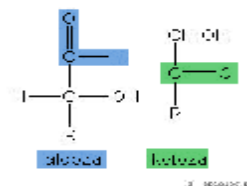
- n Monosacharydy

### CUKRY ZŁOŻONE

- n Oligosacharydy (kilka reszt cukrów prostych)
  - Disacharydy
- n Polisacharydy (wielocukry)

## MONOSACHARYDY

- n Aldozy (grupa aldehydowa)
- n Ketozy (grupa ketonowa)



## MONOSACHARYDY

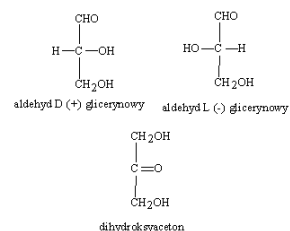
Zależnie od ilości atomów węgla w cząsteczce

	aldozy	ketozy
n 3 -	triozy	triozy
n 4 -	tetrozy	tetrukozy
n 5 -	pentozy	pentulozy
n 6 -	heksozy	heksulozy

## Cukry proste - przykłady

Triozy:

- n Aldehyd glicerynowy
- n Dihydroksyaceton

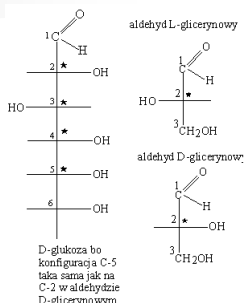


Tetrozy – nie występują w przyrodzie

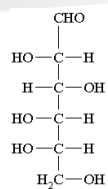
### Enancjomery optyczne

n Formy L i D

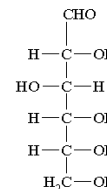
n Mieszanina równomolowych ilości enancjomerów - mieszanina racemiczna /racemat/



### Enancjomery optyczne glukozy



L-glukoza

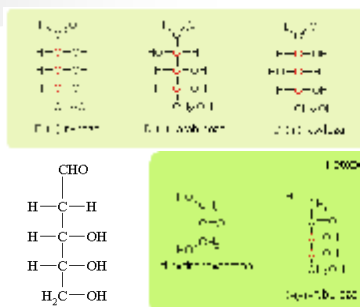


D-glukoza

### Cukry proste - przykłady

Pentozy:

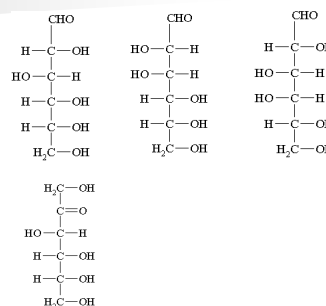
- n Arabinoza
  - n Ksyloza
  - n Ryboza
  - n Dezoksyryboza (składnik DNA)
- Pentulozy
- n Rybuloza



### Cukry proste - przykłady

Heksozy:

- n Glukoza
  - n Mannoza
  - n Galaktoza
- Heksulozy
- n Fruktოza



### Stereoizomery

- n Taki sam wzór strukturalny, ale różna konfiguracja przestrzenna - różne położenie grup -OH przy asymetrycznych atomach węgla
- n Epimery



### Forma pierścieniowa

W roztworach wodnych i w stanie stałym

- n Sześciocząłowy piran
- n Pięciorozłowy furan

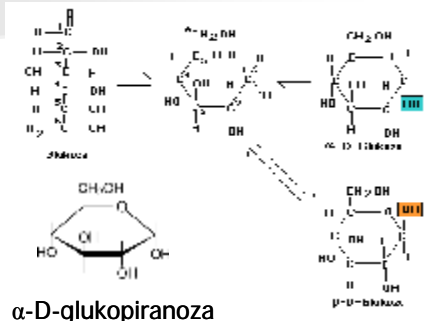


Furan

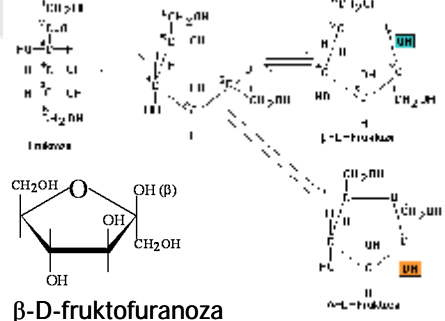


Pyran

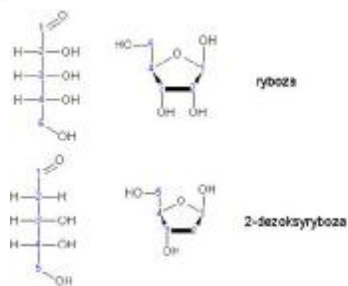
### Forma pierścieniowa glukozy



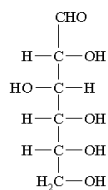
### Forma pierścieniowa fruktozy



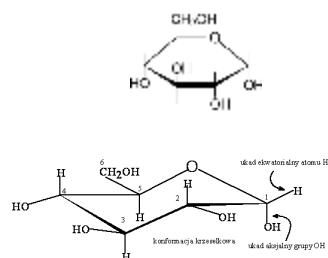
### Forma pierścieniowa rybozy



### Wzór Fishera /liniowy/



### wzór Haworth /taflowy/

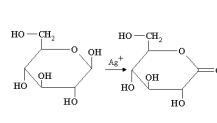
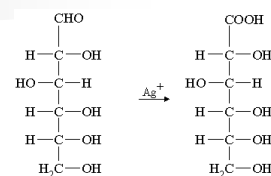


### Właściwości monosacharydów

- n Bezbarwne, bezwonne
- n Słodki smak
- n Dobrze rozpuszczalne w wodzie
- n nierozpuszczalne w rozpuszczalnikach organicznych
- n Czynnie optycznie (asymetryczne atomy węgla)

### Utlenianie monosacharydów

- n Cukry proste (aldozy) utleniają się pod wpływem związków srebra (I) i miedzi (II) w środowisku zasadowym do kwasów karboksylowych



## Produkty utleniania monosach.

Utlenia się grupa aldehydowa przy C<sub>1</sub>

n Aldozy → kwasy onowe np.

Np.

Glukoza → kwas glukonowy

Galaktoza → kwas galaktonowy

gdy utlenia się grupa -OH przy C<sub>6</sub> powstają kwasy uronowe

np. galaktoza → kwas galaktouronowy

## OLIGOSACHARYDY

Złożone z 2-10 cząsteczek cukrów prostych

n Disacharydy – 2 reszty cukrowe

n Trisacharydy – 3 reszty cukrowe

n Tetrasacharydy – 4 reszty itd.

W stanie naturalnym najczęściej spotykane disacharydy

Trisacharyd – rafinoza

## OLIGOSACHARYDY

Disacharydy redukujące:

n Maltoza

n Laktoza

n Celobioza

Disacharydy nieredukujące:

n Sacharoza

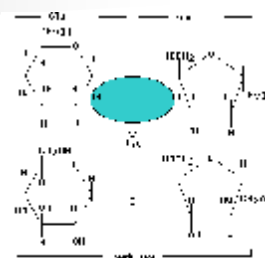
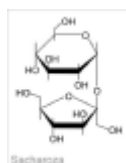
n Trehaloza (mykoza)

## Sacharoza

n α-D-glukopiranoza

n Wiązanie α,β-(1-2)-glikozydowe

n β-D-fruktofuranaza



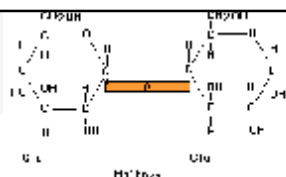
## Maltoza

Powstaje w wyniku hydrolizy skrobi

n α-D-glukopiranoza

n Wiązanie α-(1-4)-glikozydowe

n α-D-glukopiranoza



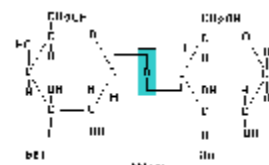
## Laktoza

Cukier mlekowy

n β-D-galaktopiranoza

n Wiązanie β-(1-4)-glikozydowe

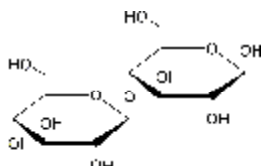
n α-D-glukopiranoza



## Celobioza

Nie występuje w stanie wolnym – produkt pośredni hydrolizy celulozy

- n β-D-glukopiranoza
- n Wiązanie β-(1-4)-glikozydowe
- n β-D-glukopiranoza



## Trehaloza

Znajduje się w grzybach, pleśniach, drożdżach, glonach

- n α-D-glukopiranoza
- n Wiązanie α-(1-1)-glikozydowe
- n α-D-glukopiranoza

## POLISACHARYDY

- n Zawierają powyżej 100 reszt cukrowych
- n Połączone wiązaniami glikozydowymi

## Polisacharydy

### Roślinne:

- n Skrobia
- n Celuloza
- n Hemiceluloza

### Zwierzęce:

- n Glikogen
- n Kwas hialuronowy
- n Chityna
- n Heparyna

## Polisacharydy – wg. funkcji

**A** - duże znacznie fizjologiczne (substancje odżywcze, zapasowe):

- n Skrobia
- n Glikogen
- n Inulina

**B** – substancje szkieletowe roślin

- n Celuloza
- n Hemiceluloza
- n Pektyny

**C** – wydzieliny roślin

- n Śluz
- n Gumy

## Podział wg budowy cząsteczki

- n **Homoglikany** – polisacharydy zbudowane z wielu cząsteczek tego samego rodzaju monosacharydu (np. skrobia, glikogen, celuloza, inulina, amyloza)
- n **Heteroglikany** – cukrowce, w których skład wchodzi wiele cząsteczek pochodnych cukrowych posiadających reszty niecukrowe (np. kwas hialuronowy, kwas chondroitynosiarkowy, heparyna)

## HOMOGLIKANY

## Skrobia

Roślinny materiał zapasowy, gromadzony w formie ziaren skrobi.

Składa się z dwóch frakcji

■ AMYLOZY – łańcuch prosty

■ AMYLOPEKTYNY – łańcuch rozgałęziony

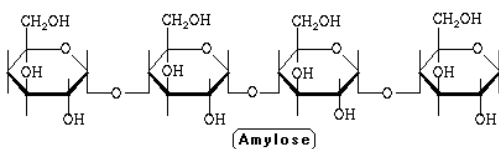
Składnikiem obu frakcji jest

$\alpha$ -D-glukopiranoza

## Amyloza

■ łańcuch nierozgałęziony

■ Reszty  $\alpha$ -D-glukopiranozy połączone wiązaniem  $\alpha$ -(1-4)-glikozydowym

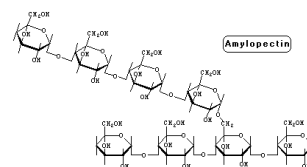


## Amylopektyna

■ łańcuch rozgałęziony

■ Reszty  $\alpha$ -D-glukopiranozy połączone wiązaniem  $\alpha$ -(1-4)-glikozydowym,

■ co 25 reszt rozgałęzienie – wiązanie  $\alpha$ -(1-6)-glikozydowe



## Glikogen

■ 'Skrobia zwierzęca' – substancja zapasowa, odkładany w wątrobie i w mięśniach szkieletowych

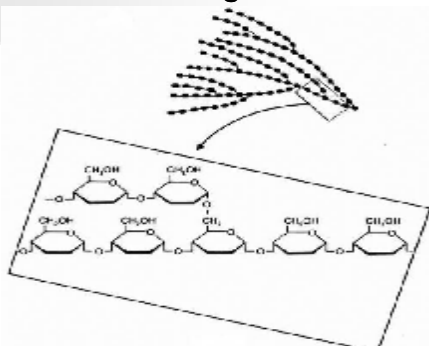
■ Składa się z reszt  $\alpha$ -D-glukopiranozy

■ Wiązania  $\alpha$ -(1-4)-glikozydowe

■ co 8-12 reszt rozgałęzienie – wiązanie  $\alpha$ -(1-6)-glikozydowe

■ Dodatkowe wiązania  $\alpha$ -(1-2) i  $\alpha$ -(1-3)-glikozydowe - Silniej rozgałęziony niż skrobia

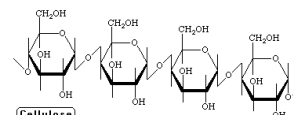
## Glikogen



## Celuloza

Główny składnik budulcowy ścian komórkowych (włókna włosków nasiennych bawełny)

- n Łańcuch nierozgałęziony
- n Reszty  $\beta$ -D-glukopiranozy połączone wiązaniem  $\beta$ -(1-4)-glikozydowym

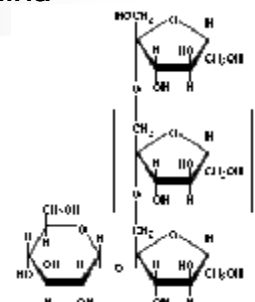


$\alpha$ -D-glukopiranoza  $\rightarrow$  maltoza  $\rightarrow$  skrobia  
 $\beta$ -D-glukopiranoza  $\rightarrow$  celobioza  $\rightarrow$  celuloza

## Inulina

Cukier zapasowy korzeni cykorii i mniszka lekarskiego oraz bulw topinambura,

- n Reszty  $\beta$ -D-frukofuranozy połączone wiązaniem  $\beta$ -(1-2)-glikozydowym



## Pektyny

Występują w przestrzeni międzykomórkowej – łączą komórki w zespoły młodych tkanek z upływem czasu są uwalniane (np. przy dojrzewaniu owoców)

- n Pochodne kwasu poligalakturonowego częściowo lub całkowicie zestryfikowane alkoholem metylovym

Właściwości:

- n Zdolność do żelowania

## Chityna

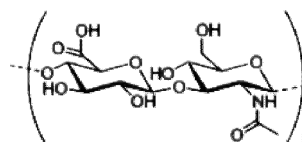
Występuje w pancerzu skorupiaków (najczęściej w połączeniu z białkami)

- n Reszty acetyloglukozaminy połączonych wiązaniem  $\beta$ -(1-4)-glikozydowym

## HETEROGLIKANY

## Kwas hialuronowy

- n Zbudowany z równych ilości kwasu glukuronowego i N-acetyloglukozoaminy
- n Połączonych wiązaniem  $\beta$ -(1-3)-glikozydowym



- n Składnik substancji międzykomórkowej tkanki łącznej, występuje w mazi torebek stawowych oraz ciała szklistego oka
- n Roztwory kwasu hialuronowego są bardzo lepkie - biologiczna funkcja: podstawowa substancja międzykomórkowa cementująca komórki

## Guma guar

- n z grupy galaktomannanów, tj. łańcuch główny utworzony jest z jednostek mannozy z bocznymi odgałęzieniami monogalaktozowymi.
- n stosunek mannoza:galaktoza = ~3, Ma wyjątkowo wysoką masę cząsteczkową, dochodzącą do 1-2 mln daltonów.

## Guma guar

- n Łatwo rozpuszcza się w zimnej wodzie dając roztwory o wysokiej lepkości
- n Przy stężeniu kilku % roztwór ma właściwości podobne jak żel
- n Dodatek zagęszczający i stabilizujący produkty spożywcze (E-412) i kosmetyczne
- n pozyskiwana z nasion roślin z rodz. Bobowate (*Cyamopsis tetragonoloba*). Roczna produkcja światowa wynosi ok. 125 tys. ton

## Guma ksantanowa

- n polisacharyd zbudowany z glukozy, mannozy i kwasu glukuronowego oraz częściowo zestyfikowanych kwasów octowego i pirogronowego.
- n Tworzy roztwory pseudoplastyczne
- n pochodzenia mikrobiologicznego - otrzymuje się ją poprzez fermentację węglowodanów przez bakterie *Xanthomonas campestris*.



## Związki sprzężone

- n Glikoproteidy
- n Glikolipidy

