



Zachodniopomorski  
Uniwersytet Technologiczny

# BIOCHEMIA

*Wydział Nauk o Żywności i Rybactwa*

**Centrum Bioimmobilizacji  
i Innowacyjnych  
Materiałów Opakowaniowych**

ul. Klemensa Janickiego 35  
71-270 Szczecin



## Ćwiczenie 1

# Węglowodany

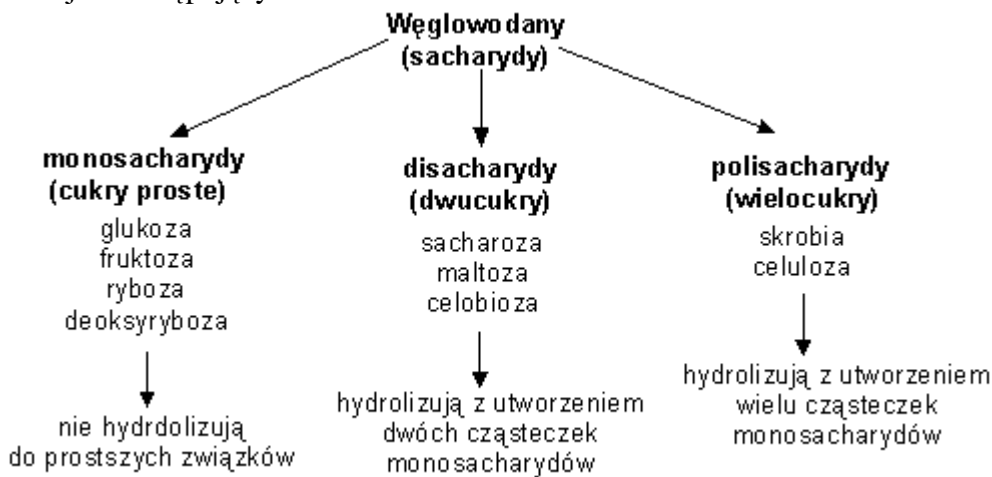
### 1. WĘGLOWODANY

Węglowodany (cukrowce, sacharydy) są związkami bardzo obficie występującymi w przyrodzie. Są to związki pochodzenia przeważnie roślinnego. Nazwa węglowodany powstała w okresie, w którym uważano jeszcze, że są to wodziany węgla. Cukrowce pełnią różnorodne funkcje zarówno w organizmach zwierzęcych, jak i w organizmach roślinnych. Największe jednak znaczenie ma ich wykorzystanie jako

źródła energii przez komórki. Ponadto pełnią one rolę materiału zapasowego, strukturalnego oraz uczestniczą w przemianach metabolicznych.

Węglowodany można uznawać za polihydroksyaldehydy (aldozy) lub polihydroksyketony (ketozy). Do węglowodanów zalicza się także pochodne, które pozostają z nimi w bliskim związku tj. aminoalkohole, kwasy uronowe, estry, etery fosforanowe lub siarczanowe alkoholi, aminoalkoholi i kwasów uronowych.

Podział sacharydów jest następujący:



## 2. MONOSACHARYDY

Monosacharydy – cukry proste, są to związki, których nie da się przekształcić w procesie hydrolizy na mniejsze cząsteczki. Liczbę atomów węgla w monosacharydzie oznacza się, używając w nazwie rdzeni -tri, -tetr, -pent, -heks, itd.

Najbardziej znaną **aldozą** należącą do trioz jest aldehyd glicerynowy a najbardziej znaną **ketotriozą** jest dihydroksyaceton.

Można podzielić je ze względu na liczbę atomów węgla w cząsteczce (n):

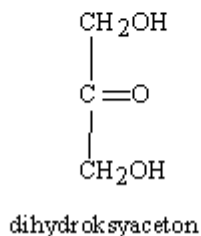
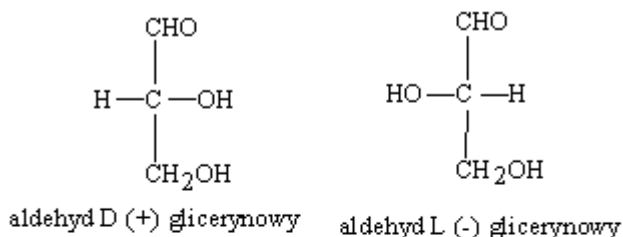
- triozy (n=3)
- tetrozy (n=4) – nie występują w naturze
- pentozy (n=5)
- heksozy (n=6)
- heptozy (n=7)
- oktozy (n=8)

oraz ze względu na rodzaj grupy karbonylowej:

- ketozy (grupa ketonowa)
- aldozy (grupa

### Triozy

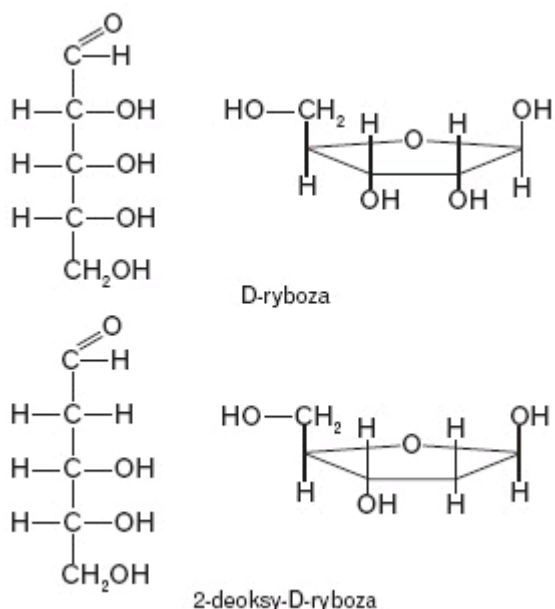
aldehyd glicerynowy



dihydroksyaceton

## Pentozy

- składniki kwasów nukleinowych:
  - **ryboza** – występuje w RNA
  - **deoksyryboza** - występująca w DNA
- inne:
  - arabinoza występująca w gumie arabskiej
  - ksyloza
  - liksoza - składnik antybiotyków
  - rybuloza przejściowy element reakcji biochemicznych
  - ksyluloza nie występująca naturalnie



## Heksozy

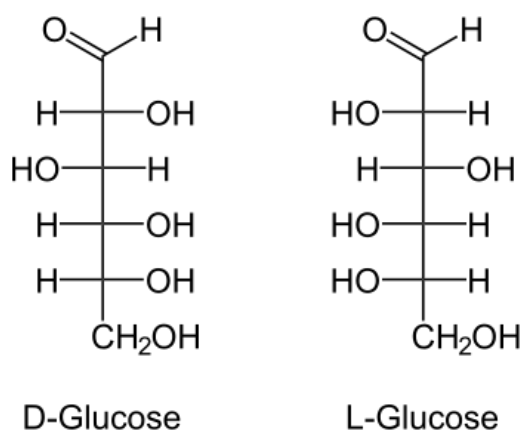
Występują przede wszystkim w formach cyklicznych (piranozy lub furanozy), będących wewnątrzcząsteczkowymi hemiacetalami (półacetalami). Wszystkie heksozy mają wzór sumaryczny:  $C_6H_{12}O_6$ .

### Aldoheksozy

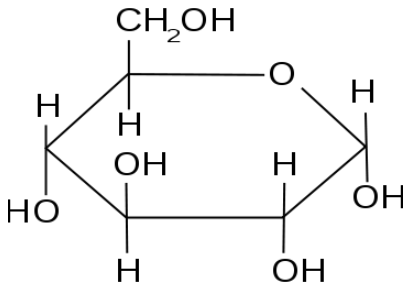
**GLUKOZA** najważniejsza heksoza. Monosacharyd z grupy aldoheksoz. W stanie wolnym występuje w owocach i miodzie. Glukoza wchodzi w skład oligosacharydów i polisacharydów: glikogenu, skrobi oraz celulozy. Jest białym, drobnokrystalicznym ciałem stałym, z roztworów wodnych łatwo krystalizuje jako monohydrat. Jest bardzo dobrze rozpuszczalna w wodzie<sup>1</sup> (nie zmienia pH roztworu). Ma słodki smak, nieco mniej intensywny od sacharozy. Enancjomerem D-glukozy jest L-glukoza, niewystępująca w organizmach wyższych.

D-glukoza jest prawoskrętna.

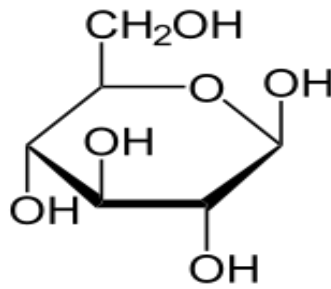
*Wzór projekcyjny Fishera*



Wzory perspektywiczne Hawortha

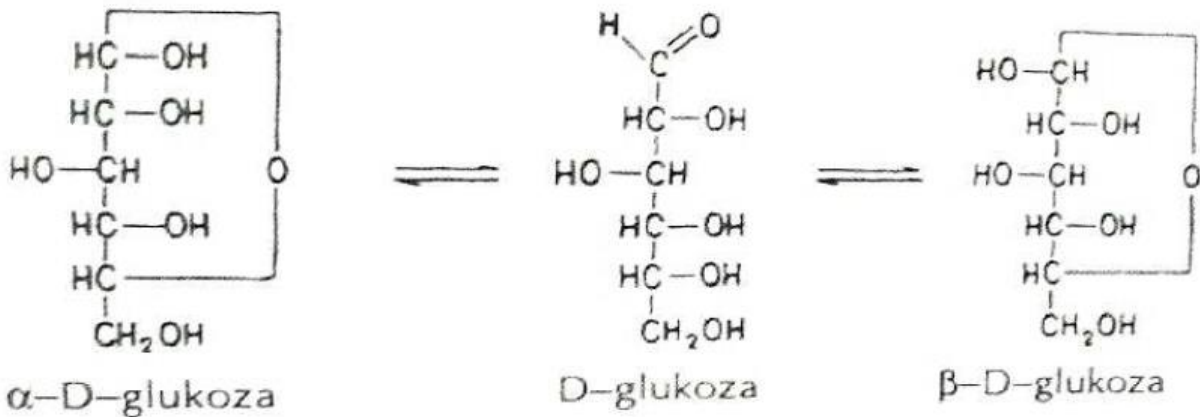


$\alpha$ -D-glukoza



$\beta$ -D-glukoza

Glukoza jak wszystkie pentozy i heksozy tworzy formy pierścieniowe. Formy te mogą powstawać dzięki wewnętrznej cyklizacji grup aldehydowych i alkoholowej lub ketonowej lub alkoholowej na wewnętrzne półacetały, tak zwane hemiacetały. Cyklizacja pociąga za sobą powstanie dodatkowego węgla asymetrycznego w cząsteczce glukozy i w ten sposób pojawia się dodatkowa grupa hydroksylowa przy pierwszym węglu cząsteczki. Powstałe w ten sposób nowe formy glukozy nazwano  $\alpha$ - i  $\beta$ -glukozą. Różnią się one między sobą skręcalnością właściwą. Formy te noszą nazwę **anomerów**. Samo zaś zjawisko przechodzenia jednej formy w drugą nosi nazwę **mutarotacji**.



Anomeria jest cechą charakterystyczną monosacharydów. Wszystkie wykazują mutarotację w roztworach, przy czym należy pamiętać, że cyklizacja cukrowców może odbywać się do pięciocząłowych pierścieni heterocyklicznych pochodnych furanu lub sześciocząłowych pochodnych piranu. Aldozy tworzą częściej formy **piranowe** a ketozy **furanowe**. Pięcio- i sześciocząłowe hemiacetały cykliczne są szczególnie trwałe i z tego powodu wiele węglowodanów istnieje jako równowagowa mieszanina form cyklicznych i otwartołańcuchowych.

Glukoza w roztworze wodnym istnieje głównie w postaci sześciocząłowej formy piranowej, natomiast fruktoza istnieje w ok. 80% w formie piranowej i w ok. 20% w formie pięciocząłowej formie furanowej.



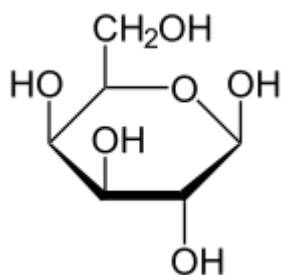
Piran



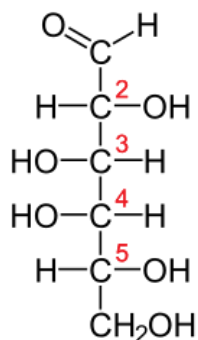
Furan

**GALAKTOZA**

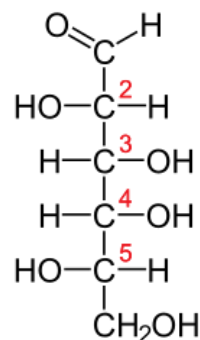
aldohekszoza, która wchodzi w skład dwucukru laktozy. Nie jest spotykana w postaci wolnej. Jest wiązana z białkiem i tłuszczem. U zwierząt występuje w postaci składnika cukru mlekowego oraz składnika substancji mózgowej.



*β-D-galaktoza*



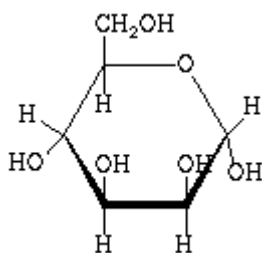
D-Galactose



L-Galactose

## MANNOZA

Organiczny związek chemiczny z grupy aldoheksoz. Metabolizm mannozy zachodzi poprzez fosforylację jej przez heksokinazę do mannozo-6-fosforanu, który potem przekształcany jest przez izomerazę fosforanu mannozy do fruktozo-6-fosforanu.



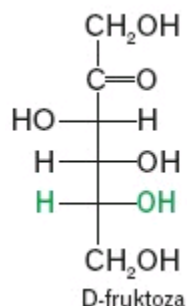
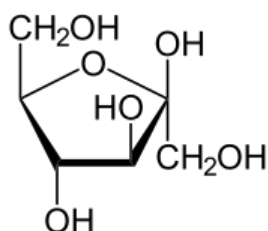
D-mannoza

## Ketoheksozy

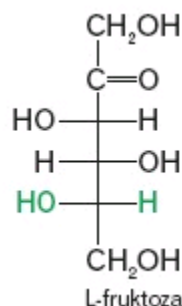
Heksozy należące do ketoz (zawierające grupę ketonową **-CO-**) nazywane są ketoheksozami. Związki te mają 3 centra chiralności, w związku z czym istnieje 8 ( $2^3$ ) czynnych optycznie stereoisomerów ketoheksoz (biorąc pod uwagę jedynie formy acykliczne):

## FRUKTOZA

czyli **cukier owocowy**, występujący w stanie wolnym w owocach, miodzie, nektarze kwiatów i spermie ssaków. Wchodzi w skład dwucukru sacharozy – glukoza + fruktoza, a także rafinozy i inuliny. Fruktoza w temperaturze pokojowej jest białą substancją krystaliczną. Temperatura topnienia to około 100 °C. Fruktoza charakteryzuje się słodkim smakiem (jest nieco słodsza od sacharozy i znacznie słodsza od glukozy) oraz dobrą rozpuszczalnością w wodzie. W wyniku fermentacji ulega przemianie do etanolu.



D-fruktoza



L-fruktoza

## Reakcje chemiczne monosacharydów

Monosacharydy mają właściwości redukujące. Zarówno aldozy, jak i ketozy, dają pozytywny wynik w próbie **Trommera**, **Tollensa** czy **Fehlinga**:

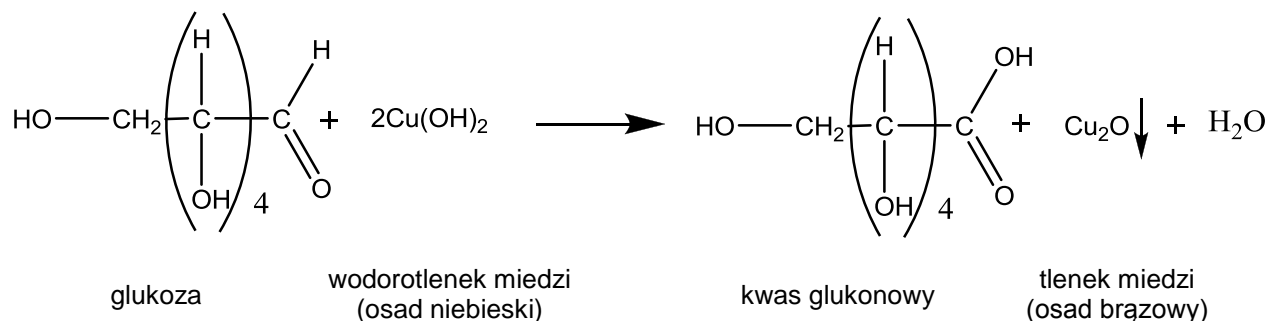
- próba Trommera polega na utlenianiu cukru odczynnikiem Trommera, czyli jonami  $\text{Cu}^{2+}$  w środowisku zasadowym,
- próba Tollensa polega na utlenianiu cukru odczynnikiem Tollensa, czyli amoniakalnym roztworem jonów  $\text{Ag}^+$ ,
- próba Fehlinga polega na utlenianiu cukru odczynnikiem Fehlinga, czyli kompleksem jonów  $\text{Cu}^{2+}$  z sodowo-potasową solą kwasu winowego w środowisku zasadowym.

W warunkach określonych tymi próbami (środowisko zasadowe) ketozy ulegają enolizacji, tworząc aldozy, które ulegają utlenieniu, np.:

### **Próba Trommera**

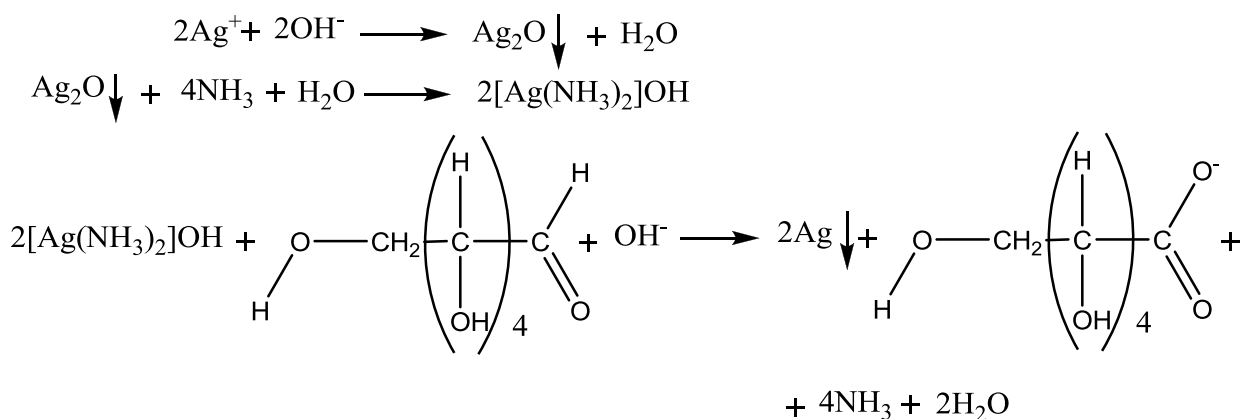
Do świeżo strąconego niebieskiego osadu  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  dodano wodnego roztworu glukozy (wodnego roztworu fruktozy) całość zamieszano i następnie podgrzano zawartość do wrzenia. Zaobserwowano zmianę zabarwienia osadu z niebieskiego na brązowy.

Zmiana zabarwienia osadu świadczy o zajściu reakcji, glukoza, i tak samo fruktoza mają właściwości redukujące. Redukują miedź (II) do miedzi (I), a same utleniają się do kwasów organicznych.



### **Próba Tollensa (próba lustra srebrowego)**

Próba Tollensa jest ogólną reakcją na aldehydy. Ulegają jej również cukry.

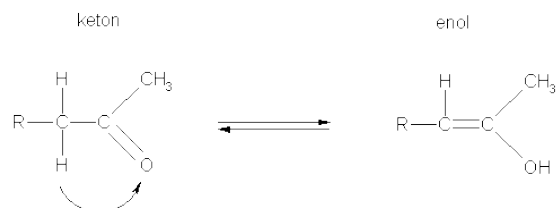


W wyniku zachodzących reakcji na ściankach probówki pojawia się lustro srebrne, które świadczy o zdolnościach redukujących glukozy i fruktozy. Zachodzi redukcja Ag(I) do srebra metalicznego, natomiast monosacharydy utleniają się do odpowiednich kwasów organicznych

Próba Trommera i Tollensa daje pozytywne wyniki dla glukozy z grupą aldehydową i fruktozy z grupą ketonową nie można posłużyć się nimi jako sposobem na odróżnianie aldoz od ketoz. Sprawdzono, że zdolności redukujące mają nie tylko aldehydy, ale też  $\alpha$ -hydroksyketony czyli związki z ugrupowaniem –CO-CHOH-.

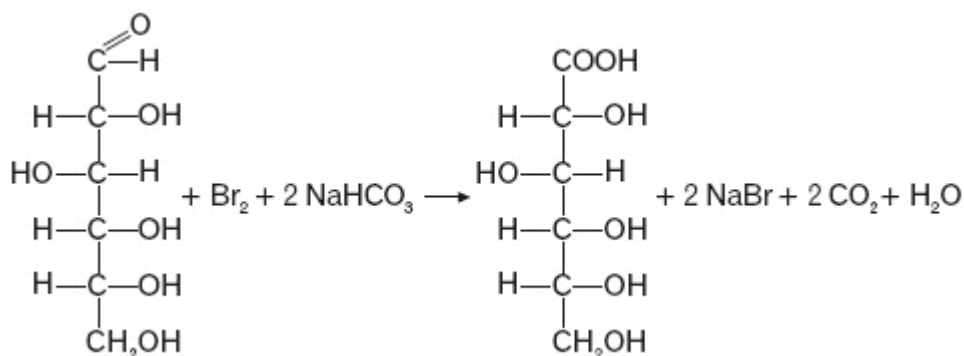
### Próba Moore'a

Próba Moore'a służy do wykrywania cukrów redukujących, podobnie jak próba Fehlinga. W środowisku zasadowym cukrowce **redukujące** ulegają enolizacji.



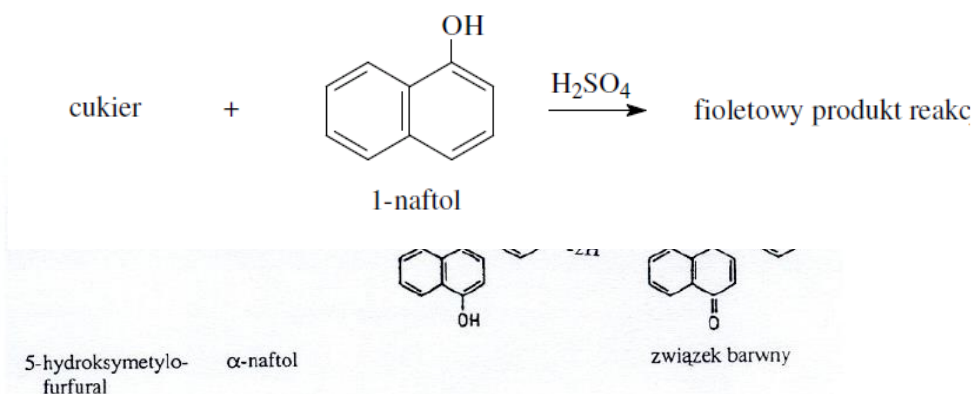
Obecność zasady powoduje otwarcie się pierścienia i uwolnienie grupy aldehydowej, która reaguje z wodorem sąsiadującej grupy alkoholowej. W wyniku tej reakcji zanika asymetria przy drugim atomie węgla i poszczególne odmiany cukrów mogą przechodzić jedna w drugą. Ponieważ wiązanie enolowe łatwo ulega rozerwaniu, z cukrów mogą wytwarzać się różne pochodne ulegające polimeryzacji. Roztwór cukrowca początkowo bezbarwny, przybiera zabarwienie.

Aby odróżnić monosacharydy z grupą aldehydową od  $\alpha$ -hydroksyketonów przeprowadza się reakcję z **wodą bromową**. Rola wodorowęglanu sodu polega na utrzymywaniu lekko zasadowego środowiska reakcji. W takich warunkach glukoza utlenia się do kwasu glukonowego, następuje odbarwienie wody bromowej, natomiast fruktoza nie posiadająca grupy aldehydowej nie ulega reakcji.



### Próba Molischa

Reakcja służy do wykrywania cukrów prostych i złożonych. Pod wpływem stężonego kwasu siarkowego następuje odwodnienie cukrów do pochodnych furfuralowych, dających z alfa – naftolem na granicy faz tworzy się fioletowy pierścień. Dodatnia reakcje z 1-naftolem wykazują również aldehydy, ketony i pewne kwasy organiczne (kwas cytrynowy, szczawiooctowy).



## Próba Benedicta

Próba Benedicta należy do najbardziej specyficznych i czułych prób pozwalających wykryć obecność cukrów redukujących. Występowanie w cząsteczce wolnej grupy aldehydowej lub ketonowej nadaje jej własności redukujące. Właściwości redukujące cukrów ujawniają się tylko w środowisku zasadowym ponieważ w środowisku kwaśnym wolna grupa karbonylowa jest zablokowana, ponieważ włącza się w budowę pierścienia.

Do wykrywania cukrów redukujących stosuje się różne cząsteczki i jony: jod, jony metali ciężkich, jon żelazicyjankowy. Powstające **pomarańczowe zabarwienie** roztworu wynika z redukcji  $\text{Cu}^{2+}$  do  $\text{Cu}^+$ . Zielone zabarwienie jest wynikiem nakładania się pomarańczowej barwy zawiesiny  $\text{Cu}_2\text{O}$  z niebieskim zabarwieniem odczynnika.

## Reakcja z jodem

Reakcja ta pozwala na odróżnienie polisacharydów od innych cukrowców, ponieważ kompleksy z jodem mogą tworzyć tylko cząsteczki o uporządkowanej strukturze i odpowiednio duże. Efekt barwny jest związany z wielkością cząsteczki – im większa cząsteczka polisacharydu tym więcej cząsteczek jodu jest związanych w kompleksie. Amyloza barwi się intensywnie na kolor ciemnoniebieski. Barwa kompleksów jodu z polisacharydami o krótszych łańcuchach zmienia się na fioletowoczerwona (amylopektyna) i czerwona (dekstryny). Glikogen daje kompleks o barwie czerwonej. Do zawiesiny skrobi dodając krople roztworu  $\text{I}_2$  w  $\text{KJ}$  powstaje **niebieskie zabarwienie**.

## Kwaśna hydroliza polisacharydów

Polisacharydy w kwaśnych roztworach oraz pod wpływem enzymów ulegają hydrolizie. W wyniku hydrolizy wiązanie glikozydowe ulega rozerwaniu i powstają kolejno najpierw mniejsze makrocząsteczki, oligosacharydy, następnie dwusacharydy, a w końcu monosacharydy. W miarę postępu hydrolizy zanikają więc własności polisacharydu a pojawiają się cechy monosacharydów. W czasie przebiegu hydrolizy polisacharydy tracą zdolność do tworzenia kompleksów z jodem, pojawiają się własności redukujące cukrów.

## Cukry złożone

Cechą złożoną cukrów złożonych jest obecność wiązania glikozydowego. Glikozydy to pochodne cukrów, których półacetalowe grupy  $-\text{OH}$  przy pierwszym atomie węgla są zastąpione innymi grupami organicznymi, np.  $-\text{OR}$  lub  $-\text{NR}_2$ .

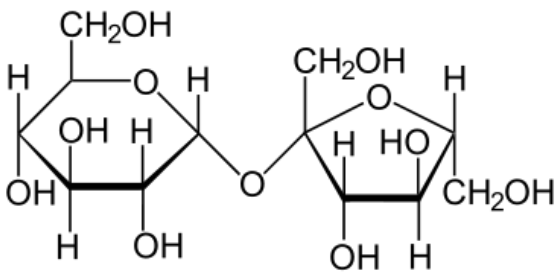
## DISACHARYDY

To cukry złożone z dwóch monosacharydów połączone wiązaniem glikozydowym. W zależności od sposobu powstania wiązania glikozydowego disacharydy dzielą się na dwie grupy. Pierwszą z nich stanowią disacharydy utworzone przez połączenie monosacharydów grupami hydroksylowymi, znajdującymi się przy węglach anomerycznych. Powstałe w ten sposób disacharydy zaliczane są do grupy trehalozy (do tej grupy należy sacharoza – cukroza). Drugą grupę stanowią cukrowce powstałe przez połączenie grupy hydroksylowej jednego monosacharydu z grupą hydroksylową drugiego monosacharydu w pozycji 3,4 lub 6. Ta grupa sacharydów nosi nazwę grupy maltozy (maltoza, laktoza, celobioza, izomaltoza, gencjobioza, wicjanoza).

## Sacharoza

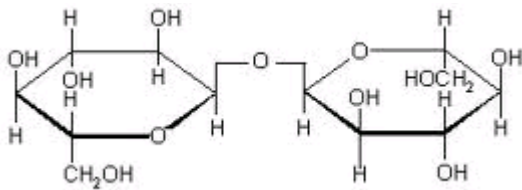
Zbudowana z  $\alpha$ -D-glukozy i  $\beta$ -D-fruktozy połączonych wiązaniem glikozydowym 1-2. W większych ilościach występuje w burakach cukrowych i trzcinie cukrowe. Nie ulega mutarotacji i nie posiada właściwości redukujących. Pod wpływem kwasów lub enzymów ulega rozszczepieniu do glukozy i fruktozy.





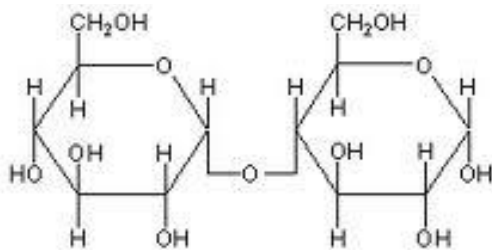
### Trehaloza

disacharyd złożony z dwóch cząsteczek glukozy połączonych wiązaniem O-glikozydowym ( $\alpha$ ,D-glukopiranozylo-(1 $\rightarrow$ 1)- $\alpha$ ,D-glukopiranozyd). Cukier ten nazywany dawniej mykozą. Występuje w organizmach niższych takich jak glony, nie ulega mutarotacji i nie posiada właściwości redukujących.



### Maltoza

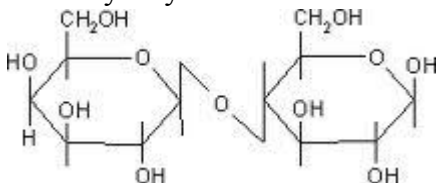
disacharyd zbudowany z dwóch reszt D-glukozy połączonych wiązaniem  $\alpha$ -1,4 glikozydowym. Jest cukrem redukującym. Tworzy dwa anomery,  $\alpha$  i  $\beta$ , które w roztworach wodnych ulegają mutarotacji. Nazywana jest cukrem słodowym. Powstaje przez hydrolizę skrobi i glikogenu. Większe ilości maltozy stwierdza się w kiełkującym ziarnie jęczmiennym i kukurydzy.



maltoza

### Laktoza

Cukier mlekowy jest disacharydem powstałym z połączenia  $\alpha$ -D-glukozy i  $\beta$ -D-galaktozy wiązaniem 1-4. Występuje przede wszystkim w mleku ssaków. Ze względu na możliwość występowania w dwóch formach anometrycznych ma właściwości redukujące, jak również ulega mutarotacji.



## **POLISACHARYDY**

Polisacharydy są produktem kondensacji cząsteczek cukrów prostych. Różnica w stosunku do oligosacharydów polega na tym, że ilość monosacharydów w cząsteczce może wynosić od kilkuset do kilku tysięcy. Polisacharydy w odróżnieniu od mono i oligosacharydów praktycznie są nierozpuszczalne w wodzie. Niektóre wykazują zjawisko pęcznienia i tworzenia układów koloidalnych. Charakteryzują się także zanikiem słodkiego smaku. Pełnią one funkcje zapasowe i budulcowe.

Biorąc za podstawę podziału budowę chemiczną, polisacharydy można podzielić na dwie grupy:

1. **Homopolisacharydy** składające się z reszt jednego rodzaju dowolnego monosacharydu:

- a) z reszt glukozy - skrobia, glikogen, celuloza,
- b) z reszt fruktozy - inulina i inne,
- c) z reszt arabinozy, ksylozy, mannozy, gałaktozy - arabany, ksylany, mannany, gałaktany,
- d) z reszt kwasu galaktouronowego - substancje pektynowe,
- e) z reszt glukozaminy - chityna owadów i grzybów

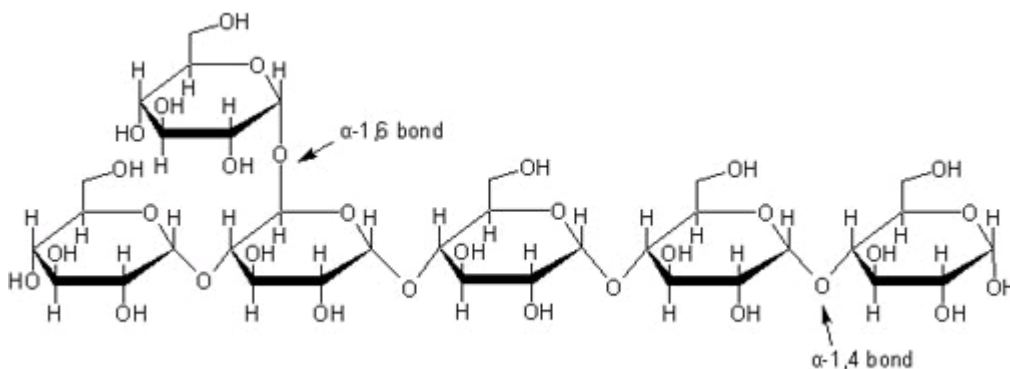
2. **Heteropolisacharydy** składają się z reszt różnych monosacharydów i ich pochodnych. Głównymi ich przedstawicielami są zbudowane z dużej liczby reszt glukozy i mannozy glukomannany, złożone z reszt mannozy i gałaktozy galaktomannany, a także złożone z pentoz i heksoz różnego rodzaju hemicelulozy.

### Skrobia

jest to polisacharyd zbudowany zasadniczo z dwóch cząsteczek: cząsteczki amylozy, której jest 20 – 35% oraz cząsteczki amylopektyny 65 – 80%. Cukier ten występuje w roślinach, jako materiał zapasowy a największe jej ilości stwierdzono w bulwach ziemniaczanych i ziarnach zbóż.

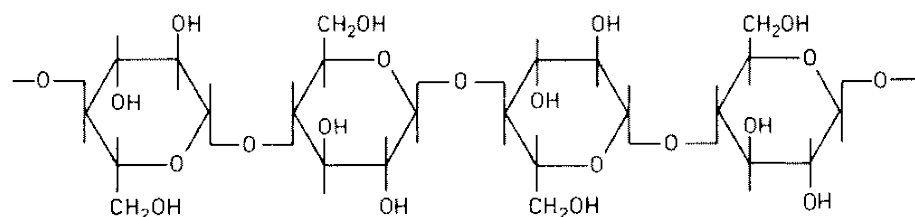
Amyloza ma strukturę linearną, jest polimerem zbudowanym z ok. 300 cząsteczek glukozy połączonych  $\alpha$  (1 – 4) glikozydowo. Amylopektyna ma budowę rozgałęzioną, którą warunkuje połączenie  $\alpha$  (1 – 4) glikozydowe i  $\alpha$  (1 – 6) glikozydowe.

Amyloza rozpuszcza się w wodzie zimnej i gorącej, natomiast amylopektyna rozpuszcza się w wodzie zimnej, a po podgrzaniu tworzy kłajster – żeluje.



Skrobia pod wpływem kwasów lub enzymów ulega hydrolizie częściowej lub całkowitej do dekstryn.

**Celuloza** – jest to polisacharyd powszechnie występujący w roślinach. Pod względem chemicznym jest polimerem  $\beta$  – D (+) glukozy powiązanej wiązaniem 1-4. Celuloza zawiera 14 000 reszt glukozy, łańcuch celulozy jest pofalowany i tworzy micelę. Struktura celulozy jest utrwalona za pomocą wiązań wodorowych i zawiera do 60 włókien. Celuloza jest odporna na większość enzymów. Nie rozkładają jej organizmy zwierzęce. Niektóre mikroorganizmy produkują enzym rozkładający ją do celobiozy i glukozy.



**Agar** – jest to polisacharyd kwaśny o dużym znaczeniu. Na skalę przemysłową jest izolowany z wodorostów. Wykorzystuje się go głównie w mikrobiologii, ponadto służy jako środek żelujący w piekarstwie i cukiernictwie. Agar nie jest substancją jednorodną. Wyizolowano dwie frakcje: agarozę i agaropektynę. Agarozę jest liniowym polimerem złożonym z cząsteczek agarobiozy. Z kolei agaropektyna to polisacharyd kwaśny złożony z cząsteczek D-galaktozy, zestyfikowany kwasem pirogronowym i kwasami uronowymi. Agar nie rozpuszcza się na zimno lecz na gorąco. Oziębając się daje twardy żel.

Piśmiennictwo:

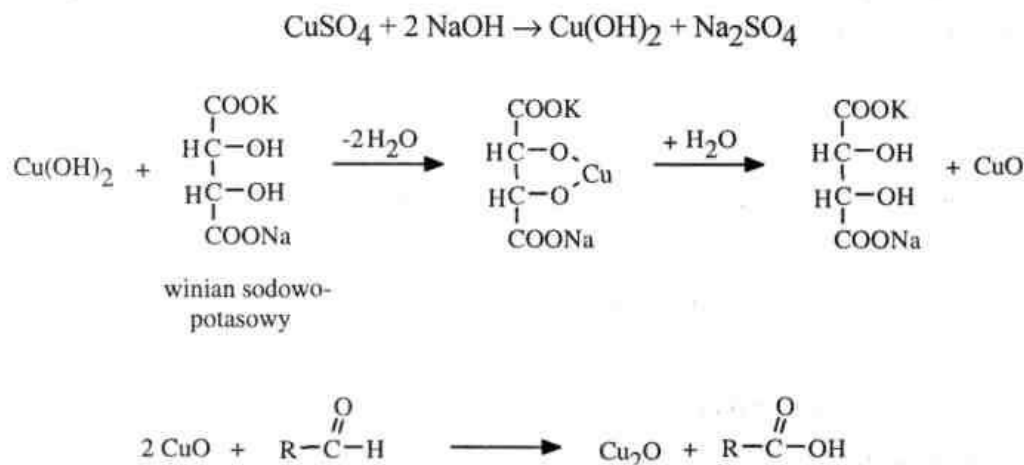
1. McMurry John. Chemia organiczna. PWN, Warszawa, 2003.(tom IV i V)
2. Śmiechowska Maria, Przybyłowski Piotr. Chemia żywności z elementami biochemii. Akademia Morska w Gdyni, Gdynia 2004.
3. Bogalecka M., Barcewicz K., Ćwiczenia laboratoryjne z chemii organicznej, Gdynia 2002

## Przebieg ćwiczenia 1 :

### Doświadczenie 1. Próba Fehlinga

**Zasada metody:** W próbie Fehlinga po zmieszaniu roztworu Fehling I ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  w rozcieńczonym  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) i Fehling II (roztwór winianu sodowo-potasowego i  $\text{NaOH}$ ) powstaje zasadowy roztwór kompleksu miedzi z winianem, co zapobiega wytrącaniu się osadu  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  i maskowaniu końcowego produktu reakcji - czerwonego osadu  $\text{Cu}_2\text{O}$ .

Dodany aldehyd/cukier redukujący ulega utlenieniu oddając elektrony, których akceptorem jest dwuwartościowa miedź. Kompleks miedzi z winianem po ogrzaniu rozpada się i powstaje czerwony osad tlenku miedzi(I).



**Wykonanie.** Przygotować cztery probówki i wprowadzić do nich po 1 ml:

Probówka nr 1 – 1% glukozy, nr 2 – 1% laktozy, nr 3 – 1% sacharozy, nr 4 – 1% skrobi, 5 - wody

Do 1  $\text{cm}^3$  roztworu cukrów dodać po 1  $\text{cm}^3$  płynu Fehlinga I i Fehlinga II. (do każdej probówki wprowadzamy zarówno jeden, jak i drugi roztwór w stosunku 1:1) Po wymieszaniu zawartości probówek ogrzewać je przez ok. 5 min. we wrzącej łaźni wodnej.

**Wyjaśnienie:** W przypadku obecności cukrów redukujących powstaje czerwono-ceglasty osad  $\text{Cu}_2\text{O}$ .

### Doświadczenie 2. Odróżnienie cukrów redukujących od nieredukujących. Próba Benedicta.

Materiały i odczynniki:

- probówki – 5 szt
- 1 % roztwór glukozy – 0,5 ml
- 1 % roztwór maltozy – 0,5 ml
- 1 % roztwór sacharozy – 0,5 ml
- 1 % roztwór skrobi – 0,5 ml - przed dodaniem wymieszać butelkę i ogrzać
- odczynnik Benedicta ( w 700 ml wrzącej wody rozpuścić 173 g cytrynianu sodowego i 100g bezwodnego węglanu sodu. Po ochłodzeniu dodać powoli, przy stałym mieszaniu, 100 ml 17,3%  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ . Uzupełnić wodą do 1000 ml.

Wykonanie ćwiczenia

Do 5 probówek odmierzyć 1 ml odczynnika Benedicta. Następnie dodać do pierwszej probówki 0,5ml glukozy, do drugiej 0,5ml maltozy, do trzeciej 0,5ml sacharozy, do czwartej 0,5ml skrobi (przed dodanie wstrząsnąć butelką) oraz do piątej 0,5 ml wody destylowanej. Wszystkie próby wstawić na ok. 1-2 min do wrzącej łaźni wodnej. Po tym czasie pojawi się zabarwienie próby od zielonego aż do wystąpienia czerwonego osadu w zależności od stężenia cukrów redukujących w próbie. Zanotować wyniki i zinterpretować je.

### Doświadczenie 3. Próba Moore'a

#### Materiały i odczynniki:

- probówki – 4 szt
- 1 % roztwór glukozy – 1 ml
- 1 % roztwór maltozy – 1 ml
- 1 % roztwór sacharozy – 1 ml
- 1 % roztwór skrobi – 1 ml
- 10% NaOH

#### Wykonanie ćwiczenia:

Do pierwszej probówki dodać 1 ml glukozy, do drugiej 1ml maltozy, do trzeciej 1ml sacharozy i do ostatniej 1 ml skrobi. Następnie do wszystkich probówek dodać 1 ml 10% NaOH. Wstawić wszystkie probówki na 10 min do wrzącej łaźni wodnej.

#### **Doświadczenie 4. Wykrywanie wielocukrów.**

#### Materiały i odczynniki:

- probówki – 5 szt
- 1 % roztwór glukozy – 0,5 ml
- 1 % roztwór maltozy – 0,5 ml
- 1 % roztwór sacharozy – 0,5 ml
- 1% roztwór skrobi – 0,5 ml
- Woda destylowana
- płyn Lugola (roztwór jodu) – 1 ml. (R-r jodu w jodku potasowym: 10 g jodku potasowego rozpuścić w 20 ml wody, dodać 5 g jodu i mieszać ( z przerwami), aż do całkowitego rozpuszczenia się jodu (jeśli jod się nie rozpuści, dodać jeszcze trochę jodku potasowego). Uzupełnić woda do objętości 100 ml).

#### Wykonanie ćwiczenia:

Do 5 probówek odmierzyć kolejno po 0,5 ml roztworu: glukozy, do drugiej probówki 0,5 ml maltozy, do trzeciej 0,5 ml sacharozy, do czwartej 0,5 ml skrobi a do ostatniej 0,5 ml wody destylowanej. Do wszystkich prób dodać po 3 krople roztworu jodu (płynu Lugola).

Zapisać wyniki.

#### **Doświadczenie 5. Kwaśna hydroliza cukrowców i wykrywanie jej produktów.**

#### Materiały i odczynniki:

- probówki – 5 szt.
- 1% roztwór glukozy
- 1% roztwór maltozy
- 1 % roztwór sacharozy
- 1 % roztwór skrobi
- Woda destylowana
- 2M kwas solny – 2ml
- odczynnik Benedicta (roztwór siarczanu miedzi)
- płyn Lugola (roztwór jodu)
- łaźnia wodna

### Wykonanie ćwiczenia:

Do 5 probówek należy odmierzyć kolejno po 1 ml 1% roztworu: glukozy, maltozy, sacharozy i skrobi, a do ostatniej - 1 ml wody. Do wszystkich prób dodać 2ml 2M HCl i podgrzewać 5-7 min. we wrzącej łaźni wodnej (próba musi zawrzeć). Po ochłodzeniu zawartość każdej probówki podzielić na dwie probówki.

W jednej części wykonać próbę z płynem Lugola (patrz zadanie 3). Do drugiej części probówek dodać roztwór alkalizujący (NaOH) - 1ml i wykonać próbę Benedicta na cukry redukujące (patrz zadanie 2). Zanotować wyniki i zinterpretować je.