Zachodniopomorski
Uniwersytet Technologiczny

CHEMIA ŻYWNOŚCI

Kierunek: Technologia Żywności
i Żywienie Człowieka

semestr III

Wykład 3

Sacharydy

Sacharydy 3a – właściwości chemiczne, struktura, podział, klasyfikacja, izomeria.

Sacharydy 3b – występowanie, metody oznaczania, właściwości funkcjonalne i najważniejsze reakcje chemiczne sacharydów

WNoŻiR

WYDZIAŁ NAUK O ŻYWNOŚCI I RYBACTWA
CENTRUM BIOIMMOBILIZACJI I INNOWACYJNYCH
MATERIAŁÓW OPAKOWANIOWYCH

CBIMO

Występowanie cukrów w żywności

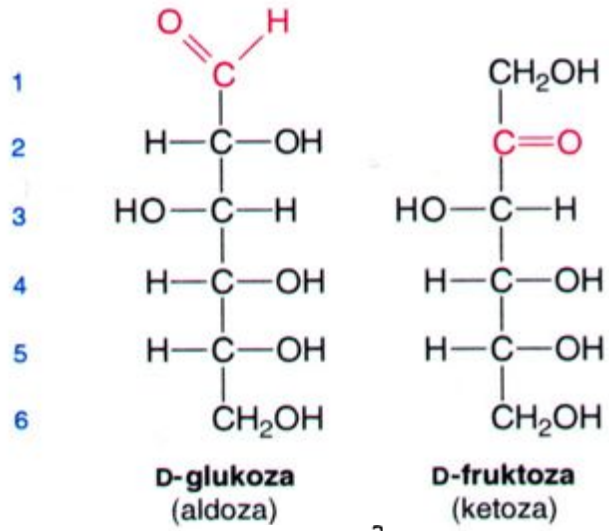
http://www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp/Data/Other/herr48.pdf

Całkowita zawartość cukrów

Food	Total sugars/%	Food	Total sugars/%
White bread	2.6	Raw Cabbage	4.0
Corn Flakes	8.2	Raw Beetroot	7.0
Frosties	41.9	Raw Onions	5.6
Digestive biscuits	13.6	Apples	11.8
Gingernut biscuits	35.8	Bananas	20.9
Rich fruit cake	48.4	Grapes	15.4
Whole cow's milk	4.8	Oranges	8.5
Human milk	7.2	Raisins	69.3
Cheese (cheddar type)	0.1	Peanuts	6.2
Processed cheese	0.9	Honey	76.4
Yoghurt	7.8	Jam	69.0
Fruit yoghurt	15.7	Coke	10.5
Ice cream	22.1	Beer	2.3
Lemon sorbet	34.2	Red wine	1.5
Cheesecake	22.2	White wine	3.4
Beef sausages	1.8	Port	12.0
Potatoes	1.3		

Sacharydy - Węglowodany - Cukry

- monosacharydy
- oligosacharydy (2-10)
- polisacharydy (powyżej 10)



Ogólne informacje

1. Węglowodany (cukry) składają się z C, H i O.

2. Składają się z licznych grup hydroksylowych i jednej grupy aldehydowej lub ketonowej (aldozy i ketozy)

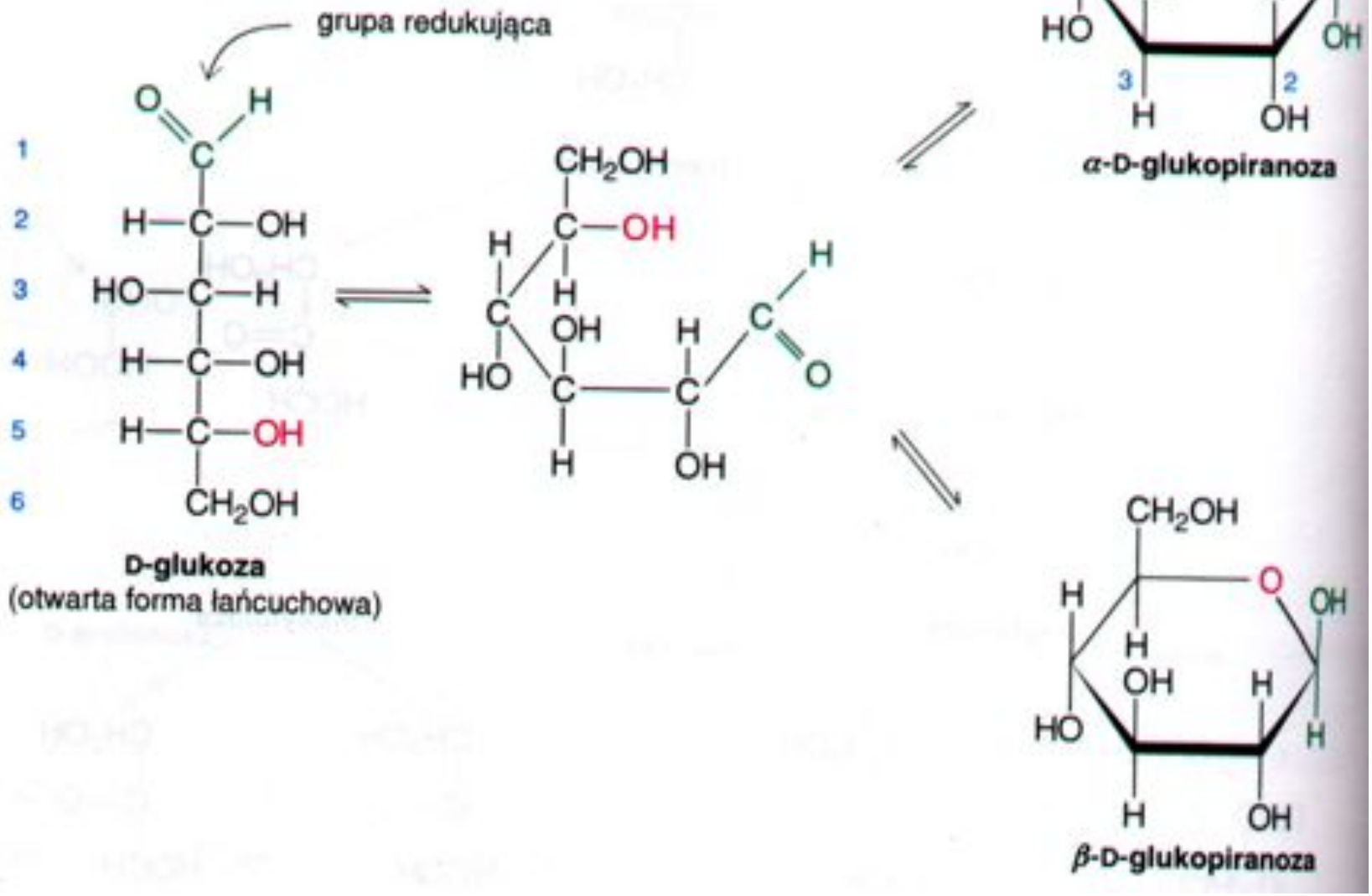
3. Mają właściwości typowe dla związków karbonylowych i alkoholi

4. Proste cukry (monosacharydy) mają wzór ogólny $\mathbf{(CH_2O)_n}$, gdzie n=3 lub więcej

5. Alkohole, przyłączając się do aldehydów i ketonów, tworzą odpowiednio acetale i ketale

6. Węglowodany ulegają cyklizacji tworząc acetale w obrębie jednej cząsteczki

Reakcja cyklizacji



Konformacje monosacharydów

- wszystkie atomy węgla występujące w cyklicznycl sacharydów są w stanie hybrydyzacji sp^3 i dlatego te nie mogą być płaskie

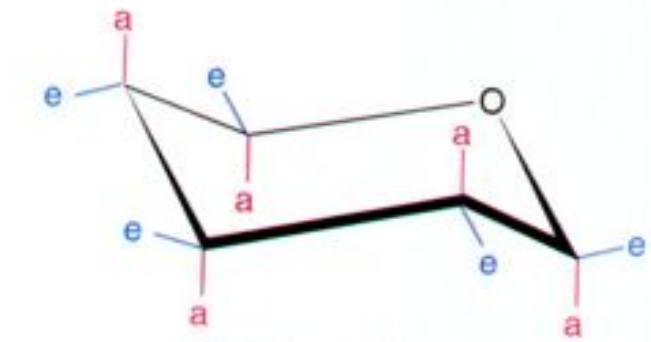
- swoisty kąty wiązań wynoszące 109° zostaną zach wtedy,gdy pierścienie przyjmą kształt łodzi lub krze konformacje)

- ze względu na odpychanie się podstawników na dz konformacji łodziowej, przekształcają się one w kor krzesełkową

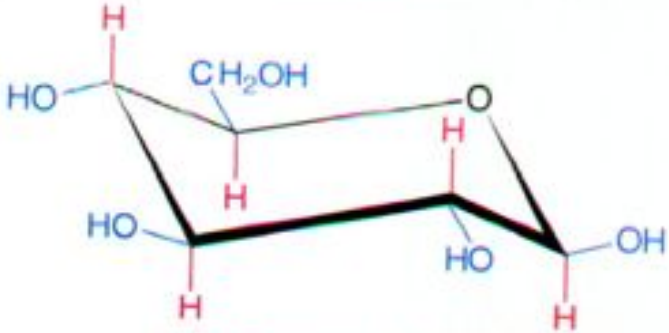
- dodatkowo o budowie cząsteczkowej decyduje też energetyczny spowodowany wewnatrzcząsteczkowy wiązaniami wodorowymi

-wszystkie cukry mają w cząsteczce tzw. węgle asy powoduje występowanie izomerów optycznych:

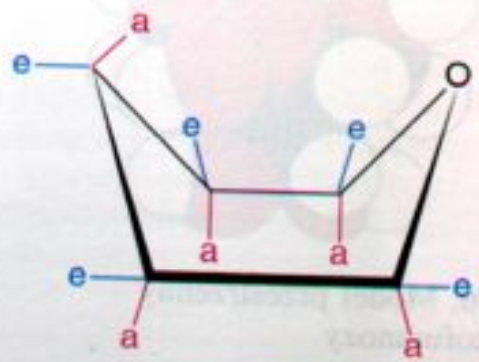
prawo- (+, D) i lewo- (-, L) skrętnych



krzesełkowa forma piranozy
(e – podstawnik ekwatorialny;
a – podstawnik aksjalny)

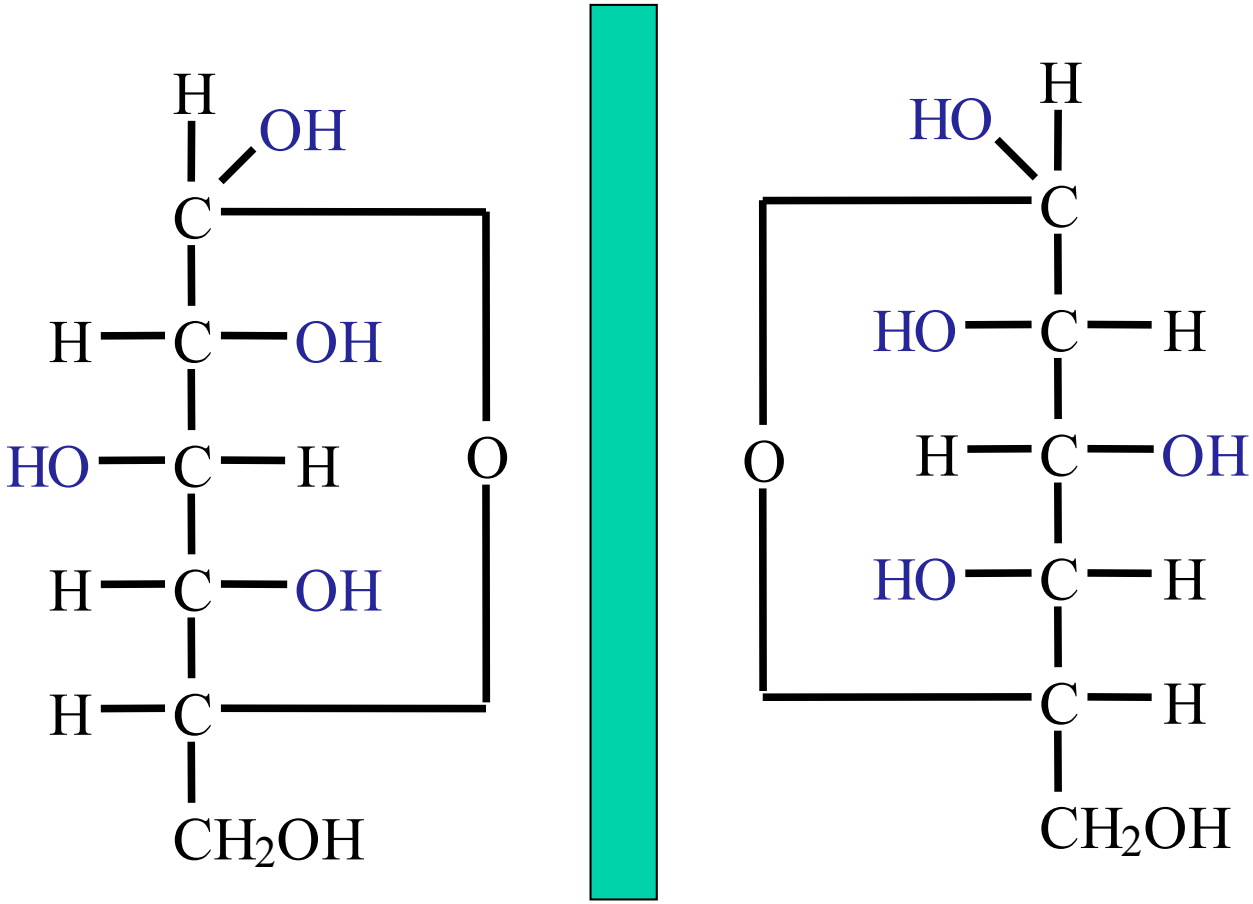


stabilna krzesełkowa forma
β-D-glukopiranozy



łódkowa forma piranozy

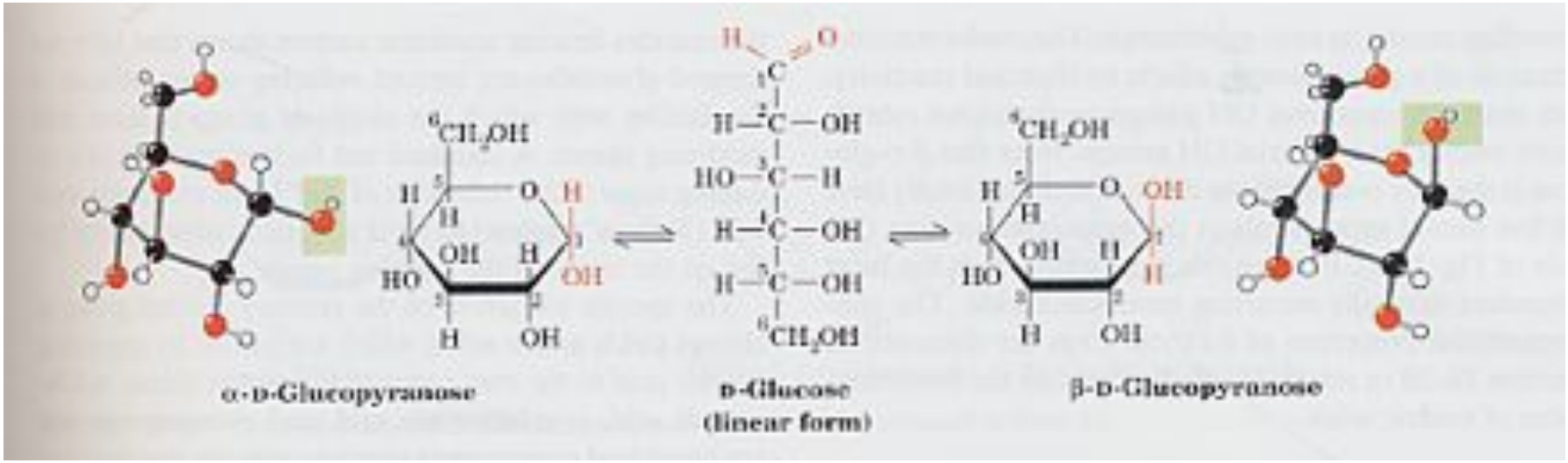
Odbicie zwierciadlane glukozy (izomeria optyczna D i L)

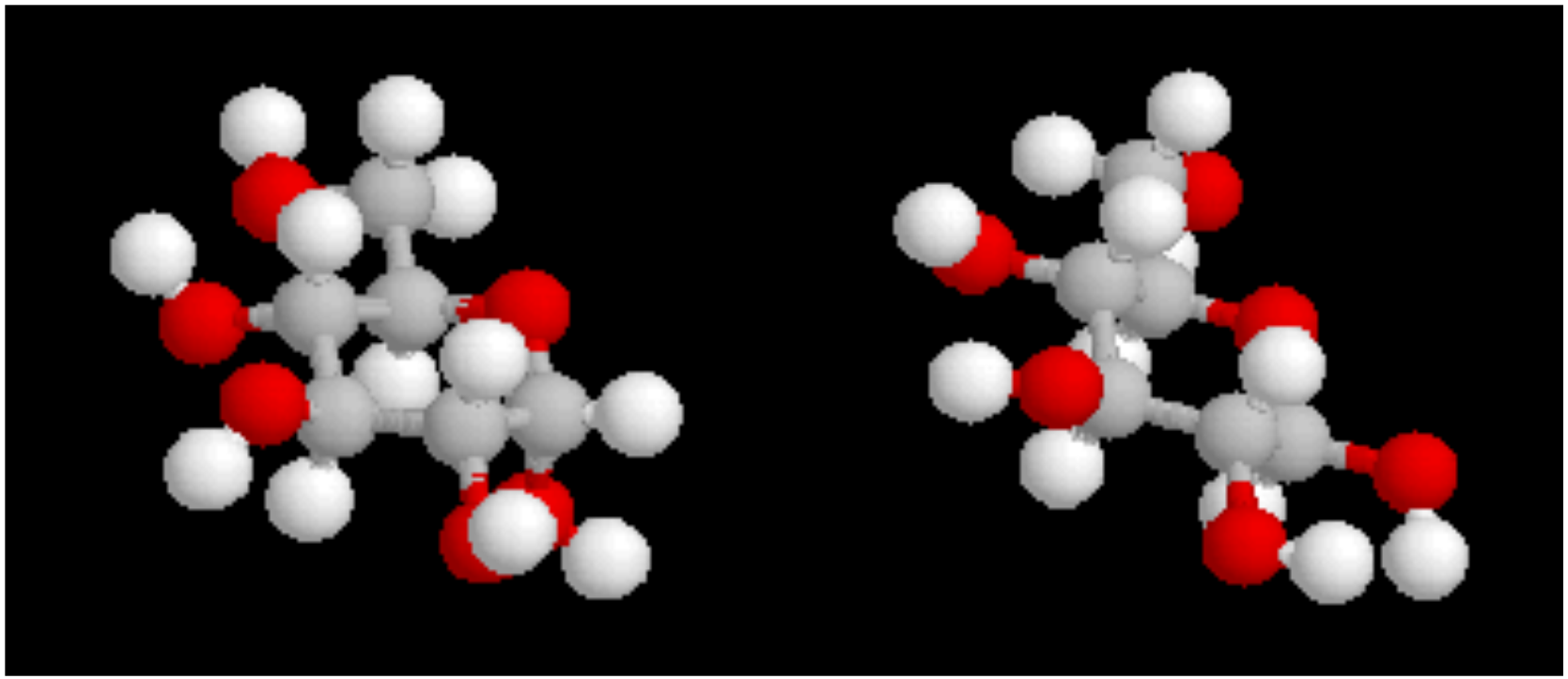


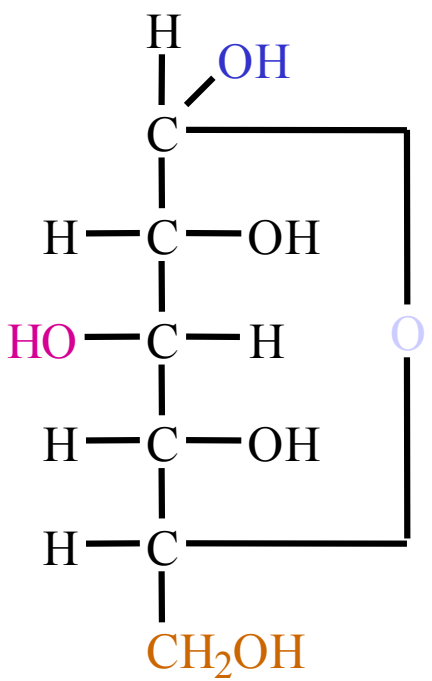
α-D-glukoza

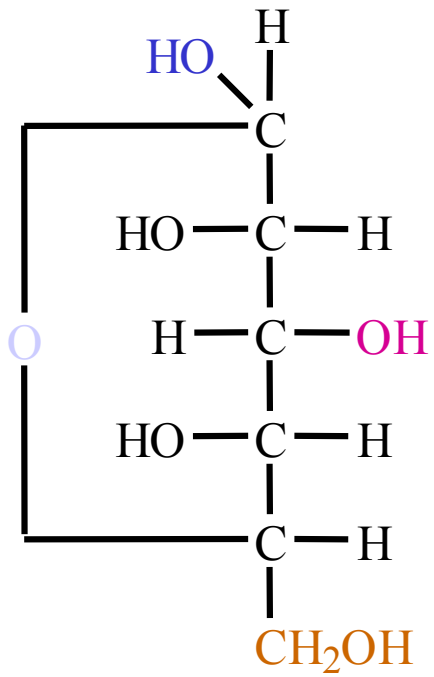
α- L-glukoza

α- and β-glukoza



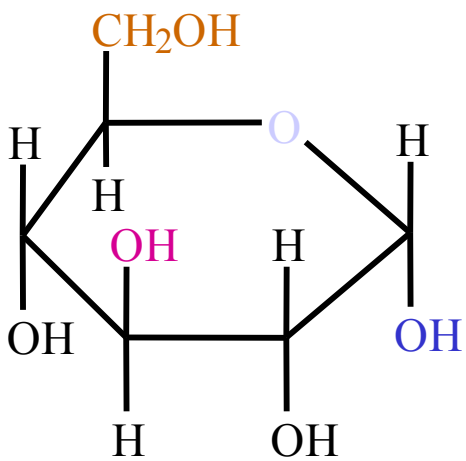


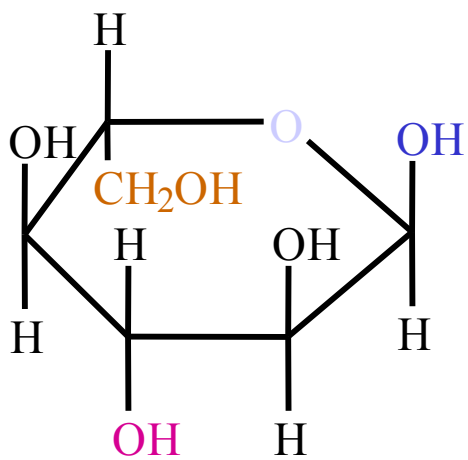




α-D-glukoza

α- L-glukoza





Cukry proste – monosacharydy

Nazewnictwo

Nazewnictwo: przedrostek- = ilość atomów węgla

-oza – oznacza węglowodan

Triozy **Tetrozy**

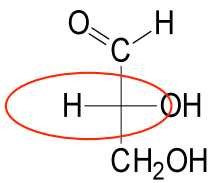
Pentozy **Heksozy**

Monosacharydy:

aldozy - zawierają grupy aldehydowe

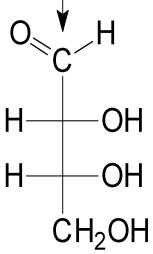
ketozy – zawierają ugrupowanie ketonowe

TRIOZY

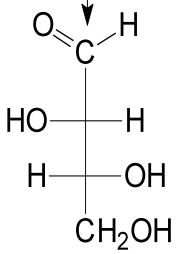


D-aldehyd glicerynowy

TETROZY

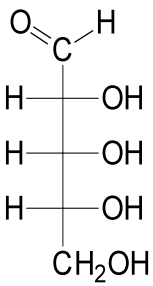


D-Erythrose

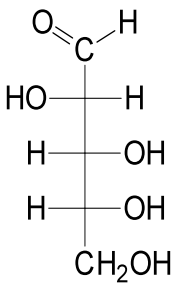


D-Threose

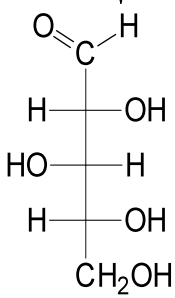
PENTOZY



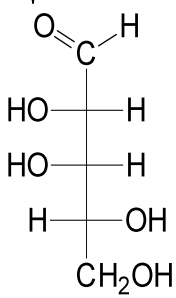
D-Ribose



D-Arabinose

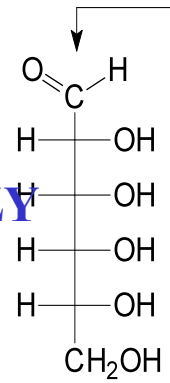


D-Xylose

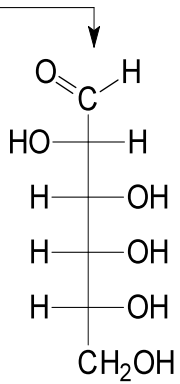


D-Lyxose

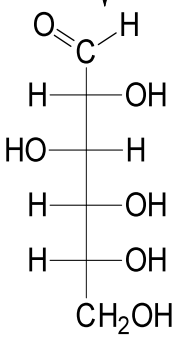
HEKSOZY



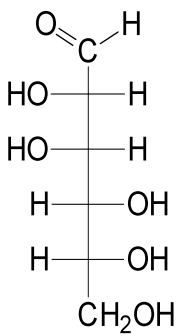
D-Allose



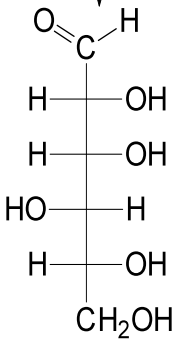
D-Altrose



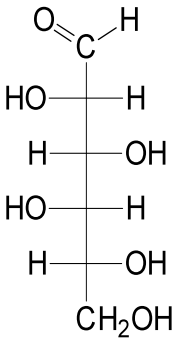
D-Glucose



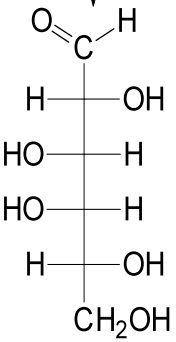
D-Mannose



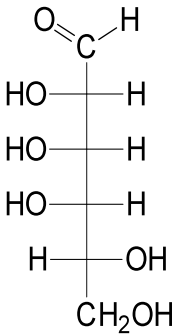
D-Gulose



D-Idose



D-Galactose



D-Talose

Stereoizomeria

Możliwa jest duża liczba stereoizomerów.

Większość naturalnych monosacharydó występuje w formie D

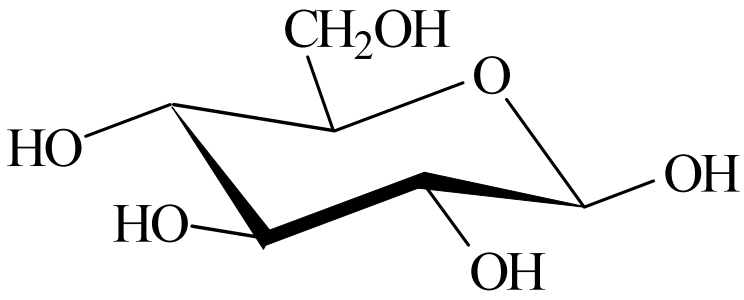
W żywności najważniejsze monosacharydy to:

- Aldo-pentozy i heksozy

  D – galaktoza i **D – glukoza**

- Keto-pentozy i heksozy

  D - fruktoza



Struktura krzesełkowa

β-D-glukopiranoza

GLUKOZA

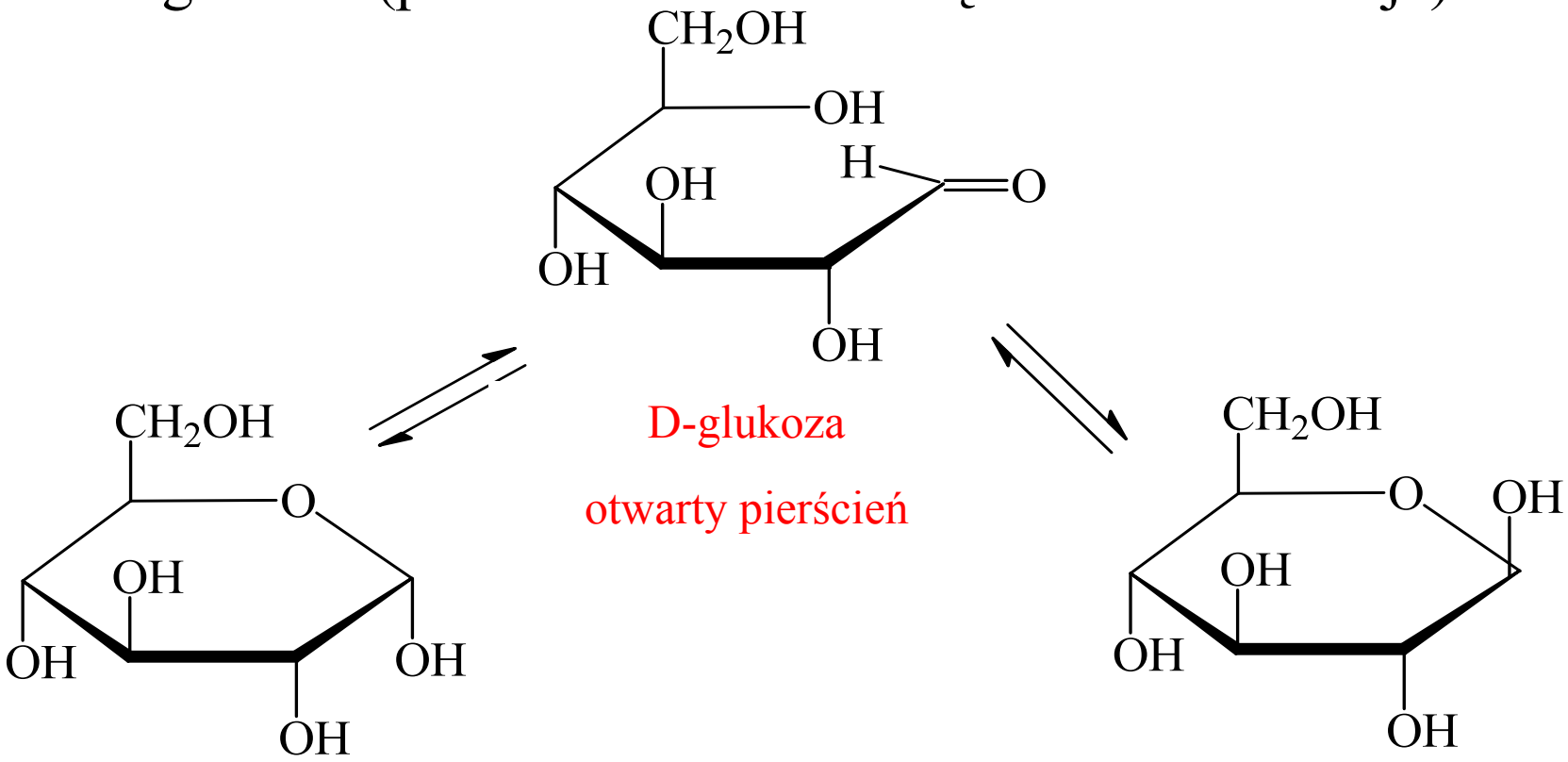
Dlaczego glukoza jest tzw. „uniwersalnym cukrem”?

1. Glukoza jest jedynym cukrem w którym grupy hydroksylowe są rozmieszczone na zewnątrz

2. Prowadzi to do silnych oddziaływań międzycząsteczkowych:

- z wodą
- z innymi cząsteczkami

D- glukoza (przekształcenie wewnętrzne- mutarotacja)



α-D-glukoza

$\alpha_D = +112°$

Roztwór glukozy $\alpha_D = +52.7°$

β-D-glukoza

$\alpha_D = +19°$

Stereoizomery tworzą się podczas zamykania pierścienie(α, β).

Reakcja może być **katalizowana kwasami i zasadami** (znikome znaczenie jeżeli chodzi o technologię żywności – większe w diagnostyce)

Właściwości chemiczne jednocukrów

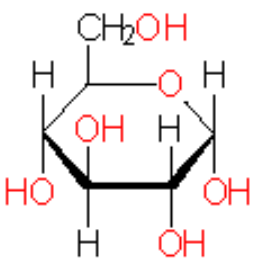
I. Właściwości redukujące

Do ich występowania konieczna jest wolna grupa aldehydowa lub ketnowa w cząsteczce cukru

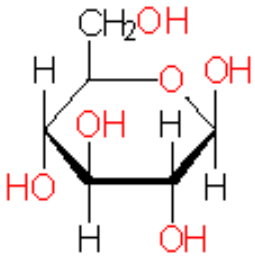
W roztworze wodnym glukozy znajduje się, obok perścieniowej tylko nieznaczna ilość odmiany łańcuchowej (0,1%).

W środowisku zasadowym następuje otworzenie się pierścienia i uwolnienia grupy aldehydowej lub ketonowej.

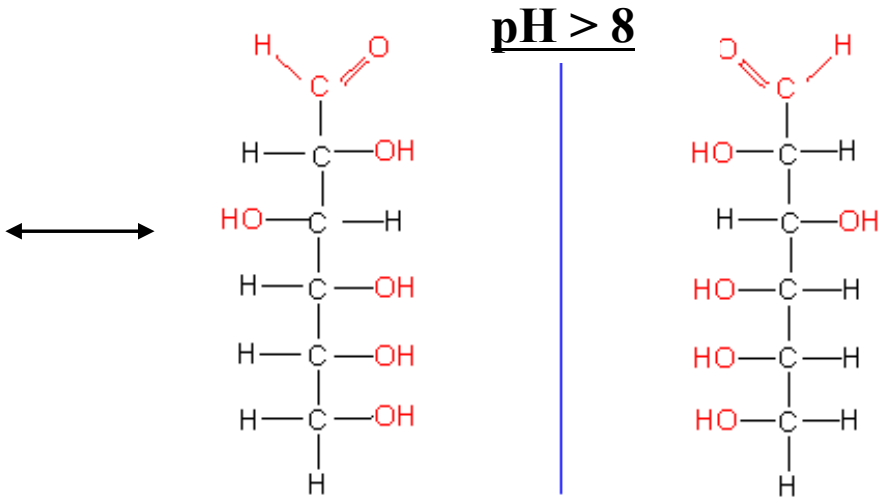
pH < 8



α-glukoza



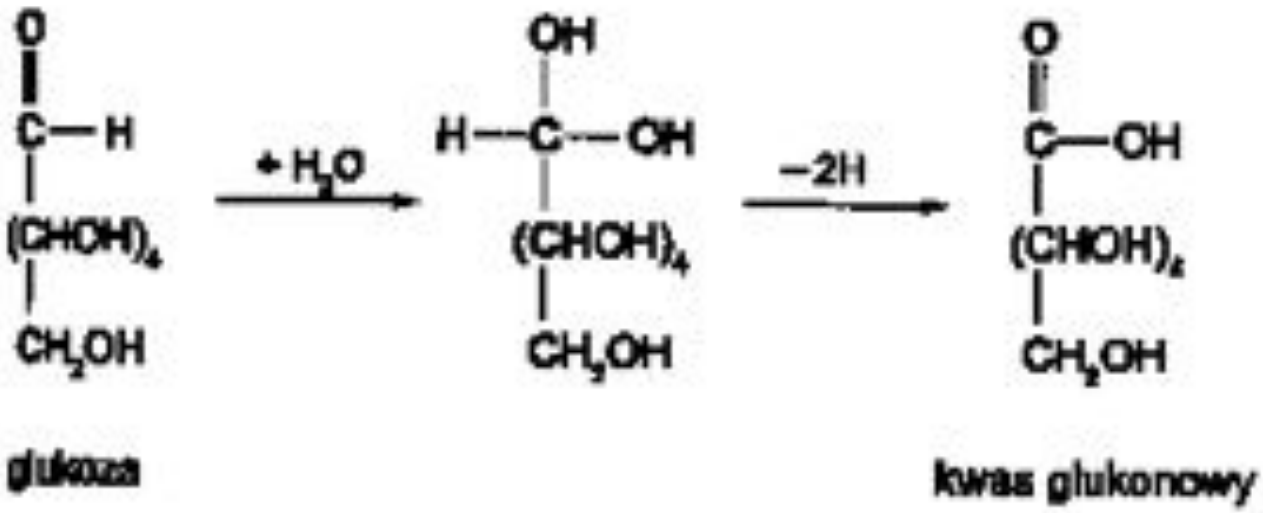
β-glukoza



I. Właściwości redukujące

Cukry redukując wiele substancji (jony metali ciężkich, barwniki itp.) ulegają utlenienie do kwasów.

Glukoza utlenia się przez odwodorowanie do kwasu glukonowego.



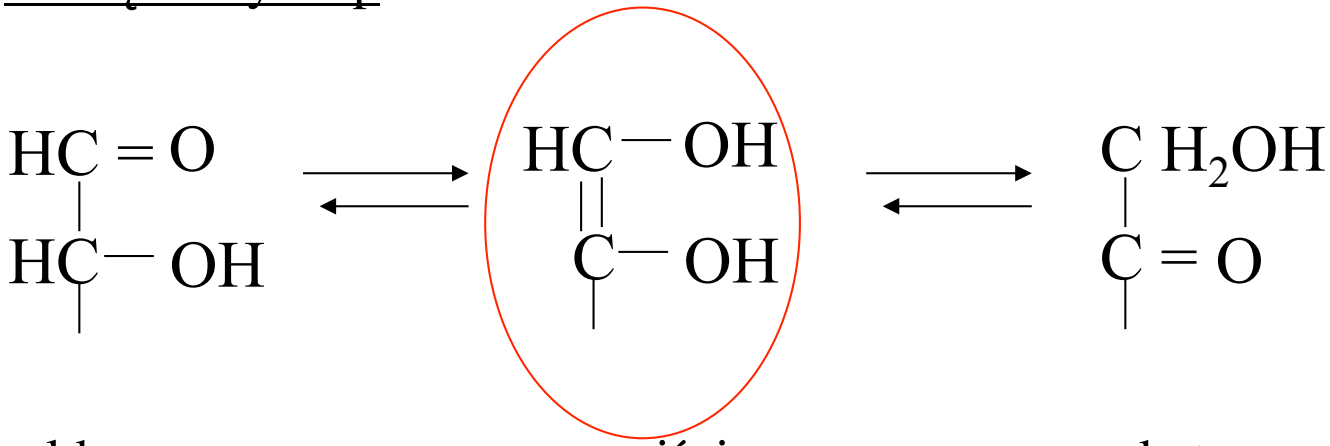
Wszystkie cukry redukujące w czasie ogrzewania w środowisku zasadowym ulegają rozpadowi na szereg związków o różnych właściwościach, co uniemożliwia opisanie procesu w postaci reakcji stechiometrycznej.

Rozkład termiczny cukrów

>100ºC cukry ulegają rozkładowi według skomplikowanych mechanizmów

Powstają związki smakowe i brązowy pigment (karmel)

Początkowy etap



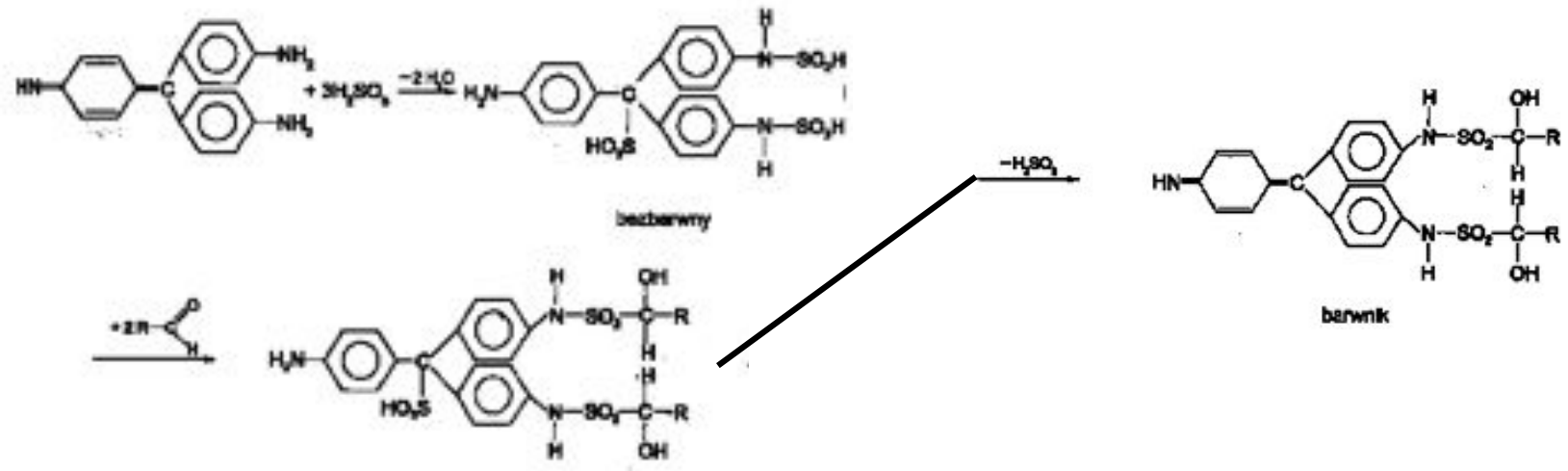
aldoza pr. przejściowy ketoza

Kwasy organiczne/zasady – katalizują te reakcje

Właściwości redukujące jednocukrów - reakcje charakterystyczne

1. Reakcja z odbarwioną fuksyną

Roztwór fuksyny pod wpływem wodorosiarczanu(IV) sodu odbarwia się dzięki przyłączeniu do cząsteczki barwnika anionu HSO_3^-. Dodanie do roztworu odbarwionej fuksyny aldehydów, które silnie reagują z siarczanami(IV), powoduje ponowne zabarwienie się roztworu.



2. Redukcja kationów miedzi(II) - próba Benedicta

W wyniku ogrzewania roztworu cukru w obecności węglanu sodu, cytrynianu sodu i soli miedzi(II) powoduje redukcję miedzi która wytrąca się w postaci tlenku miedzi Cu_2O (obserwuje się zmianę barwy z niebieskiej na zieloną). Reakcja ta jest b. czuła (0.1%) a barwa osadu zależy od stężenia monosacharydu w roztworze.

3. Próba Tollensa

Polega na redukcji jonów srebra - z dysocjacji $Ag(NH_3)_2^+$ - do srebra metalicznego.

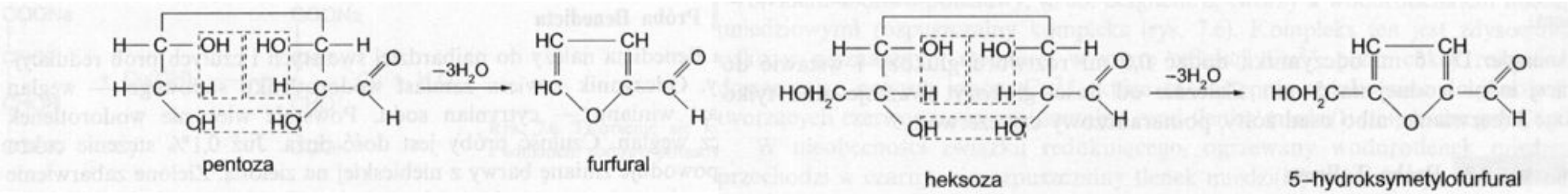
4. Redukcja kwasu pikrynowego

kwas pikrynowy jest redukowany do kwasu pikraminowego. Powstający w środowisku alkalicznym pikraminian sodu daje czerwone zabarwienie.

Inne reakcje charakterystyczne

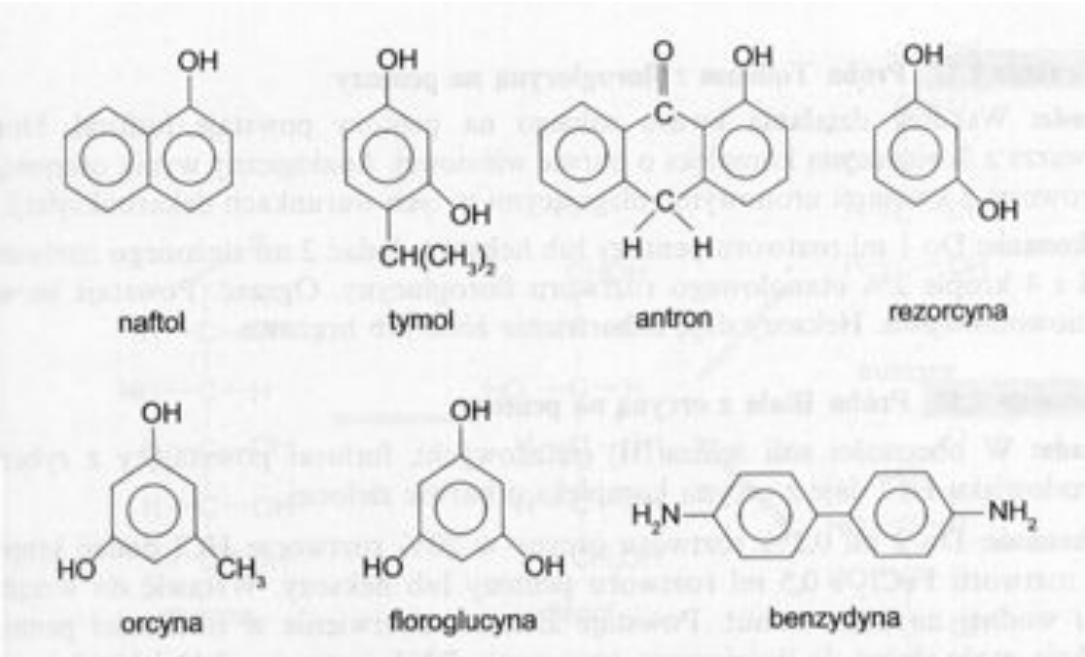
II. Działanie kwasów na cukry - odczyny barwne

Wszystkie cukry, o liczbie atomów węgla większej niż 4 w cząsteczce, ogrzewane z mocnymi kwasami (HCl, H_2SO_4) ulegają odwodnieniu i cyklizacji.



Furfurylowe pochodne dają barwne związki z pochodnymi fenylowymi, pozwalające na odróżnienie pentoz od heksoz, czy też aldoz od ketoz

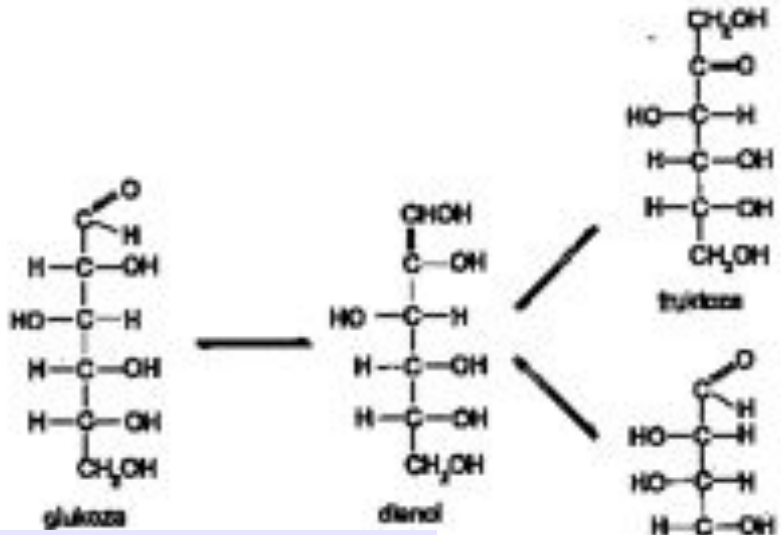
Rodzaje prób:
- próba Molischa z α-naftolem
- próba z tymolem
- próba Seliwanowa z rezorcyną na ketozy
- próba Tollensa z floroglycyną na pentozy
- próba Biala z orcyną na pentozy



Inne reakcje charakterystyczne

III. Wpływ zasad na cukry

W środowisku zasadowym cukry redukujące ulegają enolizacji (w wyniku tej reakcji zanika asymetria przy węglu C2 i poszczególne odmiany cukrów mogą przechodzić jedna w drugą.



Wiązanie enolowe łatwo ulega rozerwaniu, więc z cukrów mogą wytwarzać się różne pochodne ulegające ponadto polimeryzacji (powstają ciała żywicowate).

Próba Moore'a

Ogrzewanie roztworów sacharydów z dodatkiem NaOH (cukry redukujące powodują zmianę zabarwienia).
Cukry nieredukujące (sacharoza, oligo- i polisacharydy) są trwałe w środowisku zasadowym.

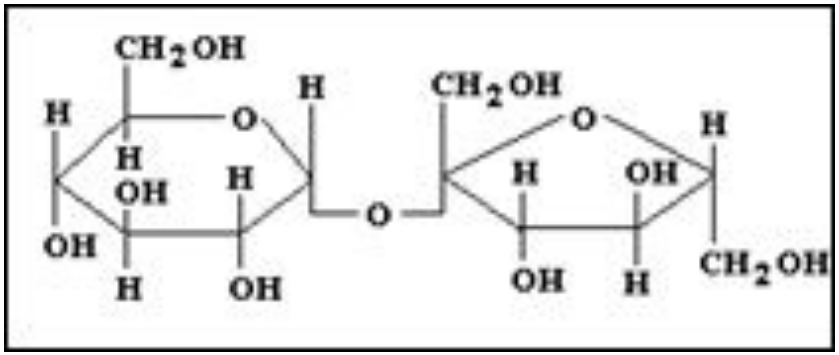
IV. Powstawanie osazonów

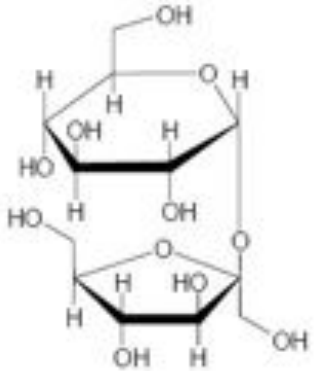
Cukry z fenylohydrazyną tworzą żółte, nierozpuszczalne w wodzie dihydrazony, zwane osazonami.
Charakteryzują się one różnymi formami kryształów i temperaturą topnienia (dzięki temu możliwa jest identyfikacja różnych cukrów).

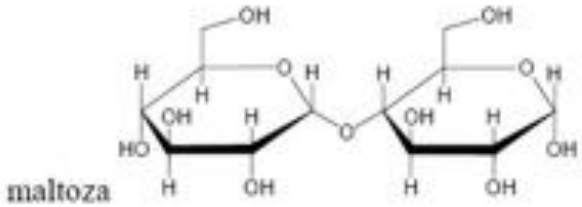
Dwucukry

Wiązanie glikozydowe występujące w dwucukrach nie oznacza się wysoką trwałością szczególnie w obecności jonów wodorowych (ulega ono hydrolizie która bardzo łatwo można przeprowadzić również enzymatycznie).

Jest ono trwałe w środowisku zasadowym.







Właściwości dwucukrów zależą od sposobów powiązania jednocukrów

- od typu wiązania gikozydowego (α i β)
- od pozycji węgla w łańcuchu, z którym węgiel glikozydowy sprzęga się z mostkiem tlenowym
- od rodzaju pierścienia cukrów (furanazowy lub piranozowy)

Wiązania glikozydowe

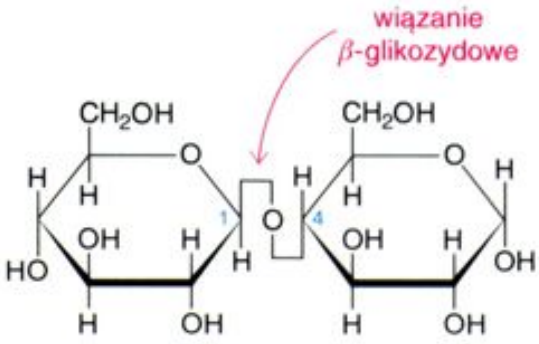
Sumaryczny wzór polisacharydów jednoskładnikowyc
wyrazić jako:

$$M_n - [(n-1)H_2O]$$

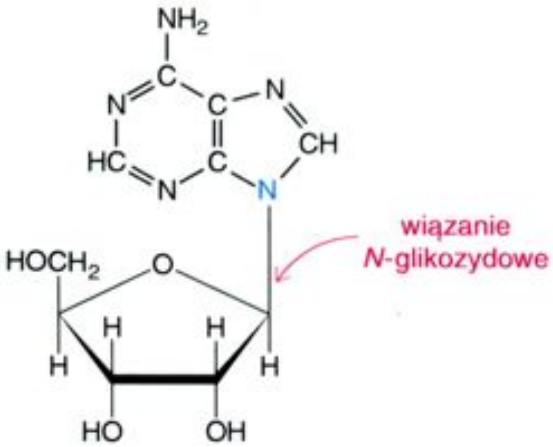
Ze względu na **budowę chemiczną** polisacharydy
można podzielić na

- homoglikany (jednoskładnikowe)
(skrobia, glikogen, celuloza)
- heteroglikany (wieloskładnikowe)

Glikan	Składniki	
	I Kwas uronowy (Gal)	II Aminocukier
Kwas hialuronowy	kwas D-glukuronowy	*N*-acetylo-D-glukozamina
Chondroityna	kwas D-glukuronowy	*N*-acetylo-D-galaktozamina
Chondroityno-4-siarczan (siarczan chondroityny A)	kwas D-glukuronowy	*N*-acetylo-4-*O*-sulfo-D-galaktozamina
Chondroityno-6-siarczan (siarczan chondroityny C)	kwas D-glukuronowy	*N*-acetylo-6-*O*-sulfo-D-galaktozamina
Siarczan dermatanu (siarczan chondroityny B)	kwas L-iduronowy	*N*-acetylo-4-*O*-sulfo-D-galaktozamina
Heparyna	kwas 2-*O*-sulfo-D-glukuronowy	2-sulfamino-D-glukozamina
	kwas L-iduronowy	2-sulfamino-6-*O*-sulfo-D-glukozamina
Siarczan heparanu (siarczan heparytyny)	kwas D-glukuronowy	2-sulfamino-6-*O*-sulfo-D-glukozamina
	kwas L-iduronowy	*N*-acetylo-D-glukozamina
Siarczan keratanu (keratosiarczan)	D-galaktoza	*N*-acetylo-6-*O*-sulfo-D-glukozamina

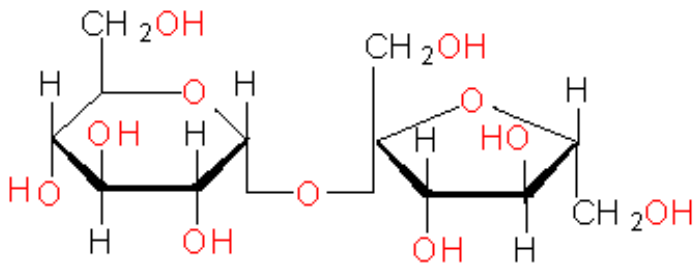


celobioza
(β-D-glukopiranozylo-(1→4)-
-α-D-glukopiranoza)

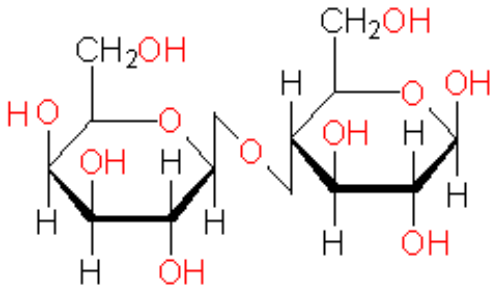


adenozyna

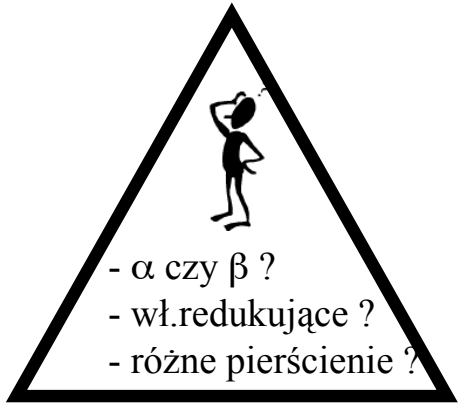
Dwucukry

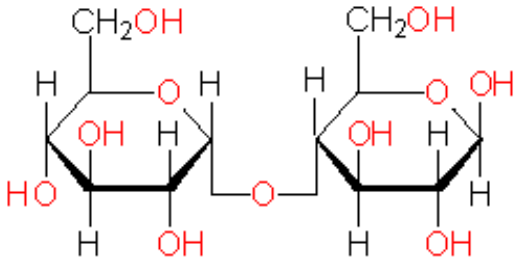


sacharoza

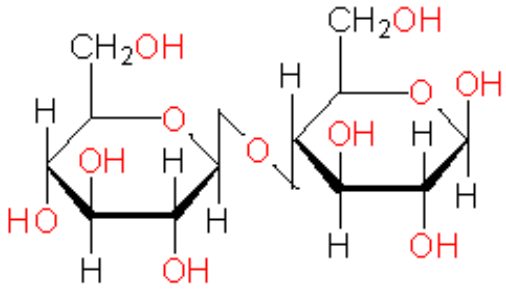


laktoza





maltoza



celebioza

<u>Próba Barfoeda - odróżnianie jednocukrów od dwucukrów</u>

Jednocukry łatwo wykazują właściwości redukujące, natomiast dwucukry po dłuższym ogrzewaniu, gdy zostanie rozerwane wiązanie glikozydowe (różnica w czasie po którym wytrąca się czerwony osad Cu_2O)

Polisacharydy

Pod względem chemicznym polisacharydy są

-polihydroksyaldehydami
(aldozami, ozami)

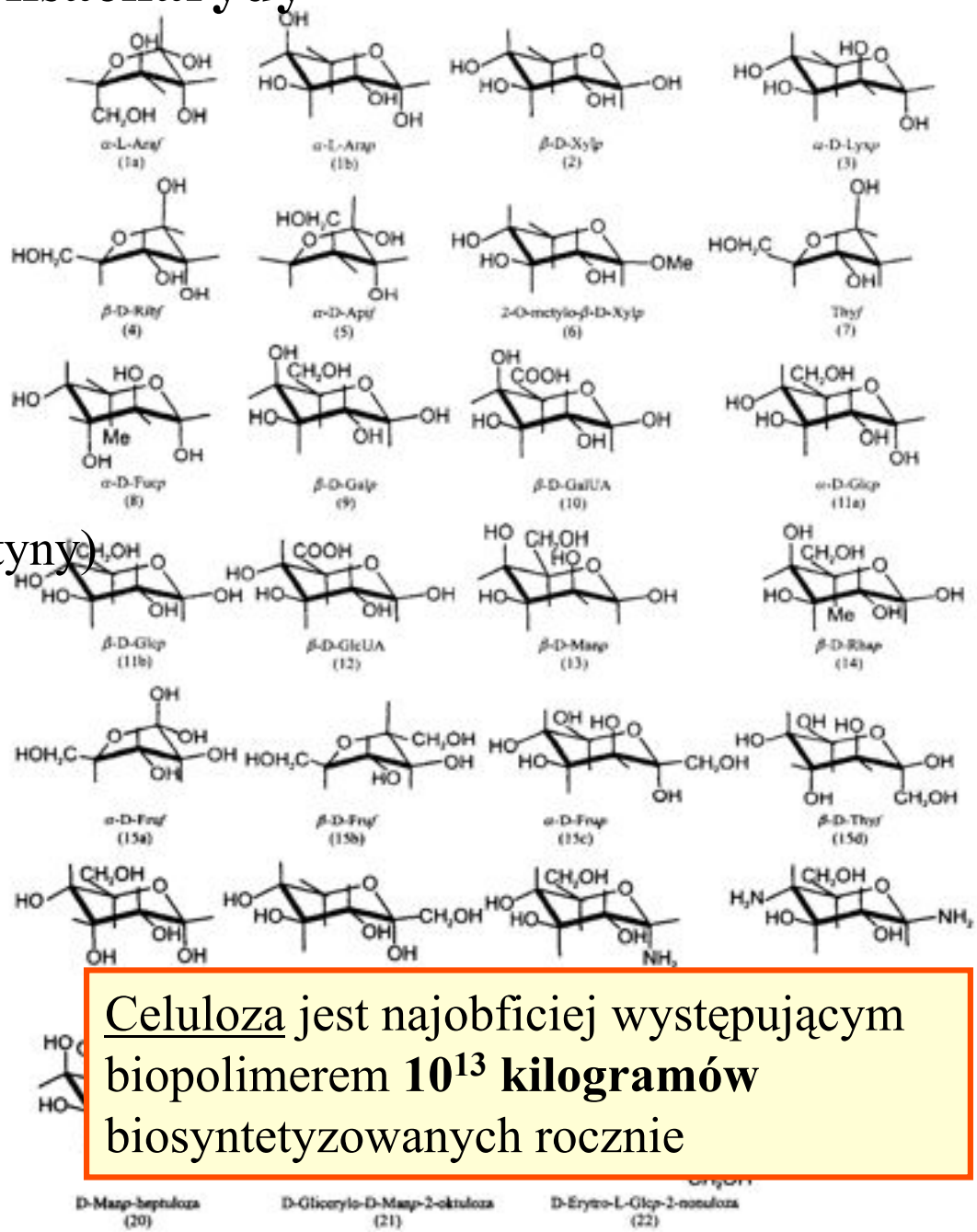
-polihydroksyketonami
(ketozami, ulozami)

Występowanie polisacharydów:

- bakterie (dekstran, gellan)
- rośliny (celuloza, skrobia, amylopektyny)
- zwierzęta (chityna, glikogen)

Funkcje polisacharydów:

- magazynowanie energii
  (skrobia, glikogen)
- strukturalna
  (celuloza, alginiany, karageniany)
- wiązanie wody, tłuszczy i metali
  (agaroza, alginiany, karageniany)
- ochronne
  (dekstran, guma gellan, pullulan)



Celuloza jest najobficiej występującym biopolimerem **10^{13} kilogramów** biosyntetyzowanych rocznie

Polisacharydy

Podstawowe **różnice we właściwościach** poli- i monosacharydów:
- polisacharydy **nie wykazują właściwości redukujących**
- **rozpuszczają się w wodzie słabo lub wcale** (skrobia, celuloza)

Chemiczne metody izolacji polisacharydów

-słaba rozpuszczalność w wodzie i większości rozpuszczalników organicznych (skrobia, celuloza itp..)

- odporność wiązań glikozydowych na działanie jonów OH^- w podwyższonej temperaturze (białka oraz kwasy nukleinowe ulegają w tych warunkach hydrolizie)

Różnorodność budowy chemicznej

- stopień hydratacji (dekstran, skrobia, celuloza)
- charakter chemiczny (-OH, $-COO^-$, $-SO_3^-$, $-NH_3^+$)
- homo- i kopolimery
- różnice strukturalne

Reakcje charakterystyczne:

- **reakcja z jodem** (reakcje barwnikowe)

(prowadzi się w środowisku kwasowym w obecności wolnego jodu)

amyloza (niebieskie), amylopektyna (fioletowe), glikogen (brązowoczerwony).

- wszystkie ulegają **hydrolizie do prostych monosacharydów**
- chemicznej (w obecności silnego kwasu)
- enzymatycznej (pod wpływem rozmaitych enzymów)

po hydrolizie wszystkie wykazują wł. redukujące

Właściwości fizyczne mono- i disacharydów

Krystlizacja:

bezwodne i tylko jeden anomer **(α lub β)**

rozpuszczalne w wodzie

Roztwory:

- tworzy syropy podczas gotowania i odparowywania
- cukry o właściwościach redukcyjnych są odporne na krystalizację

Wykorzystanie:

- używane często do gotowanych potraw
- wykorzystywane do tworzenia tekstury w przypadku ciast

Metody oznaczanie cukrów

Cukry proste (monosacharydy)

- liczba atmów C (tetrozy, heptozy, heksozy itd.)
- ze względu na obecność grupy aldehydowej lub ketonowej

Właściwości fizyczne monosacharydów:

- bezbarwne, bezwonne i przeważnie odznaczają się słodkim smakiem (dzięki obecności dużej ilości dipolarnych grup hydroksylowych)
- rozpuszczają się łatwo w wodzie, nie rozpuszczają się w rozpuszczalnikach organicznych (tworzą wiązania
wodorowe z cząsteczkami wody)
- wykazują tzw. czynność optyczną (skręcają płaszczyznę światła spolaryzowanego)

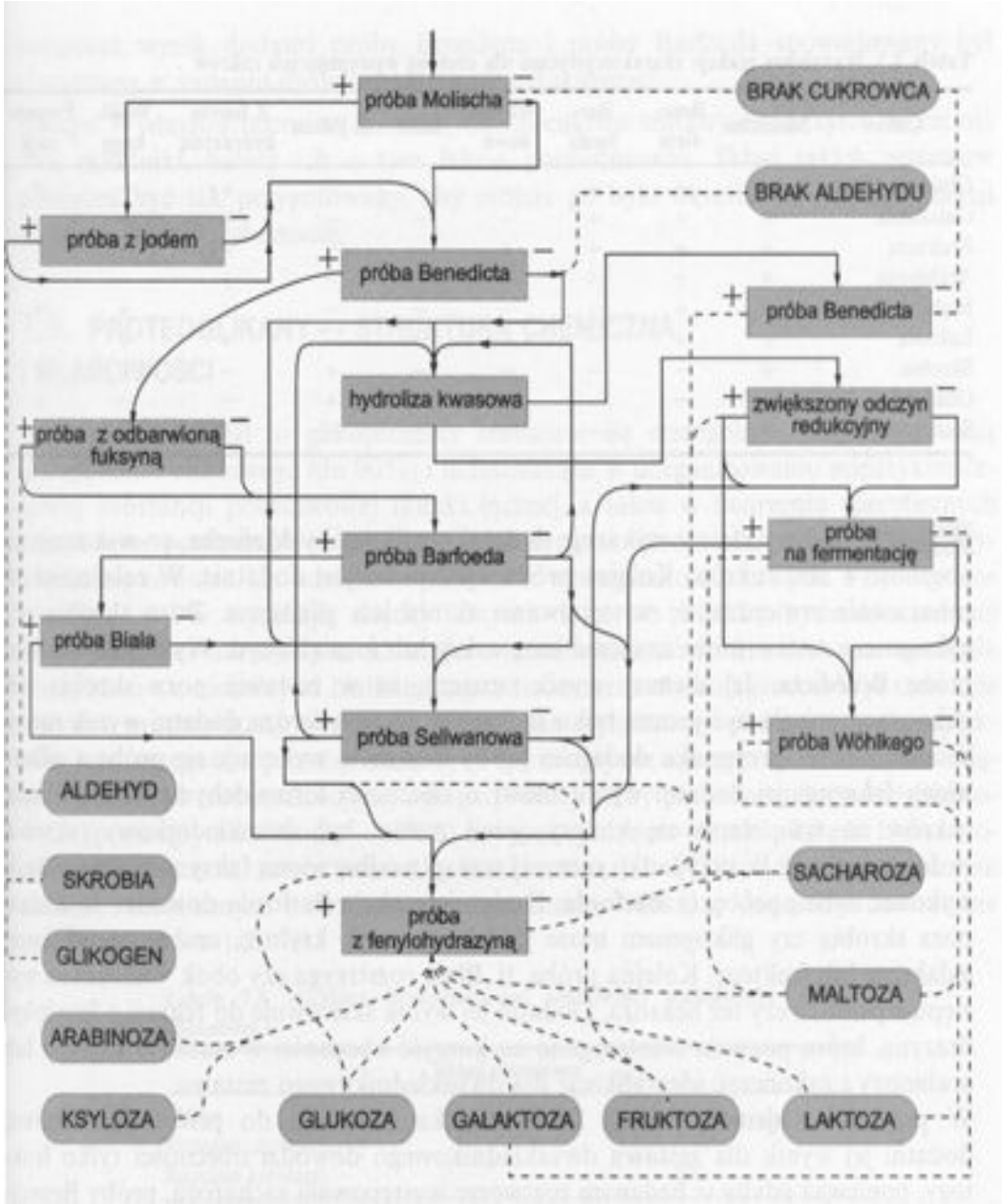
Skręcalność właściwa $[\alpha]_D^{20}$ cukrów

Cukier	$[\alpha]_D^{20}$	Cukier	$[\alpha]_D^{20}$
D-arabinoza	−105°	D-mannoza	+15°
L-arabinoza	+105°	D-fruktoza	−92°
D-ryboza	−24°	Laktoza	+55°
D-deoksyryboza	−56°	Maltoza	+130°
D-glukoza	+52,7°	Sacharoza	+66°
α-D-glukoza	+112,2°	Cukier inwertowany	−20°
β-D-glukoza	+19°	Skrobia	+196°
D-galaktoza	+82°	Glikogen	+198°

Identyfikacja cukrów

Poprzez odpowiednie dobranie określonej kolejności reakcji charakterystycznych można w prosty sposób dokonać identyfikacji wielu monosacharydów.

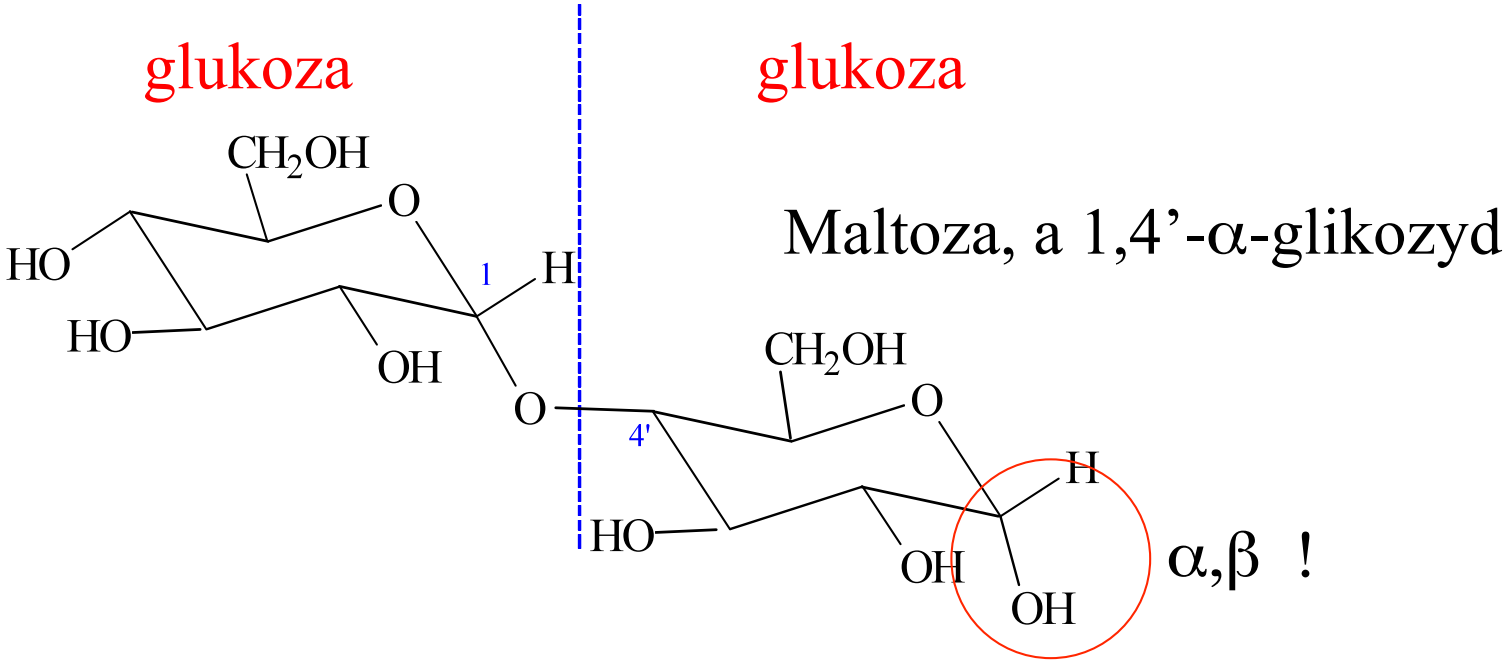
Schemat obok pozwala na identyfikację 10 cukrów w 65 zestawach jedno- i dwuskładnikowych.



Disacharydy

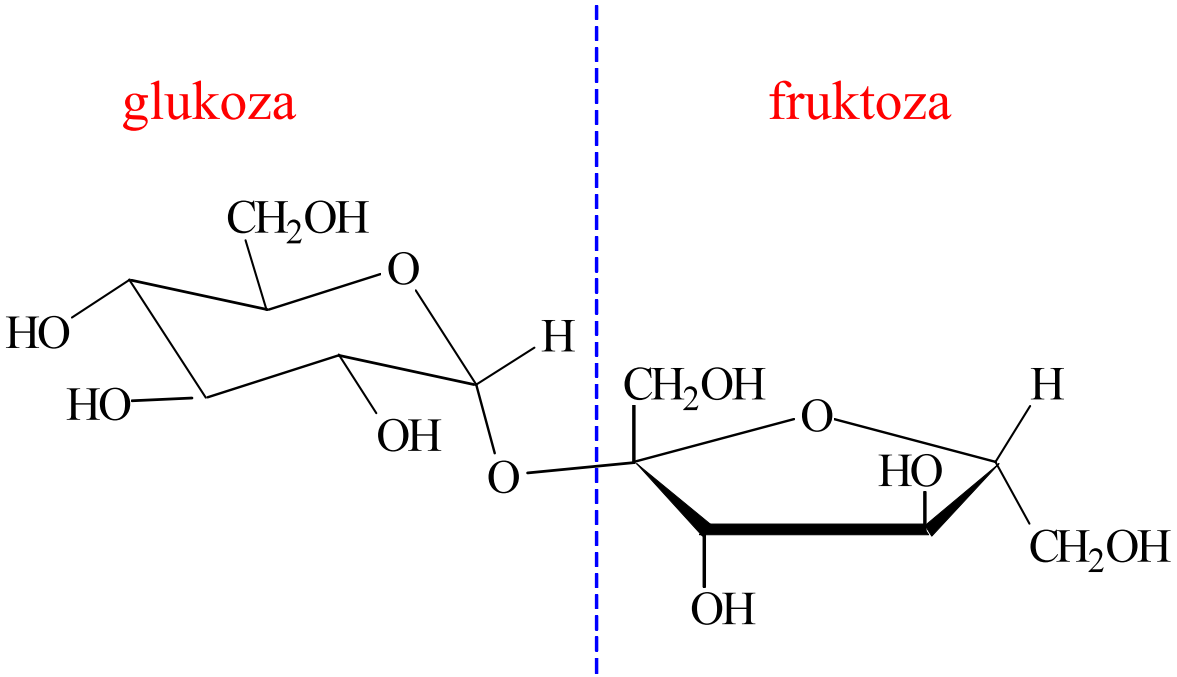
Grupa redukująca hemiacetali może tworzyć **wiązanie glikozydowe** z inną grupa hydroksylową –OH

np. **Maltoza** (naturalny cukier występujący w żywności)



Maltoza, a 1,4'-α-glikozyd

Wiele możliwych struktur



(+) - sacharoza

<u>Zwyczajowo</u> – cukier trzcinowy lub buraczany

Najważniejszy disacharydy

laktoza (cukier mleczny)

galaktoza - glukoza

cukier redukujący (równowaga acetalowa możliwa)

sacharoza $\alpha_D = +66.5^o$ (trzcina i burak cukrowy)

glukoza - fruktoza

nie redukujący (połączone poprzez grupy półacetalowe)

łatwo hydrolizowany w lekko kwaśnym lub "inwertaze"

wydajność: glukoza$\alpha_D = +52.7^o$

fruktoza $\alpha_D = -92.4^o$

Reakcje chemiczne z udziałem sacharydów

Reakcje zachodzące na grupie karbonylowej i anomerycznym atomie węgla:

- mutarotacja (przemiana izomeru α w β przez izomer otwartołańcuchowy);
- redukcja do alkoholi;
- addycja do grupy karbonylowej i substytucje przy anomerycznym atomie węgla;
- utlenianie;
- polimeryzacja i rewersja.

Reakcje wiązania glikozydowego

Reakcje specyficzne dla sacharydów

Reakcje grup hydroksylowych:

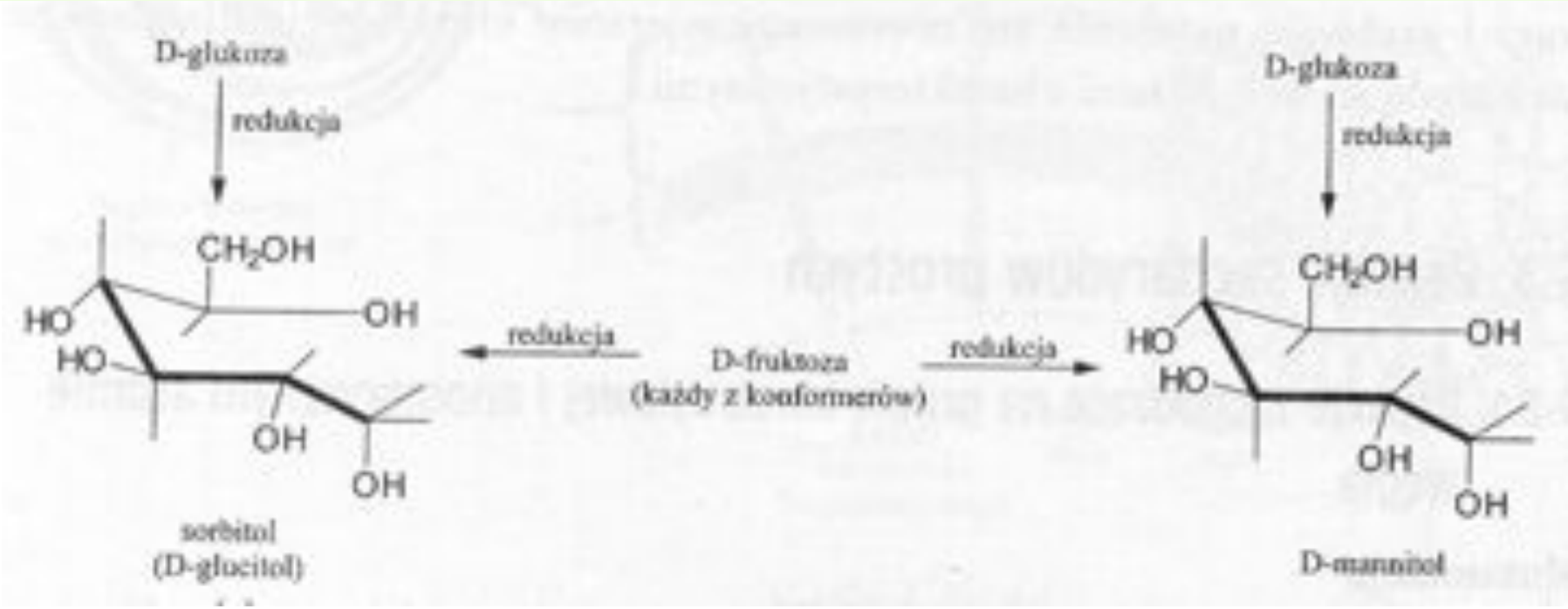
- estryfikacja
- eteryfikacja
- chlorowcowanie
- dehydratacja
- redukcja
- utleniania
- tworzenie kompleksów

Chemiczne i fizyczne przekształcanie polisacharydów:

- depolimeryzacja.
- chemiczna modyfikacja bez zamierzonej depolimeryzacji.
- enzymatyczne przekształacanie sacharydów.

Redukcja do alkoholi

Redukcję na skalę techniczną przeprowadza się zazwyczaj borowodorkiem sodu, $NaBH_4$, elektrolitycznie - na amalgamowanej elektrodzie ołowianej bądź cynkowej w roztworze siarczanów potasu, sodu lub magnezu w temp. 18-25°C. Stosuje się też uwodornienie katalityczne.



Redukcja prowadzi do otwartołańcuchowych polioli z nowym centrum chiralnym. W następstwie redukcji każda ketoza daje dwa alkohole, a każda aldoza jeden alkohol.

Produktem redukcji D-glukozy jest D-sorbitol z domieszką mannitolu.

Polialkohole otrzymywane z cukrów - właściwości

Redukcja D-glukozy prowstaje D -sorbitol

wykryty w jagodach, algach, wodorostach

Redukcja D -mannozy powstaje D -mannitol
D -ksylozy powstaje D -ksylitol

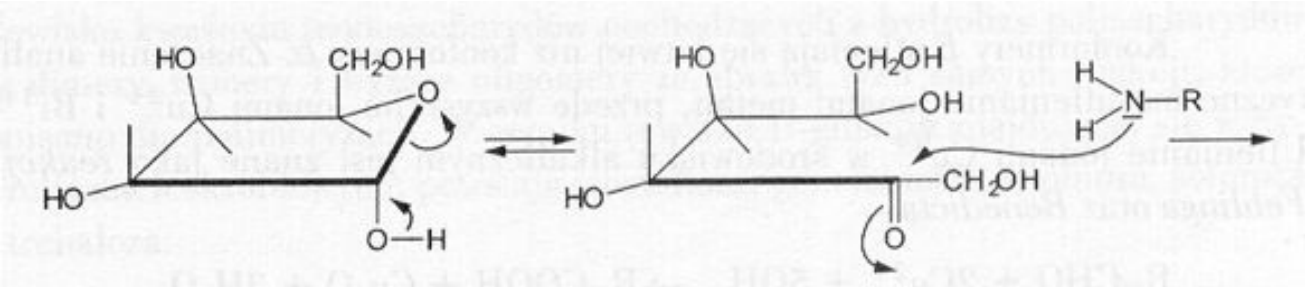
wykryte w różnych roślinach

<u>Właściwości zredukowanych enolowych form sacharydów:</u>

- słodkie (sorbitol 60% sacharozy)
- nie są wchłaniane w przewodzie pokarmowym
- używane jako sztuczne słodziki w żywności dietetycznej

Addycja do grupy karbonylowej i substytucje przy anomerycznym atomie węgla

Tworzenie cyklicznych, wewnętrznych hemiacetali jest przykładem addycji do grupy karbonylowej. Reakcje hemiacetalowych form sacharydów z nukleofilami zachodzą na anomerycznym atomie węgla (C-1) i choć ostateczny wynik tych reakcji jest identyczny z wynikiem addycji do grupy karbonylowej, są to reakcje substytucji.



Sikorski „Chemia Żywności” – str. 139

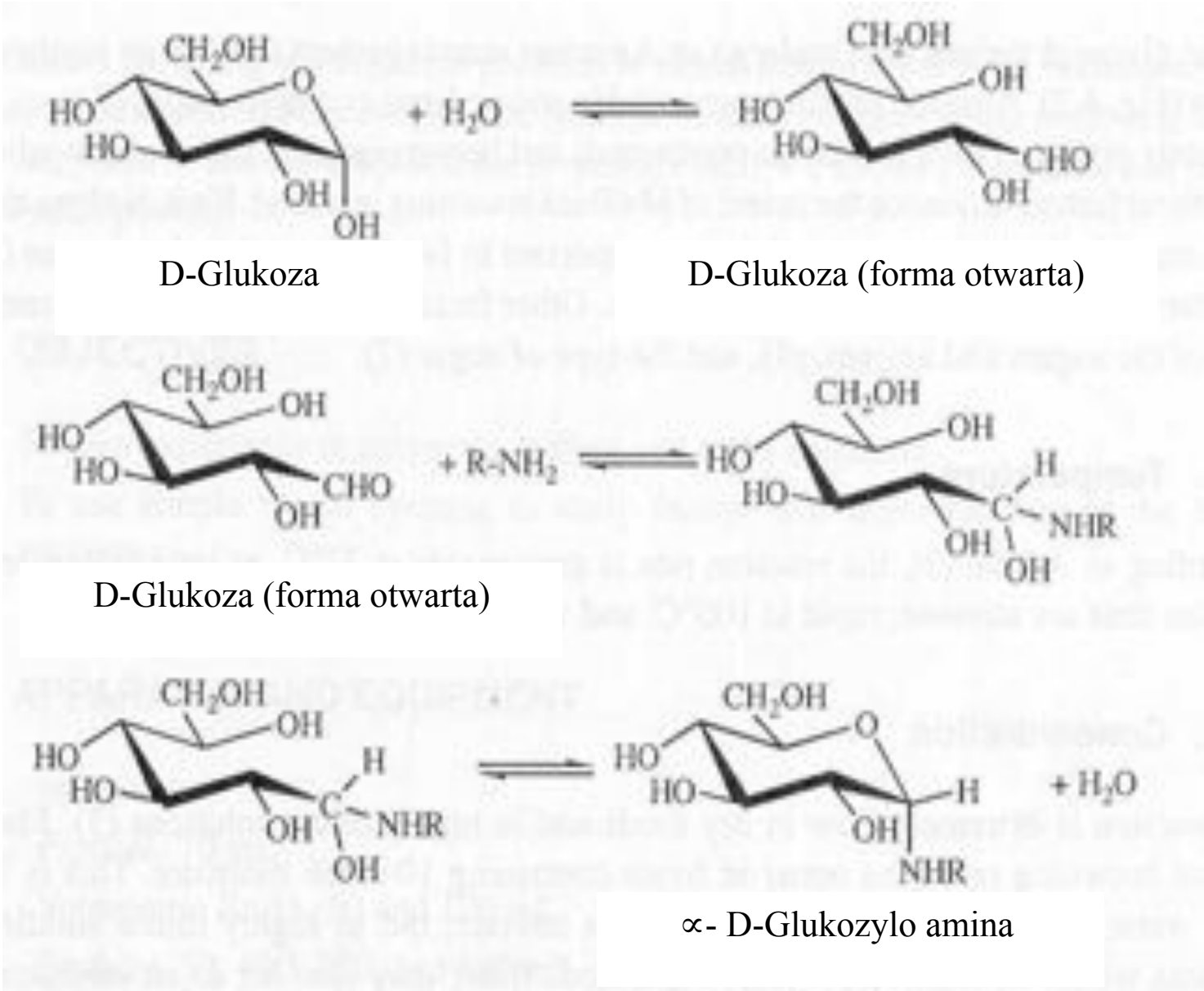
Reakcje te przebiegają z odpowiednimi czynnikami O-, S- i N-nukleofilowymi.

Reakcja Maillarda

1. Jedną z bardziej interesujących z punktu widzenia chemizmu jest reakcja Maillarda (nazwa od nazwiska francuskiego chemika zajmującego się takimi reakcjami).

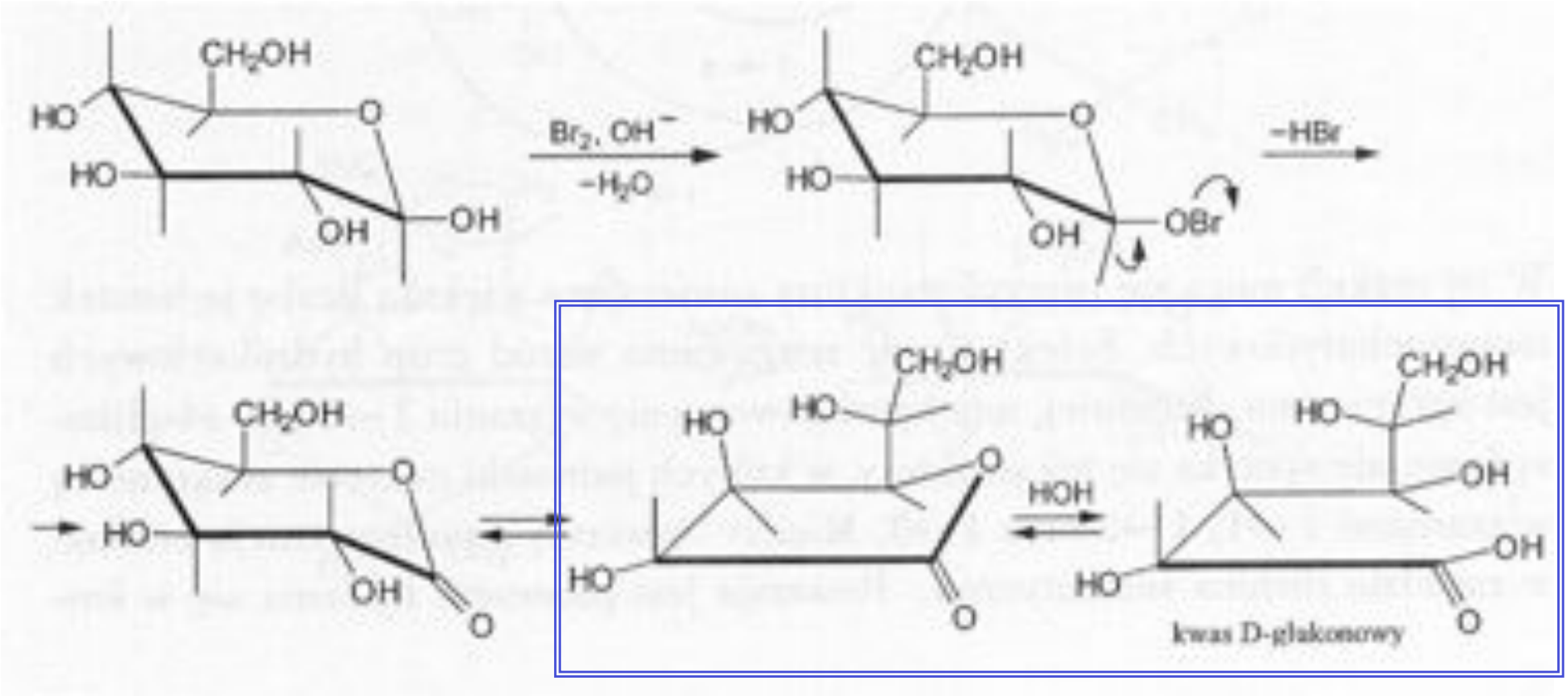
2. Praktyczne znaczenie w chemii żywności mają reakcje z grupy hydroksylowej -OH i N-nukleofilami, które są α-hydroksykwasami, α-aminokwasami, nukleotydami, białkami, a nawet amoniakiem. Reakcje te prowadzą do brunatnych barwników spożywczych oraz wtórnych aromatów żywności.

Reakcja Maillarda – przykład wstępnych etapów reakcji



Utlenianie

Aldozy utlenia się bromem w środowisku alkalicznym. Powstające kwasy aldonowe łatwo ulegają autoestryfikacji (laktonizacji) na laktony.

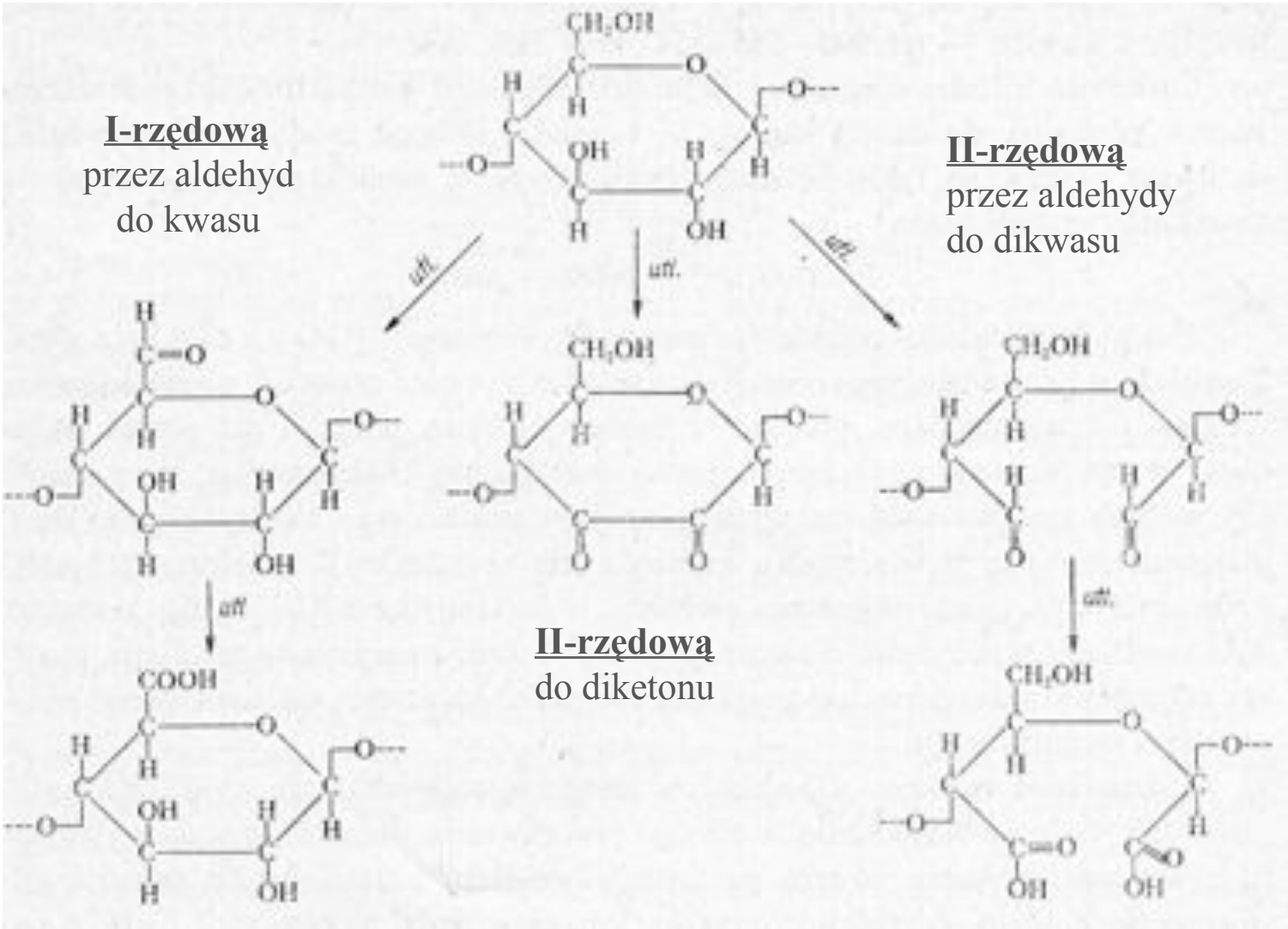


Laktony pozostają w równowadze z wolnymi kwasami.

1. Konformery β utleniają się łatwiej niż konfomery α.

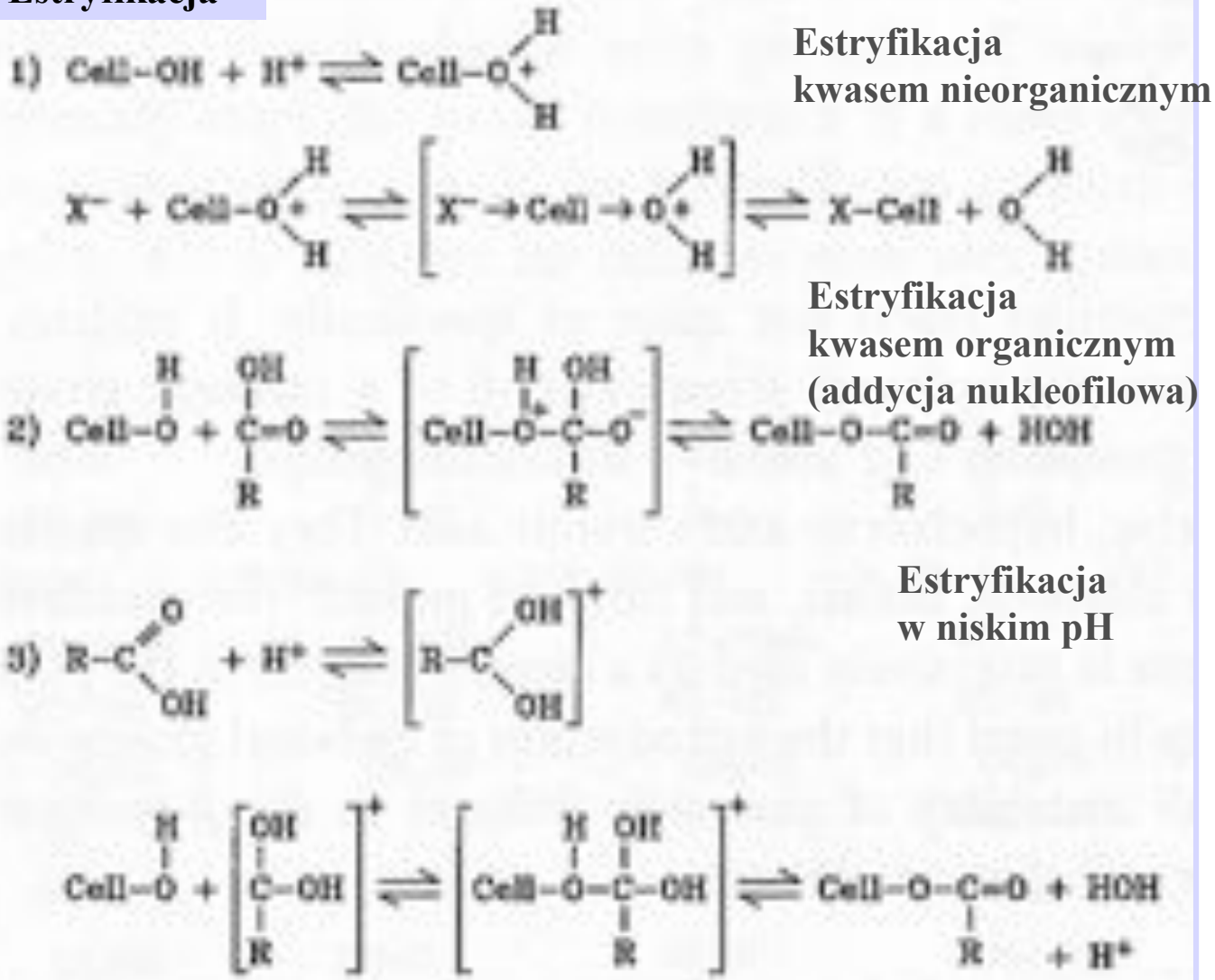
2. Znaczenie analityczne ma utlenianie jonami metali Cu^{2+} i Bi^{3+} .

Utlenianie polisacharydów



Reakcje estryfikacji sacharydów

Estryfikacja



Estryfikacja kwasem nieorganicznym

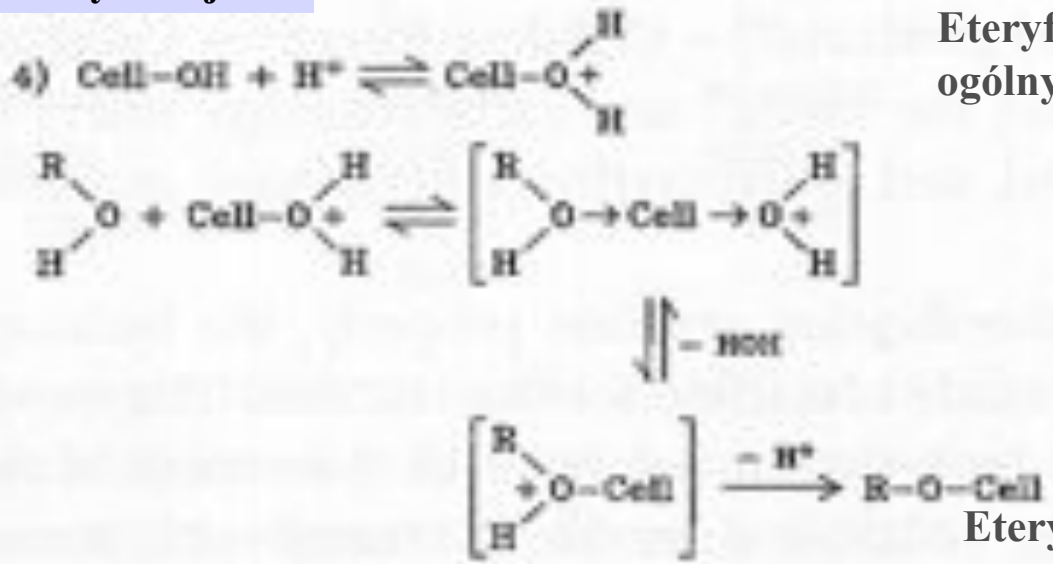
Estryfikacja kwasem organicznym (addycja nukleofilowa)

Estryfikacja w niskim pH

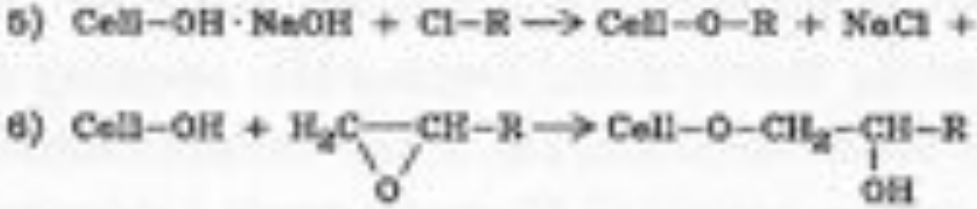
Reakcje eteryfikacji sacharydów

Eteryfikacja

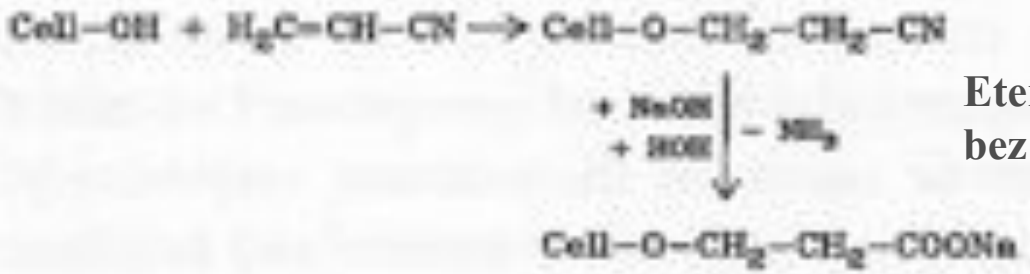
Eteryfikacja ogólny mechanizm



Eteryfikacja w obecności zasady



Eteryfikacja bez zasady

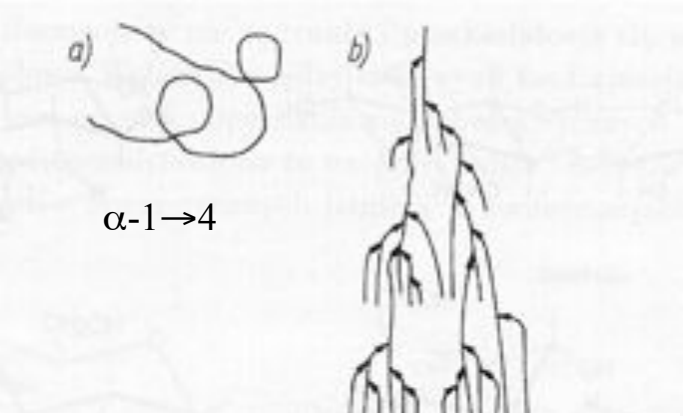


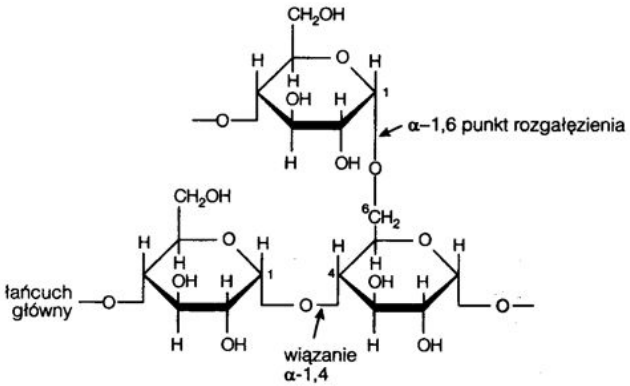
Budowa łańcucha

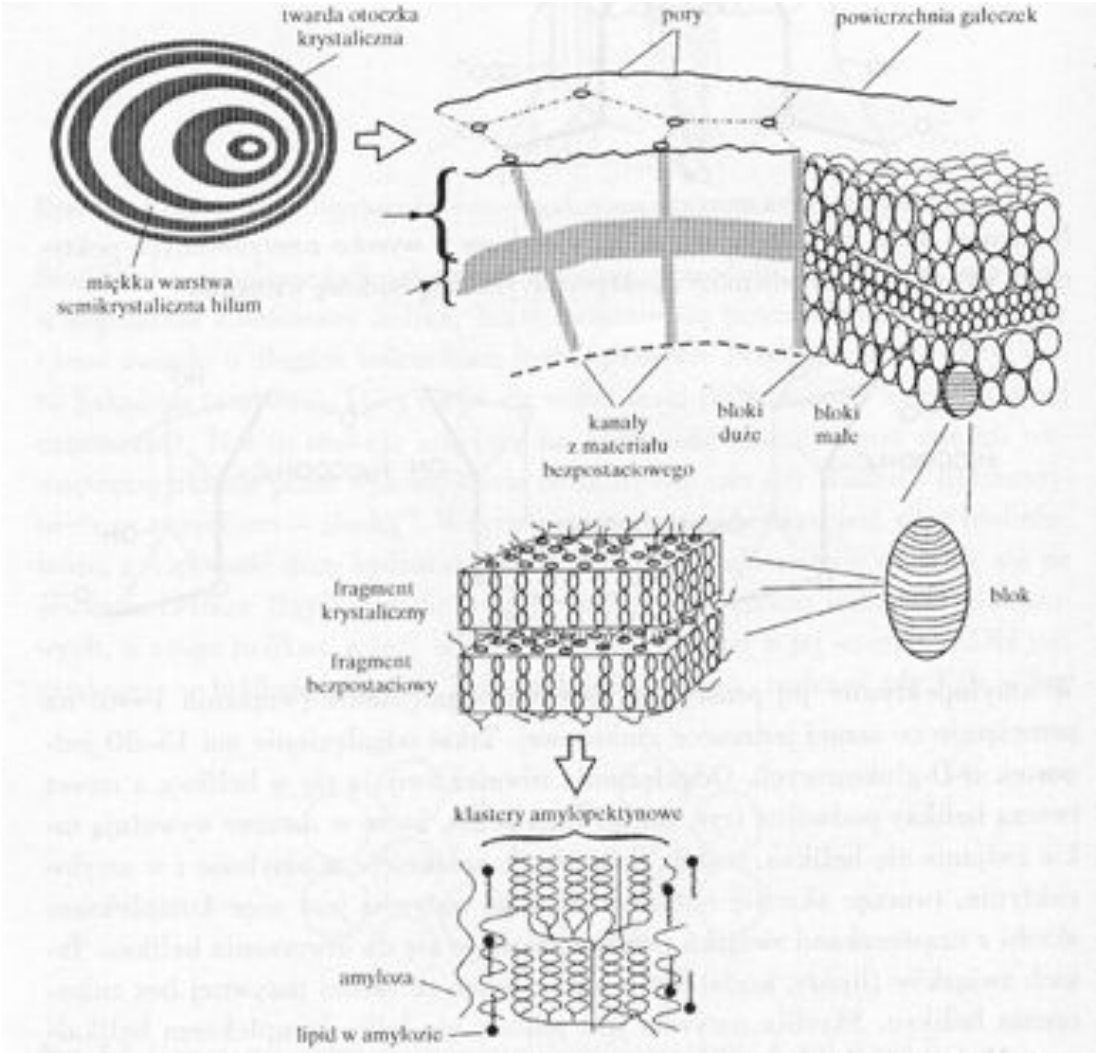
- łańcuch **prosty**
- łańcuch **rozgałęziony**
- łańcuch **usieciowany**

SKROBIA (poliglukoza)

Amyloza **Amylopektyna**







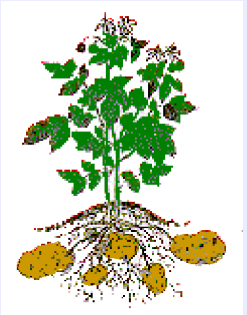
Metody izolacji i oczyszczania polisacharydów

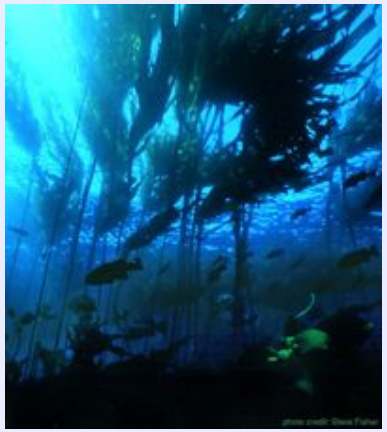
- filtracja
- wytrącanie
- dializa, ultrafiltracja (procesy membranowe)
- chromatografie cieczowe (żelowa, jonowymiennna, powinowactwa)
- ultrawirowanie

Chemiczne metody izolacji polisacharydów

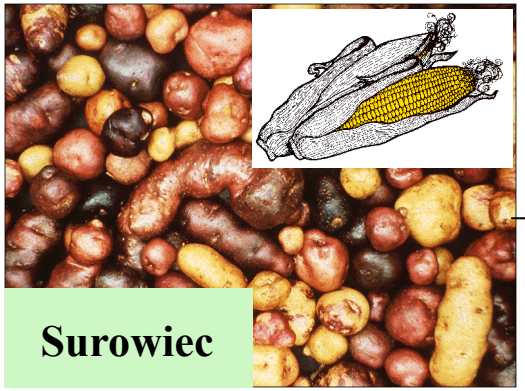
- słaba rozpuszczalność w wodzie i większości rozpuszczalników organicznych (skrobia, celuloza itp.)
- odporność wiązań glikozydowych na działanie jonów OH^- w podwyższonej temperaturze (białka oraz kwasy nukleinowe ulegają w tych warunkach hydrolizie)

Surowce naturalne





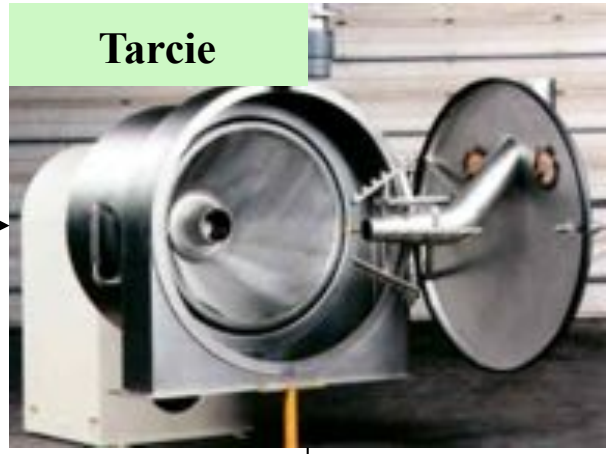
Otrzymywanie skrobi



Surowiec

Oczyszczanie i mycie

Tarcie



Odwirowywanie miazgi

Ekstrakcja/filtrowanie mleczka skrobiowego

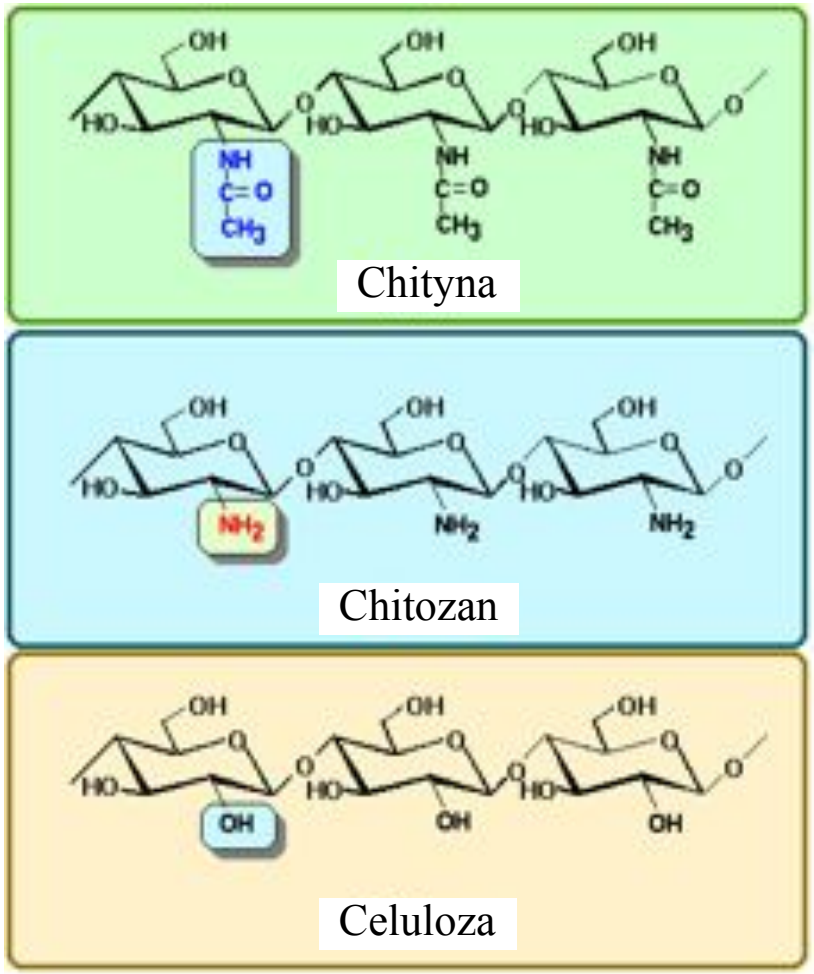
Usuwanie wody sokowej

Rafinacja mleczka surowego

Odwirowywanie i suszenie

Skrobia

Otrzymywanie chitozanu



Szacuje się, że corocznie dostępnych jest ok. 150 tys. ton chityny, podczas gdy całkowita ilośc tego polimeru wytworzona w drodze biosyntezy wynosi około 1 mld ton.

Pancerze skorupiaków

↓

Deprtoteinizacja ← OH^- rozc.

↓

Demineralizacja ← H^+

↓

Odbarwienie ← $KMnO_4$

↓

Chityna

↓

Deacetylacja ← OH^- stęż.

↓

Chitozan

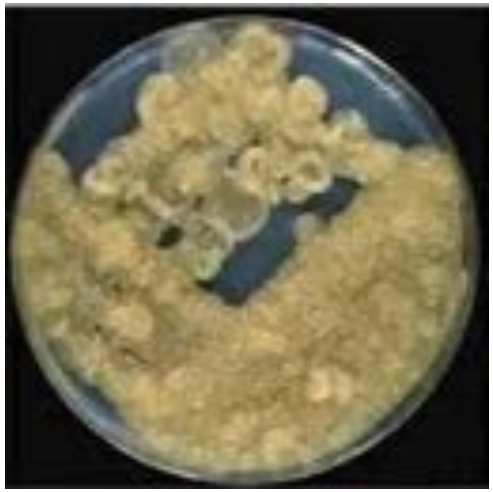
całkowita Hydroliza → **N-acetylo--glukoza**, **glukozoamina**

kontrolowana Hydroliza → **oligochitozan**, **oligochityna**

Produkcja i wydzielanie polisacharydów produkowanych przez mikroorganizmy

(exopolysaccharides **EPS** - polisacharydy pozakomórkowe)

bakterie *Xanthomonas campestris* -
guma ksantanowa (30 tys. ton/rok)



grzyby *Aureobasidium pullulans*
pululan

Przygotowanie i oczyszczenie określonego **szczepu bakterii**

↓

Wprowadzenie zawiesiny bakterii do reaktora

← substancje odżywcze

↓

Produkcja EPS
(50-200 m^3)

← biocydy

↓

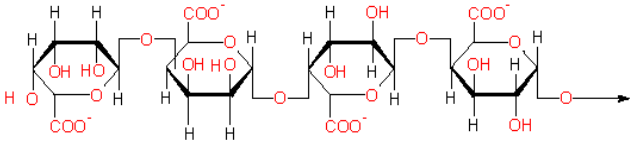
Wprowadzanie enzymów oczyszczających

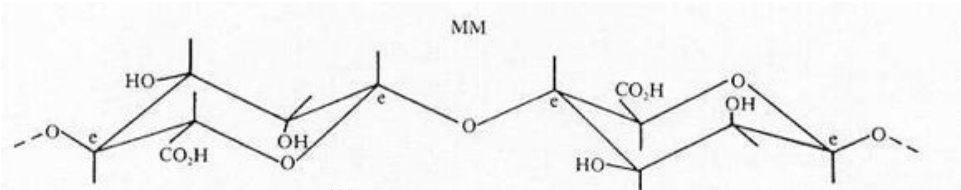
← biocydy

↓

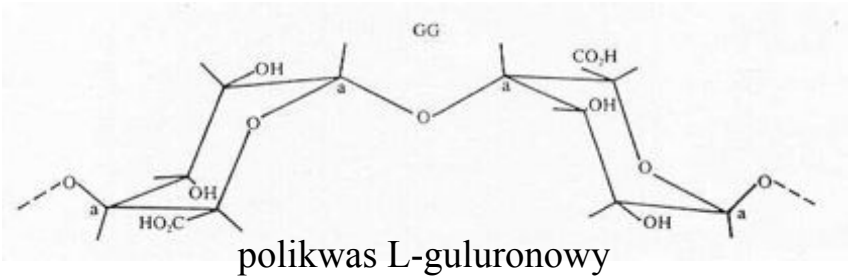
Zatężanie
(wytrącanie, ultrafiltracja i suszenie)

Alginiany



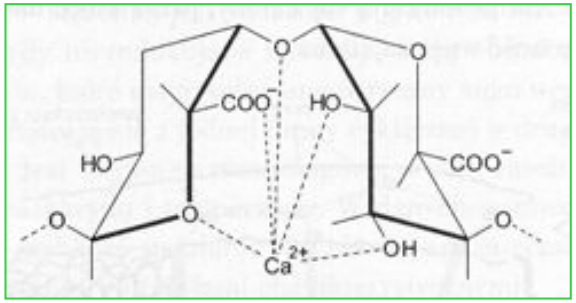


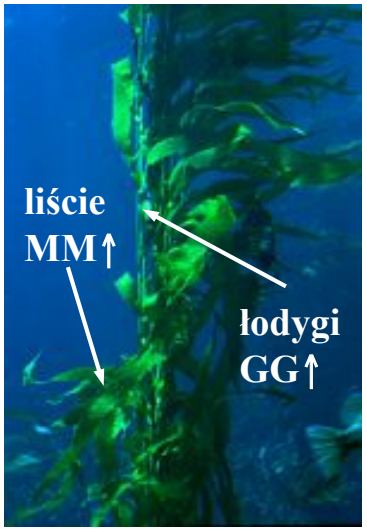
polikwas D-mannurowy



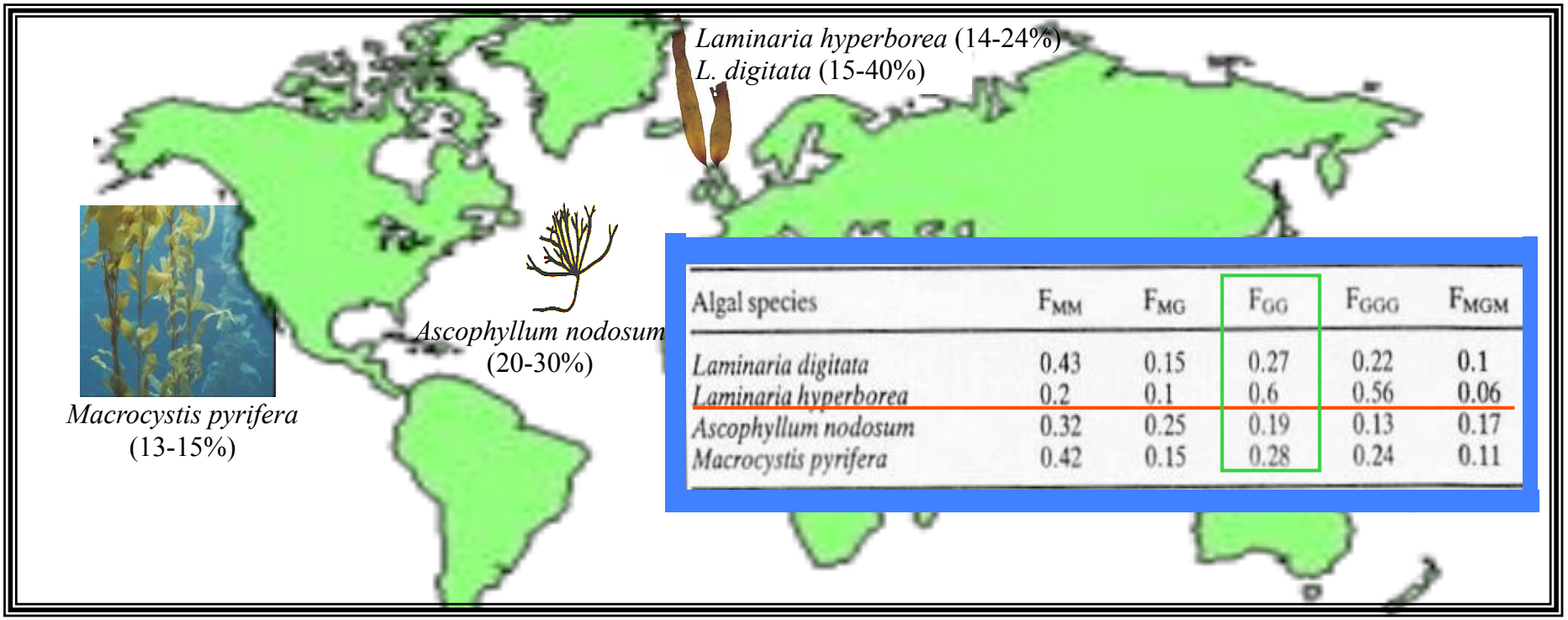
polikwas L-guluronowy

Kompleksy alginiany/Ca^{2+}



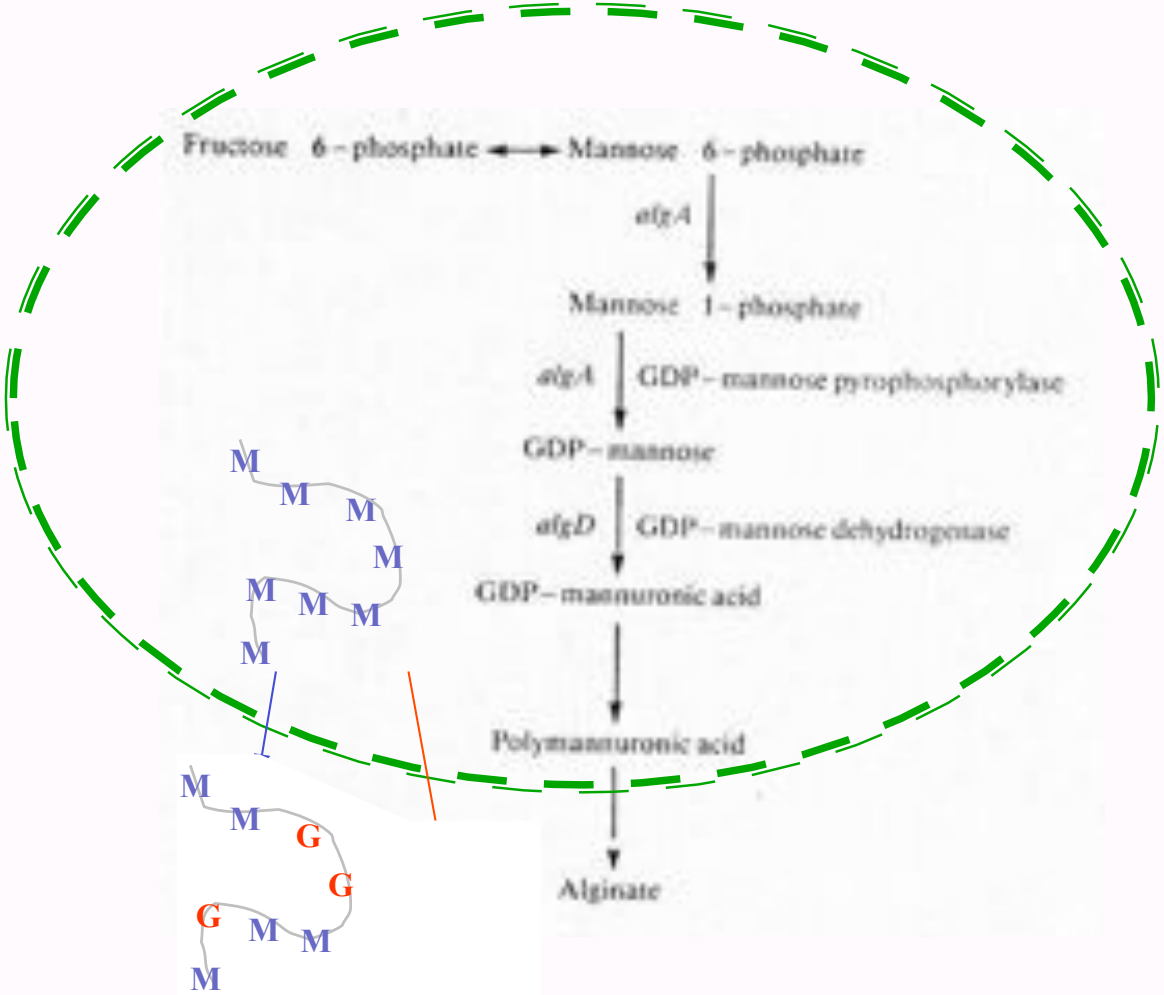


Występowanie alg brunatnych (*Phaeophyceae*)



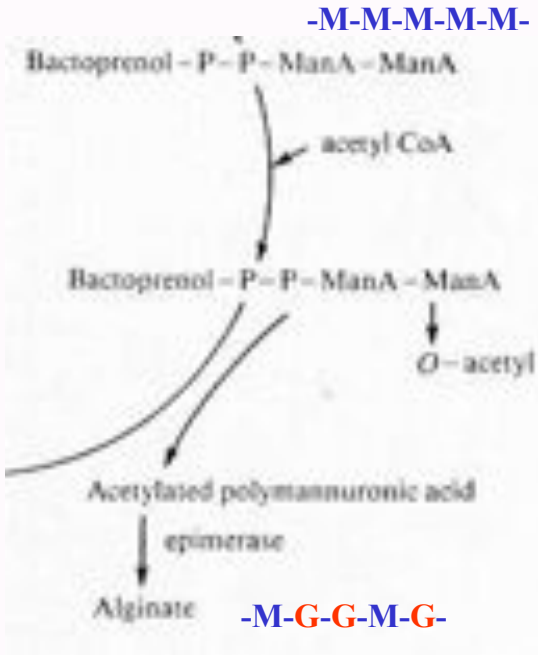
Algal species	F_{MM}	F_{MG}	F_{GG}	F_{GGG}	F_{MGM}
Laminaria digitata	0.43	0.15	0.27	0.22	0.1
Laminaria hyperborea	0.2	0.1	0.6	0.56	0.06
Ascophyllum nodosum	0.32	0.25	0.19	0.13	0.17
Macrocystis pyrifera	0.42	0.15	0.28	0.24	0.11

Biosynteza kwasów alginianowych



Ca^{2+}	Mannuronic acid (%)	Guluronic acid (%)	F_{MM}	F_{MG}	F_{GG}
(1) 0.85 mM	62	38	0.51	0.11	0.27
3.4 mM	69	31	0.46	0.23	0.08
(2) 0.68 mM	43	57	0.4	0.17	0.26

Bakterie



Szczep bakterii	M/G
Azotobacter vineladii	szeroki zakres
Pseudomonas aeruginosa	od 1,0 do 0,6:0,4
Pseudomonas putida	0,6:0,4
Pseudomonas phaseolicola	0,95:0,05

Najważniejsze polisacharydy o znaczeniu technicznym

POLISACHARYDY

1. **Roślinne**
   (celuloza, skrobia, pektyny, alginian, karageniany)
2. **Zwierzęce**
   (kwas hialurynowy, heparyna, chityna)
3. **Grzybowe**
   (pululan, skleroglukany)
4. **Bakteryjne**
   (dekstran, kurdlan, lewan)

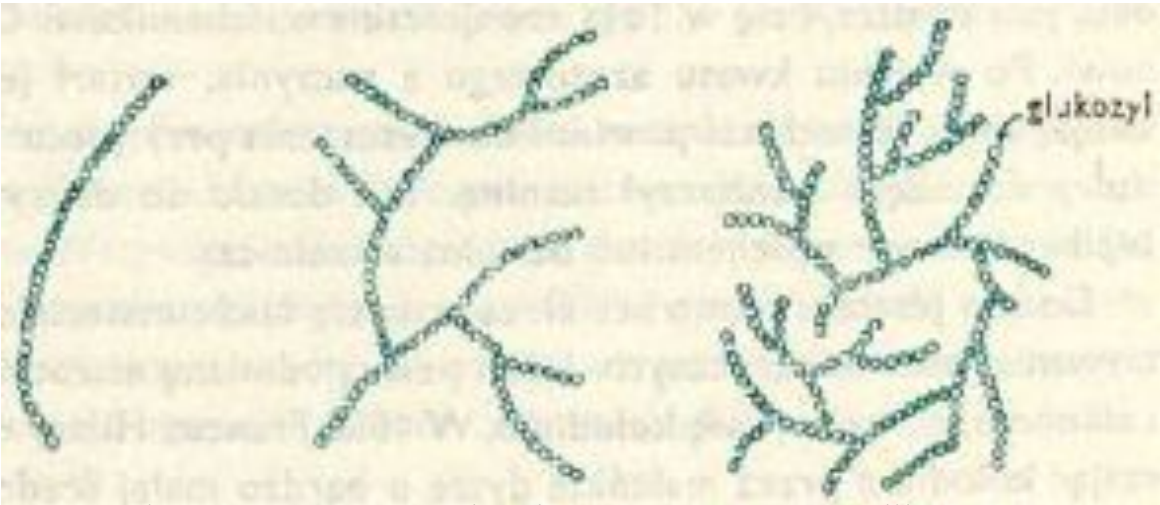
Różnorodność budowy chemicznej

- stopień hydratacji (dekstran, skrobia, celuloza)
- charakter chemiczny (-OH, $-COO^-$, $-SO_3^-$, $-NH_3^+$)
- homo- i kopolimery
- różnice strukturalne

Poziomy struktury polisacharydów

Właściwości większości polisacharydów związane są z 3 poziomami ich struktury:
- cząsteczkowej
- nadcząsteczkowej
- morfologicznej

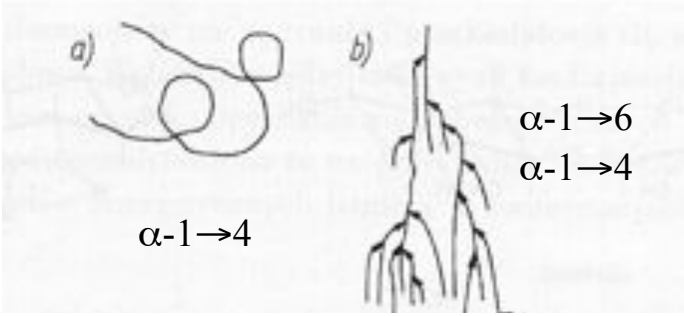
Struktury cząsteczkowe

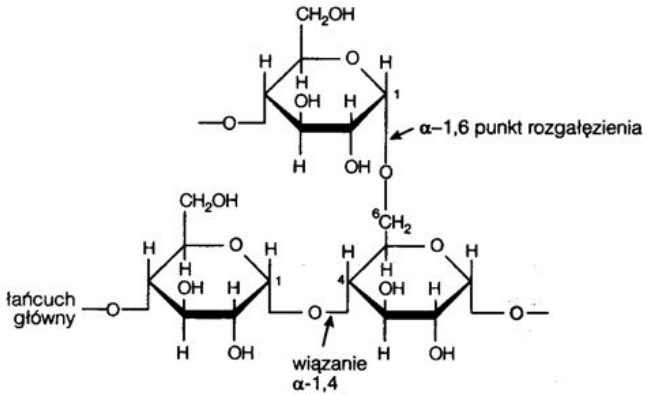


amyloza amylopektyna glikogen

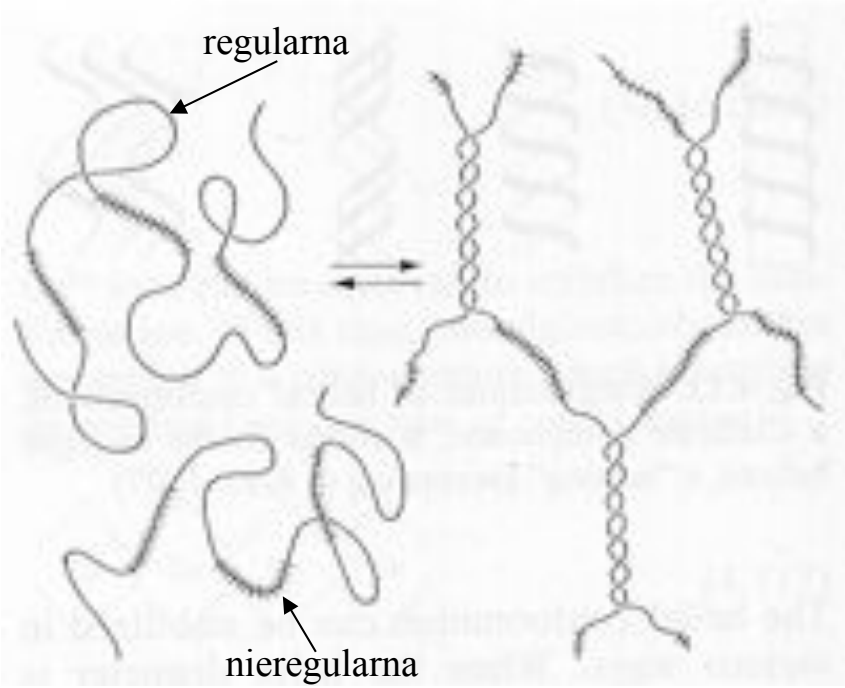
SKROBIA (poliglukoza)

Amyloza (krystaliczna) **Amylopektyna** (amorficzna)



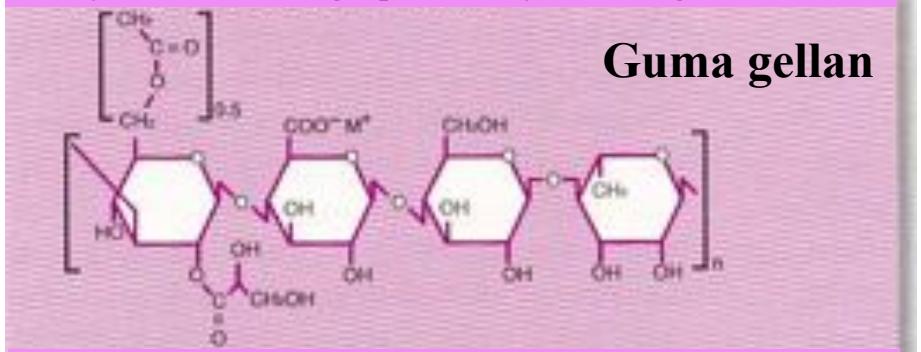


Struktury nadcząsteczkowe - oddziaływanie międzycząsteczkowe

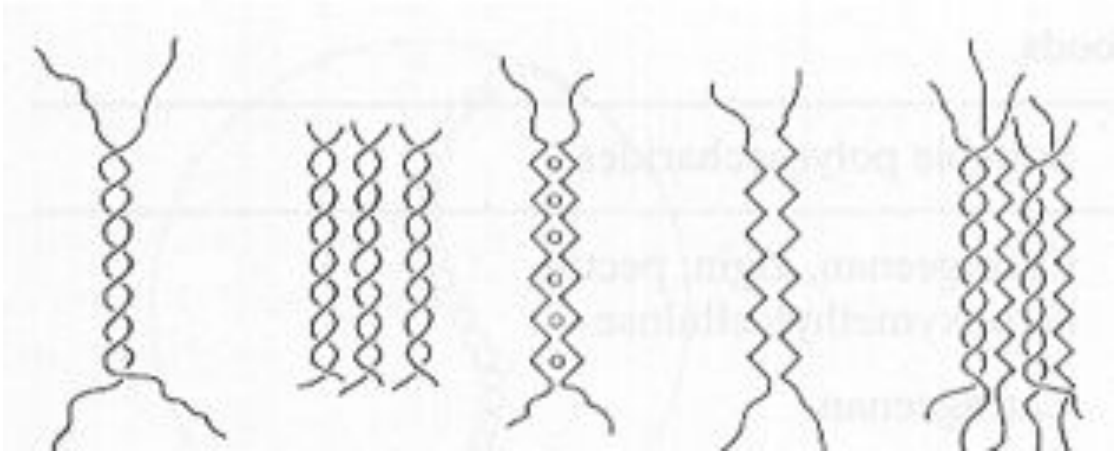


1. Wysoka zawartość grup octanowych - nieregularna

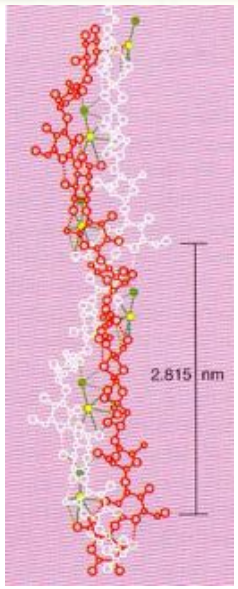
Guma gellan



2. Niska zawartość grup octanowych - regularna



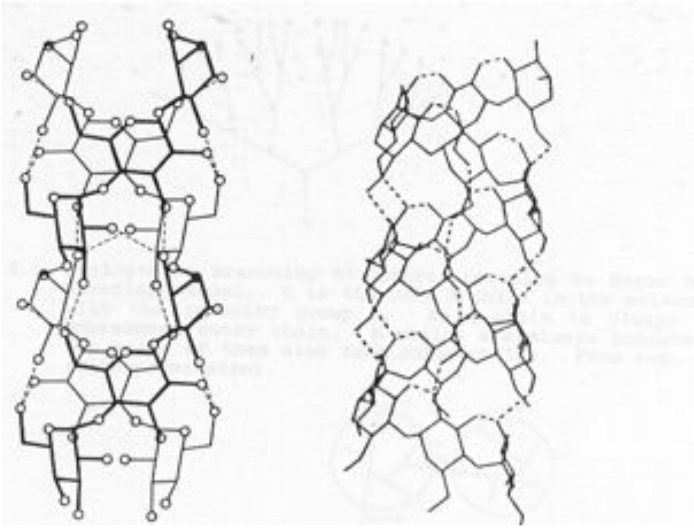
podwójna heliksa | grupa heliks | struktura egg-box | dwie wstęgi | struktura mieszana



Tworzenie się heliks na przykładzie amylozy

Łańcuchy polisacharydów mogą oddziaływać z innymi cząsteczkami (np. amyloza oddziaływująca z hydrofobowymi fragmentami innych cząsteczek co prowadzi do tworzenia zwojów helisalnych).

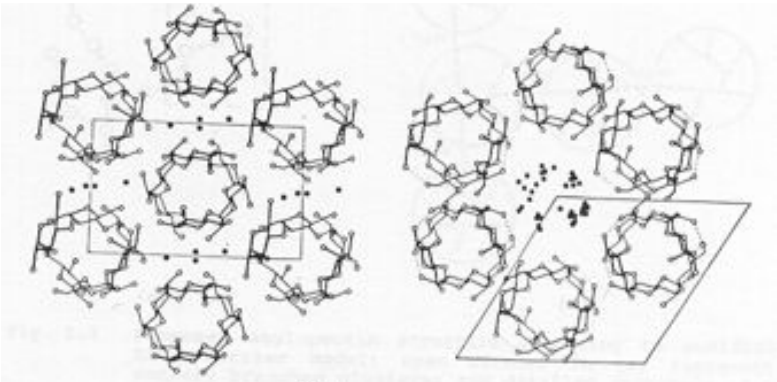
Takie zwijanie powoduje/stymuluje obecność następujących związków:
- alkoholi,
- lipidów,
- inne związków o długich łańcuchach hydrofobowych.



A- i B- amyloza V-amyloza

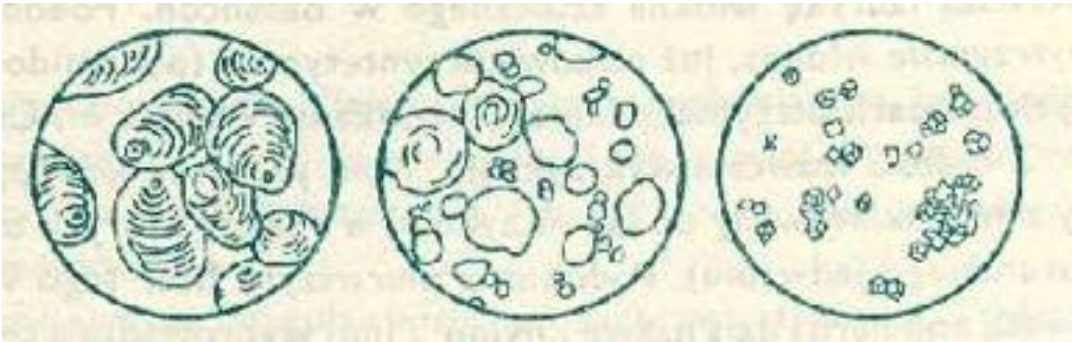
Liczba jednostek monomerycznych w zwoju heliksu zależy od wielkości cząsteczki zamkniętej w jej wnętrzu.

Dodatkowo heliks stabilizuje się przez oddziaływanie z innymi heliksem (np. krystalograficzne typy skrobi A i B)

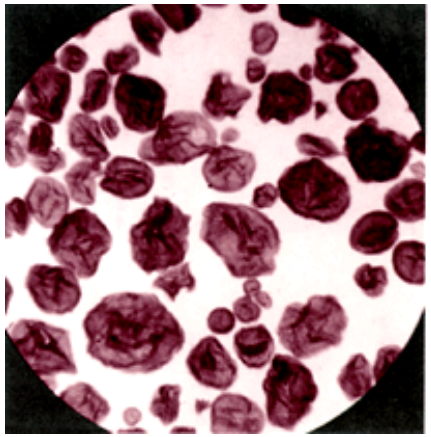


Krystalograficzna struktura skrobi A i B

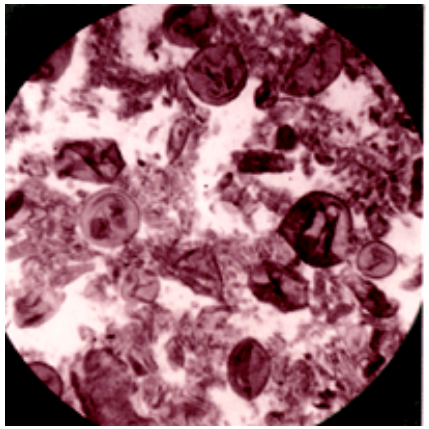
Struktura morfologiczna



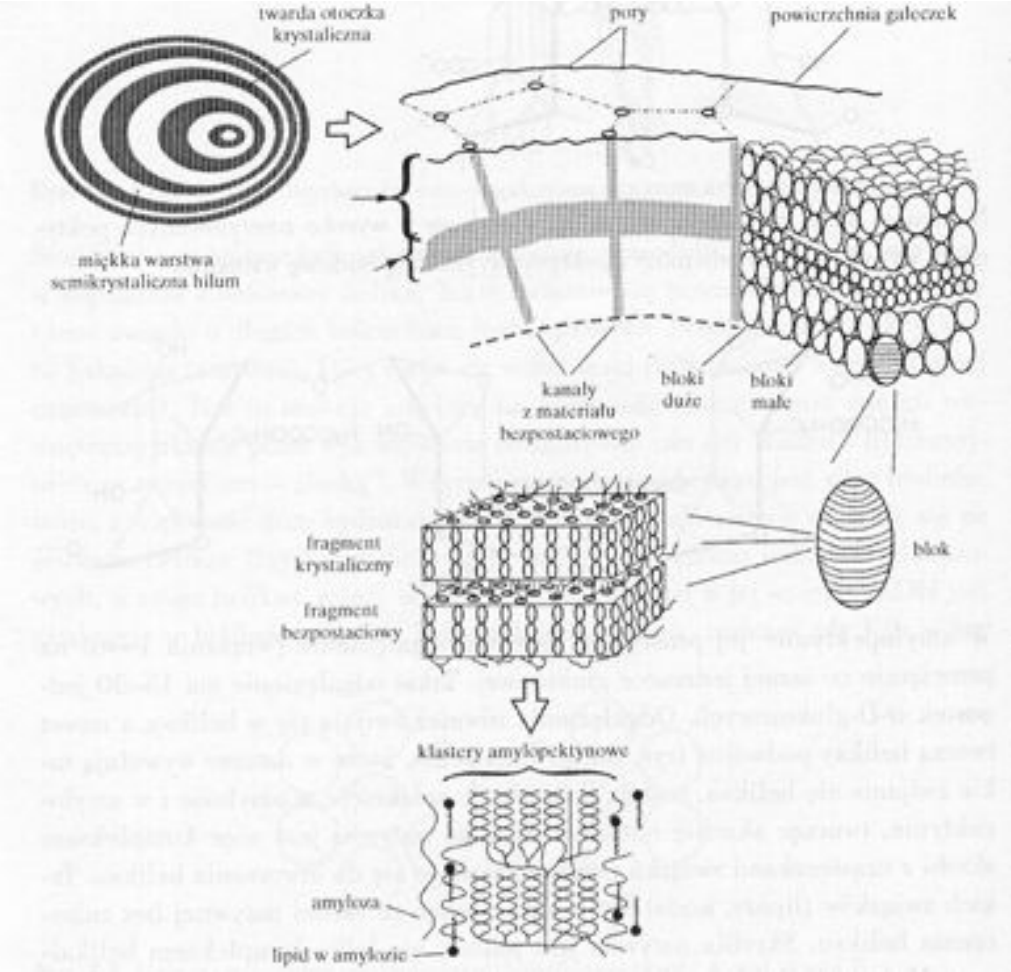
skrobia ziemniaczana skrobia pszeniczna skrobia ryżowa



T pokojowa



T>95°C (10 min)



Kompleksowanie polisacharydów/tworzenie hydrokoloidów

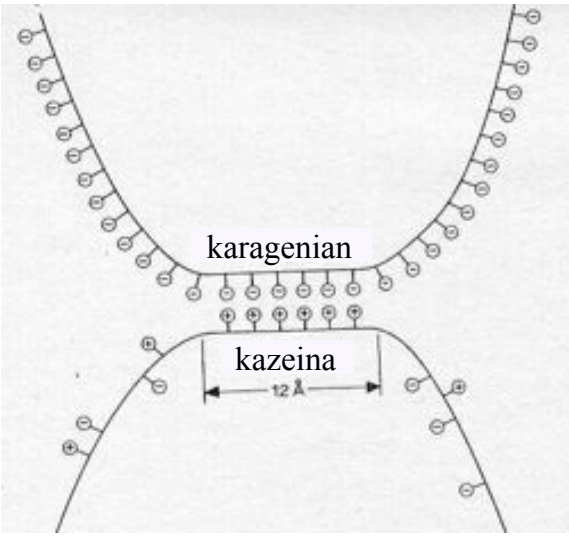
Polisacharydy mogą kompleksować (tworzyć trwałe hydrokoloidy) z najróżniejszymi związkami.

Zdolnośc ta zależy od:

- stężenia polisacharydu
- warunków reakcji (temperatura, pH, czas itd.)
- obecności substancji trzecich

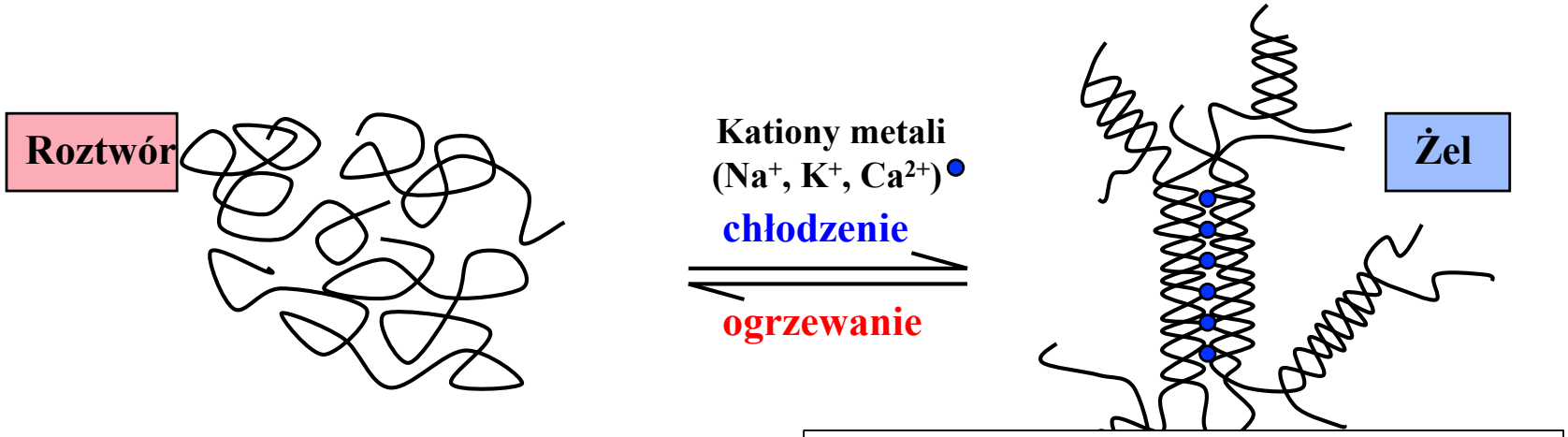
Układ cukier małocząsteczkowy/polisacharyd

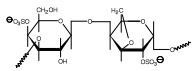
Układ białko/polisacharyd

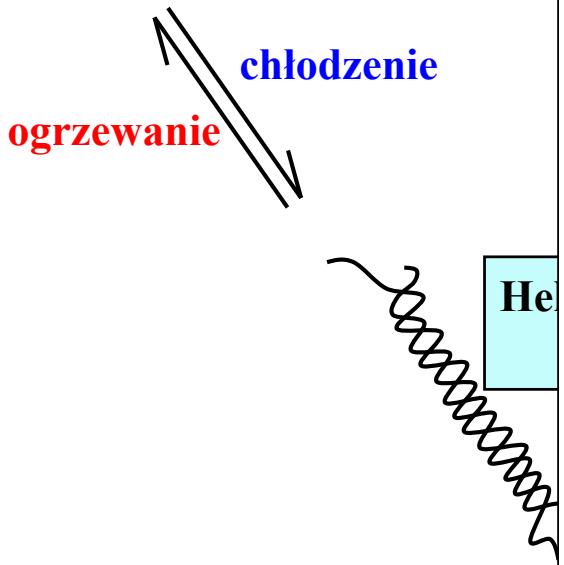


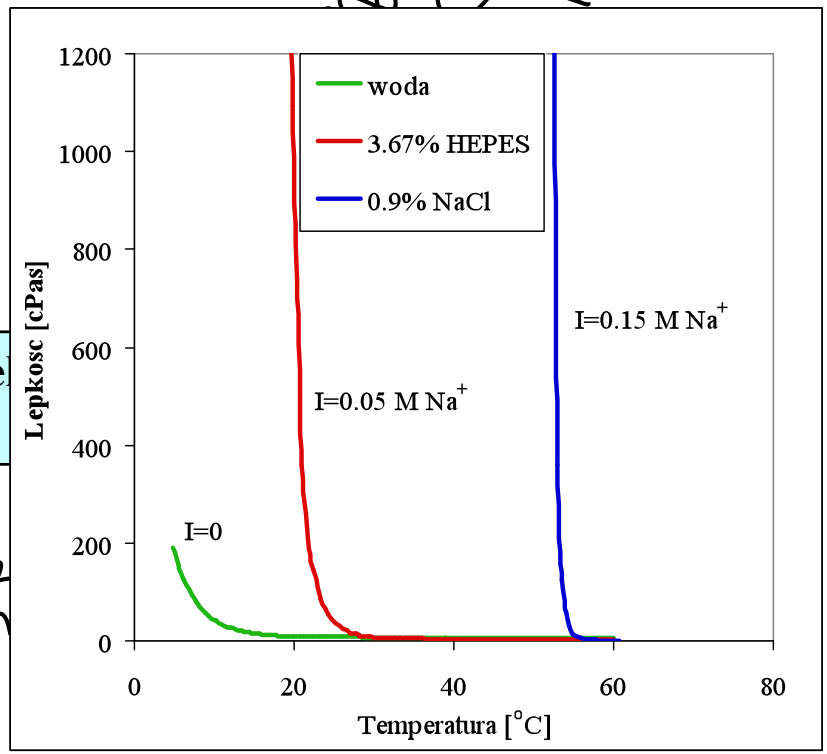
Układ polisacharyd/polisacharyd

Procesy żelowania polisacharydów









iota-karagenian

Materiały pomocnicze.....

Z.E. Sikorski – Chemia żywności, WNT, Warszawa 2002

Rozdz. 5-6. Sacharydy w żywności

Właściwości funkcjonalne sacharydów (str. 116-186)

za tydzień.....

Wykład 4

Lipidy – nomenklatura najważniejszych kwasów tłuszczowych,

budowa a właściwości chemiczne,

podział - acetyloglicerole, woski i fosfolipidy,