

### [Akceptuje](#)

W ramach naszej witryny stosujemy pliki cookies w celu świadczenia państwu usług na najwyższym poziomie, w tym w sposób dostosowany do indywidualnych potrzeb. Korzystanie z witryny bez zmiany ustawień dotyczących cookies oznacza, że będą one zamieszczone w Państwa urządzeniu końcowym. Możecie Państwo dokonać w każdym czasie zmiany ustawień dotyczących cookies. Więcej szczegółów w naszej [Polityce Prywatności](#)

[Portal](#) [Informacje](#) [Katalog firm](#) [Praca](#) [Szkolenia](#) [Wydarzenia](#) [Porównania międzylaboratoryjne](#)  
[Kontakt](#)



[Laboratoria](#)  
[.net](#)  
[Innowacje](#)  
[Nauka](#)  
[Technologie](#)

[Logowanie](#) [Rejestracja](#) [pl](#)

Newsletter

zapisz się



- [Nowe technologie](#)
- [Felieton](#)
- [Tygodnik "Nature"](#)
- [Edukacja](#)
- [Artykuły](#)
- [Przemysł](#)

[Strona główna](#) > [Artykuły](#)

## Oznaczanie właściwości fizycznych i chemicznych cukrów prostych (monosacharydów)

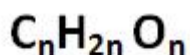
Cukry (węglowodany) są związkami, które stanowią przeważającą część materii organicznej na Ziemi, a także pełnią różnorodne funkcje we wszystkich formach życia. Tak więc związki te są materiałem zapasowym, paliwem energetycznym, a także intermediami w szlakach metabolicznych. Przeprowadzone badania ujawniły, że cukry (jednostki węglowodanowe) znajdujące się na powierzchni komórek pełnią także bardzo ważną rolę w procesach rozpoznawania międzykomórkowego [2].



**Słowa kluczowe:** *cukry proste, monocukry, węglowodany, oznaczanie ilościowe cukrów, próba Benedicta, próba Tollensa, redukcja kwasu pikrynowego, test Fehlinga, odczyn Nylandera*

Cukry proste zwane także monosacharydami lub jednocukrami to najprostsze węglowodany. Są to hydroksyaldehydy lub hydroksyketony, które w swoim składzie zawierają kilka grup hydroksylowych. Cukry te syntetyzowane są w organizmach samożywnych (w trakcie procesu fotosyntezy i chemosyntezy). Ich nazewnictwo chemiczne opiera się na ilości atomów węgla w cząsteczce (może być ich od 3 do 7), w związku z czym mówimy o triozach posiadających 3 atomy węgla i konsekwentnie o tetrazach, pentozach (zwyczajowe nazwy: arabinoza, ksyloza, ryboza), heksozach (zwyczajowo: glukoza, fruktoza, galaktoza, mannoza) i heptozach, które mają odpowiednio 4, 5, 6 i 7 atomów węgla [1], [2], [3].

Ogólny, sumaryczny wzór cząsteczki monosacharydu to:



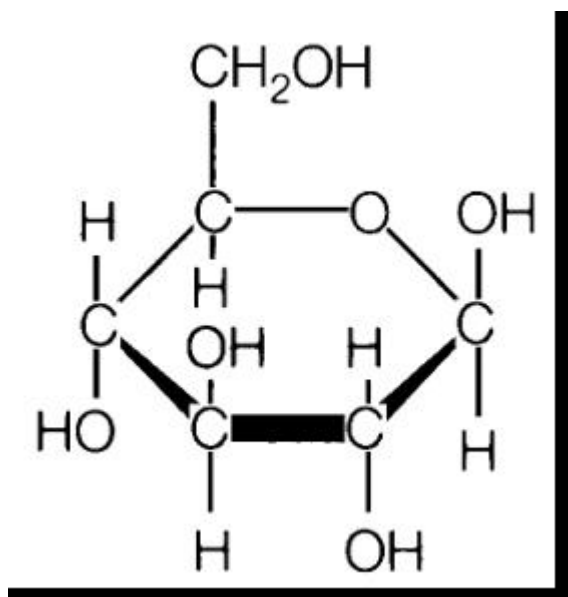
Ze względu na obecność w cząsteczce cukru grupy aldehydowej lub ketonowej, związki te nazywa się odpowiednio: aldozami lub ketozami [1], [3], [5].

Wszystkie cukry proste są substancjami bezbarwnymi, bezwonnymi a także (przeważnie) charakteryzują się słodkim smakiem. Najśłodszy cukier jest fruktoza (obecna w owocach). Związki te rozpuszczają się w wodzie, co związane jest ze znaczną polarnością ich cząsteczek, a także ze zdolnością do tworzenia wiązań wodorowych z cząsteczkami wody. W związku z czym, cukry nie rozpuszczają się w rozpuszczalnikach organicznych [1].

Jedną z charakterystycznych właściwości fizycznych cukrów (umożliwiających ich identyfikację) jest ich czynność optyczna (tj. zdolność do skręcania płaszczyzny światła spolaryzowanego).

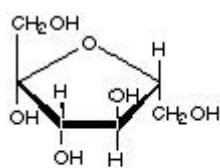
W cząsteczkach wszystkich cukrów występują tzw. węgle asymetryczne. Są to atomy węgla, którego 4 wartościowości wysyczone są różnymi podstawnikami. Węgiel asymetryczny powoduje asymetrię cząsteczki danego związku, a także istnienie dwóch wzorów przestrzennych cząsteczki, które nie dają się na siebie w żaden sposób nałożyć. Tak powstałe izomery optyczne mają identyczne właściwości fizyczne i chemiczne, lecz różnią się kierunkiem skręcania płaszczyzny światła spolaryzowanego. Tak więc, związki te mają tę samą skręcalność właściwą, ale o przeciwnym znaku. Równocząsteczkowa mieszanina dwóch takich związków (zwanymi enancjomorficznymi lub enancjostereoizomerycznymi) nie skręca płaszczyzny światła spolaryzowanego i nosi nazwę racematu [1].

Do najpopularniejszych cukrów zalicza się D-ryboza, D-galaktoza, D-mannoza i D-fruktoza. Powszechnie znany miód jest mieszaną dwóch cukrów, a mianowicie: D-glukozy i D-fruktozy. Pośród nielicznych naturalnych cukrów prostych szeregu L znajduje się L-arabinoza i L-galaktoza. Wolne triozy nie zostały wykryte w przyrodzie, jednakże występują w komórkach żywych w postaci fosforanów, podobnie w przyrodzie nie znaleziono także wolnych tetroz [4].



Zdjęcie: Glukoza, <http://www.greenspirit.org.uk/resources/glucose.gif>

Cukry takie jak D-Glukoza i D-fruktoza są produkowane przez rośliny zielone w procesie fotosyntezy z dwutlenku węgla (CO<sub>2</sub>) oraz wody. D-Glukoza spotykana jest w wielu owocach oraz we krwi, cukier ten stanowi także wyłączone źródło energii potrzebnej dla prawidłowego funkcjonowania mózgu [4].



Fructose

Zdjęcie: Fruktoza, <http://www.food-info.net/pl/products/sugar/chemistry.htm>

Z kolei, wolne cukry spotyka się w owocach lub innych częściach roślin, w tym np. w łodygach (przykładem może być trzcina cukrowa), korzeniu (np. w burakach) bądź w kwiatach (np. nektar).

W skład mleka wchodzi cukier laktoza (tzw. cukier mleczny). Laktoza jest dimerem D-glukozy i D-galaktozy. W słodzie (np. w kiełkujących zbożach) pojawia się inny dimer, złożony tylko D-glukozy - maltoza (tzw. cukier słodowy). Maltoza powstaje w wyniku hydrolizy skrobi, z kolei skrobia, podobnie jak i celuloza oraz glikogen są polimerami D-glukozy.

Celuloza stanowi około 80% suchej masy roślin wyższych. Wiele innych produktów roślinnych należy

do cukrów złożonych (czyli polimerów cukrów prostych), w tym łupiny orzechów, gumy roślinne, wyciągi typu agaru, dekstrany, pektyny i inne [4].

Najważniejszą funkcją cukrów jest ich uczestniczenie w procesach biochemicznych jako materiał budulcowy, substancje zapasowe, przenośniki informacji, substancje znakujące (determinanty, kwas sialowy), a także podstawowy (obok białek i tłuszczów) składnik pożywienia [4].

W wyniku zadziałania na cukry stężonymi kwasami nieorganicznymi, cukry ulegają procesowi dehydratacji w wyniku czego tworzą się związki furfuralowe. Jeżeli dehydratacji ulegają heksozy, tworzy się 5-hydroksymetylenofurfural, z kolei w przypadku pentoz tworzy się furfural. Powstałe w ten sposób związki, ulegają kondensacji z fenolami, chinonami oraz aminami aromatycznymi, tworząc połączenia triarylometanowe o charakterystycznym zabarwieniu. Powyższe reakcje wykorzystywane są do identyfikacji, różnicowania oraz do oznaczeń ilościowych cukrów [4].

Cukry można oznaczać ilościowo na kilka sposobów. Wśród znanych metod wyróżnić można metodę biologiczną, opierającą się na fermentacji, w której glukoza i fruktoza są ostatecznie przekształcane w alkohol etylowy i dwutlenek węgla. Z kolei, metody fizyczne polegają na oznaczaniu ciężaru właściwego roztworu cukru, bądź jego skręcalności właściwej (tj. skręcanie płaszczyzny światła spolaryzowanego). Metody te są szybkie, jednakże niemniej wymagają dużej ilości materiału wyjściowego do ich przeprowadzenia. Ponadto, wśród stosowanych metod wyróżnia się także metody chemiczne, które stanowią liczną grupę metod opartych na właściwościach redukujących cukrów. W przypadku oligo- i polisacharydów, które nie posiadają właściwości redukujących konieczna jest ich wcześniejsza hydroliza. Bardzo dokładnymi metodami polegającymi na wykorzystaniu specyficznych enzymów (przekształcających badaną cząsteczkę cukru) są metody enzymatyczne. Metody chemiczne i enzymatyczne dostarczają produkty, które następnie oznaczane są np. spektrofotometrycznie [3].

### **Badanie właściwości chemicznych jednocukrów (właściwości redukujące)- reakcja z odbarwioną fuksyną**

Roztwór fuksyny pod wpływem wodorosiarczanu (IV) sodu ulega odbarwieniu dzięki przyłączeniu do cząsteczki barwnika anionu  $\text{HSO}_3^-$ . Dodanie do roztworu odbarwionej fuksyny aldehydów (które silnie reagują z siarczanami (IV)- tj. siarczynami), powoduje ponowne zabarwienie się roztworu.

Wykonanie:

Do kilku ml czerwonego 0,01% roztworu fuksyny należy dodać  $\text{NaHSO}_3$  w stanie stałym, aż do odbarwienia roztworu. Odbarwiony roztwór należy podzielić na 2 części. Do jednej części wprowadzić parę kropli rozcieńczonej formaliny (pojawi się czerwone zabarwienie), z kolei do drugiej części należy dodać roztwór glukozy (brak pojawiania się zabarwienia) [1].

### **Próba Benedicta**

Metoda ta należy do najbardziej swoistych a zarazem najbardziej czułych prób redukcyjnych na cukry. W skład odczynnik wchodzi węglan sodu oraz cytrynian sodu. W wyniku reakcji powstaje węglan. Próba ta charakteryzuje się dość dużą czułością, ponieważ już 0,1% stężenie cukru redukującego w próbce powoduje zmianę barwy roztworu z niebieskiej na zieloną. Zielona barwa roztworu jest wynikiem reakcji pomiędzy pomarańczową zawiesiną  $\text{Cu}_2\text{O}$  i niebieskim odczynnikiem [1].

Wykonanie:

Do 5 ml odczynnika należy dodać 0,5 ml roztworu glukozy, próbkę wstawić do wrzącej łaźni wodnej na ok. 5 minut. W zależności od ilości glukozy w próbce powstaje albo tylko zielone zabarwienie, albo osad: żółty, pomarańczowy lub czerwony [1].

### **Próba Tollensa**

Zasada metody polega na redukcji jonów srebra do srebra metalicznego. Odczynnik Tollensa to amoniakalny roztwór azotanu srebra, który w reakcji z aldehydami ( w tym z aldozami) kation srebrowy ulega redukcji do srebra metalicznego, które osadza się na ściankach szklanego naczynia w postaci lustra.

W wyniku reakcji aldoza utlenia się do kwasu glikonowego. Zachodzenie szybkiej reakcji tworzenia lustra srebrowego jest dowodem na obecność w środowisku aldehydu (aldozy). Jeżeli reakcji tej poddamy ketozę, to także zaobserwujemy wolne tworzenie się lustra srebrowego, ale dopiero po wielokrotnie dłuższym czasie, który potrzebny jest do przekształcenia się ketozy w epimeryczną aldozę. Ketony zwykle są niewrażliwe na test (próbę) Tollensa.

Co ciekawe, reakcja redukcji soli srebra za pomocą aldehydów wykorzystywana jest do wytwarzania luster [1], [4].

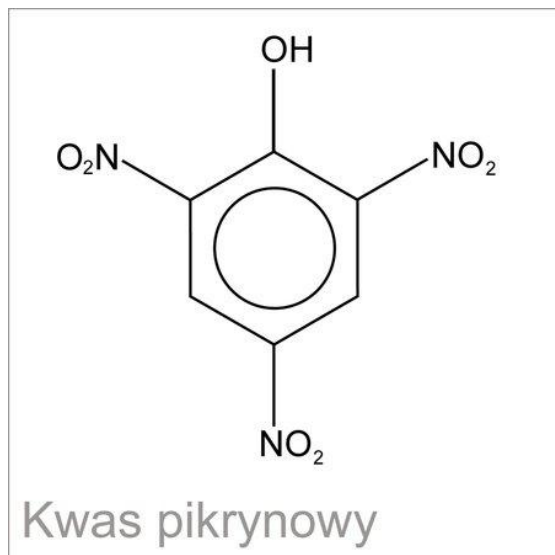
Wykonanie:

Do 2 ml roztworu  $\text{AgNO}_3$  należy dodać kilka kropli 10% roztworu  $\text{NaOH}$  oraz 10% roztworu  $\text{NH}_3$ . Roztwór  $\text{NH}_3$  dodawać aż do momentu rozpuszczenia się osadu wodorotlenku srebrowego w jego nadmiarze. Do amoniakalnego roztworu wodorotlenku srebra,  $\text{Ag}(\text{NH}_3)_2\text{OH}$  należy dodać około 2 ml roztworu glukozy, próbkę zamieszać, a następnie wstawić do wrzącej łaźni. Po kilku minutach inkubacji na ściankach można zaobserwować wydzielanie się na ściankach próbki metalicznego srebra w postaci lustra [1].

W środowisku zasadowym cukry mogą redukować nie tylko jony metali ciężkich, lecz także inne związki (np. kwas pikrynowy, heksacyjanożelazian(III) potasu czy błękit metylenowy [1].

### **Redukcja kwasu pikrynowego**

W wyniku reakcji kwas pikrynowy redukowany jest do kwasu pikraminowego, powstający w środowisku alkalicznym pikraminian sodu- daje czerwone zabarwienie próbki.



Zdjęcie: Wzór kwasu pikrynowego,

[http://portalwiedzy.onet.pl/124113,1,,wzor\\_strukturalny\\_kwasu\\_pikrynowego,haslo.html](http://portalwiedzy.onet.pl/124113,1,,wzor_strukturalny_kwasu_pikrynowego,haslo.html)

Wykonanie:

Do 1 ml roztworu glukozy należy dodać 1 ml nasyconego roztworu kwasu pikrynowego, oraz 0,5 ml 10% roztworu NaOH. W wyniku ogrzewania próbki pojawia się czerwone zabarwienie [1].

### Test Fehlinga

Test ten polega na utlenianiu aldoz za pomocą soli Cu(II) w zasadowym roztworze winianu sodowo-potasowego. W wyniku tej reakcji, aldoza utlenia się do kwasu glikonowego, z kolei jon Cu(II) redukuje się do Cu(I) i w środowisku zasadowym utleniacz wytrąca się w postaci pomarańczowego osadu Cu<sub>2</sub>O.

Ketozy reagują z odczynnikami Fehlinga w podobny sposób jak z odczynnikami Tollensa (tzn. pomarańczowy osad zaczyna się wolno wytrącać po upływie kilku minut) [4].

W metodzie tej używa się dwóch odczynników Fehlinga: odczynnika Fehlinga I, który zawiera CuSO<sub>4</sub>, oraz odczynnik Fehlinga II, w skład którego wchodzi NaOH i winian sodowo-potasowy [5].

Winian sodowo-potasowy zapobiega wytrącaniu się osadu Cu(OH)<sub>2</sub>, co może mieć miejsce przy małym stężeniu cukru. Sól ta wiąże jony Cu<sup>2+</sup> tworząc kompleksową sól kwasu winowego [5].

Wykonanie:

Należy przygotować 2 próbówki.

W pierwszej próbówce należy zmieszać 0,5 ml odczynnika Fehlinga I i 0,5 ml odczynnika Fehlinga II.

W drugiej próbówce umieścić 1 ml glukozy. Obydwie próbówki należy ogrzewać aż do wrzenia, po czym oba roztwory należy zlać razem. Po zmieszaniu powinno pojawić się zabarwienie lub brunatno-czerwony osad wydzielonego Cu<sub>2</sub>O [5].

### Analiza jakościowo monocukrów- odczyn Nylandera

W skład odczynnika Nylandera wchodzi zasadowy azotan bizmutu, KOH i winian sodowo-potasowy,

który spełnia tę samą rolę, co w odczynie Felingia i co cytrynian w odczynie Benedicta. Pod wpływem cukrów, redukcji ulega  $\text{Bi}^{3+}$  do  $\text{Bi}^0$  [5].

Wykonanie:

Do 5 ml 1% roztworu glukozy należy dodać kilka kropel odczynnika Nylandera, próbkę wymieszać, po czym wstawić do wrzącej łaźni wodnej na ok. 5 minut. W wyniku ogrzewania dochodzi do wytrącania się czarnego osadu metalicznego bizmutu [5]

**Autor: Lidia Koperwas**

### **Literatura:**

- [1]. Kłyszajko-Stefanowicz L, 2003. Ćwiczenia z biochemii. Wydawnictwo Naukowe PWN, 2003, s.260 - 261, 269
- [2]. Stryer L, 2003. Biochemia. Przekład zbiorowy pod redakcją: Augustyniak J, Michejda J, z czwartego wydania amerykańskiego. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2003, s.295-295.
- [3]. Derlacz R., Girstun A., Kowalska-Loth B., Kozłowski P., Piekiełko-Witkowska A., Szakiel A., Trzcńska-Danielewicz J., 2008. Podstawy Biochemii dla Ochrony Środowiska. UW, Wydz. Biologii, Instytut Biochemii, Warszawa 2008. s. 12-13.
- [4].[http://tczew.net.pl/~mgrmisiak/Technologia%20Chemiczna/C%20U%20K%20R%20Y%20%20\\_sacharydy\\_.pdf](http://tczew.net.pl/~mgrmisiak/Technologia%20Chemiczna/C%20U%20K%20R%20Y%20%20_sacharydy_.pdf)
- [5].[http://www.biologia.studies.uj.edu.pl/binoz/iz/zbz/materialy\\_cw/cw\\_8\\_cukry\\_proste.pdf](http://www.biologia.studies.uj.edu.pl/binoz/iz/zbz/materialy_cw/cw_8_cukry_proste.pdf)

<https://laboratoria.net/arttykul/13776.html>

**Informacje dnia:** [Mity na temat epilepsji Marzec był drugim najcieplejszym miesiącem w Europie](#) [Sporadyczne picie dużych ilości alkoholu W nagłych przypadkach ChatGPT Health często uspokaja](#) [Dieta bogata w warzywa i owoce zmniejsza ryzyko demencji nawet u seniorów Nie kompromitujcie nas, czyli jak chronić dane biometryczne](#) [Mity na temat epilepsji Marzec był drugim najcieplejszym miesiącem w Europie](#) [Sporadyczne picie dużych ilości alkoholu W nagłych przypadkach ChatGPT Health często uspokaja](#) [Dieta bogata w warzywa i owoce zmniejsza ryzyko demencji nawet u seniorów Nie kompromitujcie nas, czyli jak chronić dane biometryczne](#) [Mity na temat epilepsji Marzec był drugim najcieplejszym miesiącem w Europie](#) [Sporadyczne picie dużych ilości alkoholu W nagłych przypadkach ChatGPT Health często uspokaja](#) [Dieta bogata w warzywa i owoce zmniejsza ryzyko demencji nawet u seniorów Nie kompromitujcie nas, czyli jak chronić dane biometryczne](#)

**Partnerzy**