

## [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](#) [Szkozenia](#) [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](#)

# Glukoza - niezbędne źródło energii dla organizmu

Glukoza zaliczana jest do najważniejszych węglowodanów, ponieważ większość węglowodanów, które zawarte są w pokarmach wchłania się do krwiobiegu właśnie w postaci glukozy. Ponadto węglowodany przekształcane są w glukozę w wątrobie, a w organizmie z glukozy mogą powstać wszystkie inne cukry. Glukoza stanowi istotne źródło energii w tkankach ssaków, a także odgrywa bardzo ważną rolę w prawidłowym rozwoju płodu. Cukier ten przekształcany jest w inne cukry odgrywające swoiste rolę np. w rybozę, która występuje w kwasach nukleinowych czy galaktozę obecną w laktozie mleka [1].

Glukoza jest niezbędna do prawidłowego funkcjonowania metabolizmu komórkowego. Szczególnie wrażliwe na brak glukozy są komórki nerwowe. W organizmie związek ten wykorzystywany jest głównie jako źródło energii. Ponadto glukoza reguluje przemianę tłuszczową, zmniejsza stopień zatrucia jadami, a także przyspiesza gojenie się ran [7].

### **Oznaczanie glikemii (poziomu cukru we krwi) w monitorowaniu cukrzycy**

Oznaczanie glikemii przeprowadzane w celu monitorowania leczenia i oceny wyrównania metabolicznego cukrzycy wykonywane jest w pełnej krwi włosniczkowej. Krew włosniczkowa pobierana jest zwykle z opuszki palca, a u noworodków i dzieci z pięty. Niestety przydatność tego typu materiału jest mocno ograniczona, co w głównej mierze wynika z faktu domieszki płynu tkankowego, słabą standaryzacją stosowanej do pobrania procedury, a także ilości możliwych do wykonania badań. Największe znaczenie w badaniach ma krew żylna, z kolei krew włosniczkowa pobierana jest wtedy, gdy pobranie krwi żyłnej nie jest możliwe lub utrudnione [2], [3].

Glukoza bardzo szybko transportowana jest przez błonę komórkową do wnętrza erytrocytów. Transport odbywa się przez transportery glukozy określane jako GLUT. Transporter glukozy 1 (GLUT1) uważany jest za najlepiej poznaną i najbardziej rozpowszechnioną izoformę rodziny białek GLUT. W stanach fizjologicznych wysoki poziom ekspresji GLUT1 obserwuje się: w erytrocytach (3-5% wszystkich białek błonowych), nabłonku endotelialnym, nabłonku epitelialnym bariery krew-mózg, oku, łożysku oraz gruczole mlekowym ssaków [3],[4]. Przeprowadzone badania sugerują możliwość zastosowania GLUT1 jako prognostycznego wskaźnika złośliwości oraz stopnia zaawansowania nowotworów. Co więcej wskaźnik ten umożliwiłby wyodrębnienie pacjentów wymagających agresywniejszej terapii [4].

Stężenie glukozy w erytrocytach jest niższe niż w osoczu, co wynika z faktu jej przemiany do glukozo-6-fosforanu. Pomiar stężenia glukozy glukometrami daje zazwyczaj niższe wartości glikemii niż stosowane analizatory laboratoryjne, które mierzą ten metabolit w osoczu. Oznaczenia glukozy wykonywane w monitorowaniu cukrzycy przeprowadzane są w różnych porach dnia (zależnych od aktywności chorego i przyjmowanych posiłków), kiedy to oczekuje się skrajnych wartości glikemii w ciągu doby. Dobowy profil glikemii obejmuje pomiary glukozy wykonywane: rano na czczo, przed każdym głównym posiłkiem, 120 minut po każdym głównym posiłku, przed snem, o północy oraz o godzinie 3:30 w nocy [2].

	Stężenie glukozy w mmol/l [mg/dl]		
	Krew pełna		
	Żyłna	Włośniczkowa	Osocze krwi żyłnej*
<b>Cukrzyca:</b>			
Na czczo lub 2 godz. po podaniu glukozy	≥ 6,1 (≥ 110) ≥ 10,0 (≥ 180)	≥ 6,1 (≥ 110) ≥ 11,1 (≥ 200)	≥ 7,0 (≥ 126) ≥ 11,1 (≥ 200)
<b>Upośledzona tolerancja glukozy (IGT):</b>			
Na czczo (jeśli mierzona) i 2 godz. po podaniu glukozy	< 6,1 (< 110) i ≥ 6,7 (≥ 120)	< 6,1 (< 110) i ≥ 7,8 (≥ 140)	< 7,0 (< 126) i ≥ 7,8 (≥ 140)
<b>Nieprawidłowa glikemia na czczo (IFG):</b>			
Na czczo  i (jeśli mierzona) 2 godz. po podaniu glukozy	≥ 5,6 (≥ 100) i < 6,1 (< 110)  < 6,7 (< 120)	≥ 5,6 (≥ 100) i < 6,1 (< 110)  < 7,8 (< 140)	≥ 6,1 (≥ 110) i < 7,0 (< 126)  < 7,8 (< 140)

\*Wartości glikemii w osoczu krwi włośniczkowej wynoszą: dla cukrzycy — na czczo ≥ 7,0 mmol/l (≥ 126 mg/dl), 2 h po posiłku ≥ 12,2 mmol/l (≥ 220 mg/dl); dla IGT — na czczo < 7,0 mmol/l (< 126 mg/dl) i 2 h po posiłku ≥ 8,9 mmol/l (≥ 160 mg/dl) i < 12,2 mmol/l (< 220 mg/dl); dla IFG — na czczo ≥ 6,1 mmol/l (≥ 110 mg/dl) i < 7,0 mmol/l (< 126 mg/dl) i (jeśli zmierzona) 2 h po posiłku < 8,9 mmol/l (< 160 mg/dl)

**Zdjęcie:** Wartości diagnostyczne cukrzycy i innych stanów hiperglikemii, wg Górczyńska-Kosiorz S., Grzeszczak W., Mazur B., 2005 [6].

## Zasady pobierania i przechowywania próbek krwi do badań poziomu glukozy

Materiałem do oznaczania glukozy może być: pełna krew żylna, surowica na skrzep lub krew włośniczkowa. Krew włośniczkowa natychmiast po pobraniu musi być hemolizowana i odbiałczona bądź należy od razu po pobraniu wykonać pomiar. Jeśli oznaczenia wykonuje się w pełnej krwi, próbkę należy przechowywać w temperaturze 0-4°C albo niezwłocznie odwirować lub wykonać pomiar. We krwi włośniczkowej arterializowanej po posiłku stężenie glukozy jest do 20% większe niż we krwi żyłnej. Pomiar wykonywany w surowicy i osoczu jest o 10% - 15% wyższy niż uzyskany z pełnej krwi, co ma związek z brakiem obecności w próbce krwinek. Glukoza nie powinna być oznaczana w surowicy, jeśli z próbki dobrze nie usunięto erytrocytów, ponieważ z powodu zachodzącej glikolizy może dojść do nieprzewidywalnego zaniżenia rzeczywistego stężenia glukozy [6].

Na jakość wykonywanych oznaczeń glukozy w bardzo dużej mierze decyduje prawidłowe postępowanie z materiałem przeznaczonym do badań w fazie przed-analitycznej. Należy mieć na uwadze, że w pobranej próbce krwi glukoza jest metabolizowana przez krwinki również *in vitro*, w związku z czym krwinki muszą zostać oddzielone od osocza do 60 minut od pobrania materiału. Tak więc wymóg ten określa najdłuższy czas w jakim pobrana próbka krwi musi być dostarczona do laboratorium, by nadawała się do badań. W temperaturze pokojowej zachodzący w krwinkach proces glikolizy powoduje zmniejszanie stężenia glukozy o 5-7% w ciągu godziny a we krwi, która zawiera dużą liczbę leukocytów spadek ten jest większy. Przechowywanie pełnej krwi w lodówce w temp. 4°C powoduje spadek stężenia glukozy o około 20% w ciągu 24 godzin. By temu przeciwdziałać zaleca się dodawanie do pobieranej krwi substancji spowalniających glikolizę, np. fluorku sodu czy jodooctanu sodu. Związki te zazwyczaj są stosowane razem z antykoagulantami, takimi jak szczawian lub EDTA [5].

## **Metabolizm glukozy w prawidłowych komórkach**

W komórkach prawidłowych w procesie tzw. glikolizy, glukoza metabolizowana jest do dwóch cząsteczek pirogronianu. W wyniku tej reakcji dochodzi do wytworzenia dwóch cząsteczek ATP. Powstały pirogronian w mitochondriach jest następnie utleniany do acetylo-CoA, co zachodzi z udziałem kompleksu dehydrogenazy pirogronianowej. W kolejnym etapie acetylo-CoA wchodzi w cykl Krebsa, w którym ulega utlenieniu do dwutlenku węgla ( $\text{CO}_2$ ), a zmagazynowana energia (w postaci koenzymów: NADH i FADH<sub>2</sub>) podlega przemianie w cząsteczki ATP podczas transportu elektronów poprzez układy oksydoredukcyjne łańcucha oddechowego. W wyniku całkowitego utlenienia cząsteczki glukozy powstaje 30 cząsteczek ATP [4].

Glukoza stanowi podstawowe źródło energii dla dla ośrodkowego układu nerwowego. Wszelkie zaburzenia w dostarczaniu glukozy do mózgu wywołują: ostre, podostre i przewlekłe zaburzenia funkcji mózgu, które określane są mianem neuroglikopenii. Przewlekłe i nawracające stany hipoglikemiczne prowadzą do powstawania ogniskowych uszkodzeń mózgu, które następnie są przyczyną rozwoju zespołów psychoorganicznych (np. zmian osobowości, ubytków pamięci, demencji). Co więcej cukrzyca stanowi jeden z czynników zwiększonego ryzyka zachorowania na chorobę Alzheimera [2].

## **Metody enzymatyczne oznaczania glikemii**

Oznaczenie glukozy we krwi (osoczu) można wykonać kilkoma różnymi metodami. Stosowane są 2 metody enzymatyczne, gdzie jedna bazuje na wykorzystaniu do reakcji oksydazy glukozowej, a druga układ heksokinaza/dehydrogenaza glukozo-6-fosforanu; metoda toluidynowa (swoista dla aldoloz) czy metoda Samogyi-Nelsona oraz jej modyfikacje oparte na redukcji miedzi.

Pomiar przebiegu zachodzących reakcji odbywa się przy użyciu technik spektrofotometrycznych i technik amperometrycznych. Metodą referencyjną (odniesienia) dla oznaczenia glukozy jest spektrometria masowa z rozcieńczeniem izotopu (ID-MS, *isotope dilution mass spectometry*).

W laboratoriach najczęściej stosowana jest metoda oksydazowa z wykorzystaniem różnych technik pomiaru. Za drugorzędną enzymatyczną metodę oznaczania glukozy uznawana jest metoda heksokinazowa, która charakteryzuje się stosunkowo lepszą czułością oraz swoistością w porównaniu do metody oksydazowej. Metoda heksokinazowa wykazuje również mniejszą podatność na czynniki interferujące [6].

**Metoda Nelsona - wykorzystanie do oznaczania stężenia glukozy we krwi** (wg Krajewski T., 1959).

Zasada metody: metoda polega na odbiałczeniu krwi za pomocą koloidalnej zawiesiny wodorotlenku cynku. Otrzymany przesącz gotuje się z roztworem zawierającym Cu(II) i Cu(I), w wyniku czego w próbce powstaje ceglasty osad  $\text{Cu}_2\text{O}$ . Tlenek miedzi (I) rozpuszcza się w odczynniku arsenomolibdenowym, w wyniku czego w próbce pojawia się niebieskie zabarwienie [7], [8].

Przygotowanie odczynników:

1) Odczynnik miedziawy I: w 600 ml wrzącej wody rozpuścić 200 g bezwodnego  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  (lub 356 g  $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ). Następnie, w 100 ml wody rozpuścić 25 g soli Seignetta (winian sodowo-potasowy). Obydwa roztwory mieszać w 1-litrowej kolbie miarowej, po czym dodać 20 g  $\text{NaHCO}_3$  oraz 25 g bezwodnego  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ . Całość dokładnie rozpuścić i uzupełnić wodą do kreski. Otrzymany roztwór należy przesączyć w przypadku, gdy pojawi się zmętnienie. Tak przygotowany odczynnik przechowywać w temperaturze  $37^\circ\text{C}$  (gdy wytrąca się kryształy należy je rozpuścić przed użyciem przez lekkie ogrzanie roztworu w łaźni wodnej) [7], [8].

2) Odczynnik miedziowy II: 15% roztwór  $\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$  + 1-2 krople stężonego roztworu  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .

3) Mieszanina odczynników miedziowych I i II: bezpośrednio przed użyciem sporządzić roztwór z obydwu odczynników zmieszanych w stosunku 25:1.

### **Wykonanie:**

W stosunku 5:1 należy mieszać odpowiednią ilość mieszaniny roztworów: 0,45% (rozcieńczyć z roztworu 45%)  $\text{ZnSO}_4$  i 0,1 M  $\text{NaOH}$  (0,4%). Do 2,9 ml mieszaniny odczynników dodać 0,1 ml krwi pobranej z opuszka palca. Pipetę oczyścić z krwi z zewnątrz, wydmuchać krew do mieszaniny i następnie przepłukać pipetę tą samą mieszaniną. Otrzymaną w ten sposób próbkę umieścić we wrzącej łaźni wodnej (3-5 minutowa inkubacja). Po upływie czasu inkubacji próbkę należy ostudzić i przesączyć przez mały sączek.

Następnie do 1 ml przesącza dodać 1 ml mieszaniny odczynników miedziowych (odczynnik miedziowy I i II), próbkę gotować we wrzącej łaźni wodnej przez 20 minut. Ostudzić, po czym wprowadzić 1 ml odczynnika arseno-molibdenowego (tj.: 25 g molibdenianu(VI)amoniaku rozpuścić w 450 ml wody, dodać 31 ml stężonego roztworu  $\text{H}_2\text{SO}_4$ . W osobnym naczyniu rozpuścić 3 g arsenianu(V)sodowego w 25 ml wody. Obydwa roztwory mieszać i inkubować w temp.  $37^\circ\text{C}$  przez 24-48h lub ogrzać do temp.  $55^\circ\text{C}$  i trzymać w tej temperaturze przez 25 minut). Próbkę wytrząsać do momentu przestania wydzielania pęcherzyków gazu ( $\text{CO}_2$ ), a cały tlenek miedzi(I) (miedziawy) rozpuści się. Do próbki dodać 7 ml wody, mieszać i wykonać oznaczenie kolorymetryczne przy długości fali równej  $\lambda = 660 \text{ nm}$  (wobec próbki kontrolnej).

W analogiczny sposób należy wykonać oznaczenie z roztworem wzorcowym, gdzie zamiast 0,1 ml krwi pobiera się 0,1 ml roztworu wzorcowego o odpowiednim stężeniu mieszczącym się w zakresie od 10 do 200 mg/100 ml – przyrządzonego przez rozcieńczenie roztworu wzorcowego glukozy.

Wykonanie obliczeń: zachodząca w trakcie oznaczenia reakcja barwna stosuje się do prawa Lamberta-Beera. Stężenie glukozy można obliczyć ze wzoru, z krzywej kalibracyjnej [7],[8].

### **Oznaczanie glukozy metodą kolorymetryczną z oksydazą glukozy w wykorzystaniu zestawu diagnostycznego (Lquick Cor-GLUCOSE ).**

Do oznaczenia wykorzystuje się roztwór wzorcowy glukozy o stężeniu 100 mg/dl (5,5 mmol/l). Materiałem badanym jest próbka surowicy krwi ludzkiej [9].

### **Wykonanie:**

a) Oznaczenie próby zerowej: odczynnik do oznaczeń pozostawić do osiągnięcia temperatury pokojowej. Następnie do kuwety polistyrenowej ( $d=10 \text{ mm}$ ) należy pobrać 800  $\mu\text{l}$  odczynnika, po czym dokonać pomiaru absorbancji przy długości fali  $\lambda=500 \text{ nm}$ .

b) Oznaczenie próby wzorcowej: do próbki typu eppendorf dodać 1 ml odczynnika do oznaczeń. Próbkę pozostawić do osiągnięcia temperatury pokojowej. Następnie dodać 10 µl roztworu wzorcowego, całość dokładnie wymieszać i pozostawić na 10-minutową inkubację. 800 µl roztworu przenieść do kuwety pomiarowej. Zmierzyć absorbancję próbki przy długości fali równej  $\lambda = 500$  nm (względem próby zerowej będącej próbą odniesienia). Pomiar powtórzyć trzykrotnie.

c) Oznaczenie próbki badanej: do próbki typu eppendorf dodać 1 ml odczynnika do oznaczeń, pozostawić do osiągnięcia temperatury pokojowej. Po ustaleniu temperatury dodać 10 µl roztworu badanego, próbkę wymieszać i pozostawić na 10 min inkubacji. Przenieść 800 µl roztworu do kuwety pomiarowej, po czym zmierzyć absorbancję przy długości fali  $\lambda = 500$  nm (względem próby zerowej jako próby odniesienia). Pomiar powtórzyć trzykrotnie [9].

Na podstawie otrzymanych wyników należy obliczyć stężenie glukozy w badanej próbce. W tym celu skorzystać ze wzoru:

$$\text{Stężenie glukozy} = A(PB) / A(PW) \times \text{stężenie wzorca}$$

Gdzie:

$A(PB)$ - wartość absorbancji dla próbki badanej

$A(PW)$ - wartość absorbancji dla próby wzorcowej [9].

### **Metoda o-toluidynowa do oznaczania stężenia glukozy (wg Krawczyński J., Osiński T., 1967)**

W wyniku ogrzewania z o-toluidyna w środowisku bezwodnym (lodowaty kwas octowy) glukoza daje barwny produkt kondensacji. Poza glukozą reakcji tej ulega również galaktoza. Słabej reakcji w powyższych warunkach ulega z kolei fruktoza.

### **Wykonanie:**

a) Wykreślenie krzywej kalibracyjnej: do próbek odmierzyć następujące ilości roztworu wzorcowego glukozy (roztwór wzorcowy glukozy o stężeniu 100 mg/100 ml sporządzony w 0,2% roztworze kwasu benzoowego): 0,1; 0,2; 0,3; 0,4 oraz 0,6 ml.

Próbki uzupełnić kwasem trichlorooctowym do objętości 1,2 ml. Z każdej próbki pobrać po 0,5 ml do wywołania barwy. Poszczególne roztwory odpowiadają następującym stężeniom: 50, 100, 150, 200 oraz 300 mg/100 ml [7], [10].

b) Oznaczenie: do próbki wirówkowej dodać 1 ml 5% roztworu  $\text{CCl}_3\text{COOH}$  oraz 0,2 ml krwi

(mikropipetę z krwi przepłukać roztworem z probówki). Próbkę wymieszać i odwirować (po kilku minutach). Do 0,5 ml otrzymanego po wirowaniu supernatantu należy dodać 4,5 ml odczynnika o-toluidynowego (tj.: 1,5 g tiomocznika rozpuścić w 940 ml lodowatego kwasu octowego i dodać 60 ml o-toluidyny). Próbkę wstawić do wrzącej łaźni wodnej na dokładnie 8 minut!. Po inkubacji ochłodzić pod bieżącą wodą, a następnie zmierzyć wartość absorbancji przy długości fali równej  $\lambda=630$  nm (wobec próby kontrolnej, gdzie zamiast 0,5 ml supernatantu bierze się 0,5 ml roztworu  $\text{CCl}_3\text{COOH}$ ). Wynik należy odczytać z przygotowanej krzywej kalibracyjnej [7], [10].

**Autor: Lidia Koperwas**

### **Literatura:**

[1]. Murray R.K., Granner D.K., Mayes P.A., Rodwell V.W., 1995. **BIOCHEMIA HARPERA**, Wydanie III, Redaktor naukowy tłumaczenia Franciszek Kokot. Wydawnictwo Lekarskie PZWL, s.161-162

[2]. Szutowicz A., Raszei-Szpecht A., 2009. Diagnostyka laboratoryjna. Tom I. Gdański Uniwersytet Medyczny, Zlecenie KW/224/09. Recenzent prof. dr hab. Wiesława Łysiak-Szydłowska, s.243-244; 251-252

[3]. <http://www.invicta.pl/upload/PZPOZ/ODCINEK%2010%20INVICTA.pdf>

[4]. Józwiak P., Lipińska A., 2012. Rola transportera glukozy 1 (GLUT1) w diagnostyce i terapii nowotworów. Postepy Hig Med Dosw (online), 2012; 66: 165-174

[5]. [http://diabetologiaonline.pl/lekarz\\_diabeto\\_adoz.info,76,0.html](http://diabetologiaonline.pl/lekarz_diabeto_adoz.info,76,0.html)

[6]. Górczyńska-Kosiorz S., Grzeszczak W., Mazur B., 2005. The classification of diabetes including genetic predisposition and laboratory tests useful to diagnose disorders of carbohydrate metabolism. Praca poglądowa. Diabetologia Doświadczalna i Kliniczna rok 2005, tom 5, nr 4

[7]. Kłyszajko-Stefanowicz L., 2003. Ćwiczenia z biochemii. Wydawnictwo Naukowe PWN, 2003, s.603-605.

[8]. Krajewski T., 1959. Oznaczanie poziomu cukru we krwi uproszczoną metodą Nelsona. Pol.Tyg.Lek., 14: 922-924.

[9]. <http://www.pchba.amu.edu.pl/cw%20CBA/cw2.pdf>

[10]. Krawczyński J., Osiński T., 1976. Laboratoryjne metody diagnostyczne. PZWL., Warszawa, s.943.

<http://laboratoria.net/artukul/22690.html>

**Informacje dnia:** [PCI Days 2025 - Targi dla Przemysłu Farmaceutycznego i Kosmetycznego Nie tylko szczepienia przeciw HPV ważne w prewencji raka szyjki macicy Jak skutecznie poradzić sobie z bezsennością Naukowcy stworzyli beton z dodatkiem wody słonej zamiast słodkiej Nie trzymajmy dzieci pod kloszem z tematem śmierci Dużo światła w nocy może prowadzić do przedwczesnej śmierci PCI Days 2025 - Targi dla Przemysłu Farmaceutycznego i Kosmetycznego Nie tylko szczepienia przeciw HPV ważne w prewencji raka szyjki macicy Jak skutecznie poradzić sobie z](#)

[bezsennością Naukowcy stworzyli beton z dodatkiem wody słonej zamiast słodkiej Nie trzymajmy dzieci pod kloszem z tematem śmierci Dużo światła w nocy może prowadzić do przedwczesnej śmierci](#) [PCI Days 2025 - Targi dla Przemysłu Farmaceutycznego i Kosmetycznego Nie tylko szczepienia przeciw HPV ważne w prewencji raka szyjki macicy Jak skutecznie poradzić sobie z](#) [bezsennością Naukowcy stworzyli beton z dodatkiem wody słonej zamiast słodkiej Nie trzymajmy dzieci pod kloszem z tematem śmierci Dużo światła w nocy może prowadzić do przedwczesnej śmierci](#)

## **Partnerzy**