



# *WĘGLOWODANY*

mgr Grzegorz Kępa  
Wykładowca AWF Warszawa  
Trener I klasy w kulturystyce i fitness  
Specjalista ds. żywienia i suplementacji w sporcie

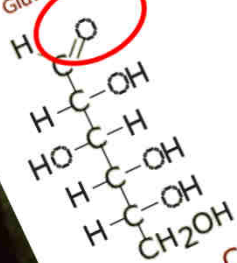
# Budowa i podział



# Węglowodany – definicja

- Węglowodany są to związki organiczne składające się z węgla, wodoru i tlenu, w których stosunek wodoru do tlenu jest taki sam jak w wodzie.

Glukoza



Fruktoza



Grupa aldehydowa



Grupa ketonowa

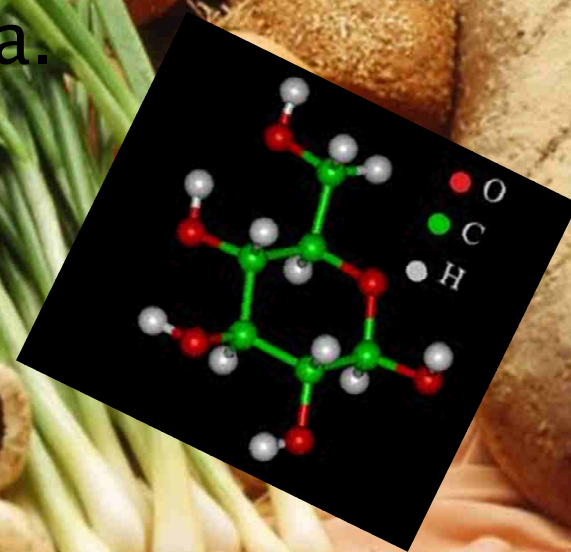
# Węglowodany – podział

- ▶ Węglowodany (sacharydy, cukry) są grupą wielowodorotlenowych aldehydów i ketonów oraz ich pochodnych;
- ▶ Występują jako:
  - a) Monosacharydy (cukry proste)
  - b) Dwusacharydy (dwucukry)
  - c) Polisacharydy (wielocukry)



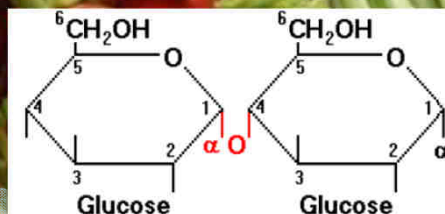
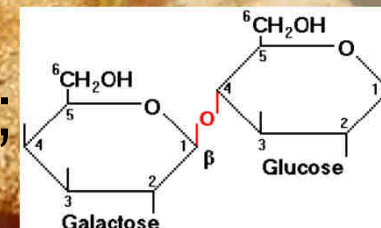
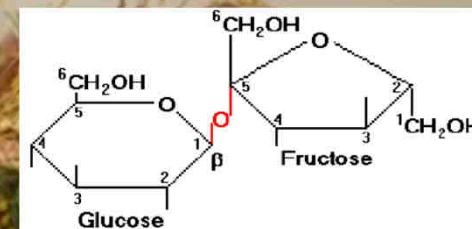
# Monosacharydy

- ▶ Stanowią podstawową strukturę węglowodanów;
- ▶ Nie ulegają hydrolizie w przewodzie pokarmowym człowieka – są bezpośrednio wchłaniane do krwi;
- ▶ Trzy spośród nich są obecne w naszej diecie: glukoza, fruktoza i galaktoza.



# Dwusacharydy

- ▶ Składają się z dwóch cząsteczek monosacharydów;
- ▶ Sacharoza – składa się z cząsteczek glukozy i fruktozy (np. buraki, cukier z trzciny cukrowej, cukier brązowy, syrop klonowy, miody);
- ▶ Laktoza – zawiera glukozę i galaktozę;
- ▶ Maltoza – cukier stołowy zawierający dwie cząsteczki glukozy (np. piwo, przetwory zbożowe, mąka).



# Oligosacharydy

- ▶ To kombinacja od 3 do 9 monosacharydów i znajdują się w większości warzyw.



# Polisacharydy

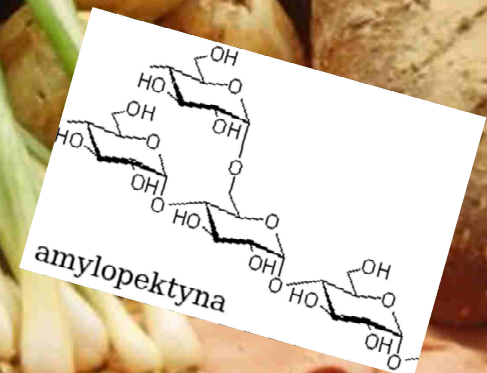


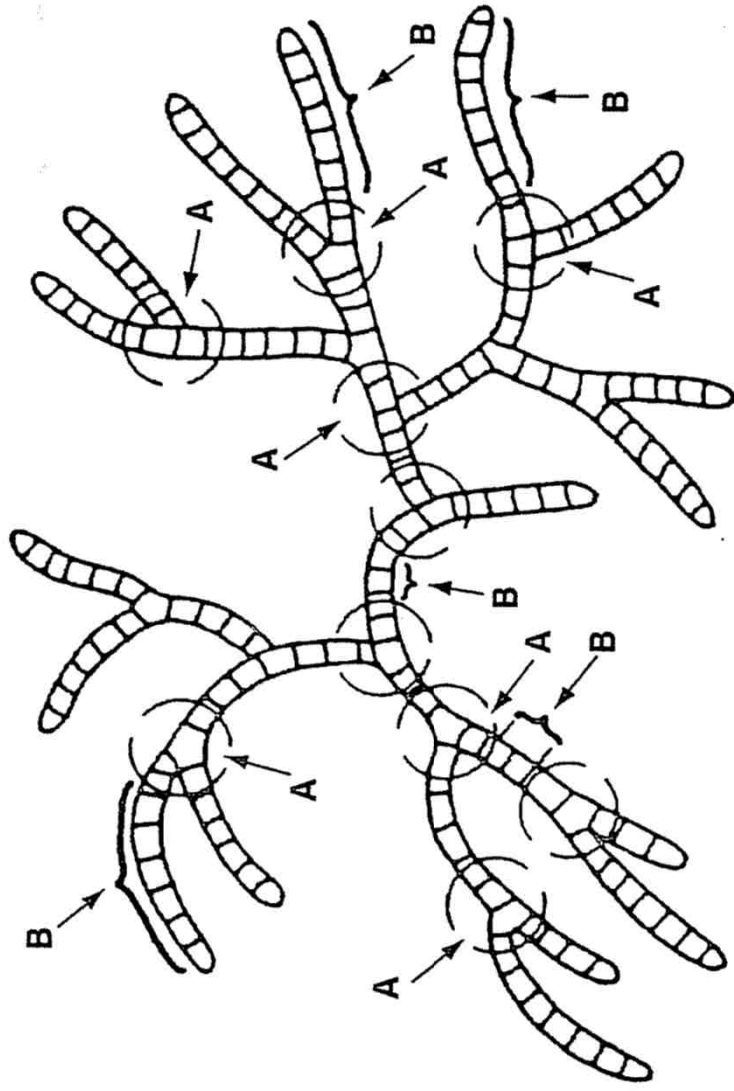
- ▶ Wielocząsteczkowe polimery cukrów prostych;
- ▶ W roślinach i u zwierząt spełniają rolę strukturalną lub są formą magazynowania energii;
- ▶ Głównymi polimerami zbudowanymi z glukozy są:
  - a) Skrobia
  - b) Glikogen
  - c) Celuloza



# Skrobia

- ▶ Składa się z wielkiej ilości glukozy;
- ▶ Znajduje się w ziarnach zbóż, w ziemniakach, bananach, ryżu, kukurydzy, nasionach roślin strączkowych;
- ▶ Składa się z dwóch polimerów glukozy: rozgałęzionego – amylopektyny i liniowego – amylozy





**Rycina 2.** Budowa amylopektyny. A – miejsca atakowane przez amylazę dekstrynuującą;  
B – miejsca atakowane przez amylazę scukrzającą [105].

# Glikogen

- ▶ Ma budowę zbliżoną do amylopektyny, ale bardziej rozgałęzioną i o krótszych łańcuchach bocznych;
- ▶ Jest odkładany jako forma zapasowa substratu energetycznego w mięśniach (300 – 900 g) i wątrobie (80 – 100 g);



# Celuloza

- ▶ Jest jednostką strukturalną włókien roślinnych, które nie są trawione w przewodzie pokarmowym człowieka;
- ▶ Nieprzyswajalna lub w określonych warunkach przyswajalna częściowo grupa polisacharydów określana jako błonnik pokarmowy.



## Węglowodany- znaczenie włókna pokarmowego

### Włókno pokarmowe (błonnik)

spowalniają trawienie i wchłanianie pożywienia z żołądka i jelita (mają zdolność wiązania dużych ilości wody)

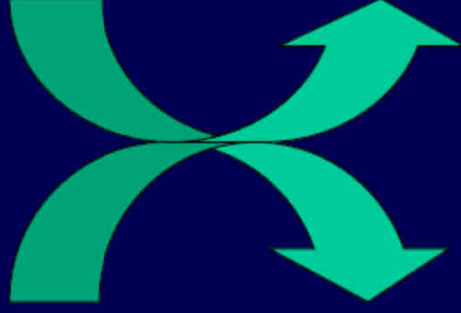


śluzę,  
gumy,  
pektyny



**rozpuszczalne**

otręby jęczmienne, orzechy,  
nasiona, fasola, soczewica,  
groch, owoce (cytrusy, jabłka,  
truskawki), warzywa



przyspieszają przechodzenie treści pokarmowej przez jelita



celulozę,  
hemicelulozę,  
ligninę



**nierozpuszczalne**

całe ziarna pszenicy,  
produkty z całego ziarna,  
warzywa, otręby pszenne

## ROLA BŁONNIKA W ODŻYWIANIU:

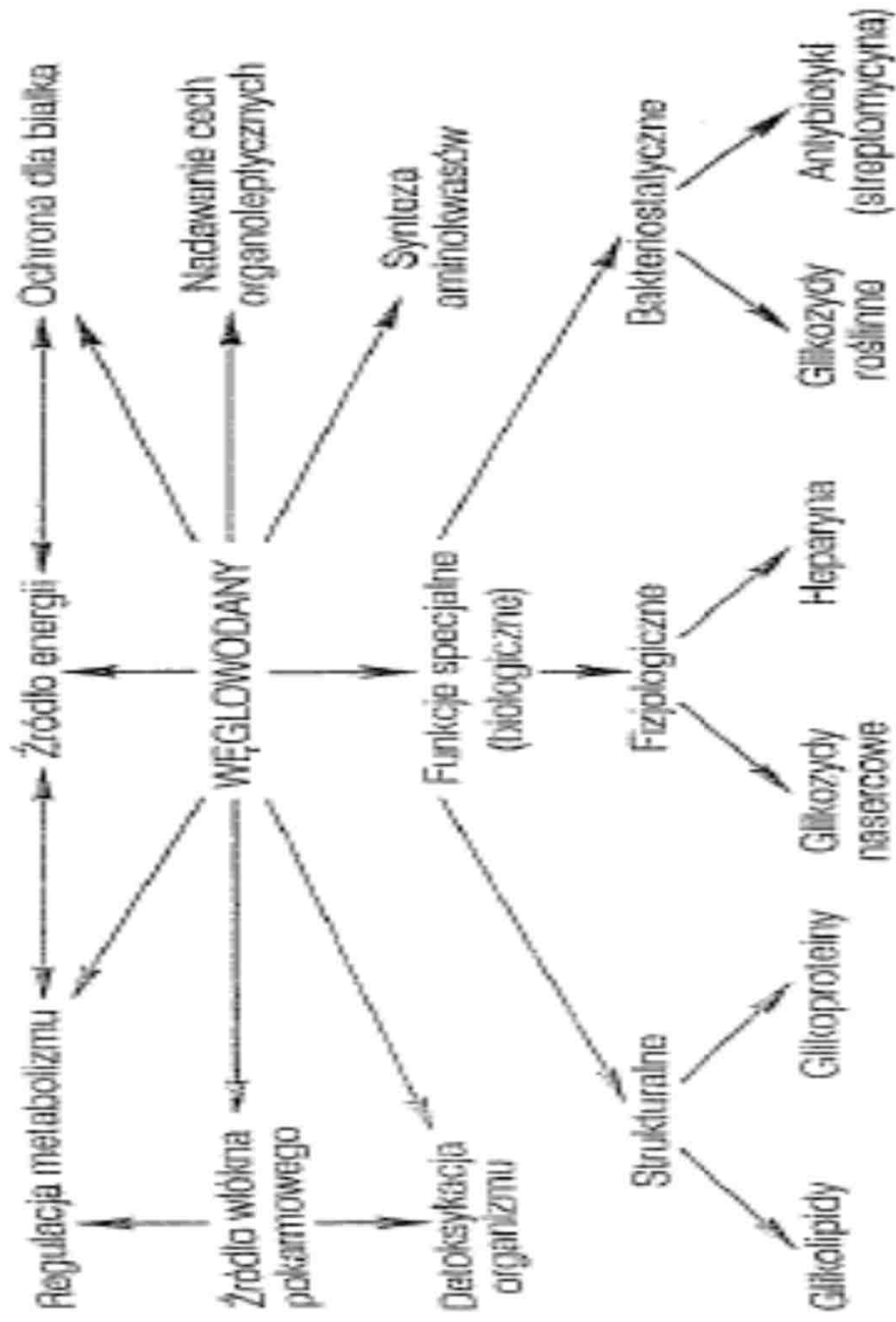
- pobudza żucie i wydzielanie śliny,
- buforuje i wiąże nadmiar kwasu solnego w żołądku, zwiększa wypełnienie jelit, pobudza ich ukrwienie i aktywność motoryczną,
- tworzy korzystne podłoże dla rozwoju pożądanej flory bakteryjnej jelita,
- zapobiega nadmiernemu odwodnieniu mas kałowych, zwiększa objętość stolca,
- wiąże szereg substancji, m.in. cholesterol i kwasy żółciowe,
- wpływa korzystnie na strawność innych składników pożywienia,
- hamuje przyrost masy ciała,
- przeciwdziała powstawaniu nowotworów przewodu pokarmowego



**Dawka błonnika zalecana przez WHO  
27 - 40 g/osobę/dzień**

## **WĘGLOWODANY to:**

- > podstawowe źródło energii (skrobia, glukoza, fruktoza),
- > materiał zapasowy u roślin (skrobia) i zwierząt (glikogen),
- > szkielet struktury DNA i RNA (deoksyryboza i ryboza),
- > składniki błon komórkowych (glikoproteiny i glikolipidy),
- > element strukturalny ścian komórkowych bakterii i roślin (celuloza)



Ryc. 10.4. Funkcje węglowodanów w organizmie człowieka



# Trawienie i wchłanianie węglowodanów



# Trawienie, wchłanianie i magazynowanie wielocukrów

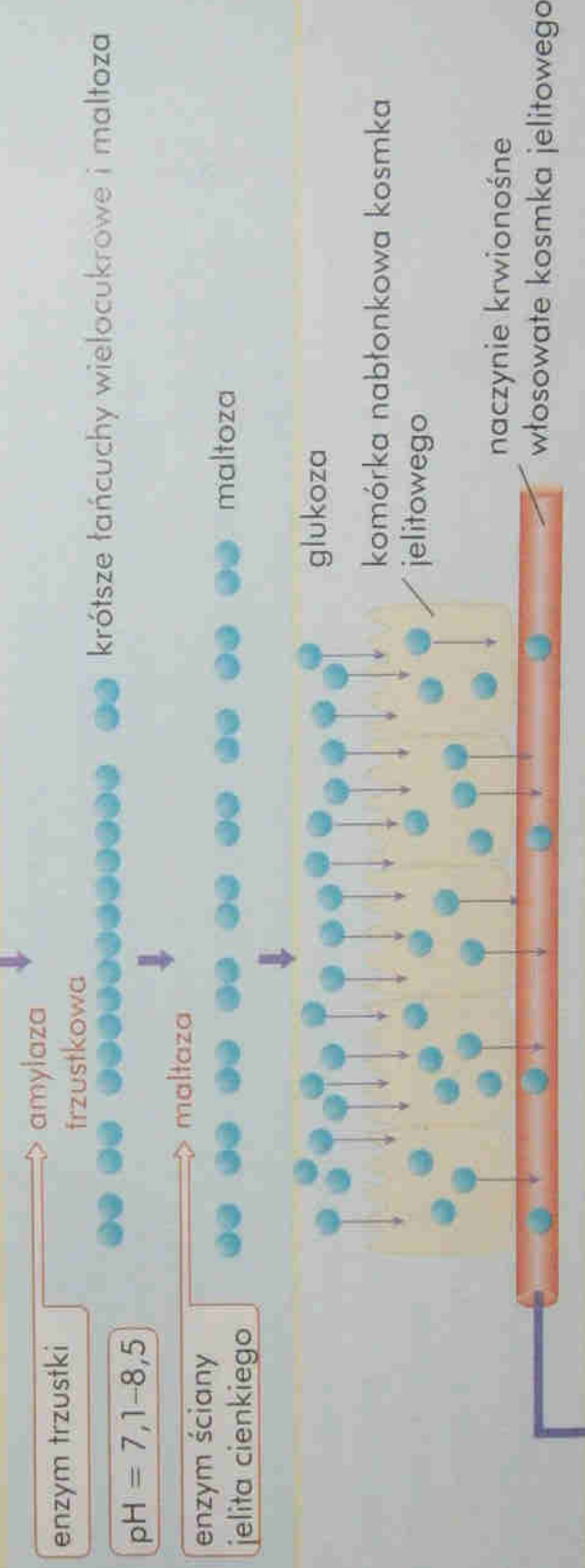
jamą ustną



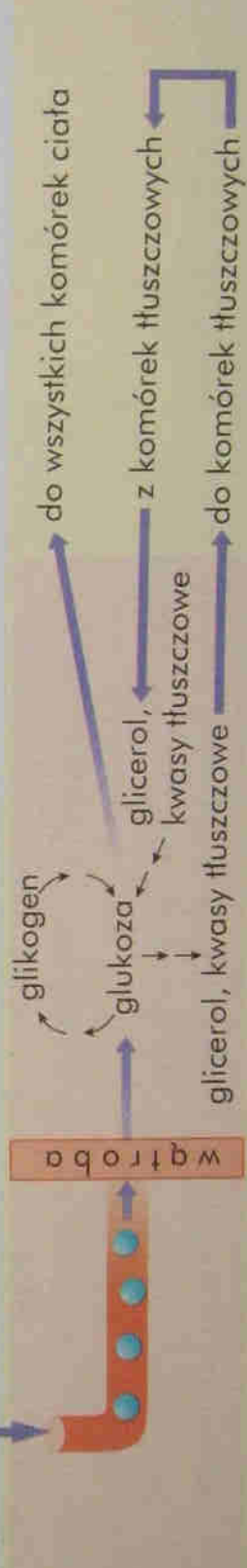
żołądek



jelito cienkie



żyła wrotna



t r a w i e n i e

wchłanianie

wykorzystanie

# Węglowodany – transport z jelita

- ▶ Wchłanianie monosacharydów odbywa się w wyniku wtórnego transportu aktywnego albo dyfuzji prostej lub ułatwionej;
- ▶ Do transportu glukozy i galaktozy przez nabłonek jelitowy potrzebny jest odpowiedni przenośnik, energia i obecność jonów  $\text{Na}^+$ ;
- ▶ Transport fruktozy odbywa się jedynie z udziałem specyficznego przenośnika;
- ▶ Pentozy są absorbowane bez jakiegokolwiek pomocy.

# Wchłanianie węglowodanów

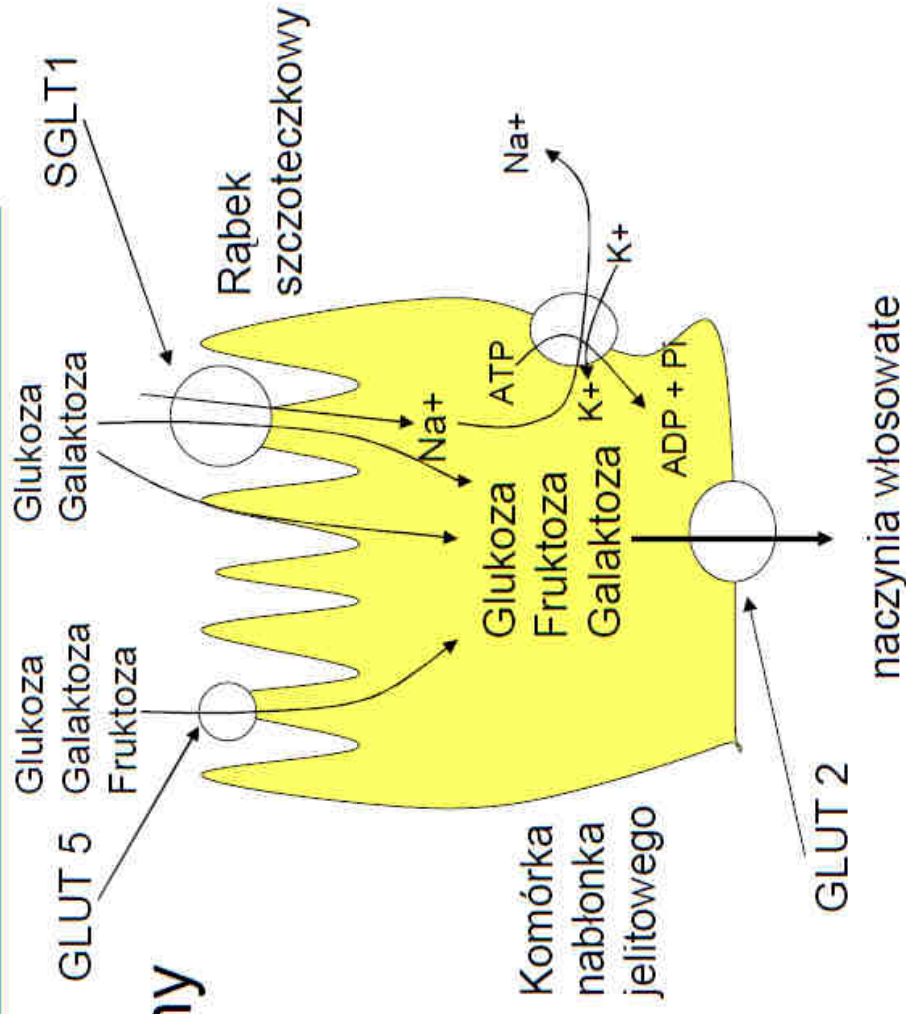


- **Transport aktywny**

- Glukoza
- Galaktoza

- **Dyfuzja prosta**

- Glukoza
- Galaktoza
- Fruktoza



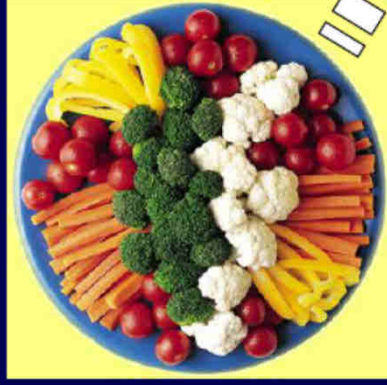
# Transportery



- ▶ GluT1 znajduje się w wysokich stężeniach w komórkach śródbłonna, które wyściełają naczynia krwionośne oraz wytwarzają barierę między mózgiem a krwią;
- ▶ GluT2 występuje w narządach które uwalniają glukozę do krwi takich jak wątroba, jelito, nerki;
- ▶ GluT3 znajduje się w komórkach nerwowych mózgu, zapewnia stały transport glukozy do neuronów;
- ▶ GluT4 jest głównym przekaźnikiem w mięśniach i komórkach tłuszczowych;
- ▶ GluT5 znajduje się głównie w jelicie cienkim i nerkach.

# Węglowodany- główne przemiany glukozy

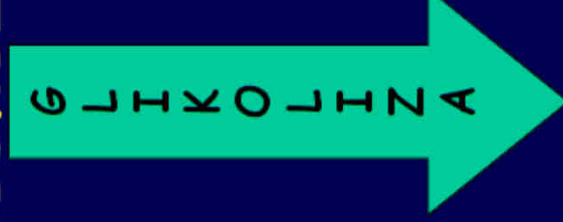
aminokwasy, glicerol, mleczan



**GLUKOZA**



ryboza  
i NADPH



pirogronian/mleczan



glikogen

# Stężenie glukozy we krwi

- ▶ Bezpośrednie wykorzystywanie glukozy przez komórki organizmu wiąże się z utrzymywaniem stałego stężenia glukozy we krwi, który u człowieka zdrowego w stanie na czczo waha się w granicach  $70 - 110 \text{ mg/dm}^3$ ;
- ▶ Po posiłku poziom glukozy we krwi szybko wzrasta (glikemia poposiłkowa), co stymuluje wydzielanie przez trzustkę hormonu insuliny, która ułatwia przechodzenie glukozy do komórek i jej utlenianie lub przekształcanie w inne związki zgodnie z aktualnym zapotrzebowaniem organizmu.

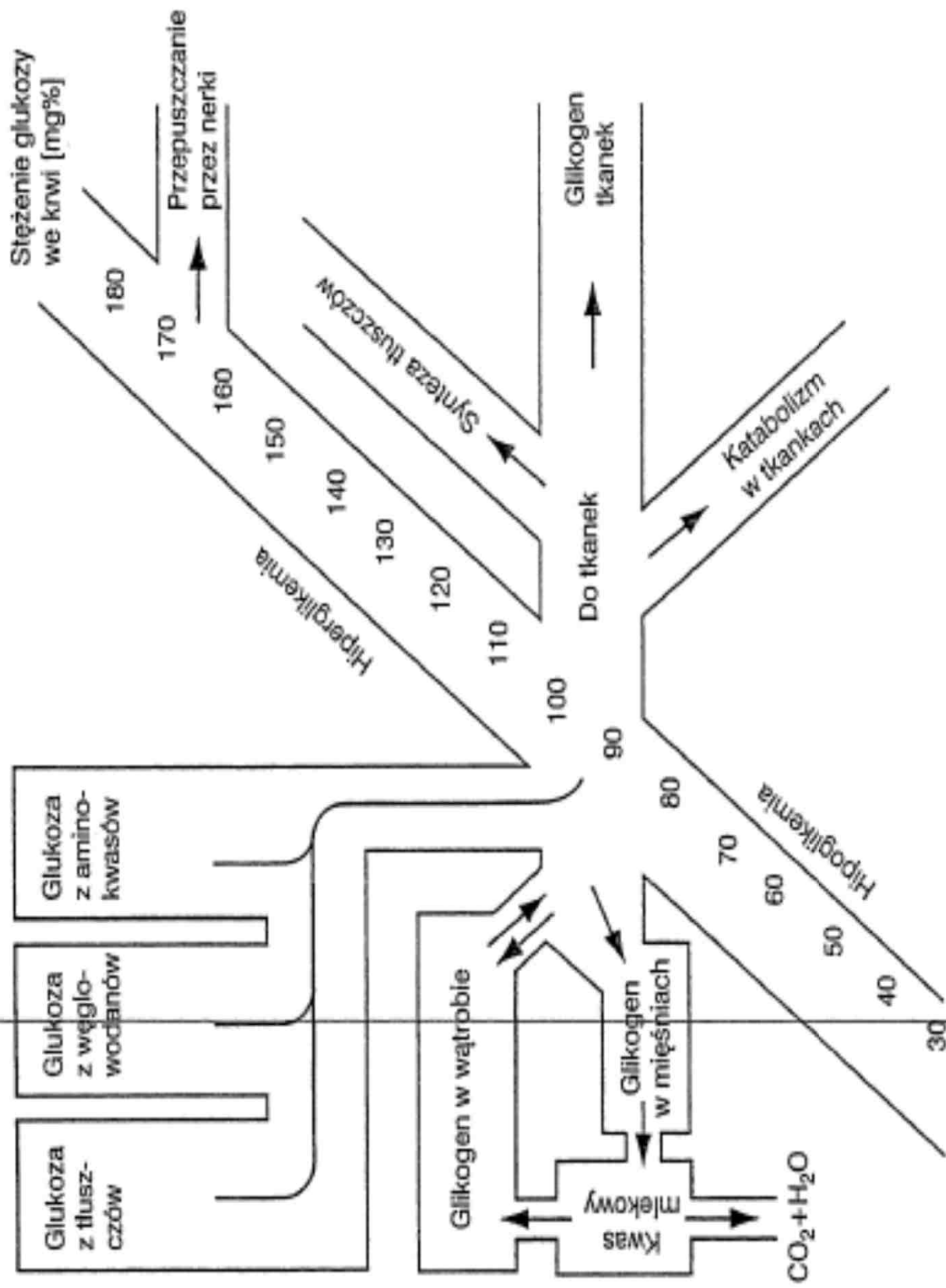
# Stężenie glukozy we krwi

- ▶ Utrzymywanie stałego poziomu glukozy we krwi jest konieczne ze względu na potrzeby ciągłego zaopatrywania w glukozę m. in. Czerwonych krwinek i mózgowia, dla których glukoza w warunkach fizjologicznych jest jedynym źródłem energii;
- ▶ Aby utrzymać niezbędne stężenie glukozy we krwi – w sytuacji niewystarczającej podaży w pokarmie – zostaje uruchomiony proces glikogenolizy w wątrobie;



# Stężenie glukozy we krwi

- ▶ W przeciwieństwie do glikogenu wątroby, glikogen zmagazynowany w mięśniach jest zużywany jedynie na ich własne potrzeby energetyczne i nie może być wykorzystany do regulacji poziomu glukozy we krwi ani jako źródło energii dla innych tkanek;
- ▶ Zapasy glikogenu i jego uwalnianie z wątroby są kontrolowane przez hormony trzustki – insulinę i glukagon oraz hormon nadnerczy – adrenalinę.



sczypta.pl

**Rycina 3.** Mechanizmy służące do utrzymania glukozy we krwi na poziomie fizjologicznym [105].

## Węglowodany- główne przemiany glukozy - glukoneogeneza

**aminokwasy, glicerol, mleczan**



GLUKONEOGENEZA

Zachodzi w wątrobie, nerkach i jelicie,  
kiedy nie dostarczamy glukozy  
wraz z pożywieniem

# GLUKOZA

**Glukoneogeneza:** synteza glukozy z niewęglowodanowych prekursorów

120 g - **dziennie** zapotrzebowanie mózgu na glukozę

160 g - **dziennie** zapotrzebowanie całego organizmu na glukozę

20 g - **zawartość** glukozy w płynach ustrojowych

190 g - **glukoza** zmagazynowana w glikogenie

## Węglowodany- główne przemiany glukozy

**aminokwasy, glicerol, mleczan**



- nie jest prostym odwróceniem glikolizy

**GLUKOZA**

Główne niewęglowodanowe prekursorzy glukozy:

1. Mleczan - pracujące mięśnie szkieletowe
2. Aminokwasy - białka z pożywienia lub hydroliza mięśni szkieletowych podczas głodzenia
3. Glicerol - hydroliza triacylogliceroli w komórkach tłuszczowych

# Utlenianie węglowodanów

- ▶ Spożywanie węglowodanów podczas wysiłku fizycznego prowadzi do oszczędzania zasobów glikogenu wątrobowego, lecz może nie obniżać tempa rozpadu glikogenu mięśniowego;
- ▶ Fruktioza – w porównaniu z glukozą powoduje mniejsze o 20 – 30% stężenie insuliny we krwi, a co za tymi idzie – obniża w mniejszym stopniu lipolizę;

# Utlenianie węglowodanów

- ▶ Związane jest to z powolnym wchłanianiem, oraz tym że w wątrobie fruktoza musi ulegać przemianie w glukozę, zanim wejdzie w szlak metaboliczny;
- ▶ Galaktoza – tempo jej utleniania jest o połowę niższe niż glukozy, a czynnikiem ograniczającym wykorzystanie galaktozy są procesy związane z jej wchłanianiem lub przemianą w glukozę w wątrobie;
- ▶ Dlatego efekty jej działania objawiają się z dużym opóźnieniem;



# Utlenianie węglowodanów

- ▶ Galaktoza może być przyczyną uczucia pełności, a nawet biegunki zwłaszcza gdy jest przyjmowana w dużych ilościach;
- ▶ Maltoza – nie wykazano różnic w tempie wchłaniania maltozy i glukozy podczas w trwania wysiłku;
- ▶ Sacharoza – może być utleniania w tempie podobnym do glukozy, a to sugeruje, że skuteczność tych dwóch węglowodanów jest podobna;

# Utlenianie węglowodanów

- ▶ Skrobia – tempo utleniania amylopektyny jest większe niż amylozy i z tego względu efekty jej działania objawiają się szybciej niż amylozy;
- ▶ Spożycie dużej ilości amylozy wywołuje uczucie dyskomfortu;

Wydaje się zatem, że węglowodany, które nie są dobrze tolerowane, w przewodzie pokarmowym człowieka ulegają utlenianiu w mniejszym stopniu;





# Utlenianie węglowodanów

- ▶ Tempo utleniania węglowodanów w jamie ustnej może być optymalne już przy spożywaniu ich w ilości 1,0 – 1,5 g/min;
- ▶ Oznacza to, że w celu optymalnego wykorzystania węglowodanów, sportowcy powinni spożywać je w ilości około 60 g w ciągu godziny.



# Utlennianie węglowodanów

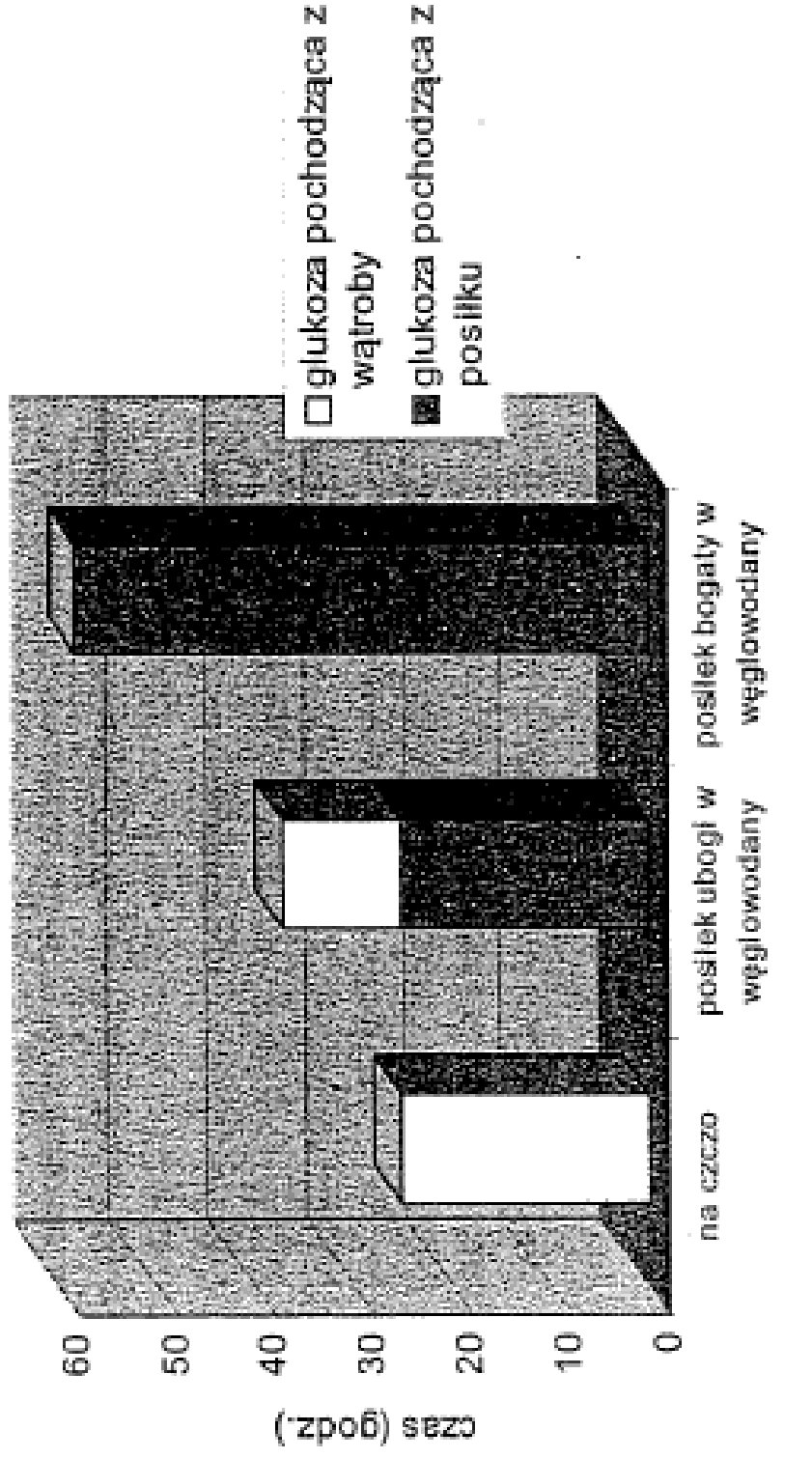
Tablica 2. Charakterystyka różnych węglowodanów ze względu na tempo utleniania i ryzyko wystąpienia problemów żołądkowo-jelitowych [105]

Wyszczególnienie	Ilość heksoz	Maksymalne tempo utleniania (g/min)	Ryzyko wystąpienia problemów żołądkowo-jelitowych
<b>Monosacharydy</b>			
Glukoza	1	1,1	niskie
Fruktoza	1	0,7	wysokie
Galaktoza	1	0,4	wysokie
<b>Dwusacharydy</b>			
Sacharoza	2	0,9	niskie
Maltoza	2	1,0	niskie
Laktoza	2	-	niskie
<b>Polimery glukozy</b>			
Maltodekstryna	3-20	1,0	niskie
Amylopektyna	>100	1,1	niskie
Amyloza	>100	<0,4	wysokie

# Utlenianie węglowodanów

- ▶ W trakcie wysiłku długotrwałego – aerobowego (powyżej 60 min.), dostępność węglowodanów staje się głównym czynnikiem determinującym zdolność wysiłkową, a jakakolwiek metoda oszczędzania glikogenu wątroby i mięśniowego prowadzi do poprawienia wytrzymałości;
- ▶ Węglowodany utlenione bardziej zmniejszą wykorzystanie glikogenu wątrobowego, co będzie skutkowało polepszeniem zdolności wysiłkowych.

# Utlenianie węglowodanów



*Ryc. 13. Dostarczanie glukozy do krwi z wątroby i bezpośrednio z pożywienia w czasie wysiłku fizycznego [53].*

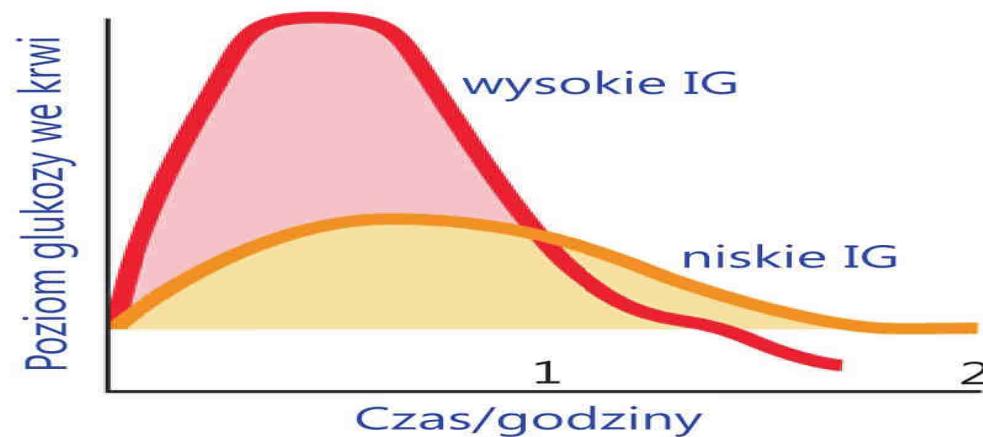
# Indeks glikemiczny



Indeks glikemiczny określa, jak spożywane produkty żywnościowe wpływają na wzrost poziomu cukru we krwi

*Jeżeli produkty węglowodanowe są trawione szybko w przewodzie pokarmowym mają wysoki indeks glikemiczny.*

*Jeżeli spożywane produkty są trawione bardzo wolno – wtedy wolno uwalniają cukier do krwi. Indeks glikemiczny w tym przypadku jest niski.*



# Indeks glikemiczny

- ❑ Określa tempo, w jakim cukry z pożywienia (zmieniane w glukozę), przedostają się do krwioobiegu.
- ❑ Im powolniejsze tempo tych przemian, tym indeks glikemiczny (IG) jest mniejszy i korzystniejszy dla zdrowia i formy sportowej.




- **Pożywienie z niskim IG powoduje, że długo utrzymuje się uczucie sytości po posiłku oraz szybciej spala się tłuszcz.**

- **Po spożyciu produktów z wysokim IG szybko powraca głód, łatwo odkłada się tkanka tłuszczowa.**



## Skąd tak duże zainteresowanie IG w dzisiejszych czasach ?

*Rozpoczęto poszukiwania mające na celu ukazanie zależności między sposobem odżywiania a otyłością. Przeprowadzono szereg badań mających na celu ocenę wpływu różnych pokarmów węglowodanowych na poziom cukru we krwi. W 1976 roku opracowano metodę mierzenia indeksu glikemicznego. Do czasu powstania indeksu glikemicznego istniało rozróżnienie na cukry proste i złożone - podziału tego dokonywano na podstawie budowy chemicznej węglowodanu. Podział ten nie określał jednak jak zachowują się poszczególne węglowodany w organizmie. Po wielu badaniach na setkach produktów sklasyfikowano produkty według możliwości podwyższenia poziomu cukru we krwi co określa indeks glikemiczny. Powolne przyswajanie cukru jak i również stopniowy spadek cukru we krwi to czynniki, które mają duży wpływ na ilość wydzielanej insuliny.*



Największy wzrost poziomu cukru we krwi powoduje glukoza. Wszystkie inne produkty powodują mniejszy wzrost w porównaniu do glukozy. Dlatego też glukoza stała się produktem referencyjnym i oznaczono ją na tabeli IG jako 100.

- ▶ Produkty o niskim indeksie glikemicznym do 55
- ▶ Produkty o średnim indeksie glikemicznym 55–70
- ▶ Produkty o wysokim indeksie glikemicznym powyżej 70

## WYSOKI INDEKS GLIKEMICZNY

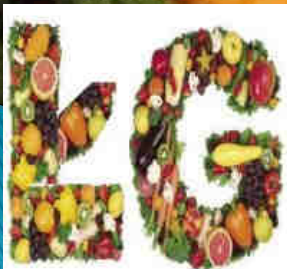
<b>Glukoza</b>	<b>100</b>
<b>Płatki śniadaniowe</b>	<b>84</b>
<b>Miód</b>	<b>73</b>
<b>Pieczywo białe</b>	<b>70</b>
<b>Pieczywo pełnoziarniste</b>	<b>69</b>
<b>Biały ryż</b>	<b>70</b>
<b>Gotowana ziemniaki</b>	<b>70</b>
<b>Makaron</b>	<b>65</b>

## NISKI INDEKS GLIKEMICZNY

<b>Płatki owsiane</b>	<b>50</b>
<b>Chleb żytni pełnoziarnisty</b>	<b>40</b>
<b>Groszek zielony</b>	<b>40</b>
<b>Świeże owoce</b>	<b>35</b>
<b>Soczewica</b>	<b>30</b>
<b>Dziki ryż</b>	<b>35</b>
<b>Cieciora</b>	<b>30</b>
<b>Soja</b>	<b>15</b>
<b>Zielone warzywa</b>	<b>&lt;15</b>

## Ładunek glikemiczny (ŁG)

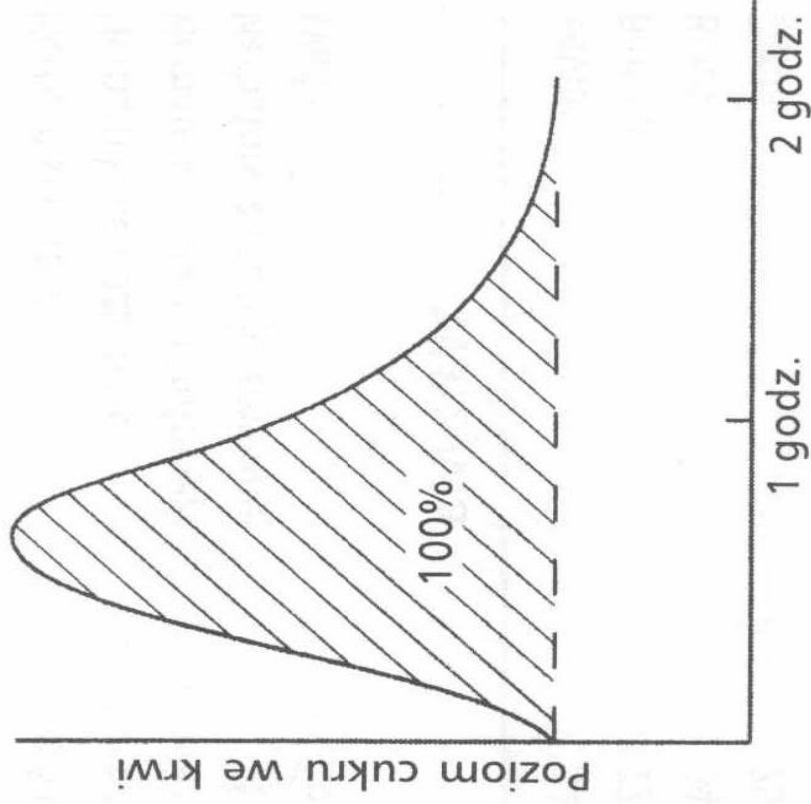
Sposób oceny zawartości węglowodanów w pożywieniu. Opiera się na dwóch zmiennych wartościach: wartości indeksu glikemicznego (IG) oraz rozmiarze standardowej porcji. Ładunek glikemiczny to stosunkowo nowy sposób na oszacowanie wpływu spożywanych węglowodanów biorący pod uwagę IG, ale dając większy obraz niż samo IG. Wartość IG mówi tylko jak szybko określony węglowodan zmieni się w cukier. Nie mówi natomiast jak wiele tego węglowodanu jest w porcji w określonym produkcie. Niezbędne jest zatem zarówno IG i ŁG, aby zrozumieć wpływ jedzenia na poziom cukru we krwi.



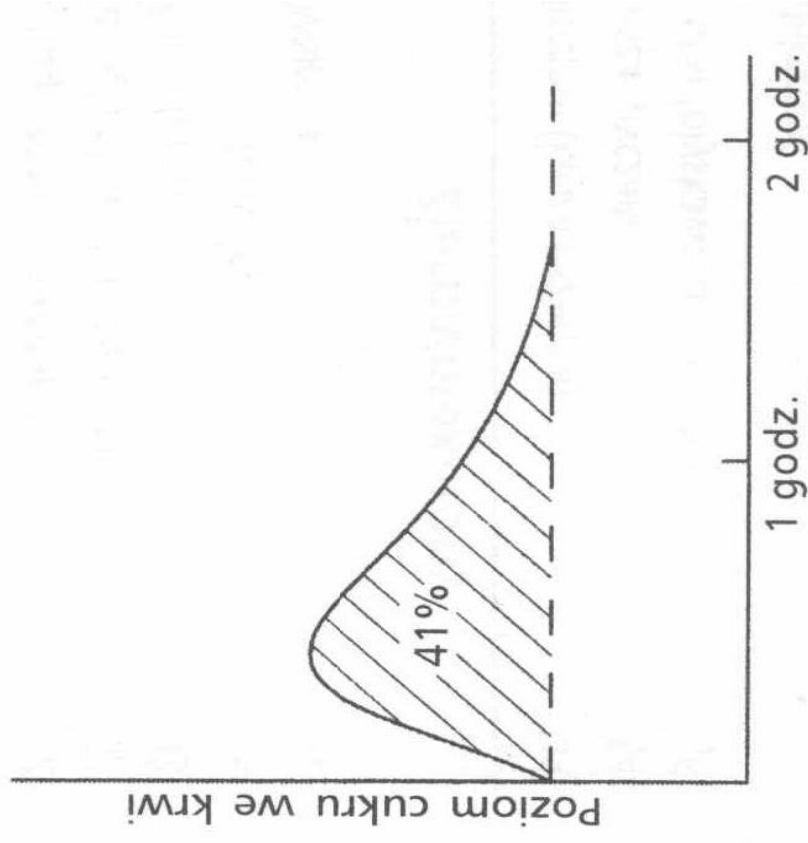
$$LG = \frac{W \cdot IG}{100}$$

# Porównanie produktu referencyjnego i spaghetti

Glukoza (produkt referencyjny)

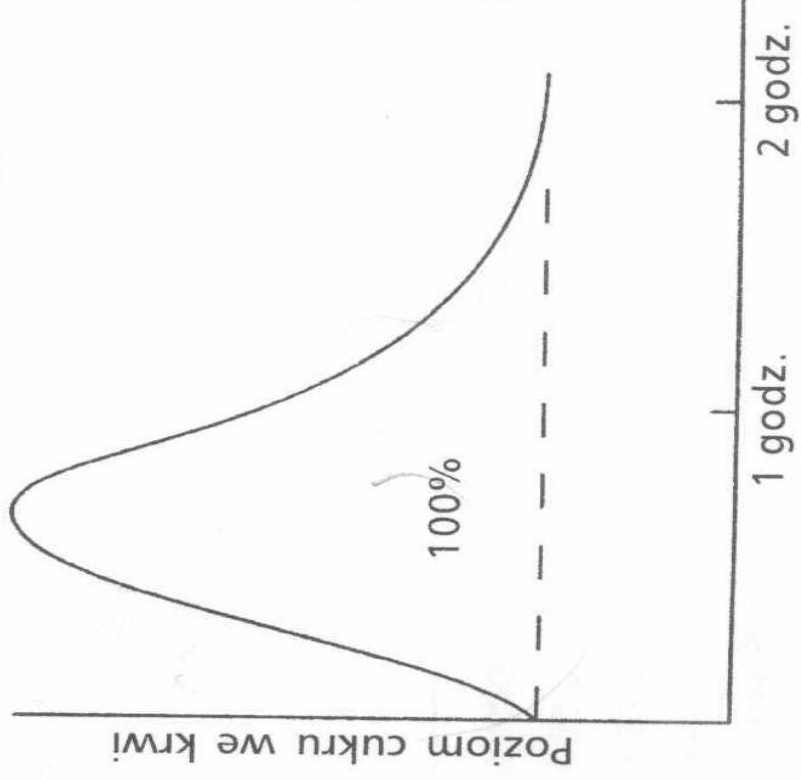


Spaghetti (produkt badany)

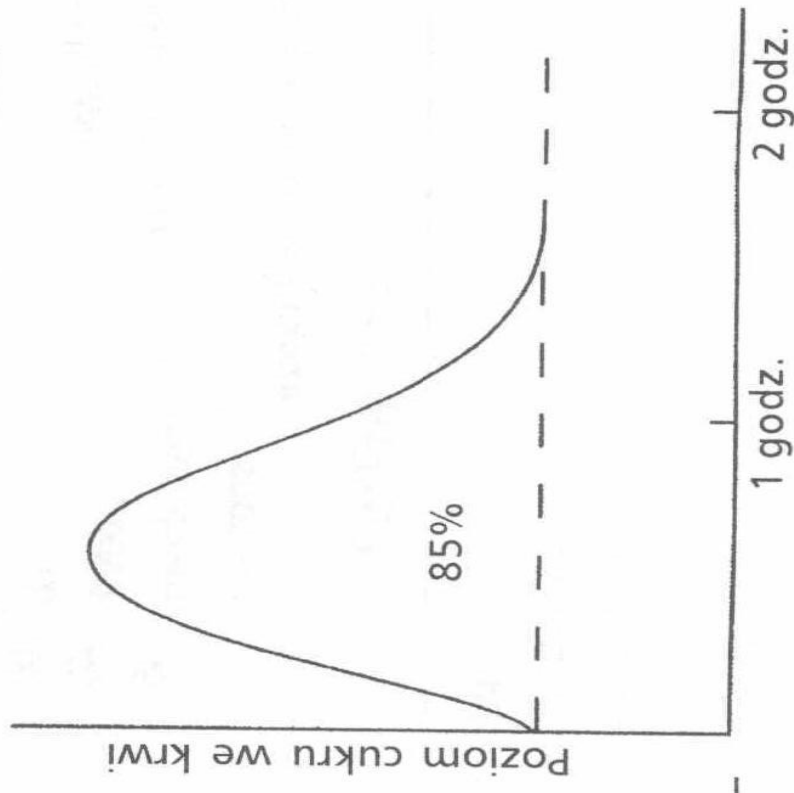




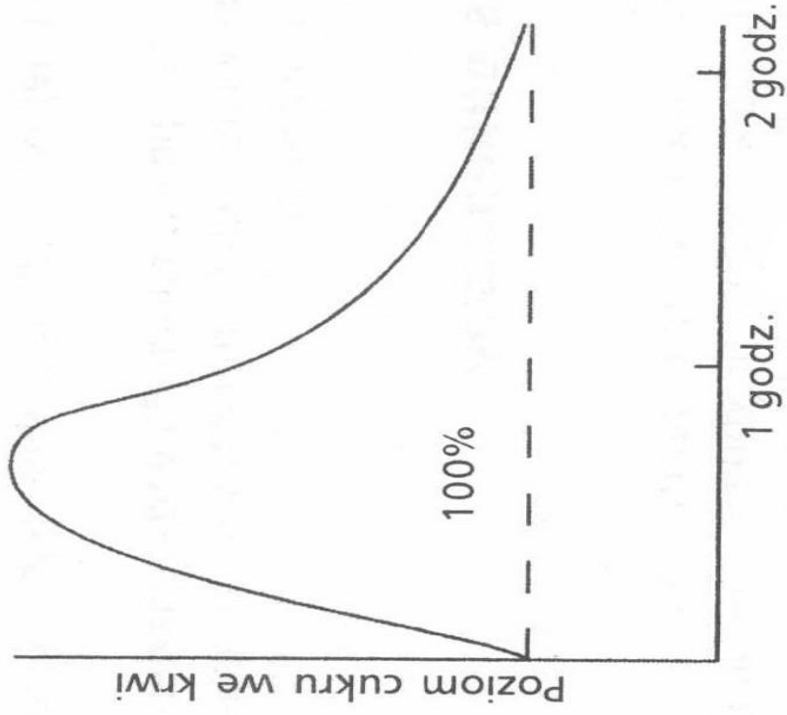
Glukoza (produkt referencyjny)



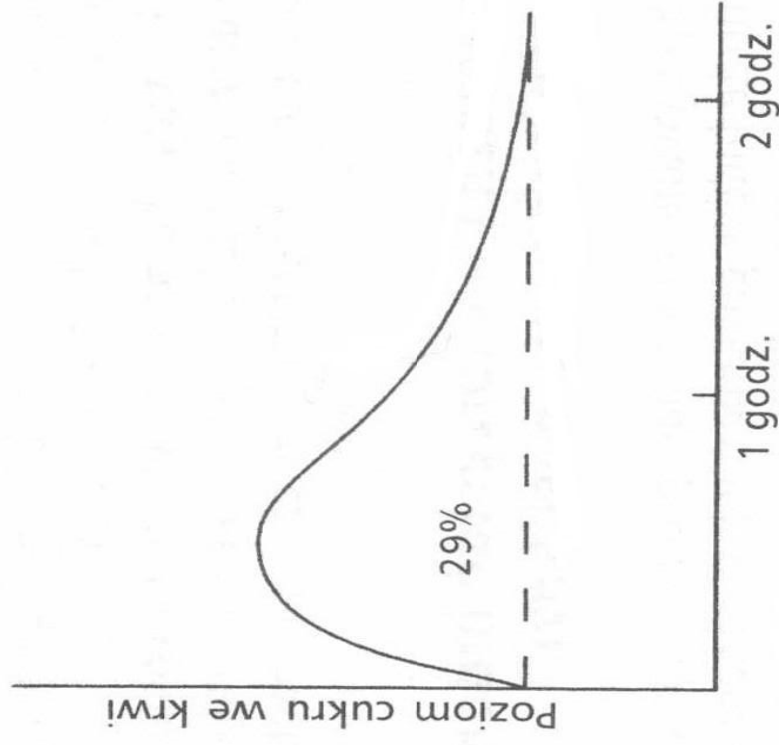
Pieczone ziemniaki (bez tłuszczu)



Glukoza (produkt referencyjny)



Soczewica



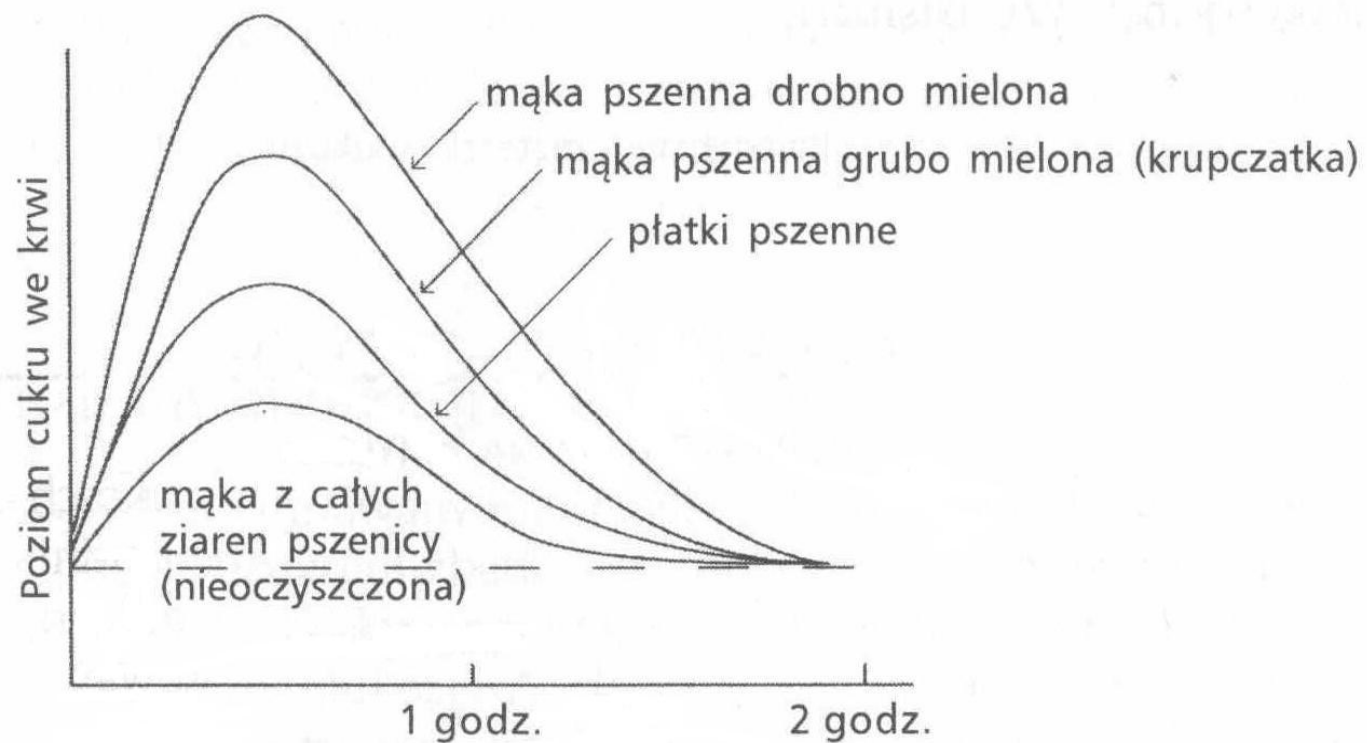


## *Najważniejsze czynniki odpowiadające za różnice w IG*

- ▶ Stopień galaretowacenia substancji skrobiowej.
  - *im jest on niższy tym wolniejsze jest trawienie*
- ▶ Osłona produktu.
  - *stanowi fizyczną barierę spowalniającą dostęp enzymów do znajdującej się skrobi.*
- ▶ Stosunek amylozy do amylopektyny.
  - *Im więcej amylozy zawiera produkt tym wolniej jest trawiony.*
- ▶ Obecność błonnika.
  - *zwiększa lepkość treści jelit i późnia kontakt skrobi z enzymami.*
- ▶ Inne (obecność substancji chemicznych, tłuszczu, białka itd).
  - *Które w naturalny sposób spowalniają opróżnianie żołądka z pokarmu*



- Należy unikać produktów o wysokim IG, zastępując je tymi o niższym IG;
- Zasada: im produkt mniej przetworzony tym niższy IG;





❑ Obróbka termiczna (np. gotowanie, pieczenie, smażenie) powoduje, że indeks glikemiczny produktu rośnie. Znajdujące się przyswajalna, czyli szybciej wchłanianą.

❑ Przykładem może być marchewka. Surowa ma IG 30, natomiast po ugotowaniu – 85. Dlatego jeśli to tylko możliwe, należy jadać surowe warzywa i owoce.

# Podsumowanie

- ▶ IG jest czynnikiem który ułatwia wybieranie produktu bezpiecznego pod względem wpływu na poziom cukru we krwi. IG wykorzystywany jest w planowaniu sposobu odżywiania osób chorych na cukrzyce. Używany również w przypadku osób chcących zredukować ilość lipidów podskórnych oraz w sporcie wyczynowym. Posługiwanie się IG pomaga więc kontrolować poziom cukru we krwi.



**Dziękuję za uwagę**

