

**Węglowodany (cukry, cukrowce, sacharydy)** – organiczne związki chemiczne składające się z atomów węgla oraz wodoru i tlenu, zazwyczaj w stosunku H:O = 2:1. Ogólnym wzorem sumarycznym węglowodanów jest  $C_xH_{2y}O_y$  lub  $C_x(H_2O)_y$ . Ze względu na liczbę jednostek cukrowych w cząsteczce, węglowodany dzielą się na:

- cukry proste, inaczej monosacharydy (jednocukry)
- cukry złożone: oligosacharydy: disacharydy, trisacharydy, tetra-, penta-, hekso-, hepta-, okta-, nona- i dekasacharydy, wielocukry czyli polisacharydy

Większość biologicznie ważnych monosacharydów ma 5 lub 6 atomów węgla, choć w fizjologii komórek (fotosynteza, cykl Krebsa) znaczenie mają też **monosacharydy** 3- i 4-węglowe, a spotyka się też monosacharydy i ich pochodne o większej niż 6 liczbie atomów węgla.

Monosacharydy można także podzielić na:

- **aldozy**, w których występuje grupa aldehydowa (-CHO), np. deoksyryboza, ryboza, glukoza, galaktoza
- **ketozy**, w których występuje grupa ketonowa (=C=O), np. rybuloza, fruktoza.

Wszystkie monosacharydy posiadają właściwości redukcyjne, czyli dają pozytywny wynik prób zarówno Tollensa, jak i Trommera. Grupa aldehydowa w aldozach redukuje odczynniki Tollensa i Trommera, ulegając jednocześnie utlenieniu do grupy karboksylowej. W środowisku zasadowym podczas ww. prób ketozy ulegają reakcji enolizacji, tworząc epimery - dwie aldozy i jedną ketozę; powstające aldozy dają wynik pozytywny prób.

Prawie wszystkie monosacharydy są optycznie czynne. Zwykle tylko jeden z dwóch stereoizomerów jest biologicznie aktywny.

Cukry złożone powstają w wyniku połączenia wiązaniami glikozydowymi dwóch lub więcej cząsteczek cukrów prostych. Hydroliza cukrów złożonych prowadzi do rozerwania wiązań glikozydowych. Przebiega ona jednak tym trudniej, im dłuższy jest łańcuch cukrowy i im bardziej jest on rozgałęziony.

Cząsteczki cukrów mogą się łączyć wiązaniami glikozydowymi na dwa sposoby:

- typ  $\alpha$  – cząsteczki są zwrócone tą samą stroną do góry, np. w cząsteczkach maltozy i skrobi; ten typ wiązania warunkuje charakterystyczne wygięcie łańcucha polisacharydów
- typ  $\beta$  – cząsteczki są zwrócone raz jedną, raz drugą stroną do góry.

Polisacharydy w których dominują wiązania  $\beta$  (np. celuloza i celobioza) tworzą liniowe łańcuchy, które blisko do siebie przylegają i są powiązane licznymi wiązaniami wodorowymi, co powoduje, że stają się one nierozpuszczalne w wodzie i odporne mechanicznie. Natomiast skrobia, w której dominują wiązania  $\alpha$  jest o wiele łatwiej rozpuszczalna i jej całkowita hydroliza jest możliwa dzięki kwasom i enzymom.

Disacharydy (dwucukry) zbudowane są z reszt 2 cukrów prostych. Zalicza się do nich np. sacharozę, laktozę, maltozę, celobiozę, rutynozę. Większość disacharydów (z wyjątkiem sacharozy) wykazuje właściwości redukcyjne.

Do polisacharydów zalicza się: skrobię, glikogen, celulozę, pektynę, chitynę, a także wiele pochodnych cukrów. Łańcuchy polisacharydów dzieli się na:

- amylozy – łańcuch nierozgałęziony, łatwo rozpuszczalny w wodzie
- amylopektyny – łańcuch silnie rozgałęziony (występują także wiązania 1,6 glikozydowe), nierozpuszczalny w wodzie.

Polisacharydy nie wykazują właściwości redukcyjnych. Wiąże się to z bardzo małą ilością wolnych grup funkcyjnych w długich łańcuchach cukrowych.

Funkcje węglowodorów:

- Są głównym źródłem energii dla naszego organizmu (spalenie 1 g dostarcza 4 kcal); glukoza stanowi jedyne źródło energii dla mózgu, rdzenia nerwowego i erytrocytów,

jest wykorzystywana jako substrat energetyczny przez tkankę mięśniową, wątrobę, serce, nerki i jelita.

- Dostarczają w codziennym pożywieniu człowieka ok. 50–60% energii i nadają pokarmom cechy organoleptyczne.
- Są konieczne do utleniania kwasów tłuszczowych do CO<sub>2</sub> oraz wody (w przypadku niedostatecznej ilości węglowodanów przyswajalnych w pożywieniu – <100 g/d – dochodzi do niecałkowitego spalania kwasów tłuszczowych i powstawania ciał ketonowych zakwaszających organizm).
- Mogą być wykorzystywane do syntezy aminokwasów glukogennych (alaniny, kwasu glutaminowego, kwasu asparaginowego, seryny, glicyny, histydyny, proliny).
- W połączeniu z białkami i lipidami (glikoproteiny, glikolipidy) wykorzystywane są do budowy struktur komórkowych.
- Stanowią w ustroju niewielki materiał zapasowy – jest nim glikogen (zgrupowany jest w wątrobie, mięśniach i nerkach; przy niedostatecznej podaży węglowodanów w diecie dochodzi do glikogenolizy – uruchomienia glikogenu z wątroby).
- W przypadku niedostatecznej ilości węglowodanów w pożywieniu organizm syntetyzuje glukozę z białek (aminokwasów glukogennych) oraz częściowo z tłuszczu (z glicerolu z glicerydów) w procesie glukoneogenezy.
- Błonnik pokarmowy jako składnik nieprzyswajalny przez nasz organizm nie zwiększa wartości energetycznej pożywienia, a zapewnia jego właściwą objętość, dzięki czemu wypełnia żołądek, zmniejszając uczucie głodu. Włókno pokarmowe, drażniąc jelita, pobudza ich ruchy perystaltyczne, co w rezultacie przyspiesza wydalanie kału i zapobiega powstawaniu obstrukcji. Ze względu na zdolność do zmniejszania stężenia cholesterolu i glukozy w surowicy krwi wykorzystywany jest w leczeniu dietetycznym miażdżycy, cukrzycy i otyłości.

Trawienie węglowodanów, zwłaszcza skrobi, rozpoczyna się **w jamie ustnej** pod wpływem zawartego w ślinie enzymu –  $\alpha$ -amylazy ślinowej (działa tylko w pH alkalicznym). Skrobia hydrolizuje tu do maltozy, maltotriozy i dekstryn. Po przejściu do żołądka pokarm zyskuje środowisko kwaśne. **W żołądku zachodzi tylko częściowa hydroliza dwucukrów:** sacharozy i maltozy. Dalsze trawienie węglowodanów odbywa się **w jelicie cienkim**. **W dwunastnicy trawienie** to zachodzi przy udziale  $\alpha$ -amylazy trzustkowej – węglowodany ulegają hydrolizie do dekstryn i dwucukrów. Sok jelitowy zawiera enzymy: glukoamylazę i glikozydazy, oraz laktazę, sacharazę i maltazę, które trawią węglowodany do cukrów prostych. Około 50% glukozy wchłania się już w dwunastnicy, a reszta w jelicie cienkim do krwi. Wchłonięte cukry proste dostają się z krwią do wątroby. Tam większość heksoz ulega przekształceniu w glukozę – część przechodzi do krwioobiegu, część ulega **utlenieniu w wątrobie**, a część zostaje zamieniona w glikogen jako materiał zapasowy.

Najobfitszym źródłem węglowodanów są produkty wyodrębnione z naturalnych artykułów roślinnych, takich jak cukier rafinowany, mączka ziemniaczana i ich przetwory (np. sztuczny miód, cukierki, syrop ziemniaczany) oraz miód pszczeł i suszone owoce. Produkty te zawierają 80–100% węglowodanów.

Bogate w węglowodany są produkty zbożowe (mąka, kasze, makarony, pieczywo, płatki śniadaniowe), które zawierają od 50–80% skrobi, oraz słodczyce, pieczywo cukiernicze i niektóre przetwory owocowe (dżemy, konfitury, syropy). Ziemniaki, warzywa okopowe i korzeniowe oraz napoje zawierają około 10–25% węglowodanów. W mleku i napojach mlecznych zawartość laktozy kształtuje się na poziomie 4–4,5%. Węglowodanów dostarczają także owoce, w których występuje głównie fruktoza i glukoza (w znikomych ilościach sacharoza, zwłaszcza w daktylach). Zawartość cukru w warzywach może wynosić 4–12%. Oprócz cukrów rozpuszczalnych oraz skrobi warzywa zawierają znaczne ilości błonnika pokarmowego.