

Sportélettan – a szénhidrátok

Futónaptár.hu

2016

Futás esetén a szervezet az akaratunktól független idegrendszerünk irányításával megkísérli a nagy mennyiségben rendelkezésre álló és energiateljeslegként elraktározott zsírkészletek mozgósítását. Ilyenkor a zsírs sejtekből szabad zsírsavmolekulák jutnak a vérbe. Azonban ha a futás sebessége túl gyors ez az említett folyamat túl lassú és a szervezetnek a kímélt szénhidrát tartalékait kell használnia.

Vérünk szőlőcukor - azaz glükóz tartalmát különféle hormonok szabályozzák. A mellékvesében képződő adrenalin és a hasnyálmirigy glukagonja^[6] megemeli a vércukor szintjét, a hasnyálmirigy másik hormonja az inzulin^[7] ellenben csökkenti azt. (Rajtuk kívül az agyalapi mirigyből származó növekedési hormonnak, emellett a köztiagyban és a hasnyálmirigyben képződő szomatostatinnak és a mellékvese kéregállományában szintetizálódó kortizolnak van szerepe a szénhidrát anyagcserénkben.)

A vércukorszintet idegi és hormonális szabályozás alakítja. Ha sok édességet eszünk - több cukor szívódik fel a vékonybélből a vérbe, a többlet cukor az inzulin hatására felszívódik. Ha azonban már nem szívódik fel több a bélrendszerből a vérben csökkenni kezd a glükóz szintje és ha már a határérték alá esik, akkor mozgósítódik a vércukor szintjét emelő idegi és hormonális tevékenység és a glukagon és az adrenalin növeli a vér cukortartalmát. Ilyenkor, jellegzetes adrenalin hatás figyelhető meg. Az adrenalin hatására a mellékveséből való szabadabb válását az akaratunktól függetlenül működő vegetatív idegrendszer szabályozza, és olyasfajta élettani reakció támad, mint amikor az ember stresszhelyzetbe kerül. Ez különösen akkor szembetűnő, amikor hirtelen csökken a vércukor mennyisége. Olyan alacsony vércukor szint esetén pedig, amikor az agyi sejtek sem jutnak elegendő cukorhoz főként központi idegrendszeri tünetek: nyugtalanság, látási és beszédzavar és görcsök kínozzák az egyedet.. Miért csökken a vér glükóz tartalma? Ennek végső soron három oka van, ha a rendesnél több inzulin jut a vérbe csökken a szervezetben képződő vércukor mennyisége, fokozódik a glükóz felhasználása. Erre az esetre a nehéz testi munka végzése és a sportolás említhető fel példaként, amikor is az izmok olyan sok glükózt égetnek el (oxidálnak) energiatermés végett, hogy a májból vérbe jutó glükóz mennyisége nem tud lépést tartani. Az eredmény: átmeneti tünetmentes vércukor szegénység (hypoglikémia). A vér megcsappant cukortartalma csak súlyos esetekben vezet eszméletvesztéshez. A hypoglikémiás betegek többnyire sápadtak, vagy – ellenkezőleg – az arcuk kipirul, remegnek, izzadnak, szívdobogásuk támad, gyengének érzik magukat, hamar elfáradnak, központi idegrendszerük izgalma miatt pedig nyugtalanná válnak, súlyos esetekben látás- és beszédzavartól meg görcsöktől szenvedhetnek

A szénhidrát tartalék felhasználása nagymértékben függ attól, milyen sebességű futásról van szó!

- **A teljes erőfeszítést igénylő maximális sebességű futás** során az első 6-8 másodperc energiáját elsődlegesen a korlátozott kapacitású adenosin-trifoszfát (ATP) és kreatin foszfát (CP) raktárakból nyeri a szervezet. E foszfátvegyületek újraképzését a szervezetben főleg a glikogénlebontás fogja fedezni a terhelés utáni pihenés során.

- Az első másodperceket követő időszakban **a rövid távú (200-400m-es) versenyek alatt** igen nagy mennyiségű, gyorsan mobilizálható szénhidrátra van szükség. Ilyen távoknál

(**maximálisan 40-50 másodperces futásoknál**) nem jön szóba a távolabbi helyeken (a vérben, a májban) raktározott glukóz elérése, hanem csak az izomsejtekben tárolt ún. izomglikogén felhasználására van lehetőség. A nagy energiaigény miatt az oxigént igénylő folyamatok nem elegendőek a mozgás sebességének kivitelezéséhez, csak az ún. anaerob (glikolitikus) energiaelőállítás képes megfelelő gyorsasággal energiát előállítani az izom részére. A glikolízis folyamán a glikogén piroszőlősavvá bomlik, majd ez oxidálódik. Ez nem túl energiatermelő folyamat, viszont kevés oxigént igényel. A keletkezett laktát (tejsav) felhalmozódása viszont gátolja a további glikolízist és így az izom rohamosan bezsibbad. A maximális sebességű futásoknál tehát az izomzatba beépült szénhidrát mennyiség limitálja a sportteljesítményt. A raktárak lemerülése fáradtság formájában jelentkezik, amely drámai teljesítménycsökkenést (tejsavas zsibbadást), von maga után. Amikor hirtelen megnő a szervezet energiafelhasználása - az intenzív futás hatására - a tejsav gyorsabban termelődik a szövetekben, mint ahogy lebomlik, ezáltal nő a koncentrációja. A megnövekedett tejsavmennyiség a pihenők alatt vagy lassabb futásnál az izomrostokban oxigén hatására piroszőlősavként hasznosul, vagy egy másik úton a májban glukózzá épül vissza – későbbi izomlázat nem okozva. Ilyen jellegű energiatermelésre semmilyen más – a szervezet rendelkezésére álló anyag – nem képes, főleg nem a zsírok. Ez a magyarázata annak, hogy milyen kiemelkedő jelentősége van a szénhidrát raktáraknak, és hogy miért fontos a szervezetünk számára ezek edzéssel történő betartalékolása az izomszövetekbe.

- **A 45 másodperctől 2 percig tartó terhelések** (pl. a 800m-es síkfutás) már tekintélyes állóképességi összetevőket is tartalmaznak. Ezek a „rövidtávú” állóképességi esetekben a szervezet – ha a terhelések tényleg maximálisak – a nagy intenzitás miatt a szükséges energiát úgy képes felszabadítani, hogy anaerob glikolitikus folyamatok által az izomban tárolt szénhidrát-tartalékait értékesíti. A tejsav gyors felszaporodása az izomsejt savtartalmát is növeli, ami gátolja a további glikolízist, így nem lehet csak anaerob módon teljesíteni az ilyen távokat. Szükség van taktikázásra, vagyis a táv egyes szakaszainak maximális sebesség alatti teljesítésére, hogy a végére is maradjon energiánk.

- **A szubmaximális, tehát a maximálisnál alacsonyabb intenzitású futások esetén** az ATP-kreatin-foszfát energiatermelő rendszer részvétele már nem jelentős. Ilyenkor a mozgás első 5-10 percében az energia nagy része továbbra is az izmokban lévő glikogénből kerül kivonásra, de ebben az esetben már a vérben meglévő vércukor is elér a felhasználási helyére – a működő izomzatba, ahol részt vesz az energiatermelésben és - az ezáltal lecsökkent vércukorszintet érzékelve - mobilizálódik a májban tárolt glukóz is, és onnan pótlódik a vér elhasznált cukormennyisége.

- **Közepes sebességű futásoknál fél óra elteltével** az izomzat saját készletei már csak közel 20%-ban játszanak szerepet és a szükséges energia 30-40%-át már vércukor fedezi a májból, és a zsírsavak részesedése is elérheti már a 40%-ot az összes energiafelhasználásban.

- **Az első 50 perc után** az izomban tárolt cukor szinte már teljesen elhasználódik, és az izmok már a vérből nyerik a glukóz 75–90%-át. Ez az energiaként felhasználható glukóz már csak a májból származik, ami a szervezet utolsó cukortartaléka, de ilyenkor már a teljes energiautánpótlás több mint 50 %-a a zsírbontásból ered.

- Amennyiben az erős futás tovább folytatódik, úgy - edzettségtől függően - **egy-másfél óra után** a máj tartalékai is kimerülnek, és leesik a vércukorszint (eljön a holtpon). Ha ezt a szervezet már korábban is megtapasztalta, akkor az - ilyenkor fellépő - adrenalin sok hatására még tágabb erekkel és tüdővel segíti a zsír bontásából származó további energia

előállítását. Ha ez nagy volumenben beindul, akkor beszélhetünk a holtpontra való átesésről – ami többlet tápanyagok bevitelével (szőlőcukor, édes italok), de leginkább tea ivásával tovább fokozható, és gyakorlatilag sebességnövekedést is lehet vele elérni az előző versenyzáshoz képest.

A fent említett futásfázisok folyamán tehát a szervezet először a cukorból nyer energiát a mozgáshoz, majd egyre több energiát nyer zsírból. De az arányokat nagymértékben lehet befolyásolni a sebesség megválasztásával, ugyanis ha kellően lassú – szervezetet nem nagyon terhelő – sebességgel kezdünk el futni, a zsírbontásból nyerhető energia már a futás elején is nagyobb arányban vesz részt a mozgásban, és ezzel a cukorraktárak kímélését tudjuk elérni, tartogatva azokat a futás későbbi fázisára, vagy más napokra. A szervezet hajlamos a cukorraktárak „védésére”, tartogatva azokat „vészhelyzet” esetére. Mindenki megfigyelhette már saját magán, hogy amikor már eleve fáradtan kezdünk bele a futásba, rögtön milyen intenzív légzéssel kell ezt megtennünk – ilyenkor nagyobb részben már a kezdéstől a zsírbontásból származó energia mozgat bennünket (ehhez kell a nagyobb légzésintenzitás), holott máskor csak 30-40 perc folyamatos futás után lesz a zsír a fő energiaforrás.

Az edzés révén tehát kettős célunk van:

- 1.- egyrészt minél több cukrot beépíteni az izmokba és a májba az edzést követő pihenőfázisban létrejövő túltöltés (szuperkompenzáció) segítségével,
- 2.- másrészt „megtanítani” a szervezetet, hogy nagy intenzitású zsírbontást tudjon elvégezni. (Ez utóbbi természetesen nem vonatkozik a sprinterekre)

Az első ponthoz szükséges a nagy intenzitású futás, akár résztávosan, akár tempófutás formájában, ami maximálisan kimeríti az izomraktárakat, majd azt követően kellő mennyiségű szénhidrát elfogyasztása, hogy megteremtsük a feltételét a raktárak újbóli feltöltésének, sőt túltöltésének, ami előfeltétele a formajavulásnak. Durva formája a szuperkompenzáció nagymértékű fokozásának az ún. szénhidrát kúra, amely abból áll, hogy a versenyzőt egy héttel a kimerítő versenye (maraton, ultramaraton) előtt egy megterhelő edzéssel (résztávozás vagy 30km-es futás) szénhidrát tartalékaitól megfosztjuk, majd csak fehérje és cukrot nem tartalmazó élelmiszerek fogyasztását engedélyezzük. Ezután másnap ismét egy 30km-es edzés következik (résztávozás ilyen állapotban már szóba sem kerülhet) és ezután szintén nem lehet szénhidrátot, majd harmadik nap ugyanezt még egyszer. Ilyenkor már az ember lábai edzés előtt is remegnek a fáradtságtól, és folyamatos szédülés is jöhet rá futás közben ugyanezen okból. A harmadik nap este még mindig nem lehet semmi édeset és ilyenkorra már a mája is teljesen kiürül. Leghamarabb a negyedik nap reggel kezdheti a lekvároskenyerek és mézessütemények fogyasztását, de attól fogva három napig csak ehhez hasonló dolgokat lehet enni. Ez is épp elég borzasztó dolog, mert az embernek már a második nap hányingere van a sok édességtől, de végig kell csinálni – nagy mennyiségű folyadék fogyasztása mellett, mert az szükséges a cukor beépüléséhez. A hatodik nap este lehet enni először húsos ételt és aztán a hetedik napon lehet lekaparni az aszfaltot a versenypályáról.

A nagyintenzitású zsírbontás „megtanítása” a szervezetnek sem könnyű ügy – a legnyilvánvalóbb módja a hosszú edzéstávok futása és a lemerült cukorraktárakkal való futáskezdés – lásd fent. De ehhez nem szükséges olyan brutális módszerekhez folyamodni, mint a szénhidrátkúra – megfelelő erre a résztávos edzések vagy kimerítő versenyek utáni másnapi hosszú lassú futás minden különösebb táplálékforma megvonása nélkül. A

hétköznapokban ez annyit jelent, hogy alapesetben egy gyors futást tartalmazó napot egy hosszú nap kövessen. (erről szintén a zsíroknál lesz szó).

Amire még figyelni kell!

A futás alatt beinduló energiatermelő folyamatok az edzés végeztével még korántsem fejeződnek be. Ha egy futó jól kifutotta magát aznap, másnapra az izomban tárolt cukor mennyisége még akkor is feltöltődik legalább 50%-ra, ha semmit se eszik, de még nagyobb értékre is, ha cukrot nem is tartalmazó – csak növényi és fehérje eredetű ételeket fogyaszt. Ez úgy lehetséges, hogy a máj – érzékelve az alacsony vércukorszintet - továbbra is termel glükózt, amely a véráramon keresztül az izmokhoz jut és ott izomglikogénné alakul. Ezáltal viszont a máj saját raktárkészletei tovább csökkennek annak árán, hogy az izmok feltöltődjenek. Ugyanis még a teljesen kimerült, de tovább már nem terhelhet szervezetnek is létfontosságú a szív és rekeszizom működtetése az életfolyamatok fenntartása miatt. Ha pedig a máj igyekszik visszaemelni a vércukorszintet, akkor a mozgató izomrendszer is töltődik valamilyen mértékben. Ezért is kell a fenti szénhidrátkúrának nevezett emberkínzást három napig folytatni, hogy a harmadik napon az izmok - a máj teljes kimerülése útján - se tudjanak már újra feltöltődni. (Ezt az edzésmódszert azonban csak olyan vérprofik végezzék, akik már tökéletesen tisztában vannak szervezetük határaival – például már részt vettek többnapos hosszútávu versenyeken – ellenkező esetben szívleállás is lehet a dolog vége).

Egy normál edzéciklusban viszont pont ellenkező a célunk – az, hogy a szervezet minél hamarabb, minél nagyobb mértékben töltődjön fel másnapra (nem csak az izomzat), hogy a következő edzésen is komoly munkát tudjunk végezni. Ennek érdekében viszont edzés után gyorsan le kell állítani a máj glükóz bontását és az estleges zsírbontást is, és a folyamatot meg kell fordítani gyors – lehetőleg folyadék formában történő – cukorbevitellel. Az ugyanis legelőször a száj nyálkahártyájából, majd 5-6 perccel később már a vékonybélből felszívódva megemeli a vércukorszintet, ami a májat már nem készíti további cukorbontásra és az izmok is kapnak elegendő mennyiséget a raktárak feltöltésének megkezdésére. Ahhoz azonban, hogy a szuperkompensáció létrejöhessen még nem elegendő édes folyadékot inni – egy idő után már szükség van szilárd, szénhidrátban gazdag ételek fogyasztására is (pl. tésztaféleségek, burgonya stb.), ellenkező esetben az izmokba beépülő cukor hiányában lezuhanó vércukorszint szédelgést, maratonok után ájulást is okozhat. Az alacsony szénhidrátbevitel teljesítményrontó hatású. Ahhoz, hogy megfelelő legyen a izomglikogén feltöltődés, a táplálkozás 55-60 %-át kell szénhidrátok formájában biztosítani. Minél edzettebb a sportoló, annál több szénhidrátot képes raktározni, amíg az edzetlen emberek izomglikogén mennyisége mindössze 13g.

A teljes izom- és májfeltöltődés kb. 35 éves korig kb. 48 órát igényel, ettől idősebb korban viszont egyre több idő szükséges a feltöltődés korábbi szintjének eléréséhez. Például 60 évesen (ebben a korban már nem beszélhetünk szuperkompensációról edzett embernél sem) kb. egy hét - 10 nap is kell egy-egy félmaraton után. A szervezet teljes (hormonális és vitamin) feltöltése viszont ennél is lényegesen hosszabb folyamat - még fiatalon is minimum két (csúcsterhelés nélküli) hónap szükséges hosszútávfutásban (maratonon, ultramaratonon) az abban az időszakban elért egyéni csúcsteljesítmény megismétléséhez, vagy megjavításához.

Futónaptár.hu

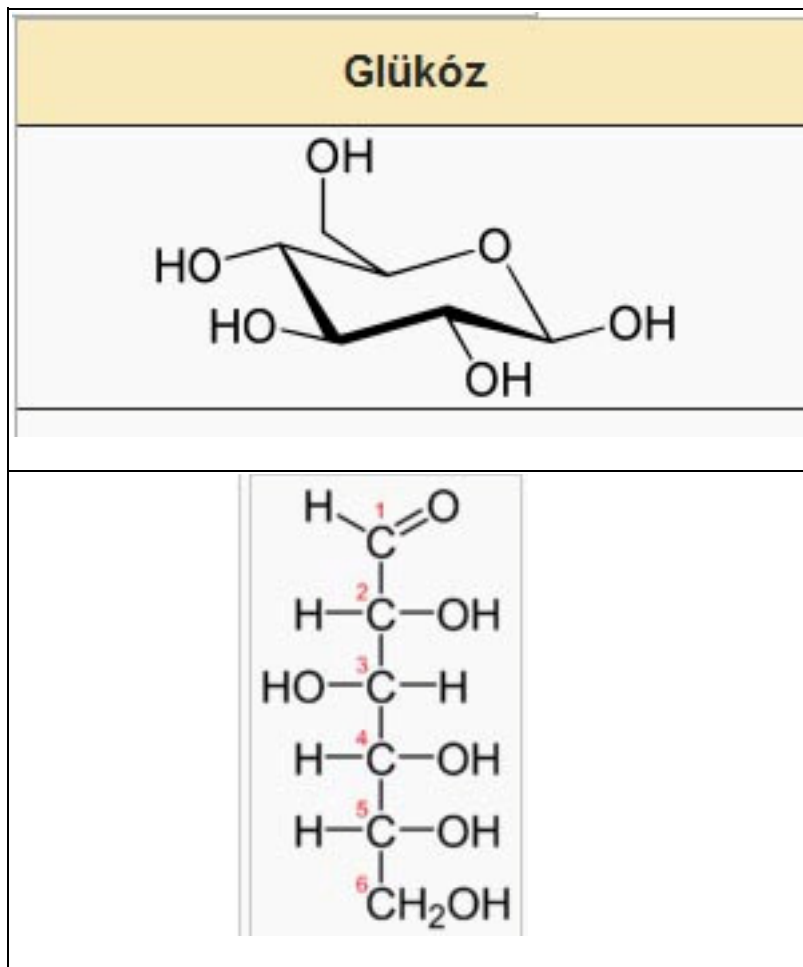
Egy kis biokémia:

A szénhidrát a szénnek a vízzel alkotott vegyülete – hidrátja. Általános képletük $C_n(H_2O)_n$. A legegyszerűbb szénhidrát a glükóz^[1] (szőlőcukor) $C_6H_{12}O_6$. Egyenes és gyűrűs formában is létezik, A másik ugyanilyen képletű egyszerű cukor a gyümölcscukor^[2] (fruktóz), amely szintén **monoszacharid**^[3], amelyek a legegyszerűbb szénhidrátok csoportjába tartoznak, vagyis savas hidrolízissel (a gyomorbeli emésztéssel) nem bonthatók kisebb egységekre.

A szőlőcukor és a gyümölcscukor gyűrűs formájukban összekapcsolódva alkotják az általunk használt háztartási cukrot, amely répacukor vagy nádcukor eredetű. Ezeket a két különböző összetételű gyűrűs alkotóelemük miatt diszacharidoknak^[4] nevezzük, de vannak még összetettebb szénhidrátok is (például a cellulóz is az). Ezért a szénhidrátokat 3 fő csoportra osztjuk: a gyümölcscukor (monoszacharidok), a répacukor (diszacharidok) és a keményítők (poliszacharidok^[5]).

Minden szénhidrát építőköve az egyszerű szőlőcukor. A szervezet az emészthető szénhidrátokat többnyire keményítő formájában (burgonya, rizs, lisztszarmazékok) fogyasztja, de a bevitt cukorral együtt a felszívódás előtt a gyomorsav segítségével egyszerű cukrokká (monoszachariddá) bontja szét, amelyek rögtön felszívódnak a vékonybélben, ahonnan közvetlenül a vérbe majd annak segítségével a májba, illetve az izmokba kerülnek. A vércukor a sejtek energiát szolgáltató forrása – minden sejtünk ennek a felhasználásával jut energiához, az agy pedig csaknem kizárólag – energiaforrásként - a glükóz bevitelre számíthat. Ha éppen nem mozgunk intenzíven, akkor a szénhidrátok, amelyekre nincs azonnal szükségünk az izmokban és a májban elraktározódnak, ahol is a glükózból ismét keményítő – glikogén – lesz. Az izomglikogén és a májglikogén nem teljesen azonosak – a hosszú keményítőmolekulák más szerkezetűek. A májglikogén a szervezet egyéb részein felhasznált vércukor formájában távozó és a májban visszamaradó mennyiség egyensúlyának biztosítására szolgáló eszköz. Az izomglikogén viszont a terhelés során felhasznált energia nagyobb részét adja és közvetlenül az izomsejten belül, az aktív izomrostok közelében van. Ez az elhelyezkedés a gyors (anaerob) működés alapfeltétele. Az izomzat a terhelés során is képes cukrot felvenni a vérből, de ez az áttételes mechanizmus biztosítja a májglikogén lehetőleg minél kevesebb elhasználását, ami létfontosságú az agy és a szív hosszútávú energiaellátása szempontjából. Egy átlagos (kb. 70 kg-os) embernek a májában 50-100 gramm, (kb. 320kcal), az izomzatában 300-400 gramm (kb. 1400kcal) elraktározódik és még a vérben is marad 80 kcal. A szervezet összes rendelkezésre álló szénhidrát tartaléka kb. 450gr, viszont edzett sportolóknál lényegesen több kb. 750gr. Ez azonban mindösszesen kb. 1800-3000 kilokalória, amely nagy terhelések esetén szűkre szabott mennyiség. Sajnos a szervezet nem képes ennél nagyobb mennyiségű szénhidrátot tárolni. Így, amint megteltek a máj és az izomzat glikogénraktárai, a felesleges szénhidrát zsírrá alakul. A zsírraktárak összességében 60.000 - 100.000 kcal energiamennyiséget is képesek tárolni, amely több száz kilométert lefutásához elég lenne, de a zsírbontás sokkal lassabb kémiai folyamat a szervezetben, és nagy mennyiségű oxigén szükséges hozzá, amelynek felvétele és az izomba szállítása az egyes egyének adottságaitól (a vér oxigén felvevő képessége, vitálkapacitás stb.) függően korlátokat szab az ilyen energiaforrású futás sebességének, (erről majd a következő értekezésben lesz szó).

^[1] Glükóz



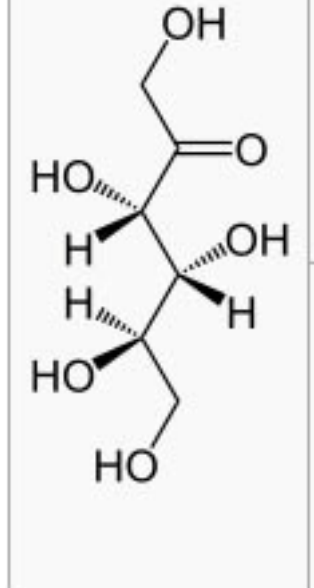
A **glükóz**– köznapi nevén **szőlőcukor** – egy [monoszacharid](#), pontosabban [aldohexóz](#). Fontossága a biológiai folyamatokban alapvető: a sejtek energia- és metabolitforrásként hasznosítják. Bioszintézise szén-dioxidból és vízből kiindulva fotonenergia felhasználásával történik a zöld növényekben a [fotoszintézis](#) során. Élő szervezetben a glükóznak csak a [D enantiomerje](#) fordul elő, melyet **dextróznak** neveznek. Az L-glükóz biológiailag inaktív, a sejtek nem tudják hasznosítani.

A glükóznak nyílt lánccú és gyűrűs alakja is létezik. A nyílt lánccú alakjának lánca hatszénatomos, elágazás nélküli láncc. Az 1-es [szénatom](#) egy [formilcsoport](#) része, a többi öt szénatomhoz egy-egy [hidroxilcsoport](#) kapcsolódik. A nyílt lánccú alak 4 aszimmetriás szénatomot tartalmaz.

A glükóz gyűrűvé is záródhat. Legstabilabb a [szék alakú](#), hattagú, [piranózyűrűs](#) alakja. A piranózyűrűs glükóz neve glükopiranóz. Gyűrűvé záródáskor az 5. szénatomon lévő hidroxilcsoport és a formilcsoport között intramolekuláris [félacetál](#) kötés jön létre, [laktolgyűrű](#) alakul ki. A gyűrűvé záródás következtében az eredetileg a formilcsoportot alkotó szénatom (1-es szénatom) is aszimmetriássá válik. Az ezen a szénatomon a gyűrűvé záródáskor kialakuló ún. [glikozidos hidroxilcsoportnak](#) kétféle térállása lehetséges. Éppen ezért a gyűrűs D-glükóznak kétféle [anomer](#) módosulata lehetséges: α -D-glükóz és β -D-glükóz (α -D-glükopiranóz és β -D-glükopiranóz). Az α és a β alak átalakulhat egymásba.

^[2] A gyümölcs cukorról

Pálcikaképlet



A gyümölcscukor vagy fruktóz a természetben is előforduló vegyület, mely megtalálható a gyümölcsök és zöldségek levében, valamint a mézben is. A fruktóz az, ami ezeknek az élelmiszerek édes ízét adja. Az elmúlt 20 évben a gyümölcscukrot kristályos formában is el kezdték használni széles körben mint tápláló édesítőszer.

A fruktóz használatát kiváló szakemberek tanulmányozták embereken és állatokon egyaránt, akik különböző egészségügyi feltételeknek megfeleltek. Az amerikai Food and Drug Administration (FDA) és más egészségügyi és tudományos szervezetek is világszerte megerősítették a fruktóz biztonságosságát. Az Egészségügyi Világszervezet (WHO) és az Egyesült Nemzetek Szervezete (ENSZ) Élelmiszerügyi és Mezőgazdasági Szervezete is kijelentette, hogy a cukor fogyasztása elhízáshoz, szív- és érrendszeri betegségekhez és cukorbetegséghez vezethet, azonban mindezek megelőzhetőek a fruktóz használatával.

A fruktóz tulajdonképpen nem más, mint egy monoszacharid, egy egyszerű, természetes édesítőszer. Édes íze, alacsony kalóriatartalma, természetes tápanyagai és számos egyedi funkcionális és táplálkozási tulajdonságai igen értékes élelmiszerösszetevővé teszik. A fruktóznak ráadásul számos előnye van. A legújabb kutatások arra világítanak rá, hogy egyre több élelmiszert édesítenek ezzel az anyaggal, de egyre több konyhában is megtalálhatjuk.

A fruktóz a természetben a különböző gyümölcsökben és zöldségekben, valamint a mézben található meg. A fruktóz azonban bizonyos termékekben ezeknél jóval koncentráltabb formában van jelen: a szukróz, a magas fruktóz tartalmú kukoricaszirup, az agave nektár, a méz, a melasz, a juharszirup és a gyümölcslevek tartalmazzák a legnagyobb mennyiségben a gyümölcscukrot.

A gyümölcsök közül a legnagyobb mennyiségben a szárított fügében találunk fruktózt, de jelentős a mennyisége a szőlőben, a körtében, az almában és a banánban is. A zöldségekben

általában kisebb mennyiségű gyümölcscukor található, de az édesnemes pirospaprikában, hagymában, kukoricában azért jelentős koncentrációban megtaláljuk ezt az édes anyagot.

[3] Monoszacharid

A **monoszacharidok** a legegyszerűbb szénhidrátok csoportjába tartoznak, amelyek savas hidrolízissel nem bonthatók kisebb egységekre, olyan vegyületek, amelyek szén, hidrogén és oxigén atomokból állnak - ezeket a molekulákat szilárd halmazállapotban (szobahőmérsékleten) a legerősebb másodrendű kötések (hidrogén-hidak) tartják össze. A monoszacharidok a $C_nH_{2n}O_n$ ($n= 1, 2, 3\dots$) összegképlettel jellemezhetők. Molekuláikban a szénatomok láncokká illetve gyűrűkké rendeződnek (egymáshoz kapcsolódva), a hidrogénatomok pedig vagy ezekhez a szénatomokhoz, vagy a szintén a szénatomokhoz kapcsolódó oxigénatomokhoz kapcsolódnak. A monoszacharidokban hidroxil- illetve oxocsoportokat (mint funkciós csoportokat) találunk.

Köznapi néven cukrok: általában színtelen, szagtalan, vízben oldódó kristályos anyagok, egy részük édes ízű. Kémiai nevük mellett gyakran hagyományos néven (például: gyümölcscukor) vagy régies tudományos néven (például: fruktóz) nevezzük.

A monoszacharidokat csoportosíthatjuk a felépítő szénatomok száma szerint. Jellegetes monoszacharid csoportok például:

- triózok (3 szénatomból álló monoszacharidok)
- pentózok (5 szénatomból álló monoszacharidok)
- hexózok (6 szénatomból álló monoszacharidok).

A monoszacharidok csoportosíthatók az oxocsoport helyzete szerint is:

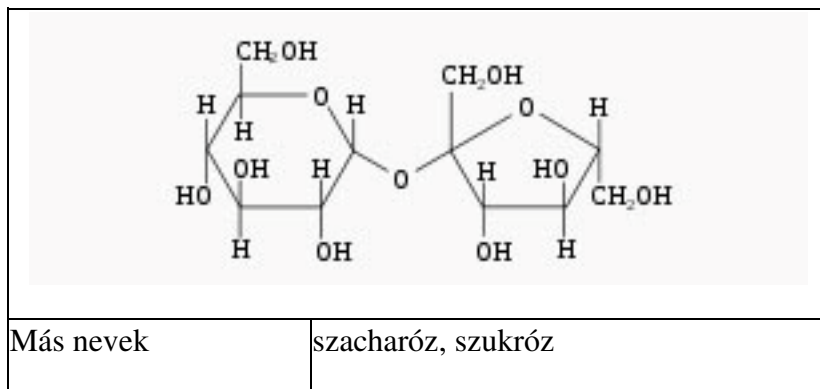
- ha az oxocsoport a nyílt láncú formában a szénlánc végéhez kapcsolódik (vagyis aldehidsoportként működik), aldózokról;
- ha az oxocsoport a nyílt láncú formában a szénlánc közepén helyezkedik el (vagyis ketocsoportként működik), ketózokról beszélünk.

A két csoportosítás egymást kiegészíti: a szőlőcukor (glükóz) például az aldohexózok csoportjában tartozik, míg a fotoszintézis egyik kulcsmolekulája, a ribulóz a ketopentózokéba. Ez azt jelenti, hogy a szőlőcukor hat szénatomot és láncvégi oxocsoportot, míg a ribulóz öt szénatomot és láncközi oxocsoportot tartalmazó molekulákból áll.

A monoszacharidok közé tartozik például a glükóz (dextróz), fruktóz (levulóz), galaktóz, xilóz és ribóz..

[4] Diszacharid, (szacharóz, répacukor)

Szacharóz



A diszacharidok két monoszacharid molekulából képződnek vízkilépéssel. A molekula létrejöhet két egyforma, vagy két különböző monoszacharid kapcsolatából. De keményítők lebomlásakor is létrejöhetnek. Ha kettőnél több monoszacharidot kapcsolunk össze, akkor oligoszacharidról (háromtól tízig, tizenötig terjedő szénatomszám), vagy poliszacharidról beszélünk (tíz szénatom fölött)

A **szacharóz** vagy **étkezési cukor** (nádcukor, répacukor, juharcukor) egy [diszacharid](#), amelyet két egyszerű monoszacharid, egy [glükóz](#) és egy [fruktóz](#) molekularész alkot ($C_{12}H_{22}O_{11}$). A [növények](#) termelik és a heterotróf élőlények fontos tápláléka. Étkezési [cukor](#), kristálycukor néven alapélelmezési cikk, leginkább cukorrépából vagy cukornádból állítják elő, amely azonos a hétköznapi értelemben vett **cukorral**, a **laktóz** vagy **tej cukor**, a **maltóz**, vagy **malátacukor**).

Fehér színű, kristályos, édes ízű anyag, amely vízben jól oldódik. A szacharózban α -D-glükopiranoz (piranoz gyűrűs D-glükóz, α -[anomer](#)) és β -D-fruktofuranóz (furanóz gyűrűs D-fruktóz, β módosulat) kapcsolódik egymáshoz az anomer hidroxilcsoportokon keresztül. Emiatt sem a glükóz, sem a fruktóz gyűrűje nem képes felnyílni, és nem tud szabad oxocsoport kialakulni. Ezért a szacharóz nem redukáló diszacharid, és nem [mutarotál](#).. Viszont savval főzve hidrolizál és alkotórészeire esik szét, s a keletkező glükóz redukáló hatása már kimutatható.

Magyar nevük: kettős cukrok. Legfontosabb képviselői a **szacharóz** vagy és a **cellobióz**. Az oligoszacharidok közé soroljuk őket.

[\[5\]](#) Poliszacharid

A nagy molekulájú szénhidrátokat **poliszacharid**oknak nevezzük, több száz vagy ezer monoszacharidból épülnek fel. A két legfontosabb poliszacharid a keményítő és a cellulóz, melyek szőlőcukor-molekulák sokaságából épülnek fel. A molekulák vízkilépéssel (kondenzáció) kapcsolódnak össze. Vízben nem oldódnak, nem édes ízűek és sok tulajdonságuk nem cukorszerű. Hidrolízissel egyszerű cukrokra (monoszacharidokra) bonthatók. Növények, állatok és baktériumok sejtjeiben található meg. Az élő szervezetben betöltött funkciójuk szerint csoportosítják:

- Vázanyag poliszacharid (cellulóz, xilán, mannán, pektin, kitin)
- Tartalék tápanyag (keményítő)

^[6]Inzulin

Az inzulin nevét a latin insula (sziget) szóból kapta. Langerhans német kutató a hasnyálmirigy szövetének vizsgálata során észrevette, hogy abban a mirigyállomány nagyobb részétől eltérő szövettani szerkezetű szigetek vannak (1%). A hasnyálmirigy szigetszervének szerepét a cukorbetegség kialakulásában Fredrik Banting és Charles Best ismerték fel, és ők izolálták az inzulint 1922-ben. Felismerték, hogy a hasnyálmirigy szigeteinek béta sejtjei termelik a cukorbetegség ellenszerét, az inzulint. Az inzulin serkenti a máj glikogénraktározását és a sejtek glükózfelvételét, így módon csökkenti a vércukorszintet.

^[7]Glükagon

Az inzulin ellenhormonja (antagonistája), a glükagon a Langerhans szigetek alfa sejtjeiben termelődik. Serkenti a májban glikogén glükózzá történő lebontását, valamint a zsírok mobilizálását és energiává történő átalakítását a mitokondriumban, hogy fedezze a glukoneogenesis, glükózképzés nem szénhidrát prekursorokból, energiaszükségletét.

Kémiai leírás a szénhidrátokról:

A szénhidrátok vagy szacharidok a természetben legnagyobb mennyiségben előforduló szerves, karbonilcsoportot tartalmazó polihidroxí-oxovegyületek, karbonilcsoportot és hidroxilcsoportokat tartalmaznak.

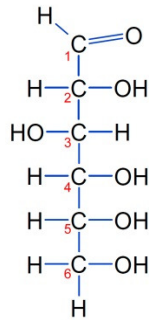
Monoszacharidok

A molekulaszervezet összetettsége alapján a szénhidrátok legegyszerűbb képviselői az egyszerű cukrok vagy monoszacharidok. A karbonilcsoport szénláncon belüli helyzete szerint lehetnek polihidroxí-aldehidek (aldózok) vagy polihidroxí-keetonok (ketózok). Összegképletük $C_nH_{2n}O_n$, ahol n leggyakrabban 3 (triózok), 4 (tetrózok), 5 (pentózok) vagy 6 (hexózok). A triózok (pl. D-glicerin-aldehid, dihidroxí-aceton) fontos szerepet játszanak a szénhidrátok lebontásában és szintézisében.

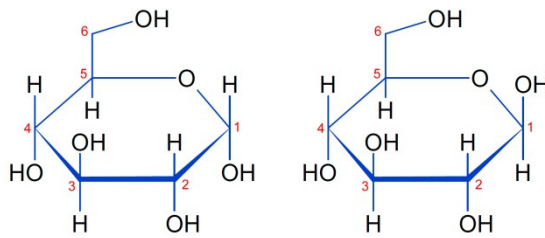
A karbonilcsoporton kívül a szénhidrátok szénatomjai egy-egy hidroxilcsoportot hordoznak. A nyílt lánccal alak több ún. aszimmetriacentrumot tartalmazhat. A hidroxilcsoportok térállásának kombinációja különbözteti meg egymástól az azonos szénatomszámú monoszacharidokat (pl. a hexózok között a glükóz, galaktóz, mannóz stb.). Az egymással tükörszimmetrikus molekulák egy adott cukor D és L optikai izomerjei (pl. D- és L-glükóz). A természetben előforduló monoszacharidok többsége D-változat.

A monoszacharidok vizes oldatban gyűrű alakot vesznek fel, intramolekuláris ún. ciklo-félacetál kötés jön létre a karbonilcsoport és egy hidroxilcsoport között. A hattagú gyűrűt piranóznak, az öttagút furanóznak nevezik (ezek a gyűrűs formák a legstabilabbak). A gyűrű záródásakor az eredetileg a karbonilcsoportot hordozó szénatomon kialakuló ún. glikozidos hidroxilcsoport térállása kétféle lehet, ezért α - és β -sztereoiszomerek jönnek létre.

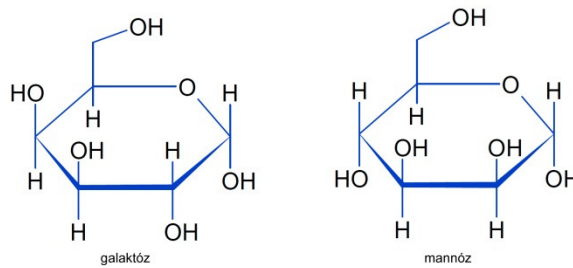
A leggyakoribb hexoaldóz, a glükóz nemcsak monoszacharidként, de diszacharidokban és poliszacharidokban is elterjedt, származékai számos vegyület kialakításában részt vesznek. Központi szerepet játszik a sejtek energiaforgalmában, szerkezeti funkciójú molekulák kialakításában.



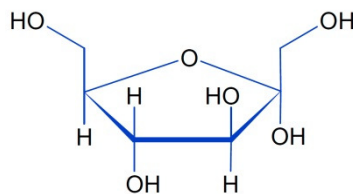
A **D-glükóz** (szőlőcukor) nyílt láncú, valamint α - és β - (gyűrűs) alakja.



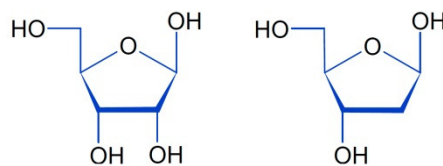
A **D-glükóz** α - és β - (gyűrűs) alakja.



A **D-galaktóz** és **D-mannóz** (szintén hexoaldózok) α -piranózgyűrűs szerkezeti képlete.



Egy hexoaldehyd, a **D-fruktóz** (gyümölcs-cukor) furanózgyűrűs alakja.



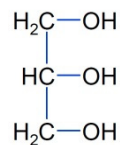
Öt szénatomos furanózgyűrűs cukrok a **D-ribóz** (balra) és a **2-dezoxi-D-ribóz** (jobbra). Előbbi a ribonukleotidok és a ribonukleinsavak, utóbbi a DNS (dezoxiribonukleinsav)

alkotóeleme. A furanózcycűrűk glikozidos hidroxilcsoportja a szerves bázisok nitrogénatomjához kapcsolódik (N-glikozid).

Monoszacharid származékok

A monoszacharidok származékai közül kiemelkedőek a foszfát-észterek, melyek egyaránt fontos szerepet töltenek be a szénhidrátok felépítésében és lebontásában, a fotoszintézis során a CO₂ megkötésében: a szénhidrát anyagcsere intermedier termékei.

Megfelelő körülmények között a nyíltlancú, azaz karbonilcsoportot tartalmazó aldózok és ketózok redukciójuk során alkoholokká alakulnak. A kialakuló **cukoralkoholok** szintén nyíltlancúak (pl. a glicerín).



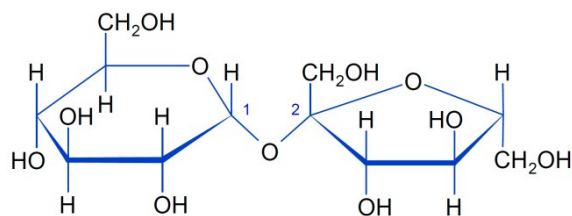
A **glicerín** egy háromértékű alkohol, számos anyagcserefolyamat köztes terméke.

A monoszacharidok különböző mértékű oxidációjával alakulnak ki (többek közt) a uronsavak. A reakció során a lánccvégi hidroxilcsoport oxidálódik, a molekula gyűrűs szerkezete megmarad. Az uronsavak például poliszacharidok (pektin) monomerjei lehetnek.

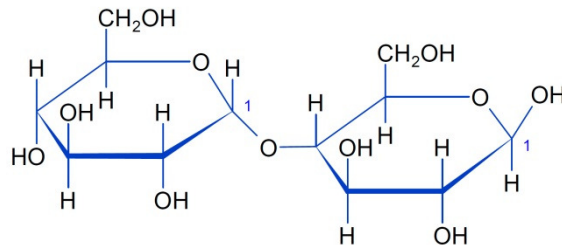
Oligoszacharidok

A kialakuló kötés glikozidkötés, a létrejövő új molekulák glikozid típusú vegyületek. Két monoszacharid kapcsolódásával jönnek létre a diszacharidok, hároméval a triszacharidok stb. Nem nagyszámú (néhányszor tíz) egység kapcsolódásával kialakuló vegyületeket soroljuk az oligoszacharidok közé.

A diszacharidok kialakításában résztvevő monomerek lehetnek egyformák vagy különbözőek. A diszacharidokat alkotó két molekula közötti kötés többféleképpen is megvalósulhat (a kötésben részt vevő szénatomok számozásával jelöljük). Vízben jól oldódnak, számos anyagcserefolyamatban szerepet játszanak.



A **szacharóz** vagy répacukor egy α -D-glükopiranoz és egy β -D-fruktofuranóz molekulából épül fel, 1–2 glikozidos kötéssel.



A **maltóz** egy α -D-glükopiranoz és egy β -D-glükopiranoz molekulából áll, α -glikozidos 1–4 kötésben. A keményítő hidrolízis terméke.

Az oligoszacharidok szerepe igen változatos. Részt vesznek a sejtek felületi molekuláris „mintázatának” kialakításában, a sejt felismerési és szabályozási folyamatokban. Képviseleket megtaláljuk a sejt közötti térben is. Az oligoszacharidok között számos molekula összetett fehérjék (pl. glikoproteinek) és lipidek (glikolipidek) komponensei. Rendkívüli változatosságot mutatnak, melynek alapja a különböző monoszacharidok nagy száma, a monomer egységek számának és kapcsolódási lehetőségeinek bősége.

Poliszacharidok

A poliszacharidok (glikánok) monoszacharidokból és/vagy monoszacharid származékokból vízkilépéses reakcióban (kondenzáció) keletkező glikozidos kötésekkel tartalmazzák. Makromolekulák, molekulatömegük nagy, akár több száz vagy ezer monoszacharidból épülnek fel. Jellemzőik a polimerizációs fok (felépítésükben részt vevő monomer egységek száma), a kémiai összetétel, a polimerben kialakuló kötéstípusok (pl. hidrogénhid) minősége. Osztályozásukra lehetőséget ad összetételük (azonos vagy különböző monomerek alkotják) és architektúrájuk (a polimerlánc szerkezetének) vizsgálata.

A **cellulóz** a növényi sejtfal fő alkotóeleme. Lineáris molekula, néhány száztól több ezer D-glükóz β -1,4 glikozidos kötéssel történő összekapcsolódásával szintetizálódik. Ha az egyes cellulóz szálak rendezetten egymás mellett helyezkednek el, közöttük hidrogénhid kötésrendszer alakulhat ki. Bomlásterméke a cellobióz.

A **keményítő** a növényi sejtek tartalék tápanyaga, poliszacharid keverék, kb. 1 rész amilózból és 4 rész amilopektinből áll. Az amilóz átlag 300–1000 D-glükóz monomerekből felépülő α -1,4 glikozidos kötéssel el nem ágazó, helikális lefutású láncú kapcsolódó poliszacharid. Az amilopektin több ezer D-glükózból felépülő α -1,4 láncot alkot, amelyen azonban 24–36 monomerenként α -1,6 kötésű elágazások vannak.

A **glükogén** az állatok és a gombák tartalék tápanyaga. Az amilopektinhez hasonló elágazó láncú áll, de molekulája több elágazást tartalmaz: az α -1,6 kötésű elágazások között átlag 8–12 D-glükóz monomer található.

A **kitin** egyenes láncú, N-acetil-D-glükózaminból β -1,4 kötésekkel szerveződő polimer. A rovarok és gombák vázanyaga.

A **pektinek** α -1,4 kötésrendszerű, D-galakturonsavakból álló, egyenes láncú polimerek.

