

EFOP-3.4.3-16-2016-00014

# ***A KÖRNYEZETI BIOLÓGIA ALAPJAI***

AP1 Hallgatói diploma-szerzést segítő  
szolgáltatások  
AP1\_TTIK Lemorzsolódást csökkentő  
program kifejlesztése a TTIK-n

***SZTE TTIK KMI***

**SZÉCHENYI** 



MAGYARORSZÁG  
KORMÁNYA

Európai Unió  
Európai Szociális  
Alap



**BEFEKTETÉS A JÖVŐBE**

# A környezeti biológia alapjai

Petróné Dr. Kovács Etelka

Szegedi Tudományegyetem

Természettudományi és Informatikai Kar

Környezettudományi és Műszaki Intézet

2019.

# Tartalom

|                                                     |    |
|-----------------------------------------------------|----|
| Előszó.....                                         | 6  |
| Biogén elemek.....                                  | 7  |
| Elsődleges biogén elemek (organogén elemek) .....   | 9  |
| Másodlagos biogén elemek .....                      | 10 |
| Víz .....                                           | 10 |
| Mi az ozmózis?.....                                 | 13 |
| Ellenőrző kérdések .....                            | 15 |
| Javasolt irodalom .....                             | 15 |
| A sejtek felépítésében szerepet játszó anyagok..... | 16 |
| Ellenőrző kérdések .....                            | 18 |
| Javasolt irodalom .....                             | 18 |
| Lipidek .....                                       | 19 |
| Hidrolizálható lipidek .....                        | 20 |
| Neutrális zsírok .....                              | 20 |
| Foszfatidok.....                                    | 20 |
| Nem hidrolizálható lipidek .....                    | 21 |
| Szteroidok .....                                    | 21 |
| Karotinoidok .....                                  | 21 |
| Érdekesség .....                                    | 22 |
| Ellenőrző kérdések .....                            | 23 |
| Javasolt irodalom .....                             | 23 |
| Szénhidrátok.....                                   | 25 |
| Monoszacharidok.....                                | 25 |
| Diszacharidok .....                                 | 27 |
| Poliszacharidok.....                                | 28 |
| Tartalékszénhidrátok .....                          | 28 |
| Keményítő.....                                      | 28 |
| Glikogén.....                                       | 29 |
| Egyebek.....                                        | 29 |
| Ellenőrző kérdések .....                            | 31 |
| Javasolt irodalom .....                             | 31 |
| Fehérjék .....                                      | 33 |
| Ellenőrző kérdések .....                            | 38 |

|                                                      |    |
|------------------------------------------------------|----|
| Javasolt irodalom .....                              | 38 |
| Nukleotidok, nukleinsavak.....                       | 39 |
| Nukleotidok származékai .....                        | 41 |
| Nukleinsavak .....                                   | 42 |
| Ellenőrző kérdések.....                              | 45 |
| Javasolt irodalom .....                              | 45 |
| Sejtszerveződés .....                                | 46 |
| A sejtmag.....                                       | 48 |
| A sejtmembrán.....                                   | 48 |
| Az endoplazmatikus retikulum.....                    | 49 |
| Golgi készülék .....                                 | 49 |
| Lizoszóma.....                                       | 50 |
| A színtestek és a mitokondrium.....                  | 50 |
| Ellenőrző kérdések.....                              | 52 |
| Javasolt irodalom .....                              | 52 |
| Anyagcsere-folyamatok .....                          | 54 |
| Felépítő folyamatok.....                             | 55 |
| Fotoszintetikus pigmentek .....                      | 55 |
| A fényszakasz .....                                  | 56 |
| A sötétszakasz (fényt nem igénylő szakasz).....      | 56 |
| Lebontó folyamatok.....                              | 57 |
| Biológiai oxidáció.....                              | 57 |
| Ellenőrző kérdések.....                              | 59 |
| Javasolt irodalom .....                              | 59 |
| Az örökletes információ tárolása és kifejezése ..... | 61 |
| Transzkripció .....                                  | 62 |
| A transzkripció és a replikáció hasonló vonásai..... | 62 |
| Transzláció.....                                     | 62 |
| A genetikai kód.....                                 | 65 |
| A transzláció folyamata .....                        | 65 |
| Egyéb fontos információk a folyamatról .....         | 66 |
| Ellenőrző kérdések.....                              | 67 |
| Javasolt irodalom .....                              | 67 |



# Előszó

A környezeti biológia alapjai című online jegyzet abból a célból született, hogy a Szegedi Tudományegyetem első éves biológia hallgatói számára egy olyan biztos alapot nyújtson számos problémásnak tűnő témakörben, amely ismerete elengedhetetlen a későbbi, egyetemi kurzusokon hallott ismeretek elsajátításához. E jegyzetben található olvasóleckéknek nem célja, hogy az érintett témákban az összes ismerettel megismertesse az olvasót, így az itt olvasható információk sokkal inkább a gimnáziumi tananyag felépítését és tartalmát követik, természetesen emelt szintű, modern kiegészítésekkel.

Elektronikus olvasóleckékről lévén szó, igyekeztem a szövegben és a fejezetek végén minél több releváns és megbízható hivatkozást elhelyezni, amelyek megkönnyítik az olvasó számára az összefüggések könnyebb megtalálását és megértését. Bár az olvasóleckék önmagukban is használhatóak, a mélyebb elsajátításhoz és az egyetemi szintű tények megismeréséhez javaslom a hivatkozásokban történő ismeretek elolvasását.

Abban a reményben ajánlom ezeket az olvasóleckéket az olvasónak, hogy sikeresen forgatja majd őket és ezáltal sikerül megkönnyítenem a későbbi kurzusok információinak megértését.

# Biogén elemek

A mindennapokban könnyedén el tudjuk dönteni, hogy élő vagy élettelen dologgal van-e dolgunk. Azonban felmerülhet a kérdés, mitől élő az élő? Az élet definiálása számos problémát felvet, amellyel a természettudományok művelői évszázadok óta küzdenek.

**Claude Bernard:** „A belső környezet (milieu intérieur) stabilitása a szabad és független élet feltétele.” Tehát ez az állandóság, illetve ennek fenntartása egy alapvető folyamat. Ez a gondolat lett a kiindulópontja a későbbiekben a Walter Bradford Cannon által megfogalmazott homeosztázis kifejezésnek.

**Francisco Varela és Humberto Maturana:** Közösén kidolgozták az autopoietikus (önlétrehozó) rendszer fogalmát, mely alapján élőlénynek tekinthető minden, ami önálló, önreprodukcóra képes, vízalapú, lipid-fehérje burokkal rendelkező, szénre alapuló anyagcserét folytat, nukleinsavval replikáló, fehérjére „lefordító” rendszer, és minden felvett tápanyagból saját magát építi.

Azonban a próbálkozások ellenére jelenleg nem létezik mindenki által elfogadott lényegre törő, mégis pontos meghatározás az életet illetően. Mégis segítségünkre lehetnek az ú.n. **életkritériumok**, annak eldöntésében, hogy élő vagy élettelen rendszerről van szó. Gánti Tibor biokémikus javaslatára ezeket két csoportra bontjuk: abszolút és potenciális életkritériumokat különíthetünk el.

**Abszolút életkritériumoknak** tekintjük a következőket:

1. Az élő rendszernek inherens módon (sajátságaiból eredően, velejárón) *egységnek* kell lennie. Bár részekből áll össze a rendszer, több mint a részek összessége.
2. Az élő rendszernek biológiai anyagcserét kell folytatnia. Ez nem pusztán anyagok felvételét és leadását jelenti, hanem olyan nyílt termodinamikai rendszert kell alkotnia, amelyben a szervezet saját anyagai előállítja.
3. Az élő rendszer inherensen stabilis, ami két részből tevődik össze. Egyrészt amennyiben külső hatás éri, akkor is fenn tudja tartani belső állandóságát (homeosztázis). Másrészt a külső hatásokat képes érzékelni (ingerlékenység).

4. Információhordozó alrendszerrel kell bírnia, amely a teljes rendszerrel kapcsolatos információkat tartalmazza.
5. Az élő rendszer folyamatai szabályozottak és vezéreltek.

A **potenciális életkritériumok** a következők:

1. Az élő rendszer képes növekedni és szaporodni.
2. Az élő rendszer rendelkezik az evolúció képességével, egyben lehetőség nyílik az öröklődő változékonyságra is.
3. Halál: a testi sejtek egy idő elteltével elveszítik homeosztázisukat és elpusztulnak.

Ebből is látható, az élet egy olyan összetett, bonyolult jelenség, amely az alapjelenségeket (pl. légzés) messze túlhaladja. Az életet leginkább az élő rendszer speciális tulajdonságának tekinthetjük. Akár élő, akár élettelen rendszerről beszélünk az őket felépítő kémiai elemek közel azonosak, eltérés az előfordulásuk gyakoriságában van. A köztük lévő különbséget a sejteket felépítő molekulák rendezettsége adja. Ennek fenntartásához folyamatos energiára van szüksége a rendszernek.

Az élő rendszert felépítő, illetve az anyagcseréjében résztvevő elemeket nevezzük biogén elemeknek. Ezek közül is kiemelkedően magas a szén (C), az oxigén (O), a hidrogén (H), a nitrogén (N) és a foszfor (P) mennyisége.



|          |          |          |          |             |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
|----------|----------|----------|----------|-------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Group →  | 1        | 2        | 3        | 4           | 5         | 6         | 7         | 8         | 9         | 10        | 11        | 12        | 13        | 14        | 15        | 16        | 17        | 18        |
| Period ↓ | 1        | 2        | 3        | 4           | 5         | 6         | 7         | 8         | 9         | 10        | 11        | 12        | 13        | 14        | 15        | 16        | 17        | 18        |
| 1        | 1<br>H   |          |          |             |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           | 2<br>He   |
| 2        | 3<br>Li  | 4<br>Be  |          |             |           |           |           |           |           |           |           |           | 5<br>B    | 6<br>C    | 7<br>N    | 8<br>O    | 9<br>F    | 10<br>Ne  |
| 3        | 11<br>Na | 12<br>Mg |          |             |           |           |           |           |           |           |           |           | 13<br>Al  | 14<br>Si  | 15<br>P   | 16<br>S   | 17<br>Cl  | 18<br>Ar  |
| 4        | 19<br>K  | 20<br>Ca | 21<br>Sc | 22<br>Ti    | 23<br>V   | 24<br>Cr  | 25<br>Mn  | 26<br>Fe  | 27<br>Co  | 28<br>Ni  | 29<br>Cu  | 30<br>Zn  | 31<br>Ga  | 32<br>Ge  | 33<br>As  | 34<br>Se  | 35<br>Br  | 36<br>Kr  |
| 5        | 37<br>Rb | 38<br>Sr | 39<br>Y  | 40<br>Zr    | 41<br>Nb  | 42<br>Mo  | 43<br>Tc  | 44<br>Ru  | 45<br>Rh  | 46<br>Pd  | 47<br>Ag  | 48<br>Cd  | 49<br>In  | 50<br>Sn  | 51<br>Sb  | 52<br>Te  | 53<br>I   | 54<br>Xe  |
| 6        | 55<br>Cs | 56<br>Ba | 57<br>La | * 72<br>Hf  | 73<br>Ta  | 74<br>W   | 75<br>Re  | 76<br>Os  | 77<br>Ir  | 78<br>Pt  | 79<br>Au  | 80<br>Hg  | 81<br>Tl  | 82<br>Pb  | 83<br>Bi  | 84<br>Po  | 85<br>At  | 86<br>Rn  |
| 7        | 87<br>Fr | 88<br>Ra | 89<br>Ac | * 104<br>Rf | 105<br>Db | 106<br>Sg | 107<br>Bh | 108<br>Hs | 109<br>Mt | 110<br>Ds | 111<br>Rg | 112<br>Cn | 113<br>Nh | 114<br>Fl | 115<br>Mc | 116<br>Lv | 117<br>Ts | 118<br>Og |
|          |          |          |          | * 58<br>Ce  | 59<br>Pr  | 60<br>Nd  | 61<br>Pm  | 62<br>Sm  | 63<br>Eu  | 64<br>Gd  | 65<br>Tb  | 66<br>Dy  | 67<br>Ho  | 68<br>Er  | 69<br>Tm  | 70<br>Yb  | 71<br>Lu  |           |
|          |          |          |          | * 90<br>Th  | 91<br>Pa  | 92<br>U   | 93<br>Np  | 94<br>Pu  | 95<br>Am  | 96<br>Cm  | 97<br>Bk  | 98<br>Cf  | 99<br>Es  | 100<br>Fm | 101<br>Md | 102<br>No | 103<br>Lr |           |

Periódusos rendszer

(Forrás: Wikipédia)

### Elsődleges biogén elemek (organogén elemek)

Az élő szervezetek biogén elemeinek összehasonlításakor kiderül, hogy a sejtek felépítésében 99%-ban az alábbi négy elem vesz részt. A legfontosabb négy elem a **hidrogén** (H), **oxigén** (O), **nitrogén** (N), **szén** (C), melyek kovalens kötések képzésére alkalmasak, amelyek jelentős mértékben hozzájárulnak az élő szervezet felépítéséhez. Érdeemes megjegyezni, hogy a H, O, N és C a legkisebb rendszámú olyan biogén elemek, amelyek rendre 1 (H), 2 (O), 3 (N) és 4 (C) kovalens kötést képesek létrehozni.

**Szén (C):** Az elsődleges biogén elemek közül is kiemelkedő szereppel bír, ennek magyarázata néhány jellegzetes tulajdonságából fakad. A szén atomjai korlátlan számban képesek kapcsolódni egymáshoz, illetve más elemekkel a vegyületek széles skáláját képesek kialakítani. Így például mind a négy biogén elemmel (C, O, H, N) valamint a kénnel (S) stabil kovalens kötést képes alkotni. A szén ezen kívül képes egyes, kettős és hármas kötés kialakításra is, ezért képes egyszerre 1 (pl.  $C=O$ ), 2 (pl.  $O=C=O$ ), 3 (pl.  $H_2C=O$ ) vagy 4 (pl.  $CH_4$ ) másik atommal kovalens kötést létesíteni.

Ezen szerves molekulák fizikai tulajdonságai és kémiai reaktivitása nagyfokú változatosságot mutat. A szén rendkívül fontos tulajdonsága, hogy „végtelen számú” szénatom is összekapcsolódhat egymással, így a lehetséges szerves molekulák száma végtelen.

További lényeges tulajdonság, hogy lineáris, elágazó szerkezetet, sőt akár gyűrűs szerkezetet is alkothat.

## **Másodlagos biogén elemek**

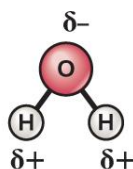
Az elsődleges biogén elemekhez képest mennyiségük az élő szervezetben jelentősen kevesebb, azonban még így sem elhanyagolhatók és szintén létfontosságúak. A két további, az élő szervezetben nagy mennyiségben előforduló kémiai elem a kén (S), és a foszfor (P). A kén 2, míg a foszfor 3 elektronnal tud részt venni kémiai kötésben.

További másodlagos biogén elemek főleg ionként fordulnak elő a szervezetben, közülük legnagyobb mennyiségben a nátrium (Na), a kálium (K), a kalcium (Ca), a magnézium (Mg), a vas (Fe) és a klór (Cl) fordul elő. A nátrium és a kálium fontos szereppel bír a sejtek ingerületi folyamataiban, de számos egyéb funkcióval is bírnak. A kalcium az állatok meszes vázának anyaga. Egyéb fontos funkcióval bírnak az izomműködésben, véralvadásban, stb.. A magnézium nagy mennyiségben előfordul a növényekben, a zöld színanyaguknak az alkotórésze. E mellett az izomműködésben is fontos szereppel bír a kalcium mellett. A vas pedig a vér vörös színanyagának, a hemoglobinnak a felépítésében vesz részt, ezáltal képes ellátni a légzésben betöltött szerepét.

## **Víz**

Az élő rendszerek számára nélkülözhetetlen vegyület a víz, melyből élő szervezetektől, kortól, hidratáltsági állapottól stb. függően 60-80%-ot tartalmaznak. Legalacsonyabb víztartalma a száraz magvaknak, míg legmagasabb a medúzáknak van.

A víz poláros (erősen dipólusos),  $105^\circ$  kötőszöggel rendelkező molekula, amely az oxigén felől negatív, a hidrogének felől pedig pozitív töltéstöbbletet hordoz, valamint hajlamos a hidrogénkötések kialakítására. Ennek köszönhető, hogy számos szervetlen és szerves vegyület jól oldódik benne.



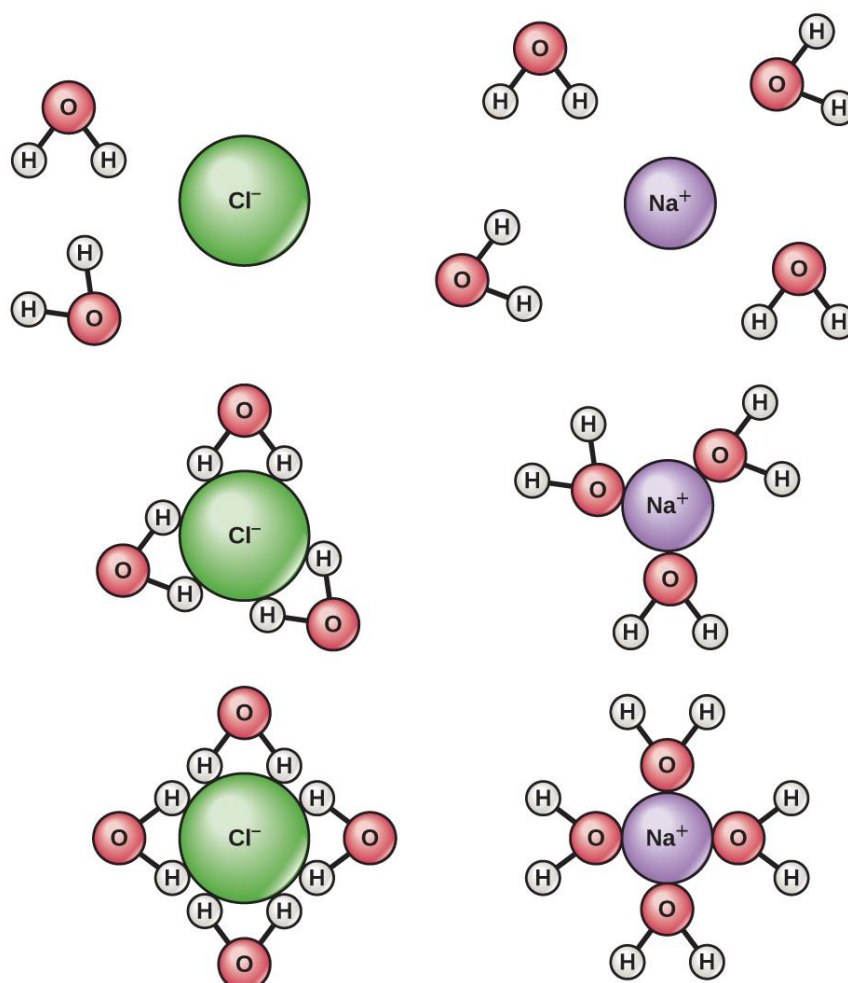
Egy vízmolekula parciális töltései

(Forrás: Wikipédia)

A víznek számos olyan tulajdonsága van, amellyel kiemelkedő jelentőségűvé válik számunkra. Kiválóan képes oldani a poláris anyagokat, tehát oldószer funkciója van. Azonban az apoláris anyagokat képes diszpergálni (elosztatni) a vízmolekulák mozgékonyságának köszönhetően. (Diszpergálás: anyagok kisebb méretűvé darabolása). A víz ezek mellett képes a remek diffúziós képessége miatt anyagok szállítására. (Diffúzió: külső hatás nélküli anyagáramlás, mikor a kezdeti koncentráció különbségek kiegyenlítődnek). Példa erre amikor vízbe sót teszünk, a részecskék rendezetlen mozgása miatt a koncentráció kiegyenlítődik.

A víz kiemelkedően magas hőkapacitással rendelkezik, amely az élővilág szempontjából is nagy jelentőségű, hogy a jég kisebb sűrűségű a víznél, illetve hogy nem a 0°C-os víz sűrűsége a legnagyobb. Télen, amikor a víz lehűl, a 4 °C-nál hidegebb víz felemelkedik, és a tavak, folyók felszínén gyűlik össze. Itt, azaz a felszínen indul meg a fagyás, miközben a természetes vizek alján, a legnagyobb sűrűségű 4 °C-os vízben áttelelhetnek a vízi élőlények. (Hőkapacitás: megadja azt az hőmennyiséget, amelyre szükség van egy bizonyos anyag 1°C-kal történő megemeléséhez).

A sejtekben lévő víz jelentős része kötött formában ún. hidrátburokként van jelen és csupán elenyésző mennyiség az, amelyet szabad vízként hívunk. Azonban pont ez utóbbi az, amely képes részt venni mind közegként, mind partnerként számos kémiai/biokémiai reakcióban.



A hidrátburok kialakulása egy negatív és egy pozitív töltésű ion körül

(Forrás: Wikipédia)

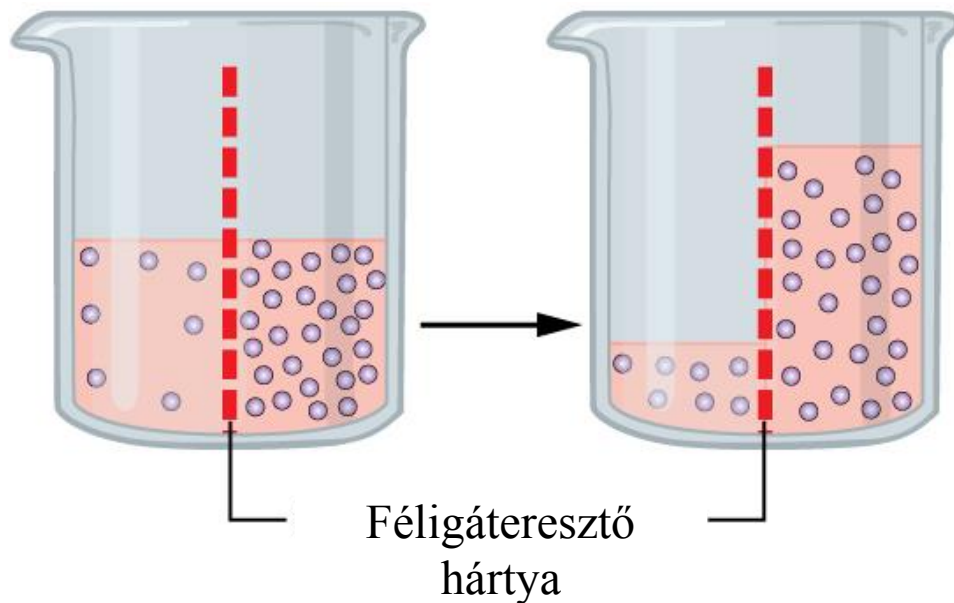
Az élő szervezetekben a biomolekulákkal kölcsönhatásokat alakít ki, amelyek a sejtszerkezet kialakulása és fenntartása, biokémiai folyamatok irányának meghatározása szempontjából alapvető fontosságúak. A sejt anyagcsere folyamataiban egyben nyersanyag és termék, hiszen kondenzációkor több molekula egyesülésekor víz keletkezik, illetve hidrolíziskor víz belépésével a nagyobb molekulák bomlanak.

Képes H-kötés kialakítására. Ez ugyan rövid idejű, kis energiájú kötés, azonban az átmeneti termékek képződésekor-felbomlásakor nagy jelentőséggel bír.

Érdekesség: A forrásvizek, a különböző ásványvizek kellemes ízét a vízben oldott gázok (szén-dioxid) és ásványi anyagok (különböző sók) adják. A desztillált víz íztelen, élvezhetetlen.

## Mi az ozmózis?

Az ozmózis az élő rendszerekben alapvető jelentőséggel bír. Ozmózisról akkor beszélhetünk, ha a diffúzió egy féligáteresztő hátyán keresztül megy végbe. Ebben az esetben a hátya átjárható az oldószer (általában a víz) számára, míg a nagyobb molekulák áramlása akadályba ütközik, hiszen nem férnek át a féligáteresztő hátya pórusain. Éppen ez az oka, hogy a kisebb koncentrációjú hely felől a nagyobb felé áramlik az oldószer.



Az ozmózis folyamata, a piros vonal a féligáteresztő membránt jelöli

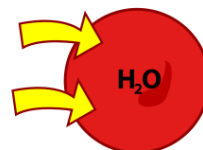
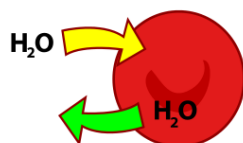
(Forrás: Wikipédia)

Attól függően, hogy az oldószer melyik irányba áramlik megkülönböztetünk hipertóniás, izotóniás és hipotóniás állapotot. Hipertóniás állapotnál a sejt vizet veszít, az oldószer a sejtől kifelé áramlik, ami zsugorodást eredményez. Izotóniás állapotban egyensúlyi állapot áll fenn, ebben az esetben ugyanannyi víz áramlik ki, mint amennyi be. Hipotóniás állapotban az oldószer a sejtbe áramlik, ami a sejt duzzadását eredményezi. Ha a víz beáramlása a duzzadást követően is folytatódik, a sejtmembrán nem képes elviselni a nyomást és a sejt szétesik (hemolizál). A növényi sejtek kívülről rendelkeznek egy szilárd vázzal, a sejtfallal, amely megakadályozza, hogy hipotóniás állapotban a sejt hemolizáljon.

Hipertóniás

Izotóniás

Hipotóniás



Az ozmotikus állapotok a vörösvértest esetén

(Forrás: Wikipédia)

## **Ellenőrző kérdések**

Sorolja fel az abszolút életkritériumokat!

Melyek a potenciális életkritériumok?

Melyek a biogén elemek?

Melyek az elsődleges biogén elemek?

Melyeket tekintjük a másodlagos biogén elemeknek?

Sorolja fel, miért tekintjük létfontosságúnak a vizet az élő rendszerek számára?

Mit nevezünk diffúciónak?

Mit nevezünk ozmózisnak?

## **Javasolt irodalom**

Gál Béla: Biológia 11. A sejt és az ember biológiája. Mozaik Kiadó, Szeged, 2012.

Dr. Németh Endre, Szécsi Szilveszter: Biológiai fogalmak és összehasonlító táblázatok. Mozaik Kiadó, Szeged, 2003.

Dr. Lénárd Gábor: Biológia 11. (gimnázium). Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 2007.

Szászné Heszlényi J., Dr. Szerényi G., Stodulka G., Végh I.: Repeta-Biológia. Scolar Kiadó, Budapest, 1996.

Gulyás Magdolna, Deér Aranka, Szegletes Tivadar, Tóth Lajos: A biokémia alapjai. József Attila Tudományegyetem, Szeged, 1998.

Nyitray László, Pál Gábor: A biokémia és molekuláris biológia alapjai. Eötvös Loránd Tudományegyetem, 2013.

<http://elte.prompt.hu/sites/default/files/tananyagok/ABiokemiaEsMolekularisBiologiaAlapjai/index.html>

## A sejtek felépítésében szerepet játszó anyagok

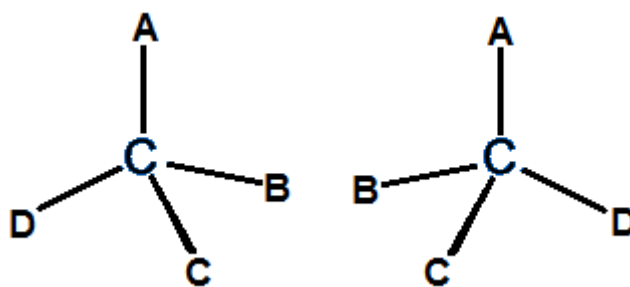
A sejteket felépítő anyagok közül eddig a vízzel foglalkoztunk, melynek mennyisége egy átlagos sejtet figyelembe véve 70% a teljes összetételt nézve. A maradék 30%-ban előfordulnak ionok, kisebb molekulák (4%), foszfolipidek (2%), DNS (1%), RNS (6%), fehérjék (15%) és poliszacharidok (2%).

Ahhoz, hogy az előzőekben felsorolt szerves molekulák biológiai funkcióit megértsük, néhány kémiai fogalommal meg kell ismerkednünk, melyeket a későbbiekben használni fogunk.

**Kiralitás:** Tárgyalása az optikai izoméria körébe tartozik, amely azt vizsgálja, hogy egyes rendszerek/molekulák, amelyek esetében az izoméria fellép, a lineárisan polarizált fény síkját elforgatják. A királis rendszerek egymással tükörképi viszonyban vannak, melyek fedésbe azonban nem hozhatók egymással, akár csak az emberi jobb és bal kéz. A királis molekulák párjait együtt nevezzük **enantiomereknek**. A királis molekulák térszerkezeti eltérését a **konfiguráció** jelöli. Ez azt jelenti, hogy a molekulában lévő atomok elhelyezkedéséről tudunk így információt szerezni. Az enantiomerek konfigurációja egymással ellentétes. A konfigurációt korábban a D és az L betűkkel jelölték. Ez a fajta jelölésmód ma főként a cukroknál és az aminosavaknál használatos, itt még jelenleg is ezt használjuk. Ez a jelölési módszer nem volt alkalmas minden királis vegyület konfigurációjának jelölésére, ezért 1956-ban új módszert javasoltak. Ez egyaránt alkalmas a kiralitáscentrumot tartalmazó és nem tartalmazó vegyületek konfigurációjának jelölésére. A két enantiomer egyike az R (a latin rectus=jobb szóból), a másik az S (a latin sinister=bal szóból) betűjelet kapta.

**Centrális kiralitás:** A kiralitás alapvető esete, amikor egy tetraéderes konfigurációjú atomhoz négy különböző ligandum kapcsolódik. Ezek két különböző elrendeződésben helyezkedhet el a központi atom körül, a két lehetséges konstitúció egymásnak tükörképei. Noha bármely tetraéderes konfigurációjú centrum ( $sp^3$ -C, N, S, P) körül megvalósulhat a kiralitás, azonban nem minden királis vegyület választható el a párjától, az aminok esetében az S- és az R- forma folyamatosan egymásba alakul.





Centrális kiralitás

(Forrás: Wikipédia)

## **Ellenőrző kérdések**

Mit nevezünk királis molekulának?

Mit nevezünk enantiomernek?

Milyen betűvel jelöljük az enantiomerpárokat?

## **Javasolt irodalom**

Gál Béla: Biológia 11. A sejt és az ember biológiája. Mozaik Kiadó, Szeged, 2012.

Dr. Németh Endre, Szécsi Szilveszter: Biológiai fogalmak és összehasonlító táblázatok. Mozaik Kiadó, Szeged, 2003.

Dr. Lénárd Gábor: Biológia 11. (gimnázium). Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 2007.

Antus Sándor, Mátyus Péter: Szerves kémia I. Nemzedékek Tudása Tankönyvkiadó Zrt., 2014.  
[https://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/2011\\_0001\\_519\\_42574\\_1/index.html](https://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/2011_0001_519_42574_1/index.html)

# Lipidek

## **Alapfogalmak:**

Hidrofób: vízben nem oldódó

Apoláris: a molekula nem rendelkezik dipólusmomentummal

Telített vegyület: olyan szerves vegyületek, amelyek nem tartalmaz kettős kötések, szénatomjait egyszeres kötések kapcsolják össze

Telítetlen vegyület: olyan szerves vegyületek, melyben legalább egy darab kettős kötés van két szénatom között

Kolloid mérettartomány: 1-500 nm közötti mérettartomány

Zsírsavak: hosszú szénláncú telített vagy telítetlen szerves savak. A lánc szénatomszáma 12-24 között változhat.

A lipideknek nevezzük azokat a hidrofób, apoláris makromolekulákat, amelyek apoláris oldószerekkel oldhatók. Apoláros tulajdonságuk annak köszönhető, hogy sok  $-CH_2-$  csoport található bennük. Szerkezetük azonban jelentősen eltérhet, e nagy csoportba mindössze egy közös tulajdonságuk, az oldhatóságuk alapján soroljuk. A lipidek többsége hidrofób, tehát apoláros oldószerekben (pl. benzol, kloroform) jól oldódnak. Az élőlények számára létfontosságúak, képesek sejthártyát létrehozni (struktúraalkotó), tartaléktápanyagként funkcionál, illetve speciális funkcióval (hormonok, vitaminok) is rendelkezhetnek.

A lipidek osztályozása kémiai szerkezetük alapján lehetséges, ez alapján hidrolizálható, illetve nem hidrolizálható csoportot különítünk el.

*A telített zsírsavak* (mint például a palmitinsav) nem tartalmaznak kettős kötések vagy más funkciós csoportot a karboxil-csoporton kívül. A telített zsírsavak egyenes láncai szorosan illeszkednek egymás mellé, így lehetővé teszik az élőlényeknek, hogy zsír formájában nagy mennyiségű energiát raktározzanak viszonylag kis helyen.

A *telítetlen zsírsavak* ezzel ellentétben legalább egy, **kettős kötést** ( $-\text{CH}=\text{CH}-$ ) tartalmaznak a láncban. A kettős kötésben szereplő két hidrogénatom állása szerint beszélünk *cisz-* vagy *transz-zsírsavakról*.

A legtöbb természetes eredetű, többszörösen telítetlen zsírsavban a kettős kötések között két egyszeres kötés található, és a kettős kötések mind *cisz*-konfigurációjúak. Az ettől eltérő zsírsavak (köztük a *transz-zsírsavak* is) többnyire mesterséges eredetűek.

## Hidrolizálható lipidek

### Neutrális zsírok

A neutrális zsírok (gliceridek) háromértékű alkoholok (glicerín) zsírsavakkal alkotott észtere. Legfőbb biológiai funkciójuk az energiatárolás. Azonban mivel a zsír rossz hővezető, így az állat hőháztartásában is jelentős szereppel bír (jegesmedve, rozmár). Továbbá a zsírréteg vastagsága egyben mechanikai védelmet is nyújt, számos belsőszerv védelme így biztosítva van. A zsírban oldódó vitaminok (D-, E-, K-, A-vitamin) az állatok zsírrétegeiben raktározódnak.

A növények esetében főként a magvak olajraktározásra szolgáló alapszövetében tárolódnak a növényi neutrális zsírok (repce, napraforgó, dió stb.).

Minél több a molekulában a telítetlen zsírsavak száma, annál folyékonyabb az adott molekula halmaza, ezt a különbséget jól megfigyelhetjük például a sertészsír és a napraforgóolaj között hidegebb körülmények között. Alacsony hőmérsékleten pl.  $4^{\circ}\text{C}$ -on a sertészsír szilárd halmazállapotú, míg a napraforgóolaj még ekkor is folyékony.

### Foszfatidok

Szintén egy glicerín képezi a molekula alapját, azonban itt a glicerín két hidroxilcsoportját egy-egy zsírsav észteresíti, míg a harmadik hidroxilcsoporthoz egy foszforsav kapcsolódik. Az így létrejött molekulát foszfatidsavnak nevezzük. A foszforsavat még észteresíti egy amino- és hidroxilcsoportot tartalmazó molekula. Az így létrejött foszfatid amfipatikus tulajdonsággal rendelkezik, ahol a zsírsavak adják a molekula apoláris részét, míg foszforsavon keresztül kapcsolódó rész miatt lesz poláris tulajdonsága. Ezen kettős tulajdonságából fakad, hogy egyrétegű membránokat képes kialakítani határfelületeken például

az apoláris olaj és a poláris víz határokon. Emellett képes micellák kialakítására, amely esetben poláris oldószerben a foszfatidok apoláris részei kiszorítják maguk közül a poláris oldószer molekuláit és egymás felé fordulnak, így egy gömbszerű képződményt alkotnak. Hasonló módon, szintén például a poláris oldószer kiszorításával kétrétegű liposzómák is kialakulhatnak.

## **Nem hidrolizálható lipidek**

### **Szteroidok**

A **szteroidok** perhidro-ciklopentano-fenantrénvázat vagy más néven gonánvázzal rendelkező molekulák. A gonán három darab 6 és egy darab 5 szénatomos gyűrűből áll össze, ezt a vázat egészítik ki különböző oldalláncok, melyek az egyes vegyületek funkcióját módosítják.

A szteroidok csoportjába tartozik a koleszterin, amely szintén a biológiai membránok egyik alkotója, amely a membrán rigiditását/merevségét adja. Amennyiben több található egy membránban, akkor akadályozza a zsírsavcsoportok laterális mozgását.

Napjainkban köztudott, hogy a magas koleszterinszint érrelmeszesedéshez és ezáltal szív- és érrendszeri megbetegedésekhez vezethet.

A csoport másik fontos képviselője a D-vitamin, amely fontos szerepet tölt be a normális csontosodás folyamatában. Előanyaga a szervezetben megtalálható ergoszterin, amely UV-sugárzás hatására alakul aktív D-vitaminná.

Számos hormon a szteroidok csoportjába tartozik, így az aldoszteron, kortizon, ösztrogén, tesztoszteron.

### **Karotinoidok**

Az ide tartozó molekulák növényekben és állatokban is előfordulnak. A karotinoidok sok konjugált kettőskötés található, melyek  $\pi$ -elektronjai delokalizálódnak, így a látható fény fotonjai képesek gerjeszteni. Ebből következően ezen molekulák színesek, színük a sárgától a vörösig változik. A karotinoidok közé tartozik a paradicsom likopinja, vagy a sárgarépában található karotin. A sárga színű molekulák közül a legismertebb a xantofill.

A levelek színtestjeiben a karotinoidok végzik a fényenergia megkötését. A szerv elszáradásakor a zöld klorofill lebomlik, és közben láthatóvá válnak a karotinoidok színei is.

Ebbe a csoportba soroljuk az A-vitamint, amely bőrvédő hatással bír, szerepe van a hámszövet épségének a fenntartásában, az ektoderma normális fejlődésében és működésében, továbbá a retina fényérzékenységet biztosító rodopszin (a retina működéséhez nélkülözhetetlen fényérzékeny anyag, látóbíbor) felépítésében.

Karotinszármazék a K- és az E-vitamin is. A K-vitamin számos biológiai funkciója közül általában a véralvadásban betöltött szerepét emelik ki. Hiányában vérzékenység és véralvadási zavarok léphetnek fel. E mellett a csontok növekedéséhez és regenerálásához is fontos. A K-vitamin és a D-vitamin együttműködik, hogy a fehérjék beépülhessenek a csontokba. E fehérjék nélkül a csontok nem lennének képesek megkötni az ásványi anyagokat. A K-vitamin ezenkívül különösen fontos az idegsejtek egészségének megőrzésében.

Az E-vitamint más néven tokoferolként ismerhetjük, és szintén zsírban oldódik. Pontos biológiai funkciójáról mindössze az sejthető, hogy könnyű oxidálhatósága miatt szerepe lehet az öregedés késleltetésében, antioxidatív hatással bírhat.

## **Érdekesség**

Az archeák a baktériumokhoz hasonló prokarióta egysejtűek. Eredetileg csak szélsőséges környezetből (hőforrások) azonosították őket, mára kiderült sokkal elterjedtebbek, mint korábban gondolták, így például a bélflórából is izolálták fajaikat. Az archeák membránja jelentős eltéréseket mutat más életformák sejthártyájától. A baktériumok és eukarióták membránjai főleg glicerín-észter lipidekből állnak, míg az archeákban glicerín-éter lipideket figyeltek meg. Az éterkötések kémiaiailag ellenállóbbak, mint az észterkötések, ez teszi lehetővé túlélésüket extrém hőmérsékleteknél és savas vagy lúgos környezetekben. Az archeális membránalkotó zsírsavak kémiaiailag különböznek más organizmusokétól. Az izoprénalapú oldalláncok többször elágazhatnak, sőt gyűrűket (ciklopropán, ciklohexán) is tartalmazhatnak. Bár nem általános, de néhány archeában a kettős lipidréteg helyett csak egy réteget találunk. Azonban ekkor két különálló foszfolipid fuzionál a zsírsavak felől és egyetlen, két hidrofíl fejjel rendelkező molekulává válik. Ez szintén rigidebbé teszi a membránt, ami segíti a túlélést extrém környezetben.

## Ellenőrző kérdések

Magyarázza meg az alábbi kifejezéseket:

- apoláris
- hidrofób
- kolloid méret
- telítetlen vegyület
- zsírsav

Mondjon példákat a neutrális zsírokra!

Mely lipidek bírnak fontos szereppel az állatok hőháztartásában?

Mely lipidek képesek micellák kialakítására?

Mely lipidcsoport rendelkezik gonánvázal?

Melyik vitamin tartozik a szteroidok közé?

Minek köszönhető, hogy a karotinoidok színes molekulák?

Melyik vitamin, illetve vitaminok tartozik/tartoznak a karotinoidok közé?

## Javasolt irodalom

De Rosa M, Gambacorta A, Gliozzi A (1986. március 1.). „Structure, biosynthesis, and physicochemical properties of archae bacterial lipids”. *Microbiol. Rev.* 50 (1), 70–80. o. *PMID* 3083222.

Albers SV, van de Vossenberg JL, Driessen AJ, Konings WN (2000. szeptember 1.). „Adaptations of the archaeal cell membrane to heat stress”. *Front. Biosci.* 5, D813–20. o. DOI:10.2741/albers. PMID 10966867.

Damsté JS, Schouten S, Hopmans EC, van Duin AC, Geenevasen JA (2002. október 1.). „Crenarchaeol: the characteristic core glycerol dibiphytanyl glycerol tetraether membrane lipid of cosmopolitan pelagic crenarchaeota”. *J. Lipid Res.* 43 (10), 1641–51. o. DOI:10.1194/jlr.M200148-JLR200. PMID 12364548.

Gál Béla: *Biológia 11. A sejt és az ember biológiája*. Mozaik Kiadó, Szeged, 2012.

Dr. Németh Endre, Szécsi Szilveszter: *Biológiai fogalmak és összehasonlító táblázatok*. Mozaik Kiadó, Szeged, 2003.

Dr. Lénárd Gábor: Biológia 11. (gimnázium). Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 2007.

Szászné Heszlényi J., Dr. Szerényi G., Stodulka G., Végh I.: Repeta-Biológia. Sclar Kiadó, Budapest, 1996.

Gulyás Magdolna, Deér Aranka, Szegletes Tivadar, Tóth Lajos: A biokémia alapjai. József Attila Tudományegyetem, Szeged, 1998.

Nyitray László, Pál Gábor: A biokémia és molekuláris biológia alapjai. Eötvös Loránd Tudományegyetem, 2013.

<http://elte.prompt.hu/sites/default/files/tananyagok/ABiokemiaEsMolekularisBiologiaAlapjai/index.html>

Hanford MJ, Peoples TL (2002. január 1.). „Archaeal tetraether lipids: unique structures and applications”. Appl. Biochem. Biotechnol. 97 (1), 45–62. o. DOI:10.1385/ABAB:97:1:45. PMID 11900115.



# Szénhidrátok

A **szénhidrátok** a bioszféra szerves anyagtartalmának fő tömegét adják. A szénhidrát név eredete annak köszönhető, hogy a C: H:O arány legtöbbször 1:2:1 (mint a vízben), ezért régen a szén hidrátjainak gondolták őket. Szerteágazó funkciókkal rendelkeznek, energiaforrásként használja őket számos élőlény, emellett energiatárolásra, sejtfelszíni védőfunkció ellátására és támasztó, illetve védő funkcióval is bírnak.

A molekulaszerkezet alapján három nagy csoportra osztjuk:

1. A **monoszacharidok** a legegyszerűbb szénhidrátok, savas hidrolízissel nem bonthatók egyszerűbb cukrokká.
2. A **diszacharidok** összetett szénhidrátok, két monoszacharid molekulából állnak.
3. A **poliszacharidok** bonyolult szerkezetű óriásmolekulák, melyek nagy számú monoszacharid molekulából állnak.

## Monoszacharidok

Mint nevük is mutatja, egyetlen egységből felépülő, ún. egyszerű szénhidrátok tartoznak közéjük. Ezek 3-7 szénatomból álló lánc-szerkezettel rendelkeznek, melyek azonban gyűrűvé záródhatnak. Hidrolízissel nem bonthatók egyszerűbb vegyületekre. Vízoldékonyak, édes ízűek és általában redukáló tulajdonságúak. A természetben előforduló monoszacharidok 2. szénatomja kiralitáscentrumnak számít, így elkülönítünk D- és L-konformációt, azonban az élőszervezetekben csak a D-konformáció fordul elő.

Egy további csoportosítási lehetőség az oxocsoport elhelyezkedése – ez alapján amennyiben az oxocsoport láncvégi helyzetű, **aldózok**ról beszélünk, azonban amennyiben láncközi helyzetű, **ketózok**nak hívjuk.

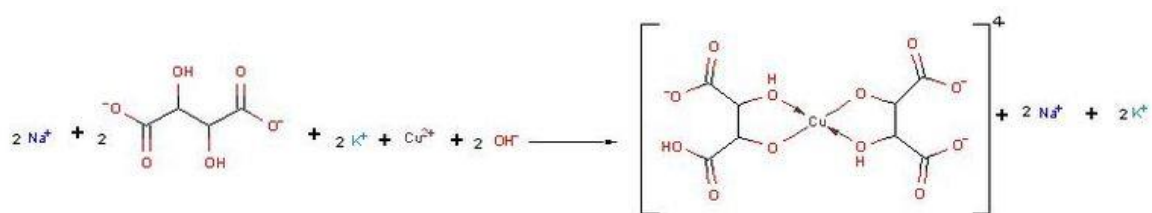
## Fehling reakció és ezüsttükör próba – aldehidek (aldózok) kimutatásának módszere

A **Fehling reakció** aldehidek, illetve redukáló szénhidrátok kimutatására alkalmas.

A reakció elméleti háttere: A szőlőcukor oxocsoportja a réz(II)ionokat redukálja, először réz(I)-hidroxid, majd réz(I)-oxid csapadék keletkezik.

A Fehling reakcióhoz szükséges reagensek: Fehling-I reagens (kristályos réz(II)-szulfát), Fehling-II reagens (kálium-nátrium-tartarát, nátrium-hidroxid)

Fehling-I-oldathoz annyi Fehling-II-oldatot kell adnunk, míg a kezdetben kiváló csapadék mélykék színnel feloldódik. Ekkor komplexion képződik, majd ehhez a formilcsoportot tartalmazó vegyület (szőlőcukor) oldatát öntjük. A reakció beindításához melegítésre van szükség, így az oldatot felforraljuk. Az oldatból először sárga, sárgászöld csapadék válik ki, amely további melegítés hatására megvörösödik.



A Fehling-reakció

(Forrás: Wikipédia)

Az **ezüstitűkő-próba** segítségével el tudjuk dönteni egy karbonil-vegyületről, hogy aldehidről vagy ketonról van szó. Ezüstitűkő-próbának azért nevezik, mert pozitív próba esetén a fémezüst redukálódó ezüst(I)-ionok vékony felületet képezve rakódnak ki a kémcső falára.

Tiszta kémcsőbe ezüst-nitrát oldatot öntünk, majd adjunk hozzá annyi ammónia-oldatot, hogy a képződő csapadék éppen feloldódjon. Ezután adjunk az oldathoz szőlőcukor-oldatot, és a folyadékot óvatosan melegítsük fel! A kémcső falán ezüstszerű csapadék fog képződni.



Az ezüstitűkő-próba végeredménye

(Forrás: Wikipedia)

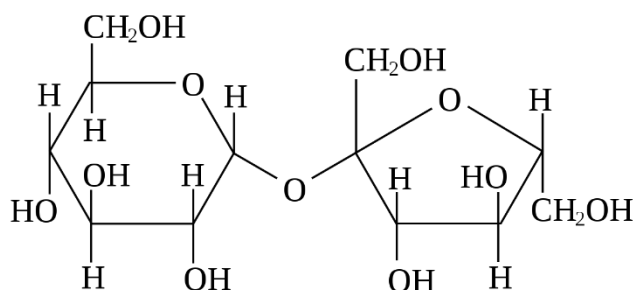
A legkisebb monoszacharidok a triózok, melyek három szénatommal rendelkeznek. Az egyik legjellemzőbb trióz a glicerinaldehid, amely az anyagcsere folyamatok fontos köztterméke. Ennek foszfát-származéka a glicerinaldehid-3-foszfát, amely a biológiai cukorlebontás folyamatában, a glikolízisben vesz részt.

Öt szénatomos monoszacharidokat pentózoknak nevezzük, jelentőségük szintén az anyagcserében, köztestermékként vannak. Ide tartozik a ribóz és a dezoxiribóz. A gyűrűs formák az anyagcserében nélkülözhetetlen nukleotidok és származékaik pl. koenzimek, nukleinsavak.

Hat szénatomos monoszacharidok (hexózok) központi jelentőségűek az élő szervezet számára. Legjelentősebb képviselőjük a glükóz (szőlőcukor), a sejtek legfontosabb energiaforrása, számos összetett szénhidrát alkotórésze. Bár lánc formában is létezik, leggyakrabban mégis gyűrűs formájban van jelen. Ilyenkor a glükóznak kétféle sztereoizomerje létezik:  $\alpha$  és  $\beta$ .

## Diszacharidok

Cukrok hidroxil-csoportjai között vízkilépéssel kovalens kötés, ún. glikozidos kötés jön létre. A diszacharidok legismertebb képviselői a szacharóz (más néven répacukor), ahol egy glükóz és egy fruktóz kapcsolódik össze, a maltóz (malátacukor) esetében két glükózmolekula kapcsolódik össze és a laktóz (tejcukor), amelynél egy galaktóz és egy glükóz kapcsolódik össze.



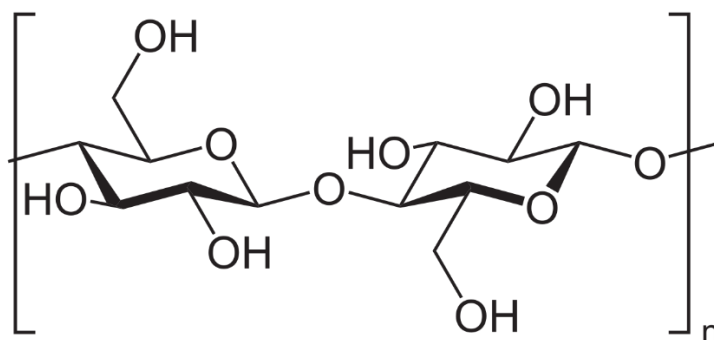
Szacharóz képlete

(Forrás: Wikipédia)

## Poliszacharidok

A poliszacharidok nagy molekulájú polimerek, melyek több száz - több ezer monoszacharid összekapcsolódásával jönnek létre. A két legnagyobb mennyiségben előforduló poliszacharid a cellulóz és a keményítő. A poliszacharidok monomerje a glükóz, a monomerek között 1-4 glikozidkötés lép fel (egyik glükóz 1. szénatomja, illetve a mellette lévő monomer 4. szénatomján lévő hidroxilcsoportok között létrejött éterkötés).

A **cellulóz** a növények jellegzetes sejtfal alkotója, vízben nem oldódó poliszacharid. A cellulóz több ezer  $\beta$ -glükóz monomerből épül fel, hosszú, el nem ágazó láncot alkotnak. A hosszú láncok között és láncon belül is fellépnek hidrogénkötések, ezek fogják stabilizálni a molekulákat.

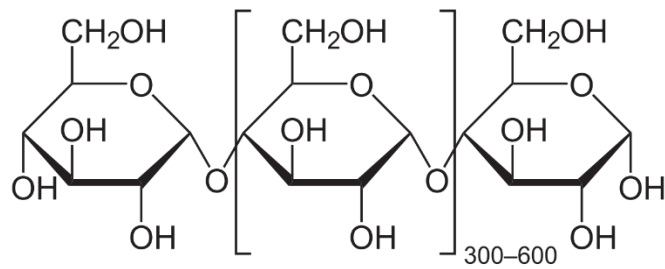


Cellulóz molekula részlet

(Forrás: Wikipédia)

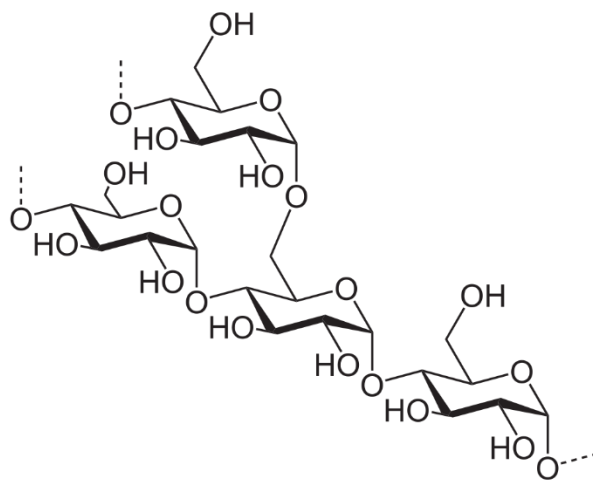
## Tartalékszénhidrátok

**Keményítő:** A növényekre jellemző tartalékszénhidrát, amely a fotoszintézis eredményeként képződik. A keményítő két összetevője az amilóz és az amilopektin. Az amilózban a több száz glükóz 1-4 glikozidos kötéssel el nem ágazó láncot hoz létre. Az  $\alpha$ -kötések szögei miatt spirál alakot vesz fel. A spirál meneteit H-híd kötések tartják össze. Az amilopektin esetében 20-25 egységenként 1-6 glikozid-kötéssel elágazó szerkezet jön létre. Jellegzetesen fajra jellemző szemcsékben tárolódik a keményítő, amelyek felépítése réteges. Érdekeségük, hogy a gyors mobilizálhatóság végett a szemcsékben lévő amilóz és amilopektin mellett a szénhidrátbontó amiláz enzim is megtalálható.



Amilóz képlete

(Forrás: Wikipédia)



Amilopektin képlete

(Forrás: Wikipédia)

**Glikogén:** Az állatokra és gombákra jellemző tartalékszénhidrát, amelyet több ezer  $\alpha$ -glükóz egység által kialakított spirál, amely szintén tartalmaz 1-6-os elágazásokat. A gerincesekben a májban és a harántcsíktolt izomban tárolódik.

## Egyebek

**Kitin:** Szintén a poliszacharidok közé tartozik. Az elnevezése görög eredetű, a khitón – ruha, takaró szóból származik. *N*-acetilglükózamin molekulák alkotta polimerről van szó, mely nem csak az ízeltlábúak kültakaróját, de a gombák sejtfalának jelentős részét is alkotják. Az

orvostudományban jelentős kutatások folynak a kitin vegyileg módosított formájával, a kitozánnal, mellyel égési sebek kezelhetők.

**Pektin:** A pektin vázát  $\alpha$ -(1-4) kapcsolt D-galakturonsav lineáris lánc alkotja, amelyben átlagosan minden 25. pozícióban ramnóz található. A magasabb rendű növények húsos terméseiben (alma, körte) és gyökereiben (répa) fordul elő.

## Ellenőrző kérdések

Molekulaszerkezet alapján mely csoportokra tagoljuk a szénhidrátokat?

Mely szénhidrátok kimutatására alkalmas a Fehling reakció?

Mely vegyületek között segít különbséget tenni az ezüsttükör-próba?

Hozz példát az alábbi szénhidrátokra és említsd meg a legfontosabb biológiai funkcióját a példaként felhozott szénhidrátoknak:

-trióz

-pentóz

-hexóz

Hogyan alakul ki a glikozidos kötés?

Mely monoszacharidok alkotják a következő diszacharidokat?

-szacharóz

-maltóz

-laktóz

Hogyan épül fel a cellulóz? (egységei, kötés)

Hogyan épül fel a keményítő? (egységei, kötés)

Miben tér el az amilóz és az amilopektin?

Mely élőlényekre jellemző a glikogén?

Mely élőlényekre jellemző a kitin?

## Javasolt irodalom

Gál Béla: Biológia 11. A sejt és az ember biológiája. Mozaik Kiadó, Szeged, 2012.

Dr. Németh Endre, Szécsi Szilveszter: Biológiai fogalmak és összehasonlító táblázatok. Mozaik Kiadó, Szeged, 2003.

Dr. Lénárd Gábor: Biológia 11. (gimnázium). Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 2007.

Szászné Heszlényi J., Dr. Szerényi G., Stodulka G., Végh I.: Repeta-Biológia. Scolar Kiadó, Budapest, 1996.

Gulyás Magdolna, Deér Aranka, Szegletes Tivadar, Tóth Lajos: A biokémia alapjai. József Attila Tudományegyetem, Szeged, 1998.

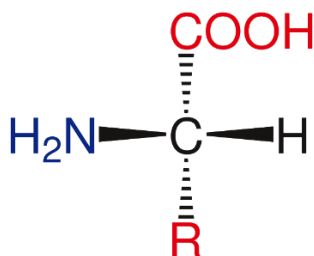
Nyitrai László, Pál Gábor: A biokémia és molekuláris biológia alapjai. Eötvös Loránd Tudományegyetem, 2013.

<http://elte.prompt.hu/sites/default/files/tananyagok/ABiokemiaEsMolekularisBiologiaAlapjai/index.html>



# Fehérjék

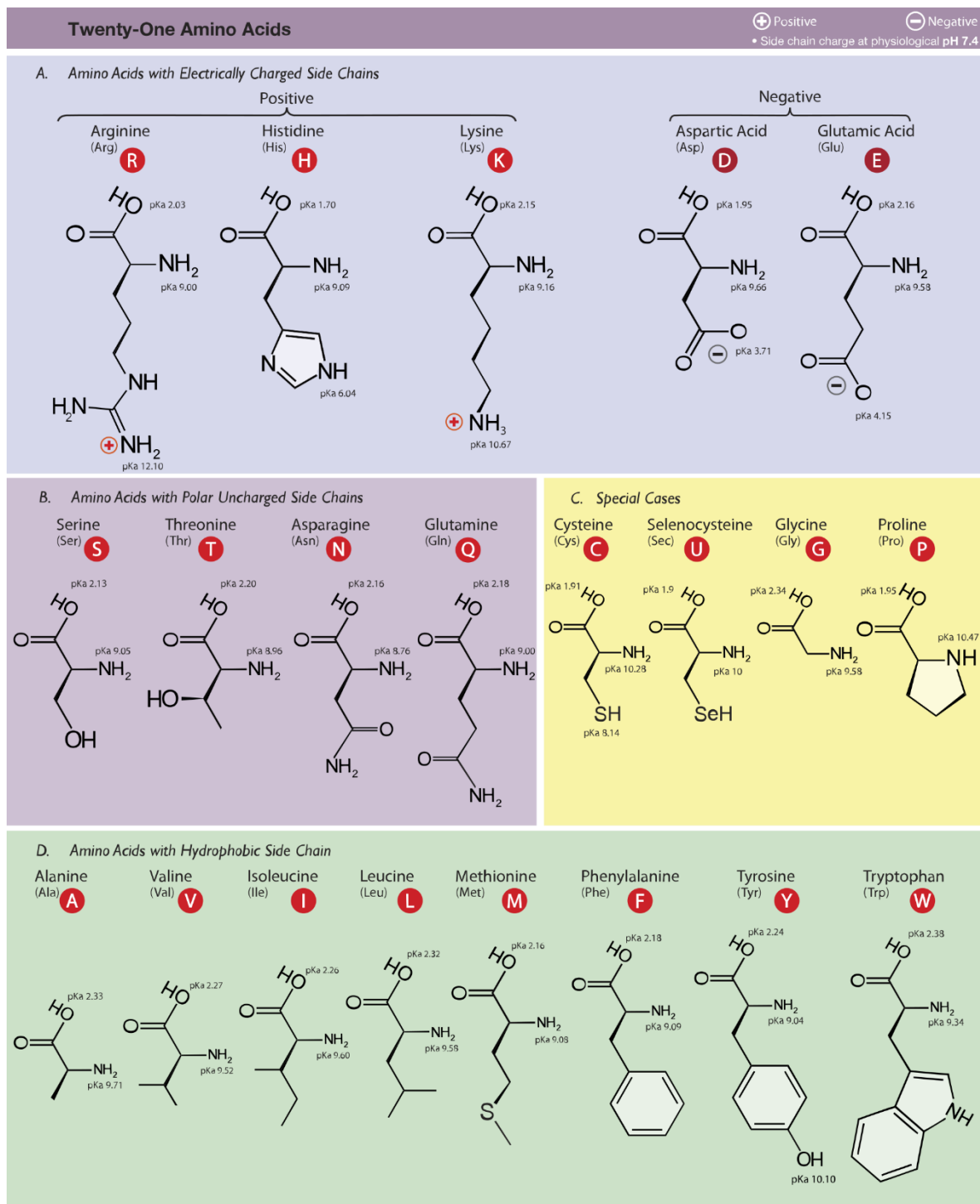
Az élő szervezeteket felépítő fehérjék aminosavakból épülnek fel. A fehérjék aminosav sorrendjét a génekben rejlő információ kódolja a genetikai kódszótárnak (lásd később a transzlációnál) megfelelően. Az aminosavak korlátlan számban képesek egymáshoz kapcsolódni peptidkötéssel, ennek során az egyik aminosav karboxilcsoportja a másik aminocsoportjával kapcsolódik. A fehérjék kialakításában 20 féle aminosav vesz részt. A természetes aminosavak L konfigurációjúak (a konfigurációról bővebben a Szénhidrátok fejezetben olvashat).



Az aminosavak általános felépítése

(Forrás: Wikipédia)

Egy átlagos fehérje kb. 300-400 aminosavból áll össze. Amennyiben mind a 20 féle aminosav előfordul az adott polipeptid láncban, akkor  $20^{400}$  db különböző aminosav sorrendű fehérje alakulhatna ki.



Az aminosavak táblázata

(Forrás: Wikipédia)

Az aminosavak összekapcsolódási sorrendje tekinthető a fehérje **elsődleges szerkezetének**, vagy más néven szekvenciájának. Az elsődleges szerkezet meghatároz egy térszerkezetet, amelyet számos tényező befolyásol: különböző oldalláncok méretének,

töltésének, valamint jelentős hatással bírnak rá a környezeti tényezők (pH, hőmérséklet, ionkoncentráció). Általában egy polipeptidláncnak csak egy vagy néhány konformációja létezik.

A **másodlagos szerkezet** a polipeptidlánc kisebb részeinek térbeli konformációját jelenti. Ennek két formáját ismerjük, az egyik az  $\alpha$ -hélix, a másik a  $\beta$ -redő. Az  **$\alpha$ -hélix** volt az elsőként felismert másodlagos szerkezeti elem és egyben a leggyakoribb másodlagos szerkezeti elem. Az  $\alpha$ -hélix szerkezetben hidrogénhidak jönnek létre a hélixben szereplő aminosav csoportok között.

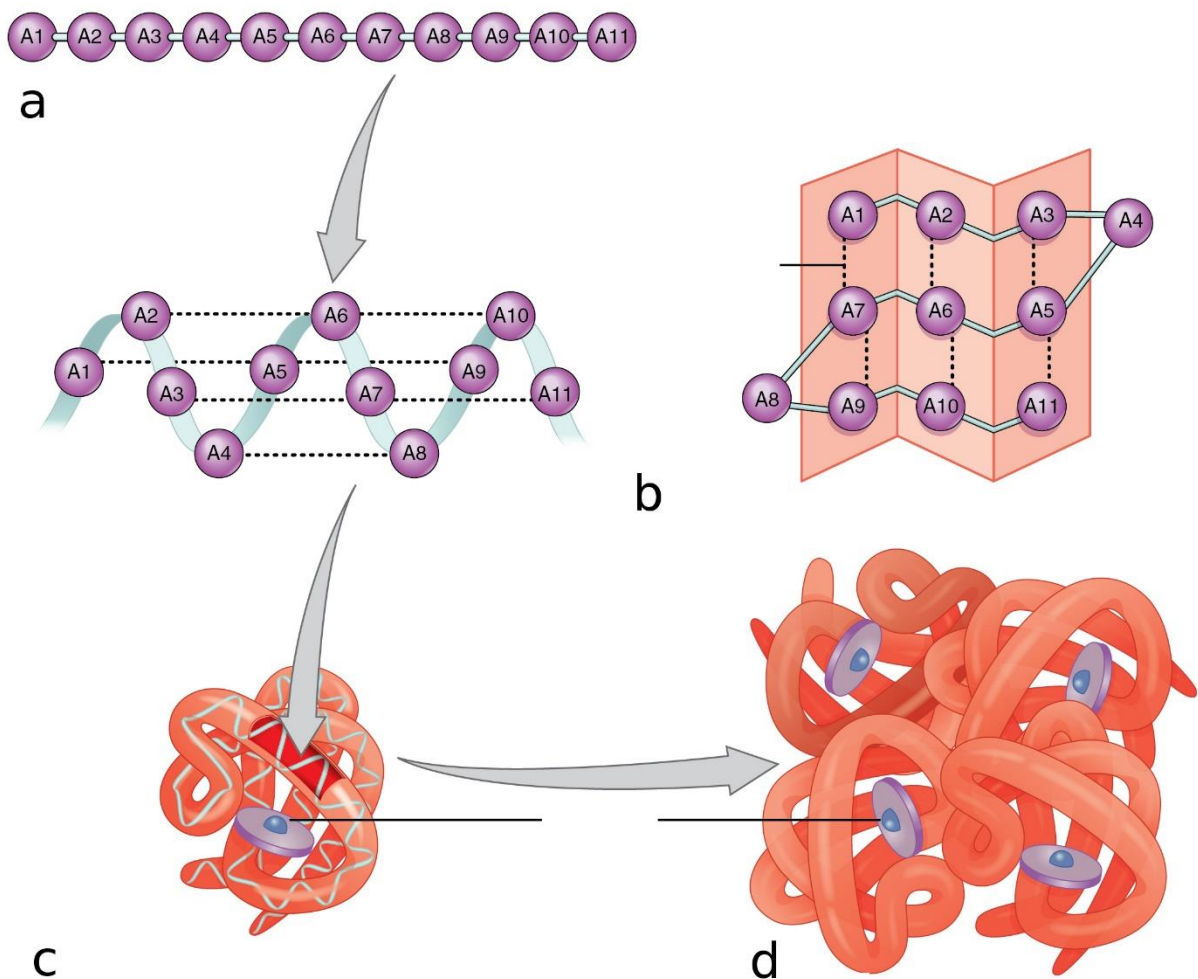
A  **$\beta$ -lemez szerkezetet  $\beta$ -láncok** hozzák létre a láncok közötti hidrogénhid kötések révén.

Az előzőekben említett másodlagos szerkezettel gyakorlatban találkozhatunk például a fodrásznál. Ugyanis a dauer eljárás során a lúgos vegyi anyagok felpuhítják a keratint, lebontják a meglévő diszulfid-hidakat, majd a fodrász által kialakított frizurában rögzülnek az új diszulfid-hidak. Így egy új frizura jön létre.

A keratint csupán néhány élőlény képes lebontani, ennek magyarázata, hogy a keratin is nagy mennyiségben tartalmaz diszulfid-hidakat. Szóval bár a peptidkötéseket a keratinban képesek lebontani, de a diszulfidhidak továbbra is összetartják az elhasogatott peptideket. Ugyanakkor a ruhamolyok képesek megemészteni a keratint, mivel az emésztőrendszerük merkaptánokat termel, amelyek redukálják a diszulfidhidakat.

A fehérjemolekulák **harmadlagos szerkezete** a polipeptidlánc térbeli elrendeződését jelenti, amit az aminosav-egységek oldalláncai között létesülő első- és másodrendű kötések rögzítenek.

A negyedleges szerkezet csak azokra a fehérjékre jellemző, amelyek több polipeptidláncból tevődnek össze. A fehérjék **negyedleges szerkezetét** két vagy több polipeptidlánc kapcsolódása hozza létre, ezeket a polipeptidláncokat a fehérje alegységeinek nevezzük.



A fehérjék elsődleges (a), másodlagos (b), harmadlagos (c) és negyedleges szerkezete (d)

(Forrás: Wikipédia)

Minden életfolyamatban részt vesznek a fehérjék. Ezek közül íme néhány, a teljesség igénye nélkül: belső szerkezeteket hoznak létre, lebontó/felépítő folyamatokat katalizálnak, szerepük van a DNS másolásában, ide tartoznak az immunrendszer fehérjéi, fehérje szállítja az oxigént és a szén-dioxidot, stb. Ebből a felsorolásból is kiderül, hogy számos funkciót képesek ellátni, mindehhez hatalmas változatosság jár. Ennek függvényében azonban talán meglepő, hogy ezek ellenére kémiaiailag viszonylag egyszerű molekulákról van szó. Ezt a változatosságot 20 (+2) aminosav különböző sorrendbe történő kapcsolásával éri el az élőlény.

Az aminosavak  $\alpha$ -amino-karbonsavak, ahol az  $\alpha$ -szénatomhoz kapcsolódik egy aminocsoport, egy karboxil-csoport, valamint az oldallánc csoport. A 20 aminosav az oldalláncban különbözik. Ezen kívül a 21. aminosav a szelenocisztein, mely az egyetlen szelén

tartalmú aminosav, amely érdekessége, hogy nincs eredeti genetikai kódja a „64 szavas” kódszótárban, hanem az ún. stopjelek egyike, az UGA kódolja. A legtöbb baktérium termeli, valamint emberben is termelik a mitokondriumok. Az emberi szervezet számára létfontosságú aminosav, mivel eddigi ismereteink szerint 25 humán fehérje felépítéséhez nélkülözhetetlen.

A pirrolizint a 22. aminosavként tartják számon. A szelenociszteinhez hasonlóan szintén az egyik stopkodon, az UAG kódolja. Csupán néhány metanogén archea fajban azonosították eddig, itt a metiltranszferáz enzim aktív centrum működésében van fontos szerepe.

Azonban a fehérjékből sok egyéb aminosav is azonosítható, de ezek poszttranszlációs úton, oldalláncok utólagos módosulásával keletkeznek. Ezek a poszttranszlációs módosítások befolyásolhatják az adott fehérje lokalizációját, a működésüket vagy éppen egyéb molekulákkal kialakított kapcsolatukat. Az egyik ilyen reverzibilis módosítási lehetőség a foszforiláció/defoszforiláció, amelynek segítségével lehetővé válik a fehérjék aktivitásának ellenőrzése, gyors ki-és bekapcsolása. A kináz enzimek képesek foszfát csoportot helyezni a fehérjék bizonyos pozícióban lévő Ser, Thr és Tyr aminosav részeire. A foszforiláción keresztül egy apró szabályozás felerősíthető protein-kináz kaszkádok segítségével. Ilyen rendszerek szabályoznak több fontos jeltovábbító útvonalat. A foszfatázok képesek eltávolítani ezeket a foszfát csoportokat. A foszfát-csoporton kívül cukor-, vagy lipidegység is kapcsolódhat a fehérjéhez, sőt jelenleg már közel 500 poszttranszlációs aminosav-módosítást ismerünk.

## Ellenőrző kérdések

Hogyan alakul ki a peptidkötés?

Rajzolja fel az aminosavak általános képletét!

Mit nevezünk a fehérje elsődleges-, másodlagos-, harmadlagos szerkezetének?

Mely fehérjék esetében beszélhetünk negyedleges szerkezetről?

Hány aminosavat írtak le eddig?

## Javasolt irodalom

Gál Béla: Biológia 11. A sejt és az ember biológiája. Mozaik Kiadó, Szeged, 2012.

Dr. Németh Endre, Szécsi Szilveszter: Biológiai fogalmak és összehasonlító táblázatok. Mozaik Kiadó, Szeged, 2003.

Dr. Lénárd Gábor: Biológia 11. (gimnázium). Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 2007.

Szászné Heszlényi J., Dr. Szerényi G., Stodulka G., Végh I.: Repeta-Biológia. Scolar Kiadó, Budapest, 1996.

Gulyás Magdolna, Deér Aranka, Szegletes Tivadar, Tóth Lajos: A biokémia alapjai. József Attila Tudományegyetem, Szeged, 1998.

Nyitrai László, Pál Gábor: A biokémia és molekuláris biológia alapjai. Eötvös Loránd Tudományegyetem, 2013.

<http://elte.prompt.hu/sites/default/files/tananyagok/ABiokemiaEsMolekularisBiologiaAlapjai/index.html>

Pálfia Zsolt, Dr. Kristóf Zoltán: A sejtbiológia alapjai. Eötvös Loránd Tudományegyetem, 2013. <http://elte.prompt.hu/sites/default/files/tananyagok/Sejtbiologia/index.html>

Márialigeti Károly (szerk.): Bevezetés a prokarióták világába. Eötvös Loránd Tudományegyetem, 2013.

<http://elte.prompt.hu/sites/default/files/tananyagok/BevProkariotakVilagaba/index.html>

Wunderlich Líviusz, Szarka András: A biokémia alapjai. Typotex Kiadó, 2014.

[https://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop412A/2011\\_0079\\_wunderlich\\_szarka\\_biokemia/index.html](https://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop412A/2011_0079_wunderlich_szarka_biokemia/index.html)

# Nukleotidok, nukleinsavak

## Alapfogalmak

Makroerg kötés: Nagy energiájú kötés, 25 kJ/mol-nál nagyobb energiával bíró kémiai kötés.

Bázispárosodás szabálya: Adenin és timin, illetve adenin és uracil között kettős kötés, míg guanin és citozin között hármas hidrogénkötés jön létre.

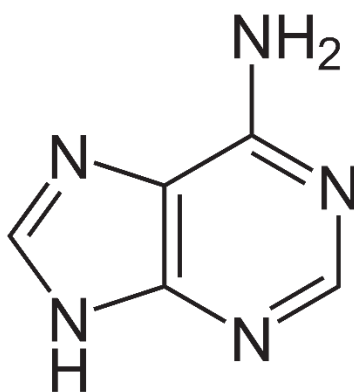
A nukleinsavak az élő rendszerek létfontosságú makromolekulái, melyek maguk is összetett molekulák. Erre bizonyítékot a **teljes savas hidrolízis** alkalmazásával tudtak találni, amelynek eredményeként **foszforsavat**, egy **öt-szénatomos cukrot** és egy **nitrogén tartalmú gyenge bázist azonosítottak**. Ezekből a vizsgálatokból az is kiderült, hogy **kétféle nukleinsav** van, amely egyikében a cukorrész **ribóz**, ezért ezt **ribonukleinsavnak (RNS)** nevezték el, a másikban dezoxiribóz, ez utóbbit **dezoxiribonukleinsavnak (DNS)** nevezték el.

A gyenge bázis a cukor 1', míg a foszforsav az 5' szénatomhoz kapcsolódik. Mind az RNS, mind a DNS sajátos tulajdonságát a **bázisok sorrendje** biztosítja. Mindkettő el nem ágazó polimer molekula, amely **irányultsággal rendelkezik**. Az egyik végen a ribóz 5'-, a másikon a 3'-hidroxilcsoportja található. A láncnak tehát van egy **5'-vége**, és egy **3'-vége**.

A DNS-ben és az RNS-ben előforduló bázisok kémiai felépítése **kétféle heterociklusos szerves bázis** szerkezetéből vezethető le, az egyik a **pirimidin**, a másik a **purin**.

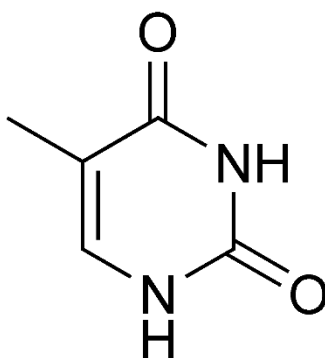
|                 | DNS alkotó | RNS alkotó |
|-----------------|------------|------------|
| Purin bázis     | adenin     | adenin     |
|                 | guanin     | guanin     |
| Pirimidin bázis | citozin    | citozin    |
|                 | timin      | uracil     |

A bázisok nevüket izolálásuk forrásáról kapták, így az adenint a hasnyálmirigyből (adénas: mirigy), guanint a guanóból, a timin név a csecsemőmirigy latin nevéből (thymus), míg az *uracil* neve az urea (karbamid) és acid (sav) összevonásából ered.



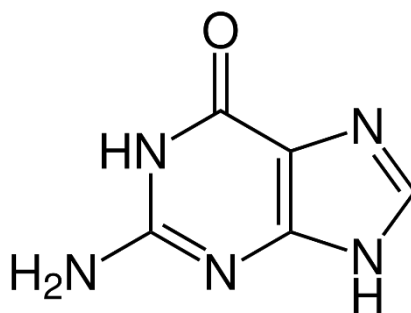
Adenin

(Forrás: Wikipédia)



Timin

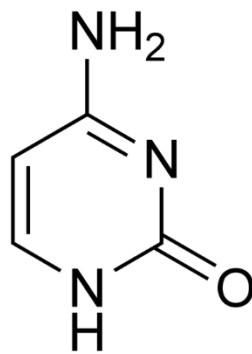
(Forrás: Wikipédia)



Guanin

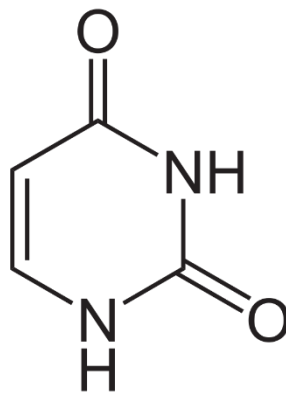
(Forrás: Wikipédia)





Citozin

(Forrás: Wikipédia)



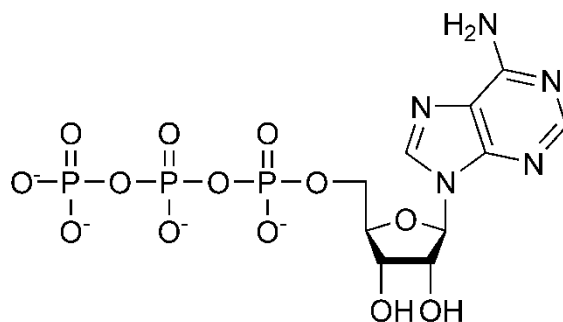
Uracil

(Forrás: Wikipédia)

### Nukleotidok származékai

Számos fontos szereppel bírnak az élőlények életfolyamataiban, így az energiatovábbításban, energiatárolásban, illetve kofaktorként működnek bizonyos reakciókban. Általában ribóz található bennük cukormolekulaként. Gyakran trifoszfát formában vannak jelen, amelyben a foszfátok között **makroerg** (nagy energiájú) kötés alakul ki. Ebből talán már sejthető, hogy e molekulák a sejt energiaközvetítőjeként funkcionálnak. A legfontosabb közülük az ATP (adenozin-trifoszfát). Sejtjeinkben számos energiaigényes folyamat zajlik,

mely során az ATP foszfátjai közti makroerg kötés fog hidrolizálódni, ezen reakciók során felszabaduló energia jelentős része a lezajló folyamatokban használdik fel.



ATP képlete

(Forrás: Wikipédia)

Ennek ellentétes folyamata az ATP keletkezése. Az energiaszabadulással járó folyamatok esetén ADP-ből (adenozin-difoszfát) és foszforsavból kondenzáció útján ATP jön létre. Ezen reakció során 31 kJ/mol energia tárolására nyílik lehetőség. ATP azonban AMP-ből (adenozin-monofoszfát) és pirofoszfát kondenzációjából is létrejöhet. Az ekkor létrejövő kötés energiája 36 kJ/mol.

Kofaktorok szintén a nukleotid-származékok közé tartoznak, de bennük a nukleotid mellett vitamin-jellegű csoport is található.

-NAD<sup>+</sup> (nikotinamid-adenin-dinukleotid): két bázis (egy adenin és egy nikotinamid) található benne. Feladata a hidrogén szállítása a lebontó folyamatokban.

-NADP<sup>+</sup>: Feladata a hidrogén szállítása a felépítő folyamatokban.

-Koenzim-A: leggyakrabban acetil-csoportot szállít lebontó és felépítő folyamatokban, ilyenkor acetil-koenzim-A-ként (Ac-CoA) jelöljük.

## Nukleinsavak

A nukleotidok összekapcsolódásával polinukleotidok (nukleinsavak) jönnek létre. Ezek feladata a biológiai információ tárolása és átadása. Az egymás melletti monomerek 5'-3' foszfodiészter kötéssel kapcsolódnak össze. A nukleinsavak gerincét a pentóz-foszfát láncolat

alkotja, amelyen a bázisok mint oldalláncok találhatók. Az öt szénatomos pentóz ad irányt a láncnak, amely így lehet 5'-3' vagy 3'-5'.

### **Nukleinsavak típusai és bázisai:**

#### DNS (dezoxiribonukleinsav):

-purinvázú bázis: adenin (A)

guanin (G)

-pirimidinvázú bázis: timin (T)

citozin (C)

#### RNS (ribonukleinsav):

-purinvázú bázis: adenin (A)

guanin (G)

-pirimidinvázú bázis: uracil (U)

citozin (C)

A DNS-t alkotó két láncot a bázisok között fellépő hidrogénkötések kapcsolják össze. A két szál párhuzamos lefutását annak köszönheti, hogy egy pirimidin bázissal szembe egy purin bázis helyezkedik el. A két lánc egymás komplementere, kiegészítik egymást, köszönhetően a bázispárosodás szabályának, miszerint A és T között, (illetve A és U között) kettős kötés, míg C és G között hármas hidrogénkötés alakul ki. A DNS két lánc ellentétes lefutású, a spirál egy fordulataiban 10 bázis helyezkedik el, ennek hossza 3,4 nm. A DNS lánc kitekerve, láncként hosszú és sérülékeny, hatalmas mérete miatt szükséges egy kompaktabb, kisebb helyigényű formát felvennie. Ennek legelső pontja, mikor kialakul a két összekapcsolódó polinukleotid lánc által alkotott  $\alpha$ -hélix. Következő lépésként szuperhélix-formát vesz fel. Az eukarióta szervezeteknél a további feltekeredésben segítenek a hisztonfehérjék, melyek hisztonmagokat alkotnak, ezekre csavarodik fel kétszeresen a DNS. A

felcsavart részt egy másik fehérje rögzíti. A kialakult szerkezetet nukleoszómának nevezzük. Ebből nagyon sok tud létrejönni egy DNS molekulán – kinézete talán a gyöngysorhoz hasonlít leginkább.

Az RNS (ribonukleinsav) az örökítőanyag információját továbbítja a fehérje előállításához, illetve részt vesz a fehérjeszintézisben.

### **Típusai:**

-riboszóma-RNS

-szállító RNS

-hírvivő RNS

-stb.

Az RNS méretében, működésében és térszerkezetében is eltér a DNS-től – jelentősen kisebb és rövidebb az RNS a DNS-nél. Egyetlen szálból áll, amely képes visszahajolni és így egyes szakaszok bázisai képesek hidrogénkötést kialakítani egymással.

A hírvivő RNS (mRNS, messenger RNS) a fehérjék aminosavsorrendjét meghatározó információt szállítja a DNS-től.

A szállító RNS (tRNS, transzfer RNS) a fehérjeszintézis helyére szállítja az aktivált aminosavakat.

A riboszóma-RNS (rRNS) a riboszóma felépítője, amely a fehérjeszintézis színhelye.

## **Ellenőrző kérdések**

Mit nevezünk makroerg kötésnek?

Mit nevezünk a bázispárosodás szabályának?

Mi biztosítja az RNS/DNS irányultságát?

Melyek a DNS-t alkotó bázisok?

Melyik bázisban tér el az RNS a DNS-től?

Milyen funkcióját ismeri az adenosin-trifoszfátnak?

Mekkora energia tárolódik az ATP kötéseiben? (ATP→ADP, illetve ATP→AMP)

Soroljon fel kofaktorokat!

Melyik anyagcsere-folyamat típusokban lát el feladatot a  $\text{NAD}^+$ , illetve a  $\text{NADP}^+$ ?

Sorolja fel a DNS általános jellemzőit!

Sorolja fel a legfontosabb RNS típusokat!

## **Javasolt irodalom**

Gál Béla: Biológia 11. A sejt és az ember biológiája. Mozaik Kiadó, Szeged, 2012.

Dr. Németh Endre, Szécsi Szilveszter: Biológiai fogalmak és összehasonlító táblázatok. Mozaik Kiadó, Szeged, 2003.

Dr. Lénárd Gábor: Biológia 11. (gimnázium). Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 2007.

Szászné Heszlényi J., Dr. Szerényi G., Stodulka G., Végh I.: Repeta-Biológia. Scolar Kiadó, Budapest, 1996.

Gulyás Magdolna, Deér Aranka, Szegletes Tivadar, Tóth Lajos: A biokémia alapjai. József Attila Tudományegyetem, Szeged, 1998.

Nyitrai László, Pál Gábor: A biokémia és molekuláris biológia alapjai. Eötvös Loránd Tudományegyetem, 2013.

<http://elte.prompt.hu/sites/default/files/tananyagok/ABiokemiaEsMolekularisBiologiaAlapjai/index.html>

Pálfia Zsolt, Dr. Kristóf Zoltán: A sejtbiológia alapjai. Eötvös Loránd Tudományegyetem, 2013. <http://elte.prompt.hu/sites/default/files/tananyagok/Sejtbiologia/index.html>

# Sejtszerveződés

Földünkön az élet hosszú és tökéletesen a mai napig sem ismert folyamatok eredményeként alakult ki. A jelenleg megfigyelhető komplexitás az evolúciónak köszönhető, mindennek legfőbb hajtóerői az évmilliárdok során fokozatosan változó fizikai-, kémiai- és geológiai viszonyok voltak. Azonban tisztában kell lennünk azzal, hogy az első megjelent élőlények a Földön prokarióta szervezetek voltak.

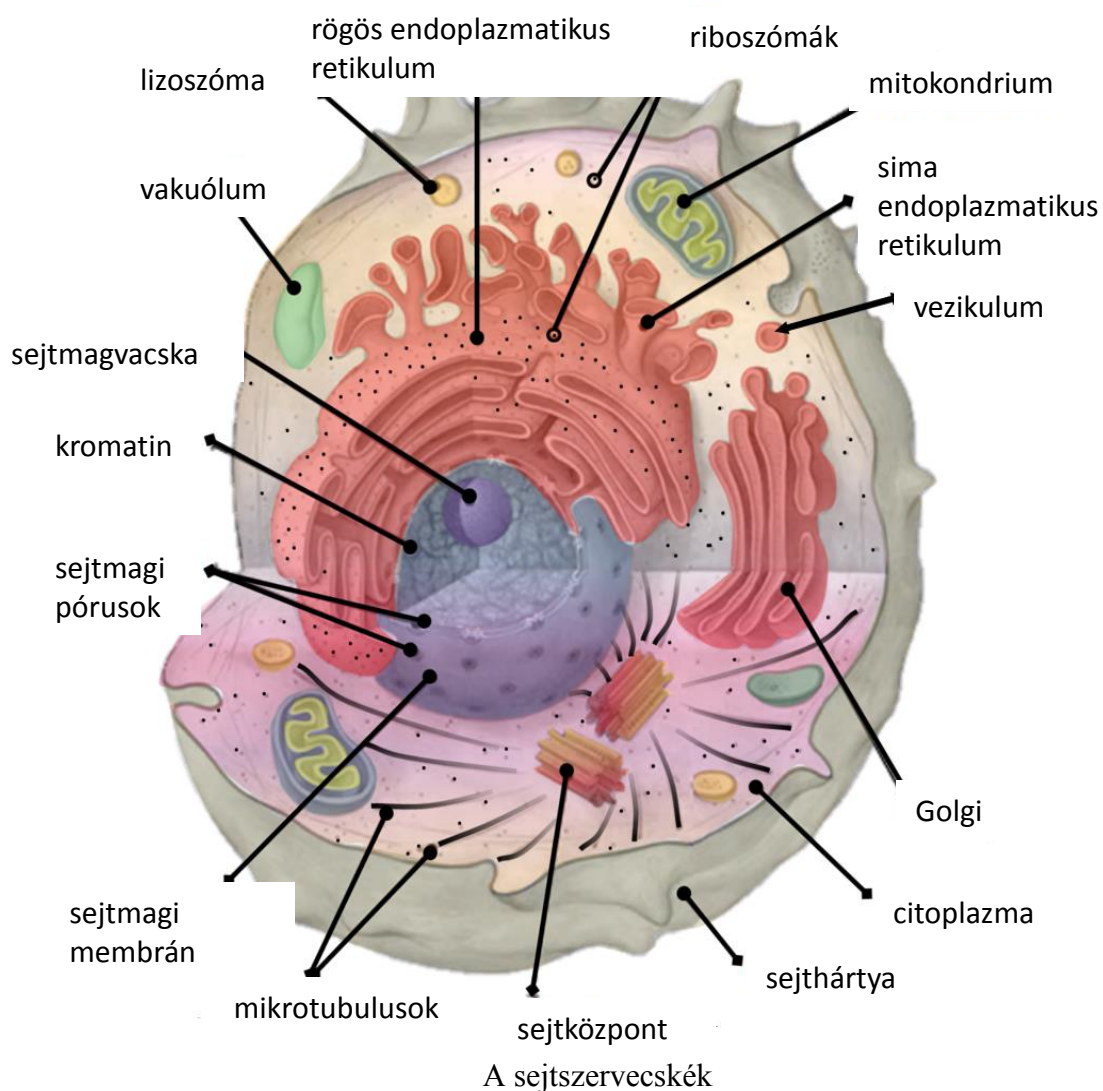
A XX. században O. I. Oparin orosz és J. S. Haldane angol tudósok megfogalmazták az élet keletkezésének biokémiai hipotézisét, amely szerint az élet megjelenését megelőzte egy kémiai evolúció. A vulkáni tevékenység miatt a légkörbe és a felszíni vizekbe számos kémiai elem került. A Föld őslégköre  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{NH}_3$ , kén-oxidok,  $\text{H}_2\text{S}$  és  $\text{H}_2\text{O}$  tartalmú keverék volt. Mivel az ózonpajzs ekkor még nem létezett, így a Föld felszínre eljutottak a kozmikus sugarak.

Ehhez hasonló viszonyokat sikerült laboratóriumi körülmények között létrehozni, amelyek eredménye képpen szerves vegyületek keletkeztek (monoszacharidok, aminosavak és nukleotidok). Ezek besűrűsödtek, és a víztől elkülönült koacervátum-cseppek (a kolloid és a kocsonyás közötti átmeneti állapot, *co(n)-* ('össze') és *acervare* ('halmoz') jöttek létre.

A Földön megtalálható élőlények sejtes szerveződésűek, ezen belül két fő típust különítünk el – prokariótákat és eukariótákat. A sejtet az élővilág legkisebb, önálló életre képes egységének tekintjük. A prokariótákban elkülönült, önálló sejtmag nem figyelhető meg, egysejtű élőlények (baktériumok és cianobaktériumok) tartoznak közéjük, elnevezésük a görög *prokarion* (sejtmag „előtti”, állapotú = sejtmagnélküli) szóból származik.

A prokarióta sejtek ősi típusát képviselik a sejtes szerveződésnek, nincsenek membránnal körülhatárolt sejtszervecskéik, egyetlen reakcióter a citoplazma. Ezért a prokarióta sejteknél a membrán lát el minden olyan funkciót, ami egy eukarióta sejtben a sejtszervecskék membránjához kötötten zajlik. Ezen sejtek nukleáris állománya legtöbbször egyetlen cirkuláris DNS (bizonyos esetekben több kópiában is jelen lehet). Kondenzált formában ezt nevezzük a bakteriális kromoszómának. Ezen kívül a prokarióta sejt egyéb extrakromoszomális genetikai elemekkel is rendelkezhet, ilyenek pl. a plazmidok. A plazmid a kromoszómától független replikációval rendelkező, cirkuláris DNS. A plazmidok gyakran rezisztencia géneket hordoznak.

Az eukarióta sejtek a citoplazmától elkülönített sejtmagot tartalmaznak (*eukarion*: valódi sejtmag). DNS-ük több darabban van jelen. A belső membránrendszer kialakulásával számos sejtalkotó és sok reakciótér jött létre egymás mellett, amely komoly lépést jelentett a hatékonyabb anyagcsere irányába. Mindez a későbbiekben, az evolúció során elengedhetetlennek bizonyult a nagyobb méret eléréséhez és a differenciálódáshoz. Ez tette lehetővé azt is, hogy a kisebb méretű prokariótákat képes volt bekebelezni az eukarióta sejt, amelyekből kialakult a színtest és a mitokondrium.



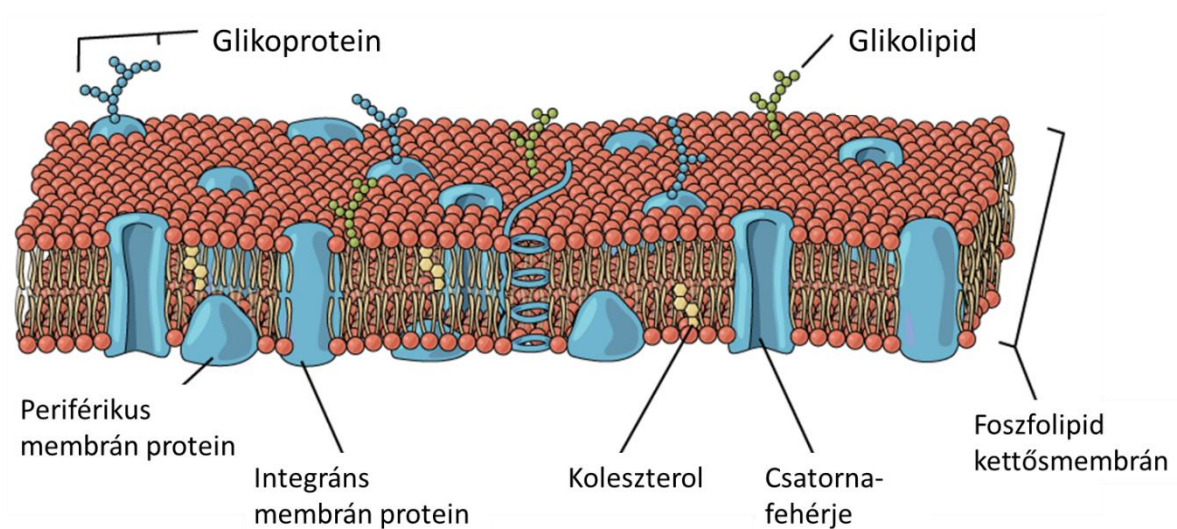
(Forrás: Wikipédia)

## A sejtmag

Mint az előzőekben láthattuk, a sejtmag az eukarióta sejtek névadója, mely egy önálló membránrendszer részeként létrejött sejtmaghártyával van körülvéve. Ezen a membránon belül található a maganyag, amely két főbb összetevőből áll. Az egyik összetevő a magnedv, amely vízben oldott kis- (ionok, monoszacharidok, stb.) és makromolekulákat (RNS, fehérje) tartalmaz. A másik alkotó a kromatin, amely a DNS-t és a hisztonfehérjéket tartalmazza.

## A sejtmembrán

A membránok egyszerre adnak lehetőséget a környezettől való elhatárolásra és a környezettel való kapcsolat kialakítására, másrészt eukariótákban ezen felül különböző reakciótereket különítenek el és kapcsolnak össze. Ezen funkciók miatt **biológiai membránnak** is nevezzük.



A biológiai membrán felépítése

(Forrás: Wikipédia)

A biológiai membránok 5–10 nm (az állati sejtek plazmamembránja 10 nm) vastag, alapját a kettős lipidréteg biztosítja. Fő építőegységei a kettős oldékonyságú foszfatidok, melyek közül a legjelentősebb a lecitin. A foszfatidok hosszú szénláncú apoláris részei között egymás felé fordulva Van der Waals kötések alakulnak ki. A poláris feji régió a poláris közeg (citoplazma és a sejten kívüli vizes közeg) felé néz, a foszfatidok poláris feji régiójában is Van der Waals kötések kapcsolják össze a molekulákat. (A membrán merevségét fokozó molekula a koleszterin.)



Minden membránban viszonylag nagy mennyiségben találhatók fehérjék is. Feladatuk nagyon szerteágazó, vannak közöttük, melyek bizonyos anyagok megkötésében (receptorok) vesznek részt, míg mások transzportfolyamatok tagjai. Elhelyezkedésüket figyelembe véve léteznek integráns membrán fehérjék és a perifériális fehérjék. Az integráns fehérjék a membránt teljes vastagságban átérlik, vagy csak belesüllyednek. A perifériális fehérjék ezzel szemben a membrán extracelluláris vagy az intracelluláris oldalán találhatók.

Az előzőekben tárgyalt fehérjék nem alkotnak összefüggő, folytonos réteget, inkább „szigetekként”, mozaikosan helyezkednek el. S mivel a membrán szerkezetéből adódóan nem merev, hanem inkább félfolyékony (fluid) tulajdonsággal jellemezhető, ezért a biológiai membránokat leginkább a „mozaik membrán modell” mutatja be a legszemléletesebben.

A sejtmembránhoz a külső felszínen fehérjéhez vagy lipidhez kapcsolva szénhidrátok is találhatók. Ettől aszimmetrikussá válik a membrán. Az így kapcsolódó cukor-ligandok fontos szerepet kapnak a sejt felismerhetőségében például a vércsoportok esetében.

## **Az endoplazmatikus retikulum**

Az endoplazmatikus retikulum (ER) az eukarióták legnagyobb felületű belső membránrendszer. A sejtmag membránjával közvetlen kapcsolatban áll. Felépítését a lapos zsákok (ciszternák) és csövek jellemzik. Egyik jellemző típusa a rögös endoplazmatikus retikulum (RER – rough endoplasmic reticulum), amely felületén a fehérjeszintetizáló riboszómák ülnek. A riboszómák hiányoznak a sima felszínű endoplazmatikus retikulum (SER – smooth endoplasmic reticulum) felületéről, amely fontos feladattal bír a lipid- és szénhidrát-anyagcserében, illetve a káros anyagok lebontásában.

## **Golgi készülék**

A **Golgi-készülék** minden eukarióta sejtben megtalálható. Feladataként legtöbbször az endoplazmatikus retikulumban szintetizálódott fehérjék átalakítását és a végleges helyükre történő irányítást szokták említeni. A Golgi-készülekről az onnan távozó anyagok membránhólyagokba (lizoszómák) csomagolódva kerülnek ki.

## Lizoszóma

A **lizoszóma** nevét a lízis (hasítás) és a szóma (test) szavak összetételéből eredeztetik. A belsejében lezajló hidrolízisről kapta, azonban funkciója itt nem merül ki, hiszen a sejten belüli anyagtranszport nélkülük nem valósulhatna meg. Típusaik utalnak a bennük lezajló folyamatokra. Az **elsődleges lizoszómák** a Golgi-készülekről leváló, enzimtartalmú hólyagok vagy egy bekerült, bekebelezett részecske, esetleg egyes előregedett sejtalkotók körül kialakuló hólyagok lehetnek. Mivel ezekben a lebontásra váró anyag és az enzim együttesen nem található meg, így az elsődleges lizoszómákban bontás nem történik. Amennyiben az előbb említett enzimtartalmú és a bekebelezett részecskét tartalmazó hólyagok egyesülnek, megindul a lebontás folyamata. Ezeket már **másodlagos lizoszómáknak** nevezzük. A lebontást követően a felhasználható anyagok átkerülnek a citoplazmába, azonban a felesleges anyagok a sejthártyán való kilökődésig a **harmadlagos lizoszómában** maradnak.

## A színtestek és a mitokondrium

Mindkét eukarióta sejtalkotót kettős membránok alkotják, egy sima külső, illetve egy betűródésekkel teli belső membrán. Mátrixnak nevezzük a belső membránon belüli térrészt, míg a két membrán között a membránközi tér található. Eredetüket az endoszimbionta elmélet magyarázza: a mitokondrium bekebelezett baktérium, a színtest pedig egy bekebelezett kékbaktérium, amely szimbiózisba lépett a gazdasejttel. Az erre vonatkozó eddigi ismereteink alátámasztják eme elmélet valóságát. Míg a külső membrán gazda eredetű, addig a belső a prokarióták membránjához hasonló. Másik bizonyíték, hogy mátrixuk mindkét esetben cirkuláris DNS-t és prokarióta riboszómákat tartalmaz. Számos hasonlóságuk ellenére is alapvető különbségeket lehet találni közöttük. Ilyen például a belső membrán elrendeződése: míg a mitokondrium betüremkedései csövekre hasonlítanak, illetve párhuzamos lemezekként helyezkednek el, addig a színtestek esetében fánkyszerű képletek alakultak ki.

[Link](#)

A mitokondriumok gyakorlatilag minden eukarióta sejtben található, mennyiségük nagyban függ a vizsgált sejtípustól, benne a lebontó anyagcsere-folyamatok zajlanak le (későbbiekben részletesen tárgyaljuk).

A színtest alapvető feladata a fotoszintézis, ezt a későbbiekben részletesen tárgyaljuk. A színtestnek három fő típusa alakult ki:

- kloroplasztisz: a tipikus zöld színtest, fény hatására bennük klorofill molekulák alakulnak ki.
- kromoplasztisz: színes színtest, termésekben, virágtakaró levelekben fordul elő.
- leukoplasztisz: színtelen, a fénytől elzárt növényi sejtekben raktározásban vesz részt.

## **Ellenőrző kérdések**

Mit jelent a prokarióta elnevezés?

Miben tér el egy eukarióta és egy prokarióta sejt?

Mutassa be a sejtmag felépítését!

Mit nevezünk biológiai membránnak? Miért kapta ezt a nevet?

Sorolja fel a sejtmembrán főbb alkotóit!

Mutassa be az endoplazmatikus retikulum felépítését és funkcióit!

Mi a Golgi készülék feladata?

Miről kapta a lizoszóma a nevét?

Milyen funkcióval bír az elsődleges-, másodlagos-, harmadlagos lizoszóma?

Mit tartalmaz az endoszimbionta elmélet?

Milyen funkcióval bír a mitokondrium?

Sorold fel a szintest fő típusait! Melyik hol fordul elő?

## **Javasolt irodalom**

Gál Béla: Biológia 11. A sejt és az ember biológiája. Mozaik Kiadó, Szeged, 2012.

Dr. Németh Endre, Szécsi Szilveszter: Biológiai fogalmak és összehasonlító táblázatok. Mozaik Kiadó, Szeged, 2003.

Dr. Lénárd Gábor: Biológia 11. (gimnázium). Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 2007.

Szászné Heszlényi J., Dr. Szerényi G., Stodulka G., Végh I.: Repeta-Biológia. Scolar Kiadó, Budapest, 1996.

Gulyás Magdolna, Deér Aranka, Szegletes Tivadar, Tóth Lajos: A biokémia alapjai. József Attila Tudományegyetem, Szeged, 1998.

Nyitrai László, Pál Gábor: A biokémia és molekuláris biológia alapjai. Eötvös Loránd Tudományegyetem, 2013.

<http://elte.prompt.hu/sites/default/files/tananyagok/ABiokemiaEsMolekularisBiologiaAlapjai/index.html>

Pálfia Zsolt, Dr. Kristóf Zoltán: A sejtbiológia alapjai. Eötvös Loránd Tudományegyetem, 2013. <http://elte.prompt.hu/sites/default/files/tananyagok/Sejtbiologia/index.html>

Márialigeti Károly (szerk.): Bevezetés a prokarióták világába. Eötvös Loránd Tudományegyetem, 2013.

<http://elte.prompt.hu/sites/default/files/tananyagok/BevProkariotakVilagaba/index.html>

# Anyagcsere-folyamatok

Korábban már tárgyaltuk, hogy a sejtek/élőlények olyan rendszerek, melyek bizonyos szempontból igénylik a védelmet, elhatárolást, más szempontból viszont folyamatos kapcsolatot kell fenntartaniuk környezetükkel. Mindez egy dinamikus egyensúly fenntartását **Anyagcserének** vagy **metabolizmusnak** nevezzük a környezet és az élőlény között lezajló három fő részre tagolható egységet: az anyagfelvétel, az anyagátalakítás és az anyagleadás hármását.

A sejtmembránon keresztüli anyagáramlást **transzportfolyamatnak** nevezzük.

Élőlényektől függően számos eltérő anyagcsere-folyamat zajlik, noha a biokémiai reakciók száma több ezerre tehető, azonban a kémiai reakciótípusok száma nem nagy. A földi élet közös eredetét jól példázza, hogy a főbb metabolikus útvonalak nagyban hasonlítanak a különböző élőlényekben.

Az anyagcsere biokémiai reakcióiban két fő irányt lehet felfedezni. A **lebontó** folyamatok (katabolizmus) feladata az életműködések fenntartásához szükséges energia biztosítása.

A másik anyagcsere-irányt a felépítő folyamatok adják (anabolizmus). Ezek a folyamatok általában energia „befektetést” igényelnek

A felépítő folyamatok egyszerűbb kiindulási vegyületekből épít fel komplex szerves vegyületeket (lipidek, poliszacharidok, fehérjék, nukleinsavak). Ezekhez a szintetikus lépésekhez azonban energiára is szükség van, amely ATP-ből származik, valamint redukáló-képes koenzimek (NADH, NADPH, FADH<sub>2</sub>) is szükségesek hozzájuk.

A hasznosított szénforrás alapján elkülönítünk **autotróf**, illetve **heterotróf anyagfelépítést**. Az autotróf folyamat során az élőlény szerves anyagok felhasználásával állítják elő saját szervezetük szerves anyagait. Ez történhet **fotoszintézis**, illetve **kemoszintézis** során. A fotoszintézis során a fényenergia kémiai energiává alakításával és ennek felhasználásával történik a szerves anyagok szintézise. Míg a kemoszintetizálók a felépítő folyamataikhoz szükséges energiát a szerves anyagok eloxidálásából szerzik. A heterotróf élőlények saját szerves anyagaikat más szerves anyagokból képesek felépíteni.

## Felépítő folyamatok

A földi élet alapját az képezi, hogy a fotoszintézis során a fény energiáját megkötik a színtestek. A fotoszintézist alapvetően két szakaszra lehet osztani, egy – csak fényben lejátszódó – fényszakaszra, és egy fénytől független sötétszakaszra, ami egyben azt is jelenti, hogy ez utóbbi szakasz fényben és sötétben is képes végbemenni. A fényszakaszban a fényenergia kémiai energiává történő átalakítása történik a kloroplasztiszokban. A sötétszakaszban a széndioxid szénhidrátokká történő átalakítása történik, és ehhez a fényszakaszban előállított NADPH-t és ATP-t használja fel a növény. A két szakasz a növényi sejtek eltérő pontjain zajlik - a kloroplasztiszok tilakoid membránja ad helyet a fényszakasz számára, addig a sötét szakasz a sztrómában zajlik.

## Fotoszintetikus pigmentek

A növényekben a klorofill-a, klorofill-b, karotin és xantofill végzi a fényenergia megkötését. Ezeknek a molekuláknak delokalizált elektronrendszere van.

A klorofill egy porfirin gyűrűből és egy ahhoz kapcsolódó hosszú szénláncú fitol láncból áll. A porfirin gyűrű belsejében  $Mg^{++}$  ion található. A növényekben klorofill-a és b található, a fotorendszer központjában a klorofill a helyezkedik el, míg az antennarendszerben mindkettő megtalálható.

A másik pigmentcsoportot a karotinoidok alkotják, amelyek kémiaiilag a terpének közé tartoznak és nyolc izoprén egységből épülnek fel. A hosszú lánc konjugált kettőskötéseket tartalmaz. Szerepük, hogy a klorofilok által felvett, de a fotoszintézisben fel nem használt energiát átveszik, így a reaktív oxigéngyökök képzését megakadályozzák.

A xantofill oxigén tartalmú karotinoid.

Ezek a pigmentek **fotorendszerek**be rendeződnek, ami azt jelenti, hogy fizikailag közel helyezkednek el, ezáltal képesek a gerjesztés következtében kapott plusz energiát közvetlenül továbbadni egy közeli másik pigmentnek. Az I. fotorendszert klorofill-a, klorofill-b és karotin alkotja, a nagyobb hullámhosszúságú fényt is elnyeli (P700). A II. fotorendszerben karotin helyett xantofill található a klorofill-a és klorofill-b mellett, így főleg a rövidebb hullámhosszúságú sugarak gerjesztik (P680), azonban a két fotorendszer molekuláinak aránya sem azonos, így a fénymegkötő képességük is eltér egymástól. A fotorendszer

pigmentmolekuláinak többsége antennamolekula, mint nevük is sejtetni engedi - feladatuk, hogy antennaként továbbítsák az abszorbeált fényenergiát a külsőbb pigmentekről a központiak felé. Ez a megkötött energia a központi helyzetű klorofill-a molekuláknak adódik át és itt az összegyűjtött energia nagysága már akkora, hogy képes leszakítani róluk egy elektront.

Innen az elektronok egy elektronszállító rendszerbe továbbítódnak. Ennek a rendszernek a fehérje-tagjai meghatározott sorrendben kapcsolódnak be az elektronszállításba. Legfőbb jellegzetességük, hogy képesek redoxireakciókban résztvenni.

## **A fényszakasz**

Az I. és a II. fotorendszer elektrontranszporter molekulákkal van összekötve. Ennek magyarázata, hogy a gerjesztés hatására az I. fotorendszer leadott elektronjai a II. fotorendszerből pótlódnak. A II. fotorendszer a leadott elektronjai a fotolízisből (vízbontásból – fény segítségével történő vízbontás) pótlódnak. Az I. fotorendszerből központi klorofill-a-jairól egy  $\text{NADP}^+$ -ra jutnak az elektronok, ezáltal redukálják azt. Ezt az útvonalat Z sémának nevezzük.

[Link](#)

## **A sötétszakasz (fényt nem igénylő szakasz)**

A fényszakaszban megtermelt NADPH és ATP a sötétszakaszban a  $\text{CO}_2$  fixálására, tehát cukrok szintézisére fordítódik. A folyamathoz már nincs szükség fényenergiára ezért kapta a sötétszakasz elnevezést, amelynél a fényt nem igénylő elnevezés sokkal jobban fedi a valóságot. A folyamat ezen része a zöldszíntest sztróma állományában megy végbe.

A szén-dioxid a Calvin-ciklusba lép be, amelynek kezdeti lépését az újonnan belépő szén-dioxid pentóz-difoszfát molekulán történő megkötődésétől számítjuk. Ekkor az így létrejött átmeneti molekula rögtön két darab három szénatomos glicerinsav-foszfátra bomlik. Ezek alakulnak tovább glicerinaldehid-foszfáttá. Ennél a pontnál a folyamat képes több irányba is tovább haladni. A glicerinaldehid-foszfát ugyanis itt kiléphet a folyamatból és glükózzá alakulhat. Míg ha a ciklusban marad, pentóz-foszfáttá alakul és ismét képes megkötni újabb szén-dioxid molekulát.



## Lebontó folyamatok

A lebontás során mind a felvett, mind a szervezet által előállított szerves anyagot képesek vagyunk egyszerűbb vegyületekké bontani. A lebontó folyamatok során a szerves molekulák kötéseiben – főleg a szén-szén, illetve a szén-hidrogén kötésekben – tárolt energiát szabadítják fel az élőlények. Ennek az energiának egy része a képződő ATP makroerg kötéseiben fog tárolódni. Az aerob lebontáshoz azonban oxigénre van szükség, amely bizonyos esetekben nem a kellő mennyiségben áll rendelkezésre, így magát a lebontás végtermékét is befolyásolni fogja. Amennyiben az oxigén nem limitáló tényező, biológiai oxidáció megy végbe.

Glükózból kiindulva az alábbi termékek alakulnak ki:



Csökkent oxigénmennyiség mellett azonban erjedés zajlik. A végterméktől függően alkoholos vagy tejsavas erjedés megy végbe.

Alkoholos erjedéskor:



Tejsavas erjedéskor:



Mindkét esetben csak részleges oxidáció tud végbe menni, így végtermékként szerves anyag marad vissza. Természetesen ezzel összefüggésben könnyen belátható, hogy mivel nem következik be a kötések teljes eloxidálása, kevesebb energia nyerhető ki ezen folyamatokkal.

## Biológiai oxidáció

Legelőször a zsírsavakat, a glükózt és egyéb szénhidrátokat, valamint egyes aminosavakat két szénatomos vegyületig bontja a szervezet. Ennek a reakciónak tankönyvi példája a glükóz lebontása. A glükózt első lépésben aktiválni kell, vagyis ATP-ből energiát kap – ez lényegében egy foszfátcsoport átkerülését jelenti a glükóz gyűrűjére, glükóz-6-foszfát, majd fruktóz-6-foszfát jön létre. Egy újabb foszfátcsoport kerül a molekulára – ekkor már fruktóz-1,6-difoszfáttá alakul. Ez két darab három szénatomos glicerín-aldehid-3-foszfáttá

bomlik, melyek ezt követően több lépésben piroszőlősavvá alakulnak. Ettől a pillanattól válik fontossá a sejt/szervezet oxigénellátottsága, mivel oxigéndús környezetben acetil-csoport képződik (és szén-dioxid), míg anaerob környezetben a korábban említett tejsavas-, vagy alkoholos erjedés megy csupán végbe.

A második szakaszban az előzőekben keletkezett acetil-csoport acetyl-CoA formájában a citromsavciklusban oxidálódik. Ez a folyamat a mitokondrium alapállományában zajlik le (prokariótákban pedig a citoplazma ad neki helyet). A belépő acetyl-csoport egy négy szénatomos oxálcetsavhoz kapcsolódik, így kialakul a citromsav, amely a következő lépésekben először öt, majd négy szénatomos molekulává alakul vissza két szén-dioxid kilépése során. A ciklus négy lépésében elektronok lépnek ki a folyamatból, az ekkor felszabaduló energia csak közvetetten hasznosítható, mivel redukált koenzimek (3 NADH és 1 FADH<sub>2</sub>) képződnek. Megjegyzendő, hogy a belépő- és kilépő szénatomok nem azonosak.

Következő, egyben utolsó lépés a terminális oxidáció, amely az eddig keletkezett redukált koenzimek által szállított elektronokat a mitokondrium belső membránjának elektronszállító rendszerében vezeti végig. Ennek során a protonok és elektronok külön úton haladnak: míg a protonok az intermembrán térbe kerülnek, addig az elektronok az alapállományba jutnak. Így látható, hogy a belső membrán két oldalán töltéskülönbség halmozódik fel. Egy ATPáz enzim utat nyit a protonoknak, melyek átáramlanak a nyitott csatornán, és az oxigént vízzé redukálják, közben az enzim képes ATP-t előállítani.

[Link](#)

## **Ellenőrző kérdések**

Mit nevezünk transzportfolyamatnak?

Milyen felépítő folyamatokat különböztetünk meg a hasznosított szénforrás alapján?

Sorolja fel a fotoszintézis főbb szakaszait!

Mutassa be a fotoszintetikus pigmenteket!

Mutassa be a fotorendszerek tagjait és a két fotorendszer különbségeit foglalja össze!

Ismertesse a fényszakaszt!

Ismertesse a sötétszakaszt!

Sorolja fel a lebontó folyamatok típusait és írja le az általános reakcióegyenletüket!

Ismertesse a biológiai oxidáció részfolyamatait és intermedierjeit!

## **Javasolt irodalom**

Gál Béla: Biológia 11. A sejt és az ember biológiája. Mozaik Kiadó, Szeged, 2012.

Dr. Németh Endre, Szécsi Szilveszter: Biológiai fogalmak és összehasonlító táblázatok. Mozaik Kiadó, Szeged, 2003.

Dr. Lénárd Gábor: Biológia 11. (gimnázium). Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 2007.

Szászné Heszlényi J., Dr. Szerényi G., Stodulka G., Végh I.: Repeta-Biológia. Scolar Kiadó, Budapest, 1996.

Gulyás Magdolna, Deér Aranka, Szegletes Tivadar, Tóth Lajos: A biokémia alapjai. József Attila Tudományegyetem, Szeged, 1998.

Nyitrai László, Pál Gábor: A biokémia és molekuláris biológia alapjai. Eötvös Loránd Tudományegyetem, 2013.

<http://elte.prompt.hu/sites/default/files/tananyagok/ABiokemiaEsMolekularisBiologiaAlapjai/index.html>

Pálfia Zsolt, Dr. Kristóf Zoltán: A sejtbiológia alapjai. Eötvös Loránd Tudományegyetem, 2013. <http://elte.prompt.hu/sites/default/files/tananyagok/Sejtbiologia/index.html>

Márialigeti Károly (szerk.): Bevezetés a prokarióták világába. Eötvös Loránd  
Tudományegyetem, 2013.

<http://elte.prompt.hu/sites/default/files/tananyagok/BevProkariotakVilagaba/index.html>

# Az örökletes információ tárolása és kifejezése

Az élőlények – legyen bármelyikről is szó – működései, tulajdonságai a fehérjék térszerkezetének köszönhetőek. A centrális dogma kimondja, hogy a genetikai információ áramlása egyirányú (Francis Crick) – vagyis DNS→RNS→fehérje→tulajdonság relációban valósul meg.

Egy faj teljes genetikai információját, a DNS molekulák összességét **genomnak** nevezzük.

A **gén** biokémiai értelemben az a DNS szakasz, ami génterméket, polipeptidláncot vagy RNS molekulát kódol. Az allél kifejezést pedig a gének variációjára használjuk.

A DNS molekula másolásakor vagyis a **replikáció** során a két szál elválik egymástól, és a kölcsönös meghatározottság alapján mindkét szál, mint templát mellé kiegészítő, komplementer szálak keletkeznek. Így két, az eredetivel megegyező, kétszálú DNS molekula keletkezik, amelyek a sejtosztódás után külön-külön az egyes utódsejtekbe kerülnek. Az új szálak szintézisét DNS-függő DNS-polimeráz enzimek katalizálják.

A molekuláris biológiai laborokban mára bevett gyakorlattá vált a polimeráz láncreakció (PCR), amely a DNS replikációt alkalmazza. Ezen reakciók során enzimatikus úton felsokszorozzák a DNS egy adott szakaszát analízis céljából. A PCR-t leggyakrabban az élettudományi kutatásokban és egészségügyi laboratóriumokban alkalmazzák. Általuk képesek apasági vizsgálat elvégzésére, örökletes betegségek kiszűrésére vagy például bűnügyek során egyének azonosítására.

A DNS-ben tárolt információ kifejeződéséhez az adott gén kifejeződésére van szükség. Ehhez egy kétlépéses folyamatnak kell végbe mennie. Első lépésként a DNS-ről (egy szakaszáról) RNS-molekulának kell képződnie, ezt transzkripciónak, vagyis átíródásnak nevezzük. A második lépés során az ekkor már az RNS-ben tárolt információt kell lefordítani fehérjévé, ez a transzláció folyamata. Az adott gén kifejeződésének időpontját, időtartamát és mértékét befolyásolja a szervezet állapota (fejlődés, belső-külső körülmények).

## Transzkripció

A DNS egy adott szakaszát enzimek felnyitják, szétválasztják a két parallel szálát. A két szál közül csupán az egyik íródik át RNS-sé, ezt nevezzük templát vagy aktív szálnak. Egy RNS-polimeráz nevű enzim elvégzi az RNS szintézisét, majd leválik a DNS-ről. Mivel az RNS a DNS aktív száláról képződik, a képződött RNS-molekula komplementere lesz az aktív szálnak.

### A transzkripció és a replikáció hasonló vonásai

Mivel a replikáció (DNS másolása) és a transzkripció (RNS szintézis) egyaránt igényli a templátot, ezért sok hasonlóságot rejt a két folyamat. Mindkét reakcióhoz DNS szükséges, hiszen ez szolgál templátként. Azonos kémiai folyamat eredményeként kapcsolódnak egymáshoz az aktivált monomerek. A **szintézis iránya megegyező** a két folyamatban. Illetve mindkét folyamat **három** elkülöníthető szakaszra bontható: **iniciáció (lánckezdés), elongáció (láncnövekedés), termináció (lánczárás)** megy végbe.

Azonban ne feledjük el, hogy a két folyamat terméke eltérő funkciókkal bír, így számos eltérést is találhatunk vizsgálódásunk során. Szembeötlő különbség, hogy a DNS szintézis igényel az inicializációhoz primert, az RNS azonban nem. Mivel az RNS szintézis feladata, hogy az információt továbbadja a transzlációban, ezért csak az értelmes szál/aktív szál íródik át. A DNS feladata azonban az információ megőrzése, így mindkét szál másolására szükség van.

## Transzláció

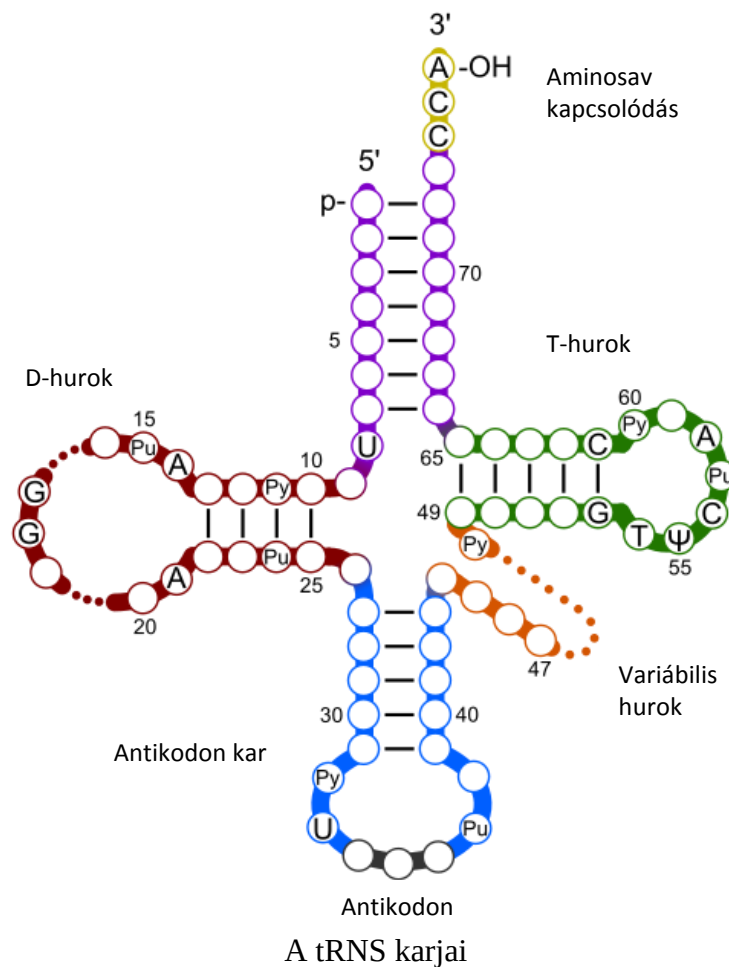
A **prokariótákban** az mRNS utólagos, szintézist követő módosítására nincs szükség, és azonnal részt vesz a transzlációban. Az **eukariótáknál azonban egy** elsődleges, **pre-RNS** képződik, amely számos, jelentős átalakuláson megy keresztül, mire érett mRNS-ként részt tud venni a transzlációban. A pre-RNS mérete akár tízszerese is lehet az érett formának. A pre-RNS számos **intront** tartalmazhat. Az intronok bár szerkezetileg részei a DNS-nek és az RNS-nek, azonban a fehérje aminosavsorrendjének meghatározásában nem vesz részt, így ezek a pre-RNS-ekből a transzláció előtt kivágódnak. **Exonnak** nevezzük a fehérjék kódolásában részt vevő szakaszokat.

A transzláció során az érett mRNS-ben lévő információ fordítódik le fehérjére. Ennek során az mRNS bázissorrendje által megszabott aminosavak kapcsolódnak össze az mRNS által

megszabott sorrendben. A fehérjeszintézis a riboszómák felületén zajlik. A riboszóma két részből, egy kis és egy nagy alegységből tevődik össze. A kis alegység rögzíti a transláció során az mRNS-t, míg a nagy alegységen két darab aminosav-szállító tRNS kötő hely található. Az alegységek az aktív transláció idejére kapcsolódnak össze. Amikor a fehérjeszintézis befejeződött, az alegységek kapcsolata megszűnik.

A tRNS (hírvivő RNS) adapter funkciót lát el az aminosav és az mRNS között. Ahhoz hogy funkcióját megértsük, ismerkedjünk meg felépítésével. A tRNS-ek négy karral rendelkeznek:

1. aminosavkötő kar
2. riboszómakötő kar (T-hurok)
3. antikodon kar
4. aminosav-aktiváló enzimhez kötő kar (D-hurok)



(Forrás: Wikipédia)

A fenti négy kar többségének funkciója egyértelmű, azonban az antikodon kar talán némi magyarázatra szorul. Az antikodon egy jellegzetes bázishármas, amely a bázispárosodásnak megfelelően kapcsolódik az mRNS kodonjához (szintén három bázist jelöl). A genetikai kód az, mely feloldja az mRNS kodonjaiban rejlő információt és eme kód alapján nyer értelmet a fehérjékben. Ezt a jelrendszert a kodonszótár foglalja össze. Miért három bázis alkot egy kodont és határoz meg egyértelműen egy aminosavat? Mint tudjuk, az RNS-ben mindössze négyféle bázis található. Amennyiben egy bázisnak kellene meghatároznia egy aminosavat, mindössze négy aminosavat lenne képes azonosítani. Azonban 20 aminosav (22) létezik, így legalább három bázis kell ahhoz, hogy annyi jelet adjon ( $4^3=64$  jel), amivel ezt a 20 aminosavat egyértelműen azonosítani tudjuk.

| 2.bázis |     |                   |     |     |     |            |     |            |         |
|---------|-----|-------------------|-----|-----|-----|------------|-----|------------|---------|
| 1.bázis | U   |                   | C   |     | A   |            | G   |            | 3.bázis |
| U       | UUU | phe               | UCU | ser | UAU | tyr        | UGU | cys        | U       |
|         | UUC |                   | UCC |     | UAC |            | UGC |            | C       |
|         | UUA | leu               | UCA |     | UAA | STOP CODON | UGA | STOP CODON | A       |
|         | UUG |                   | UCG |     | UAG |            | UGG | trp        | G       |
| C       | CUU | leu               | CCU | pro | CAU | his        | CGU | arg        | U       |
|         | CUC |                   | CCC |     | CAC |            | CGC |            | C       |
|         | CUA | leu               | CCA |     | CAA | gln        | CGA |            | A       |
|         | CUG |                   | CCG |     | CAG |            | CGG |            | G       |
| A       | AUU | ile               | ACU | thr | AAU | asn        | AGU | ser        | U       |
|         | AUC |                   | ACC |     | AAC |            | AGC |            | C       |
|         | AUA |                   | ACA |     | AAA | lys        | AGA | arg        | A       |
|         | AUG | met (START CODON) | ACG |     | AAG |            | AGG |            | G       |
| G       | GUU | val               | GCU | ala | GAU | asp        | GGU | gly        | U       |
|         | GUC |                   | GCC |     | GAC |            | GGC |            | C       |
|         | GUA |                   | GCA |     | GAA | glu        | GGA |            | A       |
|         | GUG |                   | GCG |     | GAG |            | GGG |            | G       |

A kodonszótár

(Forrás: Wikipédia)



## A genetikai kód

A genetikai kód:

**triplet alapú:** három bázis határozza meg,

**vesszőmentes:** nincs benne eltolódás a leolvasáskor,

**nem átfedő:** a riboszóma minden beépült aminosavat kötő tRNS után pontosan három bázisnyit „ugrik” arrébb,

**degenerált:** értelmes kodonból több mint háromszor annyi van, mint aminosavból,

**egyértelmű:** minden kodonhoz csak egyetlen aminosav tartozik (kivéve a stop kodonokat, melyekhez egy sem)

**közel tökéletesen univerzális:** a most létező élőlényekben működő genetikai kód már az összes élőlény közös őséiben is ebben a formában volt jelen – legalább is sokáig így tudtuk. Ma már tudjuk, hogy néhány ritka kivétel is akad, amelyek elsősorban a mitokondriumokat érintik, illetve egyes archeákat.

## A transzláció folyamata

Ahogy a DNS és RNS szintézisének tárgyaltuk, úgy a polipeptidlánc szintézisének is **három szakaszt** különítünk el: az **iniciációt**, az **elongációt** és a **terminációt**.

Az mRNS 5'→3'-irányban olvasódik le, a riboszóma tehát az 5' végén köti az mRNS-t. Végig fut rajta a start kodonig (AUG). Lánckezdésről akkor kezdetünk beszélni, amikor a riboszóma első helyére beköt a lánckezdő tRNS és kapcsolódik az AUG kodonhoz. Ekkor csak ez a tRNS képes bekötni ide. Mindig olyan metionint szállít, mely 5' irányban egy formil-csoporttal van lezárva – így lesz ez a lánckezdő aminosav.

A láncnövekedés során a riboszóma második pozíciójába beköt a megfelelő antikodonnal rendelkező, aminosavat szállító tRNS. Ekkor a két aminosav olyan közelségbe kerül, hogy az első karboxil-, illetve a második amino-csoportja képes peptid-kötést létrehozni. Ekkor az első helyen lévő tRNS és a metioninje közötti kötés felbomlik és a tRNS kiszabadul a riboszómáról. Így a riboszóma egy kodonnyit „arrébb ugrik”. A folyamat egészen a stopkodonig folytatódik (lánczárás). Stopkodonnak nevezzük azt a három mRNS kódot,

melynek nincs aminosav „párja”. Így a polipeptidlánc szintézise megáll, és enzimek ekkor szétválasztják a rendszer résztvevőit.

### **Egyéb fontos információk a folyamatról:**

-A fehérje az N-terminálistól a C-terminális felé szintetizálódik.

-Egyetlen mRNS-re több riboszóma is kapcsolódhat – ilyenkor mint egy gyöngysoron a gyöngyök helyezkednek el a riboszómák.

-A riboszómák jelentős része szabad állapotban a citoplazmában található – itt képződik a sejt saját fehérjéinek nagyobb része. Azonban az endoplazmás retikulum felületén kötött riboszómák is vannak – ezek többnyire a sejtől leadandó fehérjéket állítják elő.

## **Ellenőrző kérdések**

Mit mond ki a centrális dogma?

Mit nevezünk genomnak?

Mi a gén fogalma?

Mi az allél definíciója?

Ismertesse információit a DNS replikációról!

Mit nevezünk transzkripciónak?

Hogyan zajlik a transzkripció?

Mik a replikáció és a transzkripció folyamatának hasonlóságai?

Ismertesse a transzláció folyamatát!

Milyen különbségeket ismer a prokarióták és eukarióták transzlációja között?

Mutassa be a tRNS felépítését és ehhez kapcsolódó feladatait is!

Mi a kodonszótár?

Foglalja össze ismereteit a kodonnal és a kodonszótárral kapcsolatban!

Sorolja fel a genetikai kód jellegzetességeit!

Hol zajlik a transzláció folyamata?

## **Javasolt irodalom**

Gál Béla: Biológia 11. A sejt és az ember biológiája. Mozaik Kiadó, Szeged, 2012.

Dr. Németh Endre, Szécsi Szilveszter: Biológiai fogalmak és összehasonlító táblázatok. Mozaik Kiadó, Szeged, 2003.

Dr. Lénárd Gábor: Biológia 11. (gimnázium). Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 2007.

Szászné Heszlényi J., Dr. Szerényi G., Stodulka G., Végh I.: Repeta-Biológia. Scolar Kiadó, Budapest, 1996.

Gulyás Magdolna, Deér Aranka, Szegletes Tivadar, Tóth Lajos: A biokémia alapjai. József Attila Tudományegyetem, Szeged, 1998.

Nyitrai László, Pál Gábor: A biokémia és molekuláris biológia alapjai. Eötvös Loránd Tudományegyetem, 2013.

<http://elte.prompt.hu/sites/default/files/tananyagok/ABiokemiaEsMolekularisBiologiaAlapjai/index.html>

Pálfia Zsolt, Dr. Kristóf Zoltán: A sejtbiológia alapjai. Eötvös Loránd Tudományegyetem, 2013. <http://elte.prompt.hu/sites/default/files/tananyagok/Sejtbiologia/index.html>

Márialigeti Károly (szerk.): Bevezetés a prokarióták világába. Eötvös Loránd Tudományegyetem, 2013.

<http://elte.prompt.hu/sites/default/files/tananyagok/BevProkariotakVilagaba/index.html>

<http://tudasbazis.sulinet.hu/hu/termeszet tudomanyok/kemia/altalanos-kemia>

**JELLEN TANANYAG A SZEGEDI  
TUDOMÁNYEGYETEMEN KÉSZÜLT AZ  
EURÓPAI UNIÓ TÁMOGATÁSÁVAL.**

**PROJEKT AZONOSÍTÓ: EFOP-3.4.3-16-  
2016-00014**

**SZÉCHENYI**  2020



MAGYARORSZÁG  
KORMÁNYA

Európai Unió  
Európai Szociális  
Alap



**BEFEKTETÉS A JÖVŐBE**