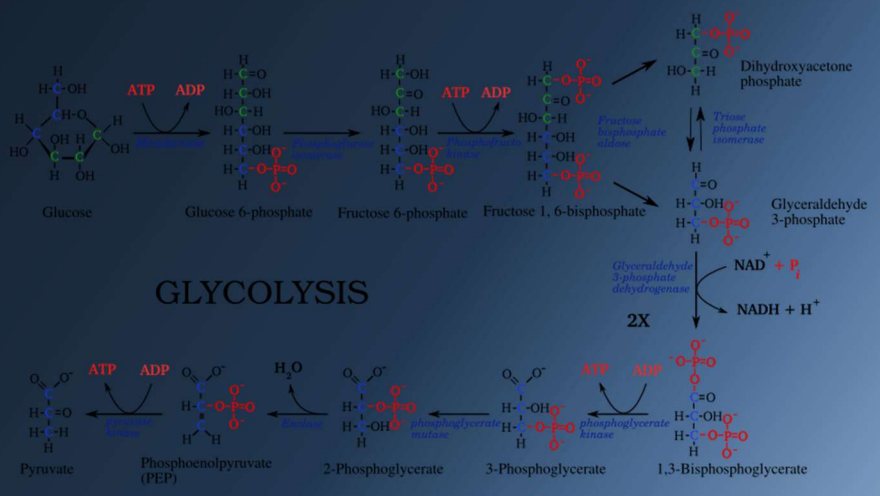
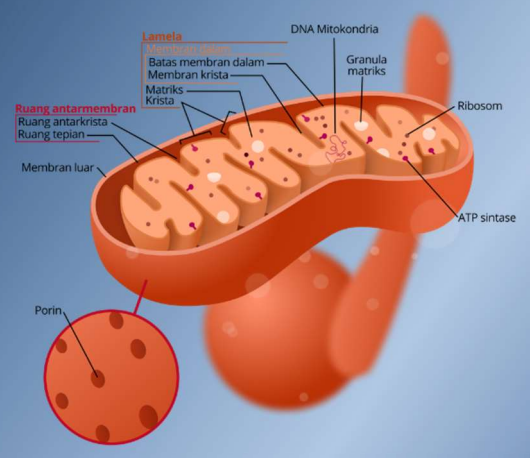
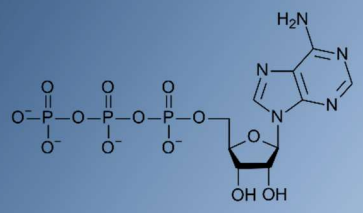
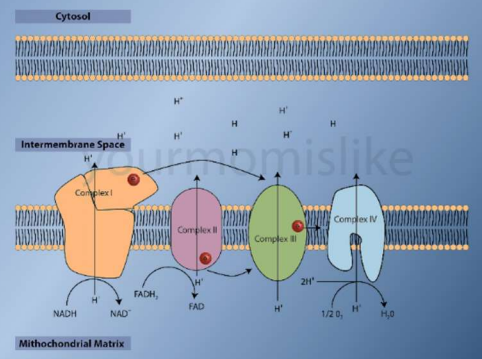
ÉLET ÉS ENERGIA

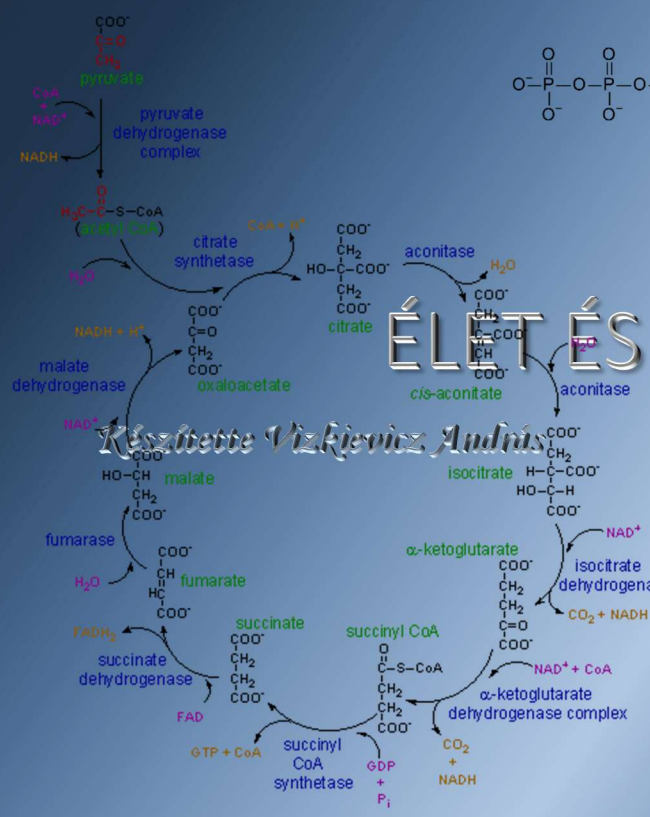
Készítette Vizkievicz András

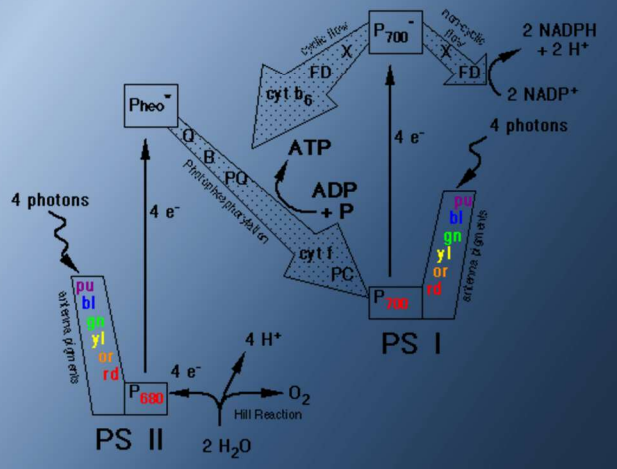


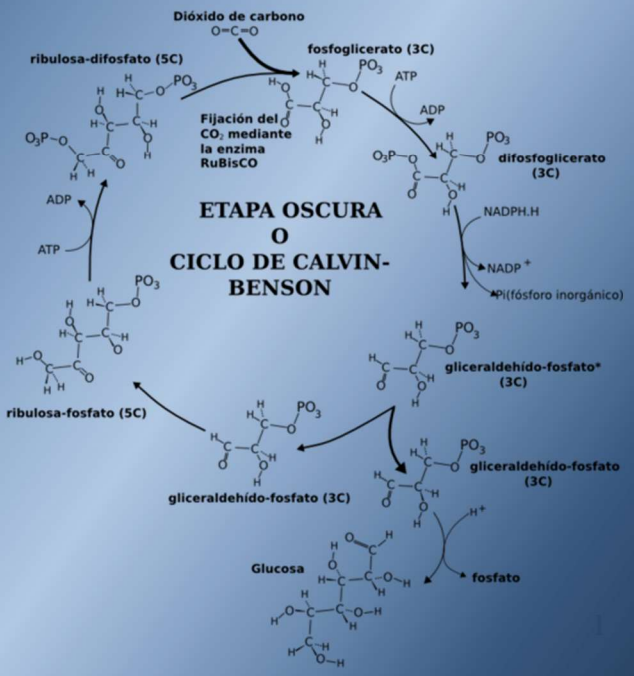


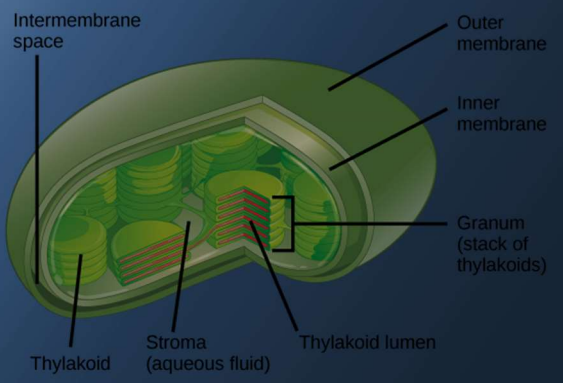












Élet és energia

Készítette Vizkievicz András

Az anyagcsere

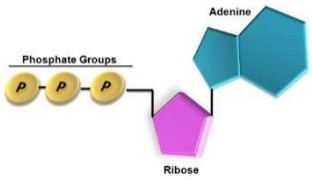
Ismétlés

Az élő sejtek **nyílt anyagi rendszerek,** azaz **környezetükkel állandó anyag és energiaforgalmat bonyolítanak le,** s így a **környezetüktől elkülönülő**, de azzal kölcsönhatást folytató **rendszerek**.

Ahhoz, hogy az **élőrendszer folyamatosan fenn tudja tartani önállóságát, energiára van szükség**.

Az élő szervezetekben működése szempontjából a **legjelentősebb** a **kémiai energia**, ami a **kémiai kötések hasadásához szükséges, illetve kialakulásukkor felszabaduló energiamennyiség**.

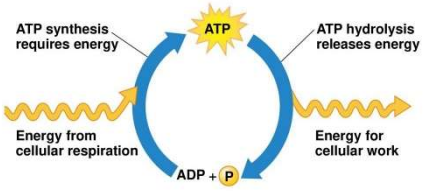
A **biológiai energia** a sejtekben **nagy-energiájú kémiai kötésekkel kapcsolatos**. A nagy energiájú kötések **energiát tároló vegyületekben** találhatók meg, mint pl. **ATP**-ben.



Az élő szervezetekben **minden energiaigényes folyamat közvetlen energiaforrása** az **ATP nagy-energiájú kötésének bomlásakor felszabaduló energia**.

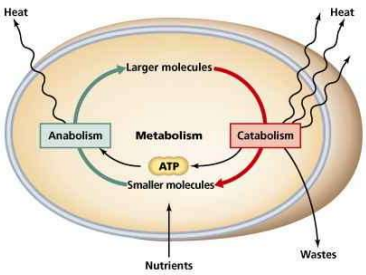
ATP = ADP + P

Másfelől pedig pl. a szerves vegyületek lebontása során **felszabaduló energiát**, vagy a fotoszintézis során megkötött fényenergiát **a sejtek ATP előállításával képesek eltárolni.**



A **sejtek ATP készlete állandó**, energiaigényes folyamatokban energiát szolgáltatva bomlik, energiatermelő folyamatokban pedig a felszabaduló energiát megkötve regenerálódik.

Az intermedier (köztes) anyagcsere



Az élő sejtekben zajló **biokémiai folyamatok összességét anyagcserének** nevezzük. Az **anyagcsere** során az élőlények a környezetből anyagokat és energiát vesznek fel, ill. adnak le.

Az élőlények a **felvett anyagokat:**

- **Beépítik, átalakítják** vagy
- **energianyerés céljából lebontják,** majd
- a felesleges, ill. a fel nem használható anyagokat **eltávolítják**.

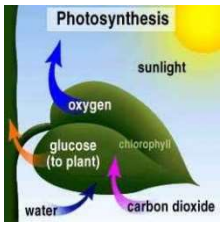
A felvétel és a leadás közötti **átalakító folyamatok összességét intermedier** - köztes - **anyagcserének** nevezzük, melynek köszönhetően az élőlények a szüntelen változó környezetben **fenntartják egyediségüket, viszonylagos állandóságukat**.

Az élőlényeket az **anyagcseréjükhöz szükséges**

- **szénforrás,** ill.
- az **energiaszerzés** szerint lehet csoportosítani.

Szénforrás szerint

1. Autotrófok azok az élőlények, melyek a **szerves vegyületek felépítéséhez szükséges anyagokat** az **élettelen környezetből veszik fel**. A felvett anyagok mindig **szervetlen anyagok: CO_2, H_2O.**

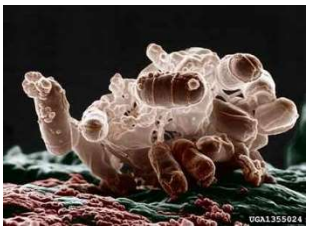


Tehát a szerves vegyületeik C-tartalma közvetlen a CO_2-ból származik (autosz = önmaga, trófosz = táplálkozó, gör.).

Az **autotrófok** a szerves vegyületeik előállításához szükséges **energiaforrás típusa** szerint **lehetnek**:

a) fototrófok, ahol az **energiaforrás a Nap fényenergiája**. A folyamat a **fotoszintézis**, mikor az élőlények **szén-dioxidból** és **vízből** a **Nap energiájának segítségével** saját testük felépítéséhez szükséges **szerves anyagokat állítanak elő**. Ilyenek a fotoszintetizáló **baktériumok**, **algák**, ill. a **zöld növények**.

b) A **kemotrófok** a szerves vegyületek felépítéséhez **szükséges energiát valamilyen szervetlen anyag oxidációjából nyerik, a folyamat a kemoszintézis. Erre kizárólag baktériumok képesek.**



A talajban élő **nitrifikáló baktériumok ammónia** - NH_3 – **oxidálásából** szabadítanak fel energiát, a folyamat végterméke **nitrition** - NO_2^-, ill. **nitrátion** - NO_3^- .

2. Heterotrófok azok az az élőlények, melyek testük felépítéséhez **szükséges anyagokat** az **élő környezetből veszik fel szerves anyagok** formájában, s ennek

- **egy részének lebontásával nyernek energiát, ezért kemotrófok is,**
- **más részét átalakítják saját testük anyagaivá.**

Ilyenek **az állatok, gombák, heterotróf egysejtűek, heterotróf baktériumok.**

Energiaforrás szerint

Csoportosíthatjuk az élőlényeket aszerint is, hogy a testük felépítéséhez szükséges anyagok - szerves anyagok - előállításához **honnan nyerik az energiát**.

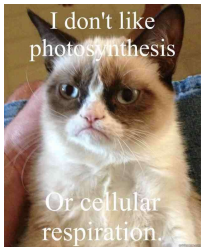
1. A **Fototrófok fényenergiát** vesznek fel.

A fototróf élőlények **csak autotrófok lehetnek**: **baktériumok, egysejtű algák, és növények.**

2. Kemotrófok kémiai energiát hasznosítanak.

A szerves anyagaik előállításához különböző forrásból származó **kémiai energiát használnak fel. Anyagokat bontanak le, oxidálnak, ezzel nyernek energiát.**

Az intermedier anyagcserét, **irányát tekintve,** két fő folyamatrendszerre oszthatjuk:



- **asszimiláció** vagy **felépítő folyamatok**,
- **disszimiláció** vagy **lebontó folyamatok**.

Az asszimiláció

Az asszimiláció lényege, hogy a szervezetek **egyszerű felépítésű, kisméretű molekulákból – szerves vagy szervetlen - bonyolult, nagyméretű szerves vegyületeket állítanak elő.**

1. Ha a **kiindulási vegyület szervetlen**, akkor **autotróf asszimilációról** beszélünk.

2. Ha a **kiindulási vegyület szerves**, akkor **heterotróf asszimilációról** beszélünk (állatokban, gombákban, heterotróf baktériumokban).

A disszimiláció

A disszimiláció lényege, hogy az élőlények **bonyolult, nagyméretű, szerves vegyületeiket kisméretű, egyszerű molekulákká bontják.**

a) Amennyiben a lebontás **oxigén jelenlétében** zajlik, **biológiai oxidációról** beszélünk.
b) Abban az esetben, ha a lebontás **oxigén hiányában** történik, **erjedésről** beszélünk.

A disszimilációs folyamatok az autotróf, ill. a heterotróf élőlényekben lényegében azonos módon játszódnak le!

A lebontó anyagcsere (disszimiláció)

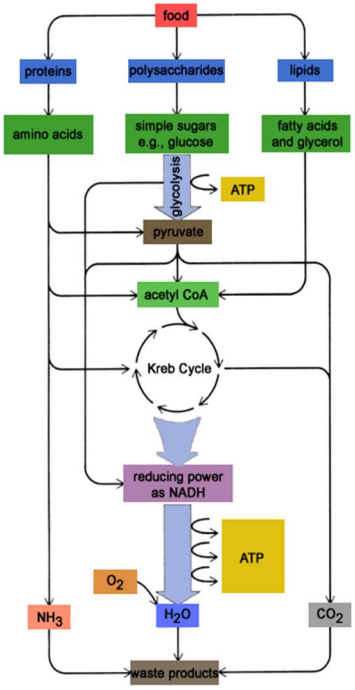
A **lebontó folyamatok során nagy molekulaméretű, nagy energiatartalmú vegyületekből kisebb, alacsonyabb energiatartalmú vegyületek keletkeznek**.

A lebontó folyamatok mindig valamilyen **nagyméretű, szerves** vegyületekből indulnak ki, melyek leggyakrabban **tartalék tápanyagok** - zsírok, poliszacharidok -, **makromolekulák**.

A **lebontás célja**:

- egyrészt az **energianyerés - ATP szintézis -** a különböző életfolyamatokhoz, pl. mozgás, felépítő folyamatok, aktív transzport,
- másrészt az **anyagátalakítás**, mivel a **lebomlás köztes termékei kiindulásként szolgálnak különböző szerves vegyületek szintéziséhez**.

A katabolikus reakcióutak **konvergensek**, azaz **összetartók**. A legkülönfélébb anyagokból kiindulva lényegében **azonos reakcióutakra terelődve bomlanak le** az anyagok. Ebből következik, hogy bármilyen anyag teljes oxidatív lebomlása végső soron **szén-dioxidot** és **vizet** eredményez.



A lebontó folyamatok első lépése a makromolekulák lebomlása monomerekké, amely lejátszódhat mind a **tápcsatorna üregében**, mind a **sejtek citoplazmájában**:

- **a keményítő és a glikogén glükózzá,**
- **a fehérjék aminosavakra,**
- **a nukleinsavak nukleotidokra bomlanak.**

A lebontás eme **első szakasza kémiailag hidrolízis.**

A monomerek a vérkeringés útján jutnak el a **sejtekhez, amelyek azokat felvéve a citoplazmájukban, ill. a mitokondriumukban folytatják további bontásukat.**

A szénhidrátok lebomlása

Központi jelentőségű anyagcsere-folyamat:

- **mert a szénhidrátok a növényekben elsődleges, állatokban másodlagos tartaléktápanyagok,**
- **a reakcióút köztes termékei több bioszintetikus útnak részei.**

A glükóz lebomlás 2 útja:

- **a biológiai oxidáció,**
- **az erjedés.**

A biológiai oxidáció, sejtlégzés

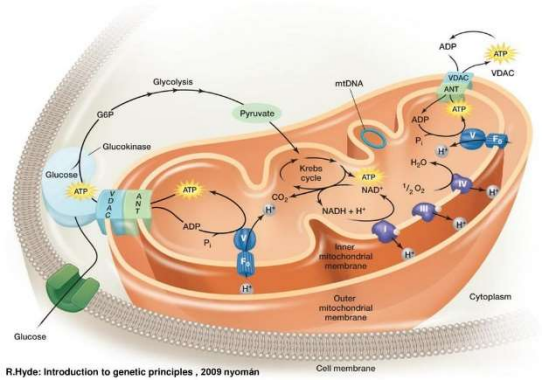
A biológiai oxidáció akkor játszódik le, ha a glükóz lebomlás **oxigén jelenlétében** folyik**, aerob** körülmények között. A glükóz lebomlásának **leghatékonyabb** módja, jelentős mennyiségű **energiafelszabadulással** jár. **A folyamat lényege, hogy a szerves vegyületek szén-tartalma szén-dioxiddá, hidrogén-tartalmuk vízzé alakul.**

Három fő szakaszra osztható:

- **a glikolízis a sejtplazmában,**
- **a citrát-kör** és
- **a végső oxidáció a mitokondriumban** játszódik le**.**

A citrát-kör a mitokondriumok belső alapállományában, a végső oxidáció a belső membránban játszódik le.

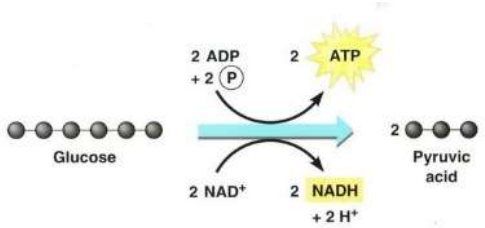
A mitokondrium fő biokémiai folyamatai



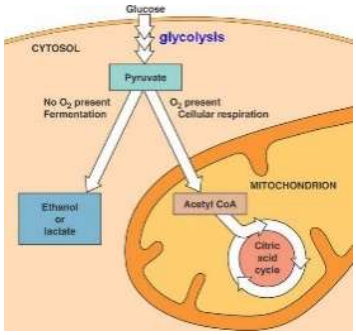
R.Hyde: Introduction to genetic principles , 2009 nyomán

Glikolízisnek nevezzük a **glükóztól a piroszőlősavig** vezető reakciósorozatot.

- **A glükózlebomlás első szakasza.**
- **Nem kell hozzá oxigén, ezért**
- **az erjedési folyamatok részét is képezi.**
- **A sejtek citoplazmájában játszódik le.**



A glikolízis eredményeképpen a **glükózból molekulánként** keletkezik:



- **2 molekula piroszőlősav,**
- **2 molekula ATP,**
- hidrogén, amit 2 molekula NADH szállít el, pl. a végső oxidációba.

A **piroszőlősavnál** (piruvát) **a reakcióutak szétágaznak**.

- Amennyiben a lebomlás **anaerob körülmények** között zajlik, a piroszőlősav az **erjedés** folyamatában alakul tovább.
- Azonban, ha a lebomlás **oxigén mellett** folyik, a reakcióút a **mitokondriumba** vezet.

A mitokondriumokba bekerülő **piroszőlősav**

- **szénatomjai** a **citrát-körben szén-dioxiddá alakulnak,**
- **hidrogénjei,** melyeket NADH molekulák szállítanak a **végső oxidációba,** a **levegőből származó oxigénnel vízzé** egyesülnek**.**

A végső oxidáció – ahol a glükóz H-jei a levegő oxigénjével vízzé egyesülnek - energiafelszabadulással jár, mely energia ATP molekulák szintézisére fordítódik, ezáltal elraktározódik.

A biológiai oxidáció során összesen 38 ATP keletkezik glükózonként. A glükóz biológiai oxidációjának hatásfoka 40%, azaz a glukóz energiatartalmának csupán 40%-a épül be ATP-be, a többi hővé alakul.

Összefoglalva: $\boxed{C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \longrightarrow 6H_2O + 6CO_2}$

A teljes folyamatsort, a glükóztól a szén-dioxid és a víz keletkezéséig, **sejtlégzésnek, biológiai oxidációnak** nevezzük.

Video https://drive.google.com/file/d/1L5ie3UId6kMDtPK0Jl5lFJXI6cmK-9cE/view?usp=sharing

Az erjedés (fermentáció)

A **glükóz anaerob körülmények mellett történő bontását erjedésnek nevezzük.** Az erjedésnek elsősorban **mikroorganizmusokban** – pl. **élesztőgombákban** - van jelentősége, de magasabb rendűeknél – **állatok vázizmaiban** - is előfordul anaerob körülmények között (izomláz). Az erjedés végterméke igen változatos lehet - tejsav, alkohol, stb. A **végtermékek mindig szerves vegyületek, amelyek még magas energiatartalmúak.** Az erjedés során csekély mennyiségű energia - **glükózonként csupán 2 ATP** - szabadul fel. Az erjedési folyamatok a **sejtek citoplazmájában** zajlanak. Legáltalánosabb a **tejsavas** és az **alkoholos erjedés.**

A tejsavas erjedés

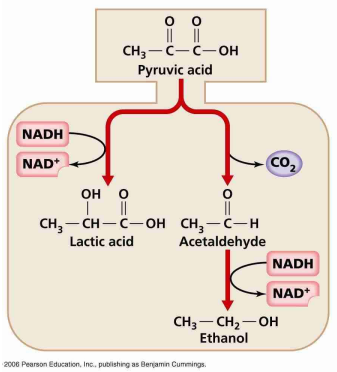
Anaerob körülmények között a **glikolízisben keletkezett piroszőlősav tejsavvá alakul.**

Tejsavas erjedés zajlik:

- pl. a **tejsavbaktériumokban**, melynek során a tejben található **laktózt tejsavvá** alakítják. A savas kémhatás - a tej savanyodása - a tej fehérjéjét kicsapja, aminek következtében a tej kocsonyásodik (aludttej).
- Az állati szervezetekben és az emberben a **vázizomszövetben** romló oxigénellátottság esetén. A **tartós izomösszehúzódás csökkenti az izmok oxigénellátottságát,** az **oxigénhiány** miatt az izmok működésükhöz az energiát tejsavas erjedéssel biztosítják. Az izmokban felhalmozódó tejsav - savas kémhatása folytán - fájdalmasan ingerli az idegvégződéseket. Ez az **izomláz tejsavelmélete**.
  Az izomláz kialakulásához hozzájárul még az erőkifejtés során elszenvedett **mikrosérülések** okozta **gyulladás** miatti **fájdalom** (**sérülés elmélet**).

Az alkoholos erjedés

Különféle **mikroorganizmusokban**, baktériumokban, ill. **élesztőgombákban** zajlik**.** A folyamat során a piroszőlősavból **szén-dioxid kiválása mellett alkohol** keletkezik. **Alkoholos erjedés zajlik a bor keletkezésénél** és a **tészta kelésénél** egyaránt.



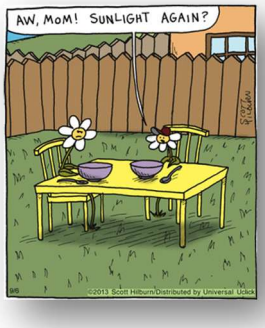
Felépítő anyagcsere (asszimiláció), a fotoszintézis

A felépítő folyamatok során, az élő szervezetek **egyszerű felépítésű, kisméretű molekulákból** – szerves vagy szervetlen - **bonyolult, nagyméretű szerves vegyületeket állítanak elő. A felépítő folyamatok mindig energiabefektetést igényelnek. A szükséges energia lehet kémiai energia vagy fényenergia.**

A fotoszintézis során **az élőlények az élettelen környezet alacsony energiatartalmú szervetlen anyagainak - CO_2, H_2O – felhasználásával a fényenergia segítségével magas energiatartalmú szerves vegyületeket állítanak elő.**

Jelentősége

- A **bioszféra szinte összes szerves anyaga** lényegében a **fotoszintézisben keletkezik.** Ennek a szerves anyagnak a bontása szolgál minden élőlényben az energiaigényes folyamatok energiaforrásaként, azaz az élővilág energiaigényes folyamataihoz az energiát végső soron a fotoszintézis során átalakított fényenergia szolgáltatja. A **földi élet végső energiaforrása tehát a Nap sugárzó energiája.**
- A **Föld légkörének teljes oxigéntartalma fotoszintetikus eredetű**.



A fotoszintézis általános egyenlete

A fotoszintézis **általános egyenlete**:

$$6H_2O + 6CO_2 \longrightarrow C_6H_{12}O_6 + 6O_2$$

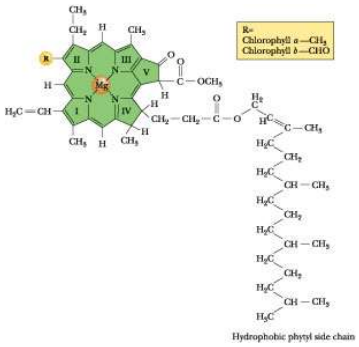
A CO_2-ból nem csak glükóz keletkezik, hanem **minden más molekula szénváza végső soron a fotoszintézisben megkötődött szén-dioxidból származik.**

A fotoszintézis folyamatát két fő szakaszra bonthatjuk:

1. **Fényszakasz,** csak fény jelenlétében játszódik le. Itt történik a **fényenergia megkötése.** A fényszakasz a zöld **színtestek belső membránrendszerében** zajlik.

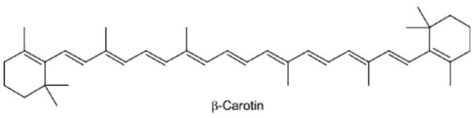
A fényszakaszban

- a **fényenergia felhasználásával vízbontás** történik, melynek során a víz hidrogénre és oxigénre bomlik (a folyamat melléktermék az oxigén),
- majd a vízből nyert hidrogén - NADPH molekulák segítségével - a sötétszakaszba kerül, ahol a szén-dioxiddal több lépésben glükózzá alakul.
- A megkötött fényenergia továbbá **ATP szintézisére** fordítódik.

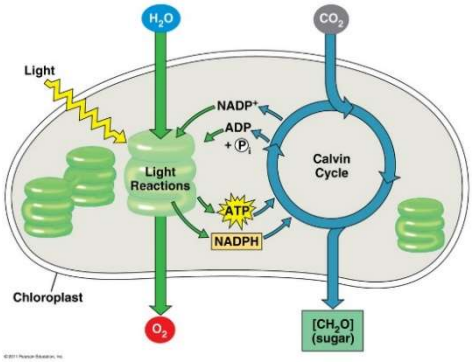


A fényenergia megkötését speciális színes molekulák, az ún. **fotoszintetikus pigmentek** végzik: ilyenek

- a **klorofillok,**
- a **karotinok** és
- a **xantofillok.**



2. **Sötétszakasz (Calvin-ciklus)** – közvetlenül **nem szükséges hozzá fény**, azonban lejátszódása előfeltételezi a fényszakasz működését. Itt történik a
   - **CO_2 megkötése,**
   - **a vízből származó hidrogénekkel történő redukciója**
   - **és a glükóz előállítása** a fényszakaszban előállított ATP segítségével.



A sötétszakasz a **zöld színtestek belső állományában** játszódik le.

Video

https://drive.google.com/file/d/1H09iROIP3rzUaHCf_aQ03dvJ4b4_prP-/view?usp=sharing

Anyag- és energiaáramlás a természetben

Az **élőlények és a környezetük bonyolult kapcsolatait az ökológia tudománya vizsgálja**. Az élőlények és az őket körülvevő élő és élettelen környezet ún. **ökológiai rendszert, ökoszisztémát** alkot. Az ökoszisztéma fogalma tágan értelmezhető, tekinthetem annak az egész bioszférát, vagy csak egy társulást, de ökológiai rendszernek vehetem akár egy tó vagy egy akvárium életközösségét.

Az **ökológiai rendszer nyílt anyagi rendszer**, **energiaáramlás** és **anyagforgalom** jellemzi, amely **táplálékláncok** rendszerében, ill. az **anyagok körforgásában nyilvánul meg**.

Az **ökológiai rendszerek – ökoszisztémák - négy összetevőből** állnak:

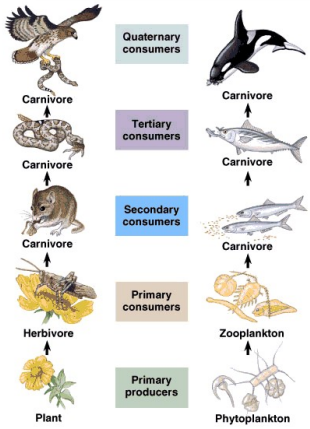
2. **élettelen anyagok** (víz, szén-dioxid, nitrogén, különböző sók, stb.),
3. **termelő** szervezetek, ezek **szervetlen anyagokból szerves vegyületet állítanak elő** (**autotrófok**),
4. **fogyasztók** (**heterotrófok**),
5. **lebontók** (főleg **baktériumok** és **gombák**), az elhalt szervezetek összetett szerves anyagait bontják le (**heterotrófok**).

Táplálékláncok

A táplálékláncok **egymással szoros kapcsolatban álló populációkból állnak**, minden láncszeme az előtte levőből táplálkozik, és egyben táplálékul szolgál az utána következő láncszem fajainak.

1. Az anyag- és energiaáramlás **első szintjét autotrófok** – főleg növények -, az ún. **termelő** szervezetek képezik. Ezek **fotoszintézissel szervetlen tápanyagokból** (vízből és a levegő szén-dioxidjából) **szerves anyagokat képesek előállítani**, miáltal **energiát kötnek meg és építenek be szerves vegyületeikbe**.

   A **bioszféra összes szerves anyaga** a **fotoszintézisben keletkezik** a tápláléklánc **termelői szintjén**, ez halad végig a táplálékláncon és építi fel az élőlények testét, ill. ennek a szerves anyagnak a bontása szolgál minden energiaigényes folyamat energiaforrásaként.



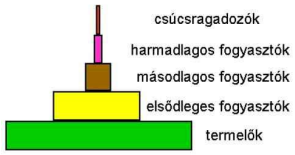
Copyright © Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings.

2. A **második szintjét** a **növényevő állatok**, az **elsődleges fogyasztók** alkotják.

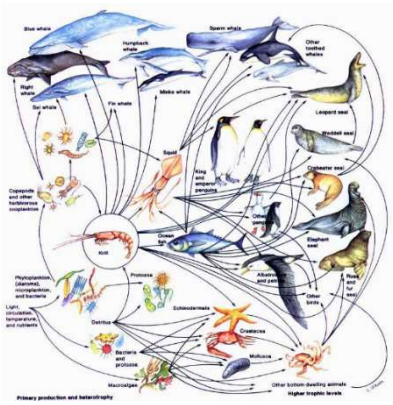
3. A **ragadozó állatokban vagy másodlagos, ill. harmadlagos, stb. fogyasztókban** a tápanyag egyre magasabb szintre kerül. A **csúcsragadozónak** az adott társulásban nincs természetes ellensége.

4. Az **elhalt szerves anyagokat a lebontók bontják le**; ezzel a különböző anyagok (elemek) visszakerülnek az élettelen természetbe, szervetlen formáikba.

Az **egyedek száma és össztömege a legalsó, termelői szinten a legnagyobb**, és a legfölül elhelyezkedő **csúcsragadozók szintjén a legkisebb.** Az egymás után következő szintek csökkenő tömege, illetve egyedszáma alapján rajzolják meg az ún. **táplálékpiramisokat**.



Táplálékhálózat



Egymással összekapcsolt táplálékláncok rendszere. Egy táplálékhálózatban **egy meghatározott szervezet egynél több táplálkozási szinten is** fogyaszthatja a táplálékait. Például

- egy tó táplálékhálózatában egy kagyló közvetlenül fogyaszthat zöldmoszatokat, amikor is ő egy elsődleges fogyasztó.
- Azonban táplálkozhat állati egysejtűekkel is, amelyek maguk elsődleges fogyasztók; ebben az esetben a kagyló másodlagos fogyasztó.

Az **anyagok áramlása** a táplálékhálózatokban **egyirányú**, vissza nem fordítható folyamat (a nyúl nem eszi meg a rókát, a fű meg a nyulat).

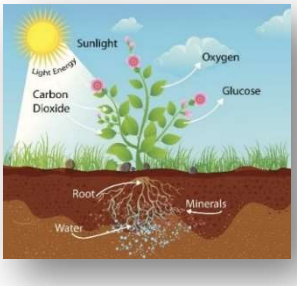
A biológiai sokféleség, a biodiverzitás

A **biodiverzitás** az élet megjelenési formáinak gazdagságát, az élővilág változatosságát kifejező fogalom. A **társulások stabilitása arányos a diverzitásukkal**. **Minél bonyolultabb egy táplálékhálózat, annál stabilabb a társulás**.

Energiaáramlás az ökológiai rendszerekben

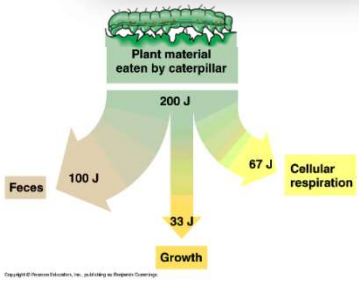
Az ökológiai rendszerek **nyílt anyagi rendszerek**, a fennmaradásukhoz és a működésükhöz szükséges **energiát kívülről kapják napenergia formájában**. Az **energia** az élőlények **élettevékenységeinek fenntartásához** szükséges.

A külső forrásból származó energiát az **autotróf vagy termelő szervezetek (növények) "hozzák be" az ökológiai rendszerekbe**, oly módon, hogy a(z) (nap)energia segítségével **saját testanyagaik energiadús szerves vegyületeit építik fel** energiaszegény szervetlen vegyületekből. Ezek a **szerves anyagok energiaforrásul szolgálhatnak** a továbbiakban a velük táplálkozó heterotróf szervezetek vagy **fogyasztók számára**.



Egy **fogyasztó által szerves vegyületek formájában felvett energia három útra terelődhet.**

1. **Beépül** a **fogyasztó testébe**, annak testtömegét gyarapítja (~15%),
2. rögtön **elbomlik** és a felszabaduló energia részben **munkavégzésre** fordítódik, részben **hő** formájában a környezetbe jut (~35%),
3. **ürülékkel** együtt szerves vegyületként **távozik** a szervezetből (~50%).



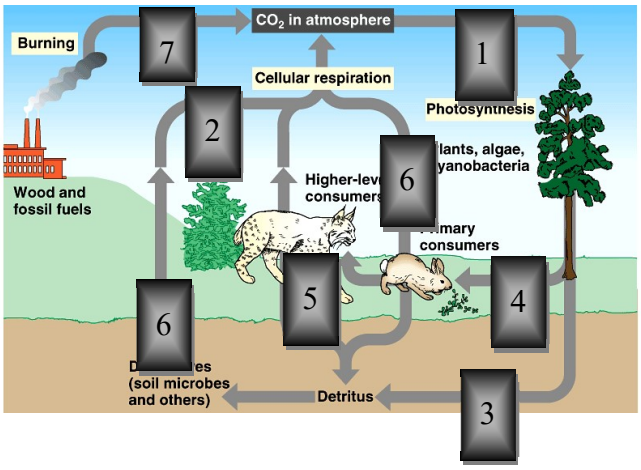
Az **energia vándorlása során az egyes táplálkozási szinteken újabb és újabb energiaveszteséggel kell számolni** (hő, ürülék). A társulásba beépülő, majd szintről szintre **szerves anyagként áramló energia tehát mind kevesebb lesz**.

Előbb vagy utóbb, a különböző szinteken, a szerves anyagok elbomlanak és visszaalakulnak szervetlen anyagokká, melyek újra kiindulási anyagai lesznek az elsődleges biológiai produkciónak (autotróf asszimilációnak).

Anyagforgalom az ökológiai rendszerekben, anyagáramlás a termelők és a fogyasztók között

Az **energiaáramlás az anyagáramlástól az ökoszisztémákban elválaszthatatlan**, hiszen az egyes táplálkozási szintek között az **energia szerves anyagok formájában adódik tovább**.

A két folyamat között azonban van egy alapvető különbség: amíg az **anyagok a körfolyamatban újra és újra felhasználódhatnak, a belépő energia csak egyszer haladhat át a rendszeren.**

A szén körforgalma

- A **szén minden szerves vegyület alapvázát képezi**. A szén a levegőből **szén-dioxid** formájában kerül **növényekbe**, ahol szén-dioxidból és vízből **szerves anyagok keletkeznek**. (1) A szerves anyagból:
    - a **növények is felszabadíthatják a szén-dioxidot** lebontó folyamataik során (2),
    - az elpusztult növényi részekkel az **avar**, majd a **humusz** alkotója lesz (3),
    - a szerves anyag továbbkerül valamely **növényt fogyasztó állatba** (4), abból pedig még tovább egy **ragadozóba** (5). Az állatok szerves anyagaik egy részének lebontásával energiát termelnek, melynek során szintén szén-dioxidot bocsájtanak a környezetükbe (cellular respiration).
- Régi, földtörténeti időkben oxigénmentes környezetben keletkeztek a leülepedett szerves anyagokból a **kőolaj**-, a **földgáz**- és a **kőszénkészletek**, ezáltal **hosszabb ideig kikerülhet** a szén a **körforgásból**. Ezen fosszilis energiahordozókból égetéssel jut vissza a szén-dioxid a légkörbe (7).
- Továbbá a **tengerek jelentős mennyiségű CO_2-t nyelnek el**, alapját képezve a $CaCO_3$ képződésének.
- A **vulkáni tevékenység** is jelentős mennyiségű szén-dioxidot juttat a légkörbe.