

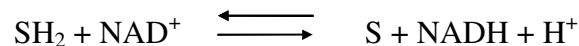
A biokémiai folyamatokat enzimek (biokatalizátorok) viszik véghez. Minden enzim tartalmaz fehérjét. Két csoportjukat különböztetjük meg az enzimeknek

a./ Csak fehérjéből állók

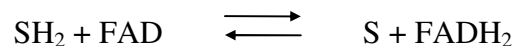
b./ Fehérjéből (apoenzim) és nem fehérje részből (koenzim) állók.

Az enzim nagyon nagy molekula, az a vegyület (szubsztrát) amelyen a reakciót véghez viszi egy viszonylag kicsi molekula. Az apoenzim köti meg a szubsztrátot és a koenzim viszi véghez a reakciót.

Nagyon sok koenzim ismert, a légzésben szereplő koenzimek közül legfontosabb a  $\text{NAD}^+$  és a FAD jelű. Ezek hidrogént (FAD) és hidrogént és elektront ( $\text{NAD}^+$ ) visznek át. Ha a szubsztrátot  $\text{SH}_2$  fogalommal helyettesítjük, akkor a reakció így írható fel



vagy



(A  $\text{NAD}^+$ -hoz nagyon hasonló felépítésű a  $\text{NADP}^+$ , de ez nem a lebontó, hanem a felépítő folyamatokban vesz részt).

Az enzimek működését gátolják az inhibitorok. Azok a gátló vegyületek, amelyek a fehérjéket denaturálják minden egyes enzim működését akadályozzák. Ezek általában megfordíthatatlan (irreverzibilis) hatásúak.

A megfordítható (reverzibilis) gátlók nagyon fontosak, ilyenek a gyógyszerek, növényvédőszeres. A megfordítható gátlásokon belül két fontos csoportot különböztetünk meg.

a./ Versengő, vagy kompetitív gátlók azok a vegyületek, amelyeknek a szerkezete nagyon hasonlít a szubsztrát szerkezetére, ezért megkötődnek az enzim (apoenzim) felületén,

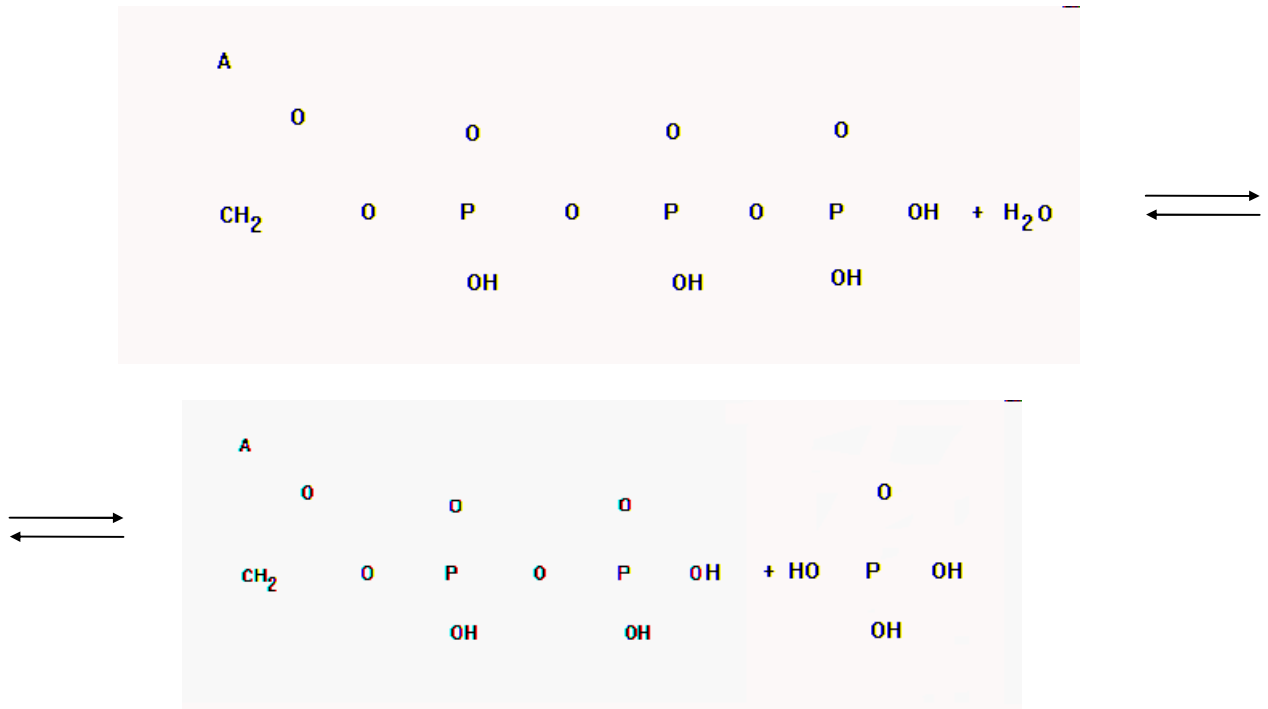
de mivel kicsit eltér a szerkezete a szubsztrátétól, ezért az enzim a reakciót nem képes véghezvinni vele, de az enzimet lefoglalja hiszen megkötődik a felszínén, így az nem tud felvenni szubsztrátot. A szubsztrát és a gátló vegyület verseng az enzim felületén történő megkötődésért.

b./ Az alloszterikus gátlás esetén a szubsztrát és a gátló anyag szerkezete nagyon eltérő. Az enzimnek nem is azonos helyén kötődnek meg, de ha az egyik megkötődött gátolja a másiknak a megkötődését, azzal magyarázható e tény, hogy a már megkötődött vegyület (szubsztrát, vagy inhibitor) a nagy elektronvonzó, vagy elektrontaszító hatásával deformálja az enzim felületét, ezzel megakadályozza a másik megkötődését.

### **Energiatároló vegyületek**

Vannak olyan vegyületek, melyeknek az összetartásához nagy (kémiai kötési) energiára van szükség. Ha ez a vegyület szétbomlik felszabadul az energia (kötési energia).

Ha egy vegyületben három foszfát csoport is van, mint pl. az adenzin trifoszfát (ATP) molekulában, nagy energiát kell tartalmaznia e molekulának, mert a három azonos (foszfát) csoport taszítja egymást. Ha a három foszfát csoportból egy eltávozik hidrolízissel, akkor felszabadul a második és harmadik foszfát csoportot összetartó kötési energia. A reakció során keletkező adenzin difoszfát (ADP) már kisebb energiátartalmú, mint az ATP. Természetesen az ADP-ből történő ATP képzéshez legalább ugyanennyi energiát kell közölnünk. Ha A-vel jelöljük az adenint, akkor a ribóz gyűrűs szerkezetéhez kötődő foszfát csoportok helyzetét is feltüntető reakcióegyenlet (ATP-nek ADP-vé történő alakulása) így írható fel

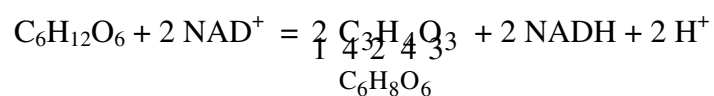


### Az anyagcsere

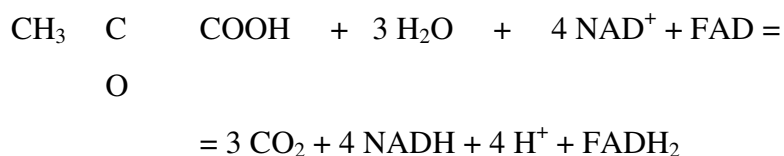
Az élő szervezetben lejátszódó lebontó és felépítő folyamatok összességét nevezzük anyagcsere néven. A három nagy vegyületcsoport (szénhidrátok, lipidek, fehérjék) lebontását és felépítését külön-külön tárgyalja az anyagcsere.

### Szénhidrátok lebontása

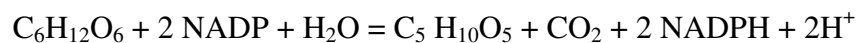
a./ Glikolízis. Anaerob folyamat, a sejten belül a citoszólban megy végbe. Lényege, hogy a glükóz (C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub>) a levegő jelenléte nélkül oxidálódik (oxidáció a hidrogén elvonás is) három szénatomos piroszőlósavvá. Eközben redukált koenzim (NADH) képződik.



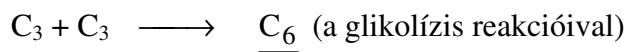
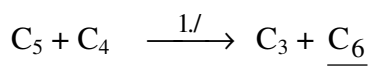
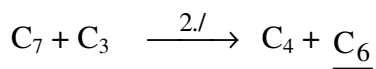
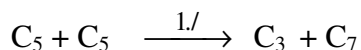
b./ Citrát-ciklus: ez már aerob folyamat a sejt mitokondriumában játszódik le. A glikolízis által létrehozott piroszőlősavat oxidálja tovább úgy, hogy a piroszőlősav mindhárom szénét CO<sub>2</sub>-dá alakítja, az ehhez szükséges oxigént a vízből nyeri, a víz hidrogénjeit távolítja el a NAD<sup>+</sup> és FAD



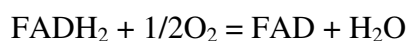
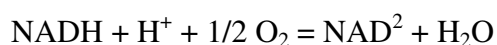
c./ Pentóz-foszfát-ciklus (citoszolban)



Regenerálódási szakasz     1./ C<sub>2</sub> egységet visz át = transzketoláz  
                                       2./ C<sub>3</sub> egységet visz át = transzaldoláz



Terminális oxidáció (a mitokondrium membránban). A keletkezett redukált koenzimek levegő oxigénjével történő visszaoxidálása.



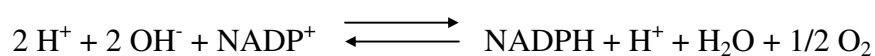
eközben [H<sup>+</sup>] különbség alakul ki, ami ADP + P<sub>i</sub> = ATP reakcióban hasznosul.

## SZÉNHIDRÁTOK FELÉPÍTÉSE

**Fotoszintézis** (A kloroplasztisban)

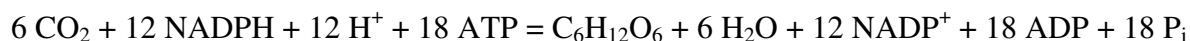


### Fényreakciók



eközben a thilakoid membrán két oldala között nagy  $[\text{H}^+]$  koncentrációkülönbség alakul ki, ami ismét ATP termelés formájában hasznosul

### **Sötét reakciók**

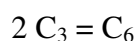


A sötét reakcióknak több változata ismert

a./  $\text{C}_3$  -tipusú fotoszintézis (3 szénatomos vegyület keletkezik)



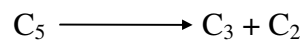
A  $\text{CO}_2$  felvevő (akceptor) a ribulóz-1,5-DiP (Ru-1,5-DiP), mely széndioxidot felvéve két darab glicerinsav-3-foszfát (három szénatomos) molekulává alakul. De a glicerinsav az oxidáltabb, mint a szénhidrátok (a cukrok), a legegyszerűbb szénhidrát a gliceraldehid, azaz a glicerinsavból a NADPH hoz létre redukcióval gliceraldehidet. Két darab formaldehid pedig hat szénatomos glükózzá alakul.



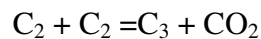
A legtöbb mérsékelt égövi kultúrnövény e fotoszintézis formát folytatja.

### Fénylégzés (fotorespiráció)

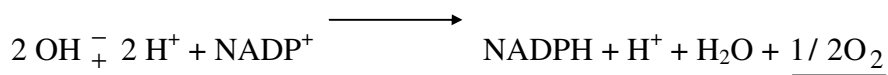
Az az enzim, amely a C<sub>3</sub>-típusú fotoszintézis első lépését (a két glicerinsav-3-P képződését) viszi véghez nagy oxigén koncentráció esetén nem a CO<sub>2</sub> felvételét katalizálja, hanem éppen egy fordított reakciót, egy oxidációs folyamatot. Az 5 szénatomos (Ru-1,5-DiP-ből) vegyületből egy három szénatomos (a fotoszintézisnél is megjelenő) glicerinsav-3-P-ot és egy két szénatomos vegyületet, a glikolsav-foszfátot hoz létre (az oxidáció itt oxigénfelvételt jelent, mint általában a légzésnél).



A glikolsav tovább oxidálódik, majd aminosavvá (glicin) alakul és a két darab két szénatomos termékből CO<sub>2</sub> kilépéssel (a légzésre jellemző) egy három szénatomos aminosav (szerin keletkezik).



Az oxigén (ami miatt az enzim nem a CO<sub>2</sub> felvételét, hanem az oxidációs reakciót katalizálja) a fényreakció miatt jön létre, hiszen



Ahol tehát túlságosan sok a fény csak azok a növények maradhatnak meg, amelyeknél a fényreakció és a CO<sub>2</sub>-nak a Ru-1,5-DiP általi felvétele egymástól el van választva (vagy térben, mint a C<sub>4</sub>-típusú fotoszintézisnél, vagy időben, mint a CAM típusú fotoszintézisnél).

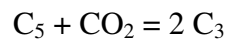
### C<sub>4</sub>-típusú fotoszintézis

Néhány trópusi eredetű kultúrnövénynél (kukorica, köles, cirok) és számos gyomnövénynél megtalálható e fotoszintézis forma. A mezofill sejtek kloroplasztiszában történik a CO<sub>2</sub> felvétel, egy három szénatomos vegyület a foszfo-enol-piroszőlősav (PEP)

veszi fel a CO<sub>2</sub>-ot, miközben négy szénatomos oxálecetsavvá alakul, mely redukálódik almasavvá



Az oxálecetsav és almasav átmegy a hüvelyparenchima sejt kloroplasztiszába és ott leadja a CO<sub>2</sub>-ot, amelyet felvesz a Ru-1,5-DiP és innen már a C<sub>3</sub>-típusú fotoszintézis megy végbe



A CAM típusú fotoszintézis a Crassulacaekre jellemző.

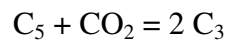
E növények a melegben történő párologtatás (a nagy vízvesztés) ellen úgy védekeznek, hogy melegben (nappal) a sztómáikat bezárják. Ennek viszont az a következménye, hogy nappal CO<sub>2</sub>-ot sem tudnak felvenni.

A CO<sub>2</sub> felvétel tehát sötétben történik a PEP felvéve a CO<sub>2</sub>-ot négy szénatomos terméké (oxálecetsav, ill. almasav) alakul.

Fényben (nappal) amikor működnek a fényreakciók a négy szénatomos termék leadja a CO<sub>2</sub>-ot.



a keletkezett CO<sub>2</sub>-ot a Ru-1,5-DiP veszi fel és innen a C<sub>3</sub>-típusú fotoszintézis folyamatai mennek végbe.



## Lipidek lebontása

A lipidek (zsíroldószerekben oldódó vegyületek) lebontása a sejt mitokondriumában történik. Mind a NAD<sup>+</sup>, mind a FAD hidrogénelvonással résztvesz a folyamatban. A zsírsavak (minden lipid, így a gyűrűs karotinoidok és szteránvázis vegyületek is zsírsavvá alakulnak először) két szénatomonként acetil csoport (CH<sub>3</sub> C ) formájában bomlanak le.

O

Ez az acetylsoport egy koenzim A-nak nevezett vegyülethez kapcsolódva távozik el. Az acetyl-koenzim A (CoA S C CH<sub>3</sub>)

O

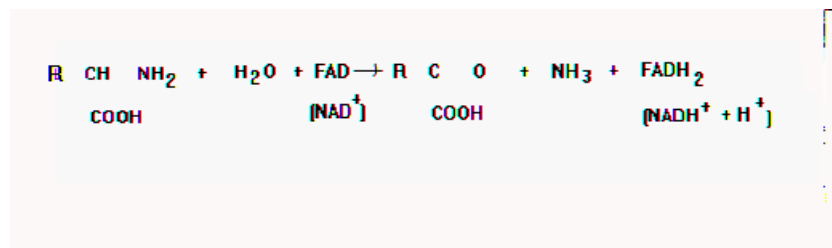
közbeeső vegyülete a citrát-ciklusnak (ez is a mitokondriumban megy végbe), ezért a zsírok lebontása a citrát-ciklushoz csatlakozik. A keletkezett redukált koenzimek viszont a terminális oxidáció segítségével oxidálódnak vissza.

### Zsírsvak felépítése

A citoszólban megy végbe. Lényege az acetyl-csoportok összekapcsolása, majd redukciója. A folyamat egy enzimfehérjéhez (acil-karrier-protein) kapcsolatan játszódik le.

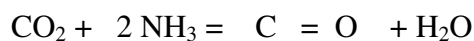
### Fehérje lebontás

A fehérje lebontás első lépése a hidrolízis, amikor is víz felvétellel aminosavak képződnek. Az aminosavak egy része oxidatív dezaminálódással ammóniára és ketosavra bomlik.



Az ammónia sejtmérég, ezért ennek át kell alakulnia.

Az emlősök szervezetében karbamiddá alakul. A folyamat egy ornitin nevű aminosavval indul és több lépésből áll. Leegyszerűsítve a lényegét feltüntetve.



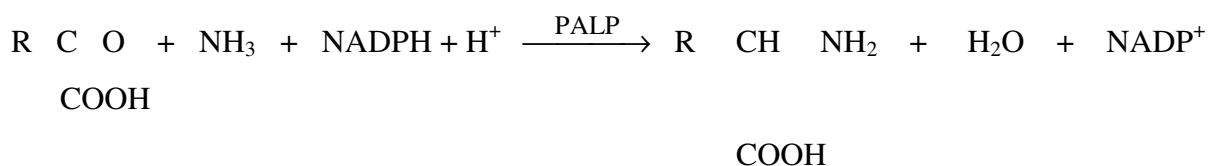




A ketosav mint zsírsav bomlik le a lipideknél említett módon.

### Aminosavak felépülése

Az aminosavak ketosavakból transzaminálással jönnek létre. A transzaminálásban a piridoxál-foszfát (PALP) nevű koenzim működik közre, a ketosav oxigénjének eltávolításához NADPH szükséges



Az aminosavakból peptid kötés létesítésével jönnek létre a fehérjék. Azonban nem mindegy, hogy a fehérjében az aminosavak milyen sorrendben fordulnak elő. Egy fehérje nem tudja megszabni egy — esetleg a felszínén — felépülő új fehérje aminosav sorrendjét. A nukleinsavak rendelkeznek olyan tulajdonsággal (hidrogén-híd kötés), amely meg tudja szabni egy a felszínén felépülő másik nukleinsav nukleinbázis sorrendjét. Ezért a fehérje szintézishez „kölcson” veszi az élő szervezet a nukleinsavakat.

### Fehérje szintézis

A fehérje aminosav sorrendjének kódját a sejt kromoszóma állománya — amely dezoxiribo nukleinsavból, azaz DNS-ből áll — hordozza magában.

Sejtosztódáskor az eredeti DNS állomány lemásolása (replikáció) létrehozza a testvér kromoszómákat, így az új és a régi sejt kromoszóma állománya teljesen azonos lesz. Ez a folyamat nem tartozik szigorúan véve a fehérje szintézishez. De ennek a DNS állománynak az átírása (transzkripció) ribonukleinsav (RNS) alakba már a fehérje szintézis része. Három féle RNS-nek kell létrejönnie. A messenger (hírnök) RNS (mRNS) egy hosszú egyenes lánc, az

ezen láncon lévő három nukleobázis sorrendje (bázis triplet) felel meg a transzfer RNS-en (aminosavat szállító tRNS) lévő kódnak. Az RNS lóherére emlékeztető alakú. A harmadik csoportot a riboszomális RNS (rRNS) alkotja, ez jóval nagyobb molekula tömegű, mint az előbbi kettő és gömbre emlékeztető alakú.

A transzkripció során a minta (templát) DNS-en lévő bázisokon az u.n. komplementer bázisok kötődnek csak meg. A templát szál adeninje uracilt (vagy replikációnál timint) köt meg. Illetve a templát szál guaninja citozint és fordítva a templát szál citozinje guanint köt meg. Tehát ahol a templát szálban A volt ott a képződő RNS-ben U lesz, ahol G volt a templát szálban ott C jön létre az új szálban és így tovább. Az új RNS tehát a templát szál tükörképe lesz. Így jön létre mind a m RNS, mind a t RNS és r RNS.

A transzláció (fordítás) lényege, hogy egyféle tRNS-en csak egyféle aminosav kötődhet meg, azaz a tRNS-en lévő nukleobázis kód lefordítódik aminosav nyelvre.

A fehérjeszintézis során a mRNS hosszú egyenes lánacán a kódjuknak megfelelő sorrendben kötődnek meg — a nekik megfelelő aminosavat szállító — tRNS-ek.

A tRNS által szállított aminosavak fehérjévé kapcsolódnak, a fehérjében lévő aminosavak sorrendjét a tRNS-ek sorrendje, azaz az azokon lévő kód szabja meg.

A rRNS azzal, hogy egy síkban tartja a mRNS-en megkötődött tRNS-eket az aminosavaknak a kapcsolódását biztosítja.