

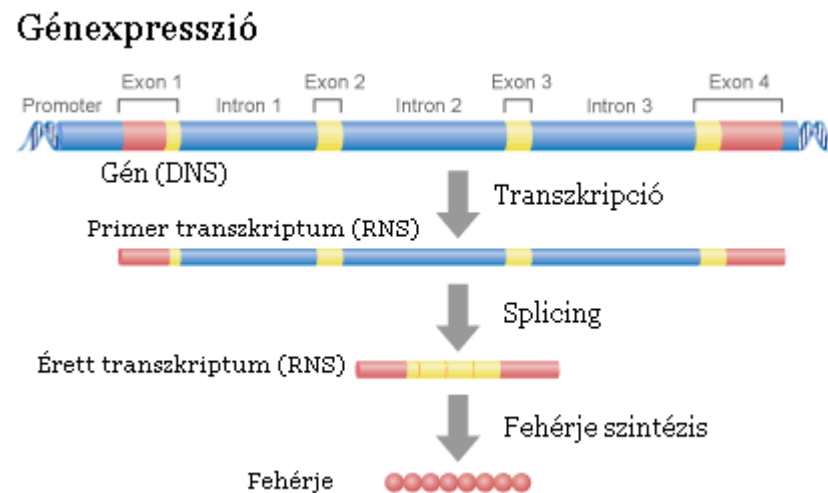
Fehérjék

Csoportosítás

- Funkció alapján
- Szerkezetük alapján
- Kapcsolódó nem peptid részek alapján

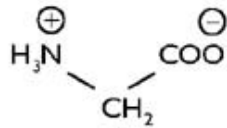
Szintézisük

- Transzkripció - sejtmag
- Transzláció - citoplazma
- Poszttranszlációs módosítások (folding)
- endoplazmatikus retikulum

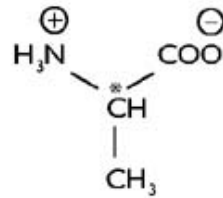


Aminosavak

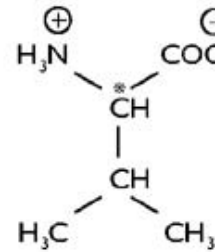
Apoláris oldalláncúak



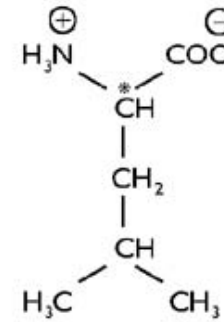
Glicin
Gly G



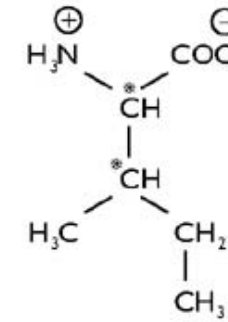
Alanin
Ala A



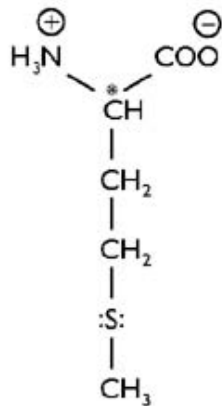
Valin
Val V



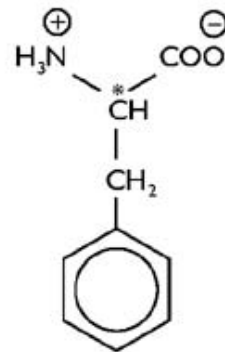
Leucin
Leu L



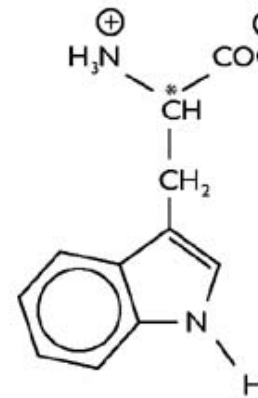
Izoleucin
Ile I



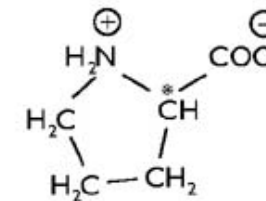
Metionin
Met M



Fenilalanin
Phe F



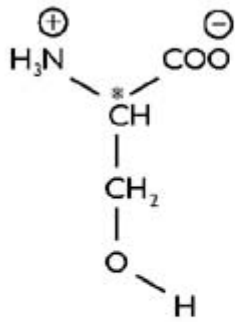
Triptofán
Trp W



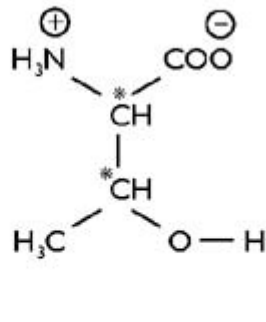
Prolin
Pro P

Aminosavak

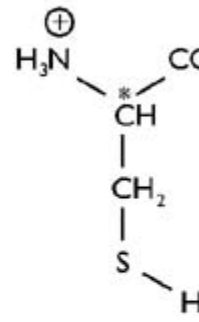
Poláris, semleges oldalláncúak



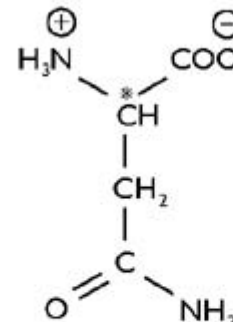
Szerin
Ser S



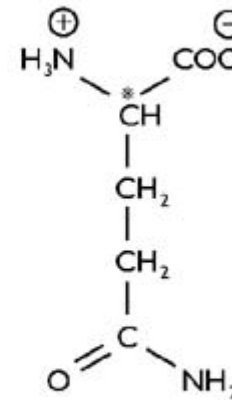
Treonin
Thr T



Cisztein
Cys C



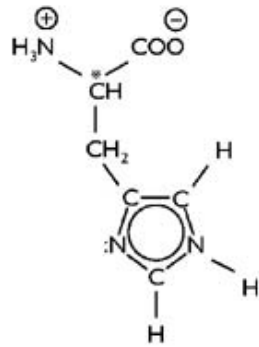
Aszparagin
Asn N



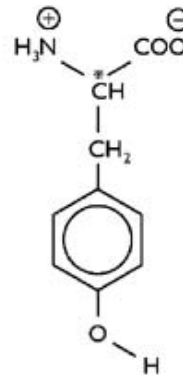
Glutamin
Gln Q

Aminosavak

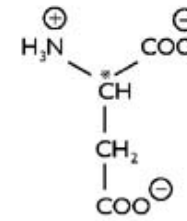
Poláris, savas, ill. bázisos oldalláncúak



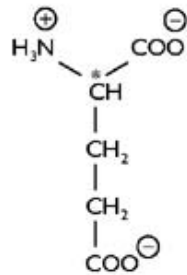
Hisztidin
His H



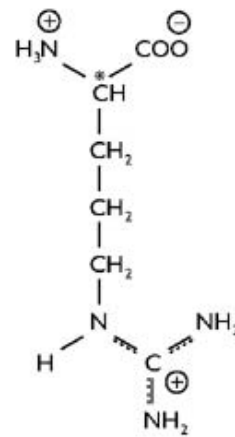
Tirozin
Tyr Y



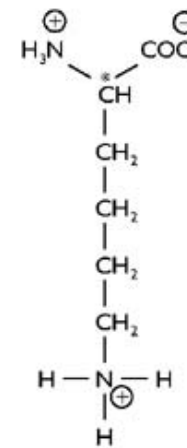
Aszparaginsav
Asp D



Glutaminsav
Glu E



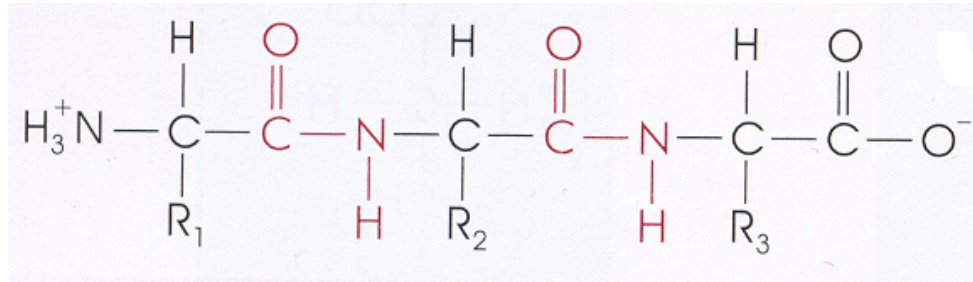
Arginin
Arg R



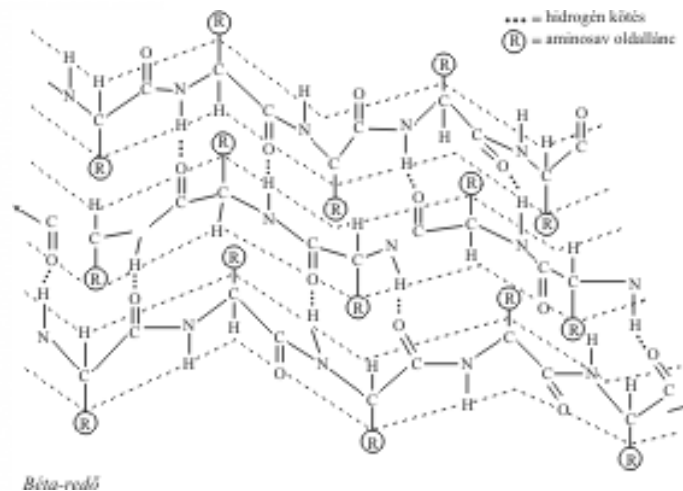
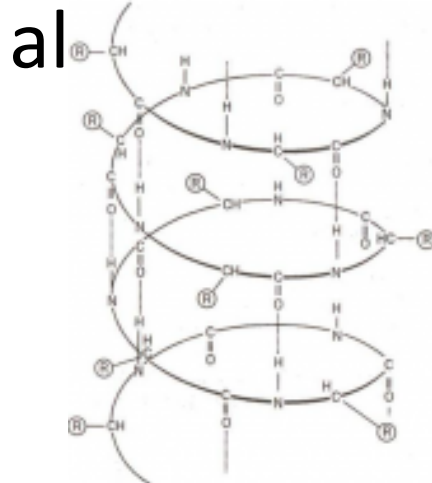
Lizin
Lys K

Szerkezetük

- Elsődleges szerkezet= aminosavsorrend



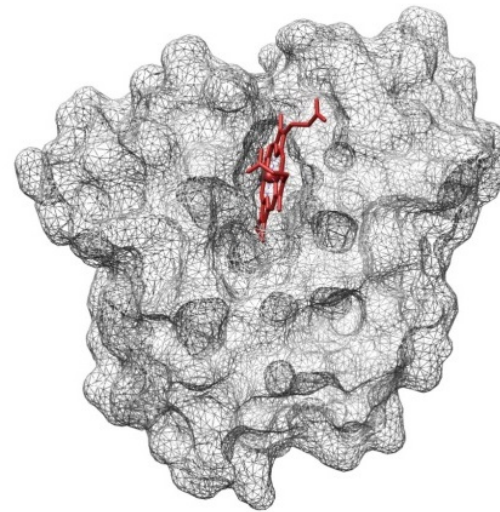
- Másodlagos szerkezet= a peptidlánc konformációja



, random coil

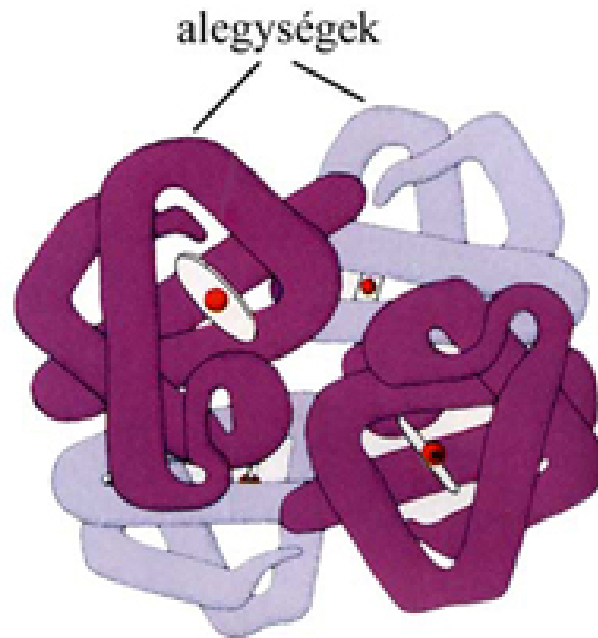
Szerkezetük

- Szupraszekunder szerkezet: harmadlagos szerkezeten belüli domének elhelyezkedése
- Harmadlagos szerkezet= a peptidlánc alakja globuláris, fibrilláris



Szerkezetük

- Negyedleges szerkezet= alegységek (peptidláncok) elhelyezkedése



Folding, Denaturáció

- Fehérje folding: natív konformáció kialakulása
 - chaperonok jellemzése és szerepük
- Denaturáció: natív szerkezet elvesztése
 - okok
 - reverzibilis (harmadlagos, negyedleges szerkezet)
 - irreverzibilis (másodlagos)

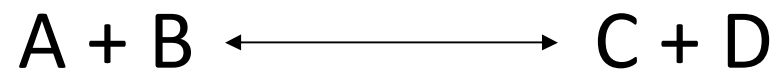
Bioenergetika

SZTE ÁOK Biokémiai Intézet

Termodinamika

- Elszigetelt rendszer
- Zárt rendszer
- **Nyílt rendszer:** anyag-, energia- és információcsere, ha entrópiaszintük alacsony
- E-forrás: C-atom (oxidáció)

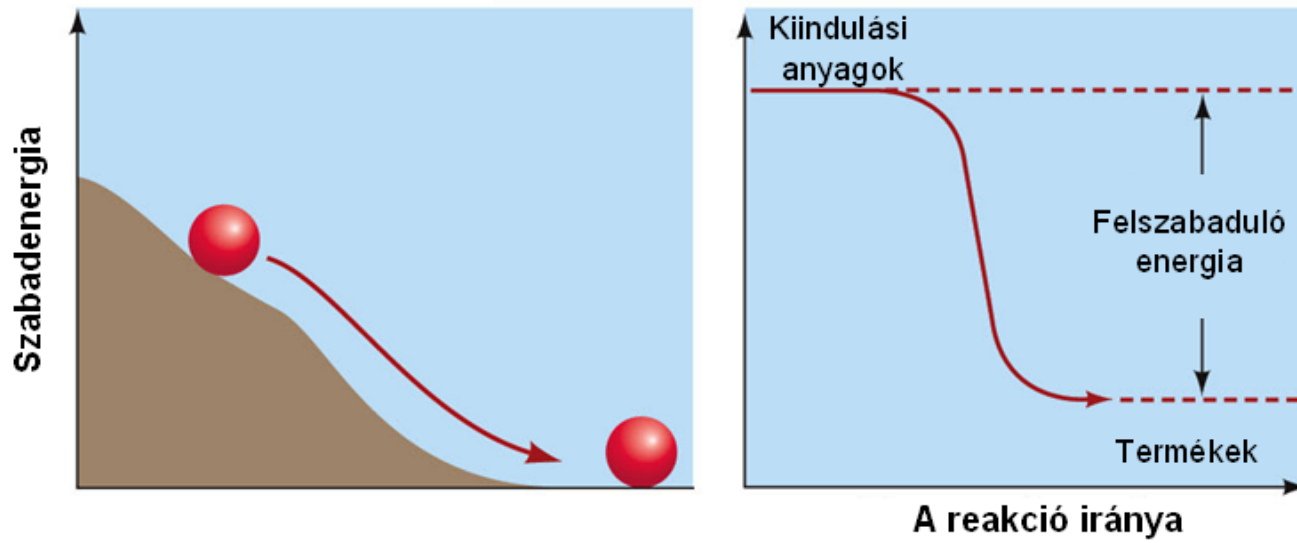
- Szabadentalpia-változás



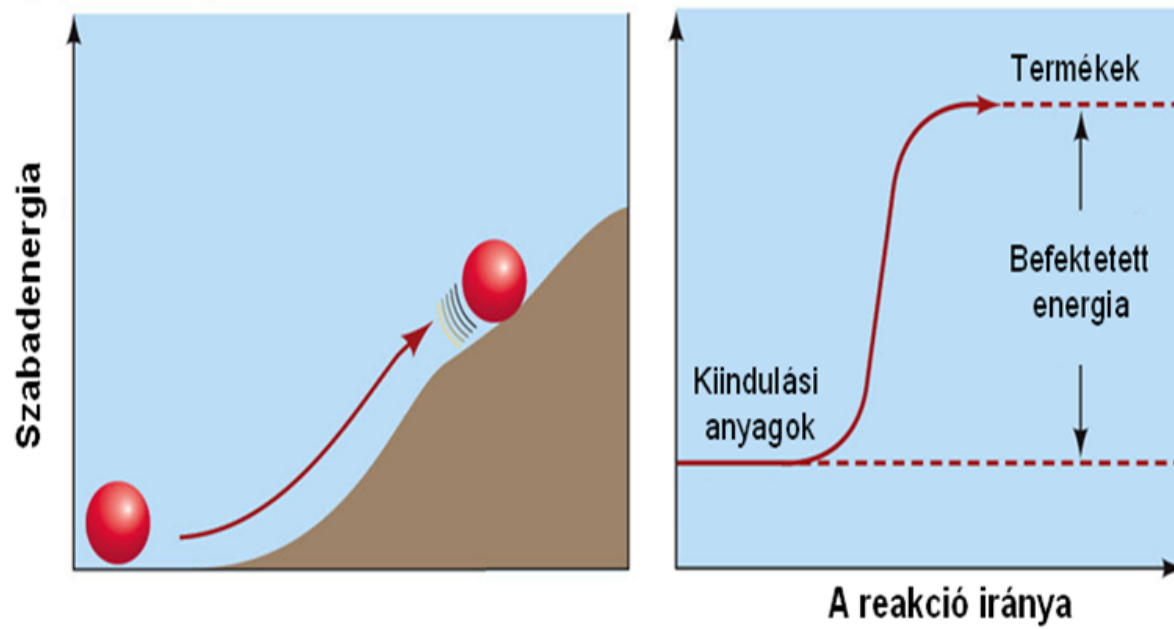
$$\Delta G = \Delta G_0 + RT \ln ([C] [D] / [A] [B]) = \Delta G_0 + RT \ln K$$

- $\Delta G = \sum G_{\text{termékek}} - \sum G_{\text{kiindulási anyagok}}$
+: endergon; 0: egyensúly; -: exergon

(A) Exoterm reakció



(B) Endoterm reakció

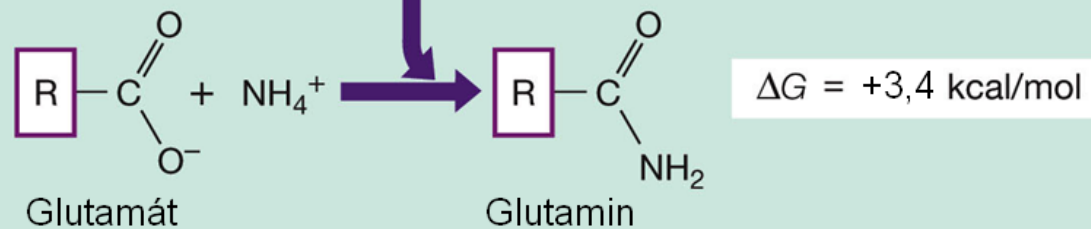


Kapcsolt reakciók elve

Exoterm reakció



Endoterm reakció

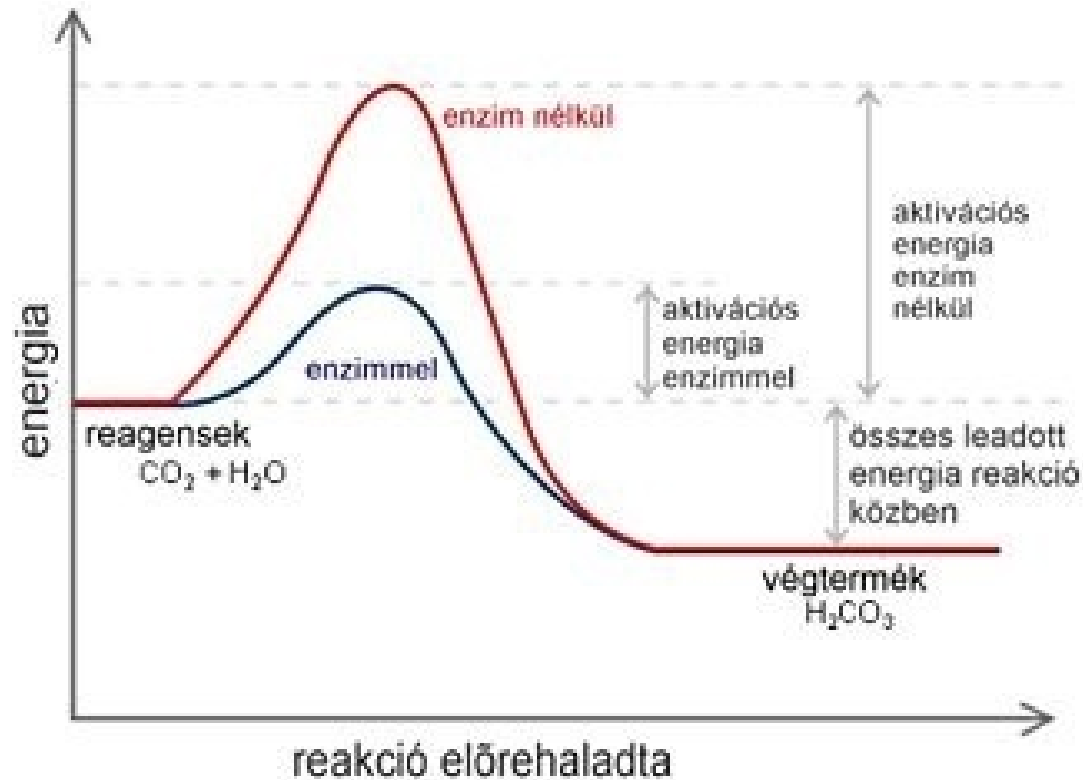


$$\Delta G = -3,9 \text{ kcal/mol}$$

LIFE 8e, Figure 6.7

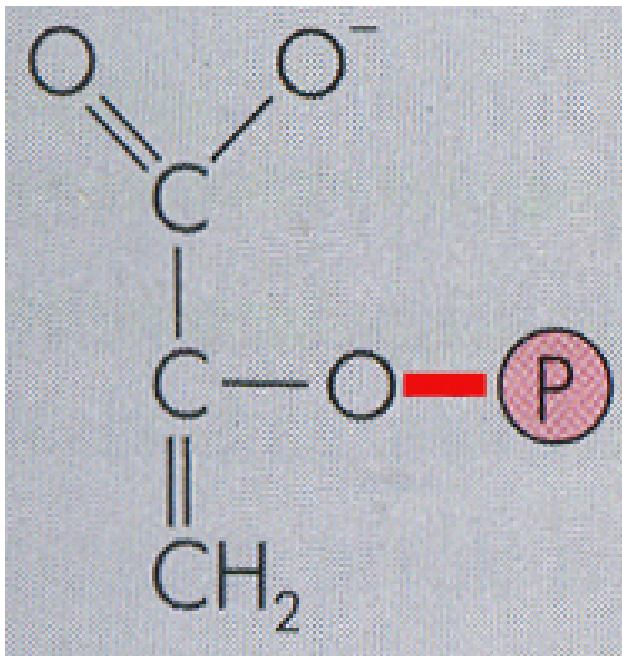
LIFE: THE SCIENCE OF BIOLOGY, Eighth Edition © 2007 Sinauer Associates, Inc. and W. H. Freeman & Co.

Enzimek szerepe: az aktiválási energia csökkentése

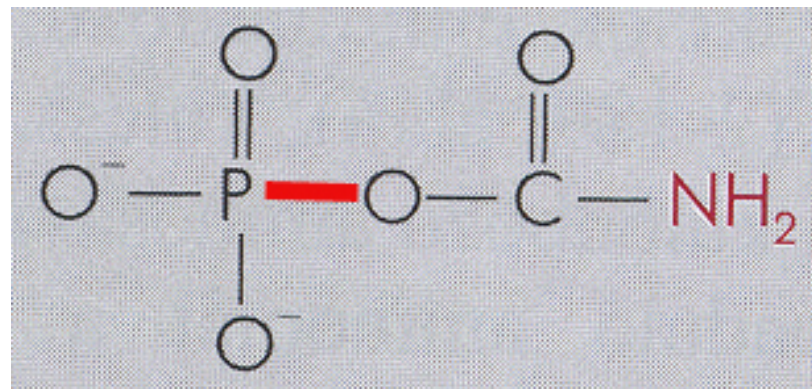


Makroerg vegyületek

- Makroerg kötést (>30kJ) tartalmazó vegyületek

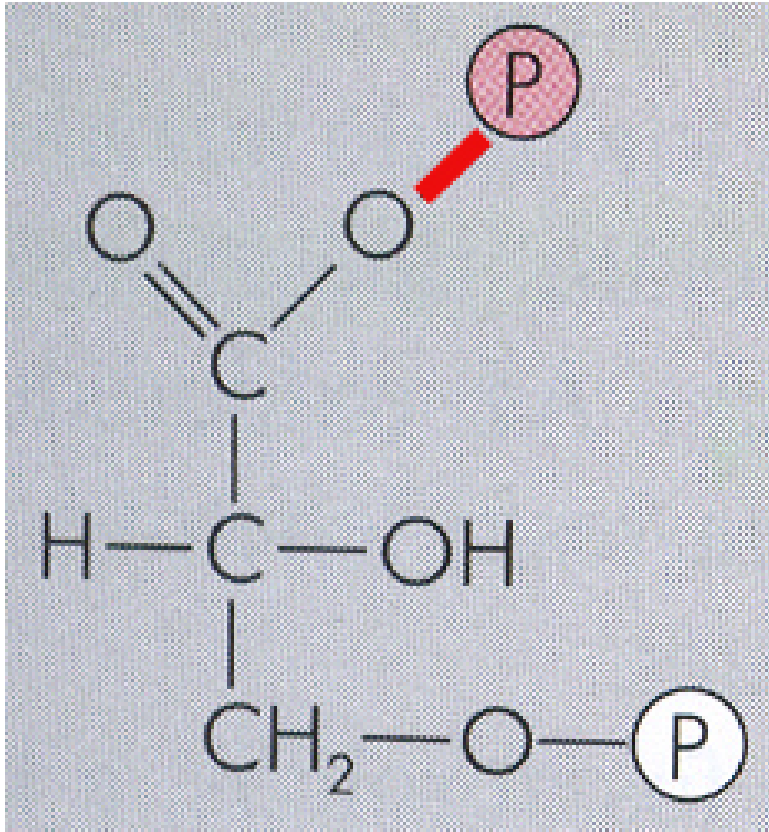


foszfoenol-piruvát

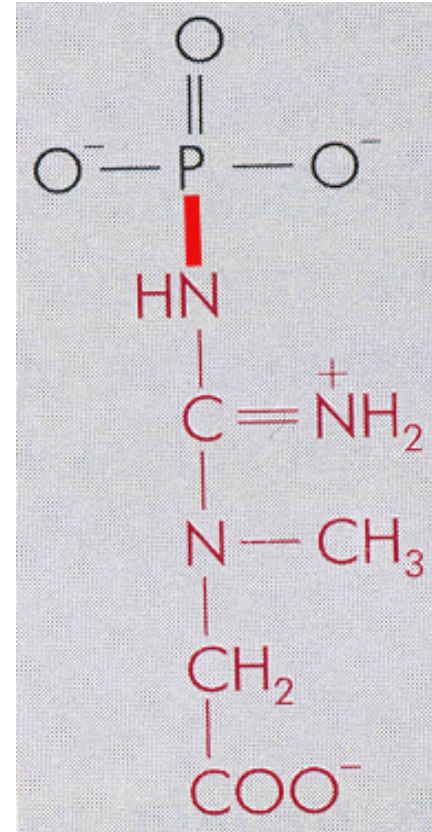


karbamil-foszfát

Makroerg vegyületek

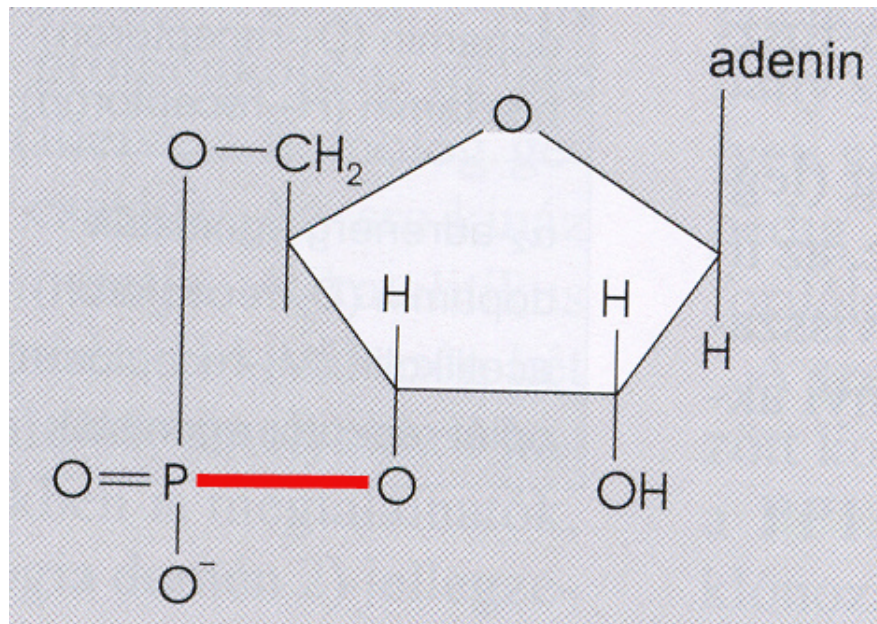


1,3-bifoszfoglicerát

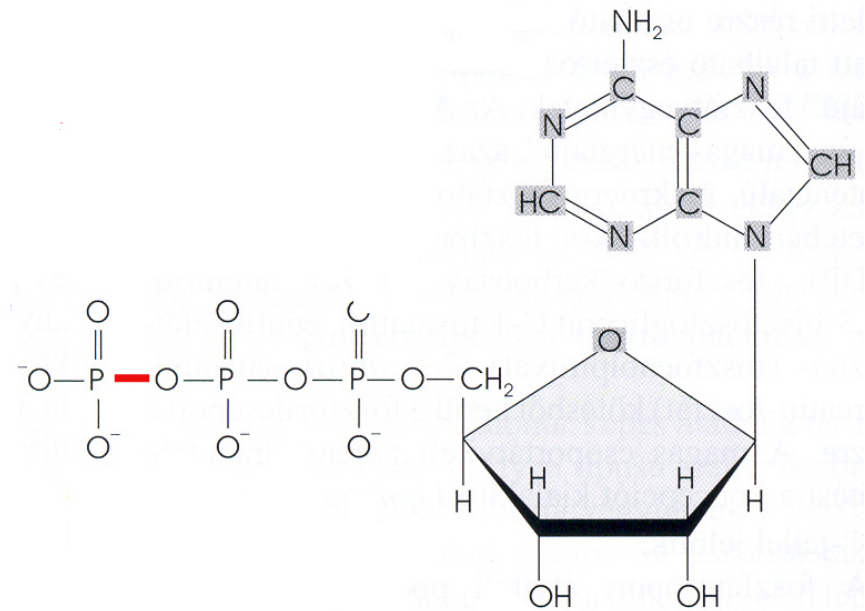


kreatin-foszfát

Makroerg vegyületek



Ciklikus adenzin-monofoszfát



Adenzin-trifoszfát

Enzimek

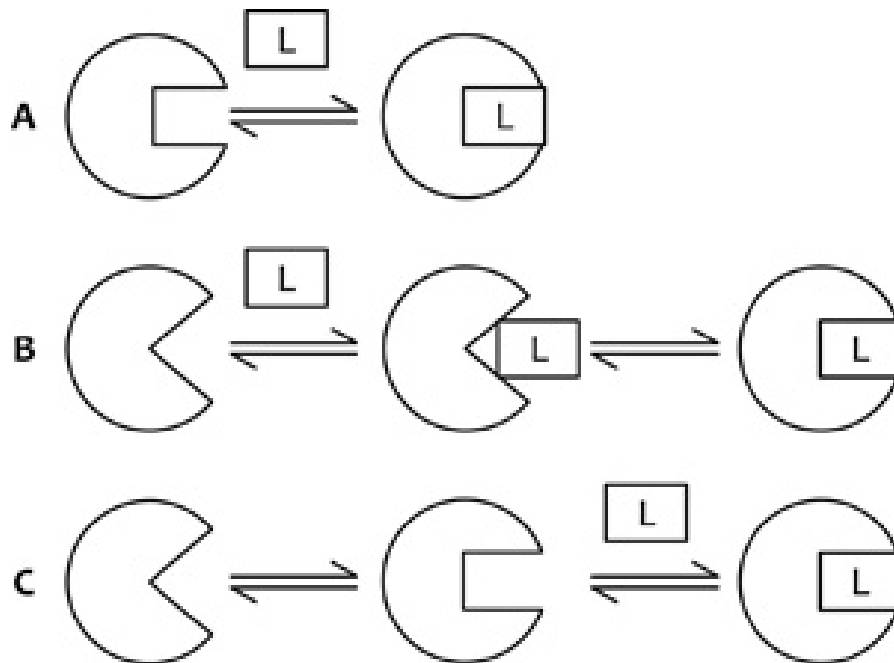
SZTE ÁOK Biokémiai Intézet

Általános jellemzők

- Biokatalizátor
- Sebesség, specificitás, reakció irányának meghatározói
- Optimális működés feltételei:
hőmérséklet, pH, ionok

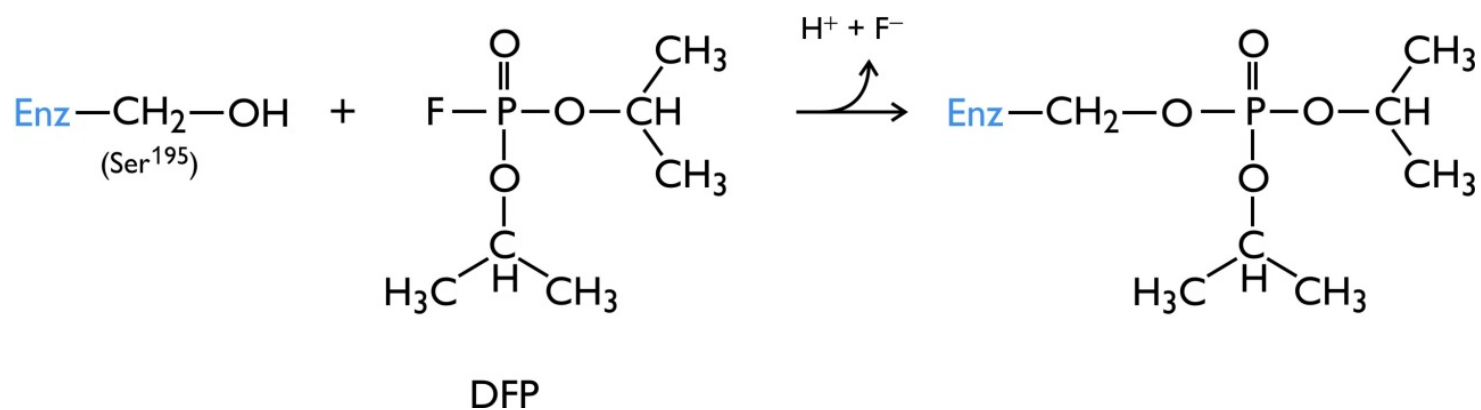
Szubsztrátkötés modelljei

- A: Kulcs-zár modell
- B: Indukált illeszkedés
- C: Fluktuációs illeszkedés



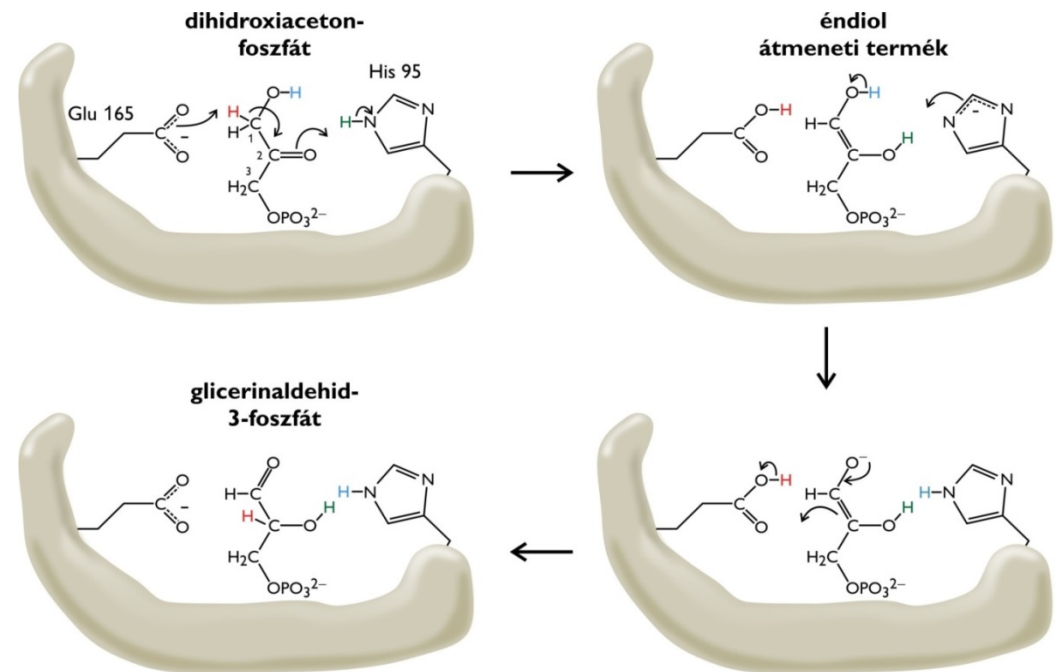
Az enzimkatalízis típusai

- Kovalens katalízis
 - ideiglenes kovalens kötés (oldalláncok) → instabil intermedier
 - például: tripszin, stb.



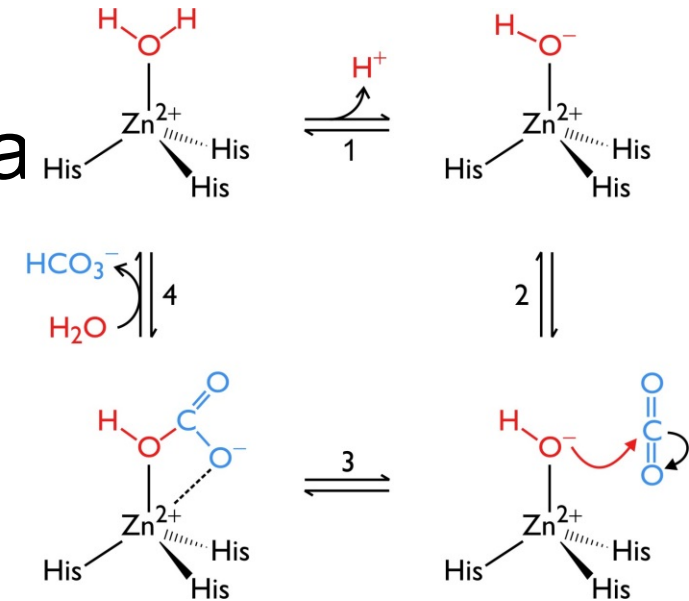
Az enzimkatalízis típusai

- Sav-bázis
 - H⁺ felvétele/leadása (savas és bázikus oldalláncok)
 - pl.: ribonukleáz



Az enzimkatalízis típusai

- Fémion-katalízis
 - ideiglenes kötés fémionna torzulás, kötés feszülése
 - szén-sav-anhidráz



- Entrópia-effektus
 - entrópia átmeneti csökkenése → megfelelő ütközés valószínűsége megnő

Enzimosztályok

- Nevezéktan: **1.** osztály - **2.** alosztály - **3.** csoport - **4.** az adott enzim
- 1.: oxidoreduktázok
 - oxidázok, oxigenázok, reduktázok, stb.
 - pl.: glicerin aldehid-3-foszfát-dehidrogenáz
- 2.: Transzferázok
 - kinázok, transzaldolázok, transzketolázok, transzferázok
 - pl.: hexokináz, glükokináz

Enzimosztályok

- Hidrolázok
 - foszfatázok, észterázok, stb.
 - pl.: glükóz-6-foszfatáz

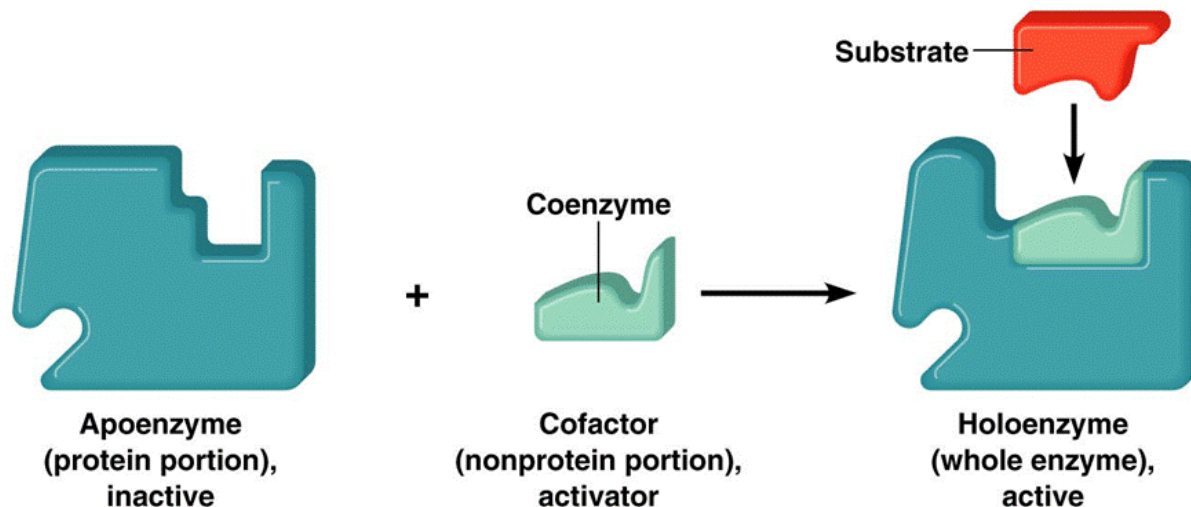
- Liázok
 - C-C, C-O, C-N, C-S, C-O liázok, altípusaik
 - pl.: aldoláz

Enzimosztályok

- Izomerázok
 - cisz-transz izomerázok, intramolekuláris izomerázok, stb.
 - pl.: triózfoszfát-izomeráz
- Ligázok
 - C-O, C-S, C-N, C-C, P-észter, N-Me kötés képzők
 - pl.: piruvát-karboxiláz

Koenzimek

- Az enzim működéséhez szükséges, nem fehérje természetű anyag
- Feladat: energiaátvitel, töltésátvitel, acilcsoport- szállítás
- Prosztetikus csoport fogalma

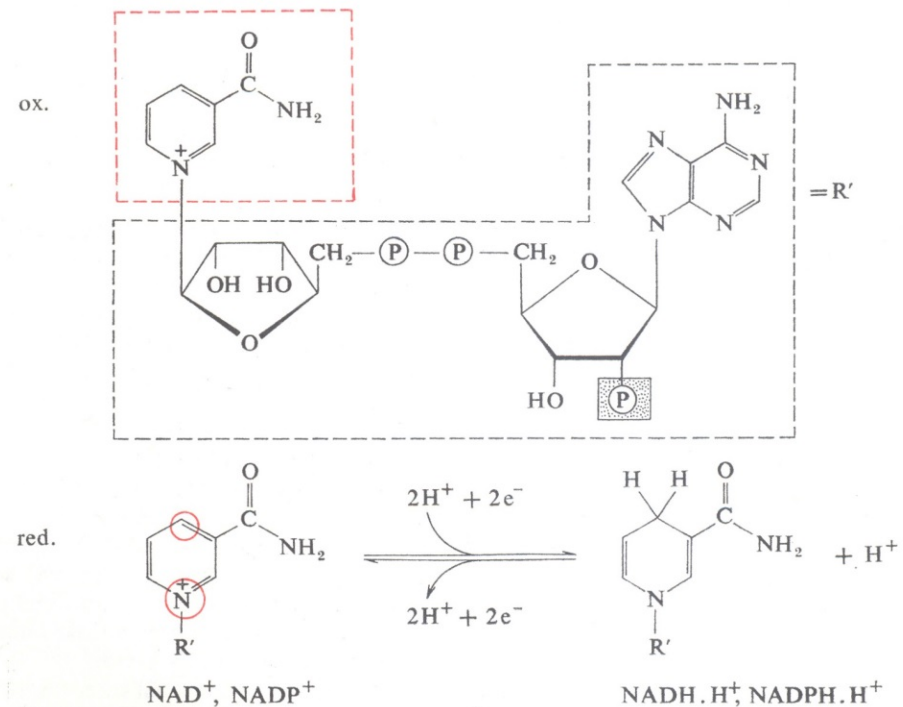


Koenzim-funkciójú tápanyagok

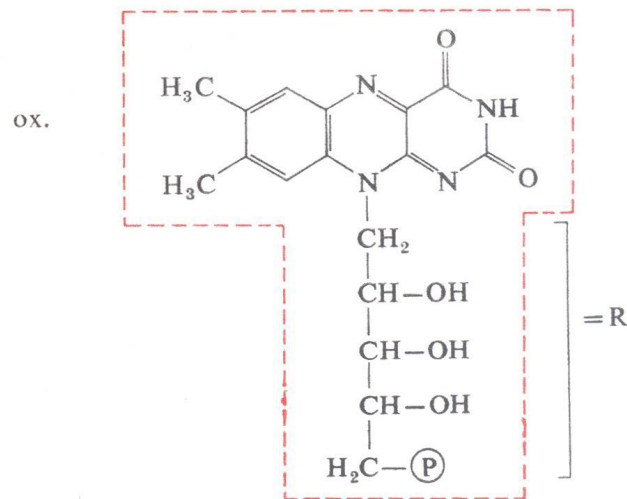
- Fémionok és atomok
 - pl.: Fe^{2+} - citokróm-oxidáz, Mg^{2+} - glükokináz, Se – glutation-peroxidáz
- Vitaminok
 - pl.:
 - B1-vitamin (tiamin) – tiamin-pirofoszfát – aldehidek – piroszőlősav-dehidrogenáz
 - Folsav (B9) – tetrahydrofolát (THF) – egyszénatomos csoportok – timidilát szintáz

Oxidoreduktázok koenzime

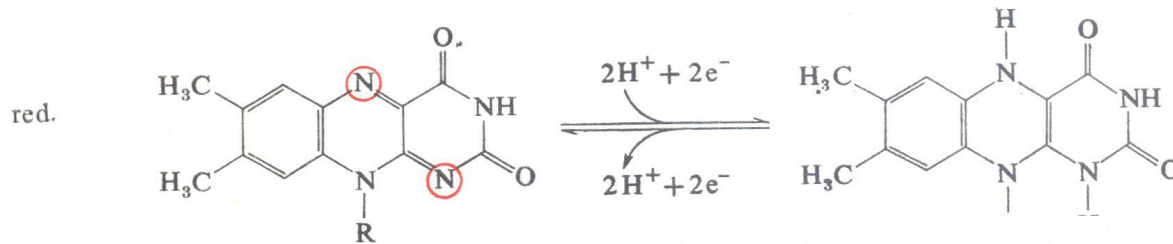
1. Nikotinsavamid-adenin-dinukleotid (-foszfát; NAD^+ és NADP^+ ; B_3 -vitamin, niacin)



2. a) Flavin-mononukleotid (FMN; B₂-vitamin, riboflavin)

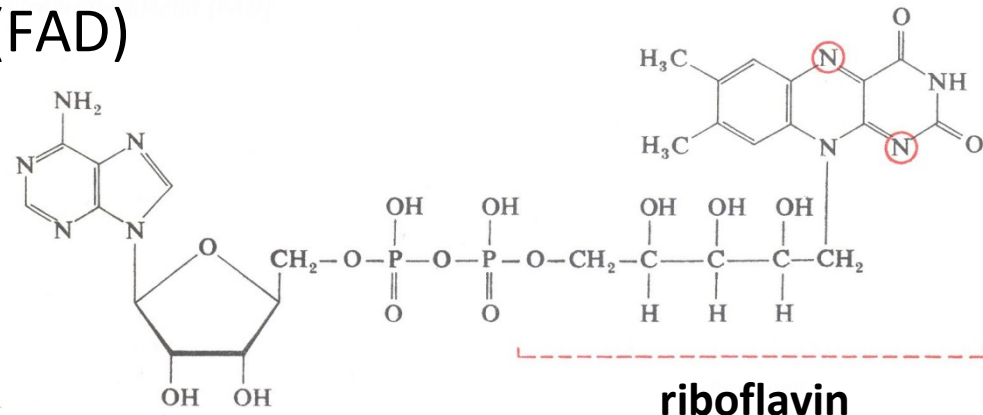


pl.
-NADH-dehidrogenáz

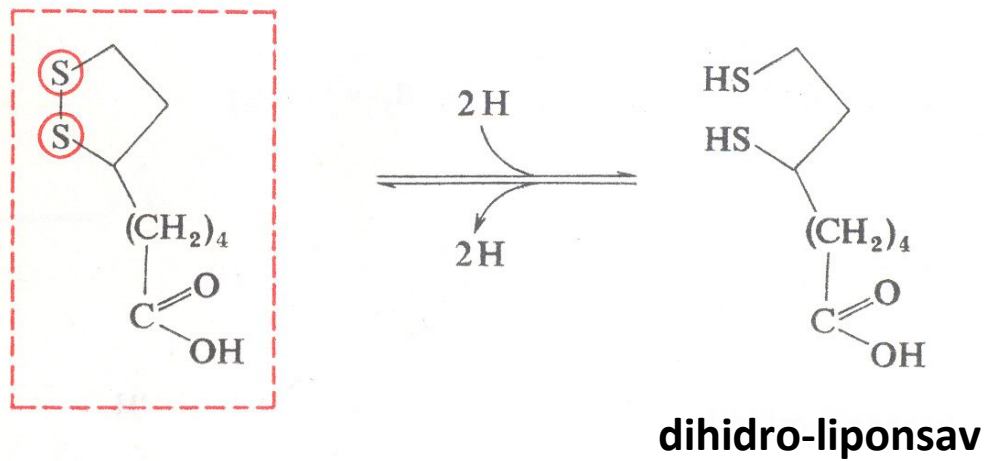


2. b) Flavin-adenin-dinukleotid (FAD)

pl.
-szukcinát-dehidrogenáz
-acil-CoA-dehidrogenáz

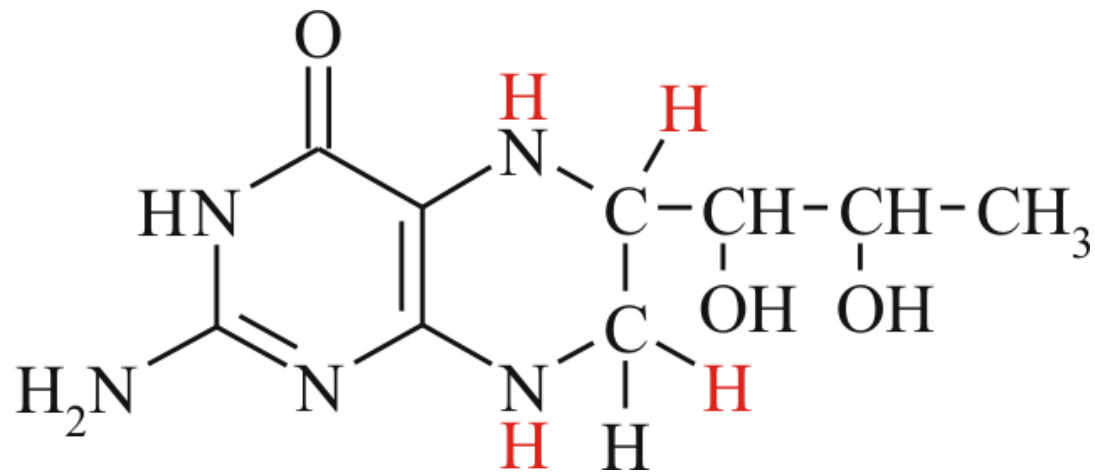


3. liponsav (ditio-oktánsav)



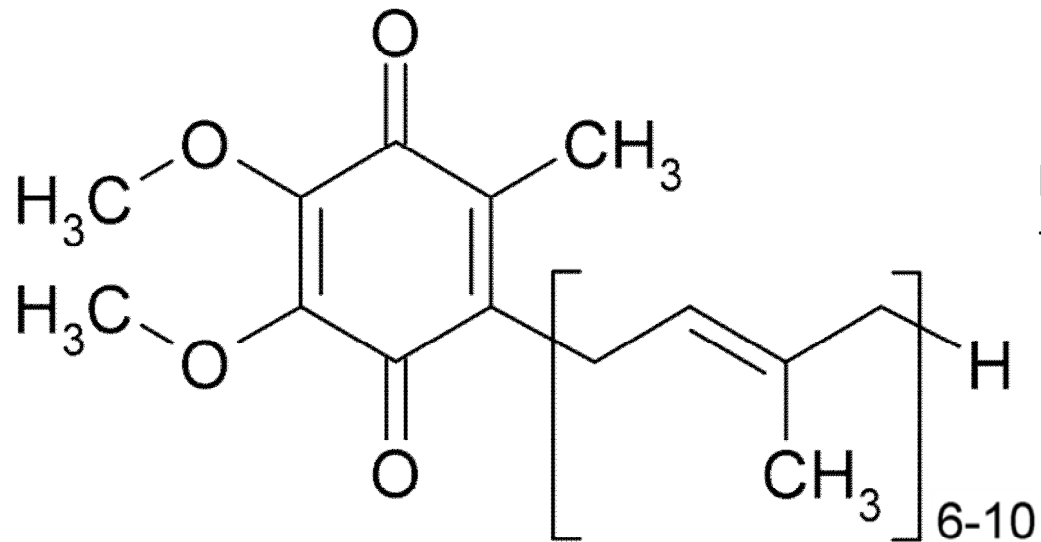
pl.
-piruvát-dehidrogenáz

4. Tetrahydrobiopterin (THB, BH₄)



pl.
-tirozin-hidroxiláz
-nitrogén-monoxid-szintáz

5. Koenzim Q (Q9 vagy Q10 koenzim, ubikinon)

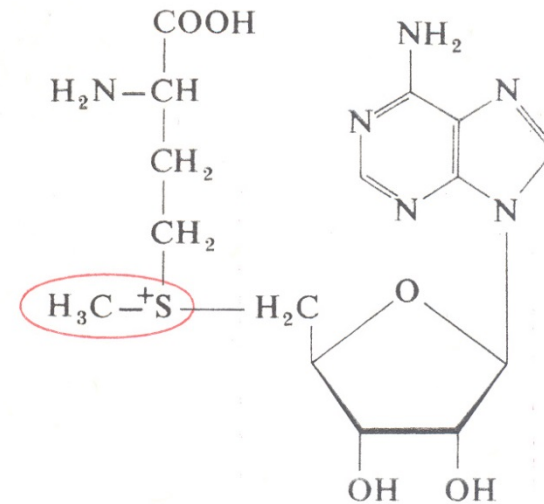


pl.
-terminális oxidáció Komplex I és II

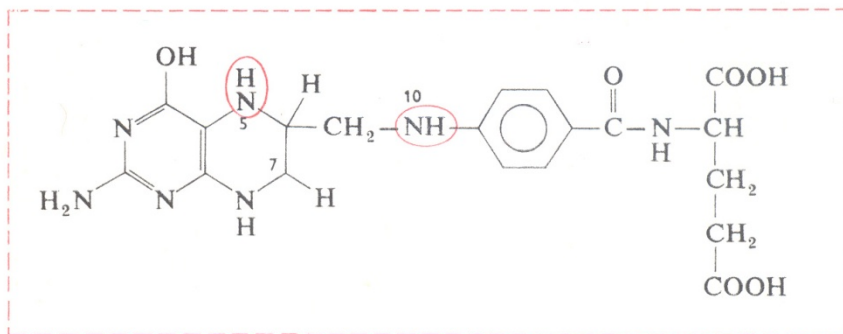
Transzferázok koenzimei

1. S-adenozil-metionin (SAM)

pl.
-kolin-acetil-transzferáz



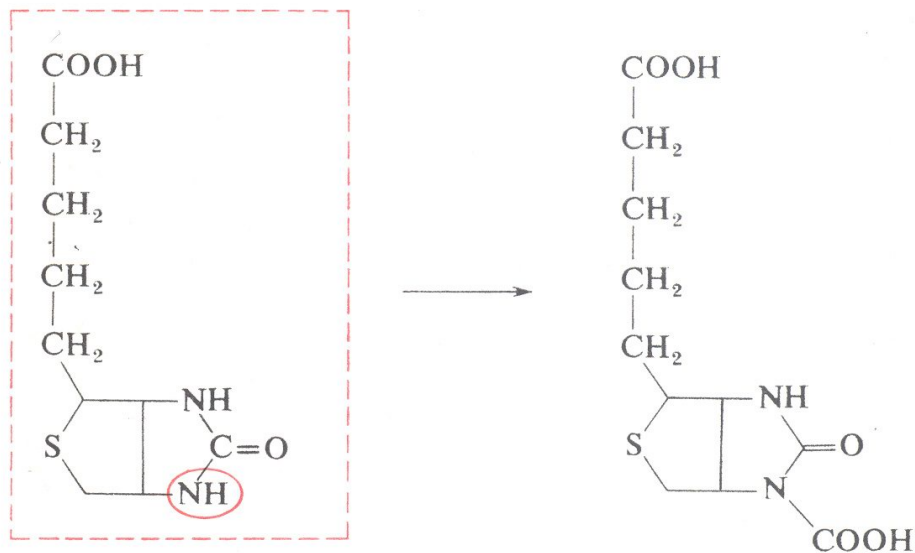
2. Tetrahidrofolsav (THF, FH₄; folsav, pteroilglutaminsav, B₉-vitamin)



pl.
-timidilát-szintáz
-purin nukleotid szintézis

metil-
metilén-
metenil-
formil-
formimino- } THF

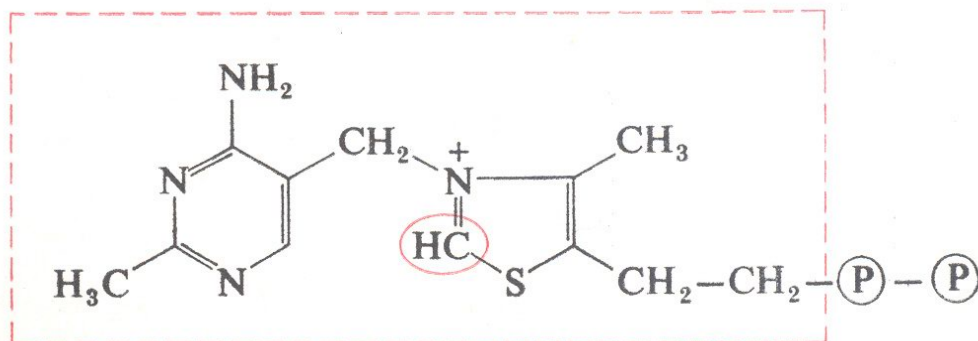
3. biotin (H-vitamin)



pl.

- piruvát-karboxiláz
- acetyl-CoA-karboxiláz
- propionil-CoA-karboxiláz

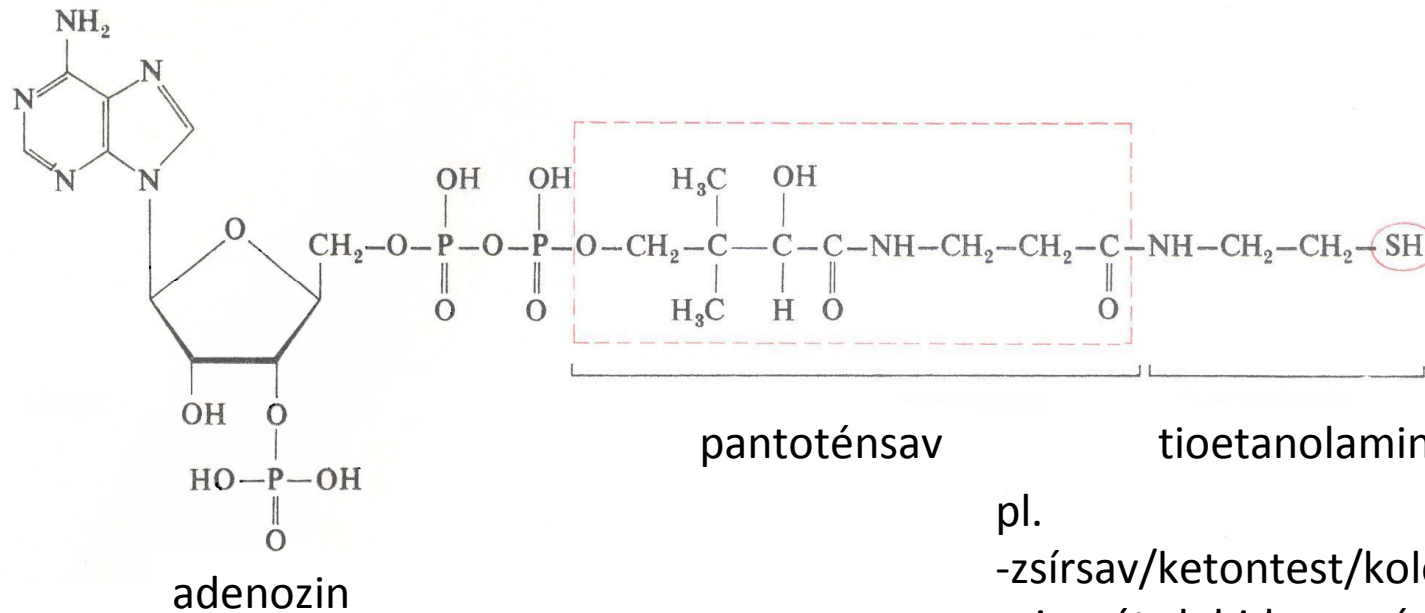
4. tiamin-pirofoszfát (TPP; tiamin, B₁-vitamin)



pl.

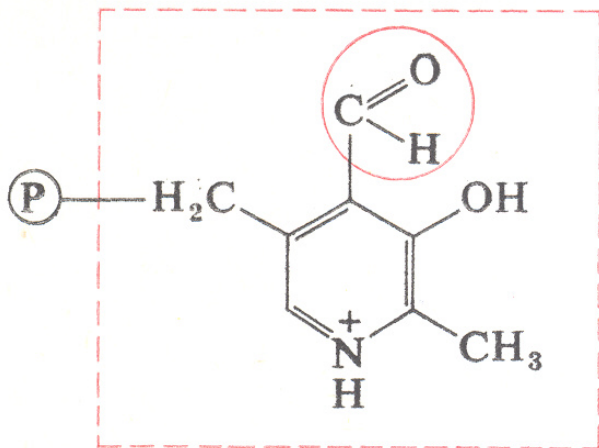
- piruvát-dehidrogenáz

5. koenzim-A (CoA; pantoténsav, B₅-vitamin)



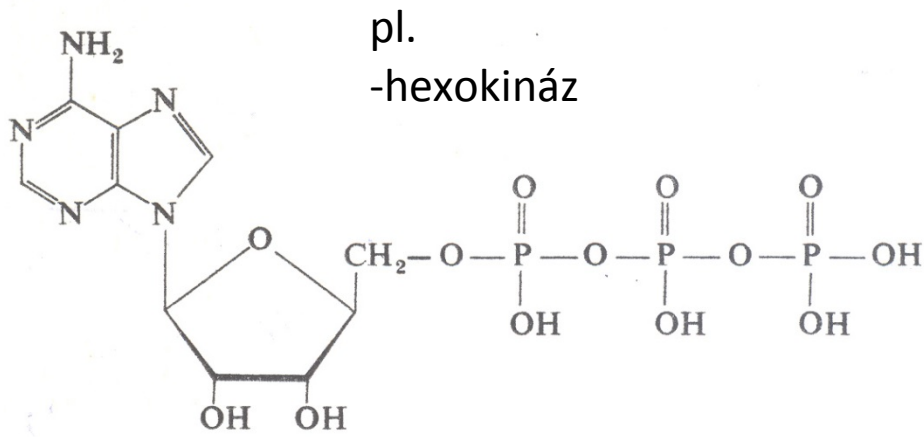
- pl.
- zsírsav/ketontest/koleszterin szintézis
 - piruvát-dehidrogenáz

6. piridoxál-foszfát (PLP; adermin, B₆-vitamin)

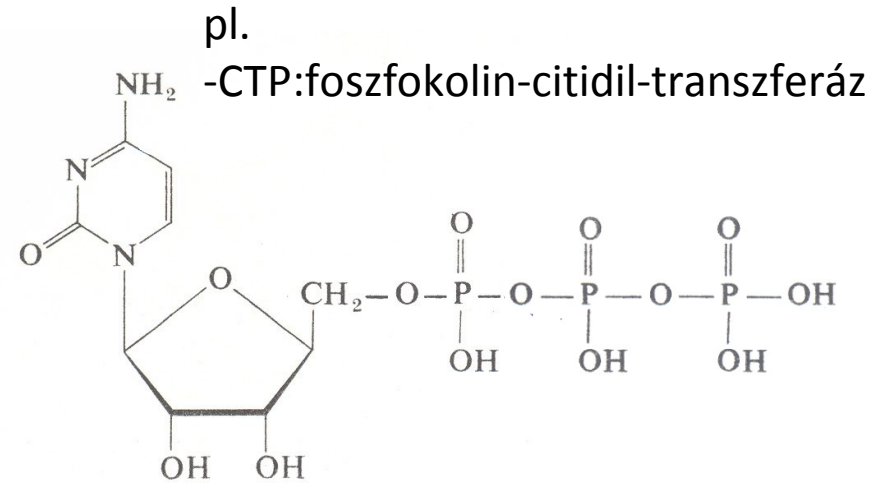


- pl.
- transzamináz reakciók:
 - alanin-aminotranszferáz
 - aszpartát-aminotranszferáz

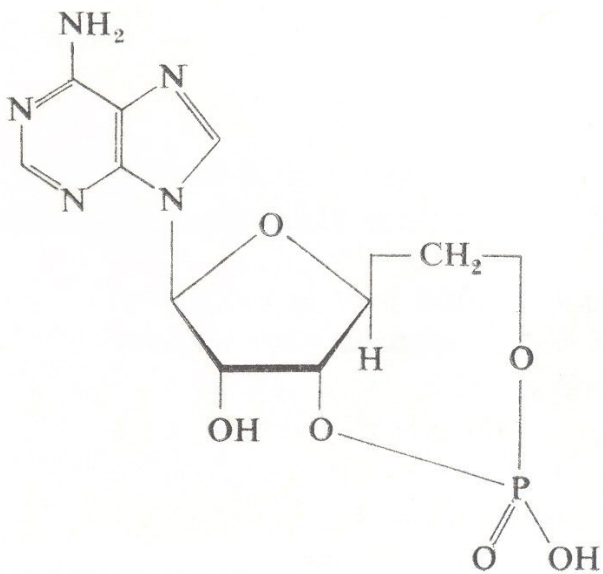
7. adenzin-trifoszfát (ATP)



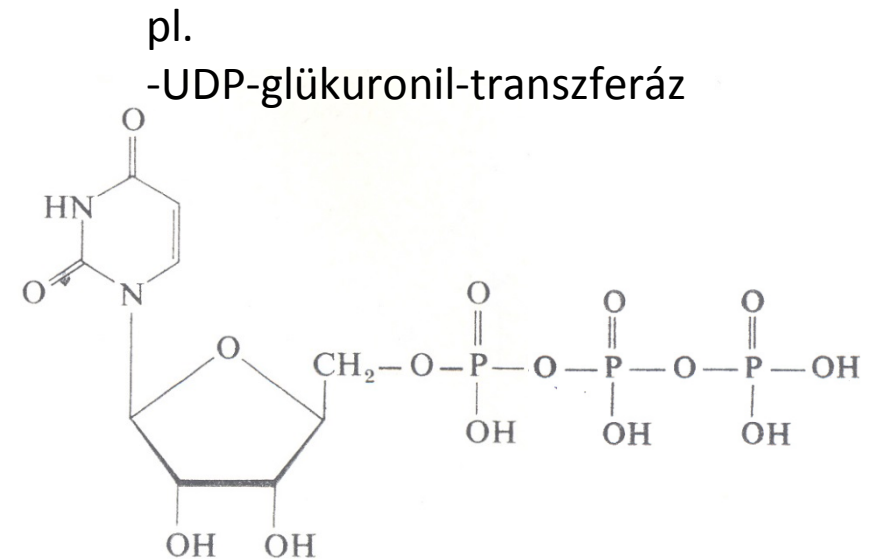
9. citidin-trifoszfát (CTP)



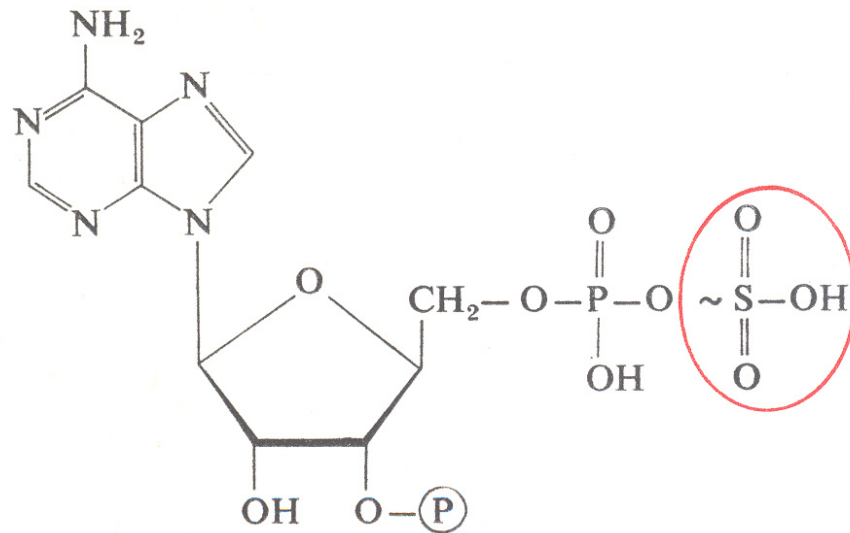
8. ciklikus adenzin-monofoszfát (cAMP)



10. uridin-trifoszfát (UTP)



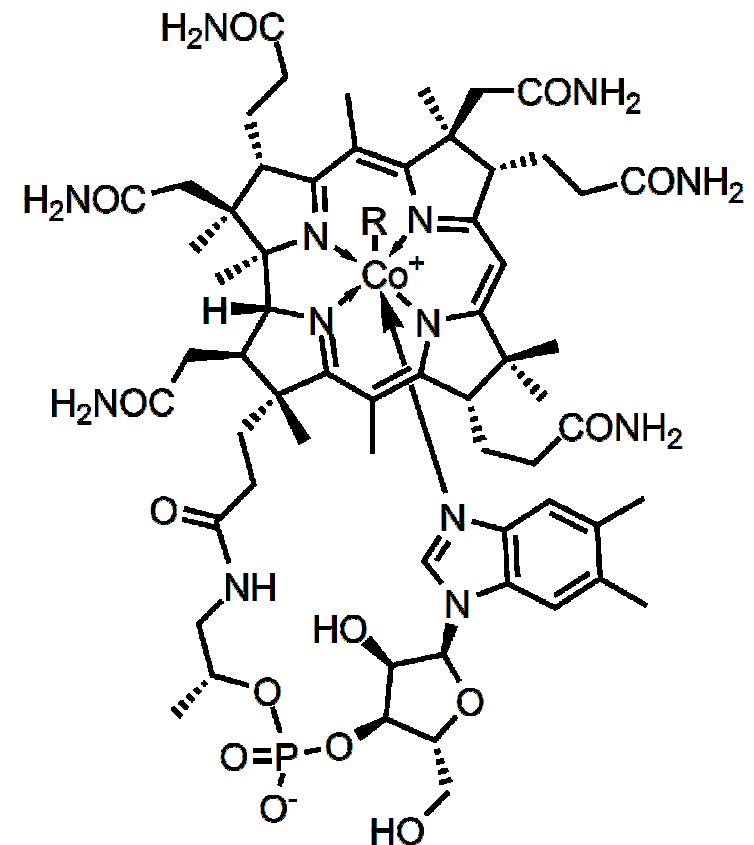
11. 3'-foszfoadenozin-5'-foszfoszulfát (PAPS; aktív szulfát)



pl.
-szulfotranszferázok

12. Kobalamin (B₁₂-vitamin)

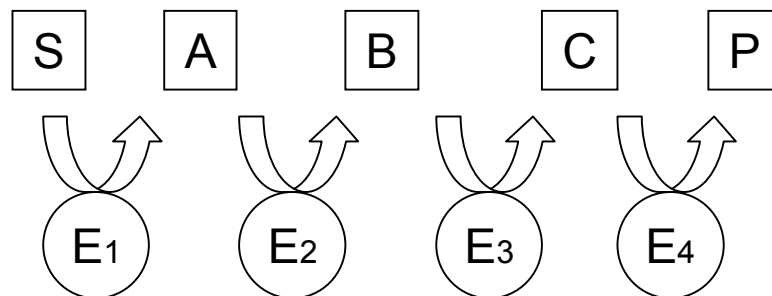
pl.
-metil-malonil-CoA-mutáz
-homocisztein-metil-transzferáz



R = 5'-deoxyadenosyl, Me, OH, CN

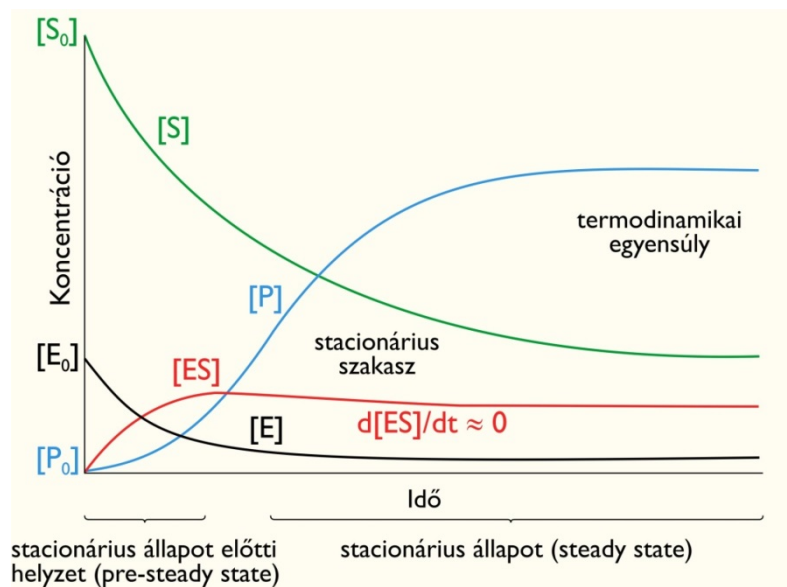
Multienzim rendszer

- Jelentése:
Szorosan együttműködő enzimek összessége, melyek ugyanazon folyamat különböző lépéseit katalizálják.
- Térben közel helyezkednek el
- Pl.: zsírsav-szintáz



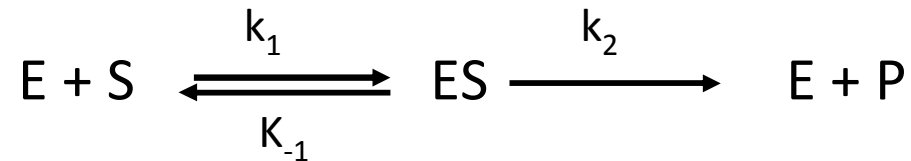
Az enzimreakciók kinetikája

- Nulladrendű: a reakció sebességét a koncentráció nem befolyásolja
- Elsőrendű: a kiindulási koncentráció határozza meg
- Másodrendű: két szubsztrát koncentrációja befolyásolja



Az enzimreakciók kinetikája

- **Michaelis-Menten modell:** a reakció sebessége függ a szubsztrát koncentrációtól
- telítési görbe



- Feltételek:
 - kezdetben [P] kicsi → k_2 egyirányúnak tekinthető
 - $[S] \gg [E]$
 - Eredeti [S]-hez képest minimális alakuljon át

Az enzimreakciók kinetikája

ES kialakulás v-je

ES elbomlás v-je

$$k_1[E][S] = k_{-1}[ES] + k_2[ES]$$

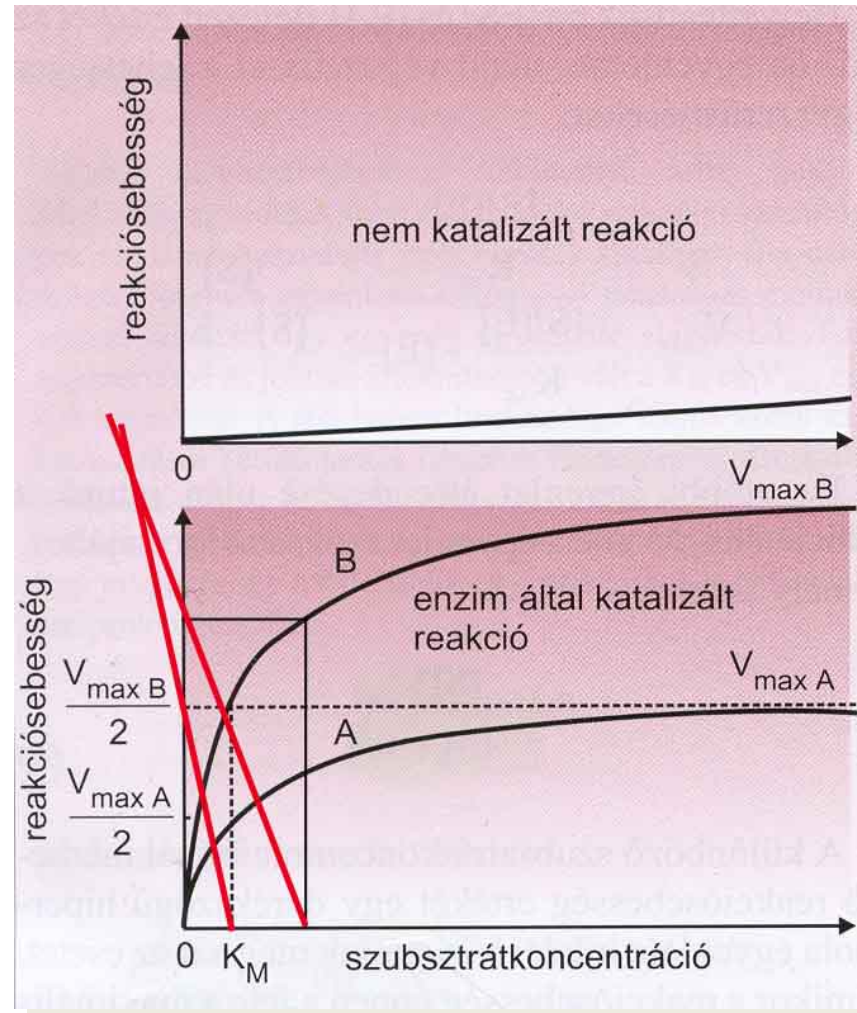
$$k_1[E][S] = (k_{-1} + k_2)[ES]$$

$$[E][S] = \frac{(k_{-1} + k_2)[ES]}{k_1}$$

$K_M = [S]$, melynél a maximális reakciósebesség fele érhető el

Briggs-Halden formula: $v = v_{\max} \frac{[S]}{[S] + K_M}$

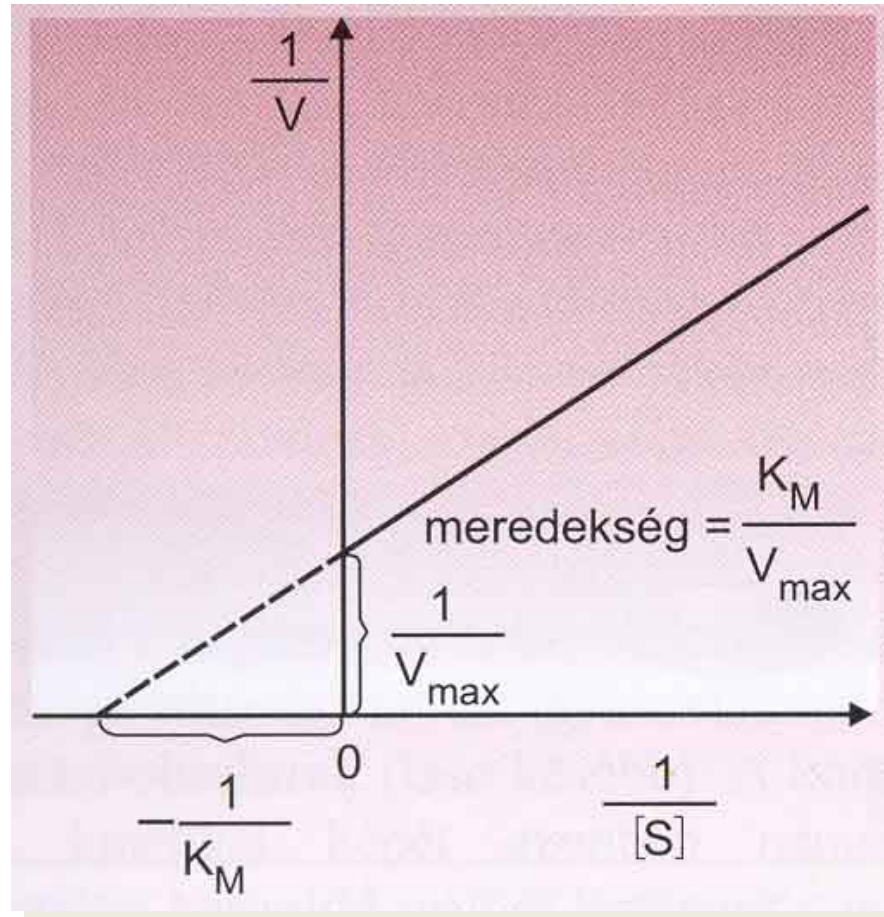
Az enzimreakciók kinetikája – direkt linearizálás



Az enzimreakciók kinetikája – Linewaver-Burk formula

- Reciprokát vesszük

$$\frac{1}{v} = \frac{K_M + [S]}{[S]v_{\max}}$$



Enzimműködés szabályozása

- Kovalens módosítás
- Limitált proteolízis
- Génindukció
- Allosztérikus szabályozás
- Kompartmentalizáció
- Gátlás

Enzimaktivitás modulálása – kompetitív

- szubsztrát (S) & inhibitor (I) **azonos helyért** verseng
- $K_M \uparrow$, $v_{\max} \emptyset$
- pl.: froszfofruktokináz – ATP

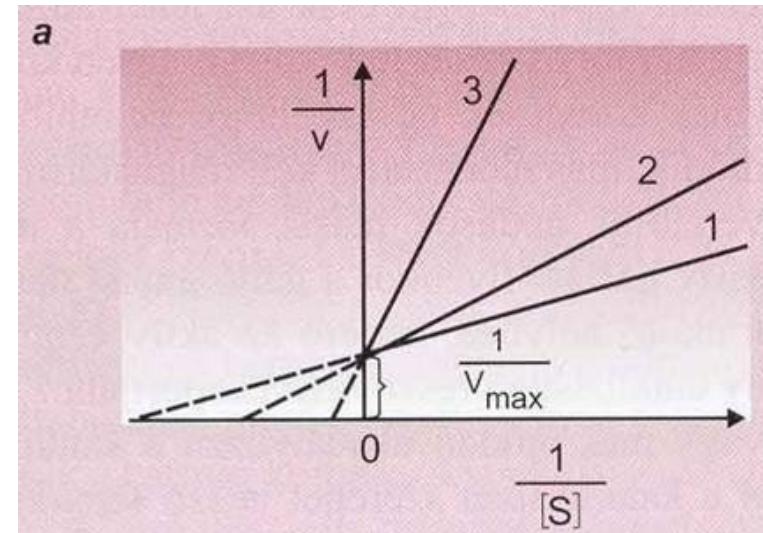
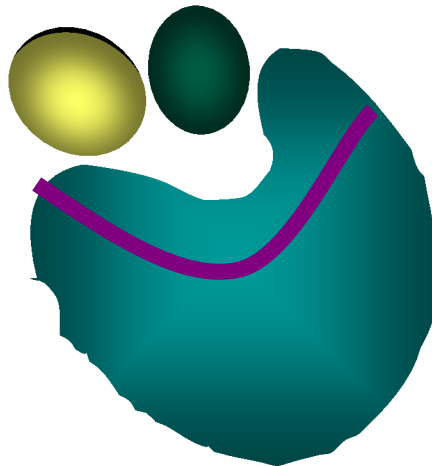


+

I



EI



Enzimaktivitás modulálása – nonkompetitív

- inhibitor aktív centrum más helyéhez kötve akadályozza katalízist
- **K_M \uparrow , v_{max} \downarrow**
- pl.: fémionok (Zn^{2+} szénsav anhidráz)

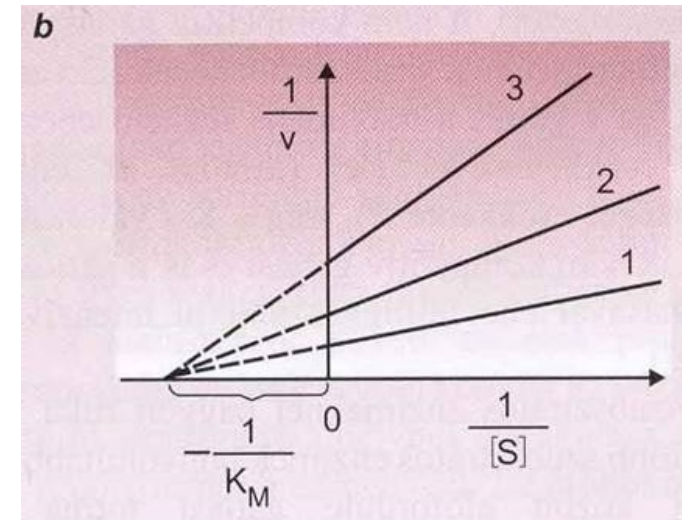
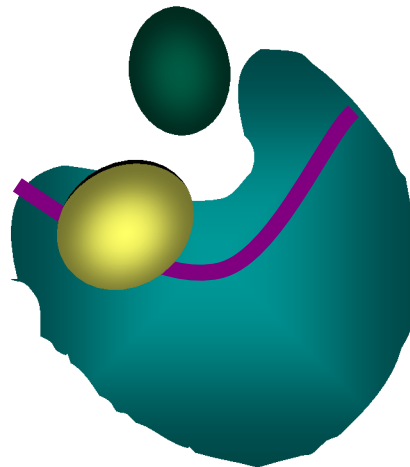


+

+

I

I



Enzimaktivitás modulálása – unkompetitív

- inhibitor nem ugyanahhoz az enzim formához köt, mint szubsztrát
- **KM** ↓, **vmax** ↓

