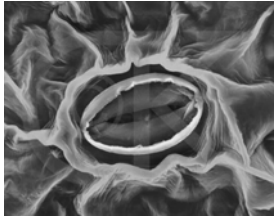


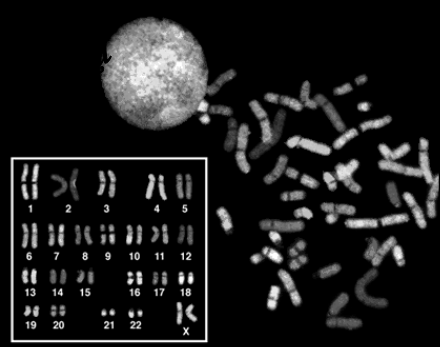
*Sejttan (citológia)*

*molekuláris biológia*

# Biológia II.



*Genetika - Genetika*



*Szövettan (hisztológia)*





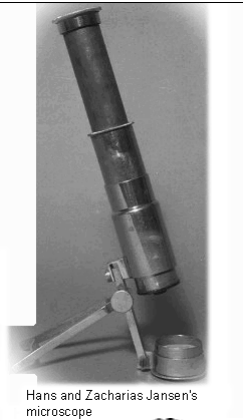


## 1. A molekuláris- és sejtbilógia története






# I. A sejtblológia kialakulása



Hans and Zacharias Jansen's microscope

Az első mikroszkópok

XVI. - XVII. század

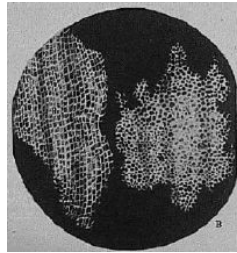
Robert Hooke

parafa metszetek vizsgálata, tőle származik a sejt elnevezés)

Marcello Malpighi



(1628-94)



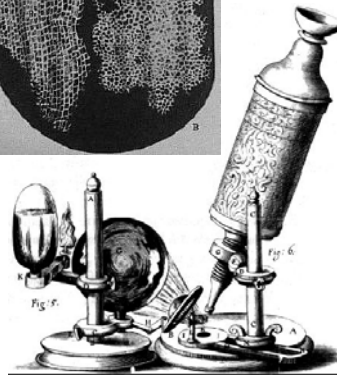
1665



1590

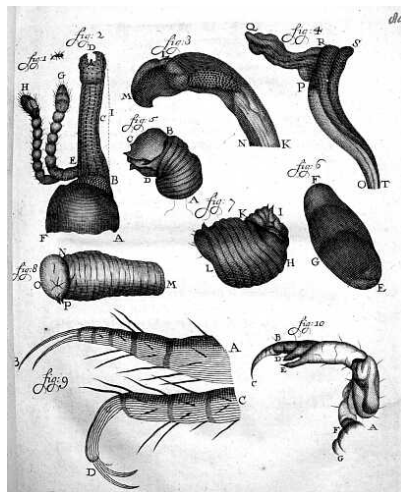
(bolhanézó üveg, 10x)

A mikroszkopikus anatómia atyja  
(kapilláriskeringés, vörösvértestek, Malpighi-edények)



## Antoni van Leeuwenhoek

(1632-1723)



számos mikroszkóp

Kb. 270 x nagyítás

1722: 4 kötetes mű, művészi rajzokkal illusztrált írások

## II. A szövettan és a sejtbológia kiteljesedése

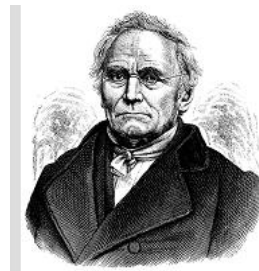
1831 Robert **Brown** felfedezi, hogy a növényekben sejtmag és sejtmagvacska van



**M. J. Schleiden**  
(1804-81)  
A növényi sejttan atyja



**Theodor Schwann**  
(1810-1882)  
A sejtelmélet megalapítója



**Johannes Purkinje**  
A protoplazma  
megnevezése

## A genetika csírái



**Wilhelm Hofmeister**  
(1827-1879)

1848 kromoszómák felfedezése  
1888 elnevezés: **von Waldemeyer-Hartz**

„omnis cellula e cellula”  
**R. L. K. Virchow**  
(1821-1902)

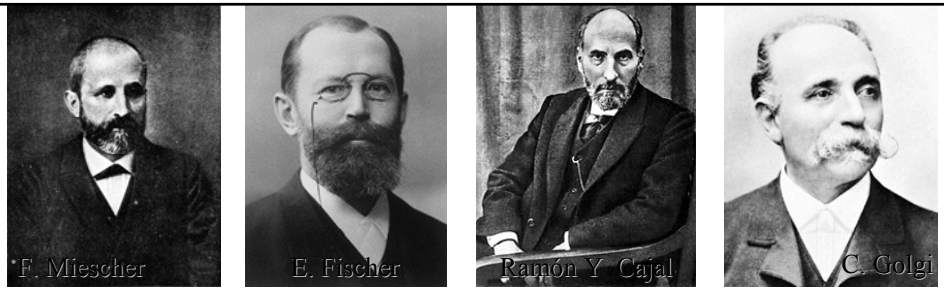


**Gregor Mendel**  
(1822-1884)

A klasszikus genetika atyja

Korát jóval megelőzve precíz keresztezéseket hajt végre különböző tulajdonságú borsókkal. Leírja (és 1865-ben publikálja) a klasszikus genetika törvényeit. Nem ismerték el, csak 1900-ban fedezték fel az eredményeit.

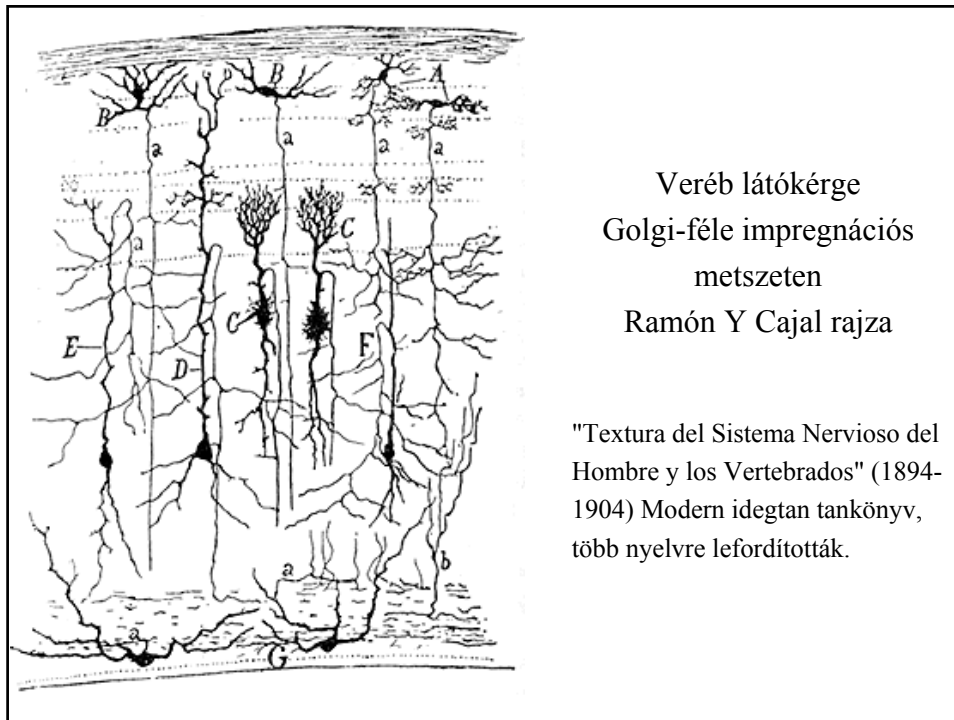
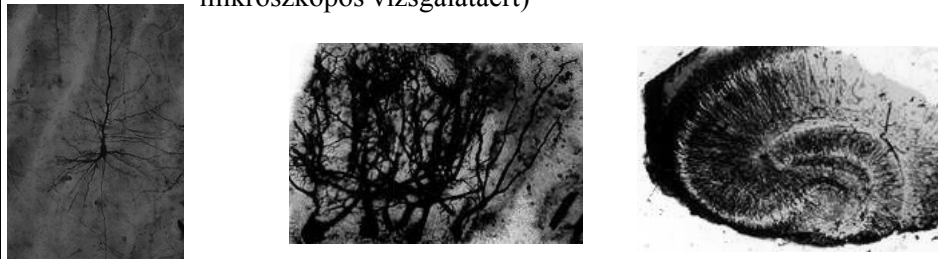




**1869** Friedrich **Miescher** felfedezi a nukleinsavakat

**1894** enzim-szubsztrát kapcsolat, mint „kulcs a zárba” (E. F.)

**1906** **Ramón Y Cajal & Golgi** (Nobel-díj az idegrendszer mikroszkópos vizsgálatáért)



Veréb látókérge  
Golgi-féle impregnációs  
metszeten  
Ramón Y Cajal rajza

"Textura del Sistema Nervioso del Hombre y los Vertebrados" (1894-1904) Modern idegtan tankönyv, több nyelvre lefordították.



### III. Az intracelluláris folyamatok feltárása

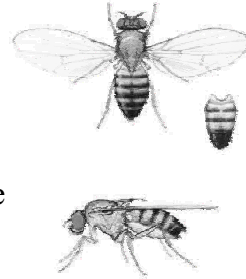
XX. század



1907 Thomas **Morgan**

*Drosophila* mutánsokat állít elő

Az öröklődés kromoszóma-elmélete

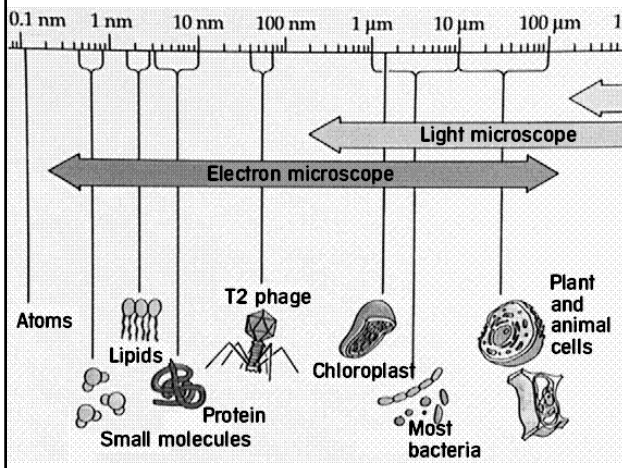


1908 **Hardy** és **Weinberg** a populációgenetika megalapozása

$$p + q = 1; (p + q)^2 = p^2 + 2 p q + q^2$$

### Elektronmikroszkópok

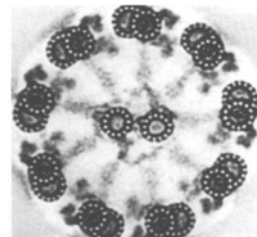
1931 E. Ruska elektronmikroszkópot készít  
(M. Knoll és Borries) transzmissziós EM (TEM)  
Pásztázó (scanning) EM (SEM): 1942



FM: 200-130 nm

TEM: 0,2 nm

SEM: 10 nm



1932 **Sherington** és **Adrian** Nobel-díja az idegsejt működésének feltárásáért

1936 **Dale** és **Loewi** idegsejtek kémiai kapcsolata

1937 R. **Hill** a fotoszintézis fény- és sötétreakciójának elkülönítése

1937 **Szent-Györgyi Albert** Nobel-díja (1893-1986)

- a biológiai oxidáció feltárása
- C-vitamin kivonása "a biológiai égésfolyamatok, különösképpen a C-vitamin és a fumar-savkatalízis szerepének terén tett felfedezéseirért"



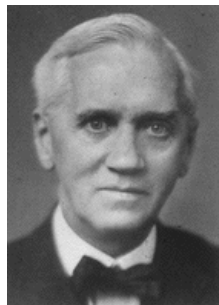
**Hevesy György** (1885-1966)  
radioaktív izotópok használata  
1943-ban Nobel-díjat kapott



1945 A. **Fleming**, E.B. Chain, H. Florey – penicillin (N)

1953 **Krebs** és F. A. Lipmann koenzim-A szerepe (N)

1954 L. **Pauling** – fehérjék másodlagos szerkezete (N)



*A. Fleming*



*H. A. Krebs*

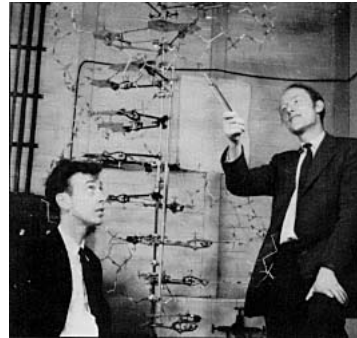
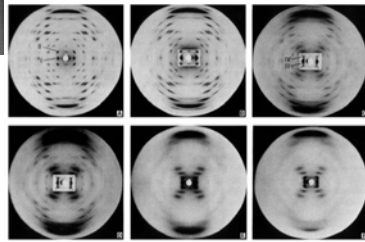


*L. Pauling*

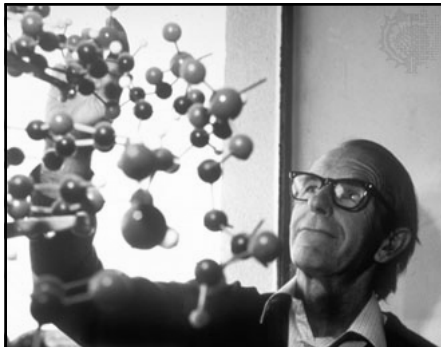
## *A DNS térbeli szerkezetének feltárása*



1950-es évek: Rosalind **Franklin** röntgendiffrakciós képei alapján **Crick** és **Watson** megfejtik a DNS térbeli szerkezetét.



1962 Watson, Crick és Wilkins Nobel díja



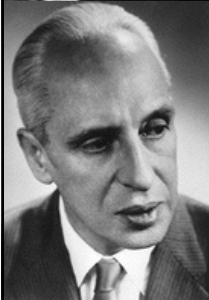
### **Friedrich Sanger**

1958 inzulin elsődleges szerkezete

1980 szekvenciaanalízis módszere



M. F. **Petrutz**  
és  
J. C. **Kendrew**



Severo **Ochoa**  
(1905-93)

1959 S. Ochoa és A. Kornberg: RNS- és DNS-szintézis

1962 Petruz és Kendrew: globuláris fehérjék szekvenciája

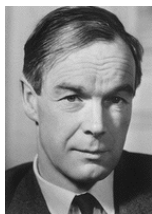
1962 Eccles, **Hodgkin** és **Huxley** idegsejtek membránjában lejátszódó ionmechanizmusok

1965 **Jacob**, **Monod** és Lwoff genetikai szabályozás (operon elmélet) és vírusszintézis mechanizmusa

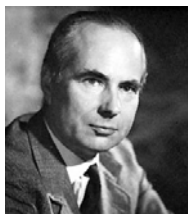
1968 Holley, Khorana és Nirenberg a genetikai kód megfejtése és a fehérjészintézisben betöltött szerepének tisztázása

1974 Claude, de Duve és Palade sejtstruktúra és -működés feltárása

1978 P. D. **Mitchell** kemiozmotikus elmélet (kémiai Nobel-díj)



*Hodgkin*



*Huxley*



*Jacob*



*Monod*



*Mitchell*

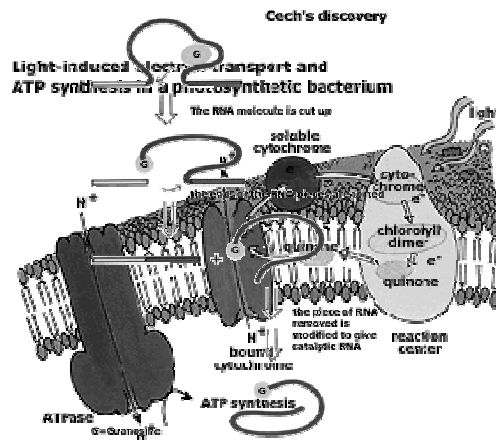
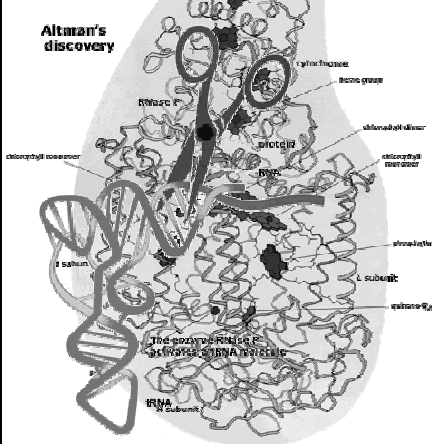
1983 **Barbara McClintock** „ugráló gének”

1988 Deisenhofer, Huber és Michel  
fotoszintézis molekuláris alapjai



Discovery of a proteinase-  
inhibitor in the nucleus of the sea-  
urchin. The proteinase is a member of  
the serine protease family and is  
the first of a new class of  
enzyme.

1989 **Altman** és **T. Cech**: RNS enzimatisz aktivitása



## IV. Az elmúlt évtized legnagyobb felfedezései

- G- fehérjék
- szignál transzdukció
- prionok

Új eljárások:

- NMR (nuclear magnetic resonance) mikroszkópia
- mikromanipulátor
- metszetkészítés ultramicrotommal
- fagyasztva töréssel, fagyasztva maratással

## Genom projektek

	Világ	Ország	Teljes szekvencia
1977 $\Phi$ X174 fág (5375b)	<i>Archeabacteria</i>	.	16
1986 Genomika deklarációja	<i>Bacteria</i>	.	89
	<i>Eukaryota</i>	Gombák	2
1995 <i>Haemophilus influenzae</i> első baktérium (1 830 137 bp)	<i>Eukaryota</i>	Egysejtűek	1
	<i>Eukaryota</i>	Növények	2
	<i>Eukaryota</i>	Állatok	4

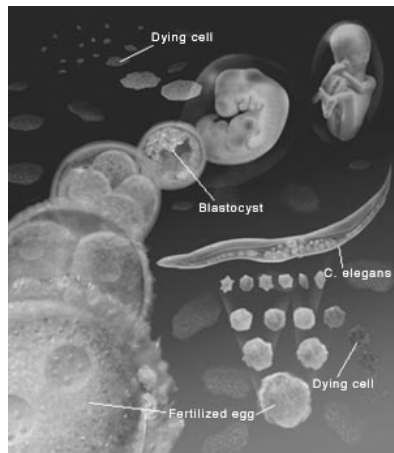
1990-2003 **HUMAN GENOM PROJECT**

2001 február az emberi genom szekvenciasorrendje (draft)

ENCODE project

# Nobel-díj 2002

## Programozott sejthalál

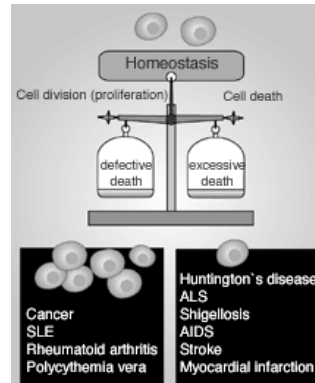


Sydney Brenner

Robert Horvitz

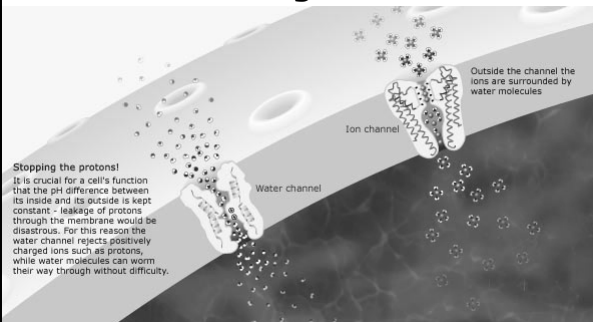


John Sulston



# Nobel-díj 2003

## Membráncsatornák



Peter Agre

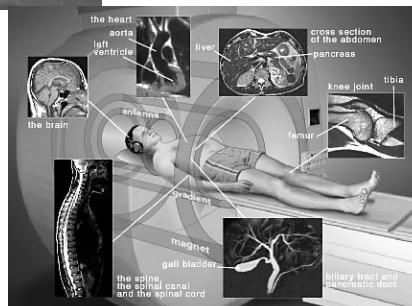


Roderick MacKinnon

## NMR képalkotás

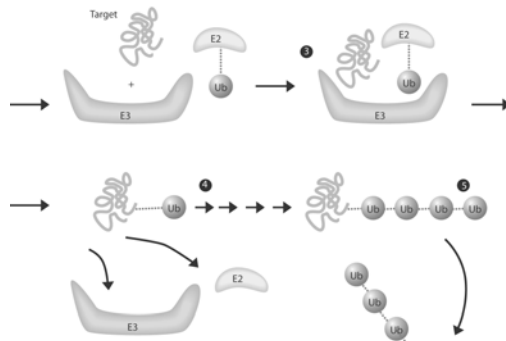


Paul C. Lauterbur Sir Peter Mansfield

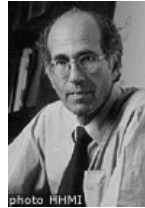


### Ubiquitin által segített fehérjebontás

## Nobel-díj 2004



### A szaglórendszer felépítésének és működésének feltárása



Richard Axel



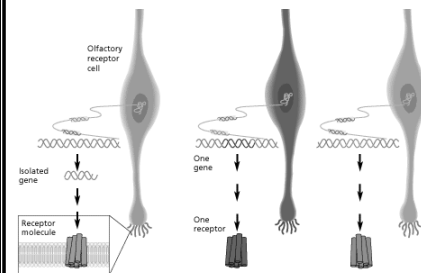
Linda B. Buck



Aaron Ciechanover

Avram Hershko

Irwin Rose



## Nobel-díj 2005

### Élettani-orvosi Nobel-díj

### Helicobacter pylori

– the bacterium causing peptic ulcer disease

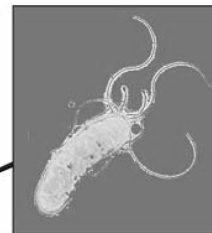
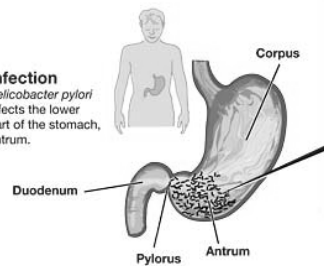
Barry J. Marshall



J. Robin Warren

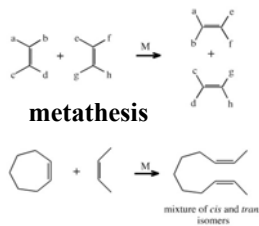


Infection  
*Helicobacter pylori* infects the lower part of the stomach, antrum.



*Helicobacter pylori*

### Kémiai Nobel-díj



Yves Chauvin



Robert H. Grubbs



Richard R. Schrock

## Nobel-díj 2006

### Élettani-orvosi Nobel-díj

Andrew Z.  
Fire

Craig C.  
Mello

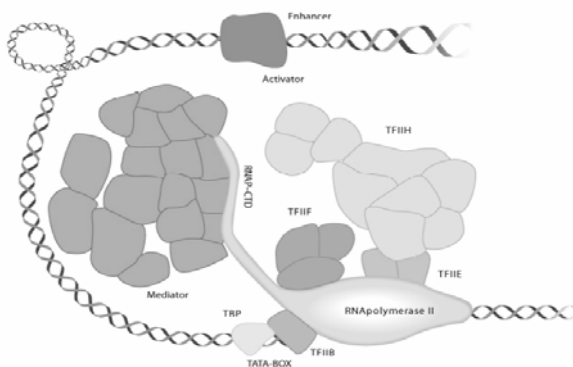
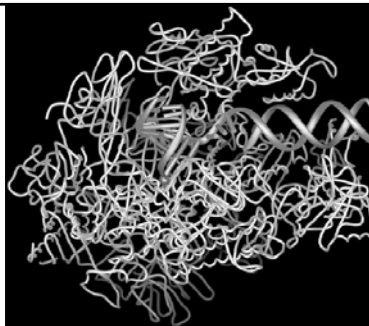


- RNS interferencia
- duplaszálú RNS hatására bekövetkező transzkripciógátlás

### Kémiai Nobel-díj



Roger D. Kornberg



## 2. A sejt kémiai anyagai

### 2.1. Biogén elemek

#### ■ Elsődleges biogén elemek

**C** minden szerves vegyületben  
4 kovalens kötés

*Felvétel:*  $\text{CO}_2$ ,  $\text{HCO}_3^-$ , sz.v.

**O** víz és m. m. szerves vegyület  
anyagcsere folyamatokban

*Felvétel:*  $\text{O}_2$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ , sz.v.

**H** víz és minden szerves molekula

*Felvétel:*  $\text{H}_2\text{O}$ , sz.v.

**N** fehérjék, nukleotidok, nukleinsavak

*Felvétel:*  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ , sz.v.

Elem	Előfordulás relatív gyakorisága %-ban	
	Földkéregben	emberi szervezetben
H	-	63,3
C	0,1	10,5
O	62,5	25,2
N	0,0001	2,42
S	0,12	0,132
P	1,42	0,134
Na	2,46	0,73
Mg	1,34	0,07
Cl	0,23	0,032
Ca	1,94	1,90
K	2,46	0,36
Al	6,47	0,001
Si	21,2	0,001
F	1,92	0,004



**S** fehérjék, enzimek

*Felvétel:*  $\text{SO}_4^{2-}$ , szerves vegyületek

**P** energiaközvetítő vegyületek, DNS

*Felvétel:*  $\text{HPO}_4^{2-}$ , szerves vegyületek.

■ Másodlagos biogén elemek

K, Na, Mg, Ca, Fe, Cl

■ Mikroelemek

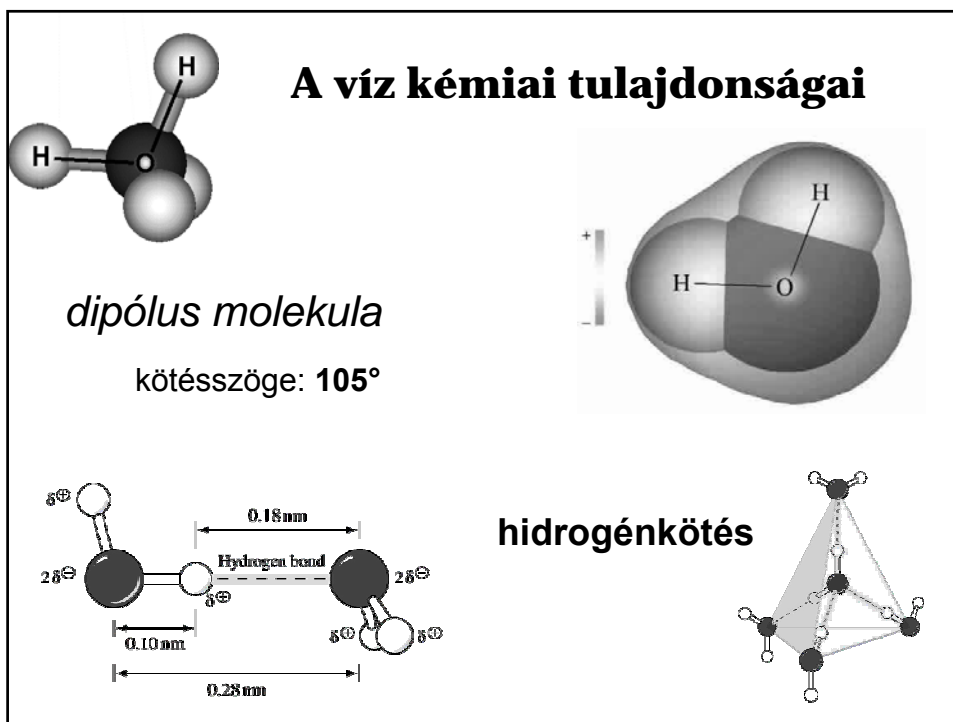
Cu, Zn, Mn, Co, B, I, F, Si, Mo, Se

V, Sr

## 2.2. Szervetlen vegyületek

- Víz

<b>Szervezetek víztartalma</b>	
felnőtt ember	62%
újszülött	69%
medúzák	90%
húsos termékek	80-90%
száraz magvak	15-20%



## A víz szerepe

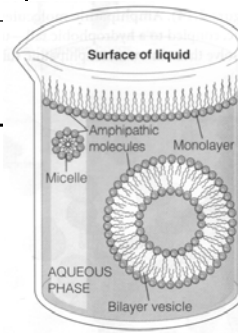
- oldószer
- reakcióközeg
- reakciópartner
- hőkiegyenlítő (nagy fajhő, párolgáshő, hőkap.)
- hártvaképző (nagy felületi feszültség)
- megszabja az élőlények alakját (turgor)

# Oldatok

Oldott anyag mérete	Név	Példa
1 nm >	valódi oldat	NaCl, CuSO <sub>4</sub>
1-500 nm	kolloid oldat	zselatin, keményítő
500 nm <	durva diszperz rsz.	iszapos víz

• **Kolloid oldatok**

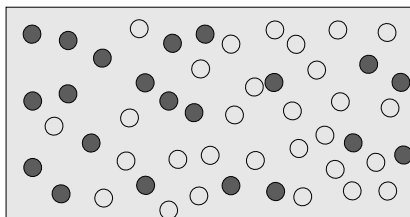
*szol* ⇌ *gél* *xerogél*



A molekulák a tér egyenletes kitöltésére törekednek (koncentráció kiegyenlítés)

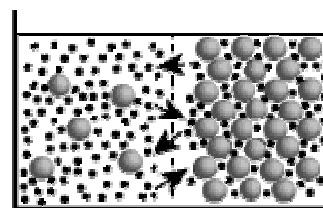
szabadon

diffúzió



féligáteresztő hátyán

ozmózis



# Diffúzió

- részecskék áramlása a nagyobb koncentrációjú hely felől a kisebb koncentrációjú hely felé

- **Fick I. törvénye**

S anyagmennyiség

D diffúziós áll.

A felület

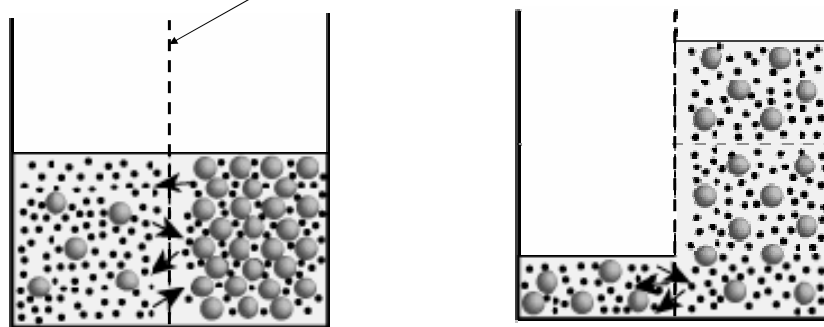
c koncentráció

x távolság

$$\frac{dS}{dt} = -DA \frac{dc}{dx}$$

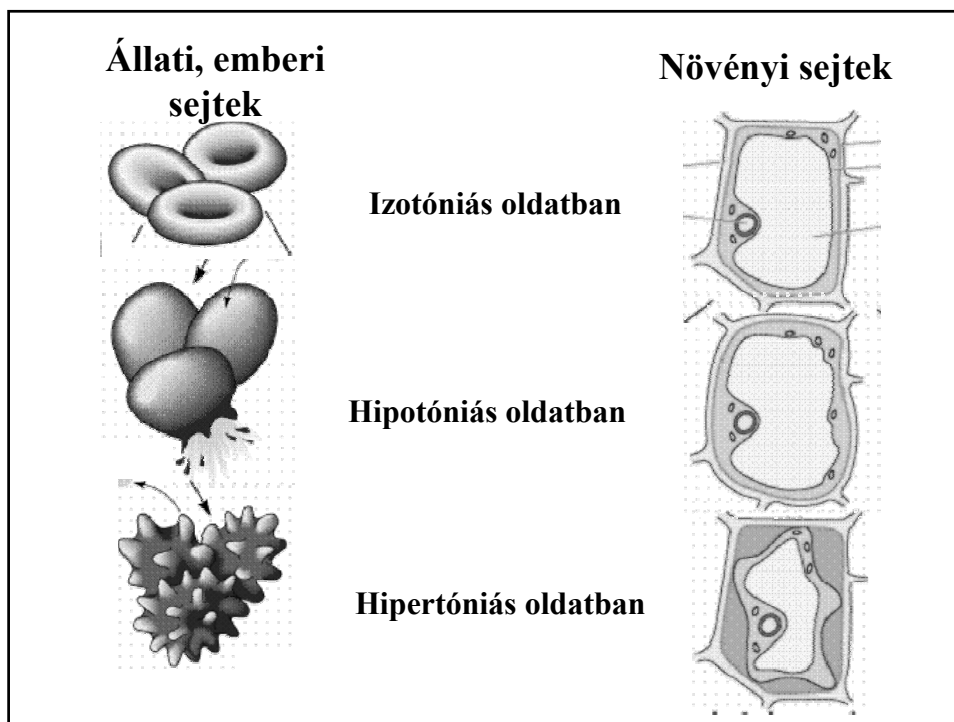
# Ozmózis

Féligáteresztő (szemipermeábilis) fal



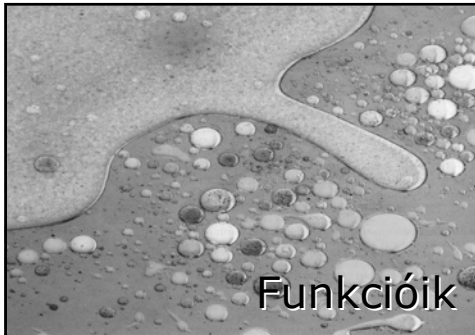
● Oldószer

● Oldott anyag



## 2.3. Szerves vegyületek

- ◆ Lipidek
- ◆ szénhidrátok  $(\text{CH}_2\text{O})_n$
- ◆ fehérjék
- ◆ nukleinsavak

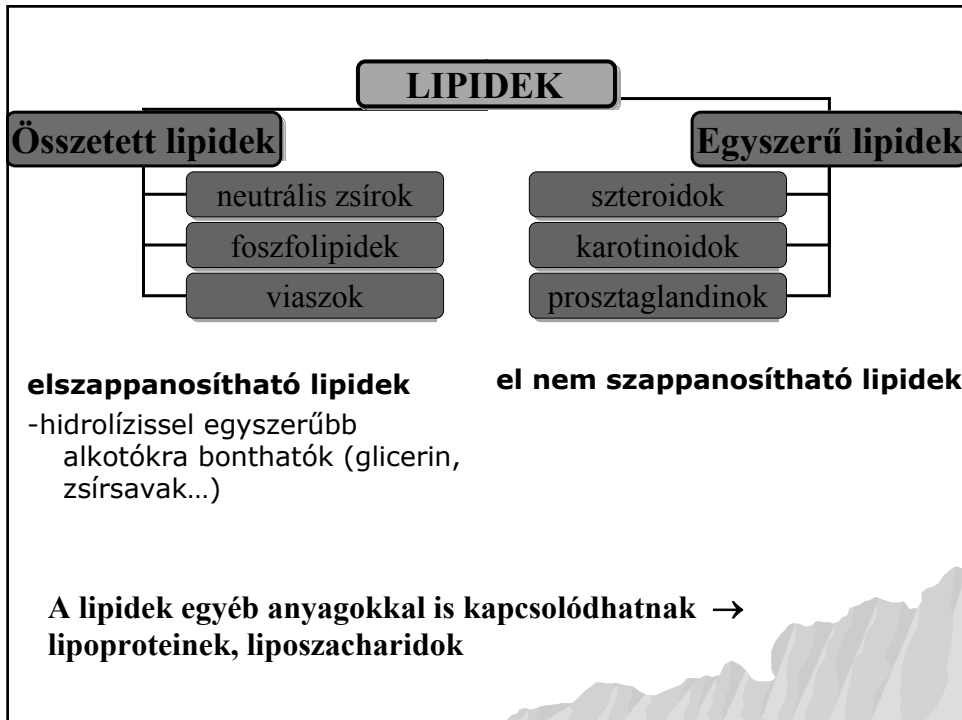


Funkcióik

## LIPIDEK

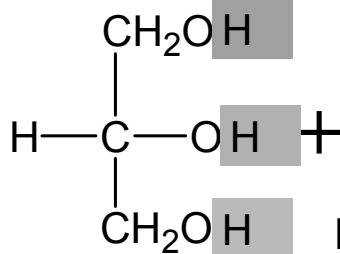
(Apoláris oldószerekben jól oldódó vegyületek)

- ◆ anyagcserefolyamatok raktározott üzemanyagai
- ◆ membránok alkotóelemei
- ◆ sejthártyákat borító védőanyagok (bacik)
- ◆ hormonok, vitaminok

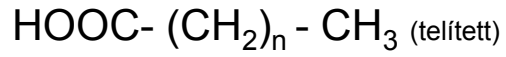


## Neutrális zsírok

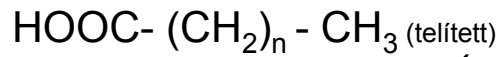
glicerín



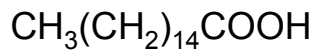
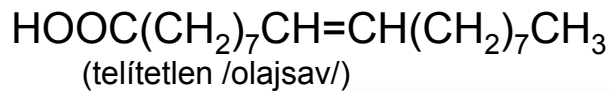
zsírsavak



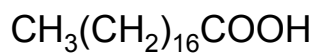
észterképződés →



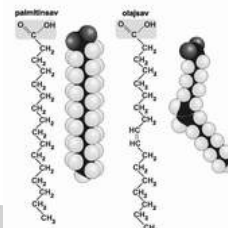
← észterhidrolízis



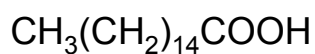
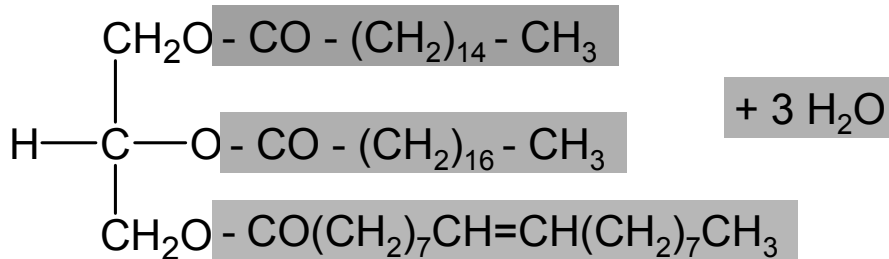
palmitinsav



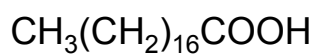
sztearinsav



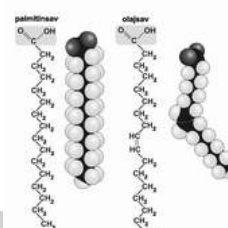
## Neutrális zsírok



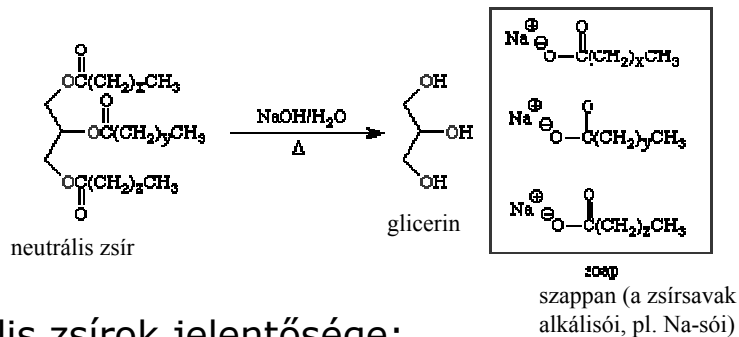
palmitinsav



sztearinsav



## Elszappanosítás (a neutrális zsírok /mint észterek/ hidrolízisénel elősegítése NaOH-dal)

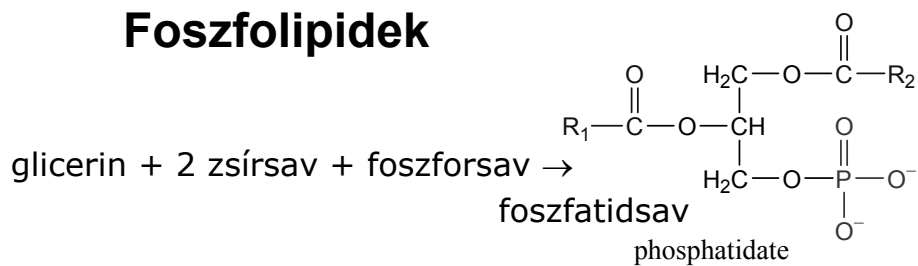


## A neutrális zsírok jelentősége:

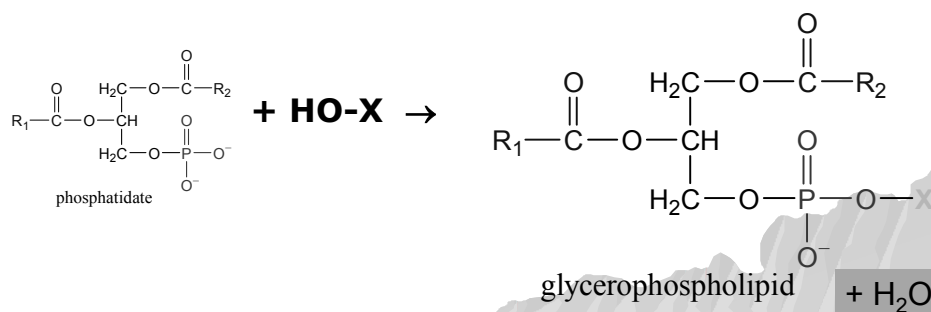
- tartalék tápanyagok
- fontos oldószerek (ld. zsírban oldódó vitaminok)
- mechanikai védelem
- hőszigetelés



## Foszfolipidek



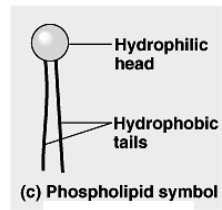
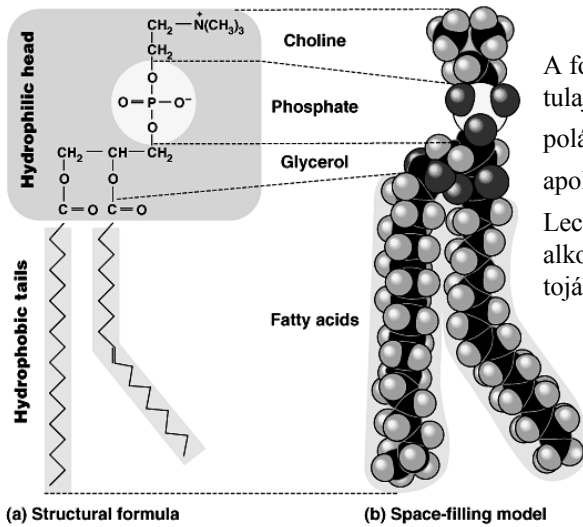
foszfatidsav + alkohol → foszfatid (foszfoglicerid)





## Amfipatikus molekula

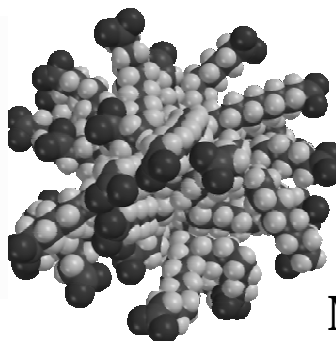
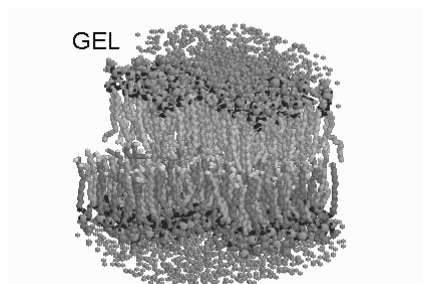
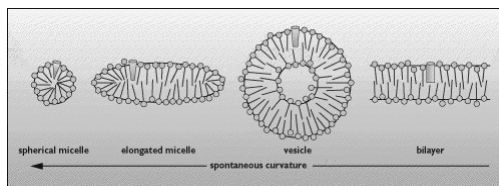
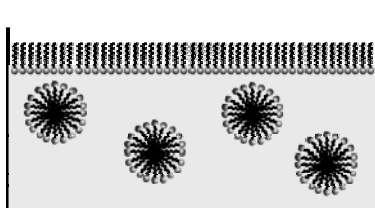
A foszfatidok kétféle tulajdonságú csoportból állnak: poláris –foszforsav rész  
apoláris –szénhidrogénlánc  
Lecitin: a sejtmembrán fő alkotója (kefalinnal együtt), tojássárgája



*Foszfatidil-kolin (lecitin)*



## Foszfatidok poláris oldószerben

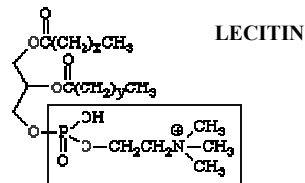


Határhártyák

Micellák

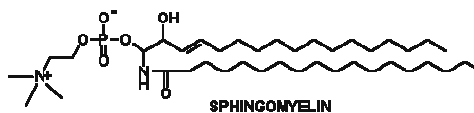
## Membránalkotó lipidek

- ◆ Foszfolipidek  
lecitin, kefalin



- ◆ Szfingolipidek (glicerin helyett szfingozin)

különösen idegsejtek  
nyúlványaiban

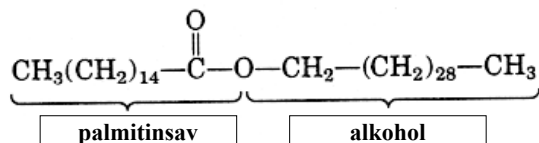


pl. szfingomielin

## Viaszok

- ◆ hosszú láncú zsírsavak és hosszú láncú alkoholok észterei
- ◆ alacsony olvadáspontú szilárd anyagok
- ◆ méhviasz

- ◆ növényi viaszok



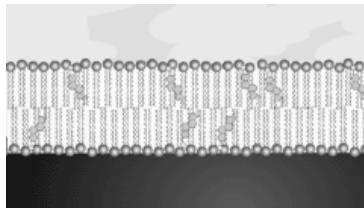
(levelek, gyümölcsök felszínén)

# Egyszerű lipidek

(Nem bonthatók hidrolízissel egyszerűbb komponensekre, nem szappanosíthatók el)

## 1. Szteroidok

szteránvázás vegyületek



Koleszterin (állati zsírokban és membránokban, utóbbiak folyékonyágát csökkenti)

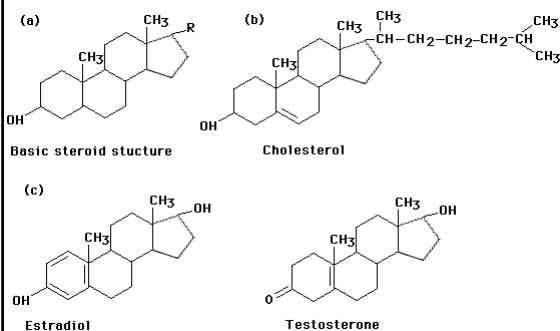
Fitoszteroidok (növényekben)

Epesavak (zsírok emulgeálása)

D-vitamin előanyagai

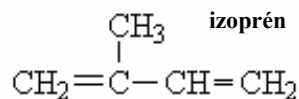
ivari hormonok

(ösztrógen, progeszteron, tesztoszteron)



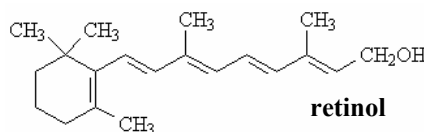
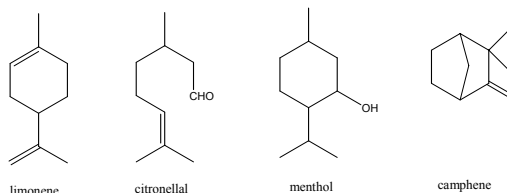
## 2. Terpének és származékaik - karotinoidok

◆ terpénvázás vegyületek  
izoprén egységekből

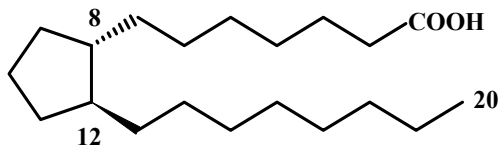


◆ sárgásvörös színű

- illóolajok
- A-, E-, K-vitaminok
- xantofill
- β-karotin
- likopin
- retinol (A-vitamin)



### 3. Prostaglandinok

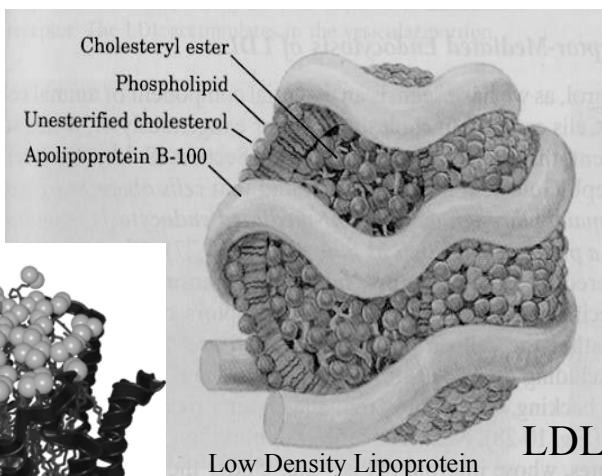
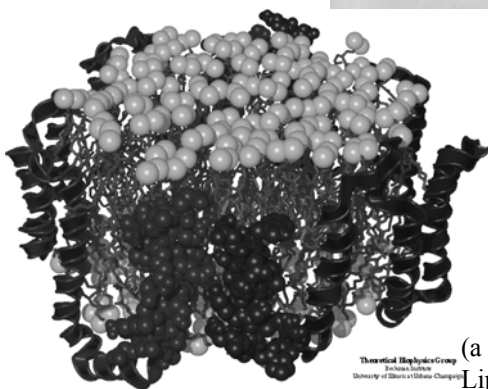


- ◆ telítetlen zsírsavszármazékok
- ◆ simaizomkontrakció fokozása
- ◆ értágítás, véralvadásgátlás
- ◆ gyulladáscsökkentés
- ◆ gyomornedvelválasztás gátlása

### Lipidszármazékok

- ◆ lipoproteinek

fehérjék  
+  
lipidek



LDL

Low Density Lipoprotein  
(kis sűrűségű lipoproteinek)

← **Apolipoprotein A-I**

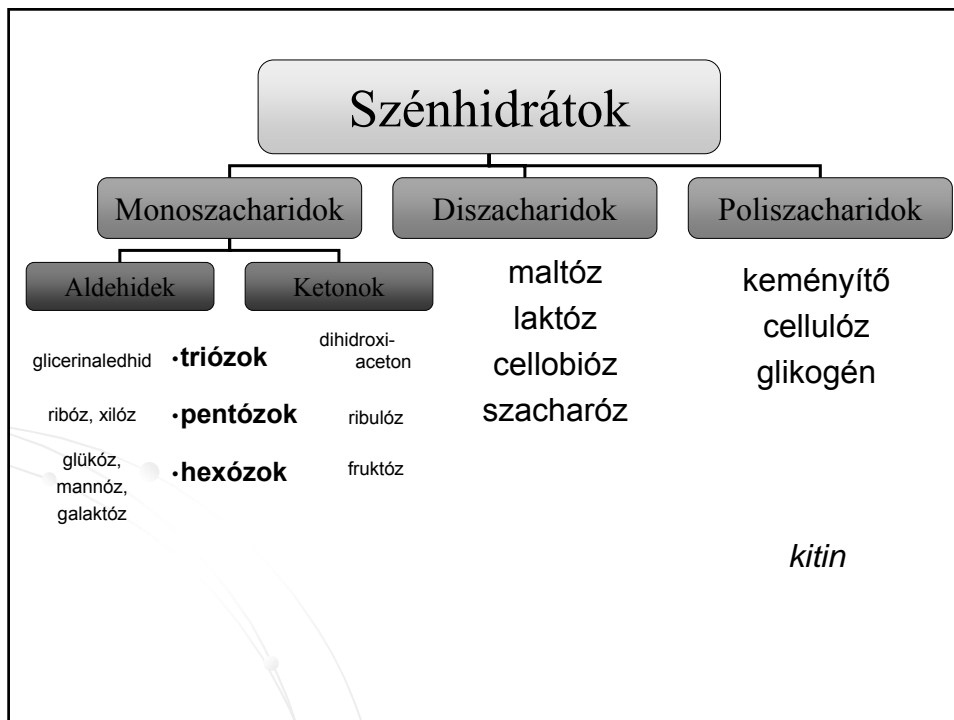
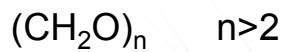
(a HDL fő összetevője /High Density Lipoprotein, nagy sűrűségű lipoproteinek/)

Theoretical Biophysics Group  
Eötvös Loránd University  
University of Debrecen - Hungary

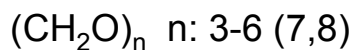
# Szénhidrátok

- A bioszféra legnagyobb mennyiségben előforduló szerves anyagai
- Gyorsan felhasználható tápanyagok
- Az állatok legfontosabb energiaforrása
- Vázalkotók
- Membránalkotók
- Makromolekulák (nukleinsavak) alkotói

Kémiaailag *polihidroxi-aldehidek és ketonok*

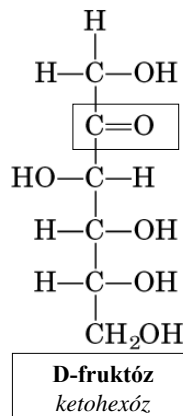
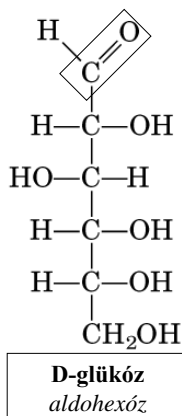
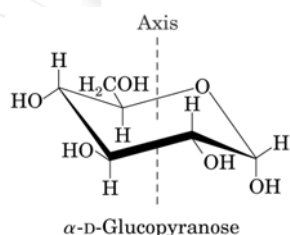


## Monoszacharidok (egyszerű cukrok)



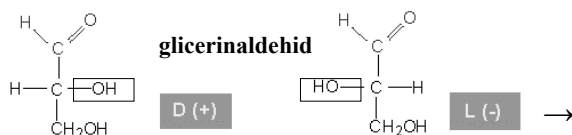
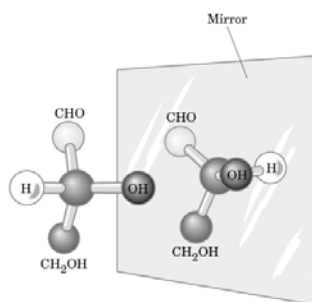
Kristályos, édes ízű anyagok. Vízben kitűnően, apoláris oldószerekben nem oldódnak. A triózok kivételével gyűrűs formát vesznek fel.

- Triózok (n=3)
- Pentózok (n=5)
- Hexózok (n=6)



## Sztereoizomerek

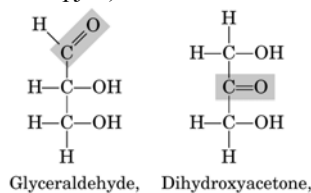
Minden monoszacharidban (kivéve DHA) van egy vagy több (**n**) aszimmetriás szénatom, amelyhez négy kül. csop. kapcs.  
→  $2^n$  féle sztereoizomer

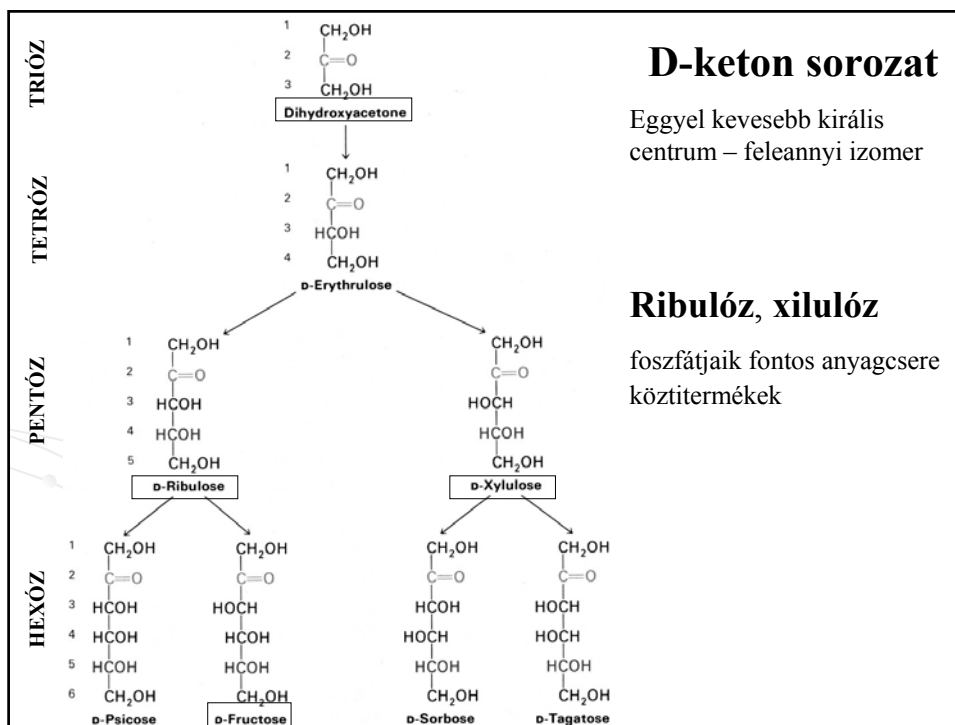
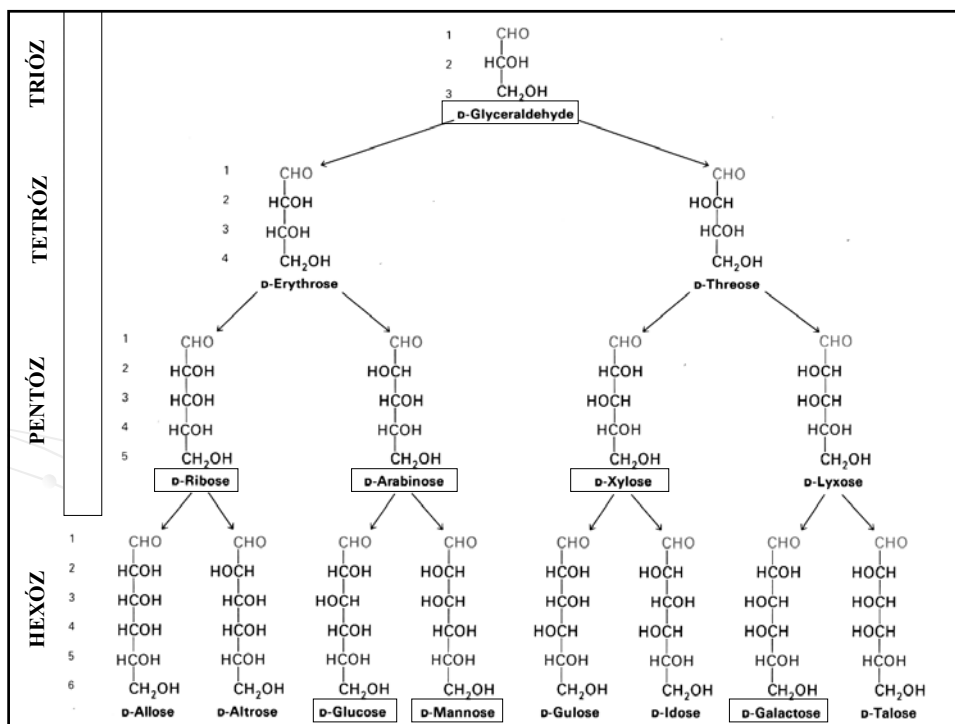


(a karbonil szénatomtól legtávolabb eső asszimmetriás /≠királis/ szénatom konfigurációja alapján)

### Triózok

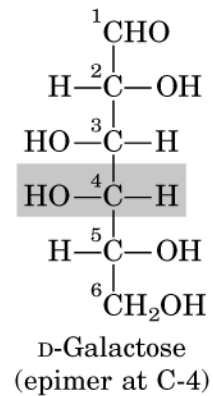
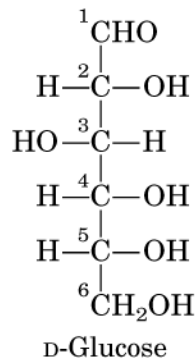
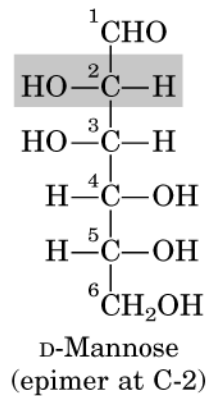
- gliceraldehyd (anyagcsere folyamatokban)
- dihidroxi-aceton (DHA)





## Epimerek

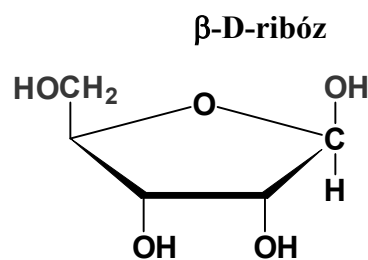
Olyan cukrok, amelyek konfigurációja csak egy szénatomon különbözik.



## Pentózok

### •Aldózok

**ribóz**, arabinóz, xilóz  
RNS és DNS felépítésében



### •Ketózok

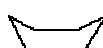
ribulóz, xilulóz  
ribulóz-1,5-difoszfát a fotoszintézisben a CO<sub>2</sub>  
felvevője



## Hexózek

- glükóz (szőlőcukor)
- mannóz
- galaktóz
- fruktóz (gyümölcscukor)

## Glükóz

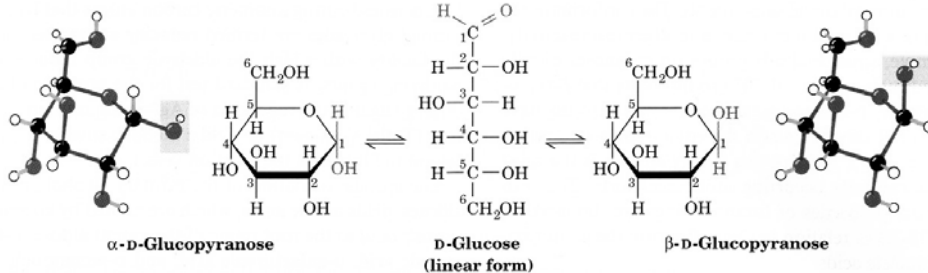


- gyűrűs szerkezet
  - hidroxil-csoport helyzete szerint ( $\alpha$ ) ill.  $\beta$
- vizes oldatban izomeráció:

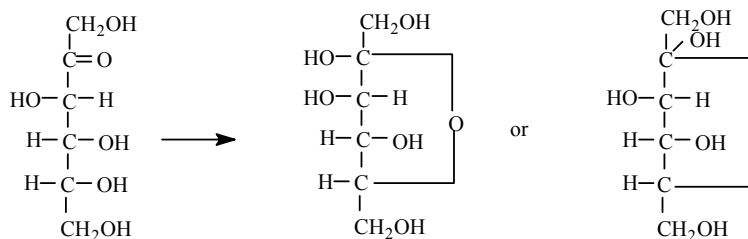
$\alpha \approx 37\%$

nyílt  $\ll 1\%$

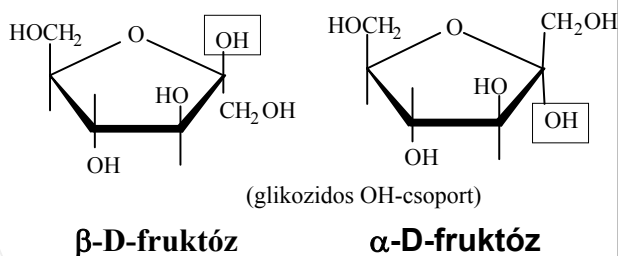
$\beta \approx 63\%$



## Fruktóz



gyümölcsnedvek  
méz  
diszacharidok



## Diszacharidok

### Redukáló

az egyik monoszacharid  
glikozidos OH-csoportja a  
másik monoszacharid alkoholos  
OH-csoportjával reagál  
→ a második gyűrű fel tud nyílni

**cellobióz, maltóz, laktóz**

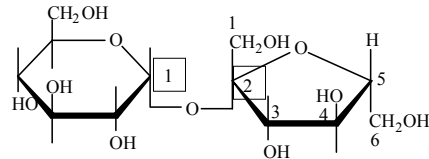
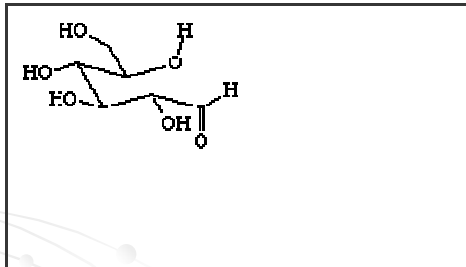
### Nem redukáló

két monoszacharid glikozidos  
hidroxilcsoportjai reagálnak  
egymással  
→ egyik gyűrű sem tud felnyílni

**szacharóz**

## Szacharóz (répacukor, nádcukor)

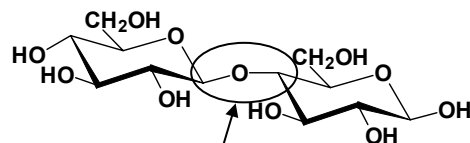
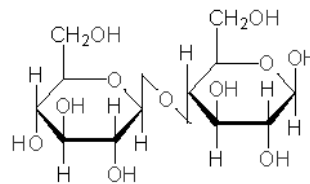
1-2 kötésű  $\alpha$ -D-glükóz +  $\beta$ -D-fruktóz



- ❖ kizárólag dimer alakban
- ❖ a növényvilágban legelterjedtebb diszacharid

## Cellobióz

2 db  $\beta$ -D-glükóz

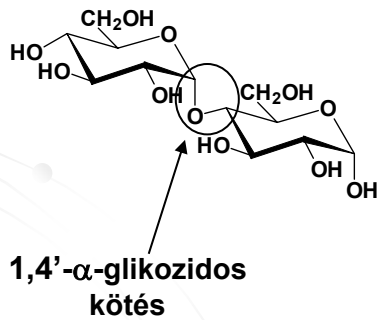
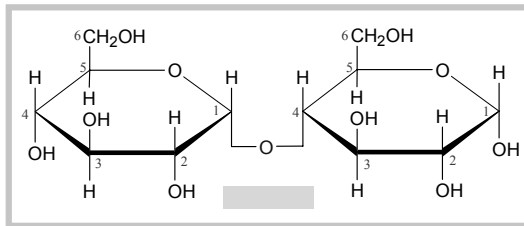


1,4'- $\beta$ -glikozidos  
kötés

a cellulóz  
bomlásterméke,  
a fenti képlet  
szerinti dimer alakban  
nem fordul elő

## Maltóz

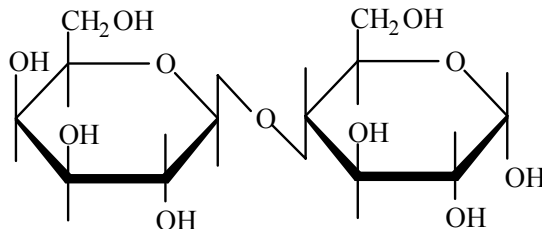
2 db  $\alpha$ -D-glükóz



keményítő  
bomlásterméke, de  
dimer alakban is  
előfordul:  
pl. magvakban

## Laktóz (tejcukor)

1-4 kötésű  $\beta$ -D-galaktóz +  $\alpha$ -D-glükóz



emlősök tejében

# Poliszacharidok

## Homopoliszacharidok

azonos egységekből

**keményítő**

**glikogén**

**cellulóz**

**kitin**

## Heteropoliszacharidok

többféle monomerből

(heteroglükánok, glükózaminoglükánok)

**mukopoliszacharidok (kötő- és támasztószövetek alapállományában, pl. hialuronsav)**

**kondroitin (-szulfát: porc, csont)**

**heparin (máj termeli, alvadásgátló)**

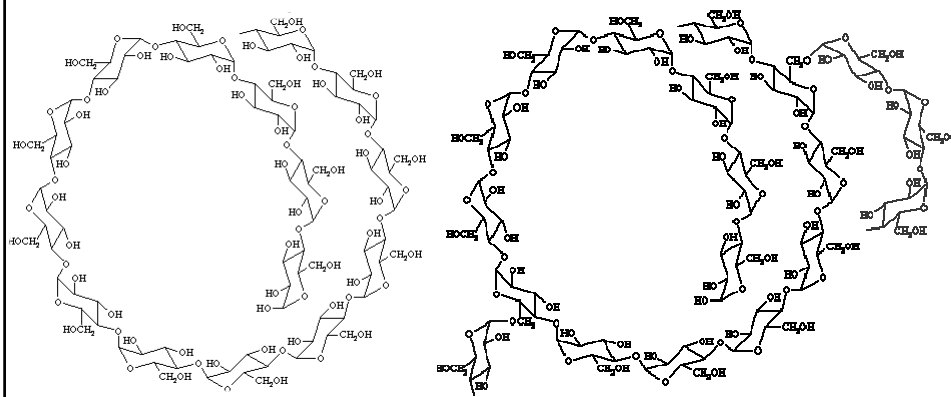
**murein (baktériumok külső burkában)**

## Keményítő

- A növények tartalék tápanyaga; vízzel koloid oldatot képez
- amilóz + amilopektin (mindkettő  $\alpha$ -D-glükózból, több 100 db-ból)

**amilóz:**  $\alpha(1-4)$  kötésű elágazás mentes lánc

**amilopektin:** kb. 12 glükózegységenként  $\alpha(1-6)$  kötésű elágazás



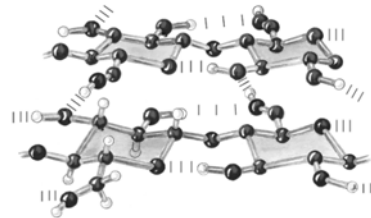
## Glikogén

- állati sejtek raktározott üzemanyaga
- májban és izomban raktározódik
- amilopektinhez hasonló, de több elágazás (8-10 glükózonként)

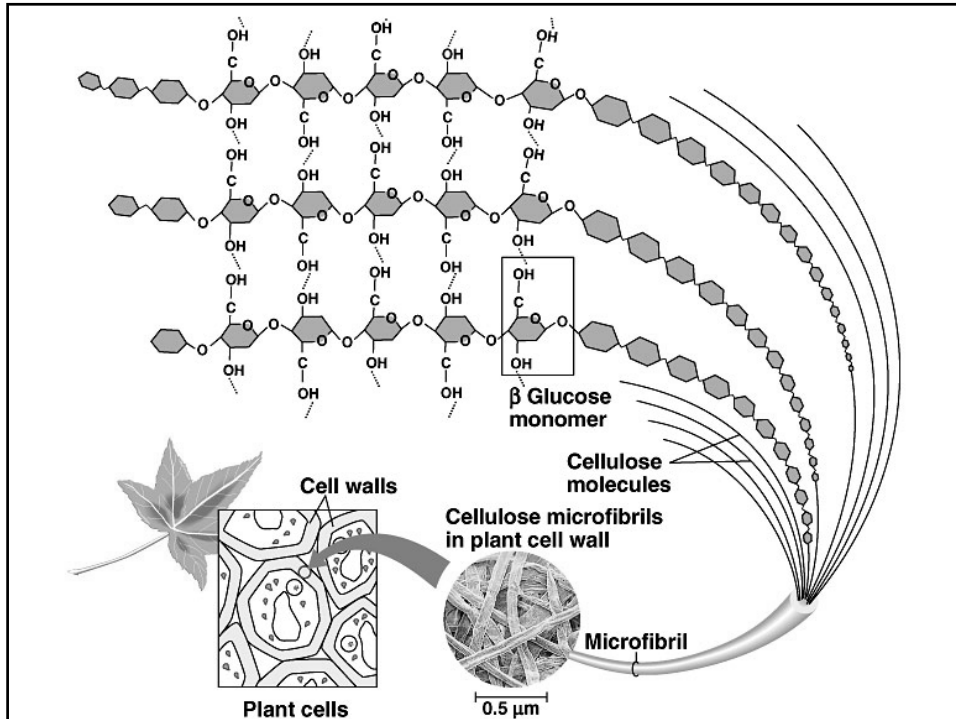
### DEXTRÁN

keményítő és glikogén bontása (amiláz) közben keletkező közepes molekulású anyagok  
Elágazásból *határdextrin*.

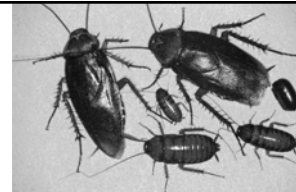
## Cellulóz



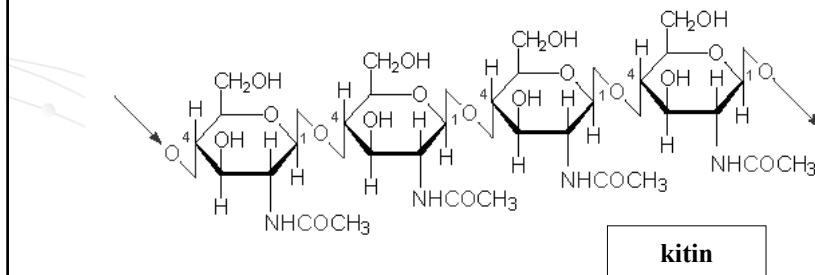
- több 1000  $\beta$ -D-glükóz monomerből
- $\beta(1-4)$  kötésekkel, elágazás nélkül
- kevesen bontják (celluláz: baktériumok, egysejtűek, gombák, csigák)
- a cellulózmolekulák párhuzamos kötegekbe rendeződnek – szilárd sejtfal



## Kitin



N-acetil-D-glükózamin monomerekből



## **Fehérjék (PROTEINEK)**

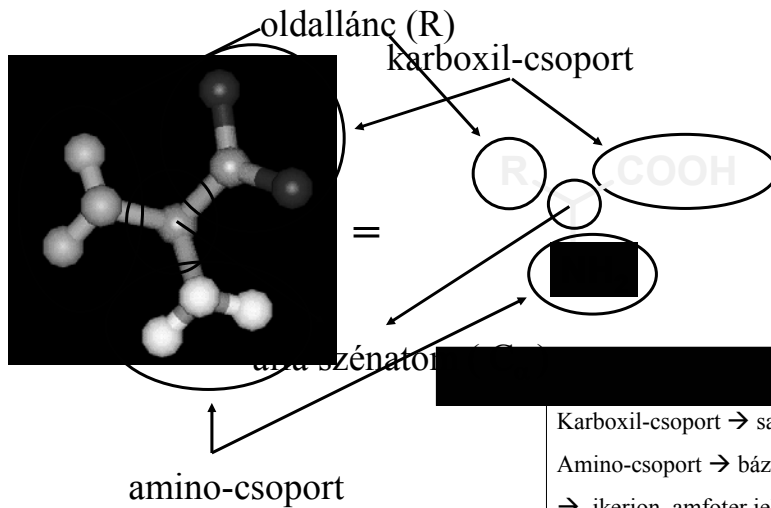
- Az élő szervezet szerkezeti és működési szempontból egyaránt kiemelkedő fontosságú makromolekulái.
- Rendkívül sokféle funkciót ellátnak
- Fajlagosak
- Aminosavakból épülnek fel

## **A fehérjék szerepe**

- biokatalizátorok (enzimek)
- strukturális elemek
- szállítók (transzporterek)
- energiaátváltók (mozgás létrehozása)
- jelátvivők, jelfelfogók (szignál transzdukció)
- ellenanyagok (immunoglobulinok)



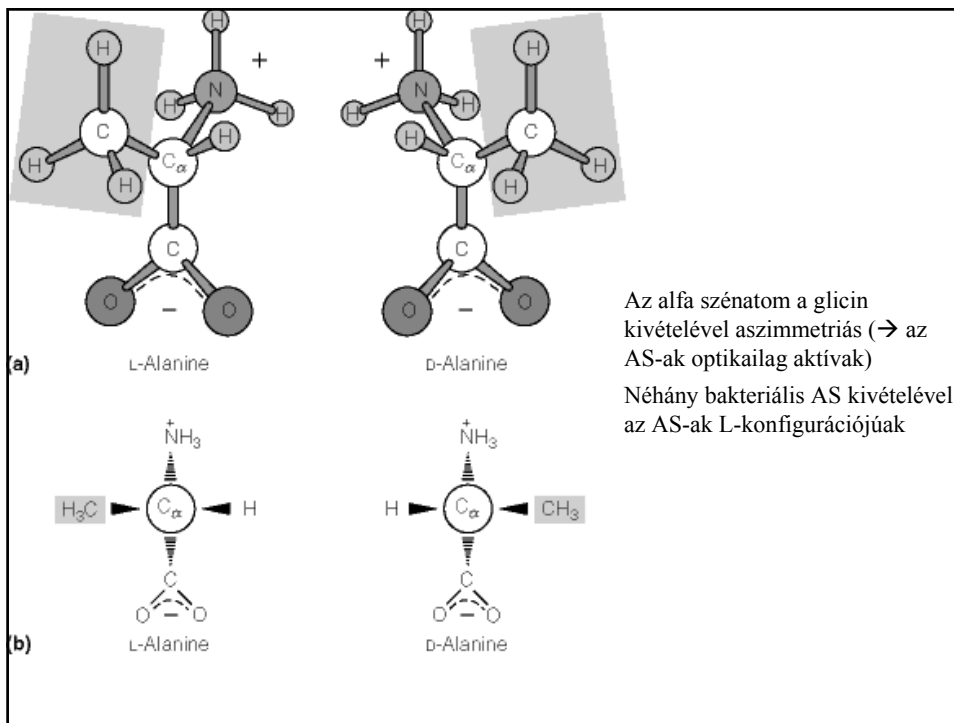
# Aminosavak – a fehérjék építőkövei

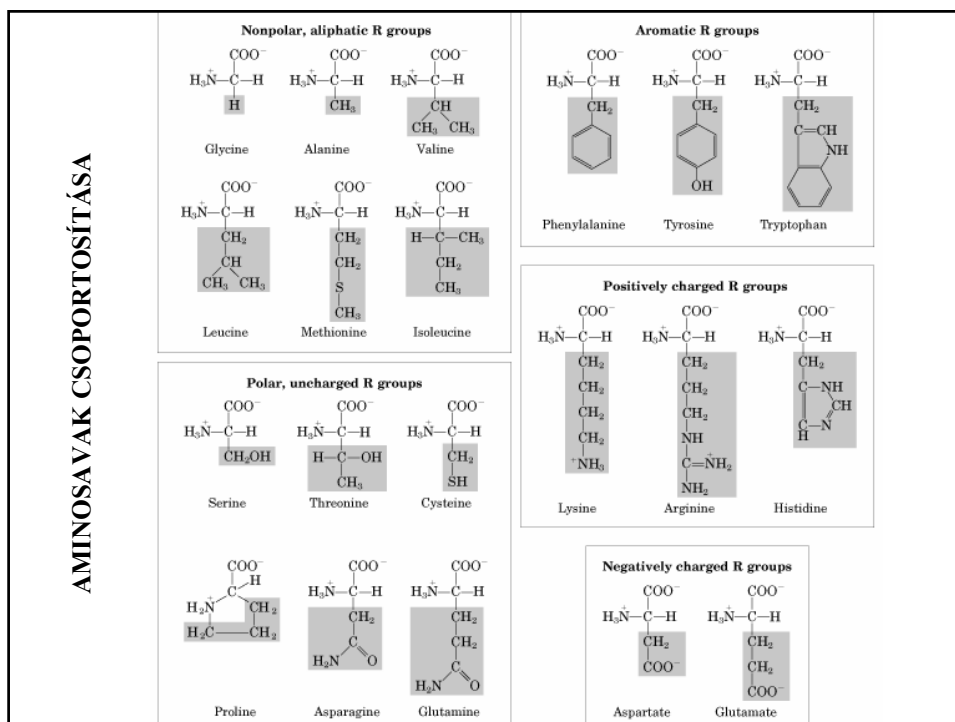
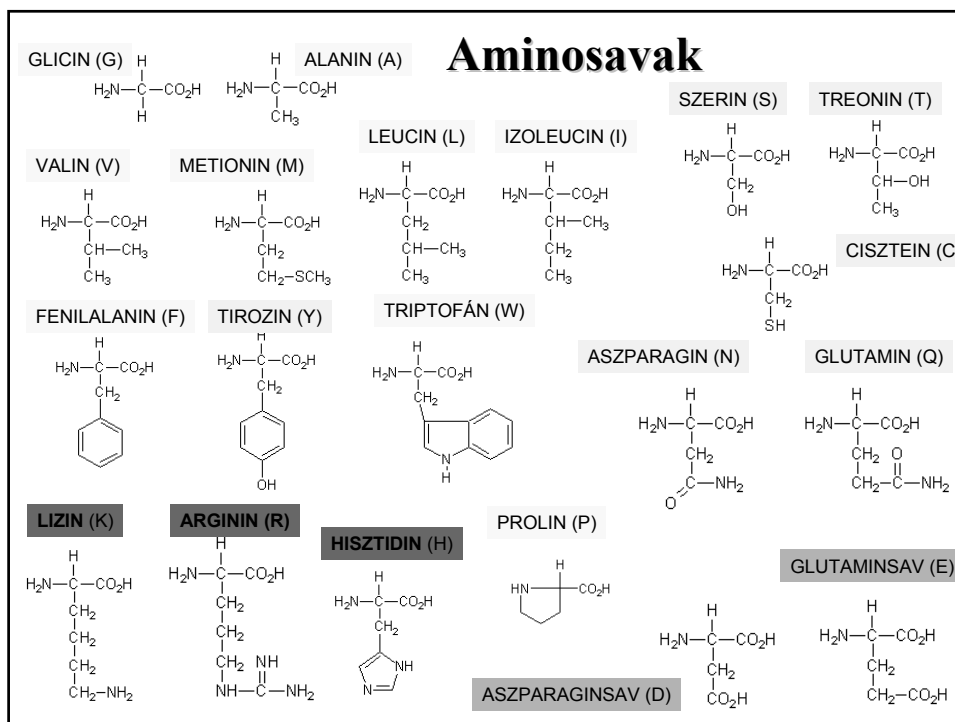


Karboxil-csoport → savas jelleg  
Amino-csoport → bázikus jelleg  
→ ikerion, amfoter jelleg

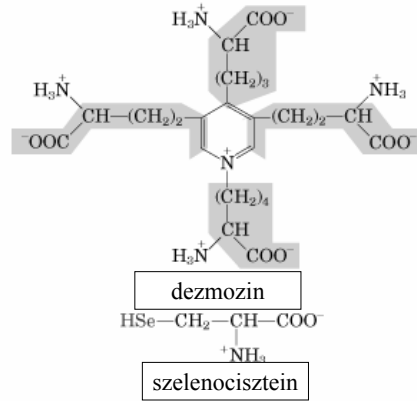
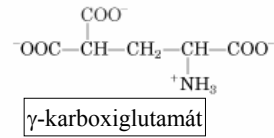
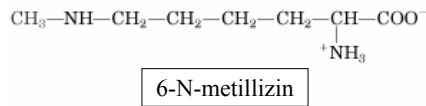
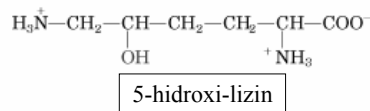
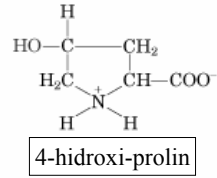
Kb. 200 természetes AS ismert, ezek közül 20 vesz részt a fehérjék felépítésében.

Az AS-ak szabad állapotban csak kis mennyiségben fordulnak elő.





## Ritka aminosavak

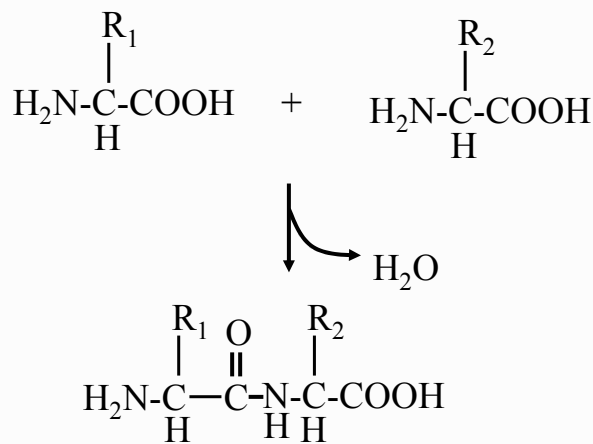


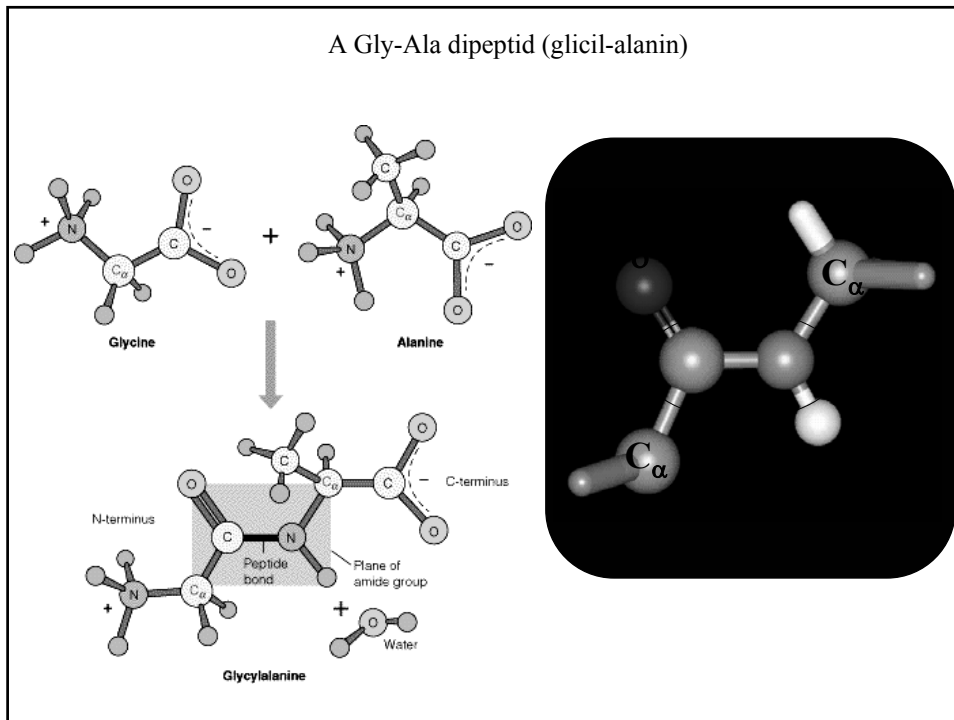
(a)

## Peptidkötés

Alfa amino + alfa karboxil.

Az AS-sorrend leírását azzal az aminosavval kezdjük, amelyiknek alfa-amino csoportja szabad (N-terminális)





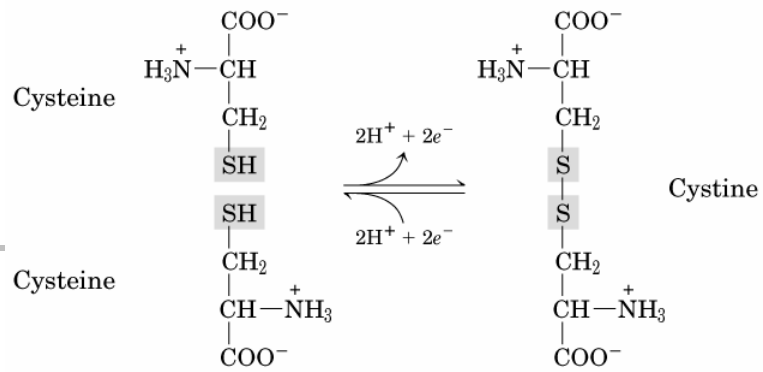
## PEPTIDEK

- **glutation (Glu-Cys-Gly)** minden sejtben jelentős mennyiségben jelenlévő tripeptid, káros oxidálóanyagoktól védi a sejteket
 

$$\text{NH}_2-\underset{\text{COOH}}{\text{CH}}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{NH}-\underset{\text{CH}_2-\text{SH}}{\text{CH}}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{NH}-\text{CH}_2-\text{COOH}$$
- **oxitocin** nonapeptid, simaizmok működésére hat ↑
- **vazopresszin** Két AS-ban különbözik az oxitocintól (véredények simaizomatát húzza össze)

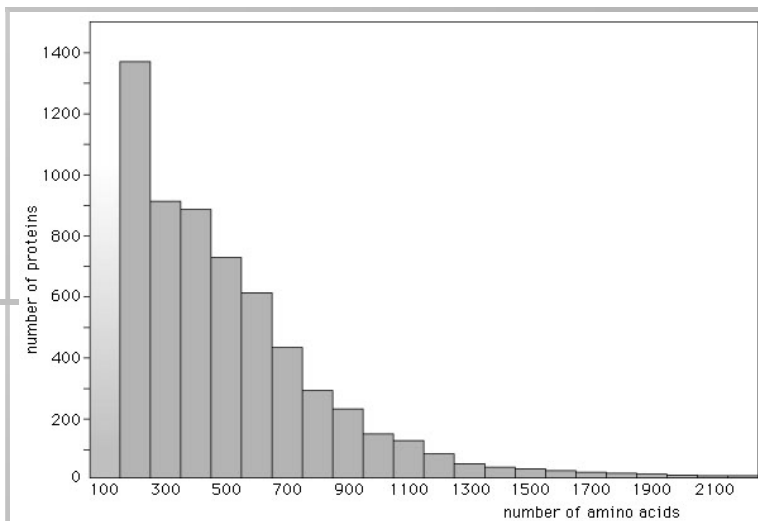
$$\begin{array}{cccccccc} \text{Cys} & -\text{S}- & \text{S}- & \text{Cys} & - & \text{Pro} & - & \text{Arg} & - & \text{Gly} & - & \text{NH}_2 \\ | & & & | & & & & & & & & \\ \text{Tyr} & & & \text{Asn} & & & & & & & & \\ & & & / & \backslash & & & & & & & \\ & & & \text{Phe} & - & \text{Gln} & & & & & & \end{array}$$

## Diszulfid-híd



## A fehérjék szerkezete

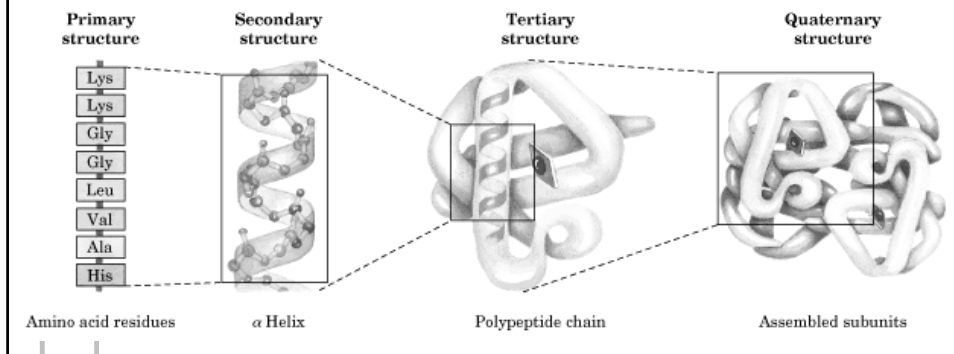
100 - több 100 AS → polipeptidlánc



# A fehérjék szerkezete

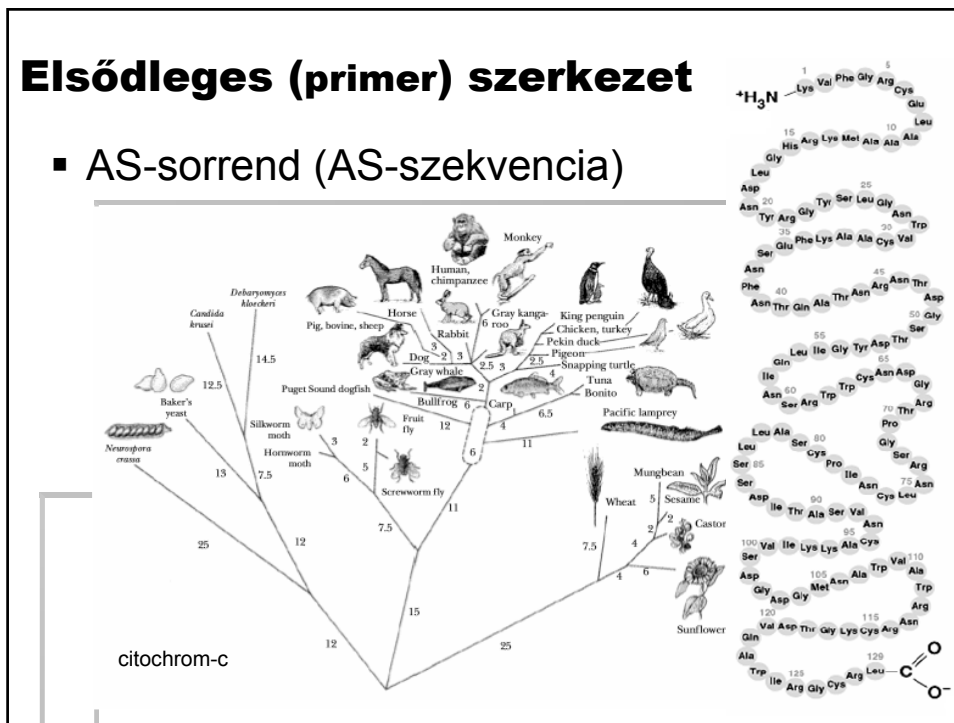
100 - több 100 AS → polipeptidlánc

- Elsődleges, másodlagos, harmadlagos és negyedleges szerkezet



## Elsődleges (primer) szerkezet

- AS-sorrend (AS-szekvencia)



## Elsődleges (primer) szerkezet

- AS-sorrend (-szekvencia)

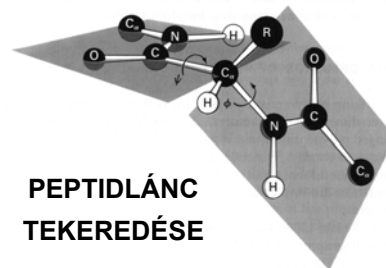
## Másodlagos (szekunder) szerkezet

- A peptidsíkok térbeli elrendeződése egymáshoz képest

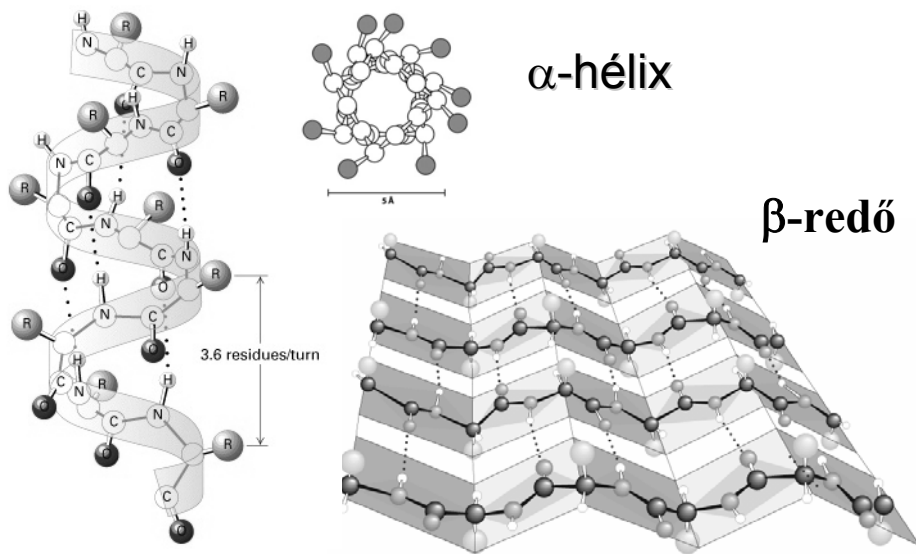
Két változat:

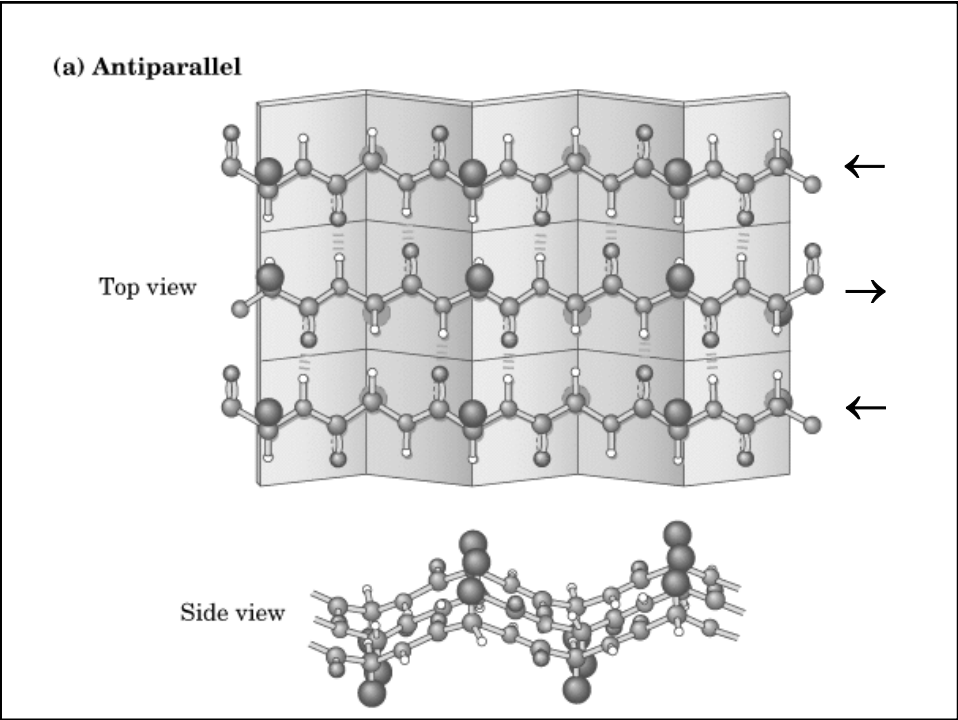
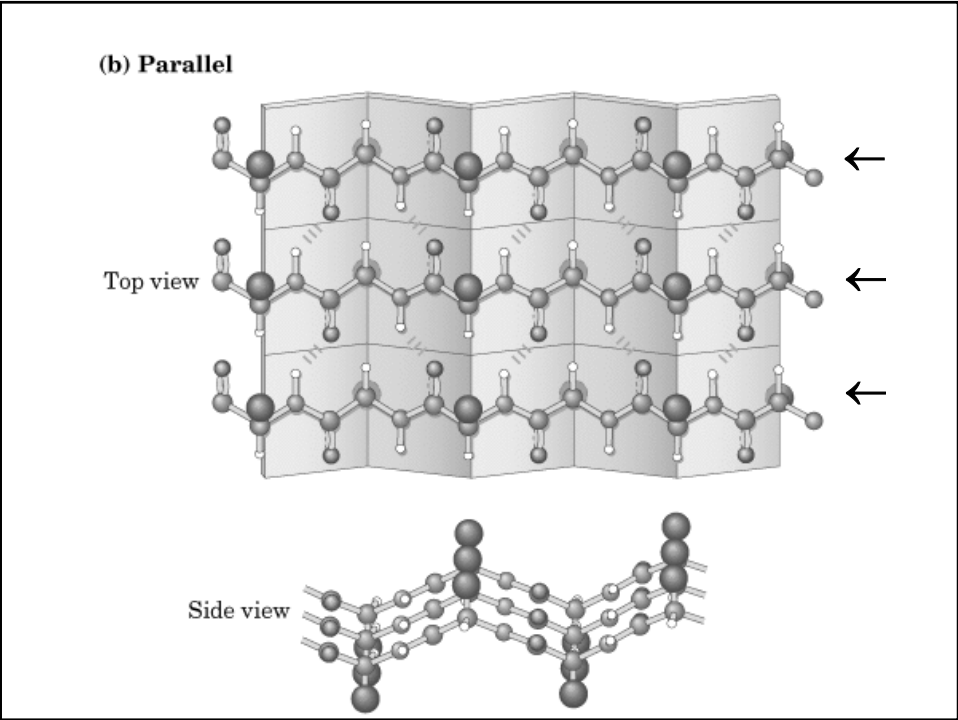
$\alpha$ -hélix

$\beta$ -redő (lemez)



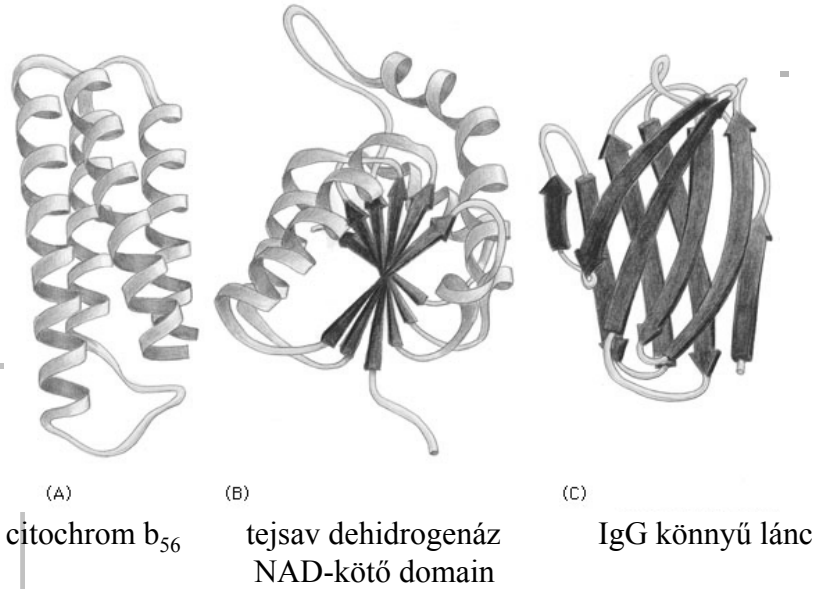
## Másodlagos (szekunder) szerkezet





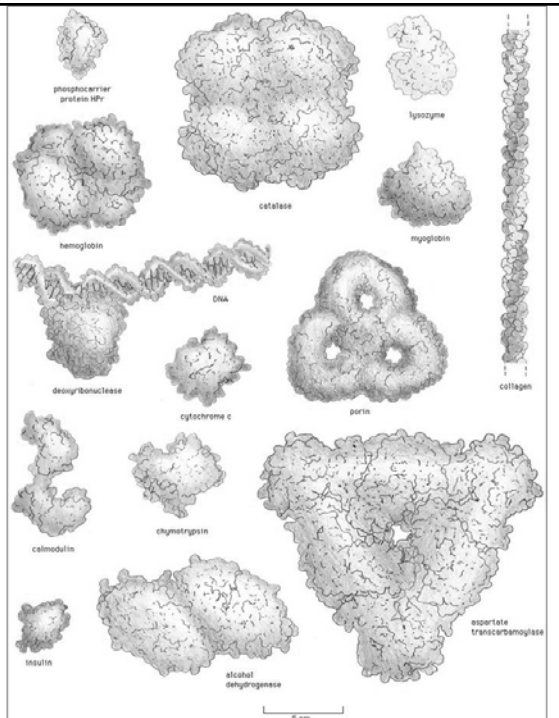


## Harmadlagos szerkezet

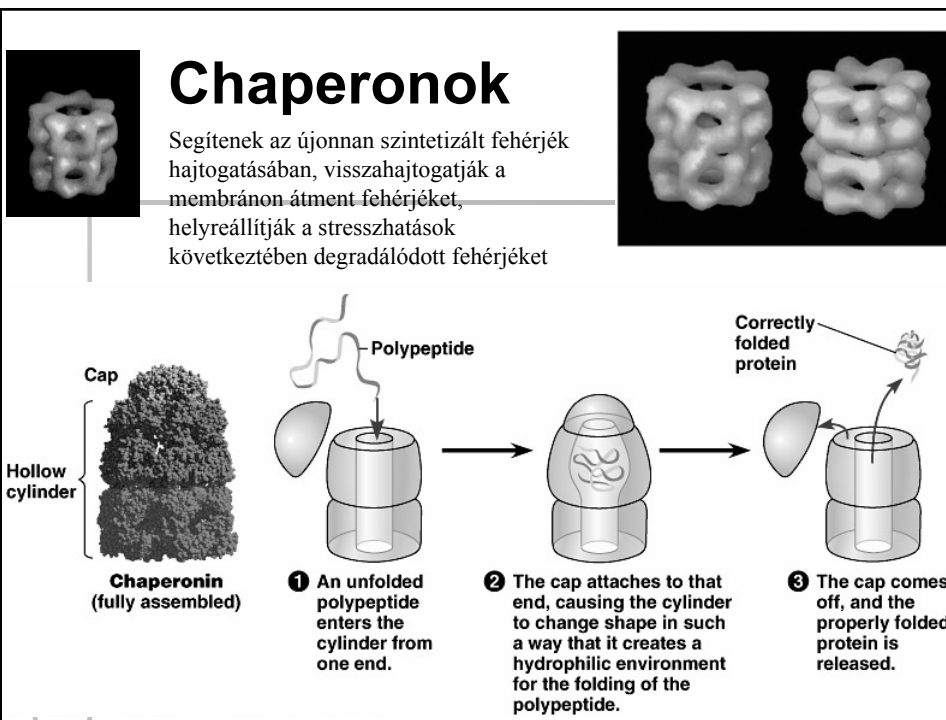
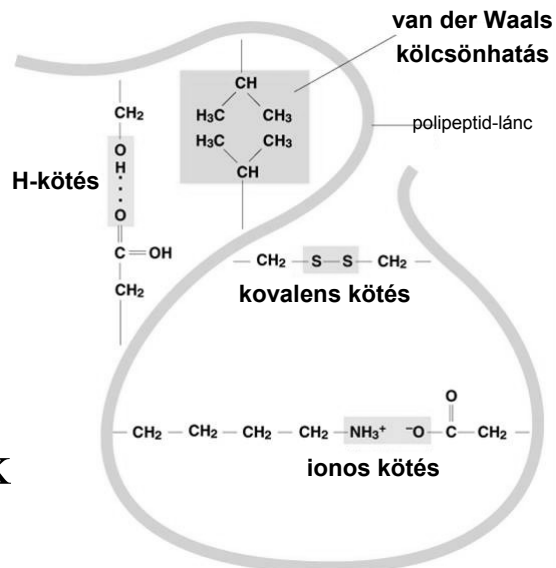


A fehérék vizes oldatban úgy gombolyodnak össze, hogy az apoláris részek belülré, a poláris oldalláncok kívülre kerülnek. Az így kialakuló szerkezet a harmadlagos (tercier) szerkezet.

Benne alfa-hélix és béta-redő változik.

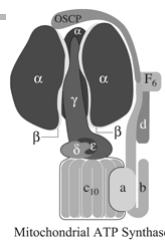
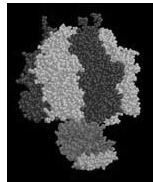


A fehérjék  
harmadlagos  
szerkezetét  
stabilizáló  
kötések,  
köölcsönhatások

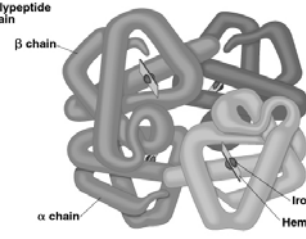


## Negyedleges (alegység) szerkezet

- kémiaailag és funkcionálisan is azonos egységekből
- funkcionálisan azonos, de kémiaailag különböző
- funkcionálisan és kémiaailag különböző
- enzimkomplexek



(a) Collagen



(b) Hemoglobin

## A fehérjék csoportosítása

### 1. Funkció szerint

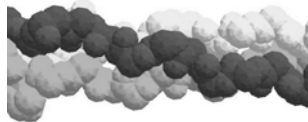
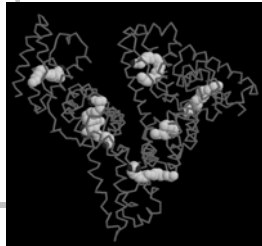
- enzimek (pl. tripszin, RNS-polimeráz)
- transzportfehérjék (pl. hemoglobin, szérumalbumin)
- védőfehérjék (pl. ellenanyagok, fibrinogén)
- toxinok (pl. kígyómérgek, Clostridium botulin toxinja)
- hormonok (pl. inzulin, növekedési hormon)
- receptorfehérjék
- tartalékfehérjék (pl. ovalbumin, kazein)
- struktúrfehérjék (pl. kollagén, keratin)
- kontraktilis fehérjék (pl. aktin, miozin, dinein)
- egyéb (pl. hisztonok)

# A fehérjék csoportosítása

## 2. Összetétel szerint

### ❖ Egyszerű fehérjék (proteinek)

Csak AS-akból. pl. albuminok, kollagén, miozin



### ❖ Összetett fehérjék (proteidek)

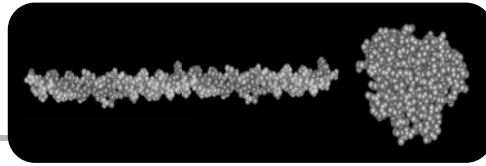
### ❖ Összetett fehérjék (proteidek)

- **Metalloproteidek** pl. amiláz (Ca),  
alkohol-dehidrogenáz (Zn), citochrom-oxidáz (Cu)
- **Foszfoproteidek** pl. kazein
- **Kromoproteidek** pl. hemoglobin, rodopszin
- **Glükoproteidek** pl.  $\gamma$ -globulinok, membránfehérjék,  
fibrinogén
- **Lipoproteidek** pl. membránalkotók, LDL
- **Nukleoproteidek** pl. riboszómák, vírusok

## A fehérjék csoportosítása

### 3. Alak szerint

- **Fibrilláris** (fonalas)  
csak másodlagos szerkezet  
pl. fibroin, keratin, kollagén

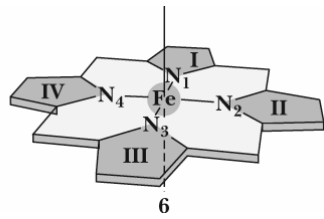


- **Globuláris**  
Harmadlagos és negyedleges szerkezettel is rendelkeznek  
Gombolyagszerűek, a kétféle másodlagos szerk. változik  
pl. hemoglobin

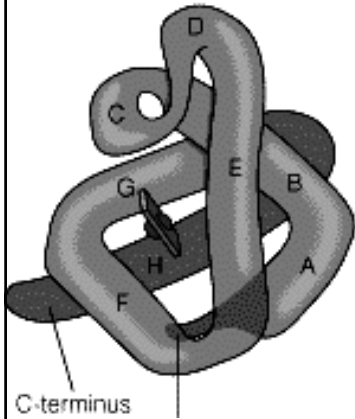
## A fehérjék csoportosítása

### 4. Oldhatóság szerint

- **Albuminok** (desztillált vízben és híg sóoldatokban)  
pl. szérumalbumin
- **Globuláris** (híg sóoldatokban)
- **Hisztonok** (híg savakban)
- **Szkleroproteinek** (semmilyen közönséges oldószerben nem oldódnak)  
pl. kollagén, keratin



## mioglobin



Az első fehérje, amelynek a pontos térszerkezetét megállapították. (J. C. Kendrew)

Viszonylag kisméretű: 1 db 153 AS-részből álló peptidlánc + 1 HEM csoport (vas-porfirinváz).

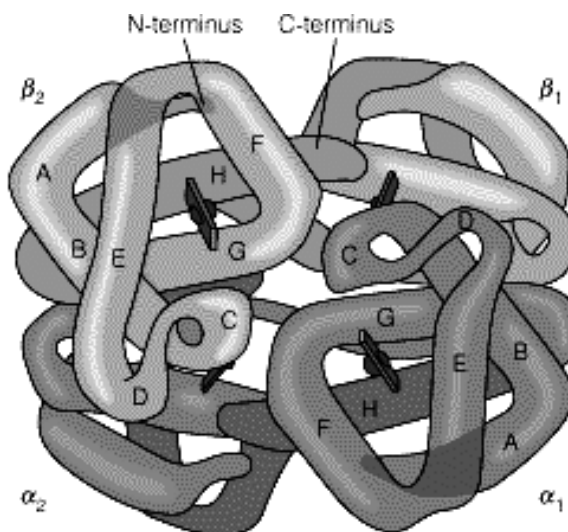
A molekula szerkezete nagymértékben rendezett, 70%-ban helikális. Semmilyen szimmetriát nem mutat.

Szerepe: oxigénszállítás az izomszöveten belül

## hemoglobin

Kétféle alegység építi fel, mindegyikből kettő. Egy alegység nagyon hasonlít a mioglobinra.

Szerepe: oxigénszállítás a vérben



# $\alpha$ -keratin

(szkleroprotein)

(b)

$\alpha$ -Helix



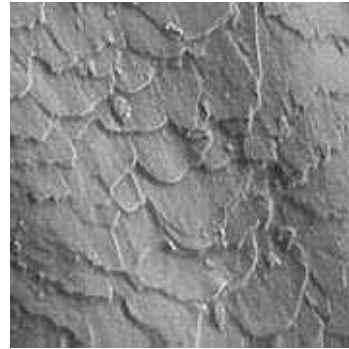
Coiled coil of two  $\alpha$ -helices



Protofilament (pair of coiled coils)



Filament (four right-hand twisted protofibrils)

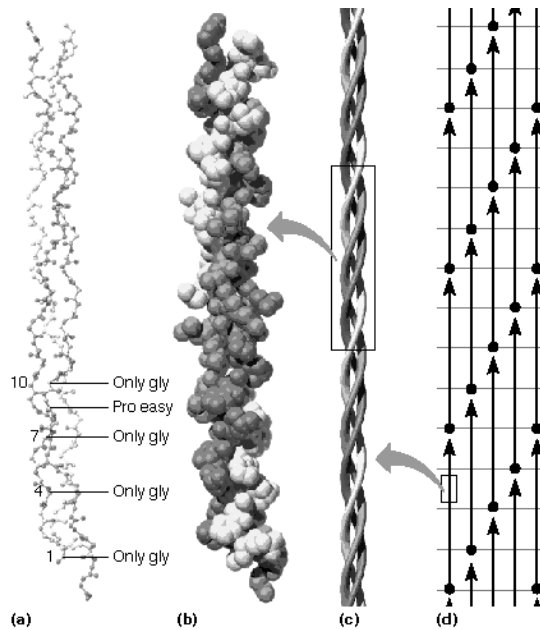


# Kollagén

tripla  
hélix  
szerkezet

**Betegségek:**

- Ehlers-Danlos szindróma,
- dermatosparaxis
- (gumiember)
- skorbut

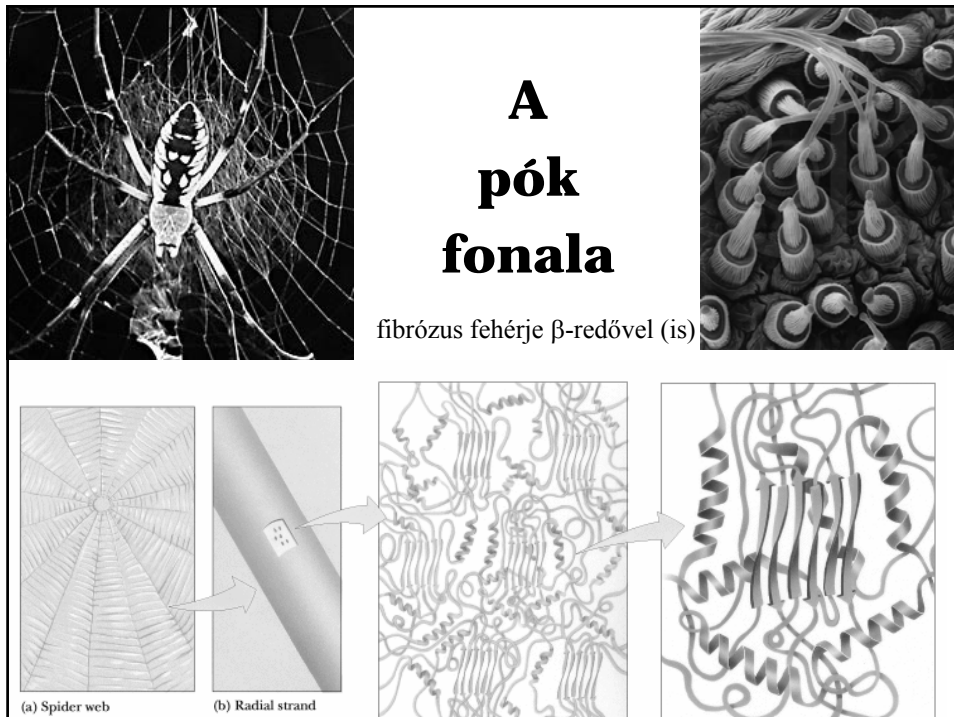


## Kollagén

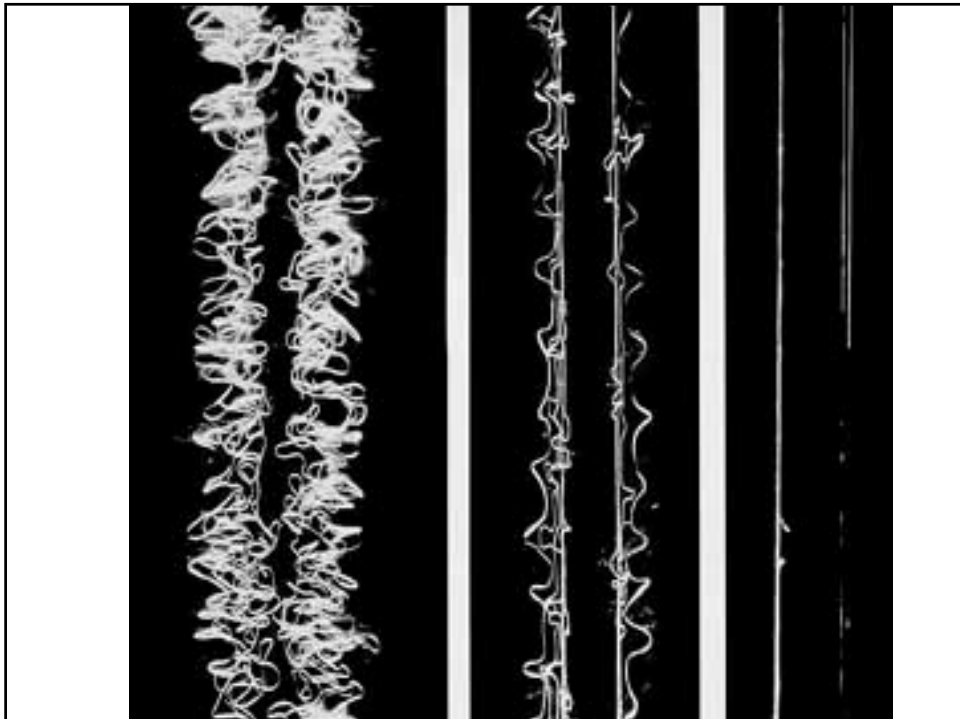
kötőszöveti fehérje, fehérjéink kb.  $\frac{1}{4}$  -e ilyen

A kötő- és támasztószövetekben, valamint a sejt közötti állományban előforduló, fonalas szerkezetű fehérje. Főzéskor vízben oldódó zselatinná alakul át (ekképp készül a kocsonya is). Lényegében ugyanez az asztalosok által használt enyv is, de azt csontmaradványokból ipari úton állítják elő, s kellemetlen a szaga. A ~ jellemzője a nagy szakítási szilárdság és az, hogy gyakorlatilag nem nyújtható. Ez a magyarázata annak, hogy az inak könnyen elszakadnak.

Derematosparaxis: a bőr extrém törékenysége

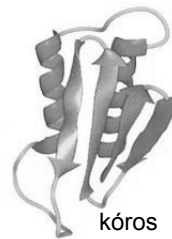
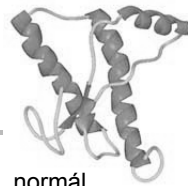




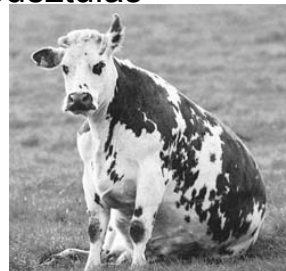


## Prionok

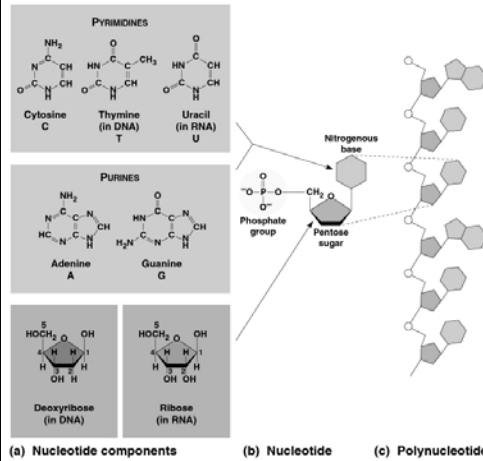
(Prion /protein only/)



- kis fehérjetestek, amelyek betegséget okoznak
- a bekerült prionfehérjék megváltoztatják a szervezetben lévő nekik megfelelő fehérjék térszerkezetét -> láncreakció -> agypusztulás
- nem tartalmaznak nukleinsavakat
- lehet örökletes  
pl. Creutzfeld-Jakob betegség
- lehet szerzett  
pl. Kuru, kergemarha-kór



# Nukleotidok, nukleinsavak



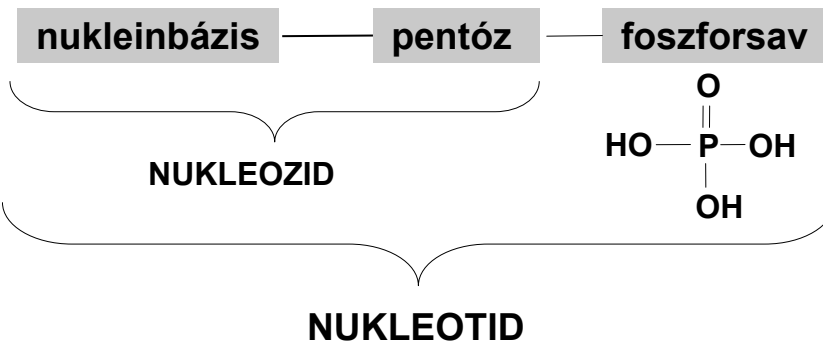
A nukleinsavak mononukleotidokból felépülő makromolekulák.

A mononukleotidok ezen a rendkívül fontos szerepükön kívül más feladatokat is ellátnak a szervezetünkben:

- anyagcsere-folyamatok energiatároló és -átadó vegyületei (pl. ATP, NAD)
- koenzimek alkotórészei
- csoportátvitel reakciókban (bioszintézisben)

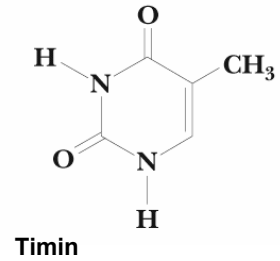
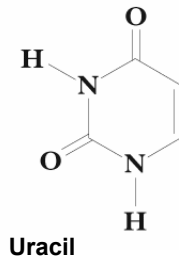
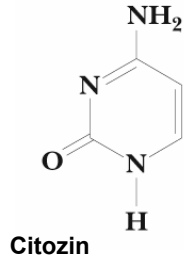
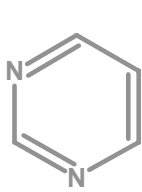
## Nukleotidok

A nukleotidok három részből épülnek fel : N-tartalmú bázis, öt szénatomos cukor, foszforsav.

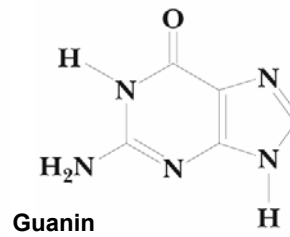
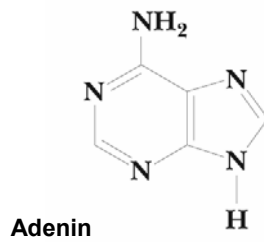
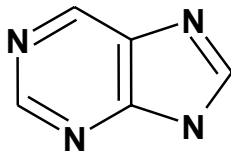


# Bázisok

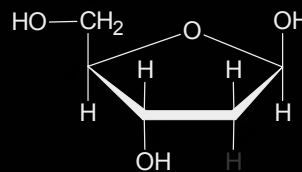
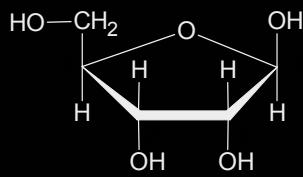
## Pirimidinbázisok



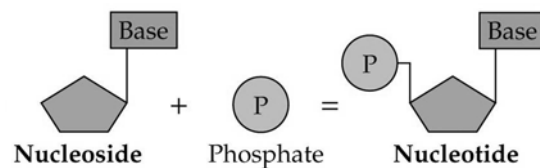
## Purinbázisok



# Nukleotidokat felépítő pentózok

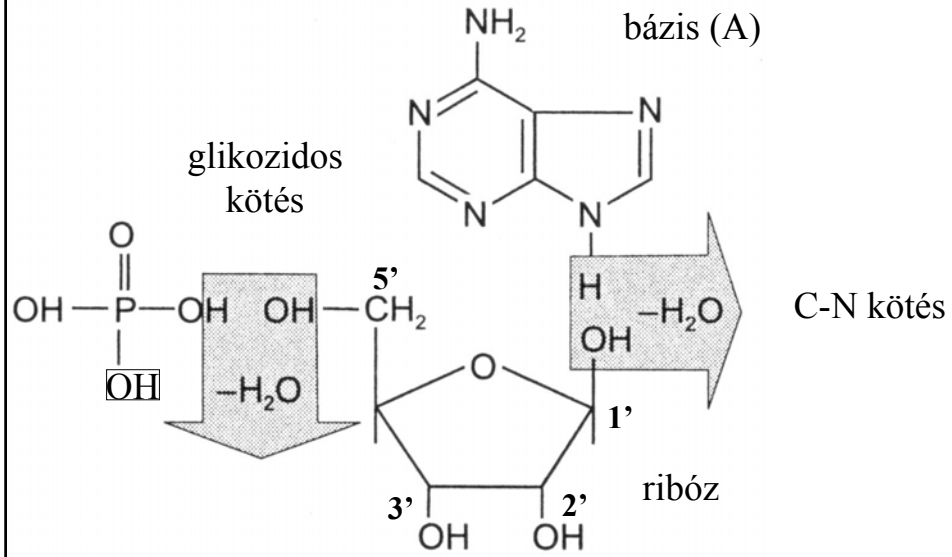


adenozin,  
guanozin,  
citozin,  
timidin,  
uridin



# A nukleotidok felépítése

A bázisok mindig a glikozidos hidroxil-csoporthoz kötődnek, míg a foszforsav kötődhet az 5' C-atom hidroxil-csoportjához és a 3' C-atom OH-csoportjához is.



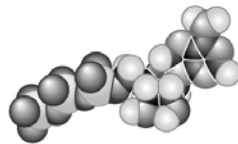
# Nukleozid-foszfátok

## Adenozin-5'-foszfátok:

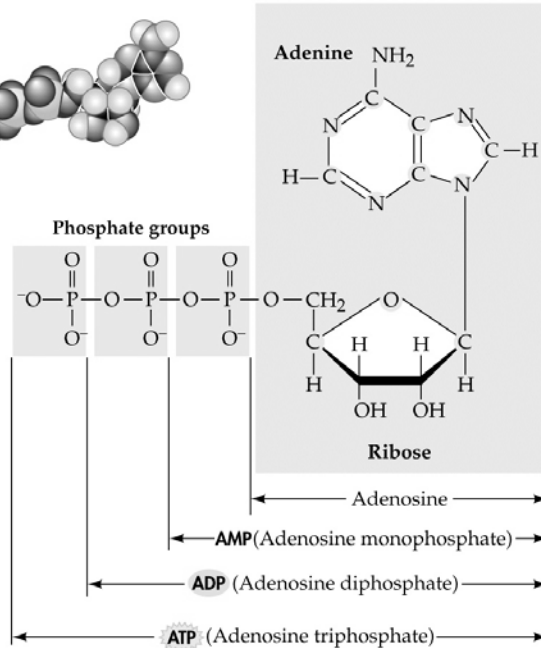
- adenozin-monofoszfát (AMP)
- adenozin-difoszfát (ADP)
- adenozin-trifoszfát (ATP)

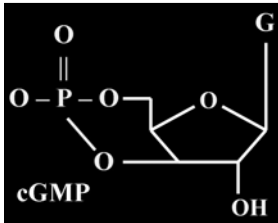
A nukleozid-trifoszfátok, különösen az ATP a sejtek primer energiahordozója. A foszforsavak közötti savanhidrid-kötések nagyenergiájú, ún. „makroerg” kötések (25 kJ/mol)

ATP



ATP





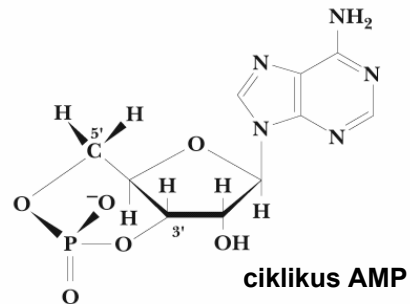
## Ciklikus nukleotidok

Sejten belüli folyamatok szabályozói, másodlagos hírvivők, pl.:

- cAMP (adenilát-ciklázon keresztül megvalósuló szignáltranszdukció),

- cGMP

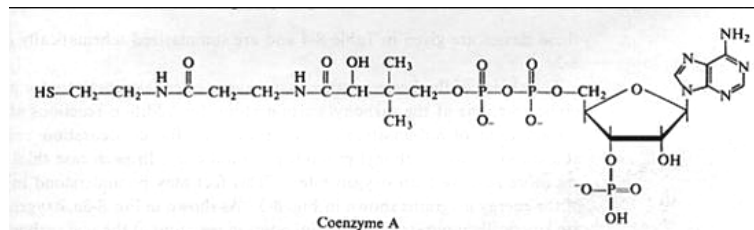
(enzimkapcsolt receptorokon keresztülmenő szignáltr. pl. látás)



## Nukleotid-tartalmú koenzimek

- Koenzim-A (CoA)

az acetil-csoport szállítója

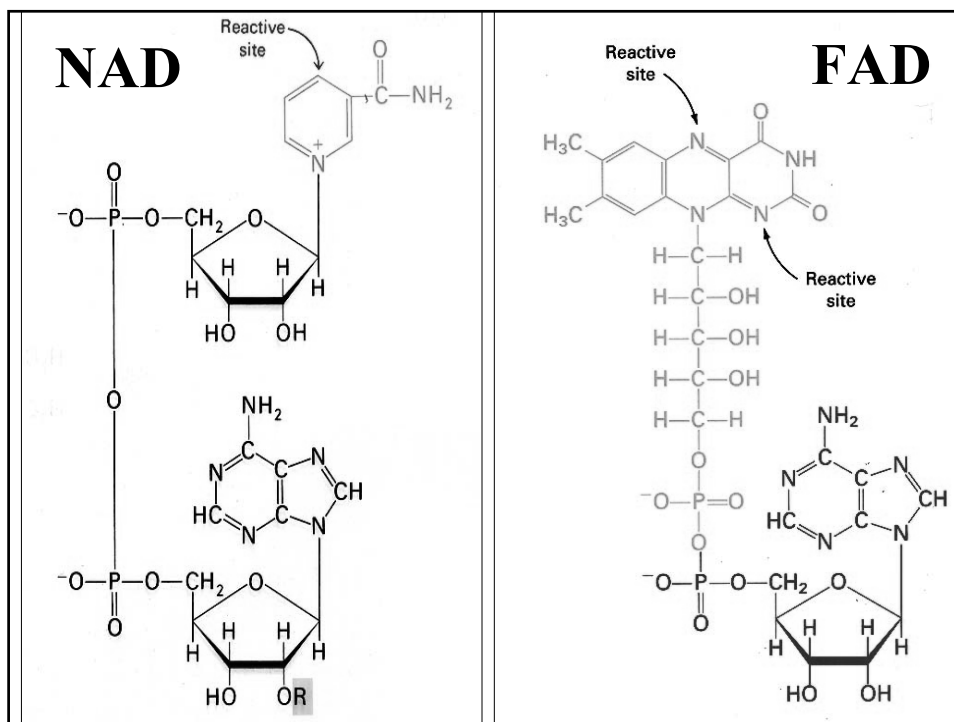


- NAD (nikotinamid-adenin-dinukleotid) – *lebontó folyamatok*

- NADP (nikotinamid-adenin-dinukleotid-foszfát) – *felépítő f.*

- FAD (flavin-adenin-dinukleotid) - *citromsavciklus*

hidrogénszállítók



## Nukleinsavak

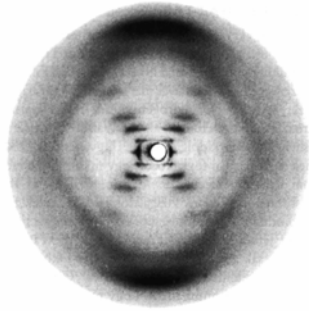
Vírusokban és minden élőben előfordulnak. Eukariótákban a sejtmagban, mitokondriumokban és színtestekben.

■ DNS dezoxiribóz  
 dezoxiribonukleinsav A, T, G, C  
foszforsav

■ RNS ribóz  
 ribonukleinsavak A, U, G, C, egyebek  
foszforsav

# A DNS

## 1. Szerkezete



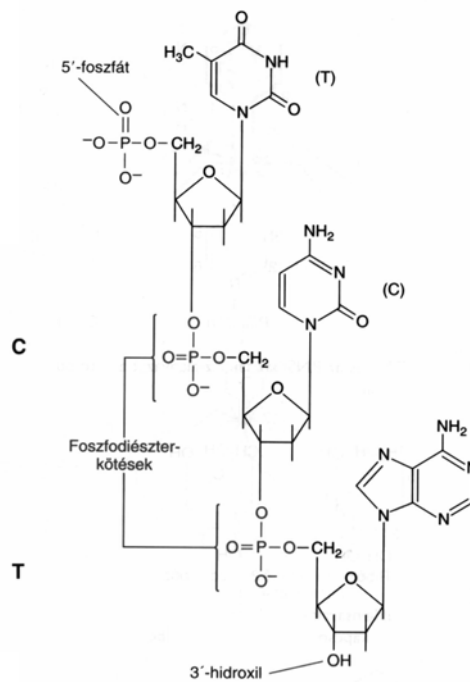
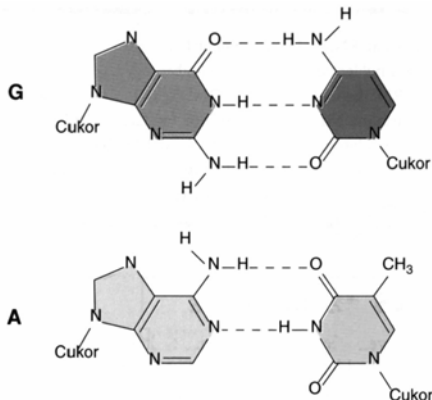
A DNS röntgendiffrakciós képe

Rosalind Franklin 1952



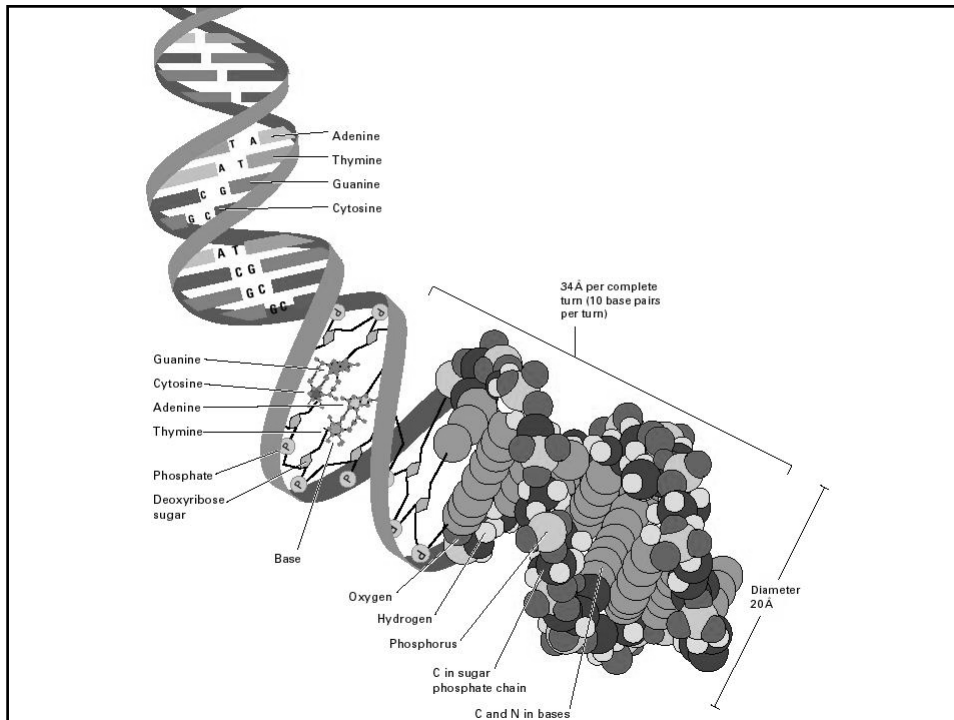
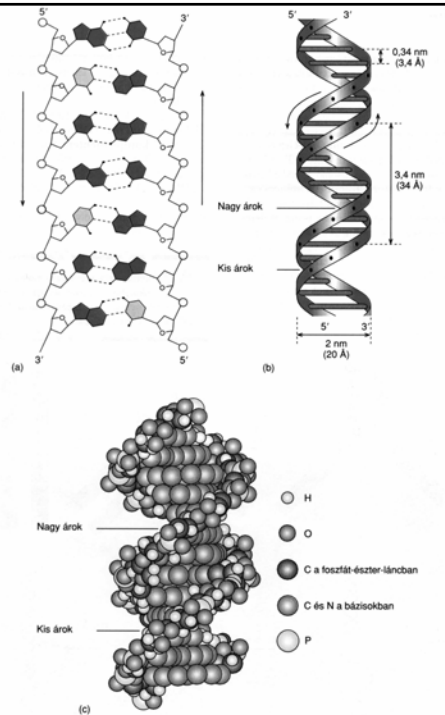
James Watson és Francis Crick

## A DNS bázispárjai és egy lánc szerkezete



## A DNS szerkezeti modelljei

- a szálak lefutása antiparallel
- cukorfoszfát gerinc
- bázispár létrafokok
- 10 bp/fordulat
- $6 \cdot 10^9$  bp/emberi sejt
- egy ember DNS-molekuláinak együttes hossza a Mars-Föld távolság 50-szerese!





## 2. A DNS funkciója

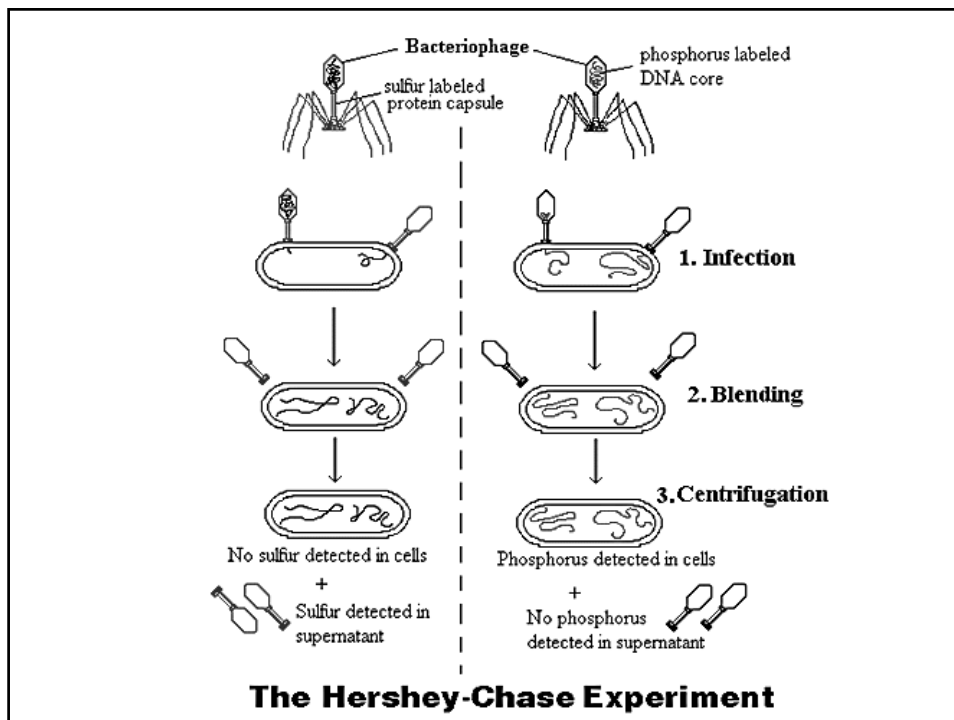
Örökítőanyag (ez hamarabb volt ismert, mint a szerkezete)

### ■ Griffith transzformációs kísérletei (1928)

*Streptococcus pneumoniae* virulens (tok), avirulens törzs  
Hővel elölt virulens+élő ártalmatlan elpusztította a kísérleti egereket.

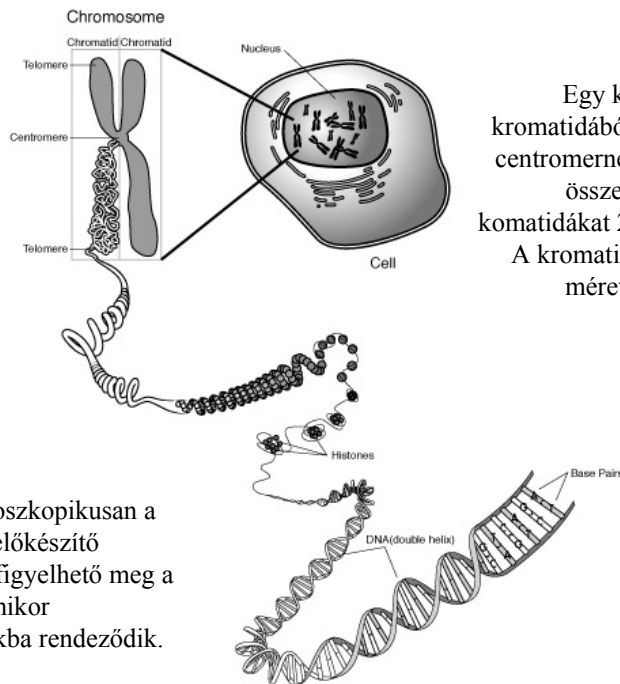
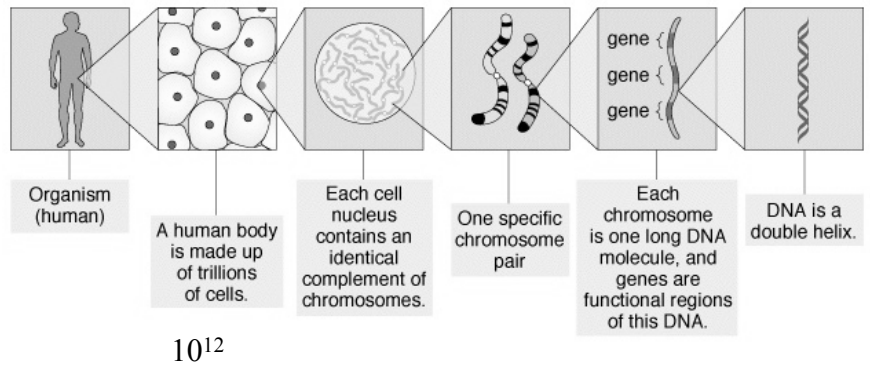
### ■ Hershy-Chase kísérlet (1952)

T2 E. coli fág  $^{35}\text{S}$ -el jelölt fehérjeburok,  $^{32}\text{P}$ -vel jelölt DNS



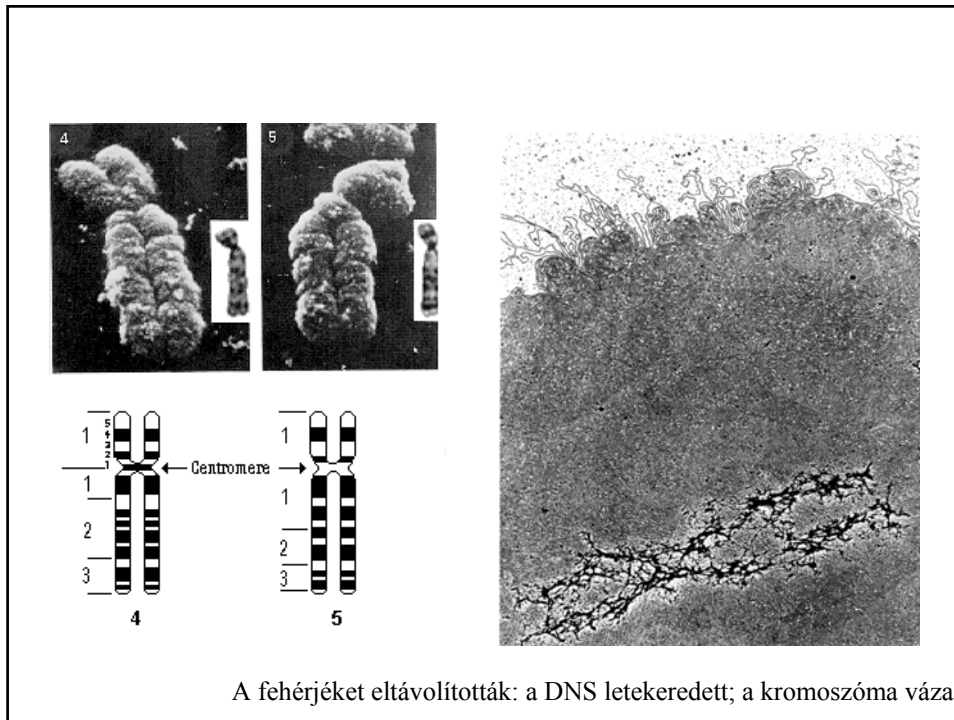
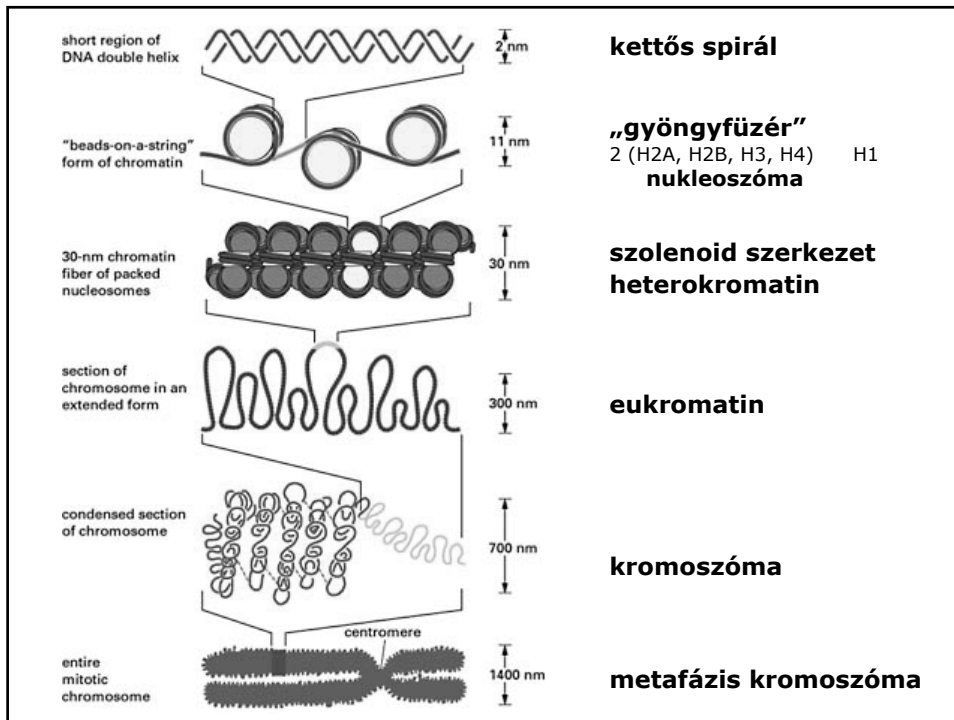
Ma már több oldalról bizonyított és szinte triviális tény, hogy a DNS az örökítőanyagunk, melynek működési egységei a gének, amelyek 1-1 fehérjét kódolnak ill. saját maguk szabályozására vonatkozó információt tartalmaznak.

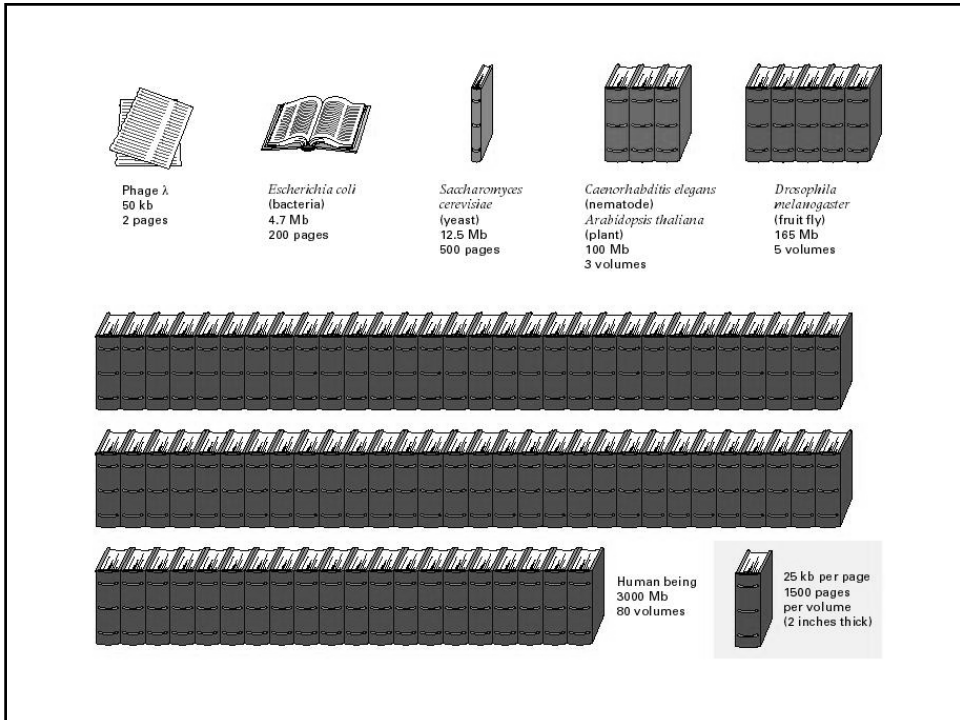
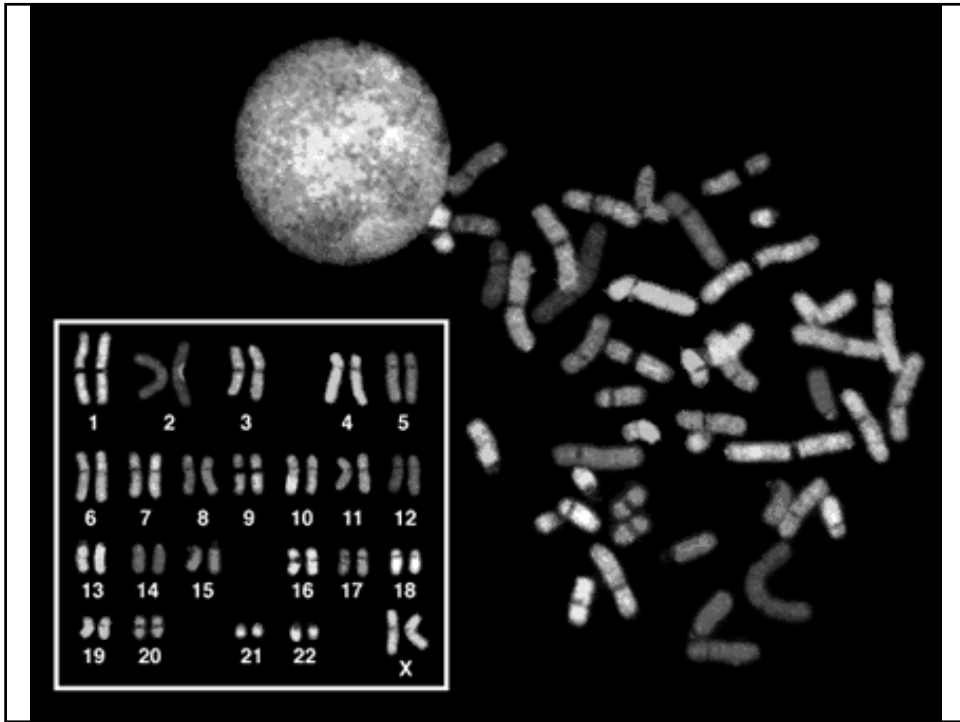
Minden sejtünkben megtalálható a teljes örökítőanyag-állomány (kivéve az ivarsejtekben)



Egy kromoszóma két kromatidából áll, amelyek a centromernél kapcsolódnak össze. A centromer a kromatidákat 2-2 karra osztja. A kromatidák alakjukban, méretükben és DNS-állományukban megegyeznek.

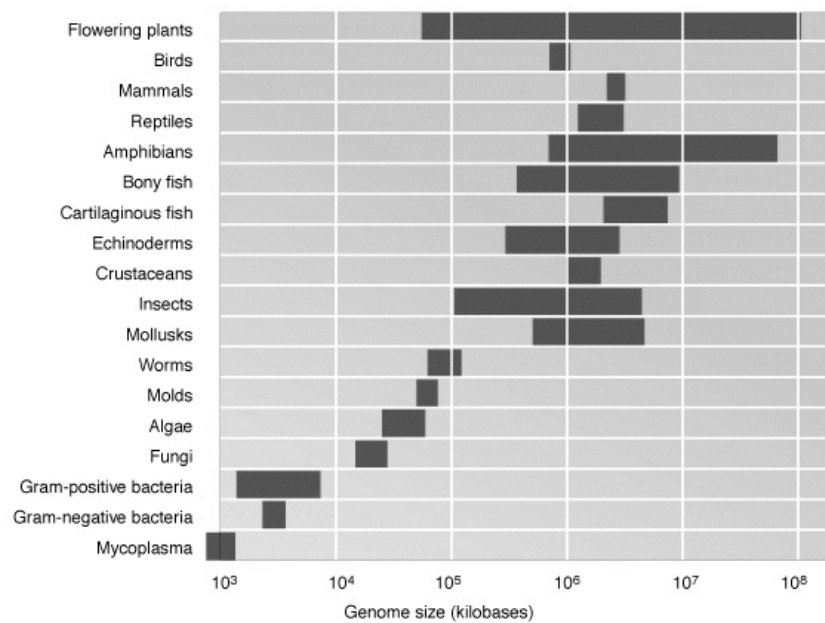
A DNS mikroszkopikusan a sejtosztódás előkészítő szakaszában figyelhető meg a legjobban, amikor kromoszómákba rendeződik.





## A C-érték paradoxon (C a haploid genom mérete )

Fejlettebb élőlény -> többféle fehérje -> több gén -> nagyobb C-érték



**Table 2-2**  
**Genomes: Sizes and Numbers of Genes**

Genome	Group	Size (kb)	Number of genes
<i>Eukaryotic nucleus</i>			
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	Yeast	13,500 (L)	6,000
<i>Caenorhabditis elegans</i>	Nematode	100,000 (L)	13,500
<i>Arabidopsis thaliana</i>	Plant	120,000 (L)	25,000
<i>Homo sapiens</i>	Human	3,000,000 (L)	100,000
<i>Prokaryote</i>			
<i>Escherichia coli</i>	Bacterium	4,700 (C)	4,000
<i>Hemophilus influenzae</i>	Bacterium	1,830 (C)	1,703
<i>Methanococcus jannaschii</i>	Bacterium	1,660 (C)	1,738
<i>Viruses</i>			
T4	Bacterial virus	172 (L/C)	300
HCMV (herpes group)	Human virus	229 (L)	200
<i>Eukaryotic organelles</i>			
<i>S. cerevisiae</i> mitochondria	Yeast	78 (C)	34
<i>H. sapiens</i> mitochondria	Human	17 (C)	37
<i>Marchantia polymorpha</i> chloroplast	Liverwort	121 (C)	136
<i>Plasmids</i>			
F plasmid	In <i>E. coli</i>	100 (C)	29
kallio	In <i>Neurospora</i> , a fungus	9 (L)	2

NOTE: C = circular; L = linear; L/C = linear in free virus, circular in cell.

DNS: kódoló és nem kódoló szakaszok

Human : 20x annyi DNS, mint amennyi a gének kódolásához szükséges. Vannak olyan gének, amelyek különösen fontosak- több példányban megvannak

## Vírus genomok

### RNS-vírusok

- egyszálú RNS

pl. DMV

- duplaszálú RNS

pl. rheovirus

### DNS-vírusok

- egyszálú

lineáris: pl. parvovirus

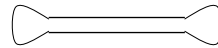
cirkuláris: pl.  $\phi$ X174, M13

- kétszálú

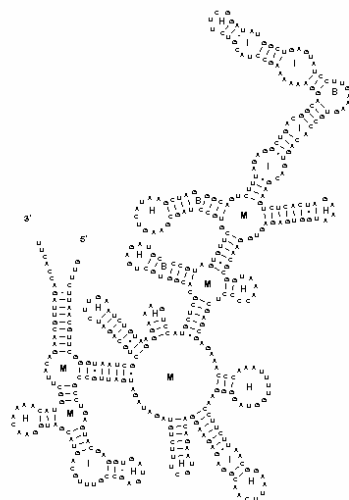
lineáris: pl. T4, herpes

cirkuláris: pl. SV40

kapcsolt: pox



## RNS-ek



DNS a sejtmagban, fehérjeszintézis a citoplazmában =>kell vmi közvetítő: mRNS

## Az RNS elsődleges, másodlagos és harmadlagos szerkezete

Primary structure: *The sequence of nucleotides*



Secondary structure:



*Stem-loop*



*Hairpin*

Tertiary structure: *Pseudoknot*

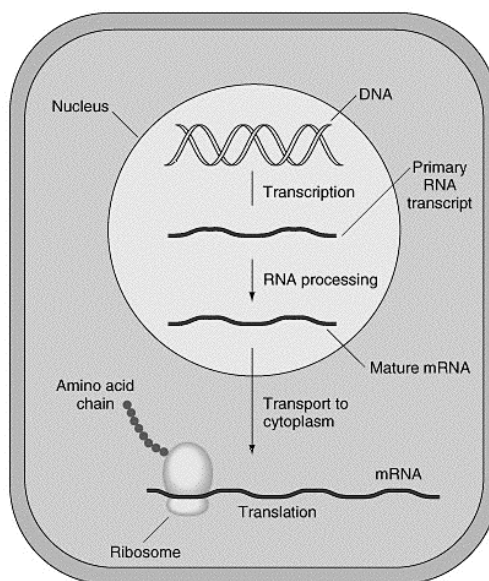


→ folding



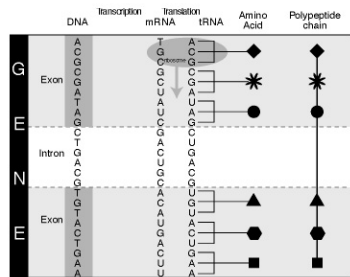
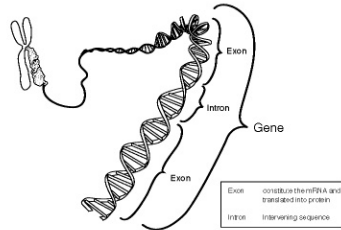
## Az RNS-ek fajtái

- **mRNS**  
messenger (hírvivő), 1-2%
- **tRNS**  
Transzfer, 20%
- **rRNS**  
Riboszómális, 80%



# Az mRNS

- „másolat” a DNS-ről
- jellegzetes kezdő és záró szekvencia
- érés (splicing)  
intronok kivágódnak



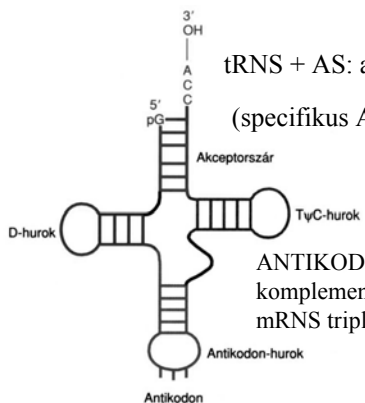
mRNA-transcript

leader exon 1 intron 1 exon 2 intron 2 exon 3 trailer

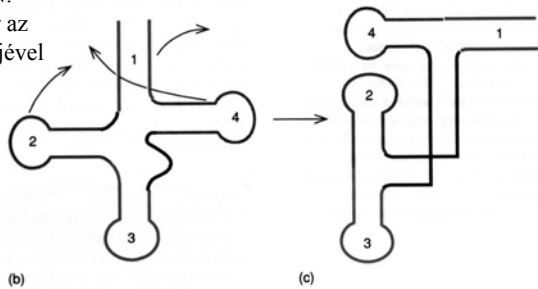
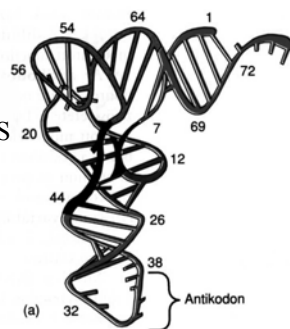
75-90 nukleotid

## A tRNS

AS szállítás a fehérjeszintézis helyére



tRNS + AS: aminoacil-tRNS  
(specifikus AS-kötőhely)



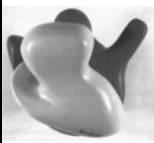

Felépítésében kb. 10%-ban részt vesznek ritka bázisok:




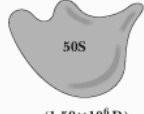

Ψ pszeudouridin

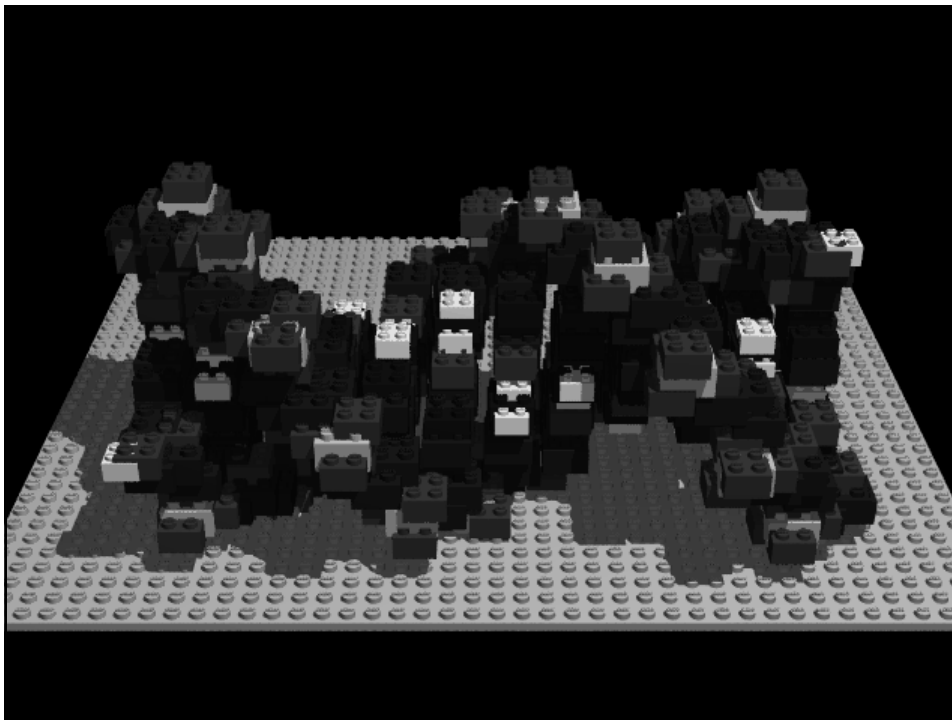
D dihidouracil



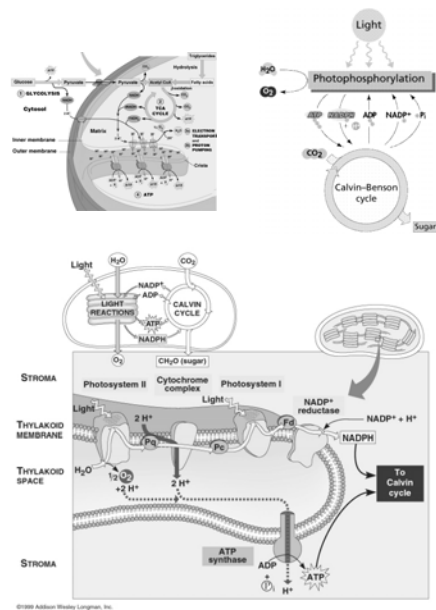
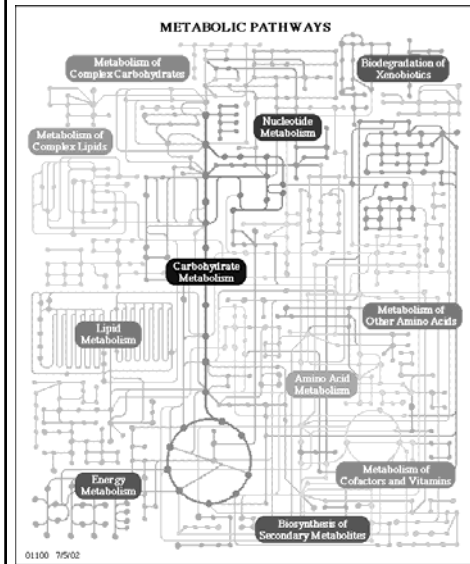
## Az rRNsek és a riboszómák

PROKARYOTIC RIBOSOMES ( <i>E. coli</i> )		EUKARYOTIC RIBOSOMES (Rat)	
Ribosome	 (2.52 × 10 <sup>6</sup> D) <b>70S</b>	 (4.22 × 10 <sup>6</sup> D) <b>80S</b>	
Subunits	 (0.93 × 10 <sup>6</sup> D) <b>30S</b>	 (1.59 × 10 <sup>6</sup> D) <b>50S</b>	 (1.4 × 10 <sup>6</sup> D) <b>40S</b>
RNA	<b>16S RNA</b> (1542 nucleotides)	<b>23S RNA</b> (2904 nucleotides) <b>5S RNA</b> (120 nucleotides)	<b>18S RNA</b> (1874 nucleotides)
Protein	21 proteins	31 proteins	<b>28S + 5.8S RNA</b> (4718 + 160 nucleotides) <b>5S RNA</b> (120 nucleotides) 49 proteins



### 3. ANYAGCSEREFOLYAMATOK



### Az anyagcsere

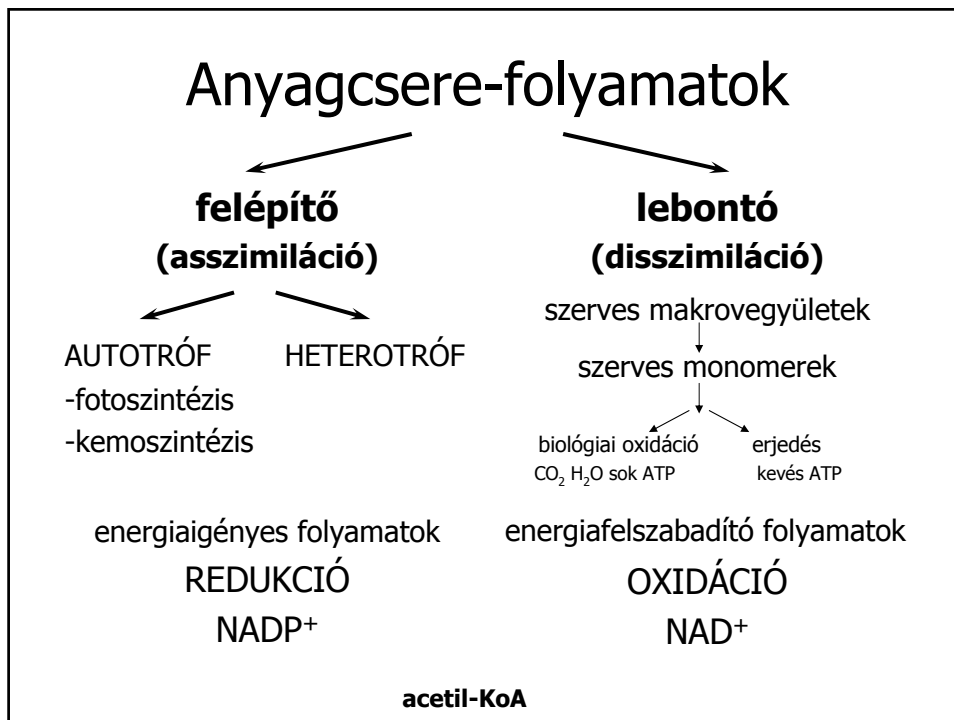
- Az élőlények és környezetük közötti állandó anyag- és energia- és információáramlás.
- Szűkebb értelemben a sejt biokémiai reakcióinak összessége.

Az élők nyílt rendszerek -> anyagcsere

*Az alapvető anyagcserefolyamatok az egész élővilágban hasonlóan játszódnak le.*

## Az anyagcsere funkciói

- élő rendszer kémiai energiaellátása
- tápanyagok egyszerű építőelemekké való alakítása
- építőelemekből (prekurzorok) makromolekulák szintézise
- igényeknek megfelelő gyors lebontás és felépítés



## Biokatalízis

- reakciók végbemeneteléhez átmeneti **aktivált állapot**-magasabb energiaszint szükséges

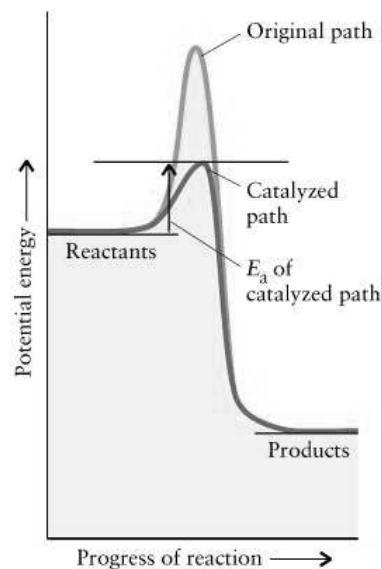
- $E_{\text{aktiválási}} = E_{\text{aktivált}} - E_{\text{kezdési}}$

- speciális katalizátorok



kisebb aktiválási energiát igénylő út

ENZIMEK



## ENZIMEK

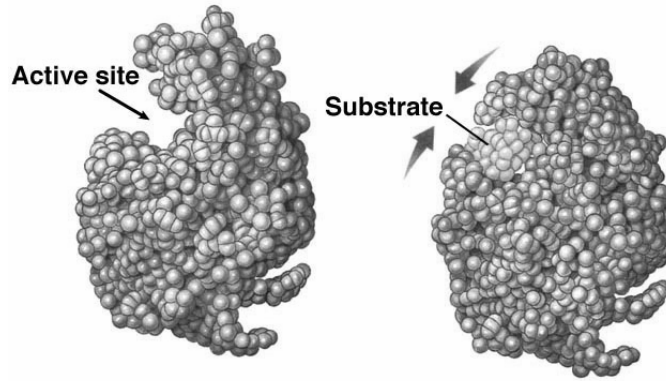
Biokatalizátorok, amelyek lehetővé teszik, hogy a sejtekben zajló kémiai átalakulások végbemenjenek (adott állandó hőmérsékleten, nyomáson, pH-n).

- kis energiaigényű utat nyitnak (akár 1/10)
- növelik a reakciósebességet (akár 20.000 x)
- proteinek és proteidek

Mind fehérjék, de gyakran van nem fehérje jellegű részük:

- |                       |                      |
|-----------------------|----------------------|
| -KOENZIM              | könnyen ledisszociál |
| -PROSZTETIKUS CSOPORT | stabilan kötődik     |

# Az enzim és a szubsztrát kapcsolata



■ **aktív centrum**

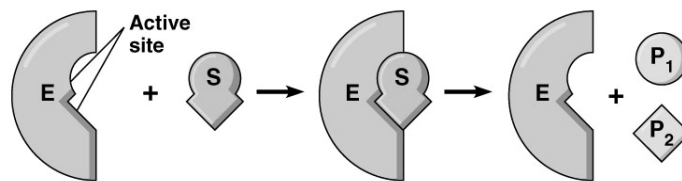
(az enzim katalitikus hatásért felelő része)

■ **szubsztrát**

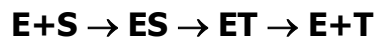
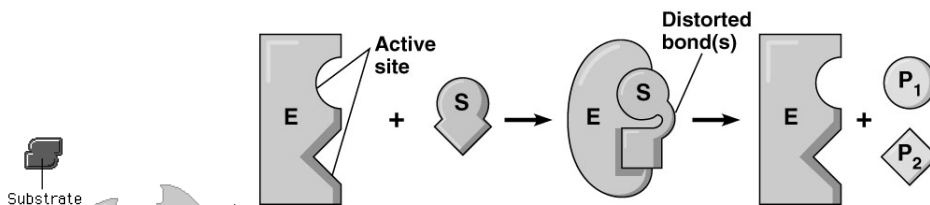
(az a vegyület, ami az enzim segítségével átalakul)

Egy enzim csak egyféle reakciót katalizál. Két elmélet van, amelyet a biokémikusok elfogadnak a szubsztát aktív centrumába való illeszkedésére:

## 1. kulcs a zárba



## 2. indukált illeszkedés



## Enzimek elnevezése

- hagyományos név

tripszin, pepszin

- tudományos név

szubsztrátnév+reakciónév+áz

*alkohol-dehidrogenáz*

*glikogén-szintetáz*

## Enzimek csoportosítása

- **oxidoreduktázok**

redoxifolyamatok pl. dehidrogenázok

- **hidrolázok**

vízbelépéssel kötésbontó pl. pepszin

- **liázok**

kötésbontó pl. fumaráz

- **transzferázok**

csoportátvitel pl. transzaminázok

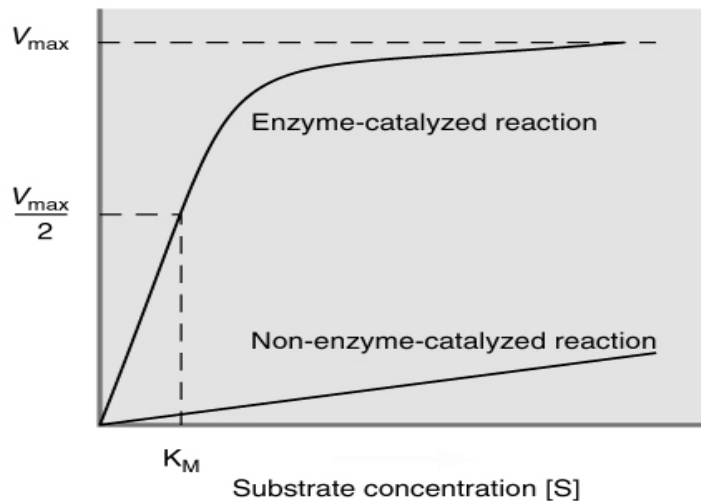
- **izomerázok**

molekulák átrendezése pl. glükóz-foszfát-izomeráz

- **ligázok**

monomerek összekapcsolása pl. peptid-szintetáz

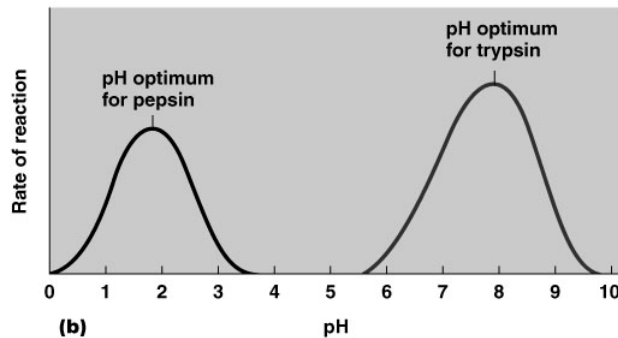
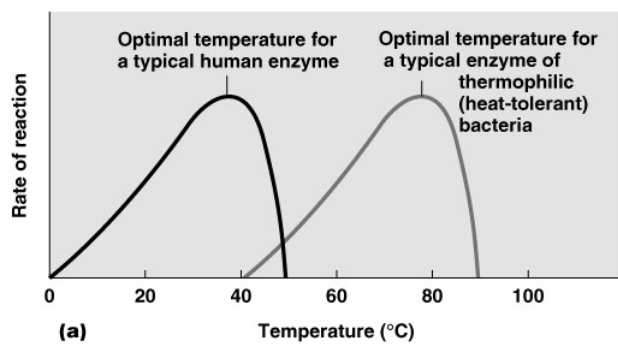
## Reakciósebesség a szubsztrát-koncentráció függvényében



## hőmérsékleti optimum

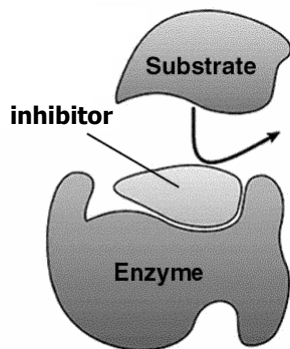
Az enzimműködésre hatással vannak a környezeti tényezők. Az enzimaktivitás a hőmérsékletre és kémhatásra optimumgörbét mutat:

## pH-optimum

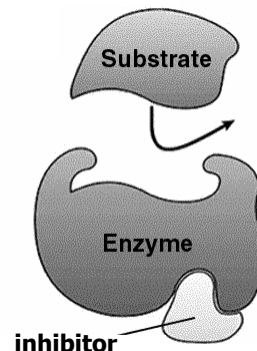


# Enzimgátlás

## ■ Kompetitív gátlás



## ■ Nemkompetitív gátlás



(pl. nehézfémmergezés)

# Anyagcsereflowyamatok

## **felépítő (asszimiláció)**

AUTOTRÓF  
-fotoszintézis  
-kemoszintézis  
HETEROTRÓF  
glükoneogenezis

## **lebontó (disszimiláció)**

glikolízis  
erjedés  
biológiai oxidáció  
(citromsav-ciklus)

**SZÉNHIDRÁTOK**

**LIPIDEK**

**NUKLEINSAVAK**

**FEHÉRJÉK**



## 3.2. Felépítő folyamatok

### 3.2.1. Szénhidrátok szintézise

### A fotoszintézis

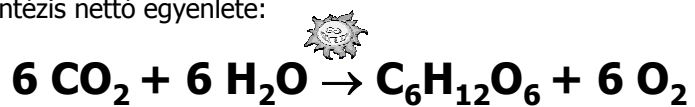
Az 1770-es években John Priestly fedezte fel, hogy a növények olyan anyagot bocsátanak ki a levegőbe, ami lehetővé teszi az égést. A molekuláris oxigén ekkor még nem volt ismert.

1840: Doussingault felírja a fotoszintézis alapegyenletét.

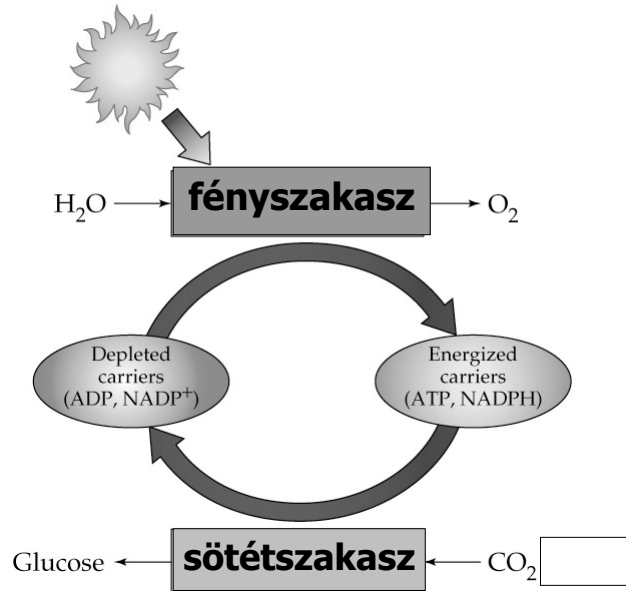


1 mol CO<sub>2</sub> redukciója során 478 kJ mol szabadenergia tárolódik a glukóz kémiai kötéseiben

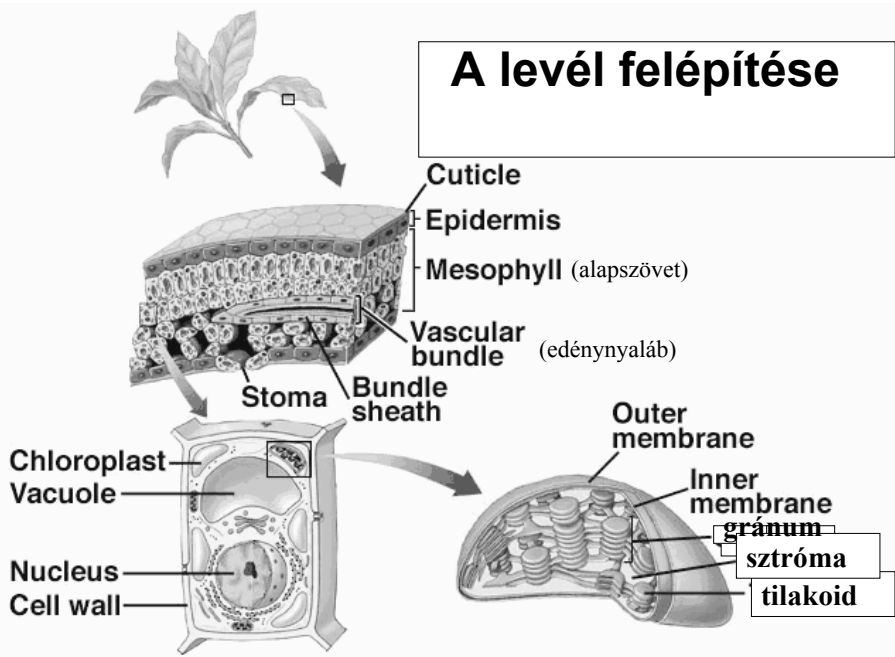
A fotoszintézis nettó egyenlete:

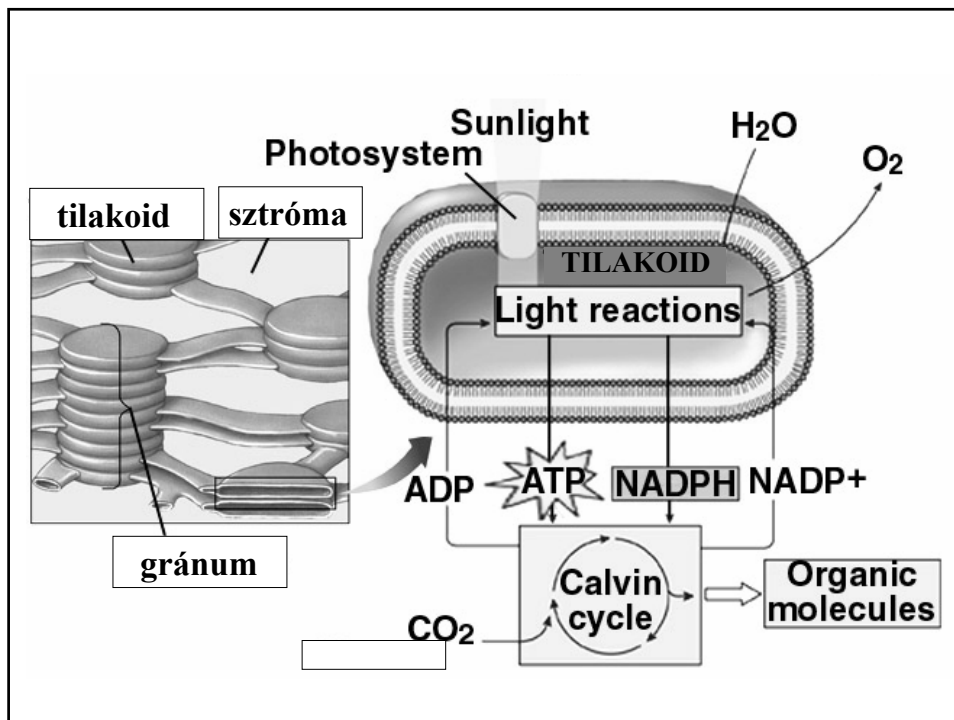


# A fotoszintézis vázlata



# A levél felépítése

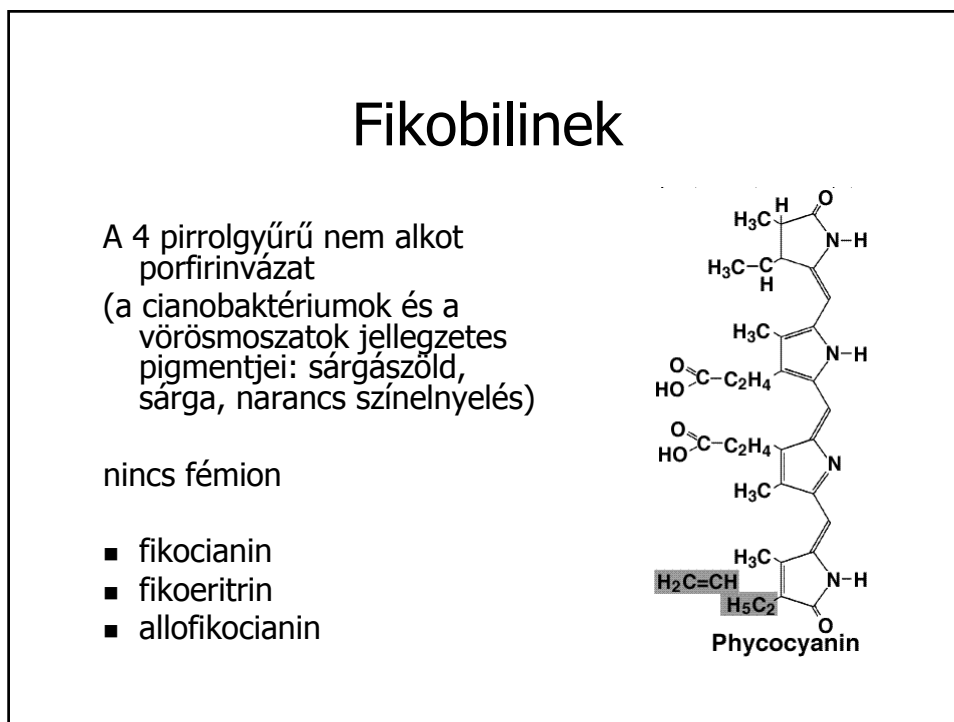
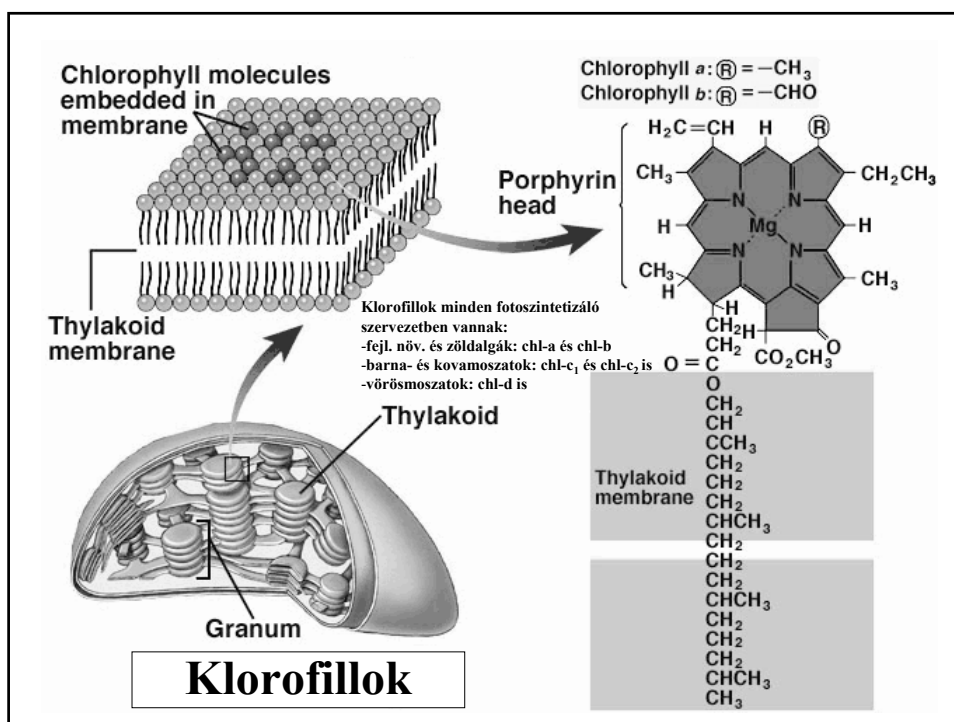




## Fényelnyelő pigmentek

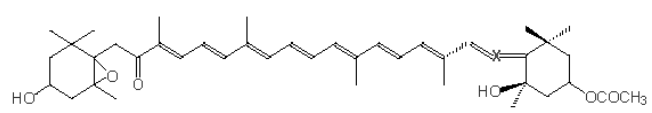
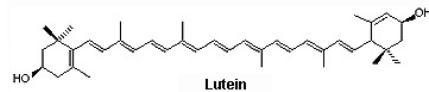
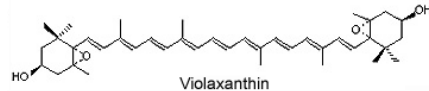
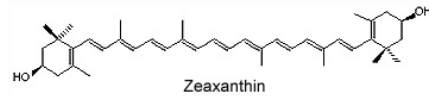
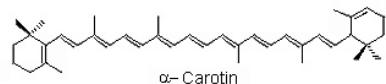
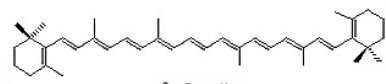
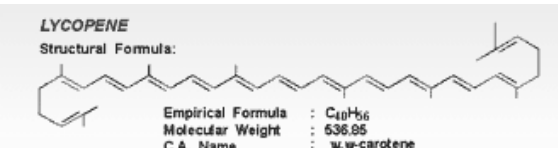
- klorofilok és karotinoidok fehérjekomplexben
- konjugált kettős kötések tartalmaznak (delokalizált elektronok)

- klorofilok
- fikobilinek
- karotinoidok



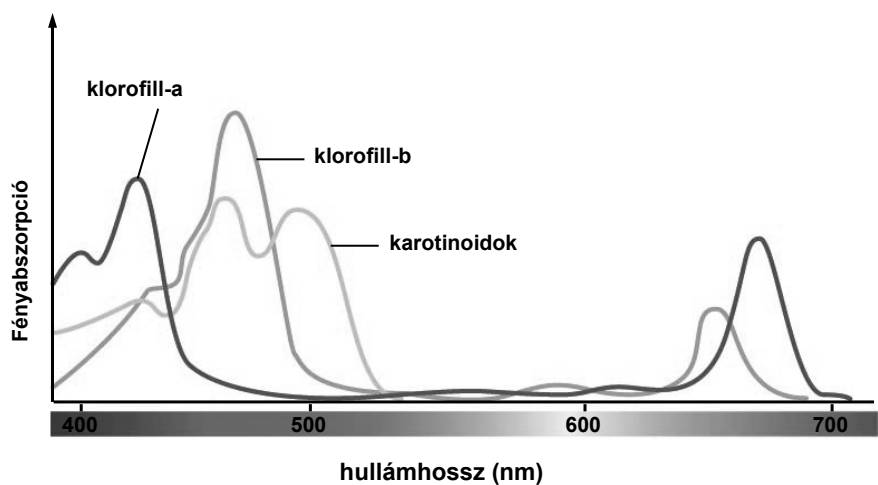
# Karotinoidok

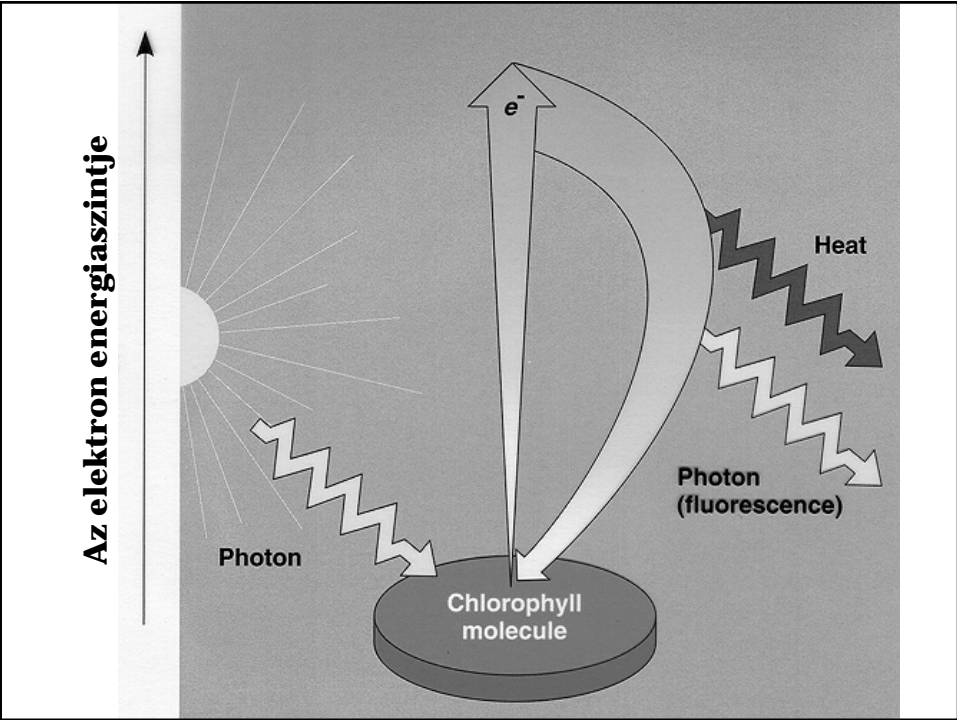
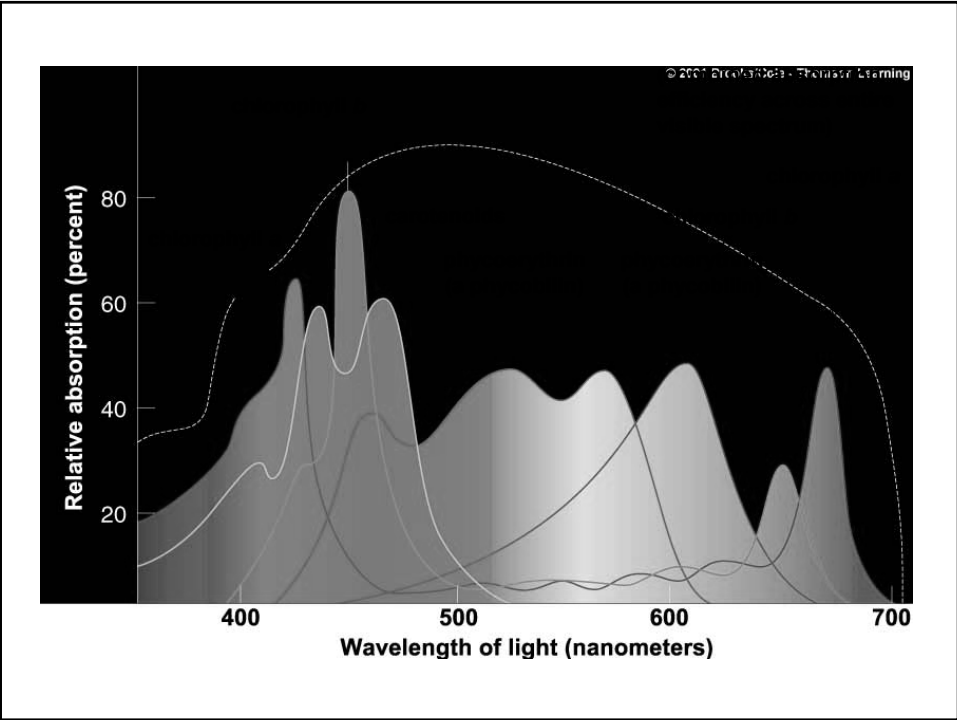
Minden fotoszintetizáló szervezetben megtalálható kísérőpigmentek, sárgás, vörös vagy narancs színűek

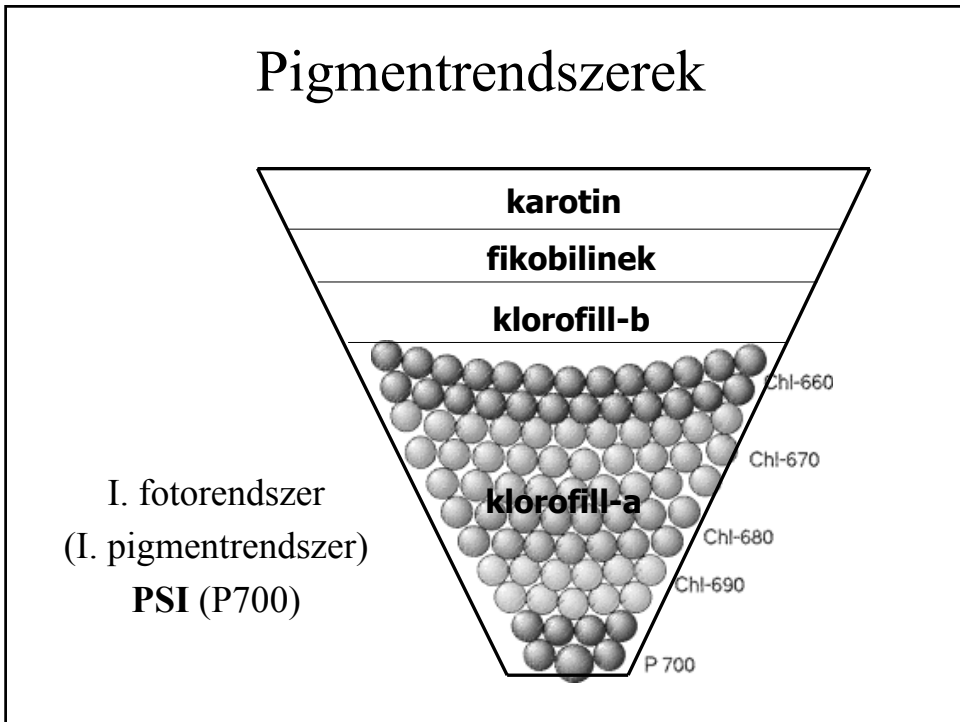
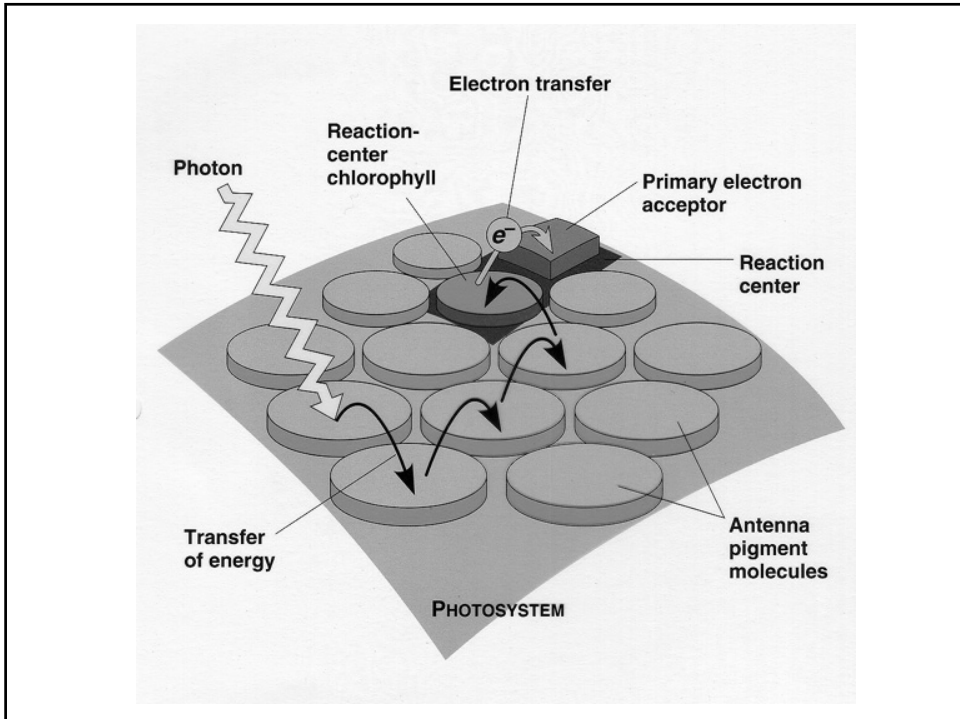


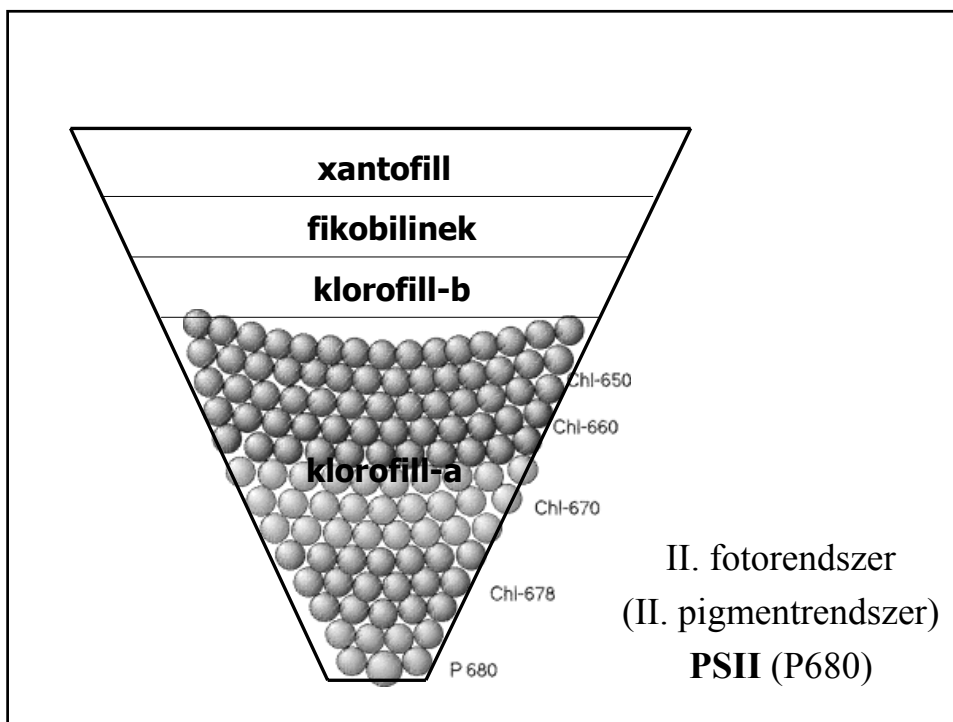
Fucoxanthin (barnamoszatokban)

## Különböző pigmentek elnyelési tartománya



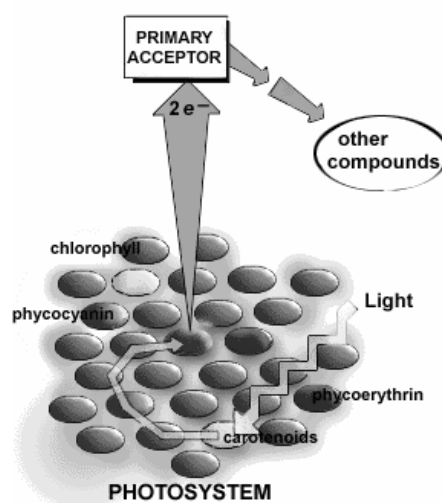




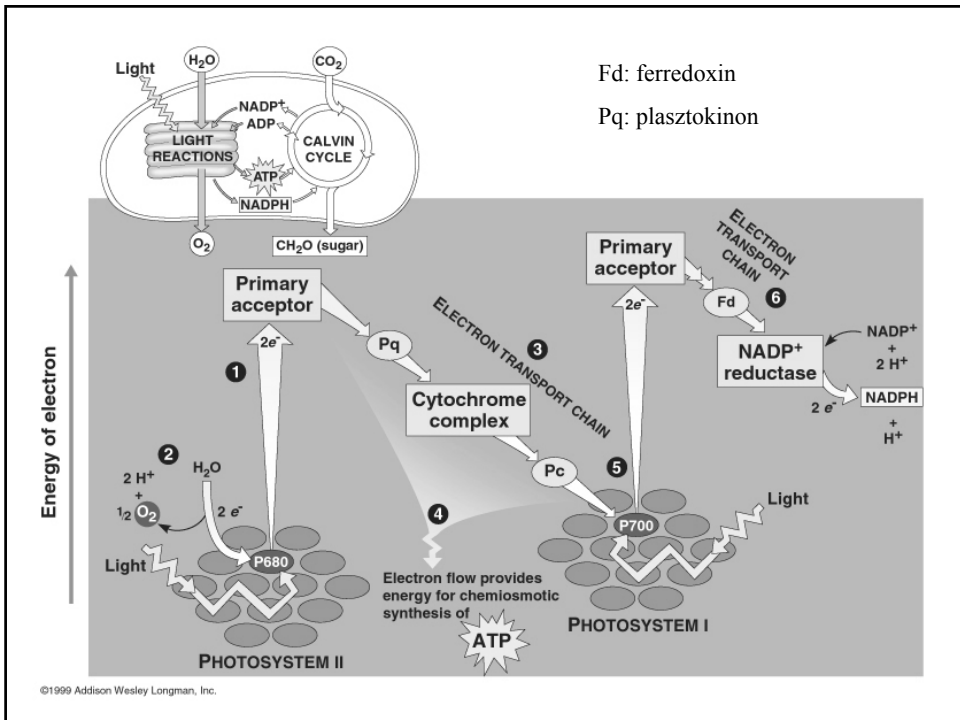
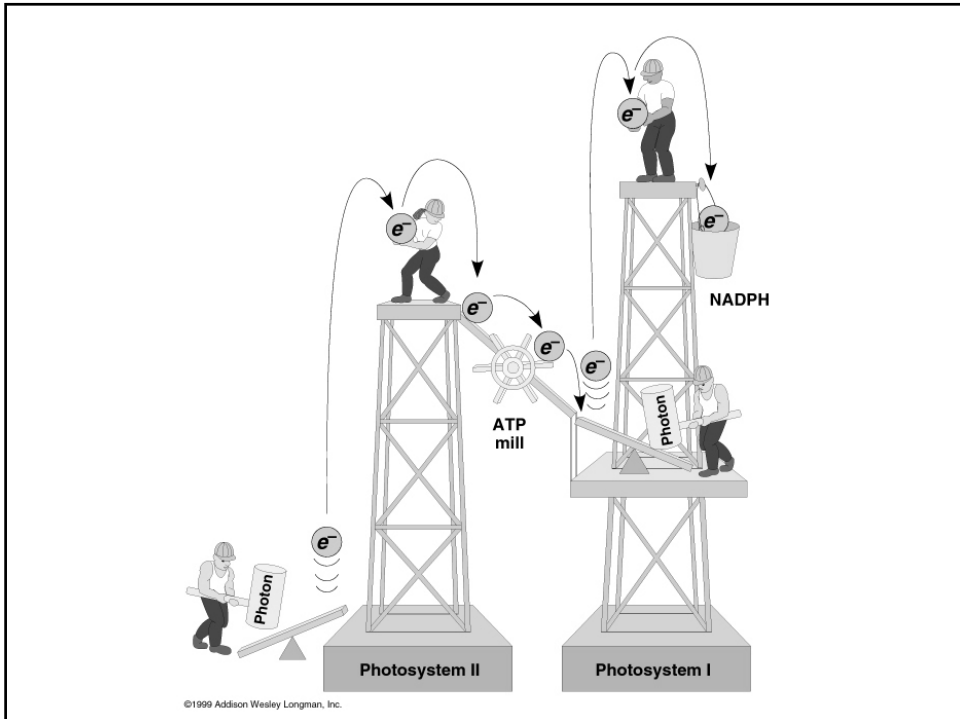


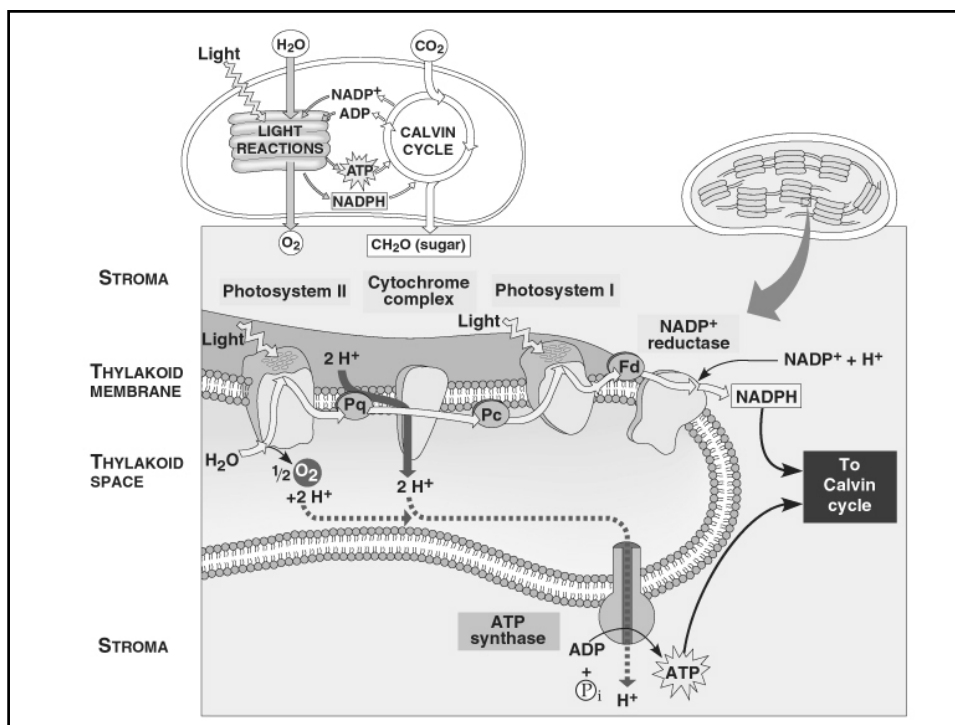
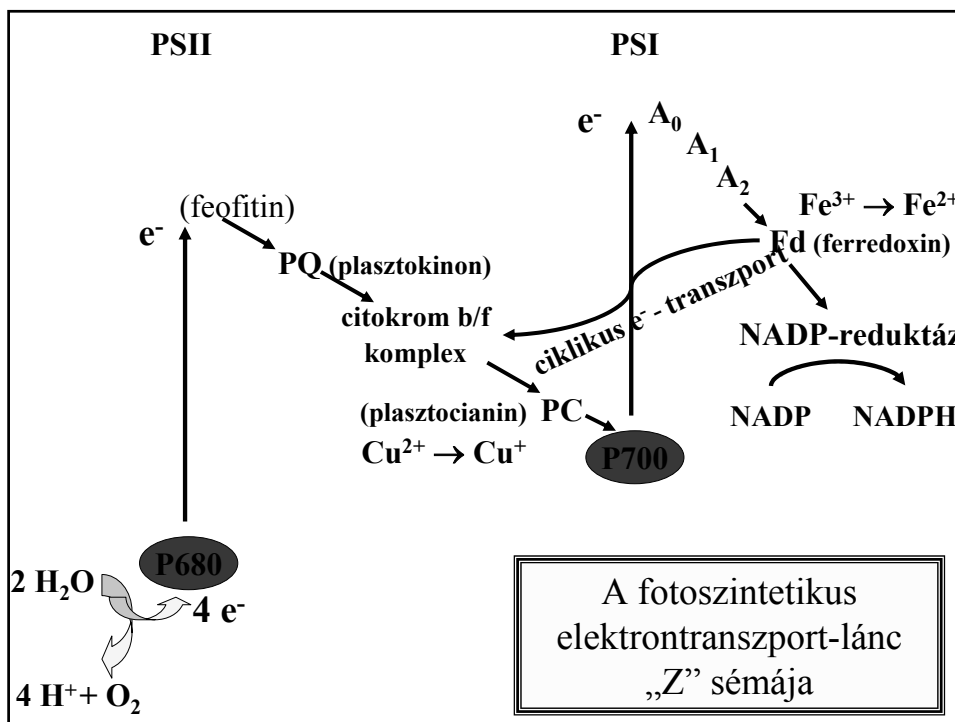
## A pigmentrendszerek működése

- a fénygyűjtő pigmentek a beérkező foton energiáját a reakcióközpont felé irányítják
- a központi chl-a lead egy  $e^-$ -t
- elektronszállító rendszerre kerül

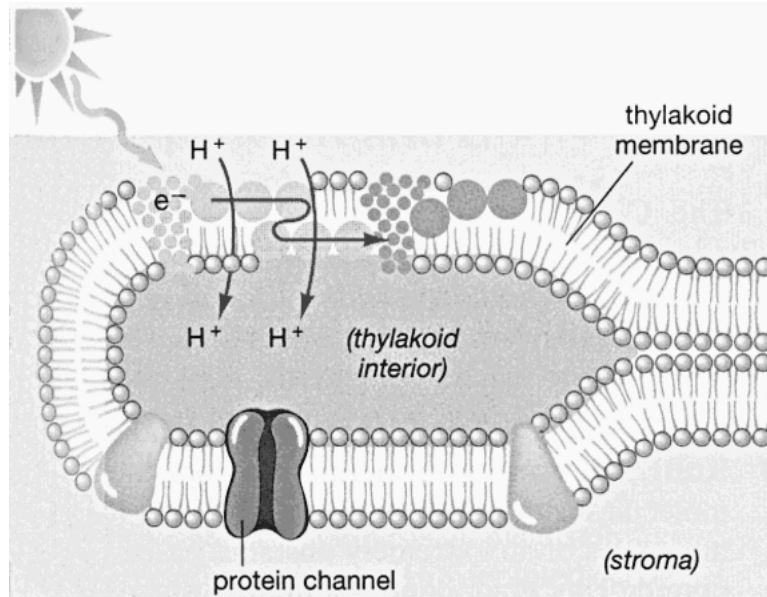




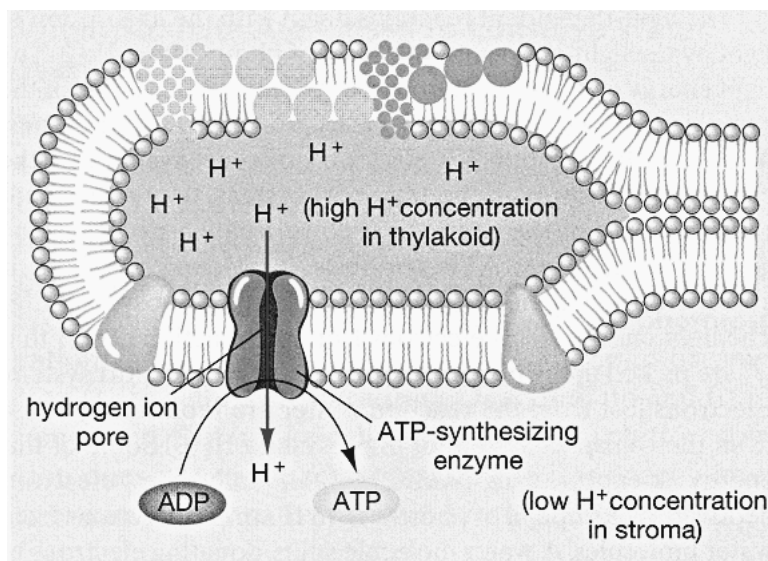




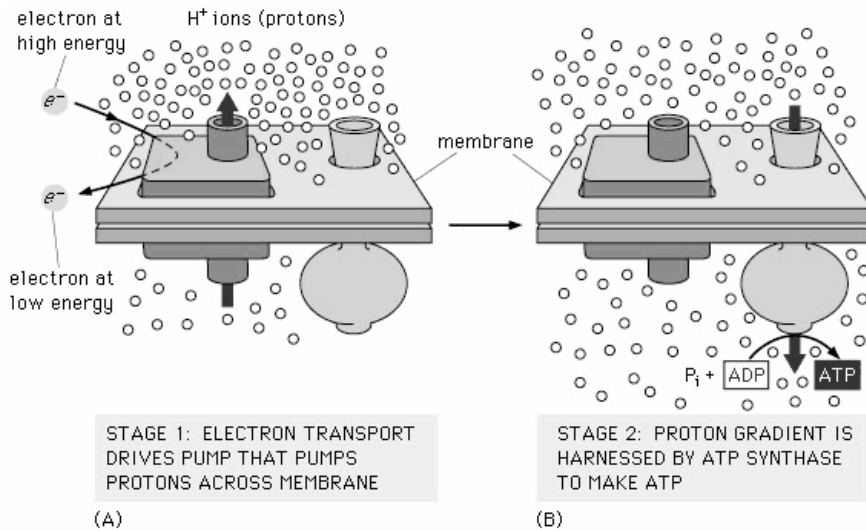
## H<sup>+</sup> - ionok felhalmozódása



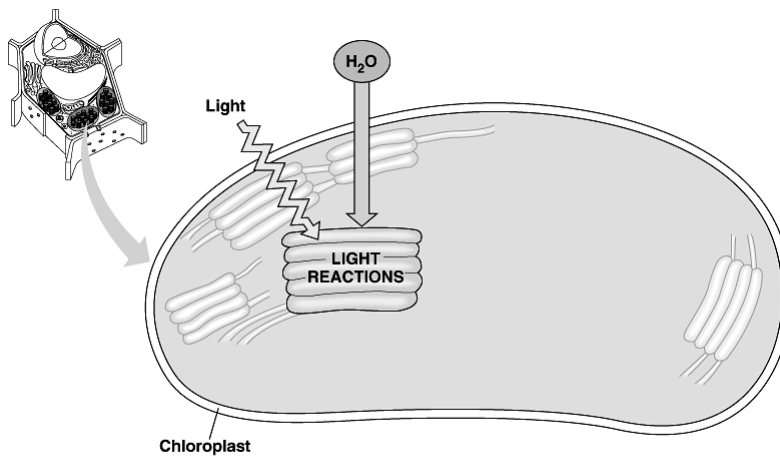
## ATP szintézis - kemiozmózis



# Kemiozmózis

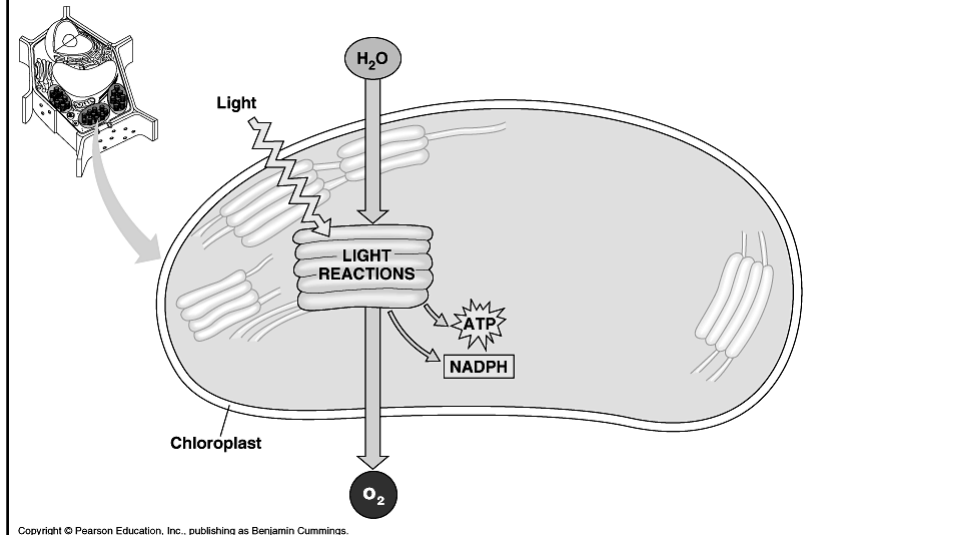


## A fotoszintézis első lépése a fényenergia megkötése

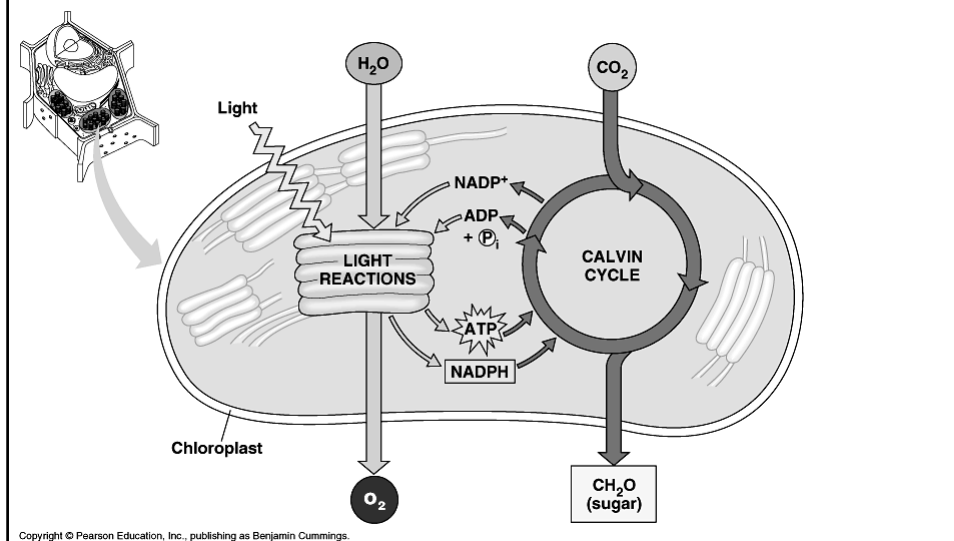


Copyright © Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings.

# ATP és NADPH valamint $O_2$ keletkezik



# A kémiai energia a sötétszakaszban használódik fel



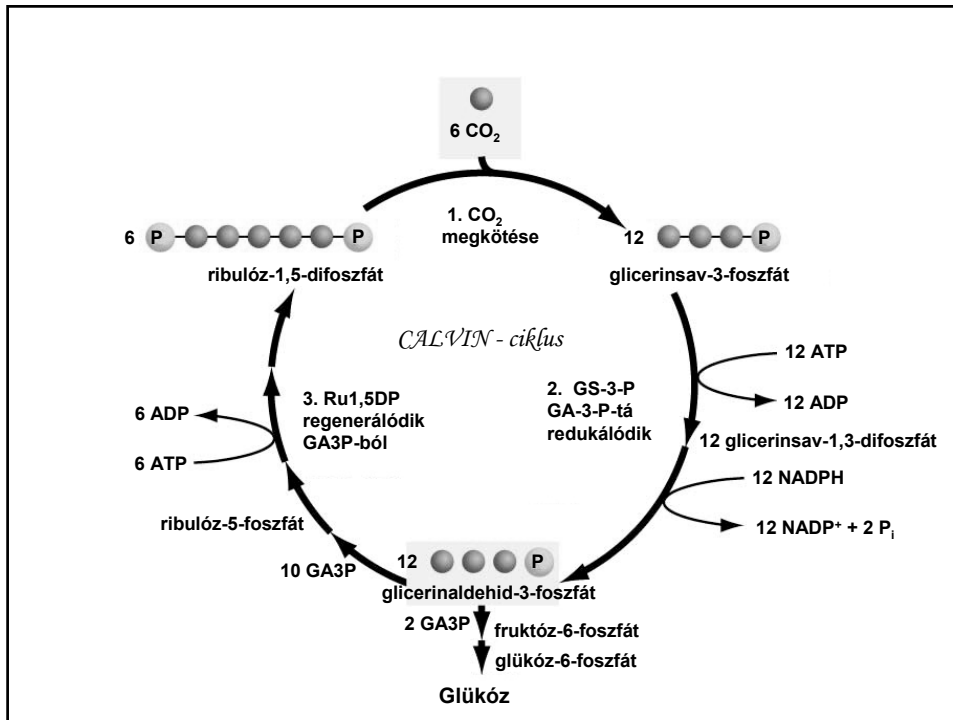
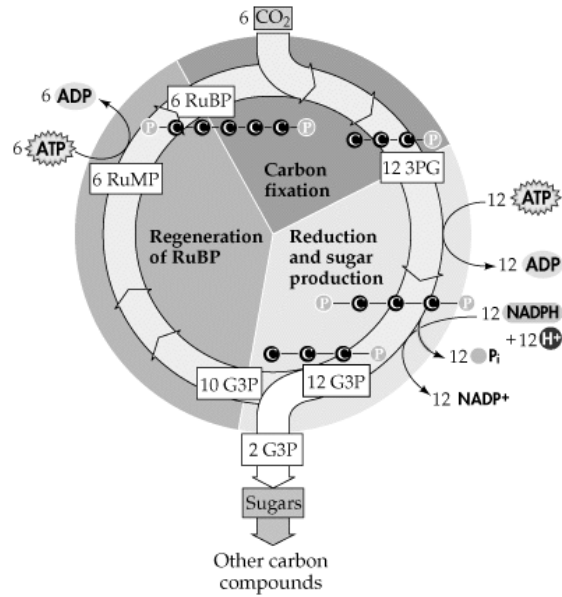
# Calvin-ciklus

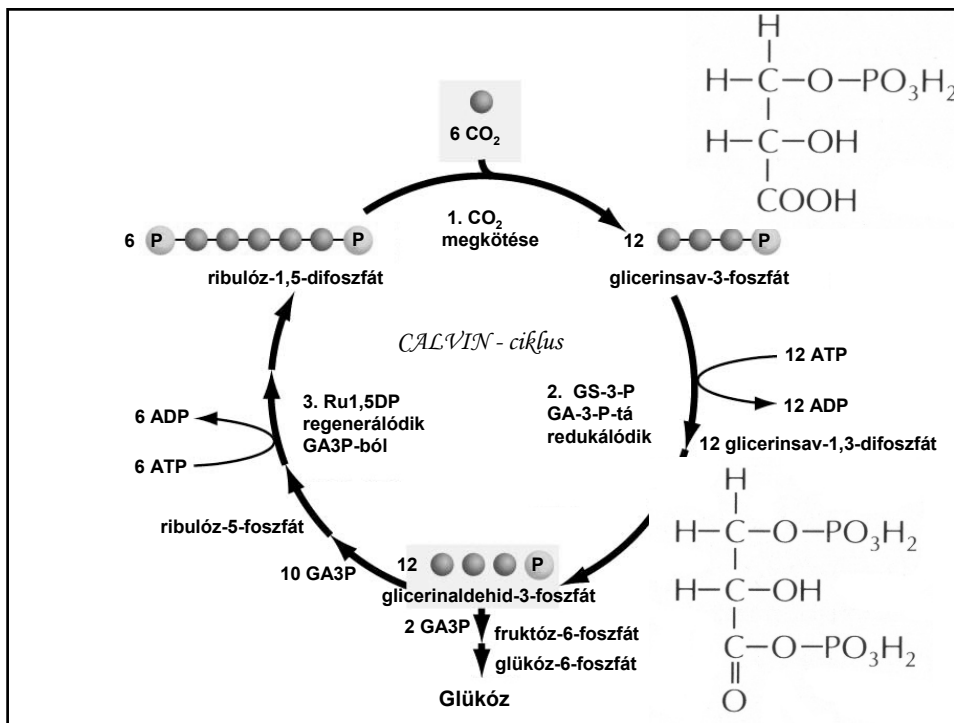
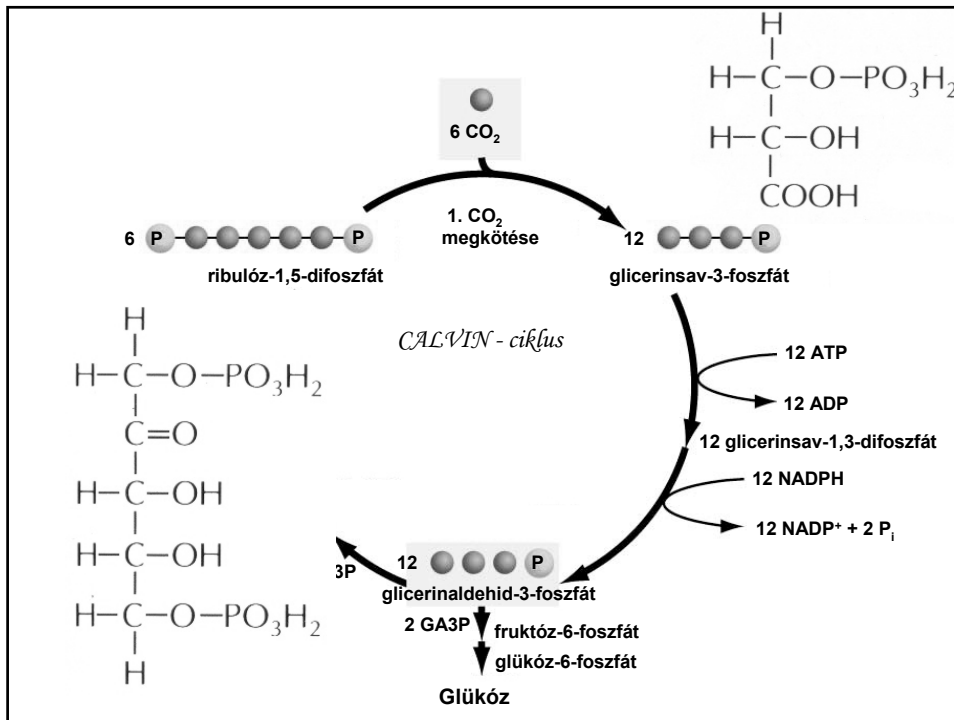
1. CO<sub>2</sub>-fixálás

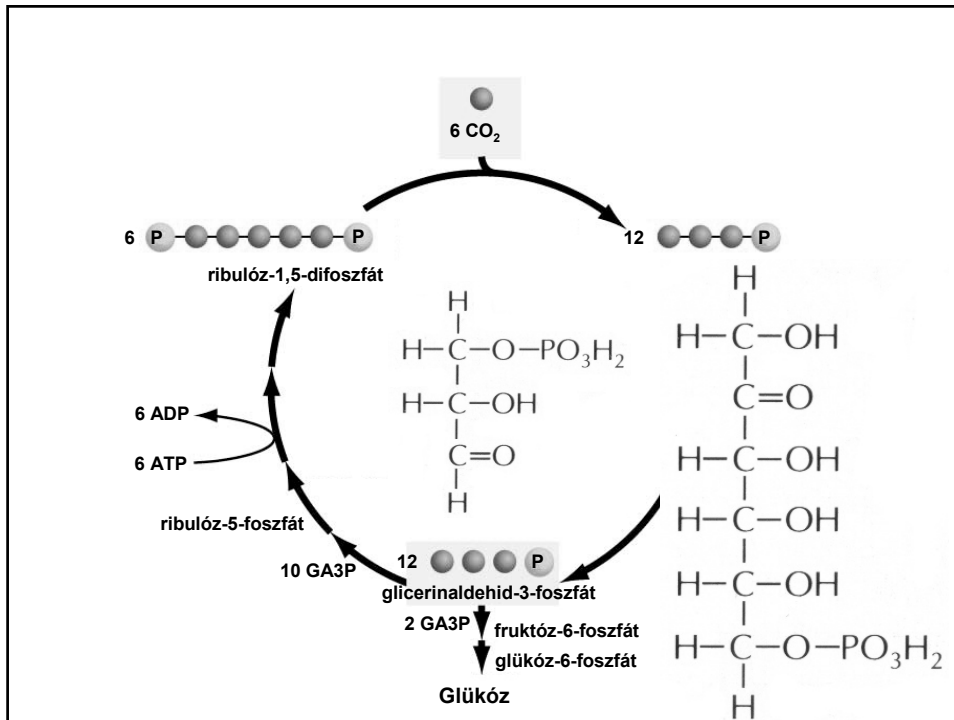
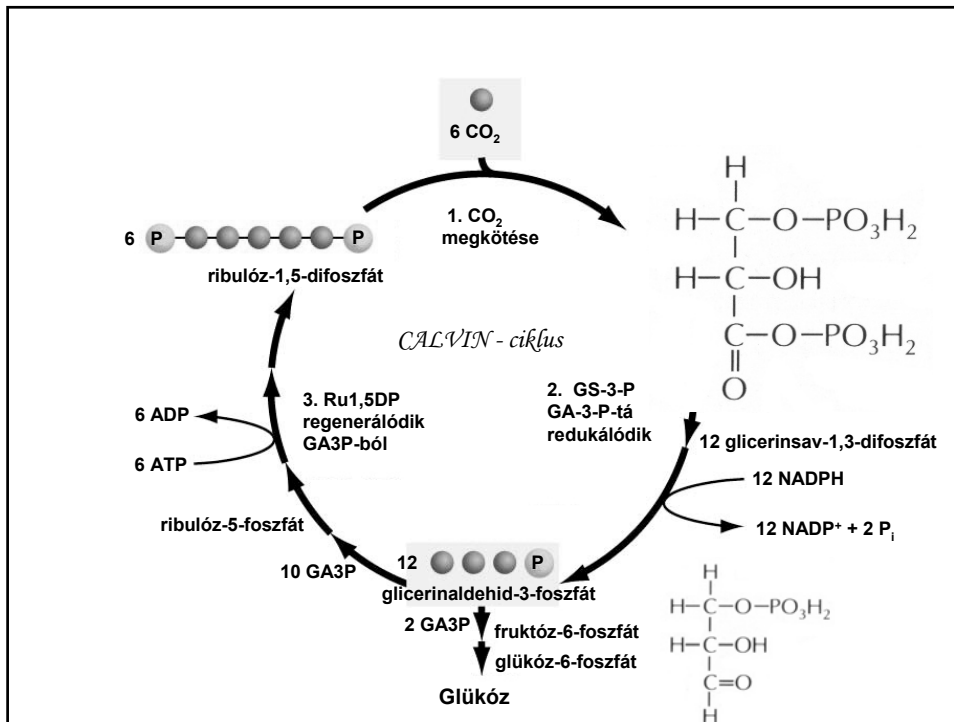
2. redukció

(G-sav-3-P →  
G-aldehyd-3-P)

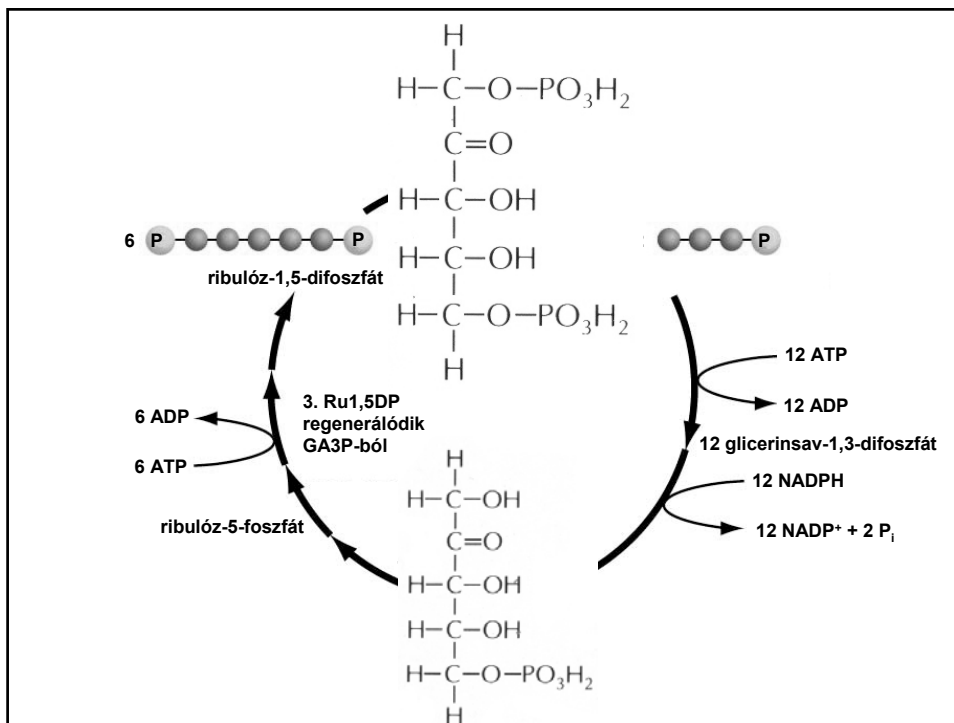
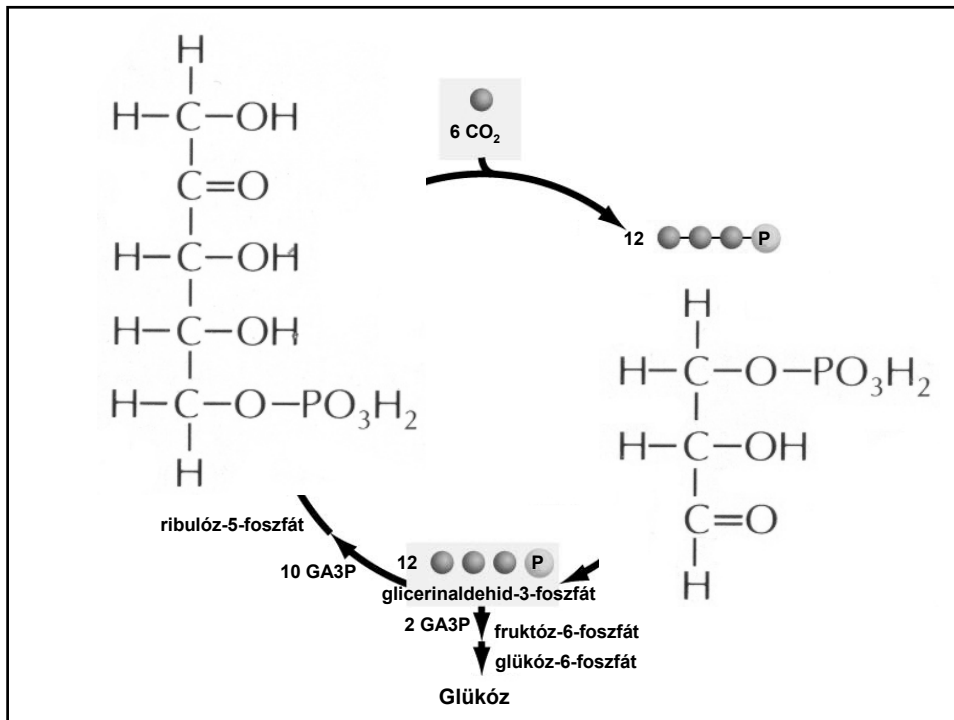
3. ribulóz-1,5-difoszfát  
regenerációja

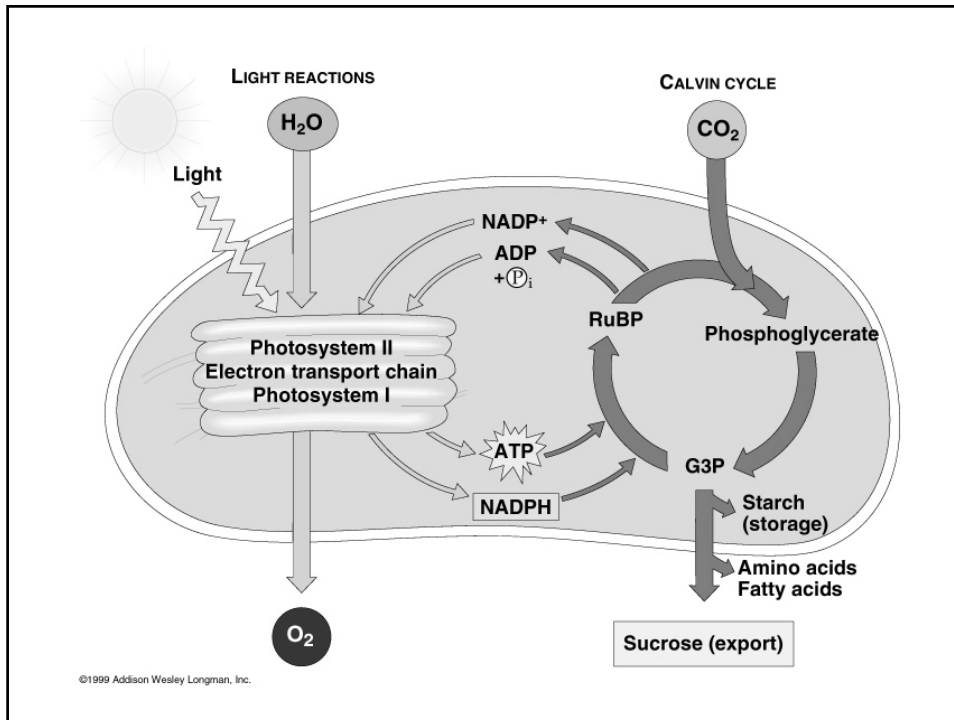
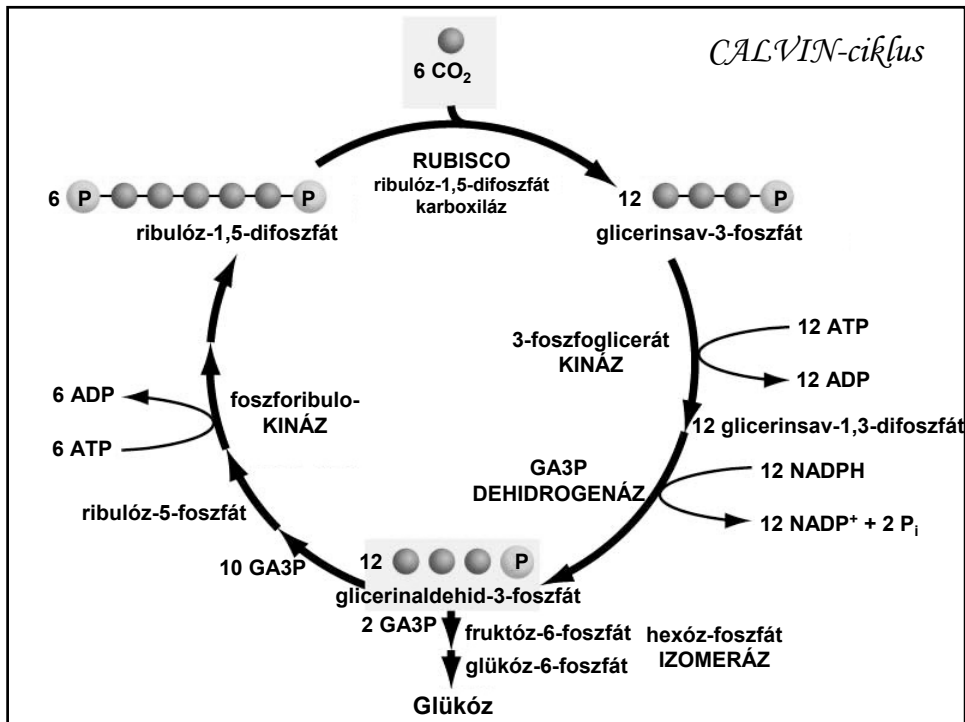












## KEMOSZINTÉZIS

szerves anyagok eloxidálásából nyernek energiát → CO<sub>2</sub>-fixáció

(szerves vegyületeiket szén-dioxidból építik fel, de nem fényenergia felhasználásával, hanem környezetük szerves anyagainak eloxidálásából származó E-val)

- AEROB

O<sub>2</sub> jelenlétében

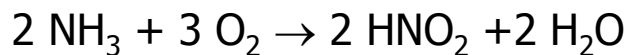
- ANAEROB

O<sub>2</sub>-mentes közegben

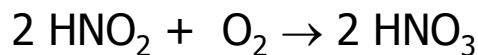
## Kemoszintézis aerob útvjai

- Nitrifikáló baktériumok

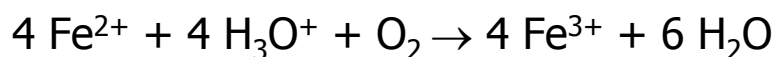
*nitritbaktérium* (Nitrosomonas)



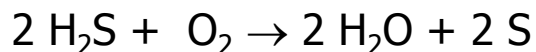
*nitrátbaktérium* (Nitrobacter)



- Vasbaktériumok



- Kénbaktériumok

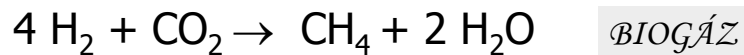


## Kemoszintézis anaerob útjai

- Denitrifikáló baktériumok

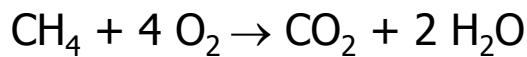


- Metánképző baktériumok



Kérődzők!

DE: **Metánbaktérium:** a cellulózbontás során fejlődő metánt (mocsárgáz) égetik el: lidércfény



## GLÜKONEOGENEZIS

- táplálék → glükóz → saját szénhidrátok
- spec. eset (éhezés, erős izommunka)  
cukorképződés nem cukorszerű szerves vegyületekből: GLÜKONEOGENEZIS

szerves vegyület → piroszőlősav → glükóz

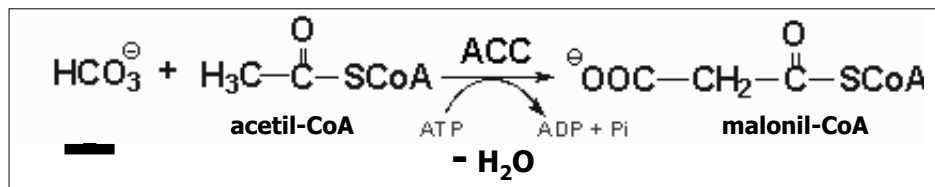
## 3.2.2. A lipidek felépítő folyamatai

### Zsírsavak bioszintézise

Helye: a sejt citoplazmája  
szénhidrátok → zsírsavak

#### 1. lépés

*acetil-koenzim-A-karboxiláz*

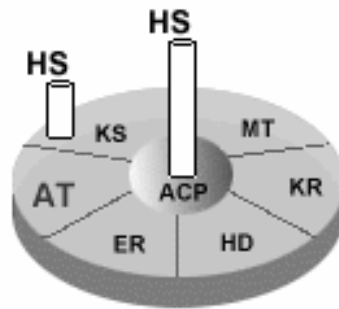


#### További lépések

*zsírsav-szintetáz enzimkomplex*

- acetil-CoA és malonil-CoA az enzimkompleyre kötődik
- CO<sub>2</sub>-kilépés közben összekapcsolódnak
- redukció (=O → -OH) NADPH-felhasználás
- vízkilépés (CH=CH)
- redukció (= → -) NADPH-felhasználás
- újabb malonil-CoA érkezik ...

## A zsírsav-szintetáz enzimkomplex működése

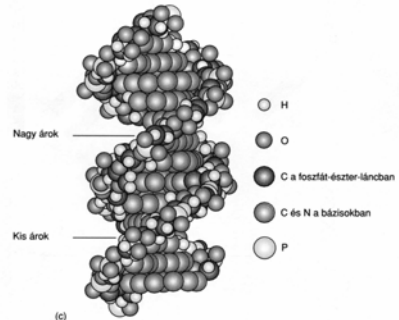
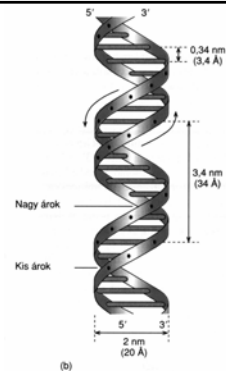
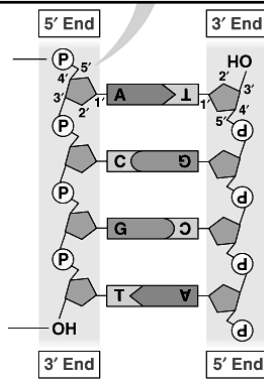
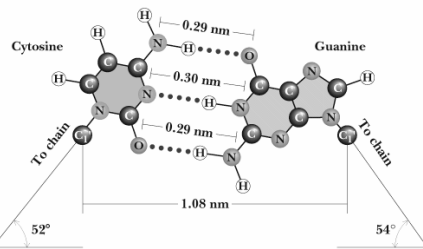
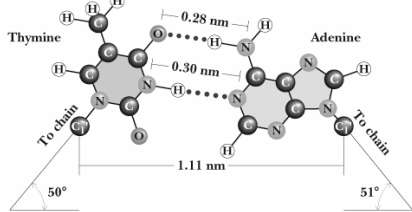


© 1998 Freeman and Feigenson; All Rights Reserved

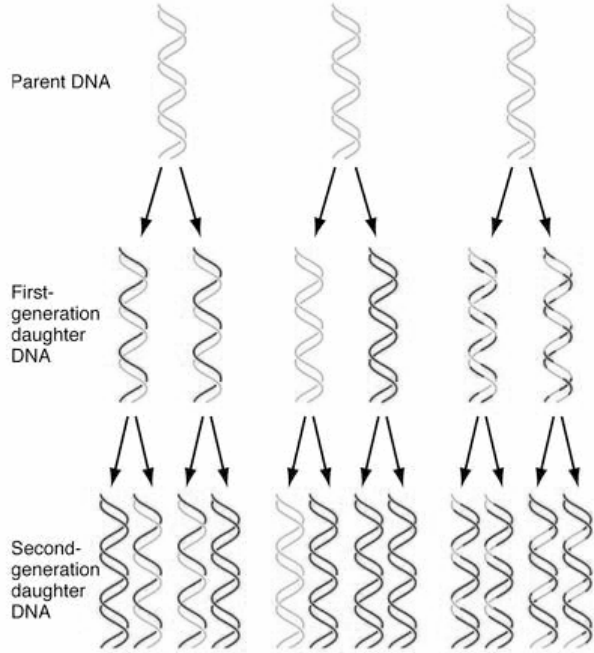
### 3.2.3. A nukleinsavak és fehérjék szintézise

Nukleinsavak szintézise

# DNS- szintézis



(a) szemikonzervatív (b) konzervatív (c) diszperzív

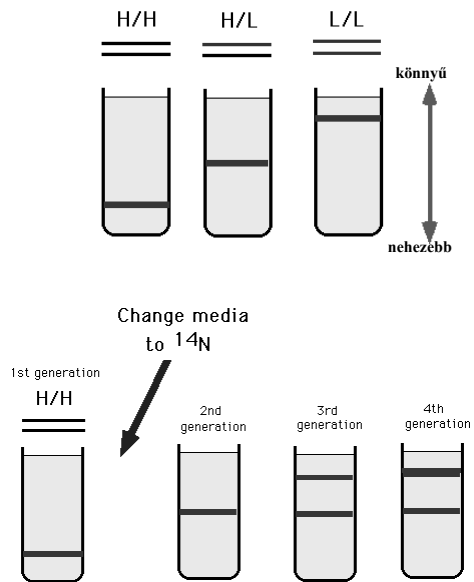
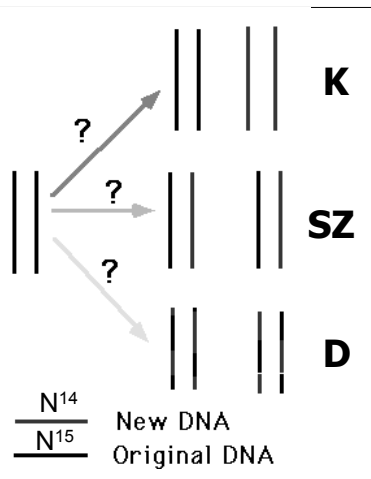


kék: nehéz N  
piros: könnyű N

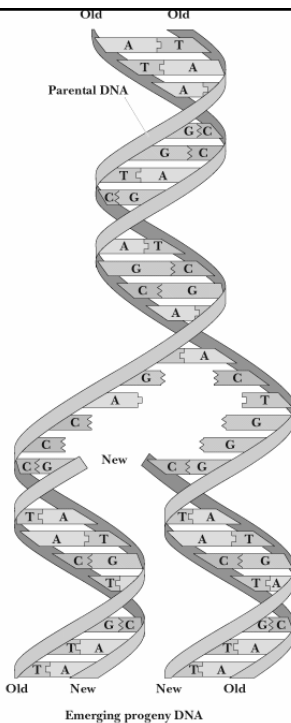
# Meselson-Stahl kísérlet

H: heavy (nehéz)

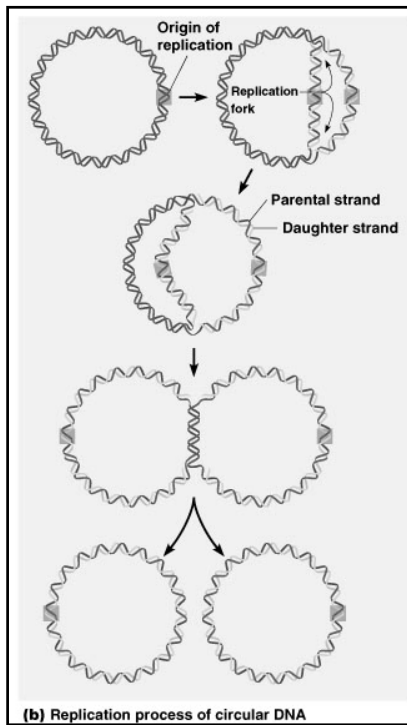
L: light (könnyű)



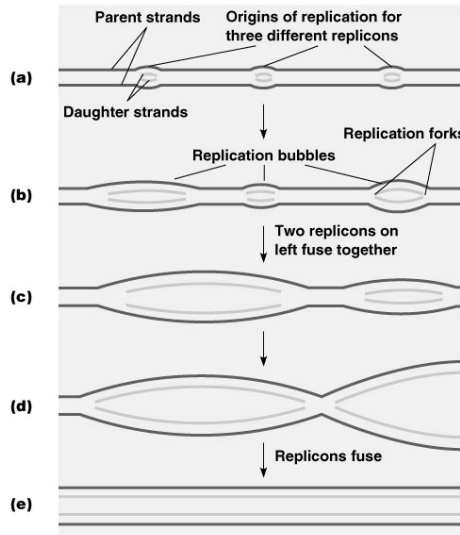
A DNS replikáció szemikonzervatív: a folyamat során a szülői fonalak elválnak egymástól és mindkettő templátként szolgál az új, komplementer szál szintéziséhez.







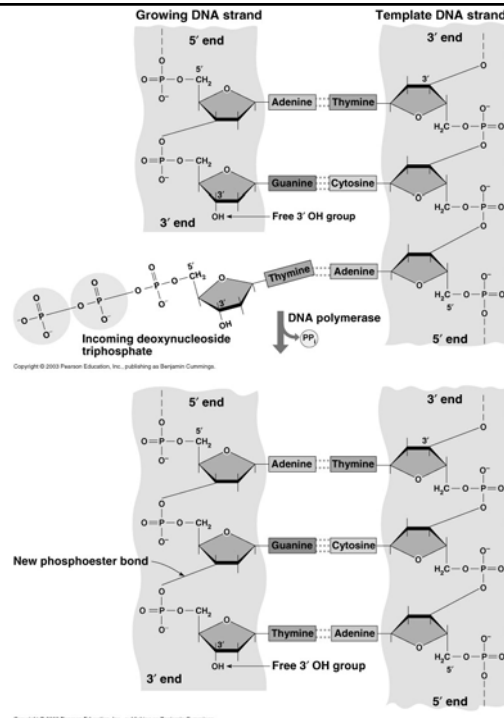
# DNS-replikáció



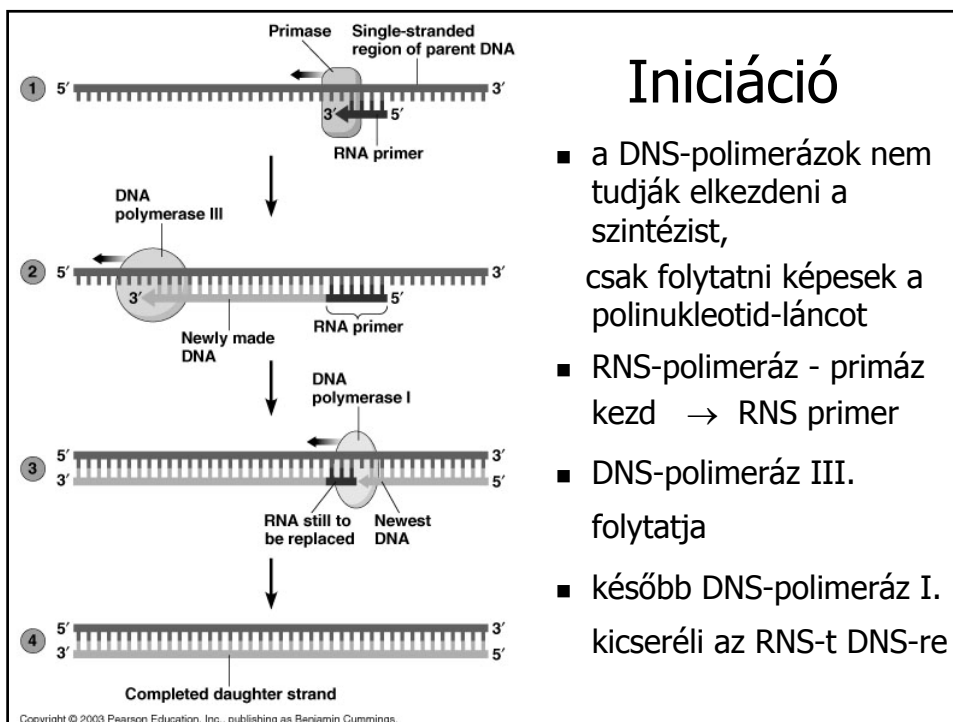
Copyright © 2003 Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings.

## DNS-lánc-hosszabbítás

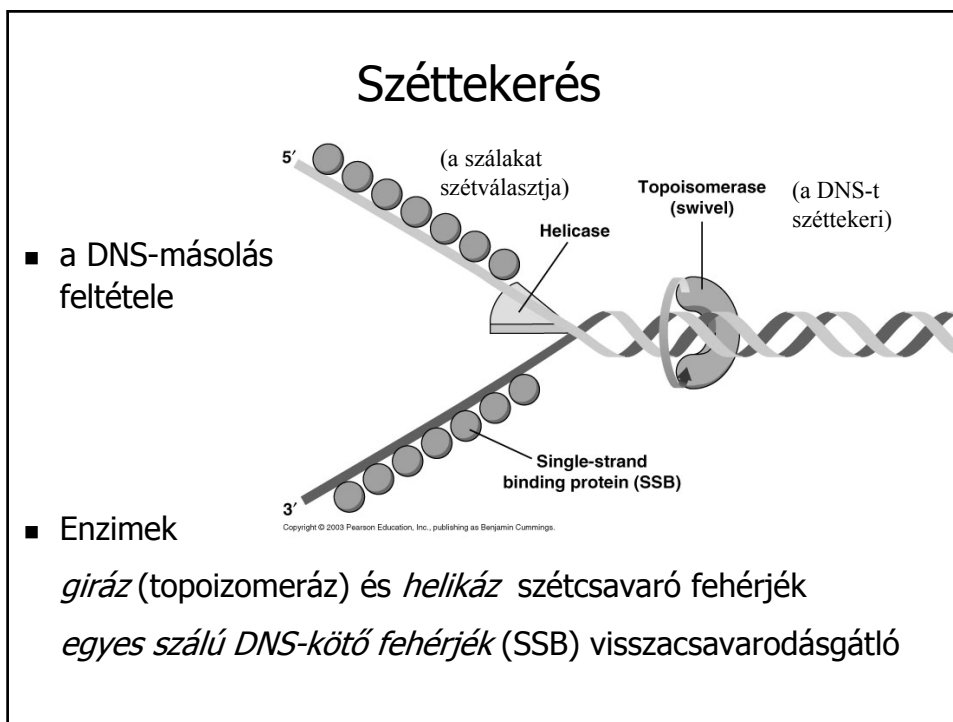
- aktivált deoxiribonukleotidok (nukleozid-trifoszfátok) ATP, GTP, TTP, CTP
- mindkét makroerg kötés energiája felhasználódik
- **szintézis iránya**  
**5' → 3'**



Copyright © 2003 Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings.



- a DNS-polimerázok nem tudják elkezdni a szintézist, csak folytatni képesek a polinukleotid-láncot
- RNS-polimeráz - primáz kezd → RNS primer
- DNS-polimeráz III. folytatja
- később DNS-polimeráz I. kicseréli az RNS-t DNS-re

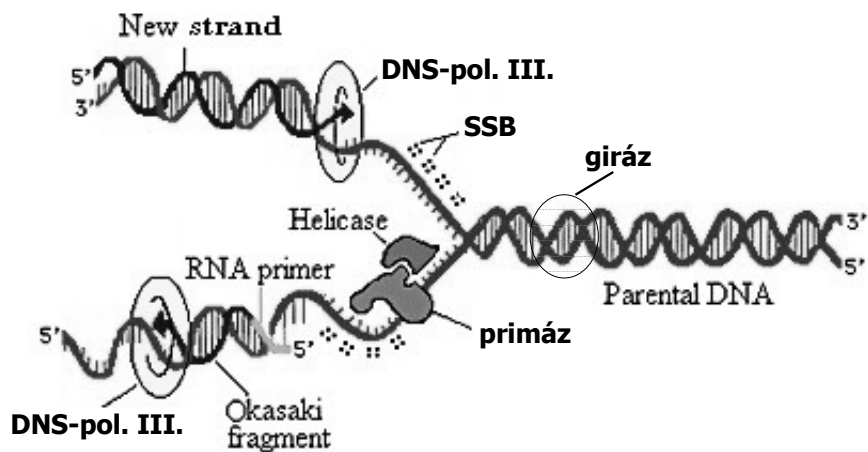


- a DNS-másolás feltétele

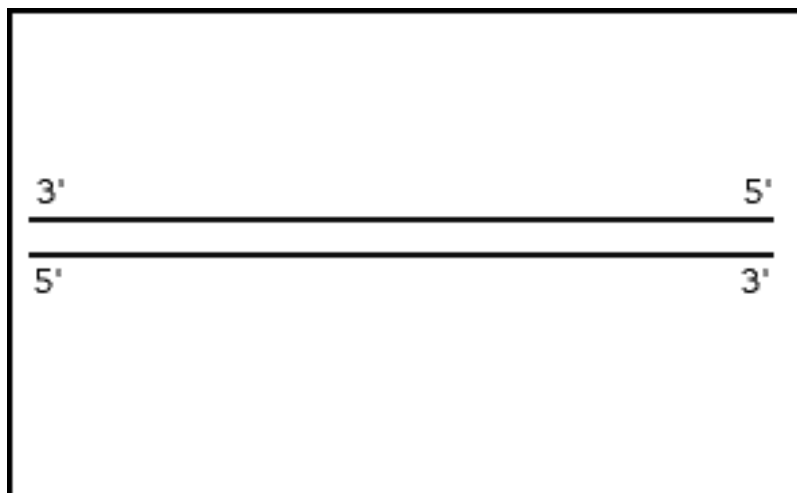
- Enzimek

*giráz* (topoizomeráz) és *helikáz* szétcsavaró fehérjék  
*egyes szálú DNS-kötő fehérjék* (SSB) visszacsavarodásgátló

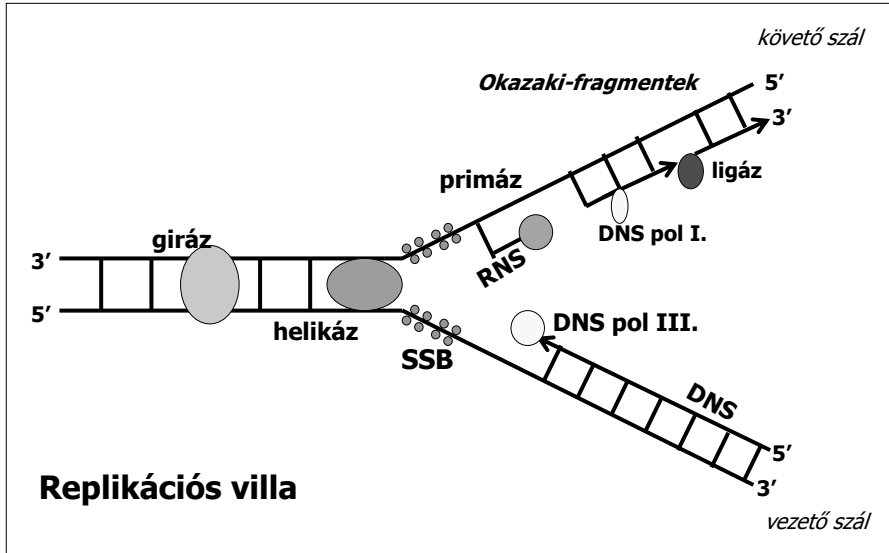
## A replikációs villa



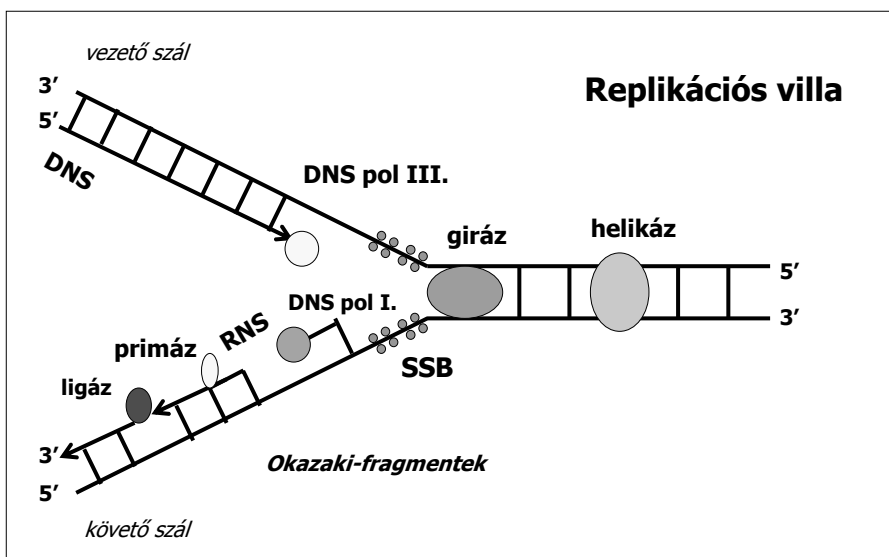
## A DNS-replikáció folyamata



## DNS-szintézis

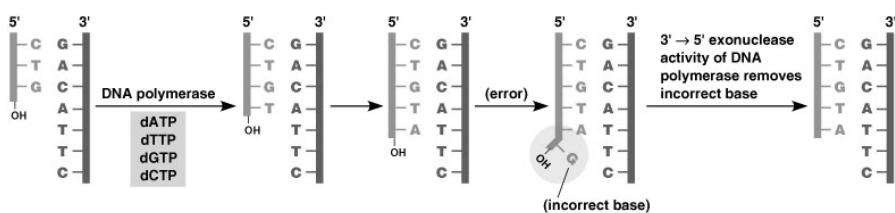


## DNS-szintézis



## Másolási pontosság

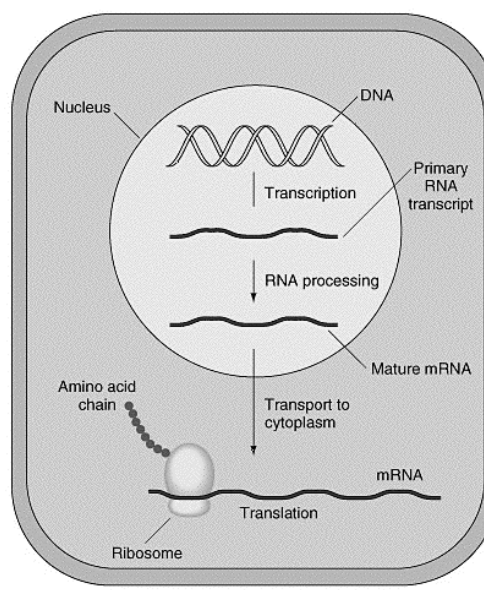
- génkészletünk (3 md bp) kb. 1 md-szor másolódik le életünk során
- hiba kb. 10 md-onként
- pontos másolás
- ellenőrző mechanizmusok
- javító rendszer



Copyright © 2003 Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings.

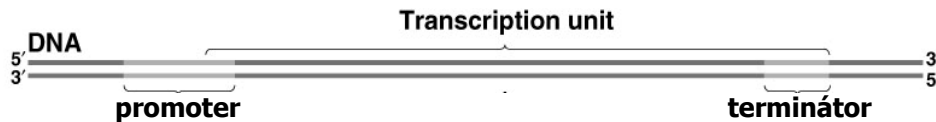
## Fehérjeszintézis

- transzkripció  
RNS-szintézis DNS-ről
- transláció  
mRNS alapján  
fehérjeszintézis

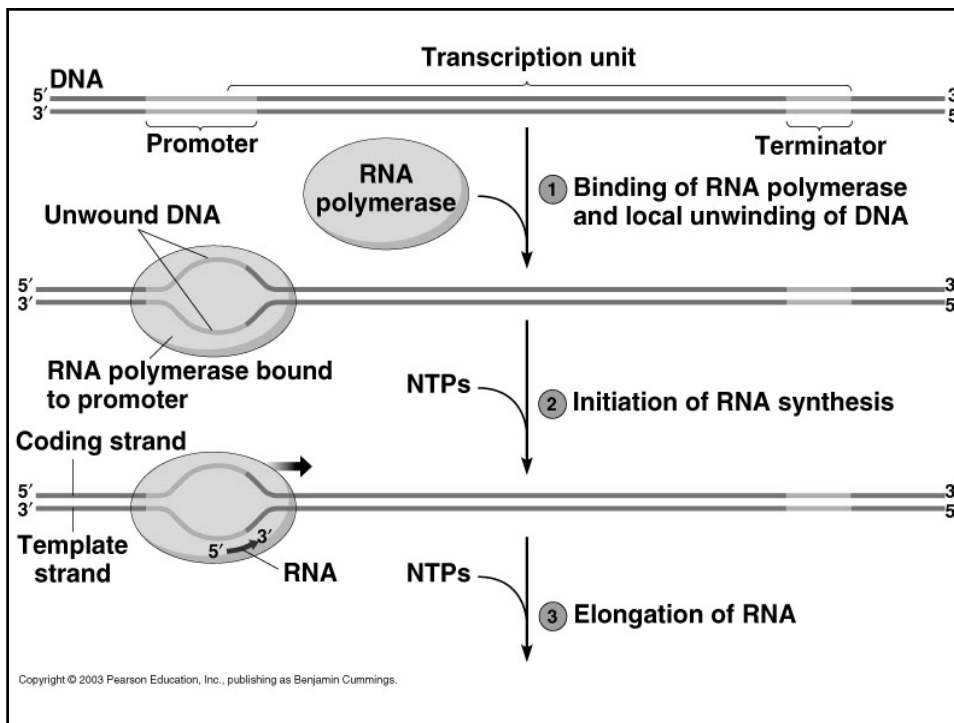
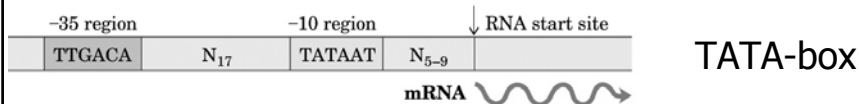


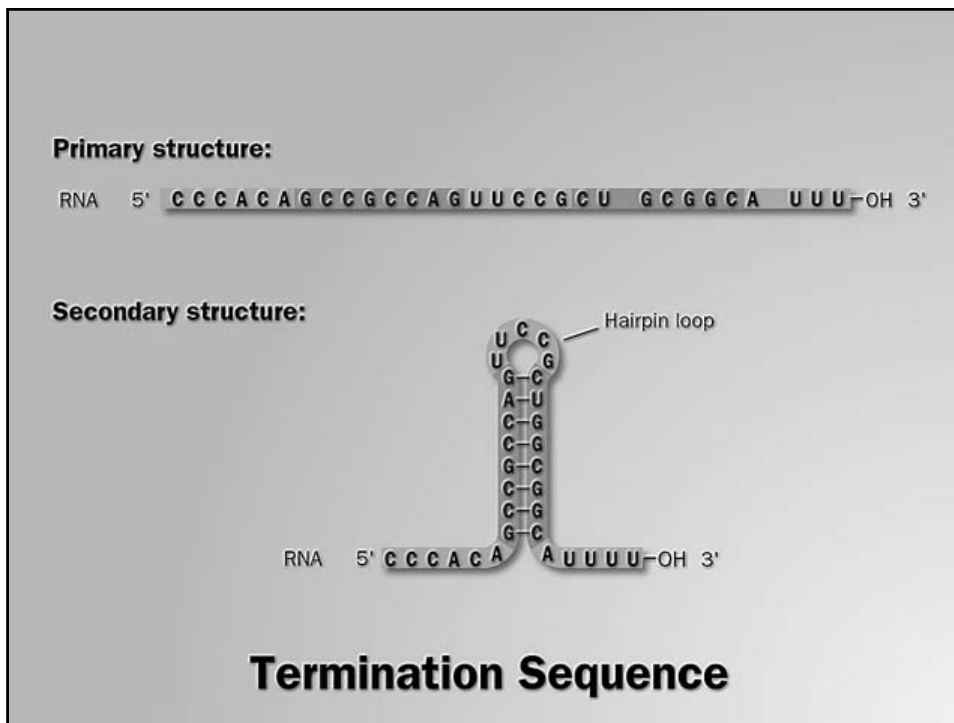
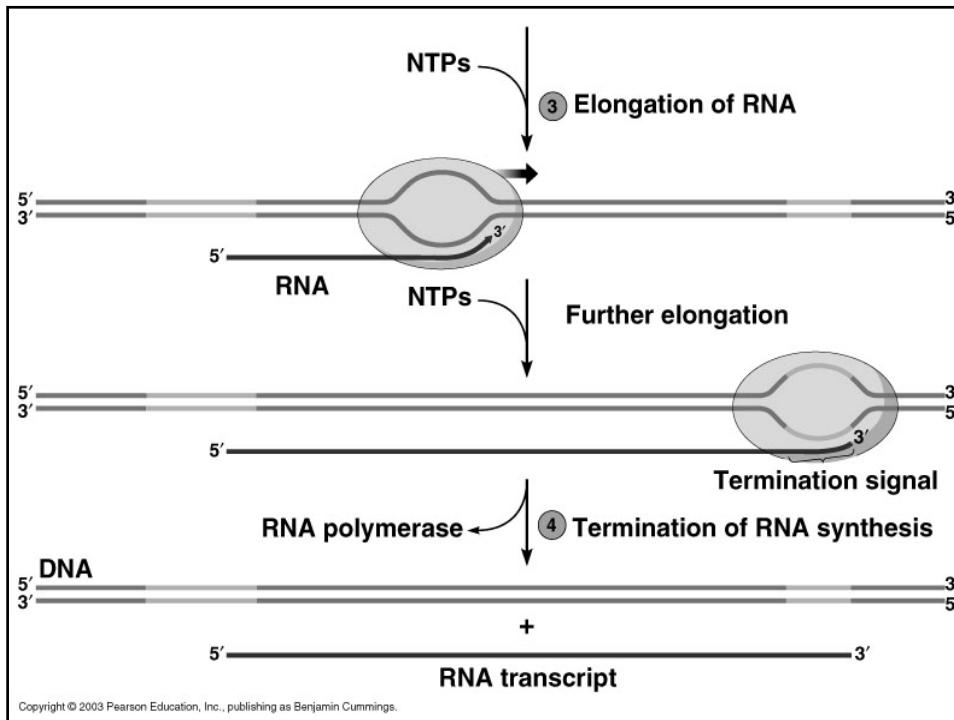
# Transzkripció (átírás)

- DNS egyik szála minta – „értelmes szál”
- RNS-polimeráz enzim (sok alegység)



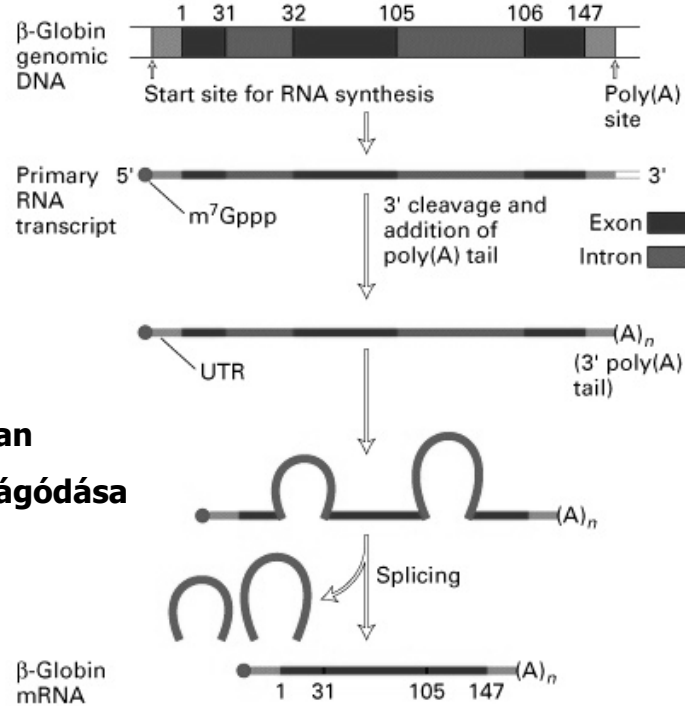
- gén (szabályozó szekvenciák + mRNS templát)



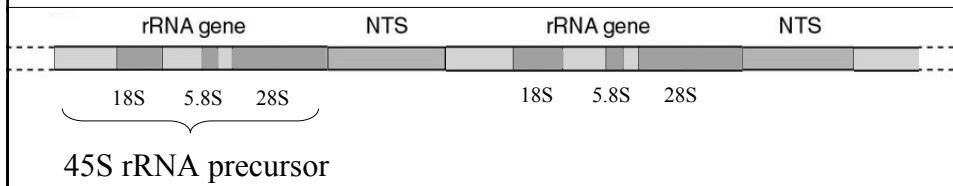


## mRNS érése

- eukariótákban
- intronok kivágódása

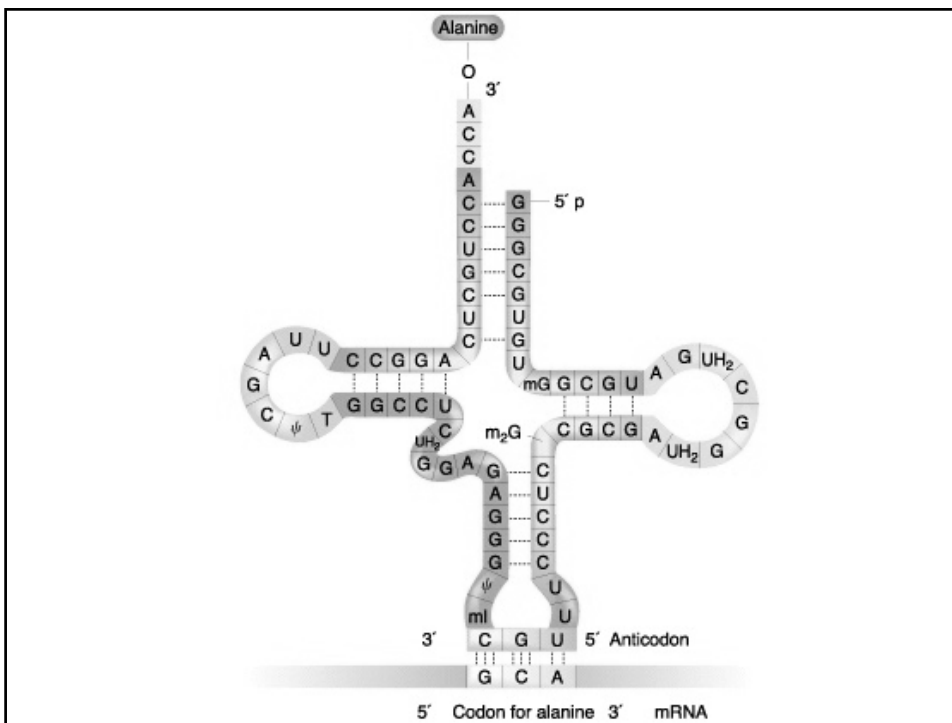
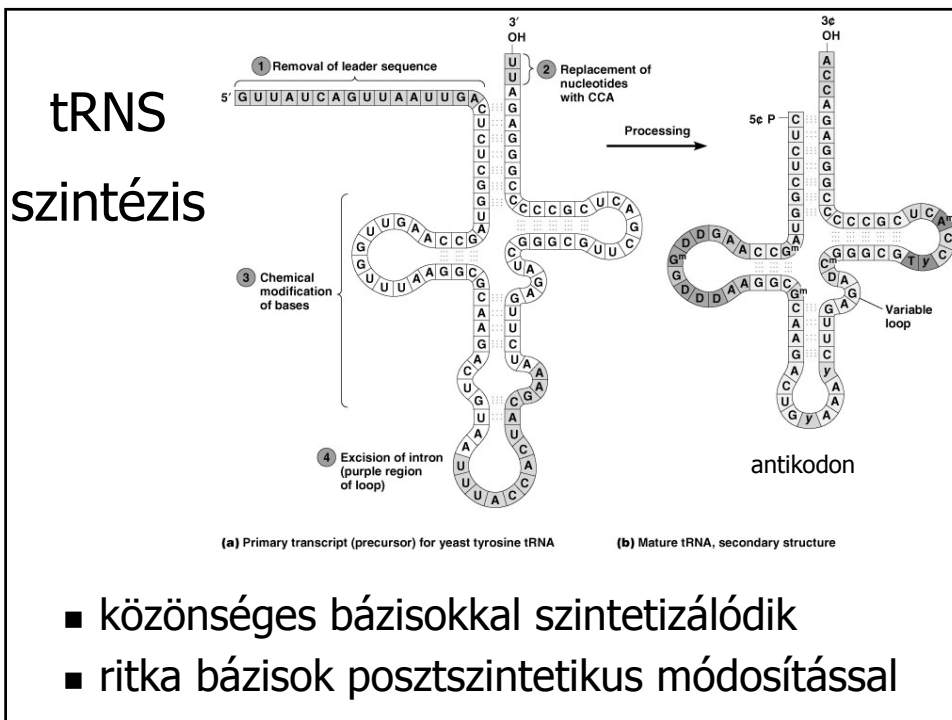


## rRNS szintézis

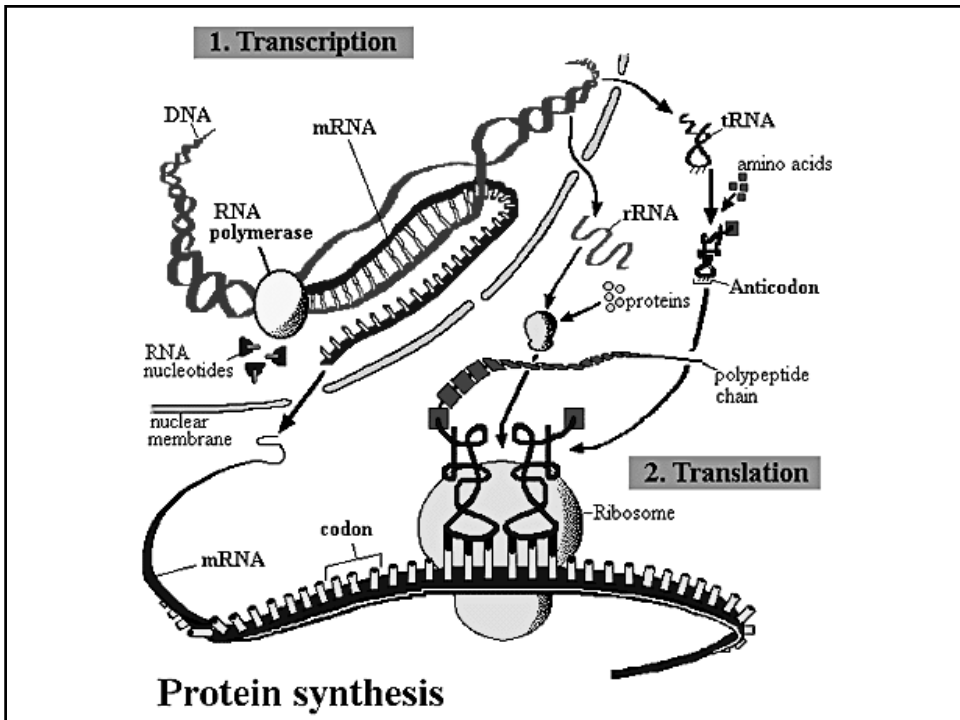
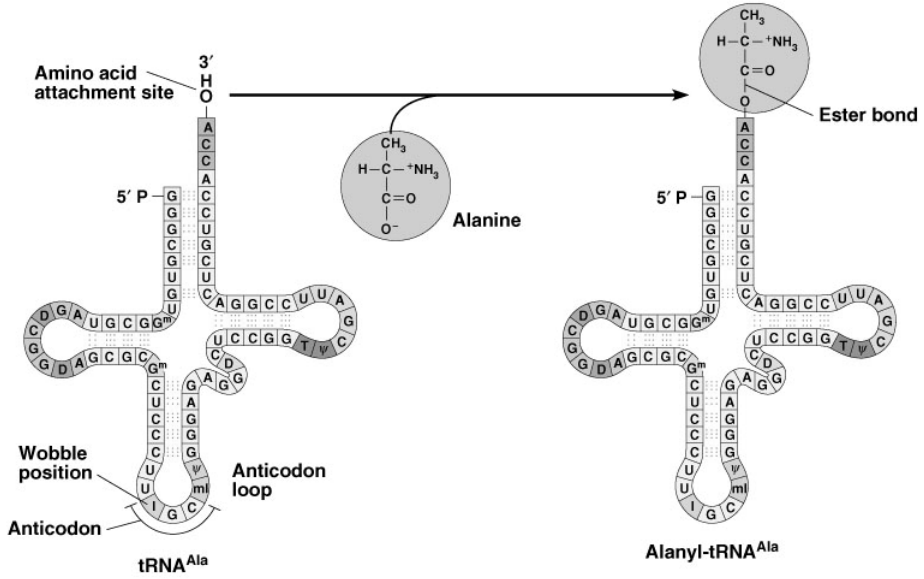


- egy közös gén kódolja az eukarióták összes rRNS-ét
- több százszoros ismétlődés





# Aminoacil-tRNS-ek szintézise



## A genetikai kód

- tripletek szükségesek min. 20 AS + stop kód
- leolvasás átfedésmentes (1957)
- kódolás vesszőmentes (frameshift mutáció)  
AUGCAUUU → AUXGCAUUU
- 1961 Nierenberg & Matthaei poliU → poliPhe
- Khorana poliUC → poli(Ser-Leu)
- egy AS-at több triplet kódol
- minden kodon értelmes

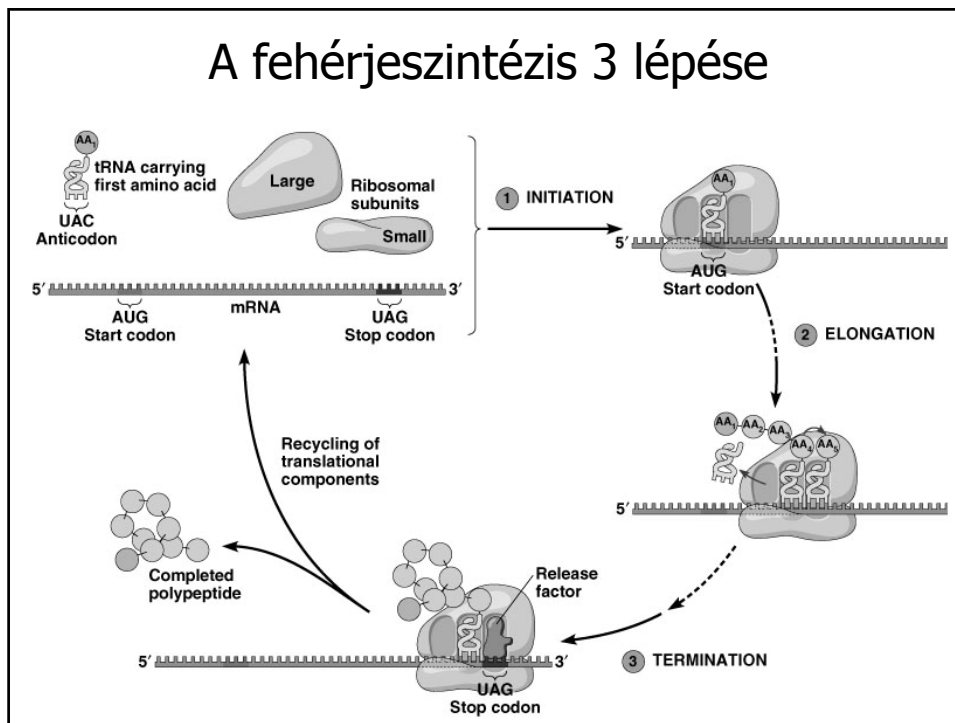
## Genetikai információ

<b>DNS</b>	A T G A C C T T A G C C A C T	
	T A C T G G A A T C G G T G A	beszélő szál KÓD
<b>mRNS</b>	A U G A C C U U A G C C A C U	KODON
<b>tRNS</b>	U A C	ANTI-KODON
<b>fehérje</b>	Met    Thr    Leu    Ala    Thr	AS-ak

## A genetikai kód

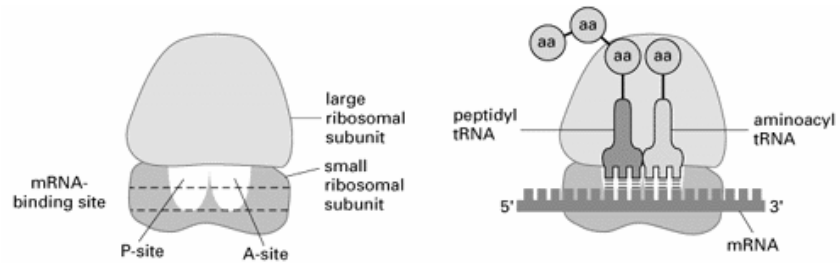
	2. U	C	A	G	3.
1. U	UUU } Phe UUC } UUA } Leu UUG }	UCU } UCC } Ser UCA } UCG }	UAU } Tyr UAC } UAA Stop UAG Stop	UGU } Cys UGC } UGA Stop UGG Trp	U C A G
C	CUU } CUC } Leu CUA } CUG }	CCU } CCC } Pro CCA } CCG }	CAU } His CAC } CAA } CAG } Gln	CGU } CGC } Arg CGA } CGG }	U C A G
A	AUU } AUC } Ile AUA } AUG Met	ACU } ACC } Thr ACA } ACG }	AAU } Asn AAC } AAA } AAG } Lys	AGU } Ser AGC } AGA } AGG } Arg	U C A G
G	GUU } GUC } Val GUA } GUG }	GCU } GCC } Ala GCA } GCG }	GAU } Asp GAC } GAA } GAG } Glu	GGU } GGC } Gly GGA } GGG }	U C A G

## A fehérjeszintézis 3 lépése



- riboszóma

P hely-peptidil    A hely-aminoacil



- fehérjeszintézis iránya az mRNS-en 5'→3'

- antikodon 3'→5' irányú

## 1. Iniciáció

- riboszóma alegységei és Met-tRNS mRNS-hez kötődik



## 2. Elongáció

- következő aminoacil-tRNS A helyre
- peptidkötés létrehozása
- üres tRNS

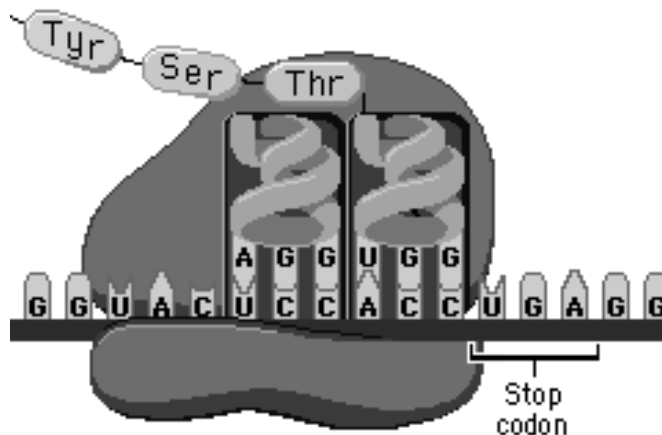
távozik

- shift
- ...

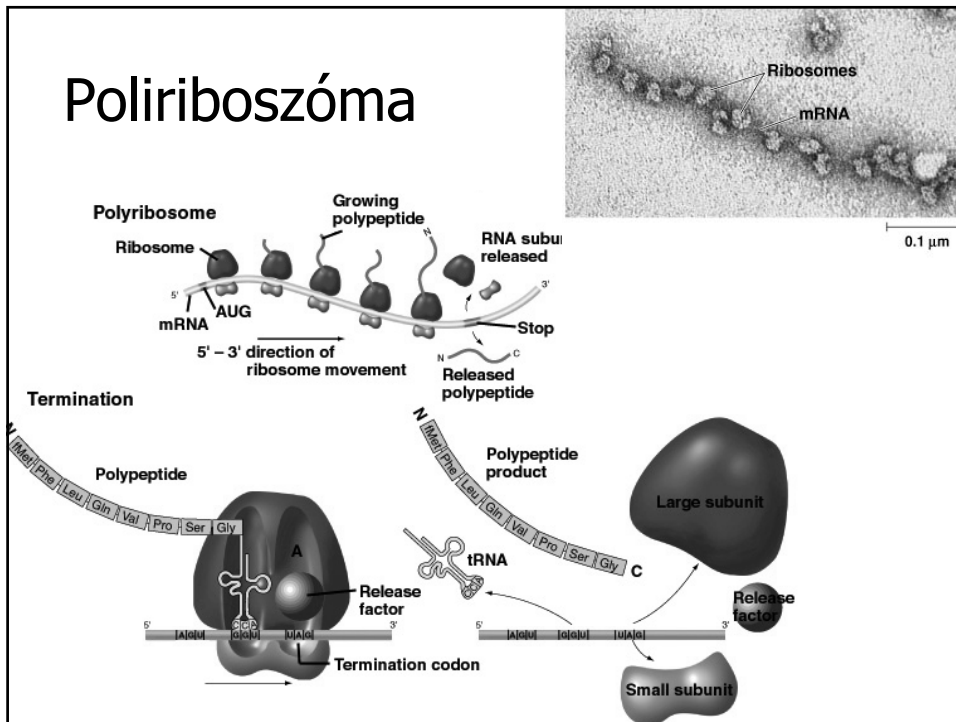


## 3. Termináció

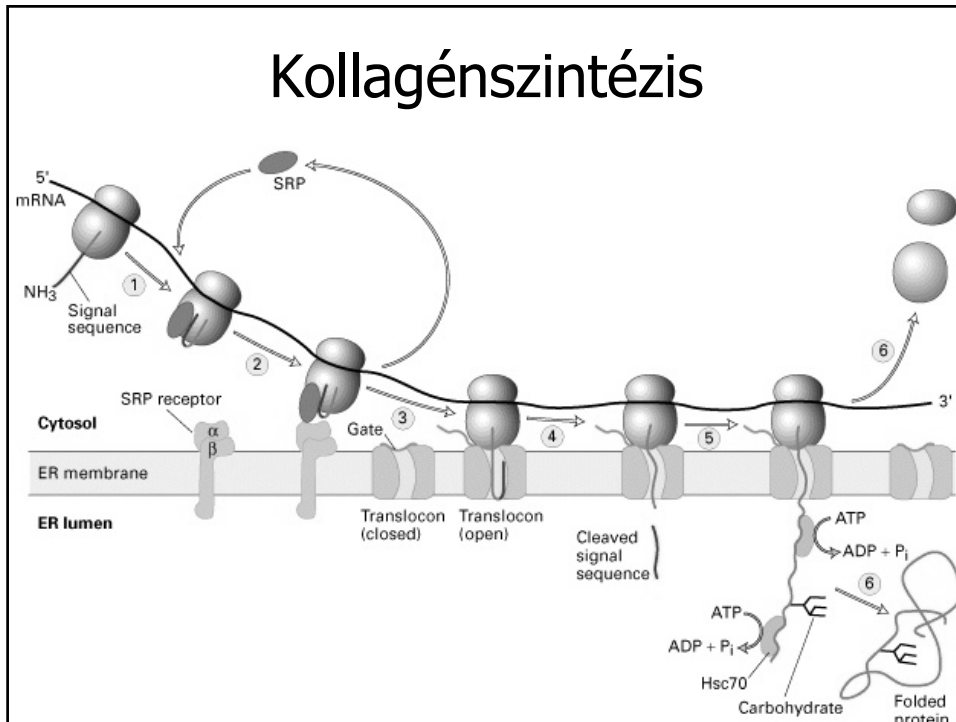
- stop kodon –nem aminoacil-tRNS, hanem leválasztó faktor kötődik hozzá
- polipeptid lánc leválik



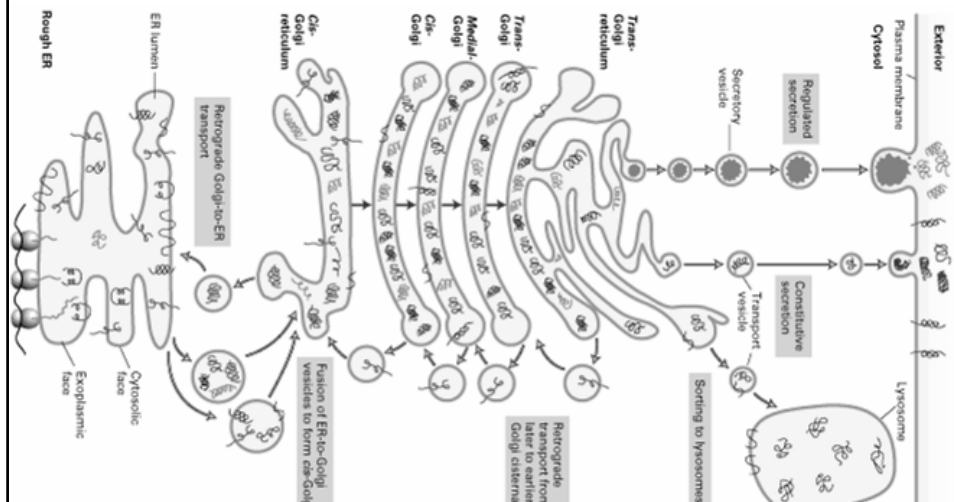
# Poliriboszóma



# Kollagénszintézis

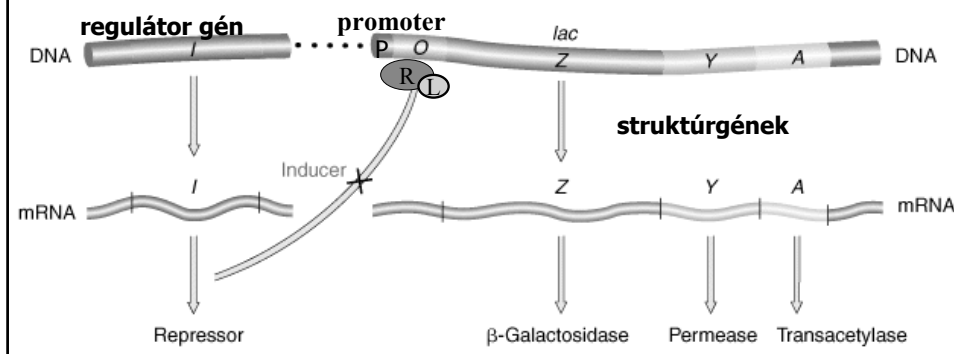


- szintézis durva felszínű endoplazmatikus retikulum membránján
- poszt-szintetikus módosítások ER belsejében és Golgi-készülékben



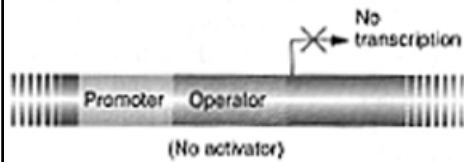
## A génműködés szabályozása

- 1960 Jacob & Monod *E. coli* baktérium **operon** - szabályozási egység
- LAC-operon: laktóz lebontó enzimeket kódoló DNS + szabályozó régiók



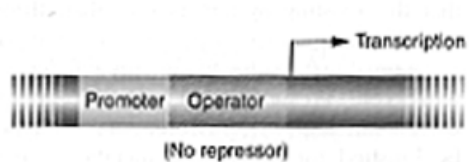
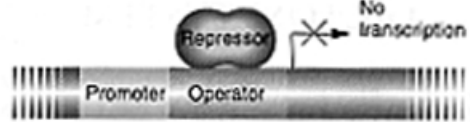


## Pozitív reguláció



- regulátor fehérje kell a szintézishez  
AKTIVÁTOR

## Negatív reguláció



- regulátor fehérje gátolja a szintézist  
REPRESSZOR