

# A prokarióták és eukarióták genetikai anyagának a szerveződése

1925-ben E. Chatton az élő világot prokariótákra és eukariótákra osztotta.

**A prokarióták** (22. ábra.) nem rendelkeznek:

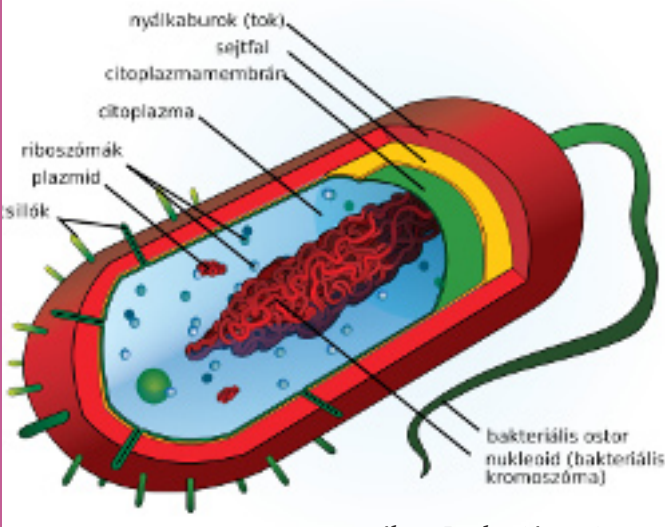
- sejtmaggal
- sejtmag hártáival
- hiányzik náluk a számtartó és számfelező sejtosztódás
- nincsen magorsófonaluk
- hiányoznak a kromoszómák kialakulásának szakaszai.

Csak egyetlen kromoszómával rendelkeznek melyekben a gének egymáshoz kapcsoltnak helyezkednek el. Jelenleg két csoportja ismeretes a prokariótáknak:

a. sejttel nem rendelkező szerveződések

– vírusok, viroidok és plazmidok.

b. sejttes szerveződések – baktériumok, kékzöld moszatok és archebaktériumok.



22. ábra. Prokarióta sejt

Prokarióta  
Eukarióta

*Escherichia coli*

gén

hemoglobin

egymásra tevődő gének

pszeudogének

**Az eukarióták** (23. ábra) fejlettebb szervezetek, állandó, jól meghatározott kromoszóma számmal rendelkeznek mely fajra jellemző. A genetikai anyag mennyisége sokkal nagyobb mint a prokariótáknál. Pl. egy emlős sejtje kb. 800-szor több genetikai anyagot tartalmaz mint az *Escherichia coli* bacillus.

A genetikai kód leckében az első ábrán összehasonlítás alapján ábrázolva volt a genetikai anyag szerveződése a sejtmagban. A kromoszómákon helyezkednek el a gének, a gének kodonokból, a kodonok pedig bázisokból épülnek fel. Az eddig tanultak alapján, tökéletesebben meghatározhatjuk ezen szerkezeti elemeket és leírhatjuk szerepüket.

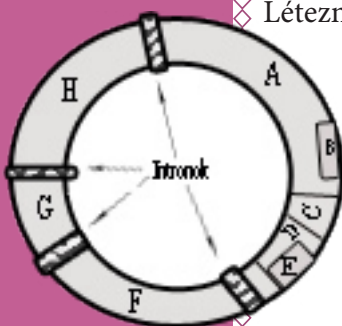
**A gén** – a DNS makromolekula egy meghatározott szakasza mely tartalmazza azt az információt, ami egy polipeptidlánc vagy egy más biomolekula szintéziséhez szükséges. A gének irányítják az enzimek szintézisét, működését és fajlagosságát. Egy fehérje szintézisét két vagy több gén genetikai információja határozza meg. Pl. az ember hemoglobinját két alfa és két beta polipeptidlánc alkotja, ezért a hemoglobin fehérje szintézisét két gén határozza meg. A gének mérete igen különböző, a polipeptidláncok szintéziséhez szükséges genetikai információ mennyiségétől függ. Pl. a baktériumok általában 300-500 aminosavból álló polipeptidláncokkal rendelkeznek, ezért génjeik 300-500 kodonból állnak vagyis 900-1500 nukleotidpárból.

Léteznek **egymásra tevődő gének** – megnövelik bizonyos nukleinsavak genetikai kódolásának lehetőségeit. Pl. a *FIX 174* bakteriofágnál (24. ábra.) fedezték fel, hogy a gyűrű alakú genomjában a kicsi B-gén rátevődik, beleépül a nagy A gén testébe, és ugyanígy az E-génje rátevődik a D génjére. Ez azt jelenti, hogy a mRNS szintézise ugyanannak a génnek két különböző pontjából indulhat ki és ennek eredményeképpen két különböző polipeptidlánc keletkezik.

**Pszeudogének** - csak néhány eukarióta sejtben találhatók meg, még maradványgéneknek is nevezik mivel elvesztették működőképességüket és ezért csak szerkezeti elem szerepet töltenek be. Kimutatták őket a hemoglobin, immunoglobulin géncsaládokban.



23. ábra. Zöldostoros (*Euglena viridis*)



24. ábra. A *Fix 174* fág genetikai térképe

A prokarióták egyetlen kromoszómával rendelkeznek!

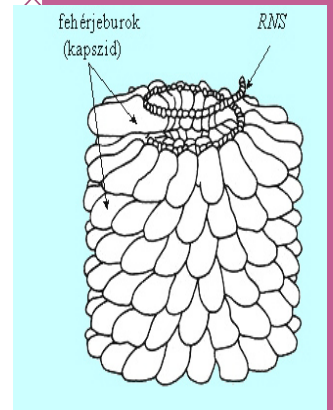
♦ **A vírusok** genomja egyetlen körkörös vagy vonalas alakú kromoszóma. Pl. T4 bakteriofág kromoszómája 134 gént tartalmaz, az MS2 fágé pedig 4 gént. A vírusok mint sejten belüli paraziták (intracelluláris paraziták), tartalmazzák a gazdasejt genetikai információit is. A vírusok genetikai anyagát egy fehérjeburok (kapszid-burok) veszi körül, amely fehérjeegységekből (kapszoméerekből) épül fel (25. ábra.). Annak függvényében, hogy a vírus kromoszómát DNS vagy RNS alkotja, a vírusok két félék:

1. **dezoxiribovírusok** – a bakteriofágok többsége, a sömör vírusa, feketehimlő vírusa, szemölcsöt okozó vírus, rákkeltő adenovírus, herpesz-, variola vírusa stb.

2. **ribovírusok** – DMV (27. ábra.), influenza vírusa, veszettség vírusa, gyermekbénulás vírusa, mumpsz, HIV-vírus, a száj- és körömfájás-, a rubeola-, a kanyaró-, az agyhártyagyulladás (kullancs) vírusa stb.

♦ **A viroidok** a vírusokkal rokon, sejt szerkezet nélküli élőlények.

Kromoszómájukat RNS alkotja és hiányzik a kapszidjuk (fehérjeburok). A viroidok közé általában növényi kórokozókat sorolunk, pl. burgonya orsógumó betegséget okozó viroid.



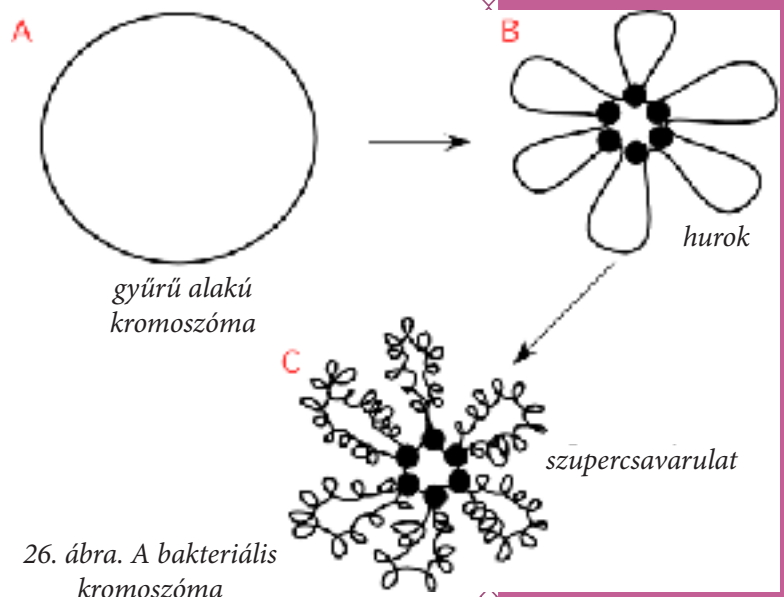
25. ábra. Kapszidburok

## A. A prokarióták genetikai anyagának a szerveződése

A **prokarióták kromoszómája** – egyetlen van, melyet egy DNS vagy egy RNS molekula alkot.

♦ **A baktériumok** sejtes szerkezetű szervezetek, egyetlen kromoszómájuk gyűrű alakú kérszálas DNS-molekula. A nukleinsav erősen csavarodott és sűrű, kb. 40-60 hurkok alkotja. Ezt a szerkezetet az RNS-molekulák segítségével őrzi meg (26. ábra.). A hurkok egyenként 400 nukleotidpárból álló másodlagos csavarulatokat hoznak létre. A bakteriális sejtekben a gyűrű alakú kromoszómán kívül, még egy plazmidok által képviselt, járulékos genetikai anyag is található.

♦ **A plazmidok** kör alakú DNS-molekulából álló genetikai anyaggal rendelkeznek. Ez a DNS képes replikációra vagy egyedül vagy pedig a gazda sejtbe épülve. A plazmidok élettevékenységüket kizárólag a sejt által képviselt ökológiai térben képesek csak kifejteni. Pl. az *R-faktor* nevű gyűrű alakú plazmid DNS-ének a nukleotidjai különböznek a kromoszómáétól. Ez a faktor (tényező) olyan géneket tartalmaz melyek meghatározzák a baktériumok antibiotikumokkal szembeni ellenállóképességét. Az R-plazmid eltávolításával megszűnik a baktériumok antibiotikumokkal szembeni ellenállóképessége is. A plazmidok azonban eukarióta sejtekben is előfordulhatnak.



26. ábra. A bakteriális kromoszóma

Prokarióták:

- vírusok - DNS, RNS

- viroidok - RNS, hiányzik a kapszidjuk

- baktériumok - kromoszómájuk kör alakú DNS molekula

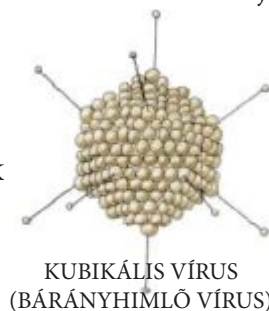
- plazmidok - kör alakú DNS

A prokarióták génje nem tartalmaz intronokat (információ nélküli szakaszok)!



HELIKÁLIS VÍRUS (DOHÁNYMOZAIK VÍRUS vagy DMV)

AZ INFLUENZAVÍRUS RAJZA



KUBIKÁLIS VÍRUS (BÁRÁNYHIMLŐ VÍRUS)

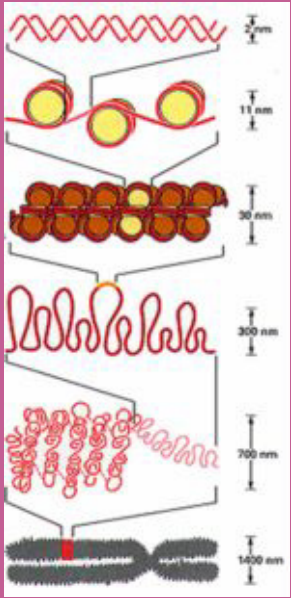


BINÁLIS VÍRUS (BAKTERIOFÁG)

27. ábra. Különböző vírusok kapszidburka

## B. Az eukarióták genetikai anyagának a szerveződése

Az eukarióták kromoszómája kromatinnak nevezett bonyolult struktúra!



28. ábra. Eukarióta kromoszóma  
A kromatin lehet:  
- eukromatin  
- heterokromatin

Az **eukarióták kromoszómája** - nagyon bonyolult felépítések. A kromoszómák 13-15% DNS-ből, 12-13% RNS-ből és 68-72% hiszton és nem hiszton fehérjékből áll valamint kis mennyiségű zsírsavból és  $Mg^{2+}$  meg  $Ca^{2+}$  ionokból. Az eukarióta kromoszóma **kromatinnak** (30. ábra.) nevezett bonyolult struktúra (28. ábra.). A kromatin két féle:

a. **eukromatin** – normálisan festődő és a mitotikus sejtosztódás idején hamarabb replikálódó kromoszómális anyag.

b. **heterokromatin** – sűrűbb, erősen festődő, később replikálódó kromoszómális anyag.

Az eukarióták DNS-e két kategóriába sorolható:

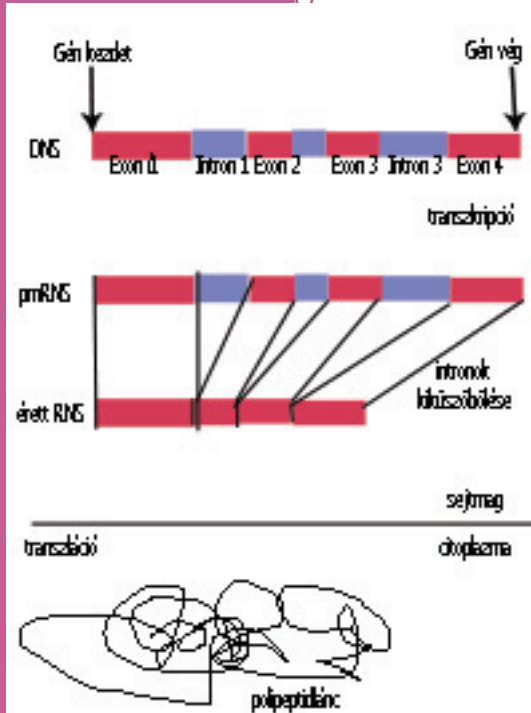
1. a **nukleotidok egyszeri szekvenciája** (szakasza), mely tartalmazza a géneket

2. **repetitív szekvenciák** (ismétlődő szakaszok), több DNS-darabból állnak, amelyekben a nukleotidok változó számban, bizonyos sorrendben ismétlődnek.

Azeukarióták kromatinja **nukleoszóma**knak nevezett, gyöngyfűzészerűen ismétlődő egységekből felépülő hajlékony lánc.

A **nukleoszóma** – lapított henger alakú, hisztonfehérjékből áll melyeket DNS-szakaszok (140 pár nukleotidból állnak általában) vesznek körül. A nukleoszóákat egymással, több tíz egymást követő nukleotid kapcsolja (**linker**) össze. A nukleotidokat pedig a linkerekben lévő hiszton fehérjék egyesítik.

Az eukarióták kromoszómájának eme bonyolult szerkezete lehetővé teszi a gének differenciált működését és a sejtek specializálódását.

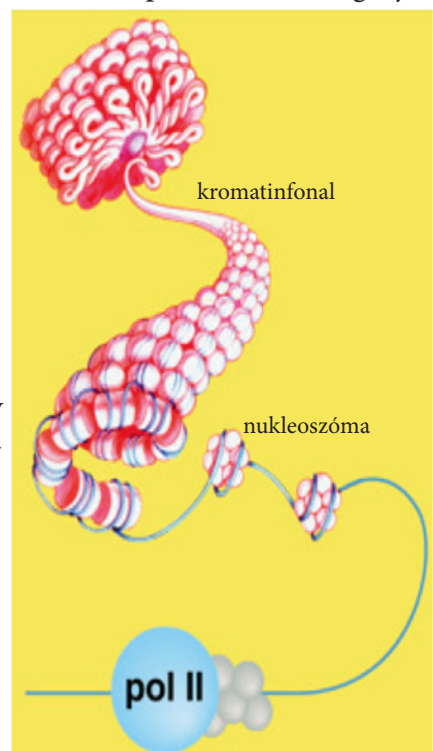


29. ábra. Transzkripció az eukariótáknál

Az **eukarióták génjei** **exonok** és **intronokból** állnak. Az exonok információt tartalmazó nukleotidpár szakaszok, míg az intronok, genetikai információt nem hordozó nukleotidpár szakaszok. Az intronok fehérjeszintéziskor kiiktatódnak és csak az exonok íródnak át a mRNS-re. Az intronok jelenléte miatt az eukarióták génje sokkal nagyobb mint a prokariótáké. Tehát az eukarióták génje *nem folytonos hanem mozaikszerű szerkezetű*. Pl. a tojásfehérjét alkotó egyik fehérje, az *ovalbumin* génje egymással váltakozó 8 exon és 7 intron egységből áll. De vannak intron nélküli gének is, mint pl. a hisztonok génjei.

Az eukariótáknál, a gének szerkezetéből adódóan, a transzkripció folyamán először egy **előfutár mRNS** vagy **prekurzor RNS (pmRNS)** keletkezik amely lemásolja a teljes gént. Ez után egy enzim feldarabolja ezt, hogy kiessenek az

intronok, majd az exonok újra egyesülnek. Így születik meg az **érett RNS**, amely csak exonokból áll.



30. ábra. A kromatin szerkezete

Az eukarióták génje:

exon + intron

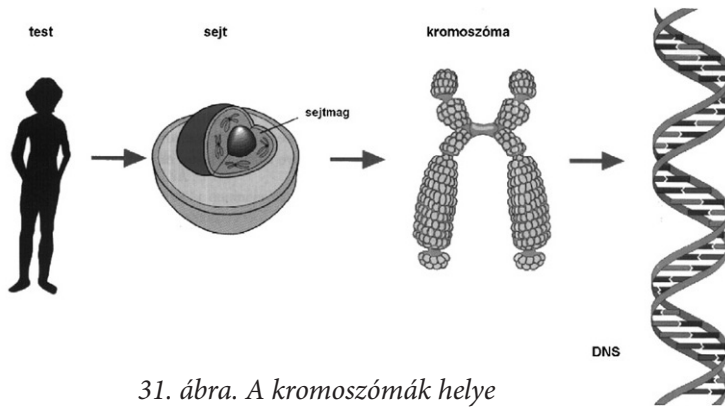
nem folytonos

ovalbumin

pmRNS  
érett RNS

# A kromoszómák és a gének

Hol is helyezkednek el a kromoszómák (31. ábra.)? Hát a gének?



31. ábra. A kromoszómák helye

Az állati és növényi sejtekben gének a **kromoszómákon** (festődő test) helyezkednek el. A különböző fajokra, különböző kromoszómaszám jellemző. Az eukarióta sejtek két félek:

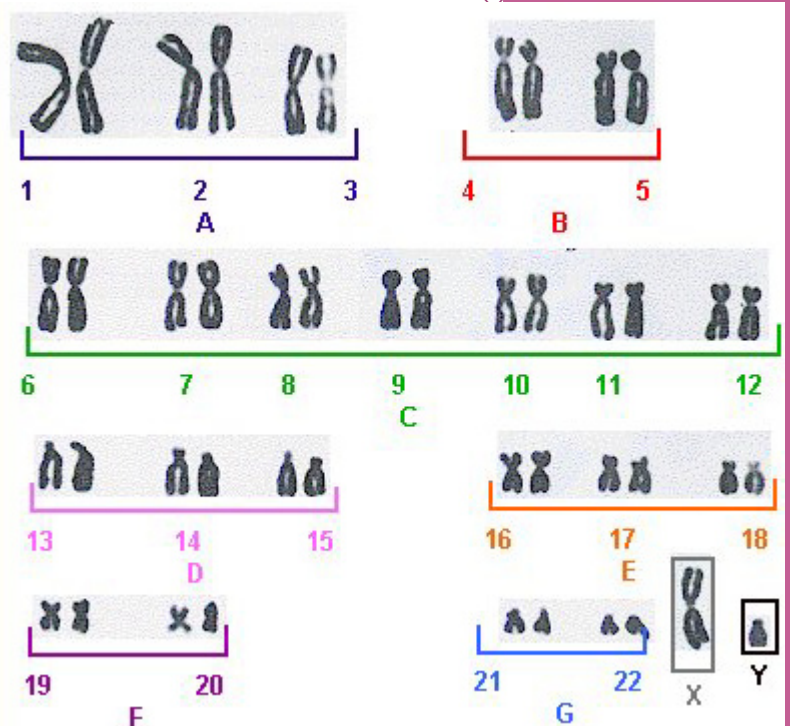
- \* **diploidok (2n)** - kétszeres kromoszómakészlettel rendelkező testi (szomatikus) sejtek
- \* **haploidok (n)** - egyszeres kromoszómakészlettel rendelkező szaporítósejtek (gaméták vagy ivarsejtek, vagy csírasejtek)

A kromoszómák (32. ábra.) szerkezetileg állnak egy közel centrálisan elhelyezkedő **centromerrel**, és egy vagy két karral. A kromoszómák végrészeit **telomereknek** nevezzük. A kromoszómák alegységei a kromatidák. A fajra jellemző összes kromoszómáknak alakja, mérete és száma szerinti elrendeződést kariótípusnak nevezzük. Az ember 23 pár (2n=46) kromoszómával rendelkezik. Ezekből 22 pár **autoszóma** (testi kromoszómák) és 1 pár **heteroszóma** (ivari kromoszómák, a nemet meghatározó géneket tartalmazzák). A heteroszómák az embernél XX a női nők, és XY a hím nemet meghatározó kromoszómapár.

A centroméra helyzetének függvényében a kromoszómák típusai:

- **metacentrikus** - a centromera közepén helyezkedik el.
- **szubmetacentrikus** - a centromera a középrésznél fennebb helyezkedik el.
- **akrocentrikus** - a centromera majdnem a kromoszóma végén található

A normál emberi kariótípust (33. ábra.) **hét kromoszómacsoport** alkotja, melyeket **A, B, C, D, E, F és G** betűkkel jelölnek. Ezekben a csoportokon belül az autoszómaik nagyságuk szerint rendeződnek. Az X kromoszóma nagyobb és a C csoporthoz hasonlít, míg az Y kromoszóma sokkal kisebb, méretben a G csoport kromoszómáihoz hasonló.



33. ábra. A normál emberi kariótípus

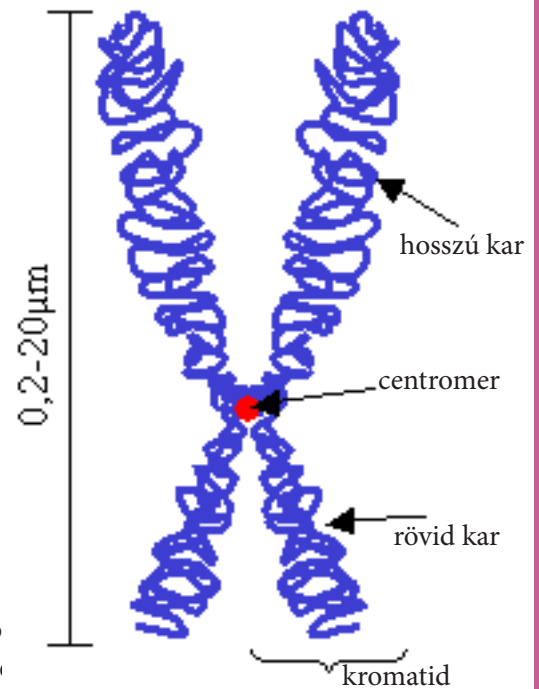
diploid  
haploid

genom

autoszóma  
heteroszóma

metacentrikus  
szubmetacentrikus  
szubtelocentrikus  
akrocentrikus

7 kromoszómacsoport: A, B, C, D, E, F és G



32. ábra. A kromoszóma szerkezete