

Genetik materyalin biçimi ve organizasyonu, kromozomlar, kromozom sayısı ve büyüklüğü

Genetik Materyalin Organizasyonu

Replikasyon, transkripsiyon ve translasyondan oluşan ve bilgi akışını sağlayan her üç basamak da bütün hücreler tarafından kullanılmaktadır. Buna rağmen, bu proseslerin mekanizmaları prokaryotlarla ökaryotlar arasında bazı farklılıklar göstermektedir. Hücrelerin iç yapılarının çok dikkatli bir şekilde incelenmeleri sonucunda, hücrelerde yapısal olarak temel iki farklılık gözlenmiştir: prokaryot ve ökaryot. Yapısal olarak bu iki hücre birbirinden çok farklıdır. Bu iki hücre tipi arasındaki en temel yapısal farklılık ise DNA'dır. Ökaryot organizmalarda bulunan genetik materyal, oldukça kompleks olup birkaç çeşit protein ile birlikte oluşturdukları yapıya **kromozom** denmektedir (bkz. kısım 3.4.1). Prokaryot hücrelerdeki DNA molekülleri de **kromozom** ya da **prokaryotik kromozom** olarak adlandırılmasına rağmen, bazı Arkelerin DNA moleküllerinin proteinlerle olan ilişkisi çok daha zayıf olup, neredeyse çıplak DNA formundadırlar. Buna rağmen, Arkelerin DNA'ları ile ilişkisi bulunan ve DNA yapısının korunmasında oldukça önemli görevleri bulunan bazı proteinler de bulunmaktadır.

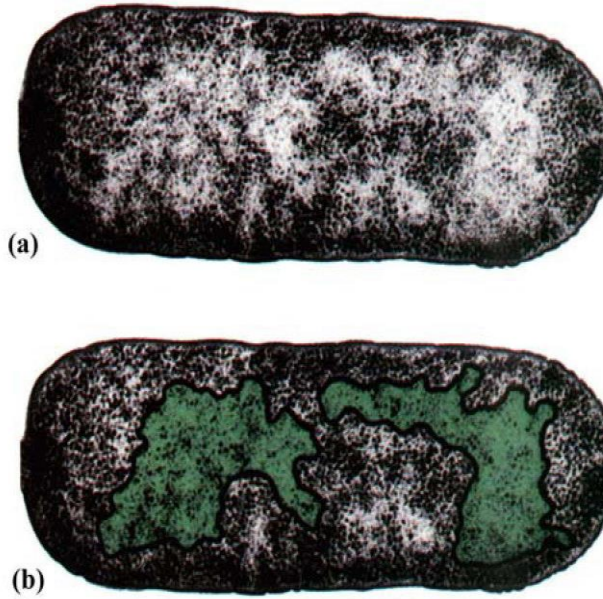
Prokaryotların aksine, ökaryotik hücreler zar ile çevrili diğer organellere (mitokondri, kloroplast v.s.) sahip olduğu gibi, sitoskeleton yapılar dediğimiz, hücreyi yapısal olarak destekleyen ve hücre içi komponentlerin taşınmasını sağlayan sisteme de sahiptirler. *Archaea* ve *Bacteria* üyeleri ise prokaryotik organizmalardır. Fungusları, algleri ve protozoonları içeren birkaç ökaryotik mikroorganizma grubu vardır. Buna ilave olarak, bütün çok hücreli yaşam birimleri (bitkiler ve hayvanlar) ökaryotik hücrelerden meydana gelir. Genel olarak, mikroorganizmalar çok küçüktür. Çubuk şeklindeki bir prokaryot hücre, genellikle 1-5 µm uzunluğundadır ve bu nedenle, böyle bir mikroorganizmayı çıplak bir gözle görmek tamamen imkansızdır.

Prokaryotlarda Genetik Materyalin Organizasyonu

Ökaryotik hücreler mitoz bölünme ile çoğalırlar, içerisinde lineer yapıda olan DNA molekülünün bulunduğu kromozomlar, membran ile çevrili bir nükleus içinde yer alırlar. Bunun aksine, prokaryotlar bir zarla çevrili olmayan, **nükleoid** adı verilen, genellikle kovalant bağla bağlanarak dairesel halde bulunan tek bir DNA molekülünden meydana gelen ve mitoz bölünme ile çoğalmayan bir genetik yapıya sahiptirler. Prokaryotlar, kromozomal DNA'ya

ilaveten, genellikle dairesel olan ve plazmid olarak adlandırılan bir veya birden fazla çeşitte ve kopyada, daha küçük olan DNA moleküllerine de sahiptirler.

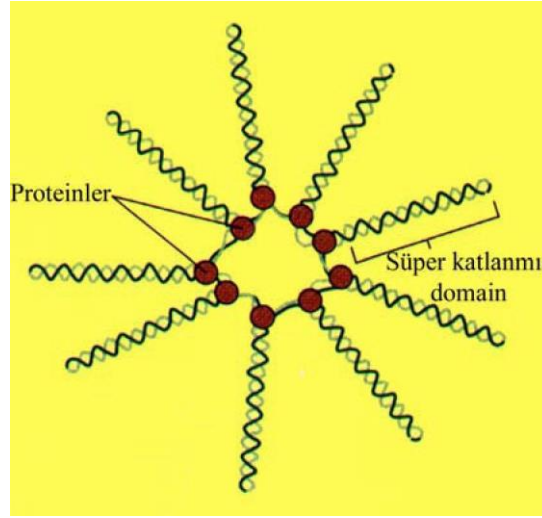
E. coli'nin kromozomal DNA'sı, yaklaşık olarak 4600 kbp'den oluşmaktadır. Prokaryotik hücrelerin kromozomal DNA'ları, ökaryotik hücrelerin genetik meteryallerine oranla oldukça küçük olmasına rağmen, virüs ve organel kromozomlarına oranla daha büyüktürler. Prokaryotik kromozomlar, ökaryotlarda olduğu gibi bir nükleus içerisinde yer almamasına rağmen, hücre içerisinde agregat oluşturarak farklı bir yapı oluşturma eğilimindedirler. Bu nedenle, elektron mikroskobu ile yapılan incelemelerde görülebilmektedirler (Şekil 3.1). Prokaryot hücrelerde agregat oluşturmuş olan DNA molekülü ise **nükleoid** olarak adlandırılmakta ve özel boyama teknikleri ile ışık mikroskoplarında dahi görülebilmektedir. Bakteriyal hücrelerde nükleoidin bulunduğu bölgelerde ise ribozomlara rastlanmamaktadır. Bunun nedeni ise muhtemelen, nükleoid DNA'nın jelimsi bir yapıda bulunmasından dolayı, partiküllü yapıları dışlama eğiliminde olmasındandır.



Şekil 3.1. Bakteriyal nükleoid. (a) *E.coli*'ye ait ince bir kesitin elektron mikrografı. (b) Aynı kesitin nükleoid kısmının renklendirilmiş görüntüsü (Madigan ve ark.'dan).

Şayet, prokaryotik hücreler hafifçe lizise edilirlse, kromozomal DNA hücrenin dışına çıkarak serbest hale gelir. Serbest bırakılmış bir DNA molekülünün ise hücre içerisine sığdırılabilmesi için meydana gelmiş olan çok yoğun katlanmalara ve kıvrımlara sahip olduğu görülmektedir (Şekil 3.2). Bu büyüklükteki bir DNA molekülünün hücre içerisine paketlenmesi ise DNA molekülünün gösterdiği süper-katlanmalar ile sağlanmaktadır. *E. coli* kromozomunun

katlanmasında 50'den fazla süper-katlanma domaini bulunmakta olup, bu domainler yapısal proteinlerle stabilize edilmektedirler (Şekil 3.3). Kromozomal DNA'ların göstermiş olduğu bu süper-katlanmalar sayesinde, çok uzun ve büyük olan DNA molekülleri hücre içerisine sığacak şekilde yoğunlaştırılmaktadırlar. Bazı Arkelerin kromozomal DNA'ları ise proteinlerle birlikte oldukça kompleks bir yapı oluşturup, bu yapı ökaryotik kromozomlardakine oldukça benzemektedir.



Şekil 3.2. *E. coli* kromozomunun çift-zincirli DNA'sı 50'den fazla süper-katlanma domainine sahiptir ve bunların her birisi spesifik proteinlere bağlanarak stabilize edilmiştir (Madigan ve ark.'dan).

Prokaryotlarda, kromozomal DNA'yı stoplazmadan ayıran bir membran olmadığı için, DNA molekülünden m-RNA molekülünün transkripsiyonu sırasında, sentezlenmiş olan m-RNA kısımlarına ribozomlar tutunarak protein sentezini başlatabilirler. Ökaryotlarda ise kromozomlar nükleus içerisinde, ribozomlar da stoplazmada bulunduğu için transkripsiyon ve translasyon işlemleri de ayrı ayrı olarak devam etmektedir.

Virüsler ise hücre değildirler. Virüsler, bir hücrenin sahip olduğu birçok özelliklerden yoksundurlar ve bunlardan en önemlisi ise virüslerin bir açık sistem olmamalarıdır. Tek bir virüs partikülü statik bir sistemdir, yani oldukça durgun ve kendini ya da herhangi bir bölümünü değiştirmekten yoksundur. Bir virüs ancak ve ancak, kendisi için konak bir hücre ile karşılaştığı zaman yaşayan bir sistemin özelliklerini göstermeye, kendini yenilemeye ve değiştirmeye başlar. Böylece hücrelerin tersine, virüsler kendilerine ait metabolizmaya sahip değildirler. Buna rağmen, virüsler kendilerine ait genetik materyale sahiptirler (DNA ya da RNA) fakat,

translasyon ve transkripsiyon için gerekli sistemleri olmadığından, virüsler protein sentezi için konak hücrelerinin bu sistemlerini kullanırlar. Virüsler, mikroorganizmalar da dahil olmak üzere birçok organizmayı infekte edebilmektedirler. Virüsler, infekte ettikleri organizmalarda hastalıklara neden olmalarına rağmen, bu durum her zaman her organizma ve her virüs için geçerli değildir.

Ökaryotlarda Genetik Materyalin Organizasyonu

Hücreler, yapısal organizasyonlarına göre prokaryot (*Archaea* ve *Bacateria*) ve ökaryot (*Eukarya*) olmak üzere iki grupta toplanmaktadır. Buna göre, genetik materyali bir membranla çevrilerek nükleus içerisinde yer alan hücreler ökaryot hücrelerdir. Ökaryot hücrelerin çoğunda nükleus, büyük bir organel olarak bulunmaktadır ve özel bir boyama tekniğine gereksinim göstermeden ışık mikroskobu ile görülebilirler. Daha küçük ökaryotik hücrelerin nükleuslarının görülebilmesi için özel boyama tekniklerinin uygulanması gerekebilmektedir.

Genetik materyal içeren yapılar ise **genetik elementler** olarak adlandırılmakta olup, kromozomlar ve kromozomal olmayan genetik elementler olarak iki temel sınıfa ayrılırlar. **Genom** ise bir hücrenin veya virüsün, tüm genetik materyallerindeki genleri ifade etmektedir. Buna rağmen, hem prokaryotlarda hem de ökaryotlarda, temel genetik elementler olan kromozomlardan başka, hücreye önemli genetik fonksiyonlar kazandıran diğer genetik elementler de bulunmaktadır (Tablo 3.1). Genetik elementlerin ise iki temel özelliği bulunmakta olup, bu özellikler:

- i.* Kendi kendilerini replike edebilme yeteneğinde olmaları.
- ii.* Genetik kodlama özelliklerinin bulunmasıdır.

Tablo 3.1: Genetik element tipleri.

Genetik Element	Tanımlama
Prokaryot	
Kromozom	Çok uzun, genellikle dairesel, çift-zincirli DNA moleküllerinden oluşurlar.
Plazmid	Tipik olarak kromozomlara oranla daha kısa, genellikle dairesel, çift-zincirli DNA moleküllerinden oluşurlar.
Virüs	Tek veya çift-zincirli DNA veya RNA moleküllerinden oluşurlar.
Transpozibil element	Her zaman başka bir DNA molekülü içerisinde bulunan çift-zincirli DNA moleküllerinden oluşurlar.
Ökaryot	
Kromozom	Çok uzun, lineer yapıda ve çift-zincirli DNA moleküllerinden oluşurlar.
Plazmid	Tipik olarak kromozomlara oranla daha kısa, lineer veya dairesel, çift-zincirli DNA moleküllerinden oluşurlar.
Mitokondri veya kloroplast	Orta uzunlukta DNA molekülleri olup genellikle daireseldirler.
Virüs	Tek veya çift-zincirli DNA veya RNA moleküllerinden oluşurlar.
Transpozibil element	Her zaman başka bir DNA molekülü içerisinde bulunan çift-zincirli DNA moleküllerinden oluşurlar.

Kromozomlar

Hücre bölünmesi sırasında, çekirdek içinde kısa bir süre için, iplik şeklinde beliren yapıların ışık mikroskopunda gözlenmesi çok eski tarihlere rastlamaktadır. İlk gözlemler, 1840-1880 yılları arasında yapılmıştır. Bu yapılar için ilk defa 1888’de Waldayer **kromozom** adını kullanmıştır. Kromozomlar, çekirdek içindeki kromatin ağ şeklindeki DNA’ların, spiralleşip kalınlaşması ile oluşurlar ve ışık mikroskopunda görülmektedirler. Kromozomlar, bölünen ökaryotik hücrelerde özel yapısı, bireyselliği ve işlevi olan bir çekirdek komponenti olarak ortaya çıkarlar. Kendini eşleme yeteneğinde olan kromozomların morfolojik ve fizyolojik özellikleri dölden döle devam eder.

Mitoz ve mayoz olarak adlandırılan iki tip hücre bölünmesinde varlıkları gözlenen kromozomlarda genler bulunmaktadır. Bir organizmada çok sayıda gen bulunuyorsa, bu genlerin kromozomlar şeklinde düzenlenmesinde yararlar bulunmaktadır. Böylece çok sayıdaki gen, çok daha az sayıdaki kromozomlarda paketlenmekte ve sentromer sayıları da azaltılmış olmaktadır. Kromozomlar, bölünme sırasında sentromerleri ile iğ ipliklerine tutundukları için, sentromer sayısının azalması ile çok sayıdaki genin hareketinin ve ayrılmasının daha düzenli bir şekilde yapılması sağlanmış olur.

Prokaryotlar, hücre içerisinde bulunan bütün genleri (ya da çoğunluğunu) tek bir kromozom üzerinde bulundurmaktadırlar. Ökaryotların genomları ise en az iki tane olmak üzere (haploid fazlar hariç olabilir) kromozomlara dağılmış olarak bulunmaktadır. Aynı zamanda, tipik bir prokaryot kromozomu dairesel yapıda bir DNA molekülünden oluşmasına rağmen, bilinen bütün ökaryot DNA'ları lineer yapıdadır. Tablo 3.2.'de bazı prokaryot ve ökaryot organizmaların kromozomlarının sayısı, büyüklüğü ve konfigürasyonu verilmektedir. Tablo 3.2'den de görüleceği gibi Lime hastalığına neden olan *Borrelia burgdorferi*'nin kromozomu, diğer prokaryotların aksine dairesel değil de lineer yapıdadır.

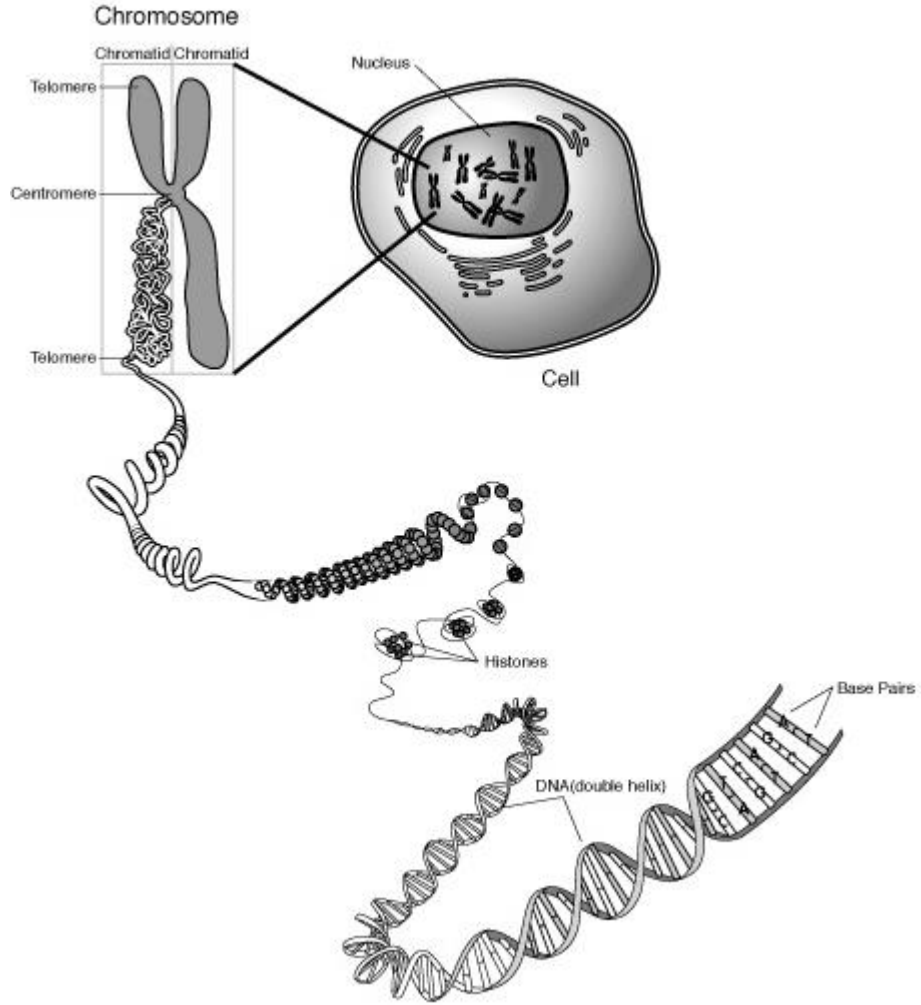
Tablo 3.2: Bazı organizmalarda bulunan kromozomların büyüklük, şekil ve sayısı.

Organizma	Özellik	Büyüklük (bp) ^a	Kromozom sayısı	Kromozom geometrisi
Virüsler				
SV40	Çift-zincirli-DNA	5 234	1	Dairesel
φX174	Tek-zincirli-DNA	5 386	1	Dairesel
Lamda	Çift-zincirli-DNA	48502	1	Lineer ^b
Bakteriler				
<i>Mycoplasma pneumonia</i>	Zatürre etmenidir	7,8 x 10 ⁵	1	Dairesel
<i>Borrelia burgdorferi</i>	Lyme hastalığı etm.	9,5 x 10 ⁵	1	Lineer
<i>Haemophilus influenzae</i>	Patojen, Gr ⁻	1830137 ^c	1	Dairesel
Arkeler				
<i>Methanococcus voltae</i>	Metanojen	1,9 x 10 ⁶	1	Dairesel
<i>Thermococcus celer</i>	Yüksek ısıda büyür	1,9 x 10 ⁶	1	Dairesel
<i>Haloferax mediterranei</i>	Halofil	2,9 x 10 ⁶	1	Dairesel
<i>Sulfolobus acidocaldarius</i>	Termoasidofil	3,0 x 10 ⁶	1	Dairesel
Ökaryotlar				
<i>Giardia lamblia</i>	Flagellalı protozoon, akut gastroenterits etmenidir.	1,2 x 10 ⁷	4	Lineer
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	Maya, bilimsel amaçlı ve sanayide kullanılır.	12057500	16	Lineer

Prokaryotik organizmaların sahip olduğu genetik materyalin uzunluğu ise hücrenin boyutlarından çok daha büyüktür. Örneğin, *E. coli* hücrelerinin boyutları yaklaşık olarak 1,7 x 0,65 µm olmasına karşılık, bu hücrelerin taşıdıkları DNA molekülünün uzunluğu ise yaklaşık olarak 1200 µm'dir. *E. coli* hücreleri dikkatli bir şekilde lizize edilerek, DNA molekülünün serbest kalması sağlanabilirse, bu hücrelerin kalıtım materyali olan DNA moleküllerini elektron mikroskobu ile görüntülemek mümkün olabilmektedir.

Ökaryotik kromozomlar, genleri içeren lineer DNA moleküllerinden oluşmakta olup, her iki ucunda **telomer** olarak adlandırılan özel DNA sekanslarına ve iki telomer arasında bir yerde

bulunan **sentromere** sahiptirler. Sentromerler, hücrenin bölünmesi esnasında kromozomların bölünmesi için önemlidirler.



Telomerler, DNA moleküllerinin replikasyonunda oldukça önemli görevlere sahiptirler. Herhangi bir tür için kromozom sayısı sabit olmasına rağmen, farklı türlerdeki kromozom sayıları oldukça farklılık göstermektedir. Ökaryotik kromozomlar **nükleozom** olarak adlandırılan ve bir seri kompakt, oldukça katlanmış yapıların oluşturduğu bir yapı olarak görülebilirler. Nükleozomlar ise 200 kadar DNA baz-çiftinin oluşturduğu, oldukça yoğun bölgelerin daha az yoğun olan DNA linkırları ile ayrıldığı yapılardan oluşmaktadır. Herbir nükleozomun içerisinde, DNA molekülleri bir grup histon proteinlerin etrafına dolanarak oldukça düzenli ve tekrarlamalı yapılar oluştururlar. Nükleozomların fonksiyonlarından birisi ise çok uzun olan DNA moleküllerinin daha yoğun hale gelerek hücre içerisine paketlenmesini sağlamaktır. Örneğin, insan hücresindeki kromozomlarda bulunan DNA moleküllerinin tamamı açılarak uç uca eklenmiş olsa idi yaklaşık 2 m uzunluğa sahip olurdu. Halbuki bu DNA molekülleri, toplam uzunluğu 200 μm olan 46 kromozom içerisine paketlenmiştir.

Ökaryotik organizmaların kromozomlarının organizasyonu ise genellikle prokaryotik organizmaların kromozomlarında bulunmayan iki özelliğe sahiptirler. Bu özellikler ise:

i. Parçalı (mozayik) genler: Ökaryotik organizmaların çoğunda tek bir polipeptid zincirinin sentezini sağlayan genler, DNA molekülü üzerinde kodlanmayan bölgeler ile bölünmüş durumdadır. Protein sentezinde kullanılmayan ve gen sekanslarının arasına girmiş olan bu DNA sekansları **intron** olarak, protein kodlayan DNA sekansları ise **ekson** olarak adlandırılmaktadır. Bir gen bölgesinde yer alan intron bölgelerin sayısı ise 0 ile 50 arasında değişmektedir. Transkripsiyon esnasında hem intron hem de ekson bölgeler transkribe olmaktadır fakat, daha sonra m-RNA (hn m-RNA) üzerinde bulunan intron bölgeler kesilerek çıkarılmakta ve sadece ekson bölgelerden oluşan olgun m-RNA, protein sentezinde kullanılmaktadır.

ii. Tekrarlamalı diziler: Ökaryotik organizmaların genomlarında, hücrenin bütün fonksiyonlarını gerçekleştirebilmesi için gerekli olan proteinlerin sentezini sağlayan DNA'dan daha fazla oranda DNA molekülü bulunmaktadır. Bu nedenle, ökaryotik DNA'lar birkaç sınıfa ayrılabilir. Bu sınıflar ise:

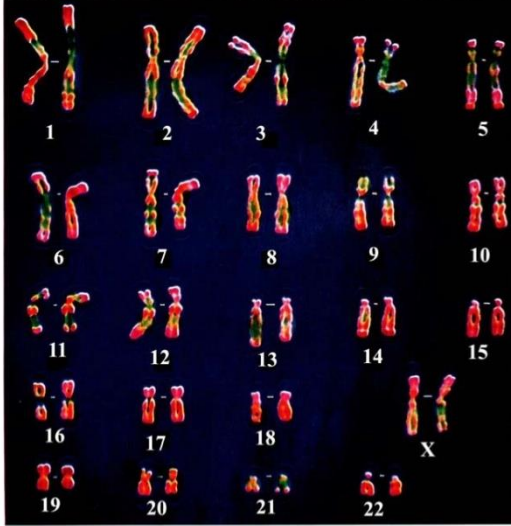
a. Tek kopya DNA: Bu DNA molekülleri, hücrenin temel proteinlerini kodlayan genlerdeki hem intron hem de ekson bölgelerini içermektedirler.

b. İlmli tekrarlamalı DNA: Birkaç ila çok sayıda tekrarlamalı dizi kopyaları içeren DNA'lar olup, hücredeki histonlar, immünoglobülinler, r-RNA ve t-RNA gibi bazı makromolekülleri kodlayan genleri içerirler.

c. Yüksek oranda tekrarlamalı (satellit) DNA: Çok sayıda tekrarlamalı dizi kopyaları içeren DNA molekülleridir. İnsanlarda DNA moleküllerinin yaklaşık %20-30'unu tekrarlamalı diziler oluşturmaktadır ve 500 bp'den oluşan bir dizi yaklaşık olarak 300 000 defa tekrarlanmaktadır. Yüksek oranda tekrarlamalı dizi içeren DNA moleküllerinin çoğunun fonksiyonu ise henüz bilinmemektedir. Buna rağmen, biyolojik çalışmalar sonunda ortaya konmuş olan gerçekler ise **sentral dogma** hariç, bazı farklılıkların bulunduğunu da göstermektedir. Örneğin, prokaryotik hücrelerin protein sentezlettiren gen bölgelerinde intronların varlığı bilinmemektedir fakat, bunlara oldukça ender olarak rastlanmaktadır ve bu intron bölgelerinin transkripsiyon birimi olan m-RNA'dan uzaklaştırılmaları ise ökaryotlarınkinden daha farklı bir proses ile gerçekleştirilmektedir. Prokaryotlarda tekrarlamalı DNA dizilerine de rastlanmıştır fakat, bu diziler r-RNA'yı kodlayan genlerde olduğu gibi düşük kopya sayılarında bulunmaktadır. Ayrıca, kısa fakat oldukça yüksek oranda bulunan tekrarlamalı diziler de bulunmaktadır. Örneğin, *E. coli*'nin genomunun neredeyse %1'ini oluşturan ve 38 bp'den meydana gelen, 500-1000 defa tekrarlanan diziler de bulunmaktadır.

Buna rağmen, iki genelleme hala doğruluğunu korumaktadır: Ökaryotik genomları parçalı genlere ve tekrarlamalı dizilere sahip olmakla karakterize edilirler.

Kromozom Sayısı ve Büyüklüğü



Bütün canlı türlerinin kendisine özgü kromozom sayısı, şekli, büyüklüğü, davranışı ve içyapısı vardır. Kromozom sayıları eşit olan türler olabilir ancak, bu türlere ait olan kromozomların çeşitleri, büyüklükleri ve gen içerikleri mutlaka birbirlerinden farklılıklar gösterir. Kromozomlar, her türün somatik hücrelerinde eşler halinde bulunur. Gametlerde ise her kromozomdan sadece bir tane bulunur. Gametler gibi yalnızca bir kromozom takımı içeren hücrelere **haploid**

hücreler somatik hücreler gibi iki kromozom takımı içeren hücrelere ise **diploid** hücreler denir. Diploid hücrelerdeki $2n$ sayıdaki kromozomlardan n sayıdaki kromozom anadan, diğer n sayıdaki kromozom ise babadan gelir. Her diploid kromozom takımında, aynı biçim ve aynı büyüklükte olan ve biri anadan diğeri ise babadan gelen ikişer kromozom bulunur. İnsanların vücut hücrelerindeki (diploid) kromozom sayısı $2n = 46$ 'dır. Bu kromozomların yarısı ($n = 23$ tanesi) yumurta hücresi kanalı ile anneden, diğer yarısı da ($n = 23$ tanesi) sperm aracılığı ile babadan alınır. Bir diğer deyişle, insan somatik hücrelerinde 23 çift kromozom vardır. Bu kromozom çiftleri 1 ile 23 arasında numaralandırılır. Her kromozom çiftinde, aynı özellikten sorumlu genler bulunur ve bunlara **homolog kromozomlar** denir. Ancak, homolog kromozomlardaki aynı özellikten sorumlu anne ve babaya ait genlerin farklı varyasyonları olabilir. Örneğin, göz rengi için anne siyah, baba ise kahverengi veya boy uzunluğu için anne kısa, baba uzun boyluluk genlerini taşıyabilir. Bu nedenle, doğan çocuklar bazı özellikleri nedeni ile anneye, bazı özellikleri nedeni ile de babaya, bazı özellikleri nedeni ile de her iki taraftan daha önceki kuşaklara benzeyebilirler

İnsanlarda $2n = 46$ kromozomdan 44 tanesi vücuda ait özellikleri ve karakterleri belirleyen genleri içermektedir ve bunlara **otozom** denir. Diploid otozomlarda, her homolog kromozom çifti aynı boydadır. Diğer bir çift kromozom ise erkeklerde XY (heterogametik), dişilerde XX

(homogametik) şeklindedir ve cinsiyetin belirlenmesinden sorumlu oldukları için **gonozom** olarak adlandırılırlar. İnsanla birlikte memeliler ve bazı böceklerde, erkek bireyde gonozom çifti homolog değildir (XY), dişilerde ise gonozom çifti homologtur (XX). Diğer bir tip erkek birey, kuşlarda, bazı reptillerde ve balıklarda görülen XO tipidir. Bunlarda Y kromozomu bulunmaz ve dişiler yine XX'dir. Gametler, somatik hücrelerin yarısı kadar (n) kromozom taşırlar.

Ökaryotik organizmalar arasında en az kromozom sayısı ise *Ascaris megalocephala univalens*'de $n = 1$, *Ascaris megalocephala bivalens*'de $n = 2$ bulunmuştur. *Culex pipiens*'de (sivrisinek) $n = 3$; *Drosophila melanogaster*'de $n = 4$; *Caenorhabditis elegans* (yuvarlak solucan), *Musca domestica* (ev sineği) ve *Vicia faba*'da (bakla) $n = 6$; *Aspergillus nidulans* (siyah ekmek küf) ve *Allium cepa*'da (soğan) $n = 8$; *Felis domesticus*'da (kedi) $n = 19$; *Mus musculus*'da (ev faresi) $n = 20$; *Homo sapiens*'de (insan) $n = 23$; *Rhesus maccacus* (maymun), *Pan troglodytes* (şempanze) ve *Solanum tuberosum*'da (patates) $n = 24$; diğer maymunlarda $n = 27$; *Gallus domesticus* (tavuk) ve *Canis familiaris*'de (köpek) $n = 39$ kromozom bulunurken, protozoanın bir grubu olan Agregata'da $n = 300$ 'den fazla kromozom bulunmaktadır. Bu da göstermektedir ki, organizmaların kromozom sayıları ile bu organizmaların mükemmellikleri arasında bir ilişki bulunmamaktadır.

Mitoz bölünme sırasında homolog kromozomlar, daima yan yana bulunmayabilirler. Çünkü, kromozomlar birbirinden bağımsız olup, çekirdeğin herhangi bir yerini işgal edebilirler. Her canlı grubunun çekirdeğinde bulunan ve belli bir kromozom takımı teşkil eden kromozom serisine **karyotip** denir. Her ferdin, her türün, cinsin ve daha geniş grupların karyotipleri kendilerine özgü olur. Karyotiplerin çizimi ile elde edilen şemaya **idiyogram** denir. İdiyogramda homolog kromozomlar büyükten küçüğe doğru olmak üzere dizilirler.

Kromozom büyüklükleri oldukça sabittir. Bir kromozomun uzunluğu 0,2-50 μm arasında, çapı ise 0,2-2 μm arasında değişir. 30-50 μm uzunluğundaki kromozomlara, genellikle tohumlu bitkilerde rastlanır. İnsan kromozomlarının uzunlukları ise genellikle 4-6 μm olur. En küçük kromozomlara ise genellikle kuşlarda ve mantarlarda rastlanır. Dipterilerin dört çift tükürük bezi kromozomlarının toplam uzunlukları ise 2 mm kadardır. Bu büyüklükteki kromozomlara ise **dev kromozom** adı verilmektedir.

Hücrelerde bulunan kromozom takımlarının, oğul hücrelerde devamlılığı ise mitoz bölünmeyle sağlanmaktadır. Somatik hücrelerin çekirdeği, mitoz ile öyle bir şekilde bölünür ki, bölünme sonucunda meydana gelen her iki oğul hücre de ana hücredeki kromozomların tam

birer kopyasına sahip olurlar. Böylece, türe özgü olan $2n$ kromozom sayısı, birbirini izleyen döllerde korunmuş olur. Somatik hücreler, gametlerin (sperm ve yumurta) birleşmesiyle oluşan zigotun mitoz bölünmesi ile oluştuğu için organizmalar, zigottaki gibi kromozom sayısı $2n$ olan çekirdekli hücrelerden oluşurlar.

İnterfazın S safhasında, DNA sentezlenmesi ve replikasyonu ile genetik materyal iki katına çıkarılır. Mitoz bölünmenin profaz, metafaz, anafaz ve telofaz adı verilen çeşitli evrelerinde ise iki katına çıkarılmış olan genetik materyal mekanik olarak ikiye ayrılır ve eşit olarak oğul hücrelere taksim edilir. Böylece, bölünme sonucunda oluşan yeni hücreler yine diploid kromozom sayısına sahip olurlar.