HÜCRE BÖLÜNMELERİ VE ÜREME

Temel Kavramlar ve Hücre Döngüsü

Ders İçeriği:

- **Ünite:** 10. Sınıf / TYT - AYT Biyoloji
- **Konu Kapsamı:**
  - Genetik Materyalin Organizasyonu (DNA → Kromozom)
  - Hücre Bölünmesinin Nedenleri (Yüzey/Hacim İlişkisi)
  - Hücre Döngüsü ve İnterfaz (G_1, S, G_2)
  - Mitoz Bölünme Evreleri ve Sitokinez
- **Hedef:** Canlıların ortak özelliklerinden biri olan üremeyi ve hücresel bölünme mekanizmalarını moleküler düzeyde kavramak.

[DİKKAT KUTUSU]: Bu ders notları, ezberden ziyade biyolojik olayların neden-sonuç ilişkisine (Mekanizma → Sonuç) odaklanmanız için yapılandırılmıştır. Özellikle 'DNA Miktarı' ve 'Kromozom Sayısı' değişimlerine dikkat ediniz.

Genetik Materyalin Organizasyonu: Küçükten Büyüğe

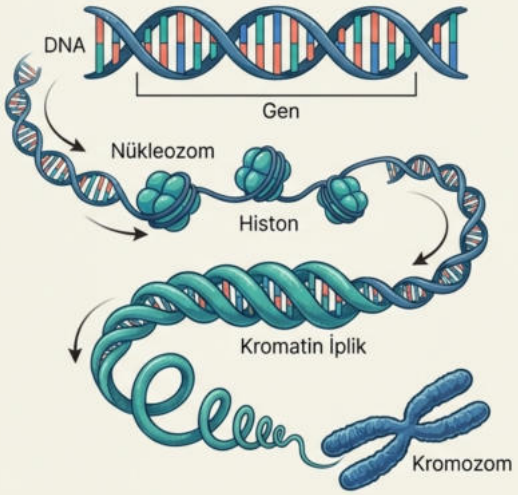
Nükleotit
Nükleik asitlerin (DNA/RNA) yapı birimidir. Organik baz, şeker ve fosfat grubundan oluşur.

Gen
DNA üzerinde bulunan, belirli bir sayıda nükleotitten oluşan ve kalıtsal bir karakteri şifreleyen anlamlı parçadır.

DNA (Deoksiribo Nükleik Asit)
Organizmanın tüm genetik bilgisini (genom) içeren yönetici moleküldür.

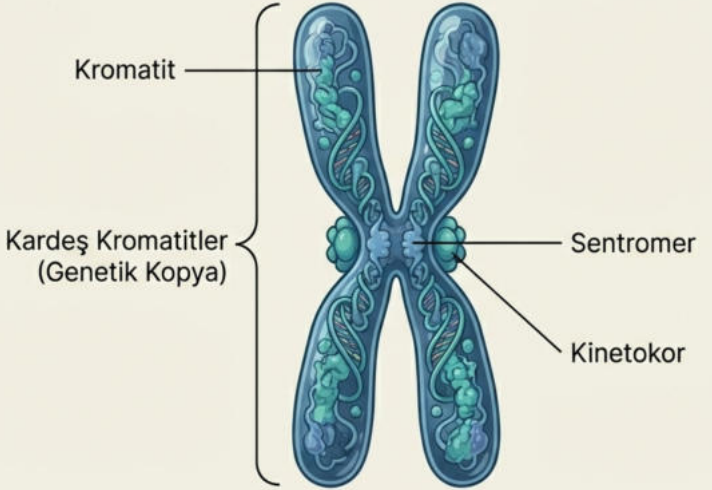
Kromatin İplik
Ökaryot hücrelerde DNA'nın histon proteinleri etrafına sarılarak oluşturduğu dağınık, ağ görünümlü yapıdır (Nükleoprotein kompleks).

Kromozom
Hücre bölünmesi sırasında kromatin ipliklerin kısalıp kalınlaşarak ve özel katlanmalar yaparak oluşturduğu yoğunlaşmış yapıdır.



[DİKKAT KUTUSU]
Kromatin iplik ve kromozom genetik içerik olarak aynıdır. Tek fark, kromozomun bölünme esnasında hareket kolaylığı sağlamak için paketlenmiş (yoğunlaşmış) halidir.

Kromozomun İnce Yapısı ve Terminoloji



Kromatit: Eşlenmiş bir kromozomun iki parçasından her biridir.

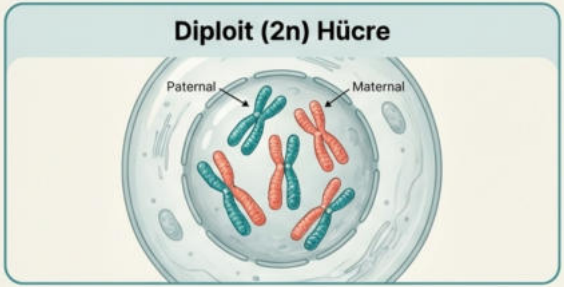
Kardeş Kromatit: Replikasyon (DNA eşlenmesi) sonucu oluşan, genetik bilgisi birbirinin kopyası olan iki kromatit yapısıdır.

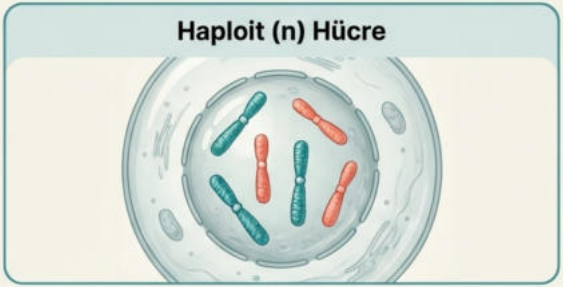
Sentromer: Kardeş kromatitleri bir arada tutan boğum bölgesidir.

Kinetokor: Sentromer bölgesinde bulunan, iğ ipliklerinin bağlandığı özel protein kompleksleridir.

[DİKKAT KUTUSU]
Kromozom sayarken sentromer sayısına bakılır. Bir hücrede kaç sentromer varsa o kadar kromozom vardır. Eşlenmiş (iki kromatitli) bir yapı hala '1 Kromozom' olarak kabul edilir.

Homolog Kromozomlar ve Ploidi (n / 2n) Kavramı

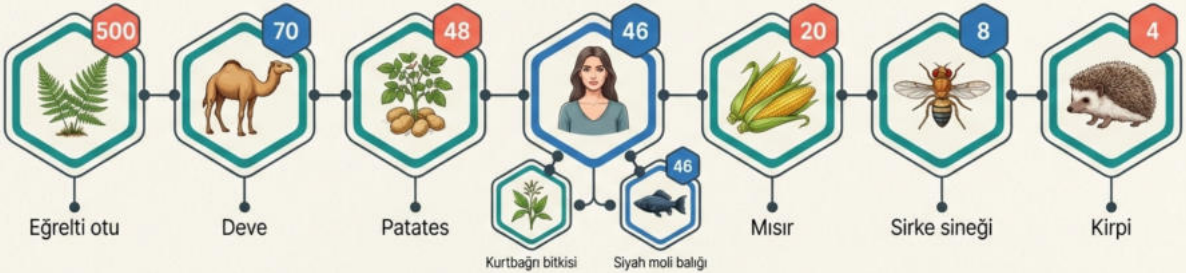




- **Homolog Kromozom:** Diploit canlılarda biri anneden (yumurta), diğeri babadan (sperm) gelen, karşılıklı lokuslarında aynı karaktere etki eden alelleri taşıyan kromozom çiftidir.
  - Şekil, büyüklük ve sentromer konumları genellikle aynıdır.
- **Diploit (2n) Hücre:** Homolog kromozom çiftlerini bir arada bulunduran hücrelerdir (İki takım kromozom). **Örnek:** Zigot, Soma (Vücut) hücreleri.
- **Haploit / Monoploit (n) Hücre:** Homolog kromozom çifti içermeyen, tek takım kromozom bulunduran hücrelerdir. **Örnek:** Gametler (Sperm/Yumurta), Erkek arı.

[DİKKAT KUTUSU]: Homolog kromozomlar sadece diploit (2n) hücrelerde bir arada bulunur. Haploit (n) hücrelerde homolog kromozom çifti yoktur.

Canlılarda Kromozom Sayısı ve Gelişmişlik İlişkisi



- **Tür İçi Sabitlik:** Aynı türün sağlıklı bireylerinde kromozom sayısı kural olarak sabittir (Örn: İnsan 2n=46).
- **Farklı Türler:** Farklı türden canlılar aynı kromozom sayısına sahip olabilir (Örn: Moli balığı ve İnsan 2n=46).
- **Gelişmişlik İlişkisi:** Kromozom sayısı ile canlının gelişmişlik düzeyi veya vücut büyüklüğü arasında bir ilişki yoktur.
  - Eğrelti Otu (500) > İnsan (46)
- **Sonuç:** Gelişmişliği belirleyen faktör kromozom sayısı değil, genlerin niteliği ve dizilişidir.

[DİKKAT KUTUSU]: Eğrelti otunun kromozom sayısının (500) insandan fazla olması, onun daha gelişmiş bir canlı olduğunu göstermez.

Kromozom Formülleri: Otozom ve Gonozom

- **Otozom:** Cinsiyet belirlemeyen, vücut özelliklerini kontrol eden kromozomlardır.
- **Gonozom:** Cinsiyetin belirlenmesinde rol oynayan eşey kromozomlarıdır (X ve Y).

İnsan İçin Kromozom Formülleri (2n=46)

Dişi Birey: 44 + XX

Otozom Gonozom

Erkek Birey: 44 + XY

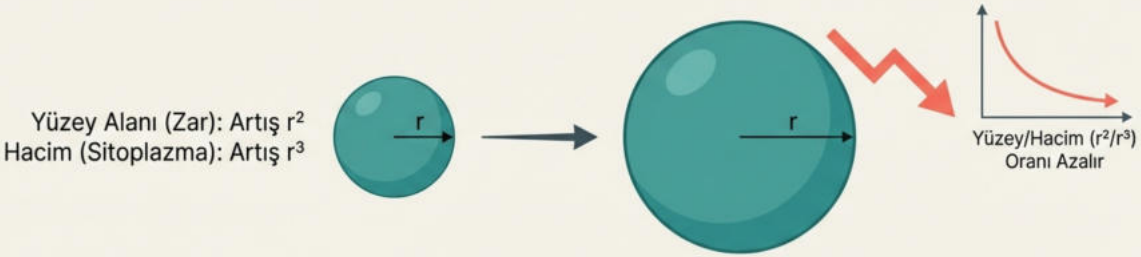
Otozom Gonozom

Gamet (Üreme Hücresi) Formülleri (n=23)

- **Yumurta: 22 + X**
- **Sperm: 22 + X veya 22 + Y**

[DİKKAT KUTUSU]: Diploit bir canlıda genellikle 2 gonozom bulunurken, haploit bir hücrede (gamet) sadece 1 gonozom bulunur. Otozom sayısı ise toplam kromozom sayısından gonozomların çıkarılmasıyla bu

Hücre Bölünmesinin Nedenleri - 1: Fiziksel Sınırlar



Yüzey/Hacim Oranının Bozulması:

- Hücre büyüdükçe yarıçapı (r) artar.
- Yüzey alanı r^2 oranında artarken, Hacim r^3 oranında artar.
- **Sonuç:** Hücre zarı, artan sitoplazmanın besin, gaz ve atık madde alışverişini karşılayamaz hale gelir.

Sonuçları:

- Hücre, yüzey alanını artırmak ve hacmini dengelemek için bölünmek zorundadır.

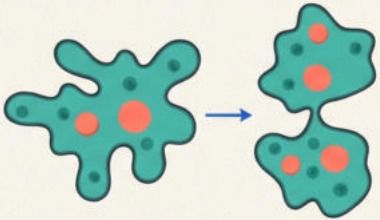
[DİKKAT KUTUSU]: Hücrenin bölünmesi için belirli bir büyüklüğe ulaşması şarttır; ancak tek neden büyüme değildir, DNA'dan gelen emir de gereklidir.

Hücre Bölünmesinin Nedenleri - 2: Yönetim ve Deneyler

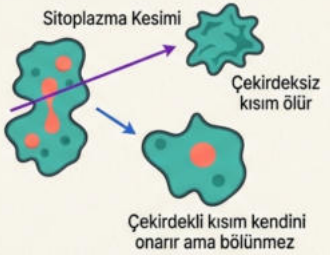
Çekirdek Kontrolünün Azalması: Sitoplazma aşırı büyüdüğünde çekirdek, hücreyi yönetmekte yetersiz kalır.

Amip Deneyleri (Kanıtlar):

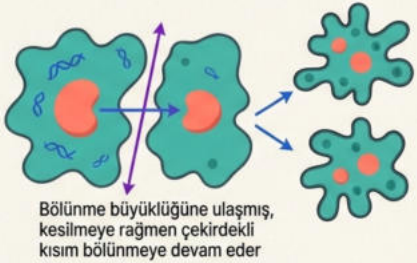
Control: Normal Amoeba → Divides



Deney 1 (Bölünme Olgunluğu Öncesi):

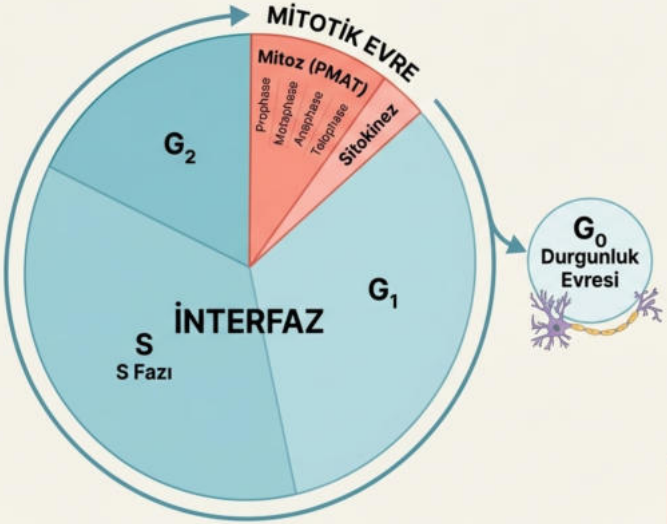


Deney 2 (Bölünme Olgunluğu Sonrası):



Çıkarım: Hücre belirli bir büyüklüğe ulaşıp DNA replikasyonu (bölünme emri) gerçekleştikten sonra sitoplazma hacmi azaltılsa bile bölünme durdurulamaz.

Hücre Döngüsü (Cell Cycle): Genel Bakış



Tanım: Yeni oluşmuş bir hücrenin, büyüyüp gelişerek tekrar bölünmesi sürecine kadar geçirdiği olayların tamamıdır.

Döngünün Evreleri:

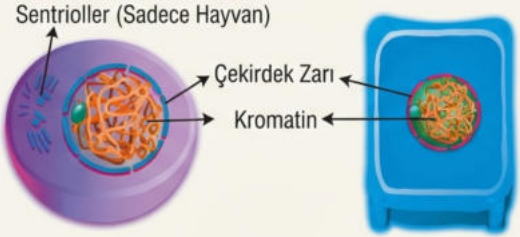
1. **İnterfaz (Hazırlık):** Döngünün en uzun kısmıdır (Metabolizma ve büyüme).
2. **Mitotik Evre:** Bölünmenin gerçekleştiği kısa evredir (Mitoz + Sitokinez).

- **G_0 Durgunluk Evresi:** Bölünme yeteneğini kaybetmiş veya durdurmuş hücrelerin (Örn: Olgun sinir, kas hücreleri) bulunduğu evredir.

[DİKKAT KUTUSU]: Embriyonik hücrelerde döngü çok hızlıdır. G_1 ve G_2 (büyüme) evreleri atlanır, DNA eşlenip hücre hemen bölünür. Bu yüzden embriyo hücreleri her bölünmede küçülür.

İnterfaz Evresi: Bölünmeye Hazırlık

Genel Özellikler: Metabolik faaliyetlerin hızlandığı (ATP, protein sentezi) ve organel sayısının arttığı evredir.



G_1 Evresi: Hücrenin hızla büyüdüğü, RNA ve protein sentezinin yoğunlaştığı evredir.

S Evresi (Sentez): DNA Replikasyonu (eşlenmesi) bu evrede gerçekleşir.
- Bu evre sonunda DNA miktarı iki katına çıkar.
- Kardeş kromatitler oluşur.

G_2 Evresi: Bölünme için son hazırlıklar tamamlanır. Hayvan hücrelerinde sentrozom eşlenmesi görülür.

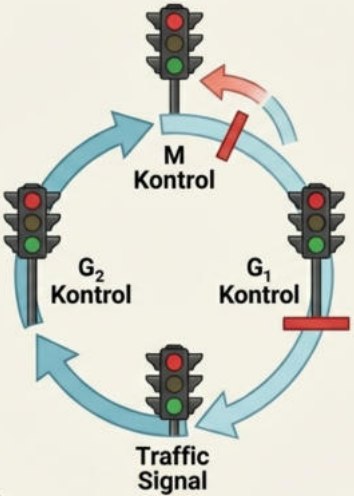
[DİKKAT KUTUSU]
Bir hücrenin bölüneceğinin kesin kanıtı, S evresinde DNA Replikasyonunun gerçekleşmiş olmasıdır.

Hücre Döngüsünün Kontrolü ve Kanser

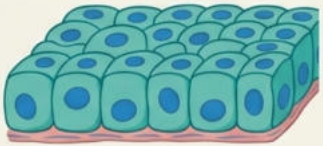
Kontrol Noktaları: Döngünün hatasız işlemesi için G_1, G_2 ve M noktalarında 'Dur' veya 'Devam Et' sinyalleri verilir.
- Örn: DNA hasarlıysa veya büyüme yetersizse döngü durdurulur.

Kontakt İnhibisyon: Sağlıklı hücreler hücreler birbirine temas ettiğinde bölünmeyi durdurur.

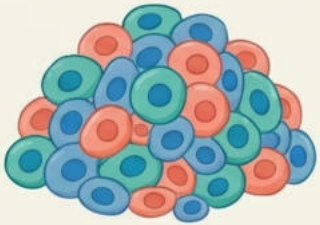
Kanserleşme: Hücre döngüsü kontrolünün bozulması durumudur.
- Hücreler sinyallere cevap vermez ve kontrolsüzce bölünür.
- Kontakt inhibisyon görülmez, hücreler üst üste yığılarak tümör oluşturur.



Kontakt İnhibisyon Var



Tümör / İnhibisyon Yok

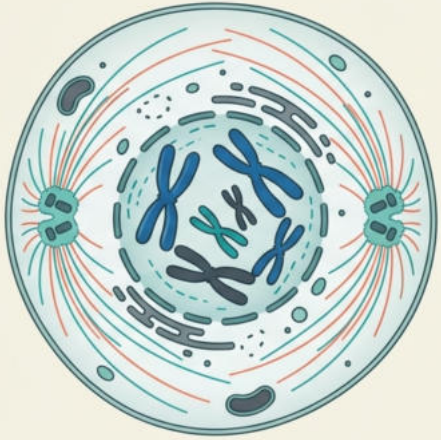


Mitoz Bölünme: 1. Profaz (Hazırlık ve Kurulum)

- **Mitoz (Karyokinez):** Çekirdek bölünmesidir.

  Profaz Evresinde **Gerçekleşenler:**

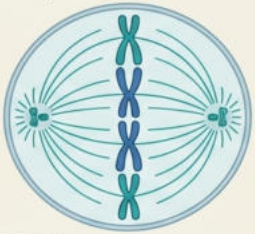
  - Kromatin iplikler kısalıp kalınlaşarak belirgin kromozomlara dönüşür.
  - Çekirdek zarı ve çekirdekçik eriyerek kaybolur.
  - Endoplazmik retikulum (ER) parçalanır.
  - **İğ İplikleri Oluşumu:** Hayvanlarda sentrozomlar zıt kutuplara giderken; Bitkilerde sitoplazmik proteinlerce oluşturulur.
  - İğ iplikleri kromozomların kinetokorlarına bağlanır.



⚠ **[DİKKAT KUTUSU]:** Profaz, mitozun en uzun süren evresidir. Kromozomlar bu evrede belirginleşmeye başlar.

Mitoz Bölünme: 2. Metafaz ve 3. Anafaz

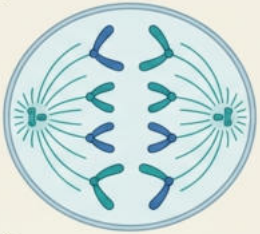
Metafaz (Hizalanma):



Metafaz (Hizalanma):

- Kromozomlar hücrenin ekvatoral düzlemine yan yana dizilir.
- Kromozomların en net görüldüğü evredir (Karyotip analizi).

Anafaz (Ayrılma):



Anafaz (Ayrılma):

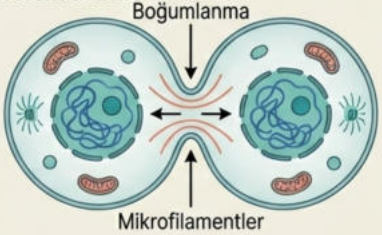
- Sentromerlerin bölünmesiyle Kardeş Kromatitler birbirinden ayrılır.
- İğ ipliklerinin kısalmasıyla kardeş kromatitler zıt kutuplara çekilir.
- **Kritik Nokta:** Ayrılan her kromatit artık bağımsız bir "Kromozom" sayılır. Bu nedenle Anafaz evresinde kromozom sayısı geçici olarak iki katına çıkar.

⚠ **[DİKKAT KUTUSU]:** Mitozda kalıtsal çeşitlilik oluşmamasının ve genetik bilginin aynen aktarılmasının temeli, Anafaz evresindeki kardeş kromatit ayrılmasıdır.

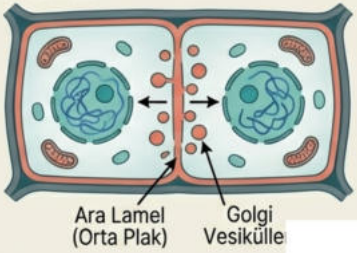
Mitoz Bölünme: 4. Telofaz ve Sitokinez

- **Telofaz (Ters Profaz):**
  - Kromozomlar tekrar uzayarak kromatin iplik haline döner.
  - Çekirdek zarı ve çekirdekçik yeniden oluşur. İğ iplikleri kaybolur.
- **Sitokinez (Sitoplazma Bölünmesi):**
  - **Hayvan Hücresinde:** Mikrofilamentler (Aktin) sayesinde dıştan içe boğumlanma ile gerçekleşir.
  - **Bitki Hücresinde:** Hücre çeperi sert olduğu için boğumlanma olmaz. Golgi'den gelen vesiküllerle merkezden dışa doğru ara lamel (orta plak) oluşumu ile bölünür.

Hayvan Hücresinde

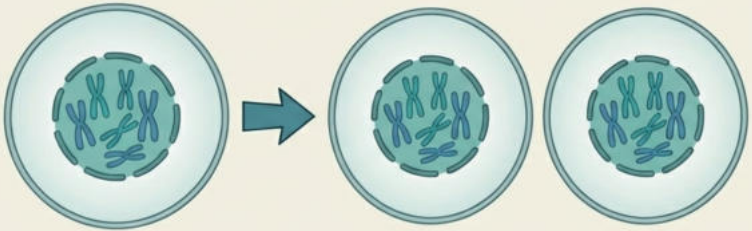


Bitki Hücresinde



Mitoz Bölünmenin Genel Sonuçları ve Önemi

Bir Ana Hücre (2n) → **İki Özdeş Yavru Hücre (2n, 2n)**



One Parent Cell (2n)

- **DNA Dizilimi:** Aynı
- **Kromozom Sayısı:** Aynı
- **Organel Sayısı:** Farklı Olabilir
- **Sitoplazma Miktarı:** Farklı Olabilir

Oluşan Hücreler: Bir ana hücreden, genetik yapısı birbirinin aynısı iki yeni hücre oluşur.

Kromozom Sayısı: Değişmez (2n → 2n).

Kalıtsal Çeşitlilik: Mutasyon gerçekleşmediği sürece varyasyon yoktur.

Canlılardaki İşlevi:
- **Tek Hücrelilerde:** Eşeysiz Üreme.
- **Çok Hücrelilerde:** Büyüme, gelişme ve doku onarımı (rejenerasyon).

⚠ **[DİKKAT KUTUSU]:** Mitoz bölünme n (haploit), 2n (diploit) veya 3n (triploit) kromozomlu hücrelerde görülebilir. Mayoz ise sadece 2n hücrelerde görülür.