



**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN-EDEBİYAT FAKÜLTESİ
MOLEKÜLER BİYOLOJİ VE GENETİK
BÖLÜMÜ**

HÜCRE BİYOLOJİSİ

Doç.Dr. Banu Mansuroğlu
İstanbul

Kaynak:Cooper and Hausman, Hücre Moleküler Yaklaşım. Çeviri
Editörleri Sakızlı ve Atabey, 2006.

HÜCRE BİYOLOJİSİNE GİRİŞ

I. HÜCRELERİN KÖKENİ ve EVRİMİ

II. İLK HÜCRE

III. METABOLİZMANIN EVRİMİ

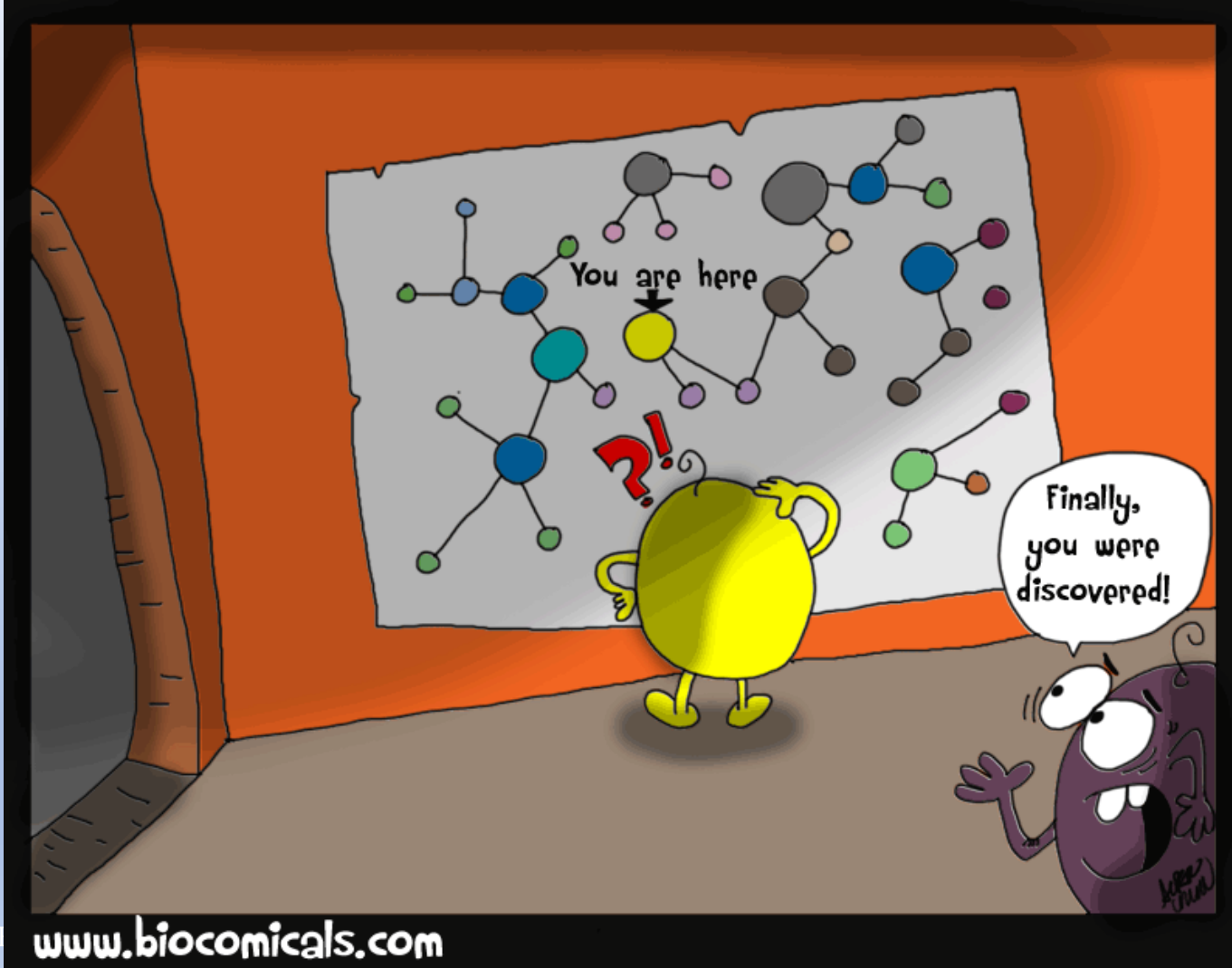
IV. PROKARYOTLAR

V. ÖKARYOT HÜCRELER

VI. HÜCRELERİN EVRİMİ

VII. ÇOK HÜCRELİ ORGANİZMALARIN GELİŞİMİ

HÜCRE BİYOLOJİSİNE GİRİŞ



- Hücre biyolojisini anlamada; hücreler arasındaki farklılıkların ve benzerliklerin bilincinde olmak önemli bir yer tutar.
- Tüm hücreler evrim süresince korunmuş ortak, temel özelliklere sahiptirler. Örnek olarak tüm hücreler genetik materyal olarak DNA kullanırlar, plazma zarıyla kuşatılmışlardır ve enerji metabolizmaları için aynı basit mekanizmaları kullanırlar.
- Diğer yandan günümüz hücreleri çeşitli farklı yaşam biçimleri geliştirmişlerdir. Bakteri, maya ve amip gibi bir çok canlı kendi başına çoğalabilen tek hücrelerden oluşurlar.
- Daha karmaşık organizmalar; farklı hücrelerin belirli görevleri yerine getirmek üzere özelleştiği, koordine bir şekilde işlev gören hücre topluluklarından oluşmuştur. Örneğin, insan bedeni her biri; hafıza, görme, hareket ve sindirim gibi birbirinden farklı işlevler için özelleşmiş 200 'den fazla çeşitte hücreye sahiptir.

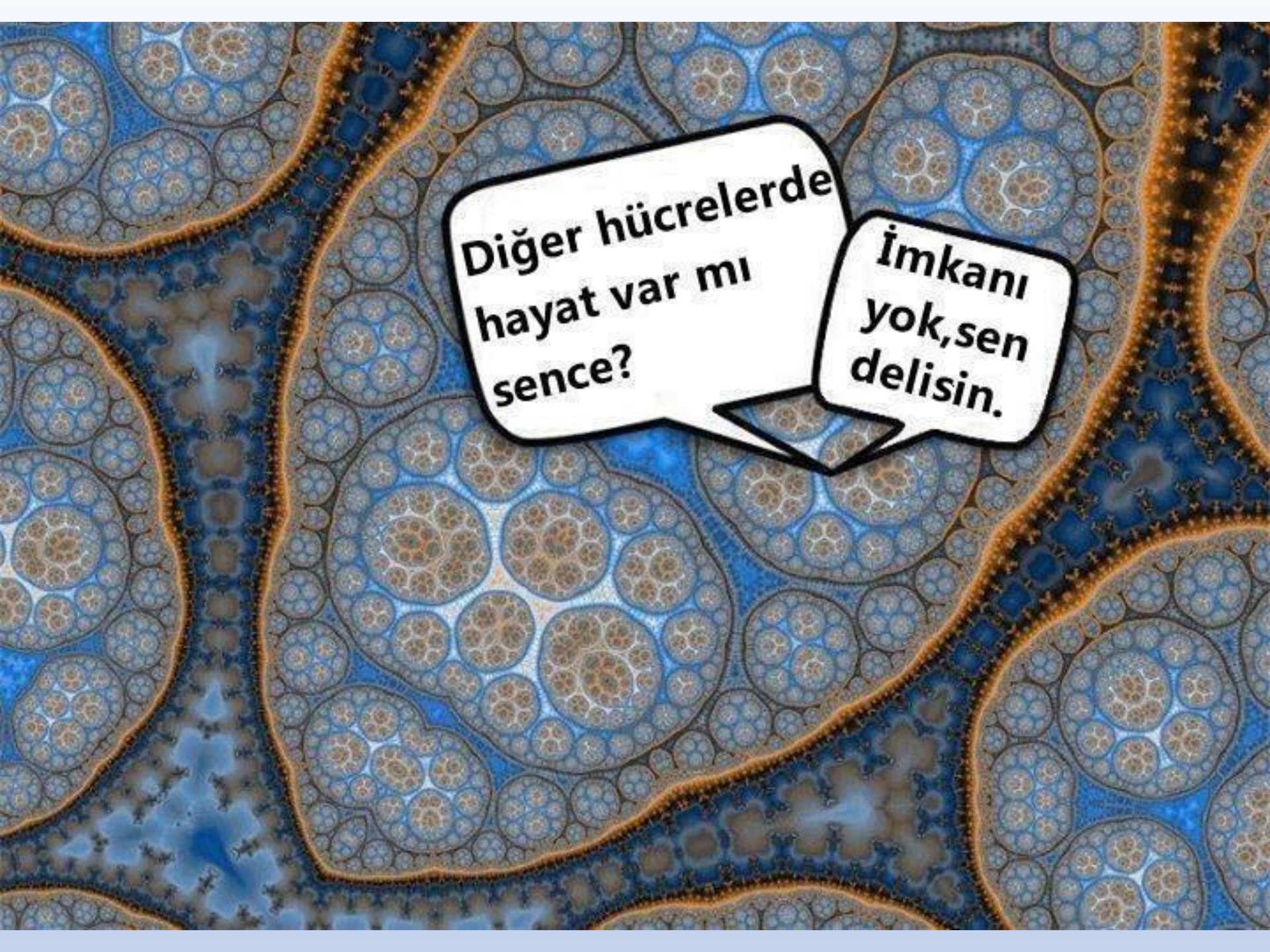
I.HÜCRELERİN KÖKENİ ve EVRİMİ

Hücreler önceleri çekirdek içerip içermediklerine göre tanımlanan iki ana sınıfa ayrılır:

1- Prokaryot hücreler :

Prokaryot hücreler plazma zarı ile çevrelenmiş kapalı tek bir kompartmana sahip olup, belirgin nucleus taşımazlar.nükleer kılıftan yoksundurlar. Prokaryotlar bakteri ve arkeaları içerirler. Prokaryotların birçok çeşitte temsil ettiği bakteriler tek hücreli, organizmalardır; siyanobakteriler (veya mavi yeşil algler) tek hücre veya hücrelerin filamentli zincirleri şeklinde olabilirler. Her ne kadar bakteriler zarla çevrili kompartmanlara sahip değillerse de, onların sulu iç ortamlarında yani sitozollerinde birçok proteinin belirli biçimde lokalize olması, bu hücrelerin de bir iç organizasyona sahip olduğunu göstermektedir.

Her ne kadar prokaryotlar bireysel olarak küçüklerse de, bu canlılar dünyanın biyokütlesinin büyük bir kısmını oluştururlar. Tek bir *Escherichia coli* bakterisinin kuru ağırlığı 25×10^{-14} g olduğu halde, ortalama insan vücudunda yaklaşık 1-1.5 kg bakteri bulunur. Bu ağırlık 4×10^{17} sayıda bireysel organizmaya denk gelir. Prokaryotik organizmalar okyanusların 7 mil (yaklaşık 10 km) derinliklerinde ve atmosferin 40 mil yüksekliklerinde bulunabilirler, bulundukları ortama uyumludurlar. Tüm bakterilerde bulunan karbon miktarı neredeyse tüm bitkilerdeki kadardır.

The background is a detailed, colorful microscopic image showing various cellular structures. There are large, circular cells with complex internal patterns, some with a blueish tint and others with a more golden-brown hue. The cells are interconnected by a network of fine, brownish lines. Two white speech bubbles with black outlines are positioned in the upper right quadrant. The first bubble is larger and contains the text 'Diğer hücrelerde hayat var mı sence?'. The second bubble is smaller and contains the text 'İmkani yok, sen delisin.'.

**Diğer hücrelerde
hayat var mı
sence?**

**İmkani
yok, sen
delisin.**

2- Ökaryot hücreler:

Prokaryotik hücrelerden farklı olarak ökaryot hücreler içindeki genetik maddeyi stoplazmadan ayıran bir nukleusa sahiptir. Prokaryot hücreler genellikle ökaryot hücrelerden daha küçük ve daha basit yapıdadırlar; nukleustan yoksun olmaları yanı sıra, genomları daha az karmaşıktır, stoplazmik organellere ve hücre iskeletine sahip değildir.

Bu farklılıklara rağmen, günümüz tüm hücrelerinin, başlangıçtaki tek bir ortak atadan türediklerini belirtir şekilde, hem prokaryotların hem ökaryotların yaşamı aynı temel mekanizmalarla yönetilir. Hücrenin palama zarı ve nukleusu arasındaki bölge sitoplazma olup sitozölü (sulu faz) ve organeller içerirler.

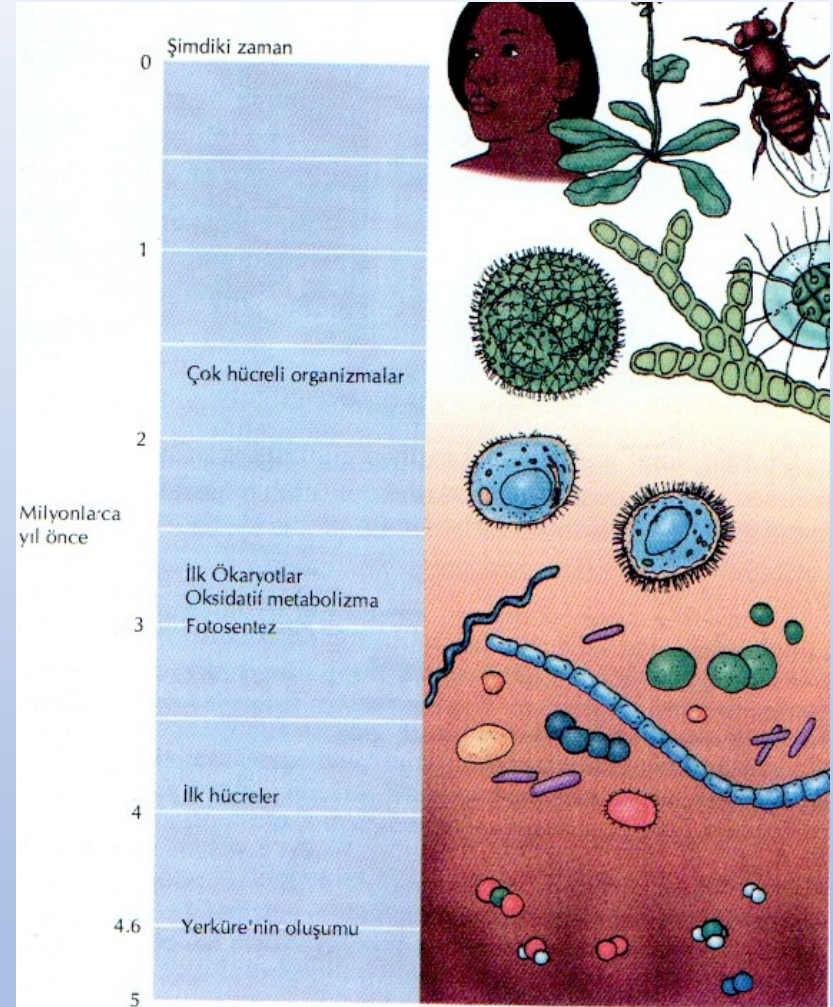
Ökaryotlar, hem çok hücreli (küfler) ve hem de tek hücreli (maya) formlarında bulunabilen funguslar ve genellikle tek hücreli olan protozoonlar dahil olmak üzere bitki ve hayvanlar aleminin tümünü kapsar. Ökaryotlar genellikle bakterilerden çok daha büyük olup yaygın olarak 10-100 mikrometre kadardır. Bir bağ dokusu hücresi olan fibroblastlar yaklaşık 15 mikrometre olup hacim ve kuru ağırlığı ile bir E.coli bakterisinden binlerce kez büyüktür.

TABLO Prokaryot ve Ökaryot Hücreler

Özellik	Prokaryot	Ökaryot
Nükleus	Yok	Var
Tipik bir hücrenin çapı	$\approx 1\mu\text{m}$	$10 - 100\mu\text{m}$
Hücre iskeleti	Yok	Var
Sitoplazmik organeller	Yok	Var
DNA içeriği (baz çifti)	1×10^6 ila 5×10^6	1.5×10^7 ila 5×10^9
Kromozom	Tek çembersel DNA molekülü	Çok sayıda doğrusal DNA molekülleri

II. İLK HÜCRE

- Yaşam ilk olarak 3.8 milyar yıl önce, yerkürenin oluşumundan yaklaşık 750 milyon yıl sonra ortaya çıktı.

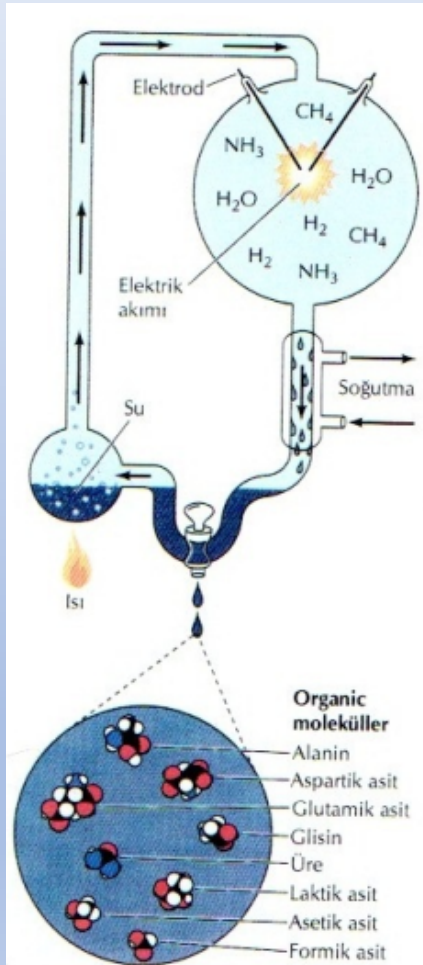


Skala, hücrelerin evriminde önemli olduğu düşünülen yaklaşık zamanlar

- İlk kez 1920 li yıllarda, ilkel yerküre atmosferinde var olduğu düşünülen koşullarda **basit organik moleküllerin** oluşabildiği ve kendi kendine **makro moleküllere** polimerize oldukları belirtilmiştir.

Evrimde I. Basamak:

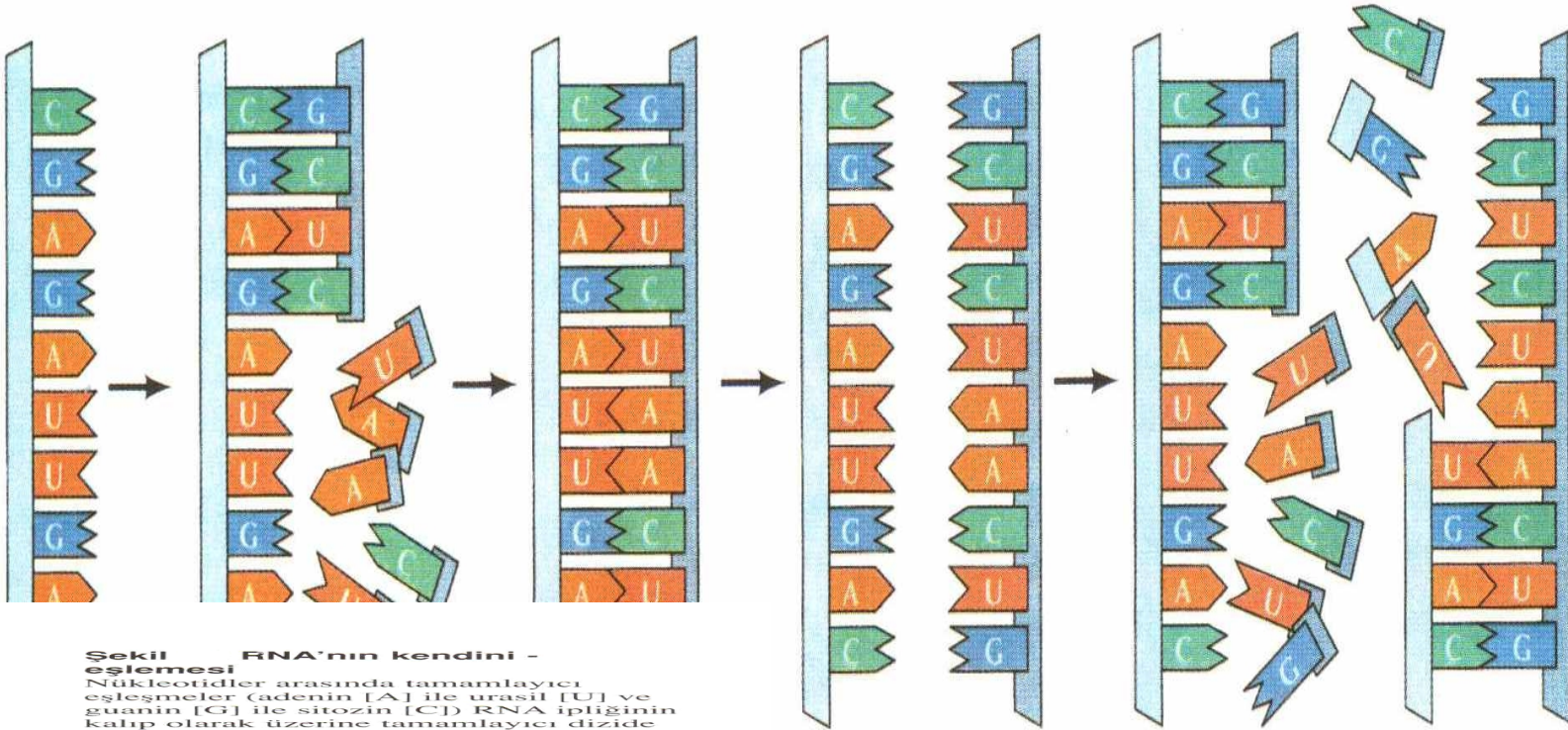
- Yaşamın oluşmaya başladığı zamanda; yerküre atmosferinin çok az veya hiç **serbest oksijen içermediği**, esas olarak **CO₂ ve N₂** den ibaret olduğu ve daha az miktarlarda **H₂, H₂S ve CO** gibi gazları içerdiği düşünülmektedir.
- Böyle bir atmosfer güneş ışını veya elektrik boşalması gibi bir enerji verildiğinde, organik moleküllerin kendiliğinden oluşabildiği **redükleyici** bir ortam sağlar.



Miller Deneyi: Elektrik kıvılcımları verilen CH_4 , NH_3 ve H_2 'den oluşmuş bir atmosfere su buharı püskürtüldü. Reaksiyon analizi, alanin, aspartik asit, glutamik asit, ve glisin dahil çeşitli organik moleküllerin oluşumunu ortaya çıkardı.

Evrimde II. Basamak:

- Evrimde ikinci basamak **makromoleküllerin** oluşumudur.
- Yaşamın başlangıcını sağlayan makromolekülün önemli özelliğinin, **kendini kopyalama yetisi olma** özelliği beklenir.
- Sadece, kendi yeni kopyalarının sentezini yapabilecek bir makro molekül **çoğalabilme ve daha fazla evrimleşme** yeteneğine sahip olacaktır.
- Günümüz hücrelerinde bulunan ve en önemli iki majör bilgi taşıyan makro molekül sınıfından (nükleik asitler ve proteinler), sadece **nükleik asitler** kendini eşleme yeteneğine sahiptirler.



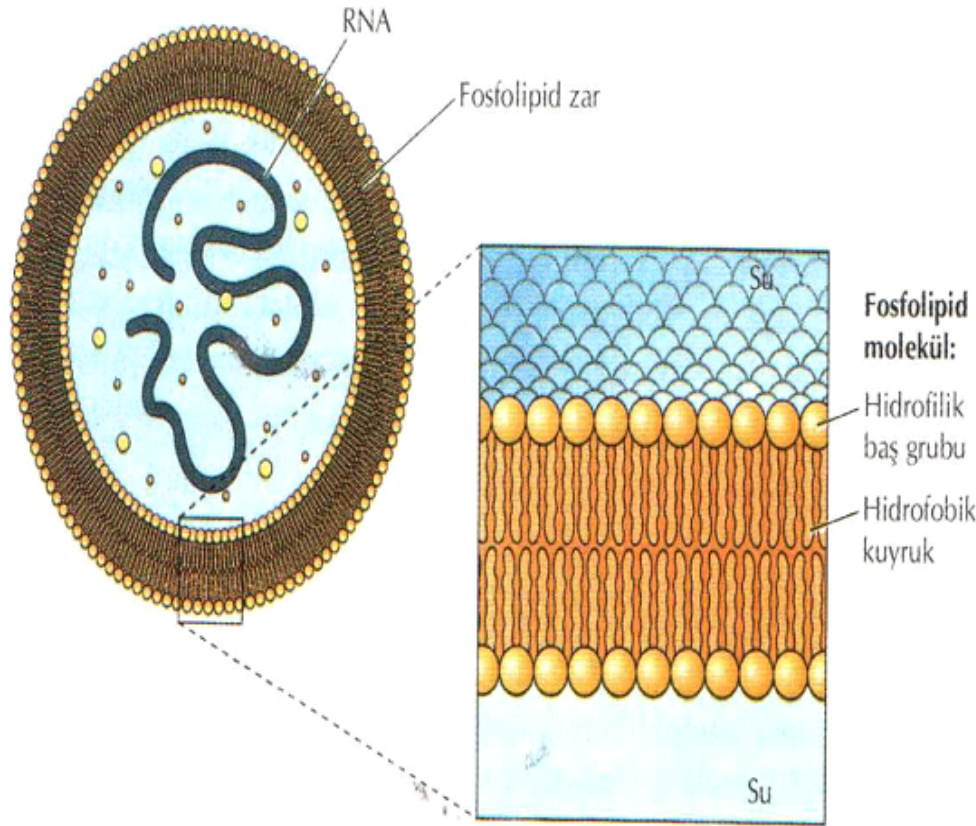
Şekil RNA'nın kendini - eşlemesi

Nükleotidler arasında tamamlayıcı eşleşmeler (adenin [A] ile urasil [U] ve guanin [G] ile sitozin [C]) RNA ipliğinin kalıp olarak üzerine tamamlayıcı dizide yeni bir iplik sentezlenmesine imkan sağlar.

Nükleik Asitler:

- Nükleik asitler, tamamlayıcı nükleotidlerin özgül eşleşmesi sayesinde kendi sentezlerine **kalıplık** yapabilirler.
- Daha sonraki çalışmalar da bir RNA kalıbından yeni bir RNA ipliğinin sentezini yöneten **RNA molekülleri** tanımlanmıştır.
- Böylece RNA hem **kendi replikasyonunu katalizleyip** hem de **kendi sentezine kalıplık** yapabilmektedir.
- Sonuç olarak **RNA dünyası** olarak adlandırılan bir dönemde; RNA'nın ilk genetik sistem olduğuna inanılmakta ve kimyasal evrimin erken evrelerinin kendini eşleyen RNA moleküllerinden temel aldığı sanılmaktadır.
- RNA ile aminoasitlerin kurala bağlı etkileşimleri daha sonraları günümüz genetik şifresine gelişmiş ve nihayet genetik madde olarak **DNA RNA'nın yerini** almıştır.

- **İlk hücrenin, kendini eşleyen RNA'nın fosfolipidlerden oluşan bir zarla kuşatılması sonucu ortaya çıktığı varsayılmaktadır.**



Şekil Kendini eşleyen RNA'nın bir fosfolipid zar ile kuşatılması

İlk hücrenin, kendini eşleyen RNA'nın ve ilişkili moleküllerin, fosfolipidlerden oluşan bir zarın içinde kuşatılmasıyla ortaya çıktığı düşünülmektedir. Her bir fosfolipid molekülü hidrofilik bir baş gruba bağlı iki uzun hidrofobik kuyruğa sahiptir. Hidrofobik kuyruklar lipid çift tabakaya gömülürken, hidrofilik başlar zarın her iki yanında suya açıktır.

Fosfolipidler:

- Fosfolipidler prokaryotik ve ökaryotik hücrelerin plazma zarları da dahil olmak üzere günümüz biyolojik zarların temel bileşenleridir.
- Zar oluşturan fosfolipidlerin en önemli özellikleri **amfipatik moleküller** olmalarıdır. Bunun anlamı molekülün bir kısmı suda çözünebilirken diğer kısmının çözünmemesidir.
- Fosfolipidlerin fosfat içeren ve suda çözünen (**hidrofilik**) baş gruplarıyla, bunlara bağlı suda-çözünmeyen (**hidrofobik**) uzun hidrokarbon zincirleri bulunur.

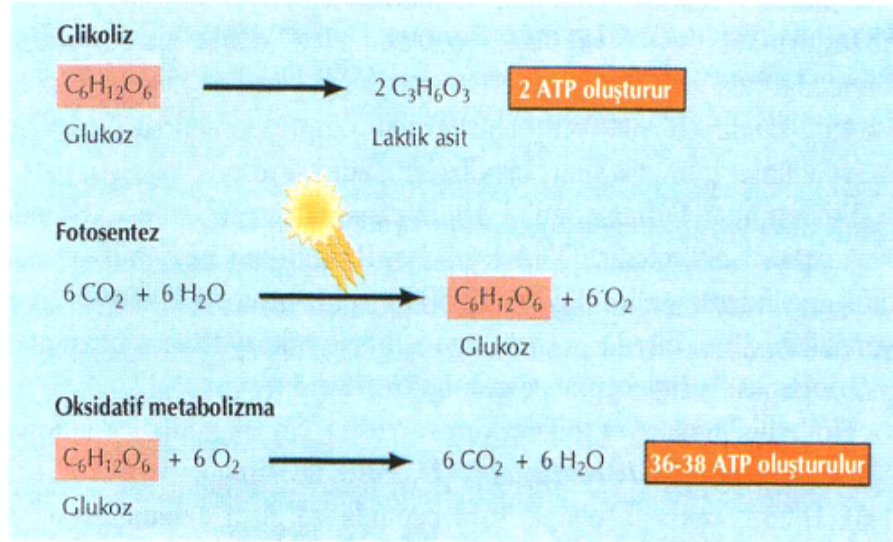
- Fosfolipidler suya konulduğunda; kendiliklerinden fosfat içeren baş grupları dışta suyla temasta, hidrokarbon kuyrukları içeride birbirleriyle temas edecek biçimde **bir çift tabaka** oluşturmak üzere biraraya toplanırlar.
- Böyle bir fosfolipid tabakası, iki sulu bölme arasında dayanıklı bir **bariyer** oluşturur. Örneğin; hücrenin iç kısmını dış çevresinden ayıran bir bariyer oluşumu gibi.
- Kendini eşleyen RNA'nın, ilişkili diğer moleküllerle birlikte fosfolipid zar içersine alınması, kendini çoğaltabilen ve daha ileri evrimleşebilen bir birim olarak korunmasını sağlamıştır.
- Aynı zamanda RNA-yönetimli protein sentezi de gelişmiş olabilir ve bu durumda ilk hücrenin, **kendini eşleyen RNA** ile **onun kodladığı proteinlerden** oluştuğu söylenebilir.

III. METABOLİZMANIN EVRİMİ

- Hücreler bir organik moleküller denizinden köken aldıkları için, besin ve enerjiyi doğrudan sağlayabiliyorlardı.
- Fakat hücrelerin enerji elde etmek ve çoğalmak için gerekli molekülleri sentezleyecek mekanizmalar geliştirmeleri gerekiyordu.
- Metabolik enerjinin elde edilmesi ve denetimli kullanımı tüm hücresel aktivitelerin temelidir ve enerji metabolizmasının ana yolları günümüz hücrelerinde büyük oranda korunmuştur.
- Tüm hücreler, hücresel bileşenlerini sentezlemek ve hareket gibi enerji gerektiren diğer etkinliklerini sürdürmek için, metabolik enerji kaynağı olarak **ATP** (adenozin 5'-trifosfat) kullanırlar.

Hücrelerin ATP Üretimi İçin Kullandıkları Mekanizmalar:

Hücrelerin ATP üretimi için kullandıkları mekanizmalar; **glikoliz, fotosentez ve oksidatif metabolizmanın** evrimsel gelişimi şeklinde 3 aşamada ortaya çıkmıştır. Bu metabolik yolların gelişimi yerküre atmosferini geliştirmiş ve evrimin yönünü etkilemiştir.



Şekil Metabolik enerji üretimi

Glikoliz, glukozun laktoza anaerobik yıkımıdır. Fotosentez, güneş enerjisini CO_2 ile H_2O dan glukozun sentezlenmesini sağlamak için kullanır ve bu arada yan ürün olarak O_2 açığa çıkar. Fotosentezden çıkan O_2 , glukozun glikolizde elde edilenden çok daha fazla enerji açığa çıkartarak CO_2 ve H_2O 'ya yıkıldığı oksidatif metabolizmada kullanılır.

- Yerkürenin başlangıcındaki anaerob atmosferinde, **enerji üreten ilk reaksiyonların** organik moleküllerin oksijen yokluğunda parçalanmasını kapsadığı varsayılıyor.
- Bu reaksiyonlar olasılıkla, glukozun net 2 ATP molekülü kazancıyla laktik aside anaerob yıkımı olan günümüz **glikoliz reaksiyonlarının** bir biçimiydi.
- Tüm günümüz hücrelerinin, hücre içi kimyasal enerji kaynağı olarak ATP kullanmaları ve glikoliz yapıyor olmaları bu reaksiyonların evrim sürecinde oldukça erken ortaya çıktıkları görüşüyle uyumaktadır.
- **Glikoliz**, önceden oluşan organik moleküllerin (örn., glukoz) yapılarındaki enerjinin, daha sonra metabolik reaksiyonların yürütülmesi için enerji kaynağı olarak kullanılacak olan ATP'ye dönüşebilmesi için bir mekanizma sağlamıştır.

- Hücreleri, önceden yapılmış organik molekülleri kullanma zorunluluğundan kurtararak güneş ışınının enerjisini alabilmelerini sağlayan **fotosentezin** ortaya çıkışının evrimde ikinci önemli aşama olduğu kanısı yaygındır.
- Bundan 3 milyar yıl önce ortaya çıkmış olan ilk **fotosentetik bakteri**, CO_2 i organik moleküllere dönüştürmek için olasılıkla H_2S kullanmıştı. Bu fotosentez yolu bazı bakterilerce halen kullanılmaktadır.
- CO_2 nin organik bileşiklere dönüştürülmesinde, elektron ve hidrojen vericisi olarak H_2O nun kullanılması evrimde daha sonra ortaya çıkmış ve yerküre atmosferinin değişimi gibi önemli bir sonuca neden olmuştur.
- Yerkürenin atmosferinde bolca O_2 olmasının nedeni, H_2O nun fotosentetik reaksiyonlarda kullanımında yan ürün olarak serbest O_2 üretmesidir.

- Fotosentezin sonucu olarak O_2 nin serbest kalmasının, hücrelerin evrimleştiği ortamı değiştirdiği ve oksidatif metabolizmanın gelişmesine yol açtığı düşünülmektedir.
- Alternatif olarak, oksidatif metabolizma fotosentezden önce ortaya çıkmış, daha sonra atmosferik O_2 nin artması, enerji üretim reaksiyonlarında O_2 kullanan organizmalara etkin seçici avantaj sağlanmıştır.
- Her iki durumda da, O_2 oldukça reaktif bir moleküldür ve bu reaktiviteyi kullanan oksidatif mekanizma, organik moleküllerden enerji elde edilmesinde glikolizden çok daha etkin bir mekanizmadır.
- Günümüz hücreleri genelde temel enerji kaynağı olarak **oksidatif reaksiyonları** kullanmaktadır.

IV. PROKARYOTLAR

Prokaryotlar 2 gruba ayrılırlar:

Bunlar evrimin erken aşamalarında birbirinden ayrılmışlardır.

1 - Arkebakteriler:

Bazı **arkebakteriler**, bugün için alışılmadık olan ancak ilkel dünyada yaygınlaşmış olabilecek aşırı ortamlarda yaşarlar. Örneğin **termoasidofiller**, 2 gibi düşük pH değerlerindeki ve yaklaşık olarak 80 ° C deki sıcak sülfür kaynaklarında yaşarlar.

2- Öbakteriler:

Öbakteriler, günümüz genel bakteri formlarını kapsar. Bunlar büyük bir canlı grubu toprak, su ve diğer organizmalar gibi çok geniş bir dizi ortamda yaşarlar.

Bakteri hücrelerinin çoğu 1-10 µm çapında küresel, çubuk şeklinde veya spiral şeklindedir. DNA içerikleri 0.6 milyon ile 5 milyon baz çifti arasındadır ve bu büyüklük, 5000 farklı proteini kodlamak için yeterlidir. En büyük ve en gelişmiş prokaryotlar, fotosentez mekanizması gelişmesi olan **siyanobakteriler**dir.

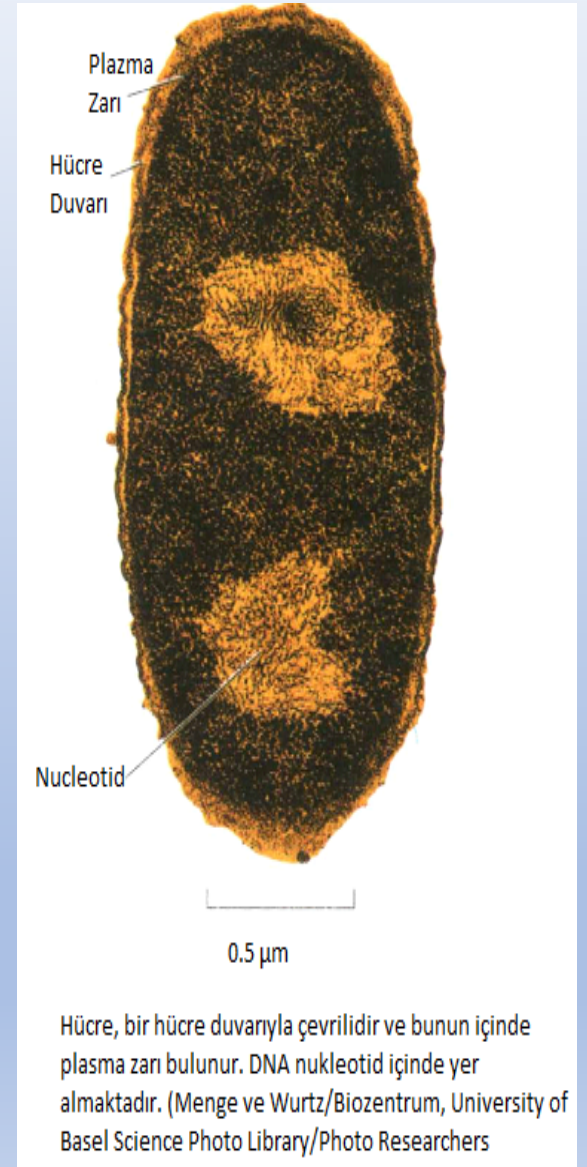
***Escherichia coli* :**

- Tipik bir prokaryot hücre yapısı, insan bağırsak kanalında doğal olarak bulunan ***Escherichia coli*** (***E. coli***) ile simgelenmiştir.
- Hücre yaklaşık olarak 1µm çapında ve 2 µm uzunluğunda bir çubuk şeklindedir.
- Diğer birçok prokaryot gibi *E.coli* de polisakkarit ve peptidlerden oluşan sert bir hücre duvarı ile çevrilidir.
- Hücre duvarının hemen içinde, çift tabakalı fosfolipitlerden ve bağlı proteinlerden oluşan plazma zarı bulunur.



***Escherichia coli* :**

- Hücre duvarının hemen içinde, çift tabakalı fosfolipitlerden ve bağlı proteinlerden oluşan plazma zarı bulunur.
- Hücre duvarı gözenekli ve çeşitli moleküller tarafından kolayca geçilebilirken, plazma zarı hücre içi ile dış ortam arasında fonksiyonel bir engel oluşturur.
- *E.coli* DNA'sı nükleoid içersinde, tek bir çembersel moleküldür. Ve ökaryotik hücre nükleusunun aksine, DNA'yı stoplazmadan ayıran bir zarla kuşatılmamıştır.
- Sitoplazma, granüler görünüme neden olan, yaklaşık 30 000 ribozom (protein sentez bölgeleri) içerir.



V. ÖKARYOT HÜCRELER

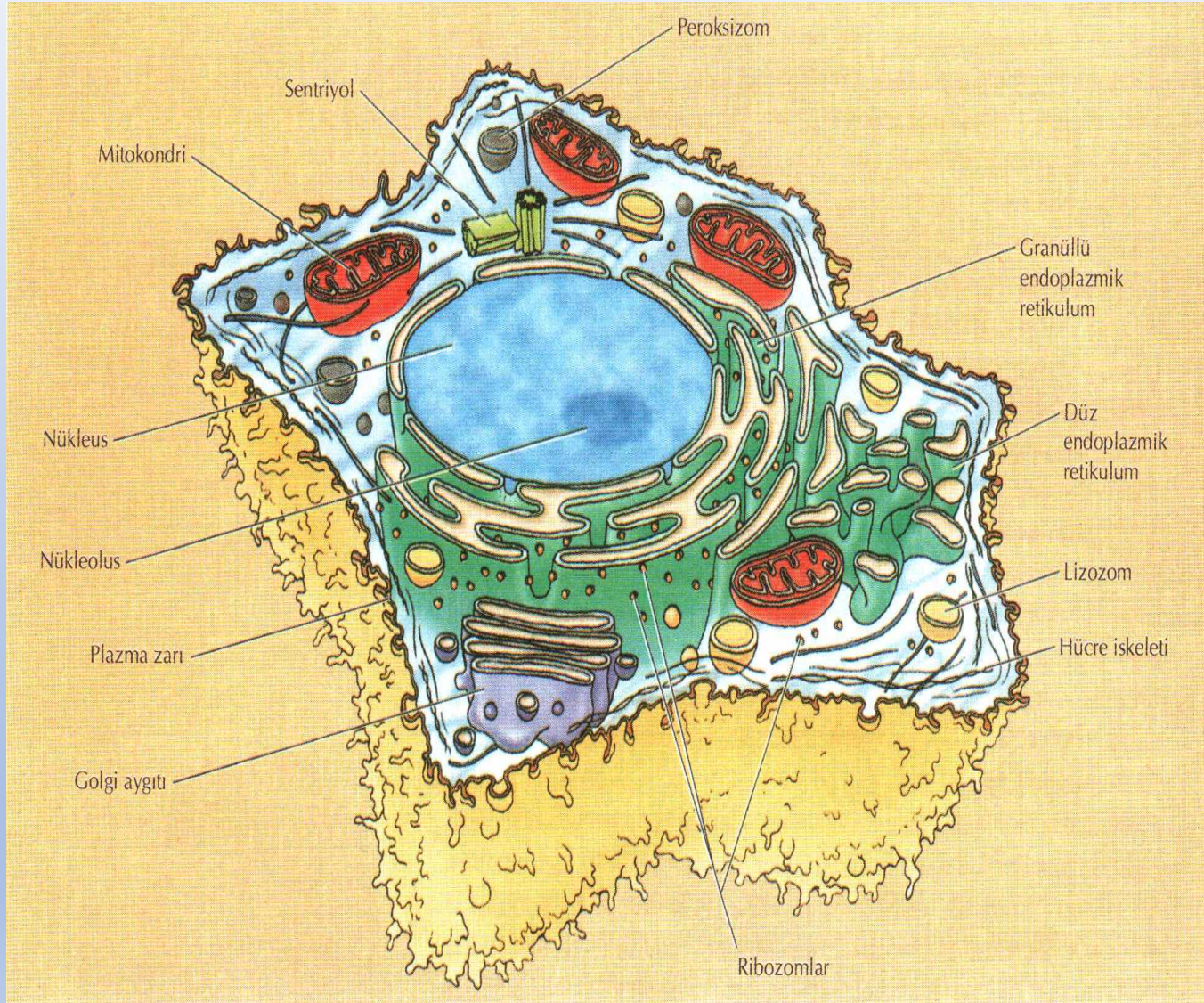
- Prokaryot hücreler gibi tüm ökaryot hücrelerde plazma zarları ile çevrilidir ve ribozom içerirler.
- Ancak ökaryot hücreler daha karmaşıktır.

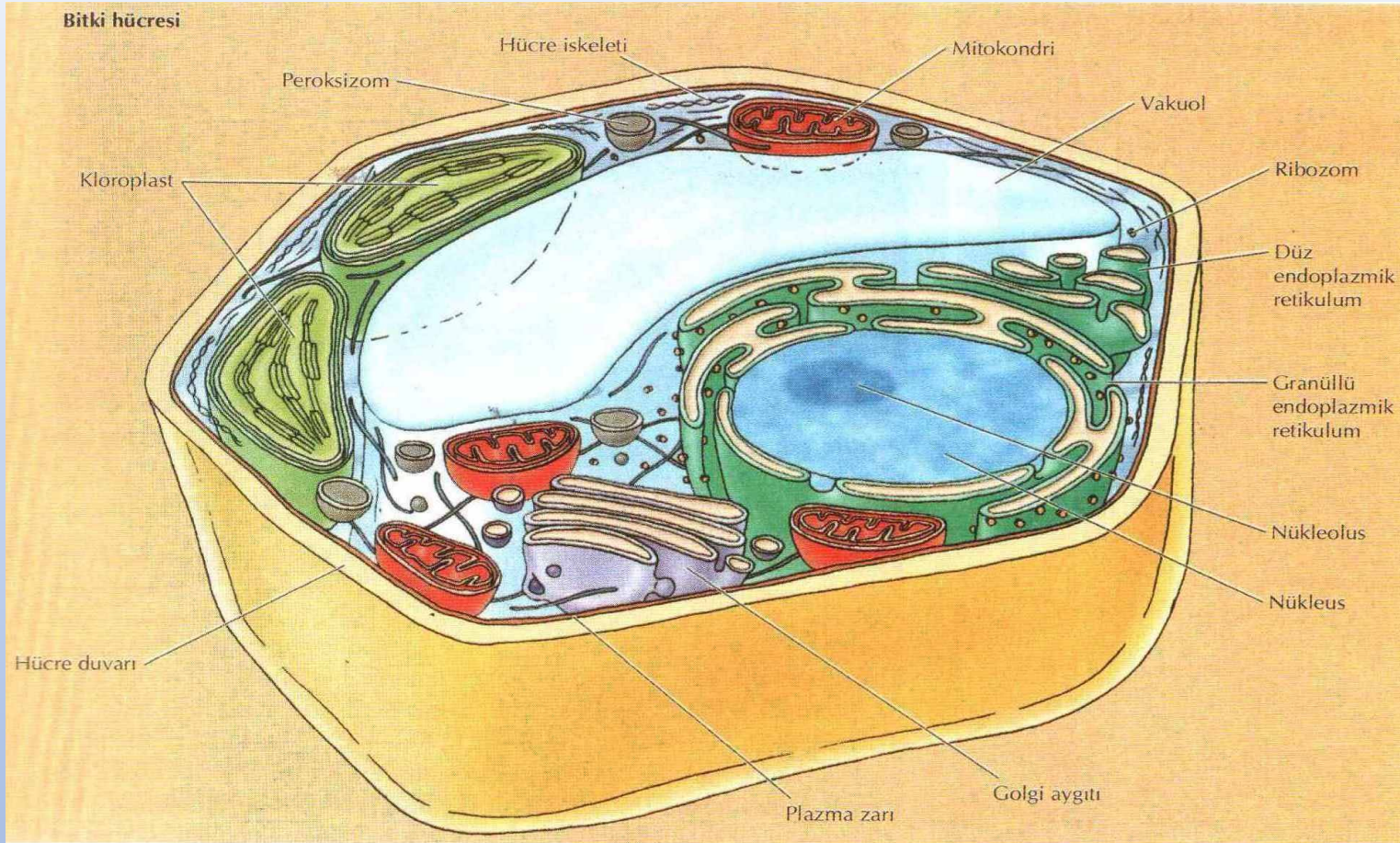
1-Nukleus

2-Stoplazmik Organeller

3-Hücre İskeleti

Hayvan Hücresi

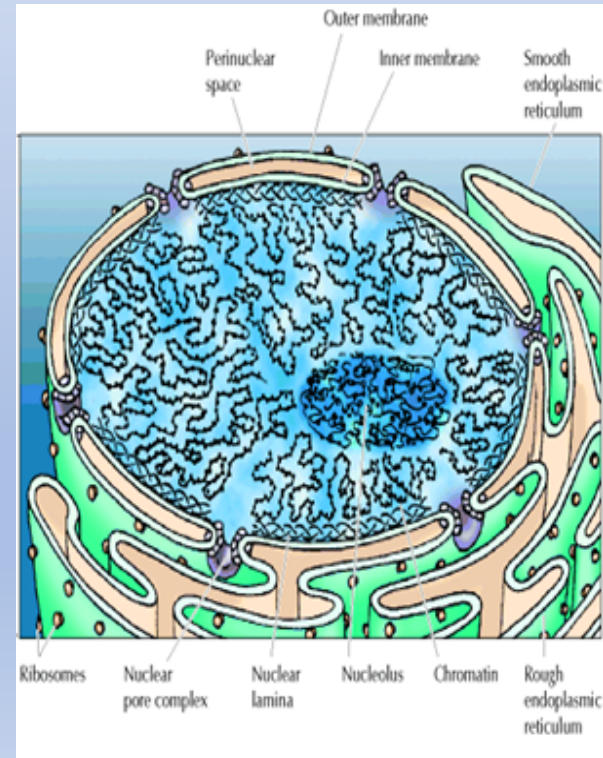
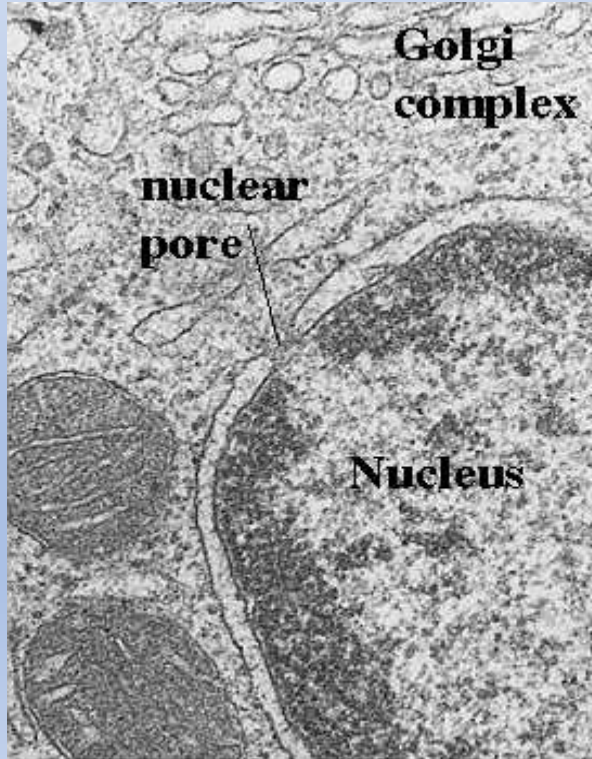




Hayvan ve bitki h relerinin her ikisinde bir plazma zarıyla çevrilmiştir ve nukleus, h re iskeleti ve birçok ortak sitoplazmik organel içerirler. Bitki h releri bir h re duvarıyla kuşatılmışlardır ve kloroplastlarda büyük vakuoller içerirler.

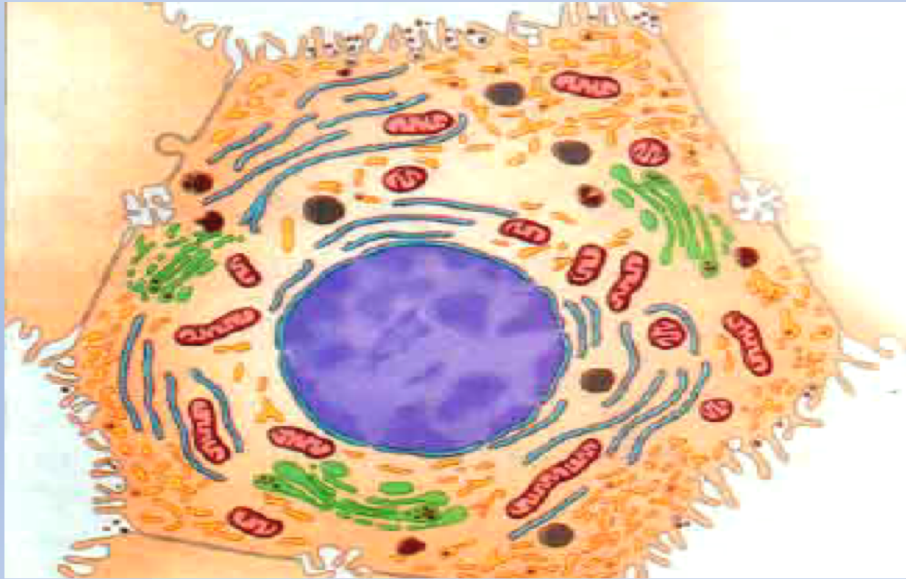
1- NUKLEUS

- Ökaryot hücrelerin en büyük ve göze çarpan organeli 5 μm çapındaki, hücrenin genetik bilgisini, çembersel değil doğrusal bir şekilde organize olmuş DNA moleküllerini içeren **nukleus** dur.
- Nukleus DNA replikasyonunun ve RNA sentezinin olduğu bölgedir. RNA'nın proteine translasyonu stoplazmadaki ribozomlarda gerçekleşir.



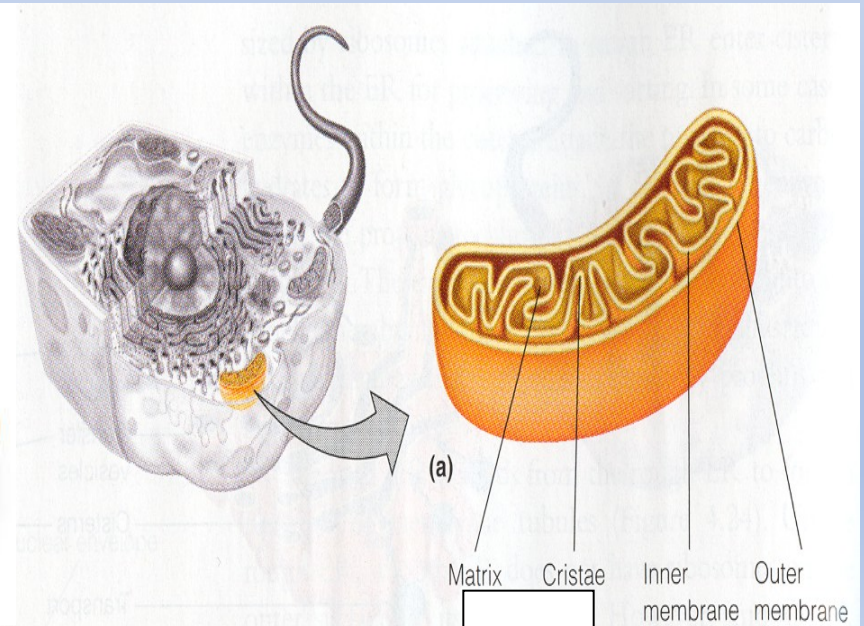
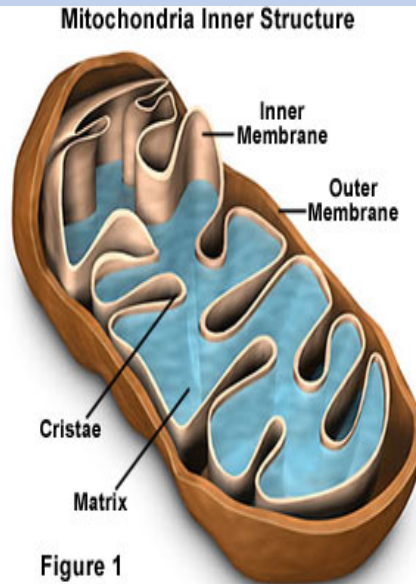
2- STOPLAZMİK ORGANELLER

- Nukleusa ek olarak, ökaryot hücreler stoplazmalarında zarla çevrili çeşitli **organeller** içerirler. Bu organeller farklı farklı metabolik aktivitelerin yer aldığı bölmeler oluştururlar.
- Ökaryotik hücreler genellikle prokaryotik hücrelerden çok daha büyüktürler. Genellikle en az bin kat daha büyük hücre hacmine sahiptirler.
- Stoplazmik organeller tarafından oluşturulan bölümleşme, ökaryot hücrelerin etkili bir biçimde görevlerini yerine getirmelerini sağlar.



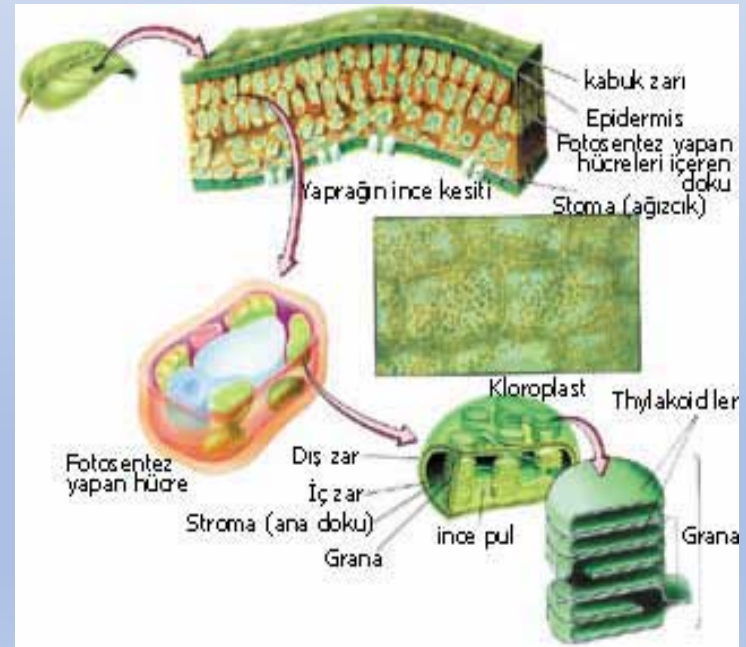
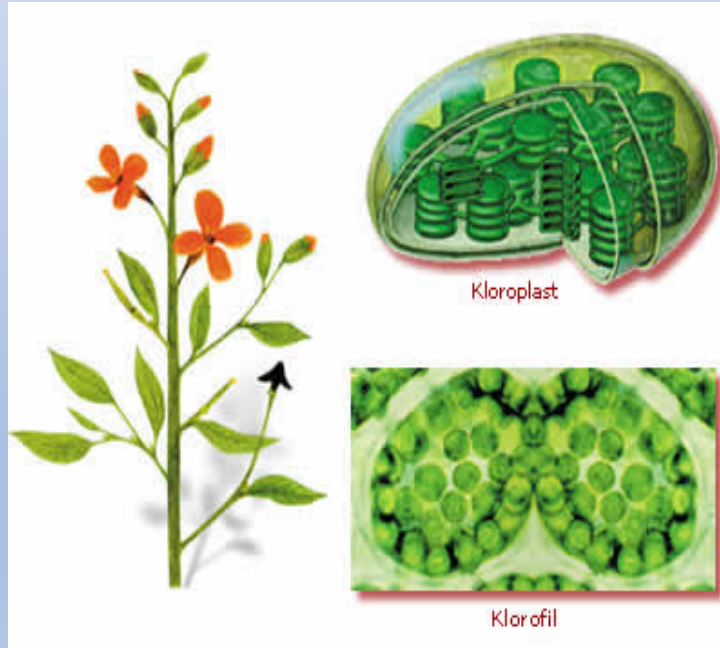
I- MİTOKONDİRİ

- Stoplazmik organellerden biri olan mitokondriler enerji metabolizmasında önemli rol oynarlar.
- Hemen hemen tüm ökaryot hücrelerde bulunan mitokondriler oksidatif metabolizmanın gerçekleştiği yerlerdir ve bu nedenle, organik moleküllerin parçalanması sonucu ortaya çıkan ATP nin çoğunun üretiminden sorumludurlar.



II- KLOROPLASTLAR

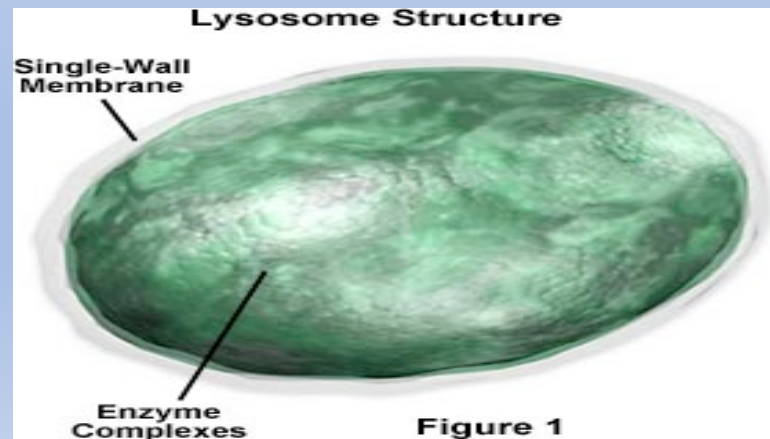
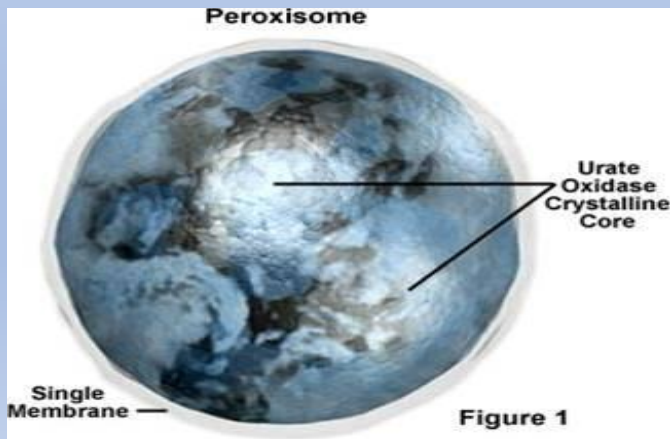
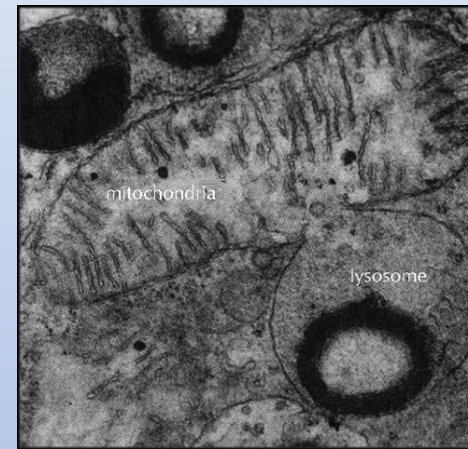
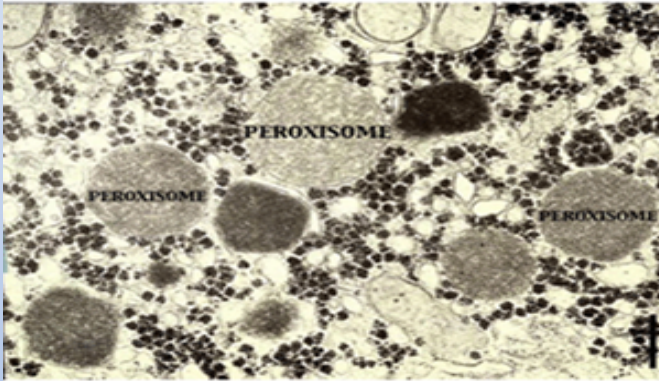
- Kloroplastlar, fotosentezin gerçekleştiği bölgelerdir ve sadece bitki ve yeşil alglerin hücrelerinde bulunurlar.
- Kloroplastlar enerji metabolizmasında önemli rol oynarlar.



III-LİZOZOM VE PEROKSİZOM

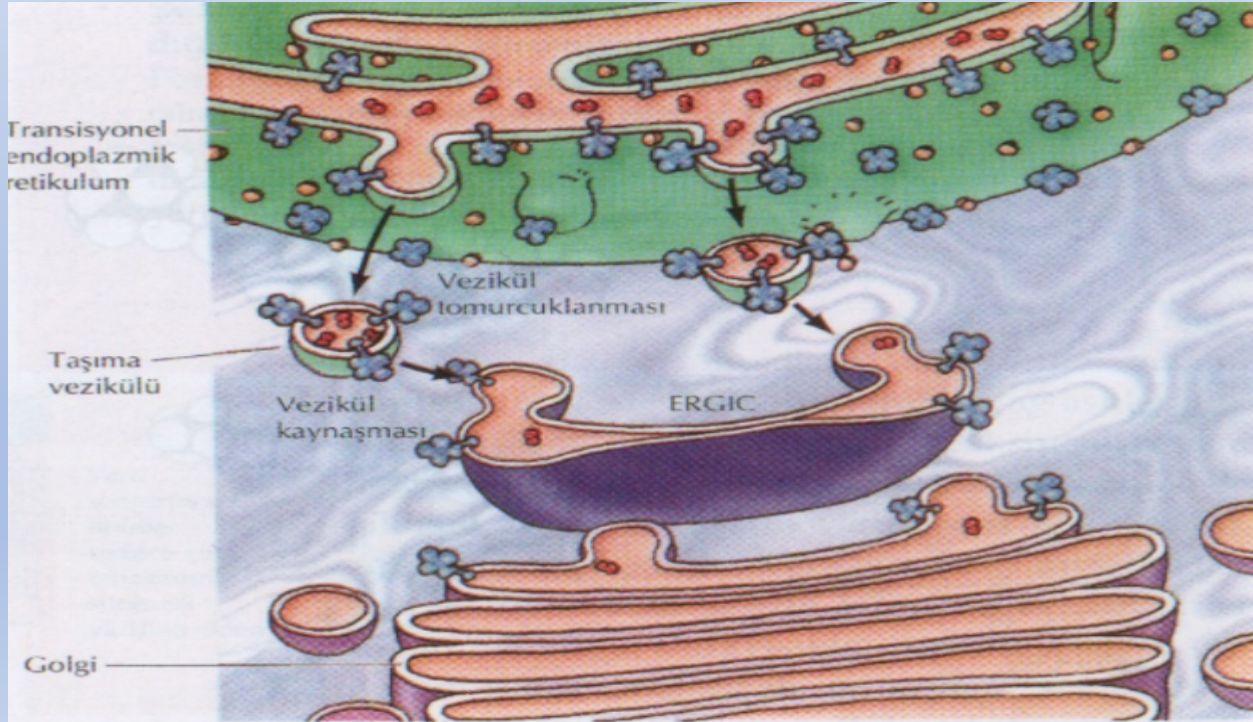
- Lizozomlar ve peroksisomlarda sırasıyla, makromoleküllerin sindirimi ve çeşitli oksidatif reaksiyonlar için özelleşmiş metabolik bölmeler oluştururlar

**PEROXISOMES AS SEEN IN
A HUMAN LIVER SECTION**



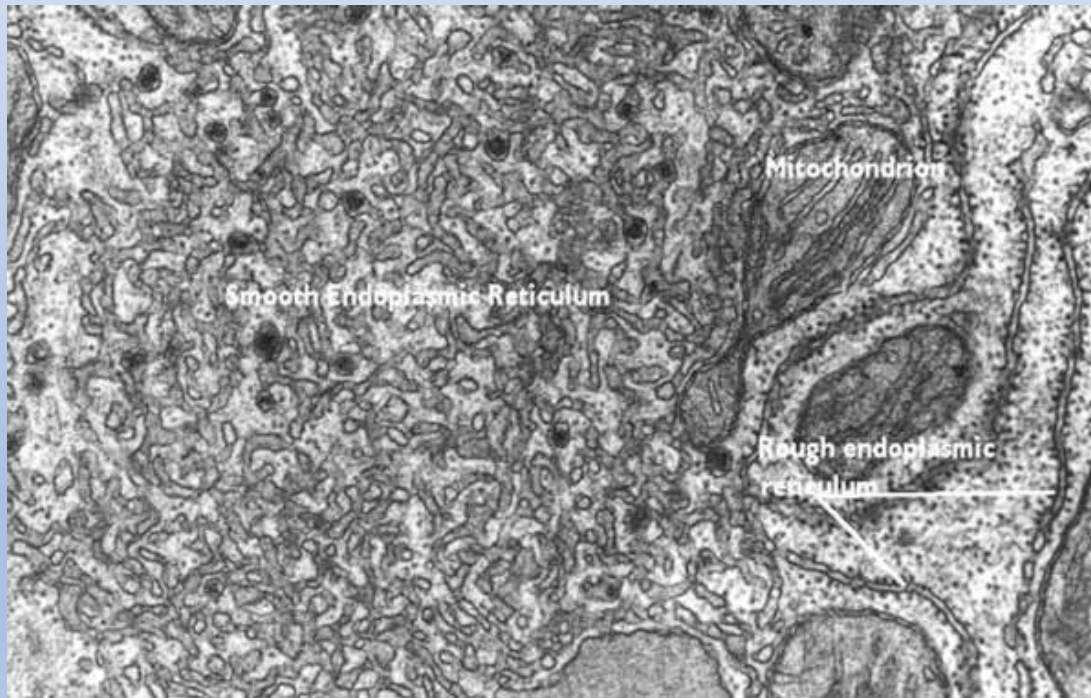
IV- ENDOPLAZMİK RETİKULUM VE GOLGİ AYGITI

- Ökaryot hücrelerin büyüklüklerinden ve karmaşıklıklarından dolayı, hücre içerisinde proteinlerin doğru hedefe taşınması zorlu bir iştir.
- İki stoplazmik organel, **endoplazmik retikulum ve golgi aygıtı** özellikle; salgılanacak, plazma zarına yerleşecek ve lizozomlara alınacak olan proteinlerin sınıflandırılması ve taşınmasına adanmışlardır.



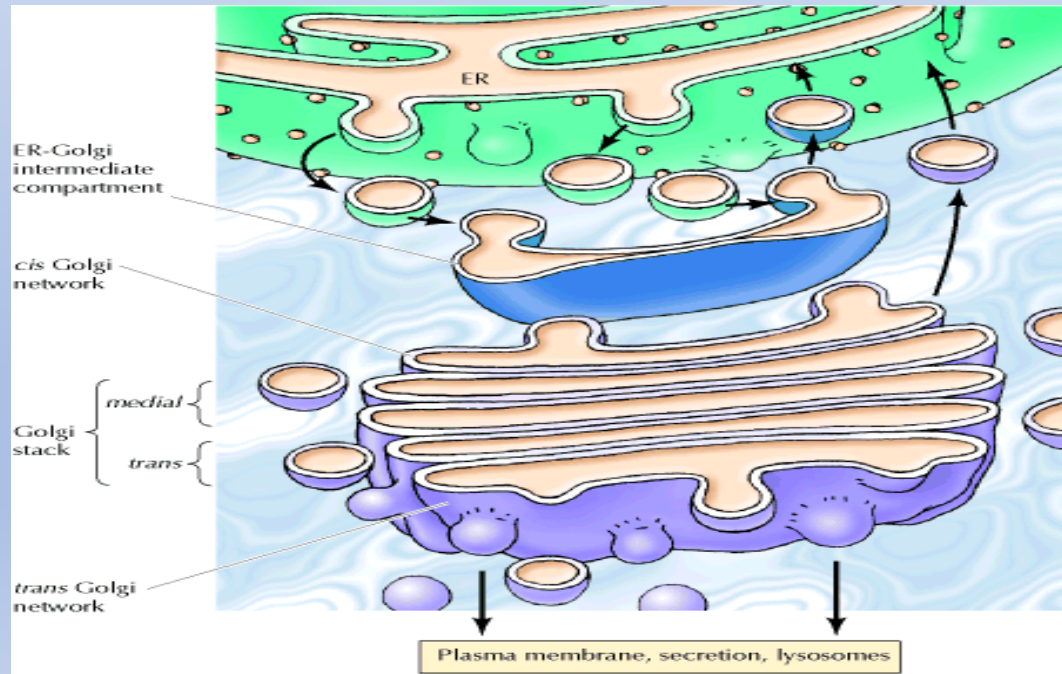
IV-A ENDOPLAZMİK RETİKULUM

- Endoplazmik retikulum, nükleer zardan sitoplazmanın her yanına uzanan, kapsamlı bir hücre içi zar ağıdır.
- Sadece proteinlerin işlenmesinde ve taşınmasında değil, lipidlerin sentezinde de görevlidirler.



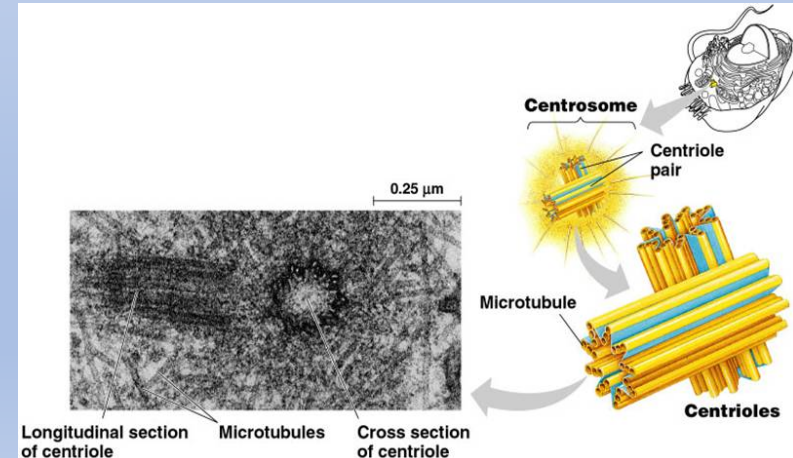
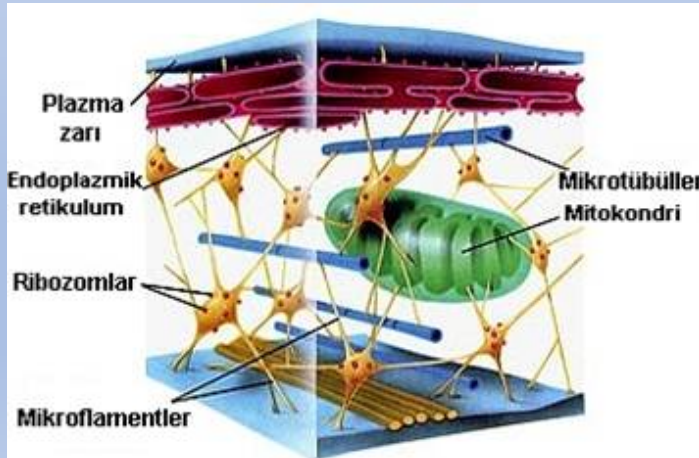
IV-B GOLGİ AYGITI

- Proteinler endoplazmik retikulumdan, daha ileri işleme tabii tutuldukları ve gidecekleri yere taşınmak üzere sınıflandırıldıkları Golgi aygıtına küçük zarlar içinde taşınırlar.
- Proteinlerin taşımındaki bu rollerine ek olarak golgi aygıtı lipit sentezinde ve (bitki hücrelerinde) hücre duvarını meydana getirecek bazı polisakkaritlerin sentezinde de görevlidir.



3- HÜCRE İSKELETİ

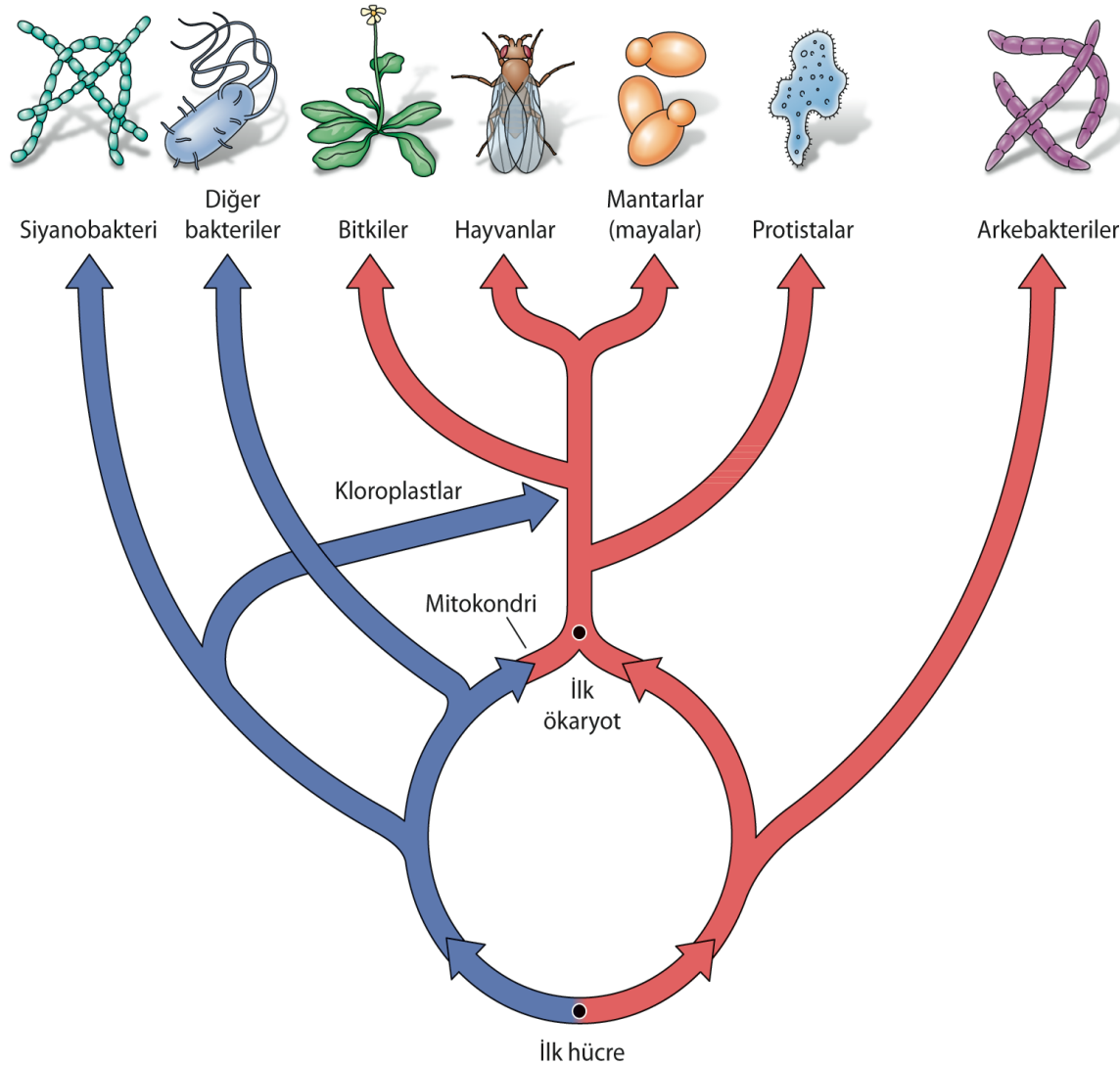
- Ökaryot hücreler diğer bir iç organizasyon düzeyi olan, stoplazmada boydan boya uzanan protein ipliklerinden oluşmuş bir ağ şeklindeki hücre iskeletine sahiptirler.
- Hücre iskeleti hücrenin şeklini ve stoplazmanın genel organizasyonunu belirleyerek hücrenin yapısal çatısını oluşturur.
- Ayrıca, hücre iskeleti hücrelerin hareketinden (örn., kas hücrelerinin kasılması) ve hücre bölünmesi sırasında kromozomların hareketi dahil, organellerin ve diğer yapıların hücre içinde taşınmaları ile yerleştirilmelerinden sorumludur.



Yapı	Prokaryot Hücre	Bitki Hücresi	Hayvan Hücresi	Kısaca Görevi
Hücre zarı	Var	Var	Var	Madde alış-verişi ve sitoplazmayı ortamdan ayırmak
Hücre çeperi	Var	Var	Yok	Koruma ve destek
Ribozom	Var	Var	Var	Protein sentezi
Mitokondri	Yok	Var	Var	Enerji (ATP) üretim merkezi
Plastitler	Yok	Var	Yok	Çeşitli pigmentleri taşımak, besin depo etmek
Klorofil	Var (bazılarında)	Var (çoğunda)	Yok	Fotosentez yapmak
Sentrozom	Yok	Yok	Var	Hücre bölünmesinde görevli
Lizozom	Yok	Benzeri var	Var	Hücre içi sindirim yapmak
Golgi aygıtı	Yok	Var	Var	Hücre dışına salgı yapma
Endoplazmik retikulum	Yok	Var	Var	Madde taşınması ve depolanması, lipid sentezi
Koful (Vakuol)	Yok	Var (büyük)	Var (küçük)	Geçici depolama birimi
Çekirdek	Zarla çevrili değil	Var	Var	Hücrenin kalıtım ve yönetim merkezi
Çekirdekçik	Yok	Var	Var	RNA ve ribozom sentezi

VI. HÜCRELERİN EVRİMİ

- Ökaryotlar, 2.7 milyar yıl kadar önce, 1 ila 1.5 milyar yıllık prokaryotik evrimi takiben ortaya çıkmışlardır.
- DNA dizilimlerinin analizi; arkebakteriler ile öbakterilerin birbirlerinden, her hangi birinin günümüz ökaryotlarından olduğu kadar, farklı olduklarını göstermektedir.
- Buna göre günümüz arkebakterilerini, öbakterilerini ve ökaryotlarını oluşturmak üzere ortak bir atadan üç kolun ayrılmasının evrimde çok erken bir olay olduğu anlaşılmaktadır.
- İlginç bir şekilde, arkebakterilerin genlerinin bir çoğu ökaryotlarınkine öbakterilerinkinden daha çok benzer. Bu durum, arkebakteriler ile ökaryotların ortak evrimsel soy hattını paylaştıklarını ve birbirlerine, herhangi birinin öbakteriye olduğundan daha yakın akraba olduklarını belirtir.



Günümüz hücreleri iki farklı soya ayrılarak arkeabakterileri ve balterileri oluşturan yaygın bir prokaryotik ortak atadan gelişmiştir. Ökaryotik hücreler, mitokondrileri ve ökaryotik genomu oluşturan bakteri arkeabakterilerin genlerini barındıran aerobik bakteriler ile arkeabakterilerin endosimbiyotik ilişkiden gelişmiş olabilir. Daha sonra, kloroplastlar siyanobakteriler ile bitkilerin atasının endosimbiyotik ilişkisi sonucu olarak evrimleşmiştir.

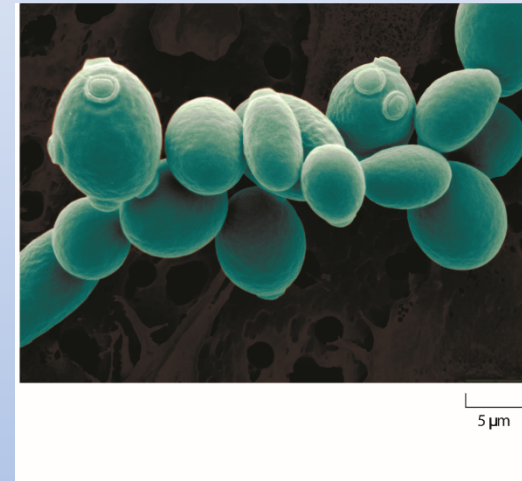
- Ökaryot hücrelerin evriminde en kritik aşama zarla-çevrili organellerin edinilmesi ve böylece bu hücrelerin kompleks yapısının gelişiminin sağlanmasıdır. Bu organellerin, prokaryot hücrelerin ökaryotların atalarıyla ilişkileri sonucunda kazanılmış oldukları düşünülmektedir.
- Ökaryot hücrelerin, prokaryotların simbiyotik ilişkilerinden **endosimbiyoz doğmuş oldukları hipotezi** özellikle büyük hücreler içerisinde barınan bakterilerden geliştikleri düşünülen mitokondri ve kloroplastların incelenmesiyle desteklenmiştir.
- Hem mitokondri hem de kloroplastlar büyüklük olarak bakterilere çok benzemektedir ve aynı bakterilerde olduğu gibi ikiye bölünerek çoğalırlar.
- En önemlisi de hem mitokondriler hem de kloroplastlar bazı bileşenlerini kodlayan kendi DNA larına sahiptirler.
- Organelin her bölünüşünde bu mitokondri ve kloroplast DNA ları da kendini eşler ve kodladığı genler organel içerisinde transkribe olur ve organel ribozomlarında translasyonu yapılır.

- Böylece mitokondri ve kloroplastlar, hücrenin nükleer genomundan ayrı olarak kendi genetik sistemlerine sahiptirler.
- En önemlisi de hem mitokondriler hem de kloroplastlar bazı bileşenlerini kodlayan kendi DNA larına sahiptirler
- Ayrıca bu organellerin ribozomları ve ribozomal RNA ları, ökaryotların nükleer genomuyla kodlananlar ile karşılaştırıldığında, bakterierinkiyle daha yakından ilişkili olduğu ortaya çıkmıştır.
- Bu organellerin endosimbiyotik kökeni bugün genel kabul görmektedir.
- **Buna göre mitokondrilerin aerobik bakterilerden, kloroplastlarında siyanobakteriler gibi fotosentetik bakterilerden evrimleştikleri düşünülmektedir.**

- Aerob bakterilerin kazanılması anaerob hücrelere oksidatif metabolizma gerçekleştirme yeteneği sağlamıştır.
- Fotosentetik bakterilerin kazanılması ise, fotosentez yapma yeteneği sayesinde besinsel bağımsızlık sağlamıştır.
- Bu nedenle, bu endosimbiyotik birliktelikler partnerlerine büyük ölçüde avantaj sağlamış ve evrim sürecinde korunmuşlardır
- Başlangıçta bu bakterilerde bulunan genlerin çoğu, zamanla hücrenin nükleer genomuna katılmıştır ve bu nedenle mitokondri ve kloroplastlarının sadece birkaç bileşeni halen organel genomları tarafından kodlanmaktadır

VII. ÇOK HÜCRELİ ORGANİZMALARIN GELİŞİMİ

- Ökaryotların çoğu, bakteriler gibi, kendini eşleme yeteneğindeki tek bir hücreden oluşan tek hücreli organizmalardır.
- En basit ökaryotlar **mayalardır**.
- Mayalar, bakterilerden daha karmaşık, ancak hayvan ve bitki hücrelerinden çok daha küçük ve basittirler.
- Örneğin yaygın olarak çalışılan bir maya olan *Saccharomyces cerevisiae*'nin çapı yaklaşık olarak 6µm dir ve 12 milyon baz çiftlik bir DNA içerir.



Saccharomyces cerevisiae'nin taramalı elektron mikroskop görüntüsü

Cooper The Cell 6e, Sinauer/ASM
Figure# 01.08 DMG# 0108
08/13/12
Dragonfly Media Group

- Ancak diğer tek hücreli ökaryotlar çok daha karmaşık hücrelerdir ve bazıları insan hücrelerindeki kadar DNA ya sahiptirler.
- Bunlar fotosentez, hareket ve diğer canlıları yakalayıp yemek gibi çeşitli işleri gerçekleştirmek üzere özelleşmiş organizmaları kapsar.
- Örneğin; *Amoeba proteus*, büyük ve karmaşık bir hücredir.
- Amipler oldukça hareketli organizmalar olup, hareket etmek ve besin olarak bakteri ve mayalar gibi diğer organizmaları yutmak için psödopod (yalancı ayak) denilen stoplazmik uzantılarını kullanırlar.
- Diğer tek hücreli ökaryotlar (yeşil algler) kloroplast içerirler ve fotosentez yapabilme yeteneğindedirler.



0.2 mm

Şekil *Amoeba proteus*'un ışık mikroskobu görüntüsü
(M.I. Walker / Photo Researchers, Inc.)

(A)

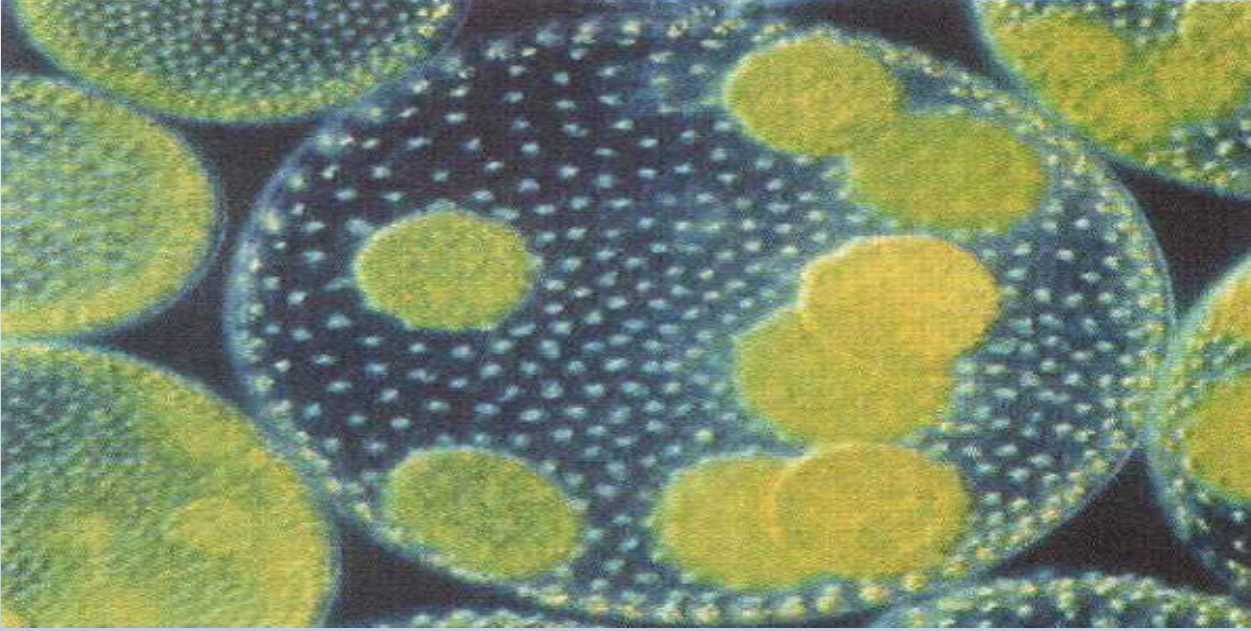


(B)



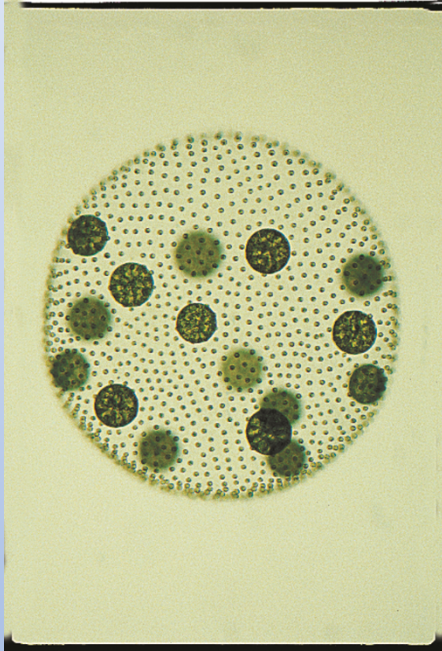
Paramecium ışık mikroskopisi ve Klamidomonas'ın taramalı elektron mikroskopisi:
(a) Paramecium (b) Kalamidomonas mayalardan daha komoleks olan tek hücreli
ökaryotlara örnektir.

- Çok hücreli organizmalar, en az 1.7 milyar yıl önce tek hücreli ökaryotlardan evrimleştikleri düşünülmektedir.
- Bazı tek hücreli ökaryotlar çok hücreli kümeler oluştururlar, bunlar, tek hücrelerden çok hücreli organizmalara evrimsel geçişi simgelemektedir.
- Örneğin birçok alg hücresi (örn., Volvox adlı yeşil alg), günümüzdeki bitkilerin evrimsel öncüleri olduğu düşünülen çok hücreli kolonileri oluşturmak üzere bir araya gelirler.
- Giderek artan hücre özelleşmeleri, koloni topluluğundan gerçek çok hücrelilere geçişi sağlamıştır.
- Hücre özelleşmesinin devamı ve bir organizmanın hücreleri arasında görev dağılımı, insan dahil günümüz hayvan ve bitkilerini oluşturan çeşitli hücre tiplerinde gözlenen karmaşıklığa ve farklılığa yol açmıştır.



Koloni halindeki yeşil algler

Volvox hücreleri, içerisinde jelatinimsi bir matris içine gömülü yüzlerce, hatta, binlerce hücre bulunan, řeffaf küre şeklinde koloniler oluşturur.
(Cabisco/Visuals Unlimited)



Çok hücreli yeşil algler volvox jelatinimsi bir matriks içine gömülü 16 üreme h  creti ve 2000 somatik h  creden oluşur. (Davis Kirk'ın izni ile)

BİTKİ HÜCRELERİ

- Bitkiler hayvanlara göre daha az hücre tipinden oluşurlar ancak, farklı tipteki her hücre tüm organizma için gerekli özel bir görevi yerine getirmek için özelleşmiştir.
- Bitki hücreleri üç ana doku sisteminde organize olmuştur:

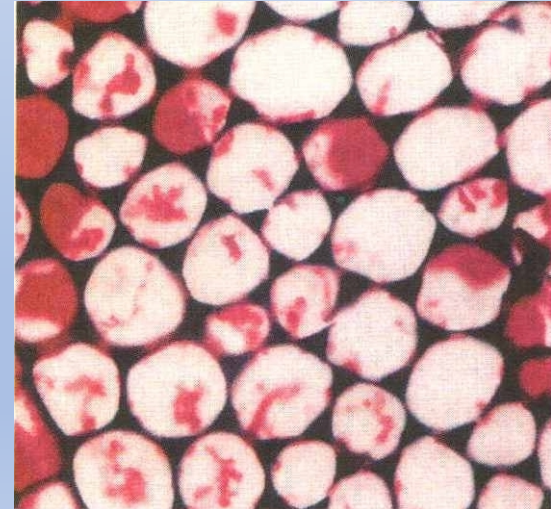
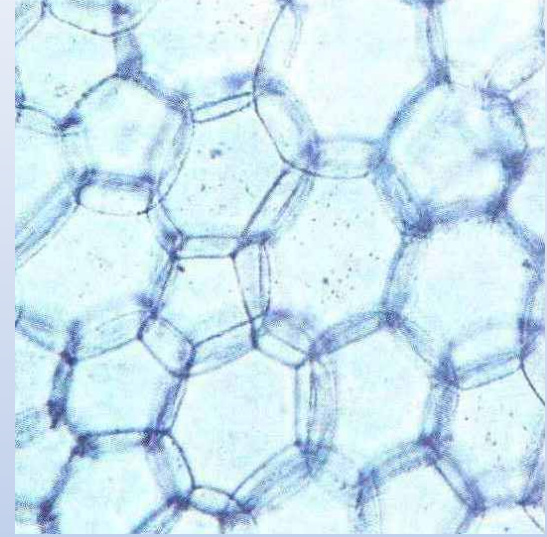
1. Destek Doku

2. Dermal Doku

3. Damar Dokusu

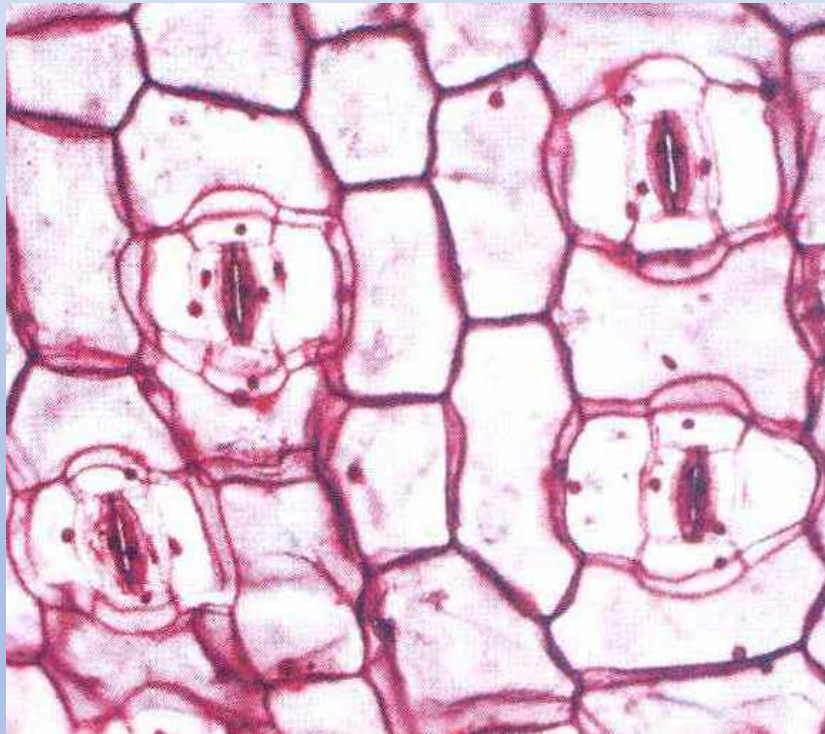
1- Destek Doku

- Destek Doku fotosentez dahil bitkideki metabolik reaksiyonların çoğunu gerçekleştiren parenkim hücrelerini (A) içerirler.
- Destek Doku ayrıca kalın hücre duvarları ile karakterize olan ve bitkiye yapısal destek sağlayan iki özel hücre tipini de kapsar (kollenkim hücreleri (B) ve sklerenkim hücreleri)



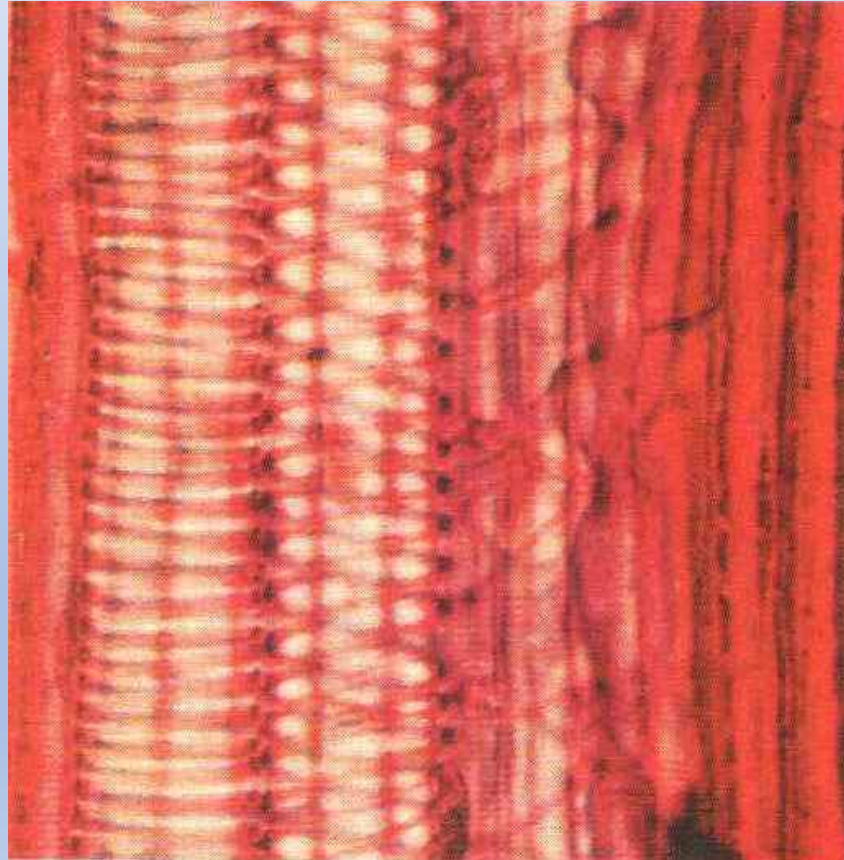
2- Dermal Doku

- Deri Doku bitkinin yüzeyini kaplar ve koruyucu bir kılıf oluşturan ve besinlerin emilimine izin veren epidermal hücrelerden (C) oluşur.



3- Damar Dokusu

- Birkaç tip uzun hücre, besinlerin ve suyun bitki içerisinde iletimiyle görevli olan damar sistemini (D) (ksilem ve floem) oluştururlar.



HAYVAN HÜCRELERİ

- Hayvanlarda bulunan hücreler bitkilerinkilerden daha fazla farklılık gösterir.

İNSAN VÜCUDU:

1. Epitel doku

2. Bağ doku

3. Kan dokusu

4. Sinir doku

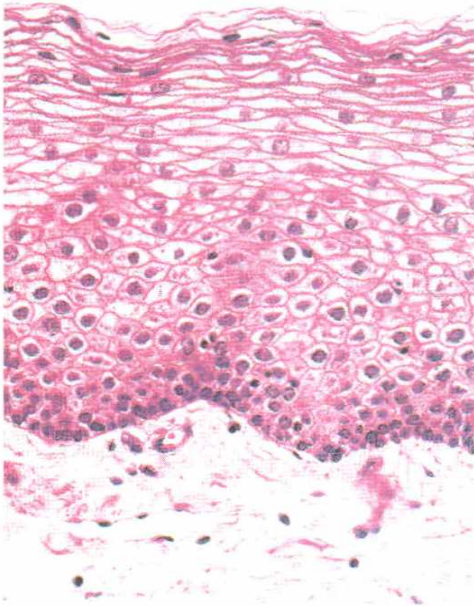
5. Kas dokusu

olmak üzere beş ana dokunun bileşenleri olarak kabul edilen 200 den fazla farklı hücre tipinden oluşmuştur.

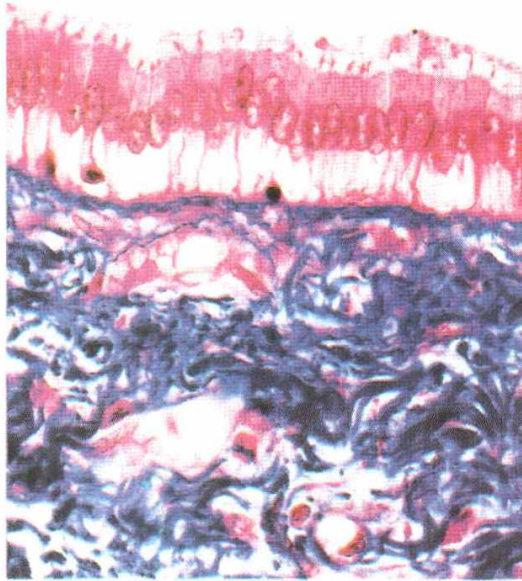
1- Epitel Doku

- Epitel hücreler vücut yüzeyini saran ve iç organları kaplayan tabakaları oluşturur. Koruma, emilim ve salgılama gibi farklı işlevleri gerçekleştirmek üzere özelleşmiş olan birçok farklı epitel hücre tipi vardır.
- (A) Ağızda (kalın, çok katlı tabaka), safra kanalında ve barsakta bulunan epitel hücreler.

(A)i Ağız



(A)ii Safra kanalı



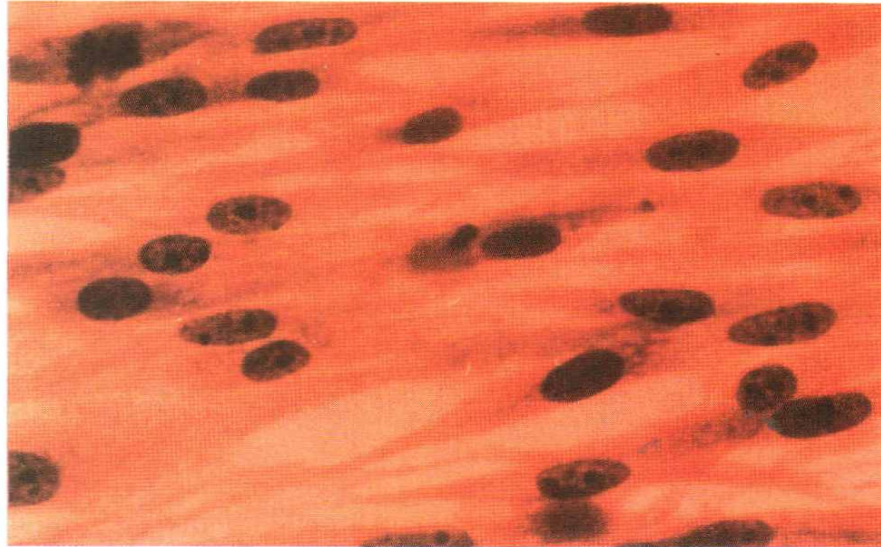
(A)iii Barsak



2- Bağ Doku

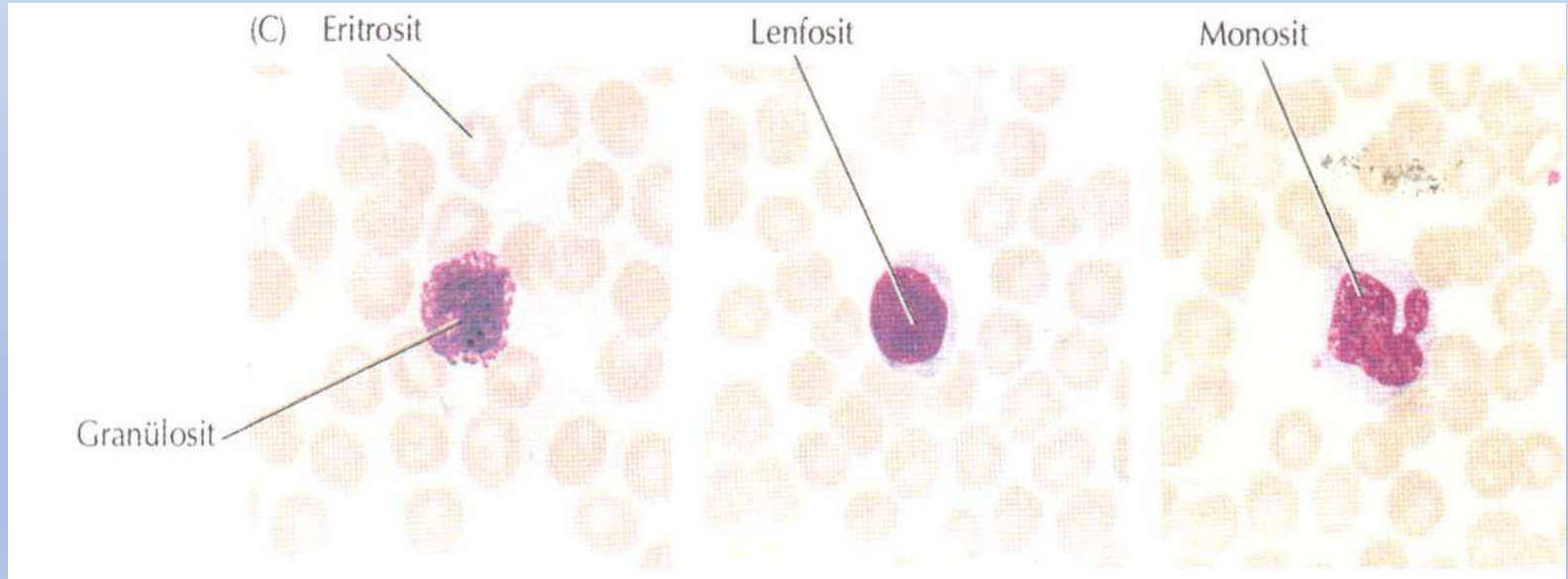
- Epitel tabakasının altında yer alan ve vücutta bulunan organlar ile dokular arasındaki boşlukları dolduran gevşek bağ dokusu diğer bir hücre tipi olan **fibroblastlardan** oluşmuştur. Fibroblastlar uzun ię şeklindeki görünüşleriyle karakterize bağ doku hücreleridir.
- Bağ dokuları her biri farklı hücre tiplerinden oluşmuş (osteoblastlar, kondrositler ve adipositler), kemik, kıkırdak ve yağ (adipoz) dokusunu kapsar.

(B)



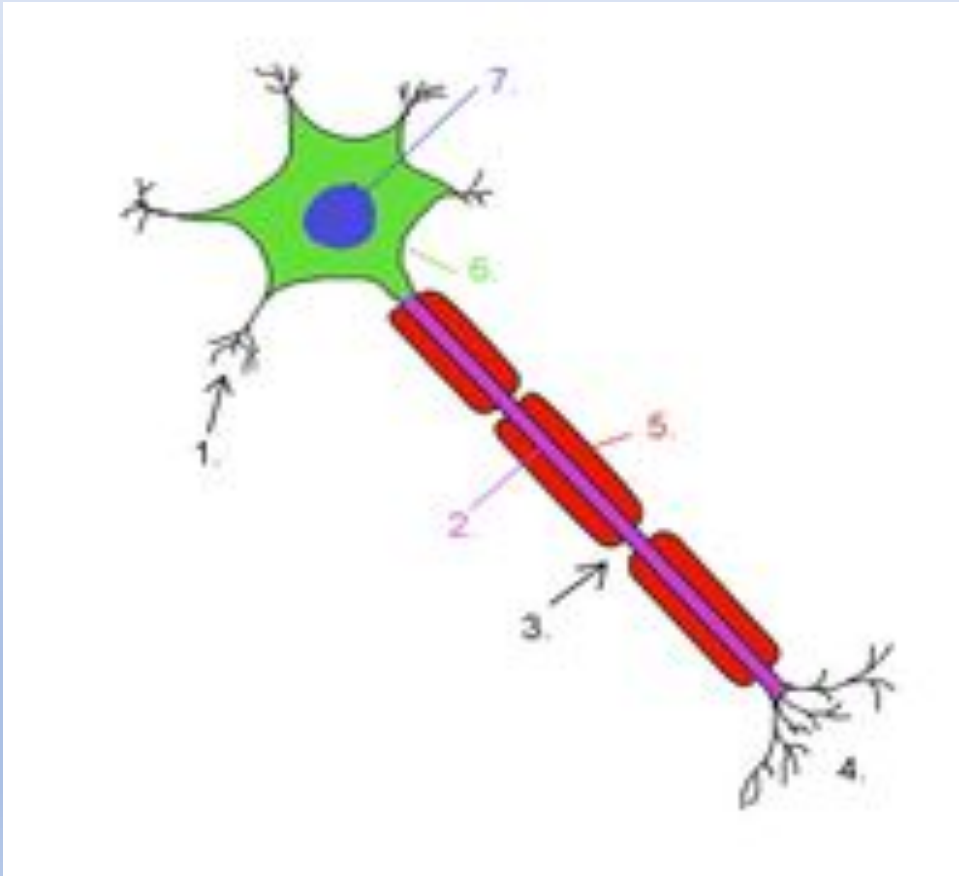
3- Kan Dokusu

- Kan oksijen taşınmasında (eritrositler), yangısal reaksiyonlarda (granülositler, monositler ve makrofajlar) ve bağışıklık yanıtında (lenfositler) görevli olan birkaç farklı tipte hücre içerir.



4- Sinir Doku

- Sinir dokusu vücudun bir ucundan diğer ucuna sinyalleri iletmek üzere yüksek oranda özelleşmiş sinir hücrelerinden, nöronlardan oluşur.



Nöronun Bölümleri:

1 Dendrit

2 Akson

3 Ranvier Boğumu

4 Akson Uçları

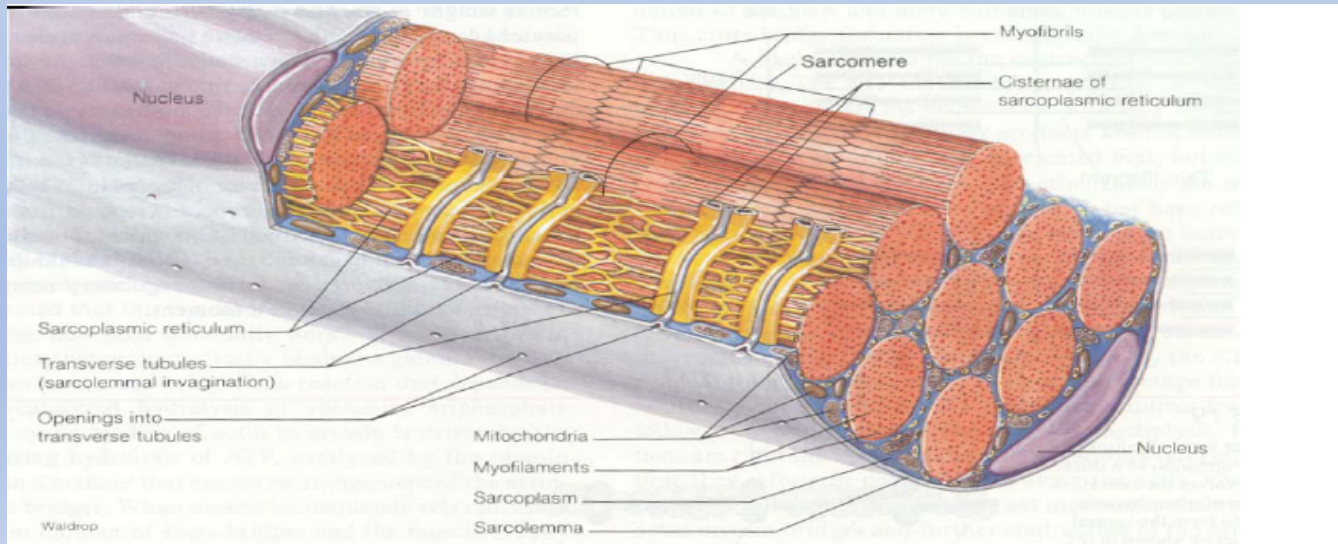
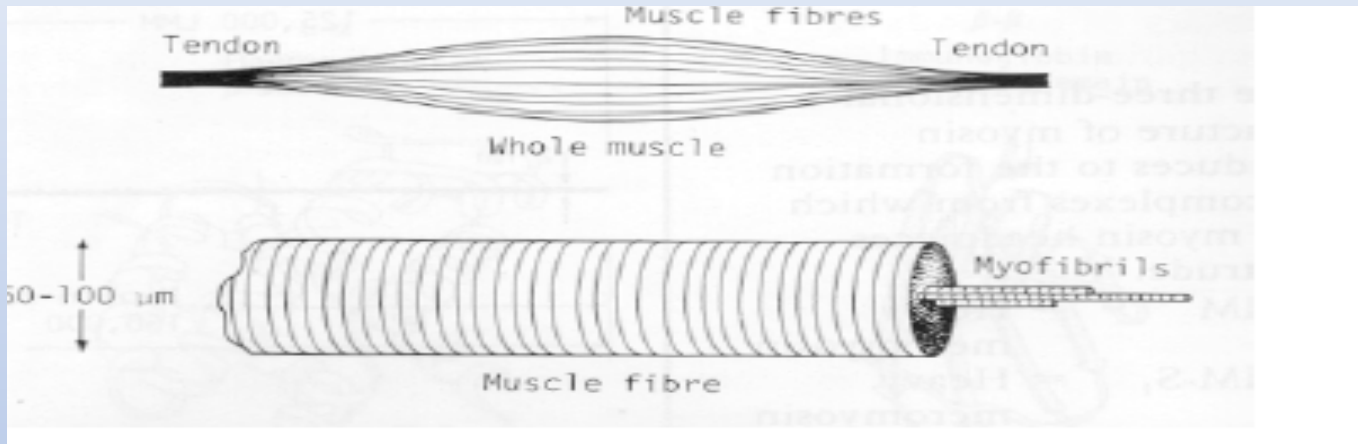
5 Miyelin Kılıf

6 Hücre Gövdesi

7 Hücre Çekirdeği

5- Kas Dokusu

- Birçok farklı tipteki kas hücresi güç ve hareketin oluşmasından sorumludur.



- Hayvanların evrimi, açık bir şekilde, hücre düzeyinde önemli oranda çeşitlenme ve özelleşmeyi gerektirir.
- Tek döllenmiş bir yumurtadan başlayarak, bu denli karmaşık özelleşmiş hücre donanımının gelişmesini ve farklılaşmasını kontrol eden mekanizmanın anlaşılması, çağımızın hücre ve moleküler biyolojisinde karşılaşılan en önemli sorunlardandır.

Deneyisel Model Olarak Hücreler

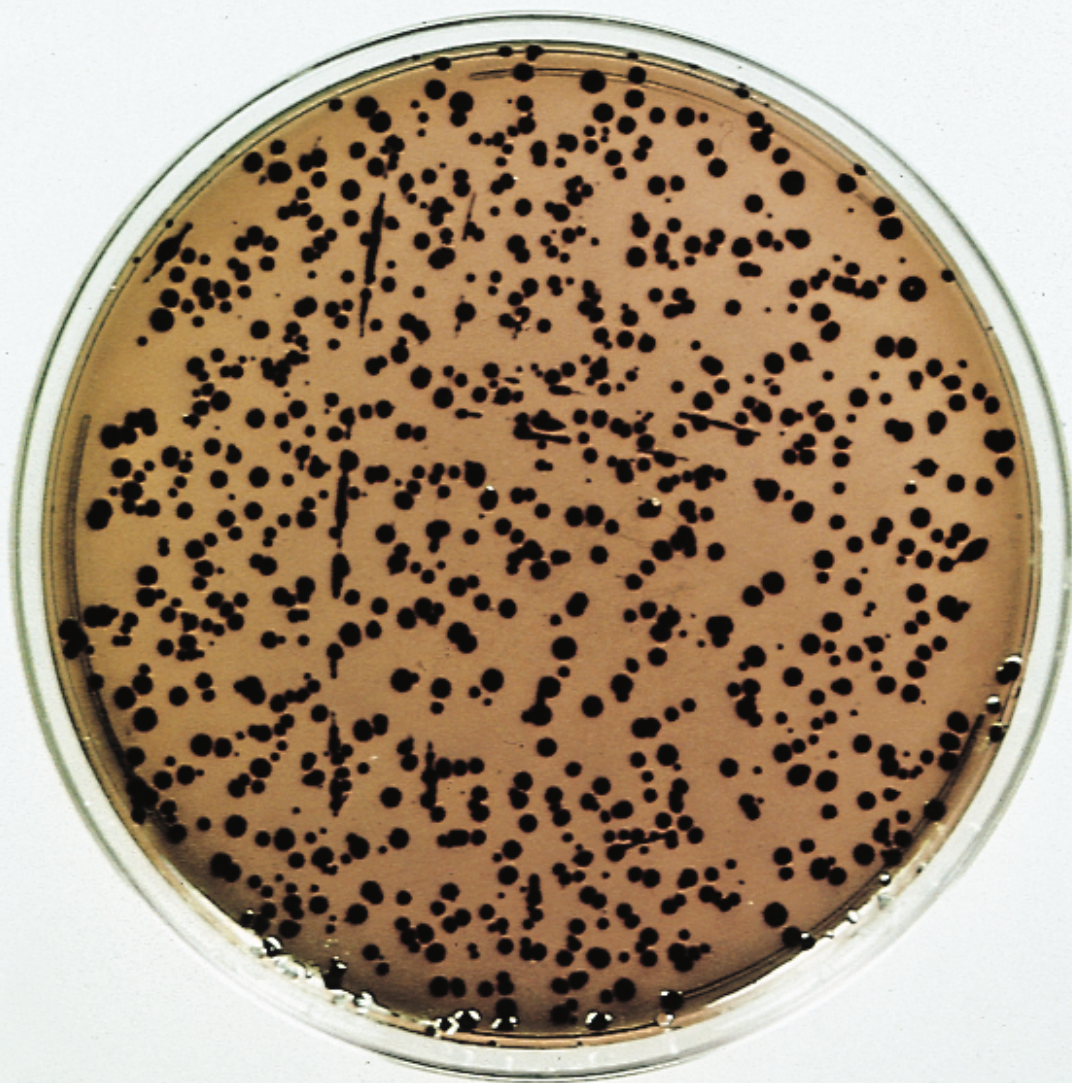
- Tüm hücrelerin temel özelliklerinin evrim süresince korunmuş olması nedeniyle, genellikle bir tip hücre ile yapılan deneylerden elde edilen temel prensipler diğer hücrelere de uygulanabilir.
- Günümüz hücrelerinin çeşitliliğinden dolayı, deneylerin çoğu bir hücre tipinde diğerine kıyasla daha başarılı olabilir.

E. Coli

- Göreceli sadelikleri nedeni ile bakteriler biyokimya ve moleküler biyoloji için ideal bir modeldir.
- Bakterilerin en kapsamlı çalışılan türü *E.coli*'dir.
- DNA replikasyonu, genetik kod, gen ekspresyonu ve protein sentezinin anlaşılması gibi mevcut moleküler biyoloji kavramlarının çoğu bu sıradan bakterinin incelenmesi ile sağlanmıştır.
- *E.coli*, laboratuvar ortamında üretilip çalışılmasının kolaylığı ve nispeten basit yapısı nedeniyle moleküler biyologlar için çok kullanışlıdır.

E.coli

- *E.coli* genomu yaklaşık olarak 4,6 milyon baz çiftinden oluşur ve 4000 gen içerir.
- *E.coli* laboratuvar şartlarında kolaylıkla çoğalır. Uygun kültür koşullarında 20 dak. bir bölünür ve klonal *E.coli* popülasyonunu oluşturur.
- Bir gecede 10^8 kadar yüksek sayıda hücre içeren bakteri kolonileri gelişir.
- Penisilin gibi antibiyotiklere dirençli, mutant *E.coli* varyantlarının seçilimi hızlı ve kolaydır.



Mayalar

- Bakteriler hücrenin korunmuş birçok özelliğinin çalışılması için çok değerli bir model olmasına karşın, ökaryotlara özgü yapı ve işlev konularının araştırılması için yeterli değildirler.
- En basit ökaryot olan mayalar *E.coli*'nin avantajlarına sahiptirler.
- Bu nedenle, ökaryot hücre biyolojisinin temel özellikleriyle ilgili çalışmalar için çok önemli bir modeldir.

Saccharomyces cerevisiae

- En sık çalışılan maya *Saccharomyces cerevisiae*'dir.
- Genomu 12 milyon baz çiftinden oluşur. Ve 6000 civarında gen içerir.
- Nuclear zar ile çevrili belirgin bir nukleusu vardır, genomik DNA'sı 16 doğrusal kromozom şeklinde düzenlenmiştir ve sitoplazmasında hücre iskeleti ve hücre içi organelleri bulunur.

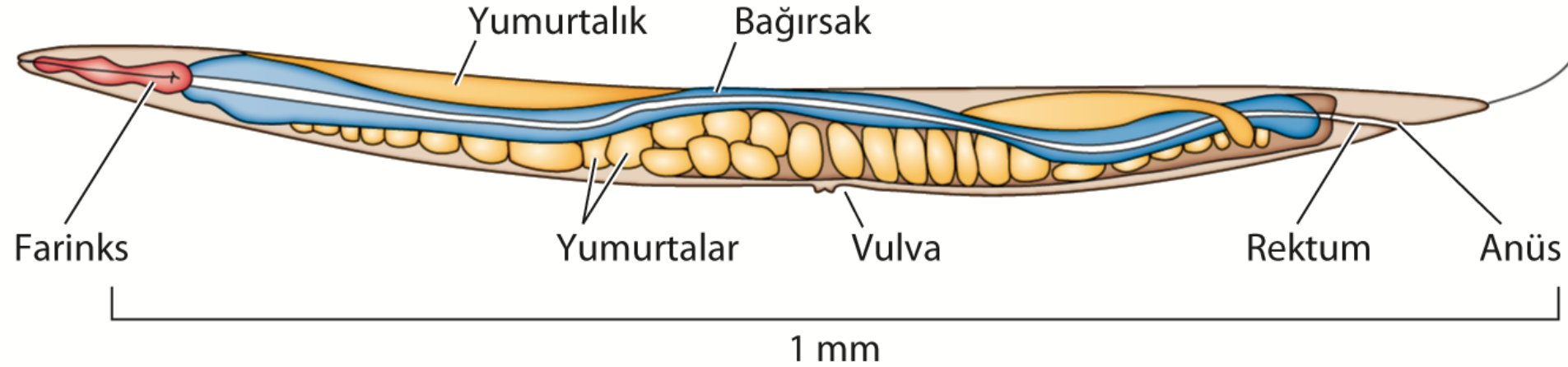
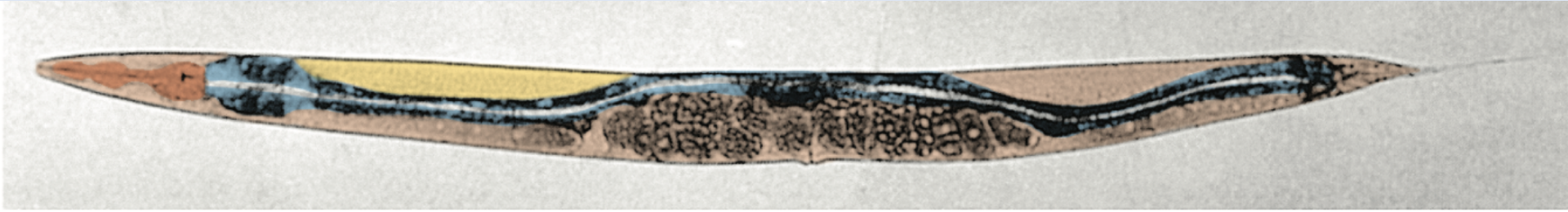
Saccharomyces cerevisiae

- E.coli gibi laboratuvar şartlarında kolaylıkla çoğalırlar.
- E.coli ile başarısı kanıtlanmış moleküler genetik yaklaşımların bir çoğuyla çalışılabilirler.
- DNA replikasyonu, transkripsiyon, RNA işlenmesi, protein tasnifi ve hücre bölünmesinin regülasyonu dahil ökaryotdaki birçok temel işlevlerin anlaşılmasında yararlı olmuştur.

Caenorhabditis elegans

- Hayvanlar ve bitkiler gibi daha karmaşık canlı olan bir nematod olan *Caenorhabditis elegans* hayvan gelişimlerinin ve hücre farklılaşmasının araştırılmasında en yaygın kullanılan modellerdendir.
- C.elegans genomu yaklaşık 100 milyon baz çifti olarak birçok hayvan genomuna daha basit ve kontrol edilebilirdir.
- C. Elegans laboratuvarı kolayca yetiştirilebilir ve genetik olarak manipüle edilebilir.

Caenorhabditis elegans hayvan gelişiminin araştırılmasında yaygın olarak kullanılmaktadır



Drosophila melanogaster

- Meyva sineği *Drosophila melanogaster* gelişimsel biyolojide çok önemli bir model oluşturmıştır.
- *D. melanogaster* 14,000kadar gen içermektedir.
- Laboratuvarlarda kolayca çoğaltılabilmesi, üreme döngüsünün yaklaşık 2 hafta kadar olması onu genetik çalışmalar için kullanışlı yapar.
- *Drosophila* ile yapılan kapsamlı genetik analizler, gelişim ve farklılaşmayı denetleyen birçok geni ortaya çıkardı ve güncel moleküler biyoloji yöntemleri bu genlerin işlevlerinin detaylı olarak incelenmesine olanak sağladı.

Arabidopsis thaliana

- Bitki moleküler biyolojisi ve gelişiminin araştırılması küçük çiçekli bir bitki olan *Arabidopsis thaliana* model olarak kullanılmaktadır.
- Yaklaşık 125 milyon baz çiftinden oluşan genomu vardır.
- çiçek gelişimi gibi bitki gelişiminin çeşitli yönleri ile incelenmesi, bitki ve hayvan gelişimini denetleyen mekanizmalar arasında farklılık ve benzerlikleri ortaya koyan çalışmalarda kullanılmaktadır.

Dictyostelium discoideum

- *Dictyostelium discoideum*, mayalar gibi, nispeten basit tek hücreli bir ökaryot hücresi olan sümüksü mantardır.
- Laboratuvarda kolayca üretilebilir ve çeşitli genetik kullanımlar için uygundur.
- Bir nematod olan *Caenorhabditis elegans*, hayvan gelişiminin ve hücre farklılaşmasının araştırılmasında en yaygın kullanılan modellerden biridir.

Omurgalılar

- İnsan ve diğer memeli hücrelerinin incelenmesine yönelik çalışmalar izole hücreler ile kontrollü laboratuvar koşullarında yapılmaktadır.
- Kültür hücrelerinin kullanımı DNA replikasyonu, gen ekspresyonu protein sentezi ve işlenmesi, hücre bölünmesi mekanizmalarını aydınlatmış memeli hücre biyolojisinin birçok hücre yönü ortaya konulmuştur.

- Birçok kurbağa türü *Xenopus laevis*, omurgalı gelişiminin erken dönemlerinin çalışılması için önemli bir modeldir.
- Bunun yumurtaları, 1 mm'ye varan çapıyla gelişim süreci konusunda bilgi verir.
- Memeliler arasında fare, genetik analizler için en uygun modeldir.
- Fare genetiğinin araştırılmasında ki teknik zorluklar olmasına rağmen fare gelişimini etkileyen birçok mutasyon tanımlanmıştır.

TEŞEKKÜRLER