

# Zooloji

ders notu



Prof.Dr.Mahmut EROĞLU

KTÜ Orman Fakültesi

Orman Mühendisliği Bölümü

2016

# 1 GİRİŞ

## CANLILIĞIN TANIMI

### 1-1 Canlılığın Karakteristikleri

Biyoloji canlıları araştıran bilim dalıdır. Gözlemleyebildiğiniz farklı türlerden canlıları kısa bir süre için aklınızdan geçirin. Şu ana kadar, tanıdığımız canlılar, mevcut olanların çok küçük bir bölümüdür. Gerçekten, bu bölümün birkaç sayfasını okuyarak canlıların her biri hakkında çok şey öğreneceksiniz. Bunun nedeni, canlılığın çok büyük çeşitliliği yanında, çok büyük bir birliğin olmasıdır. Bütün canlılar pek çok yönden birbirine benzerler. Zooloji öğrenimine bu benzerliklerden söz ederek başlıyoruz.

Bir şeyin canlı olduğunu söylerken tam olarak ne demek isteriz. Her duruma uyan, hayatın basit bir tanımı üzerinde düşünce birliğine varılabilmiş değildir. Ancak, "canlılık belirtileri"nin neler olduğu konusunda tam bir fikir birliği mevcuttur. Bu karakteristiklerin veya etkinliklerin bir araya getirilmesi, canlılığın tanımı olmaktadır.

Canlıların her bir bireyine **organizma** adı verilir. Tüm organizmalar şu karakterlere sahiptirler: Yüksek organizasyonludurlar ve pek çok karmaşık kimyasal maddeler içerirler. Canlı kabul edilen en küçük birimler olan, bir veya daha fazla **hücre**'den yapılmışlardır. Enerji kullanırlar. Belli bir şekle ve sınırlı bir büyüklüğe sahiptirler. Sınırlı bir hayat dönemleri vardır. Büyüme gösterirler. Çevredeki değişikliklere tepki gösterirler. Ürerler. Canlı grupları zamanla gelişir ya da değişirler. Cansız varlıklar bu karakteristiklerden birini veya birkaçını sergileyebilir, fakat hapsini asla gösteremezler.

Her ne kadar canlılığın özellikleri belirgin gibi görünüyorsa da, canlı ve cansız arasındaki çizgi çok hassastır. Yaptığımız tanım ve sınıflandırmalar çoğunlukla belirsiz sınırlara sahip olup; kısmen bir kategoriye ve kısmen de diğer bir kategoriye uyan şüpheli durumlar vardır. Gerçekten dünyada, kesin olarak "canlı" veya "cansız" olduğuna karar veremeyeceğimiz şeyler vardır.

Buna bir örnek, bir şişe içinde bir kimyasal madde gibi saklanabilen, ancak canlı bir hücre içinde kendilerini çoğaltabilen objeler olan *virüsler*dir. Gerçekten, virüsler uygun koşullarda canlı karakteri, uygun olmayan şartlarda kristal halinde cansız bir yapı gösterirler. Virüsler çoğalabilirler, fakat bunun dışında canlılığın herhangi bir sürecini devam ettirmezler.

Canlıların bazı genel karakteristikleri yukarıda belirtilmiştir. Canlılar, yine hayatın karakteristikleri olan belli faaliyetleri sürdürürler. Bu kısımda, organizmaların canlı kalmak için düzenli olarak yürüttükleri işlev veya işlemler kısaca tanıtılacaktır. Bu canlılık

işlemleri beslenme, taşınım, solunum, sentez ve özümleme, büyüme, boşaltım, uyum ve üremedir. Canlıları öğrenmeye devam ederken karşımıza çıkacak her şey, bu hayat işlemleri ile bir şekilde ilişkili olacaktır. Ne kadar farklı özel organizmalar olursa olsun, hepsi bu faaliyetleri yürütmek zorundadır. Bu, canlıları birbirine bağlayan ve temelde birbirine benzer kılan ortak bir bağıdır.

Canlılık için gerekli tüm işlemler hücreler tarafından yürütülür. Canlılık karakteristiklerini gösteren en küçük birim olan hücre, tek başına veya pek çok hücreden yapılmış büyük bir organizmanın parçası olabilir. Bağımsız bir hücre, bir hücreli organizma kabul edilir. Çok hücreli organizmalar yüzlerce, binlerce, milyonlarca ya da milyarlarca hücreden yapılmıştır.

## 1-2 Canlılık İşlemleri

Her organizma çevresinden maddeler alır ve kullanabileceği şekillere çevirir. Bu faaliyete **beslenme** adı verilir. Bir organizmanın enerji, büyüme, onarım, ya da varlığını sürdürmesi için ihtiyaç duyduğu maddelere **besinler** denir.

İki temel beslenme tipi vardır. Birinci beslenme tipinde, organizma kendi karmaşık besinlerini çevresindeki basit maddelerden üretebilmektedir. Tüm yeşil bitkiler ve bazı bakteriler ile diğer bir hücreli organizmalar kendi besinlerini bu yolla yapabilmektedirler. Kendi besinlerini yapamayan organizmalar, bunları çevreden yiyecek şeklinde almak zorundadırlar. Tüm hayvanlar, besinlerini çevrelerinde hazır halde bulmak zorundadırlar.

Yiyeceğin çevreden alınmasına **beslenme** denir. Çoğunlukla, yiyeceklerdeki besinler organizmaların doğrudan kullanabilecekleri şekillerde değildir. Bu besinler kimyasal olarak çok karmaşıktır; organizmanın bunları daha basit şekillere parçalaması gerekir. Karmaşık besinlerin organizma tarafından kullanılacak basit şekillere dönüştürülmesine **sindirim** denir.

Maddelerin organizmaya alınması veya organizma içinde üretilenlerin organizmanın her tarafına dağıtılması işlemine "transport" "taşınım" denir. Besinler, atıklar ve hayat olaylarını diğer ürünleri organizma içinde bir yerden diğerine taşıyırlar. Çok küçük organizmalarda gerçek bir taşınım sistemi yoktur. Kullanılabilir maddeler çevreden doğrudan organizma içine alınırlar. Atıklar, organizmadan doğrudan çevreye geri verilirler. Hayvanların çoğunda gerekli maddeleri organizmanın tüm parçalarına taşıyan ve atıkları uzaklaştıran özel dolaşım sistemleri vardır.

Tüm canlılık işlemleri sürekli bir enerji temini gerektirir. Organizmalar enerjilerini belli besinlerde depolanmış kimyasal enerjinin serbest kalmasından sağlarlar. Bunun başarılı olduğu işleme **solunum** denir. Solunum, karmaşık bir kimyasal tepkimeler dizisini içerir. Şekerin su ve karbondioksit meydana getirecek şekilde yıkılması, bir solunum tipidir. Bu tepkime, havanın oksijenine ihtiyaç duyduğundan buna **oksijenli solunum** denir. Bazı basit organizmalar, özellikle mayalar ve bazı endoparazitler oksijene gerek olmayan **oksijensiz solunum** yaparlar.

Hücrelerde meydana gelen tüm kimyasal tepkimeler toplamına **metabolizma** denir. Metabolizma, basit maddelerden daha karmaşıklarının yapılması ve karmaşık maddelerin daha basitlerine yıkılması işlemlerini kapsar. Devamlı enerji salma ve kullanma da metabolik faaliyettir. Metabolik faaliyet, çoğunlukla hayatın tek başına en önemli karakteristiği olarak kabul edilir.

Organizmalar, basit maddeleri daha karmaşık maddeler oluşturmak için kimyasal olarak birleştirebilirler. Bu işleme **sentez** denir. Sentezde kullanılan maddeler, çoğunlukla karmaşık besin materyallerinin sindirim ürünleridir.

Sentezin sonuçlarından biri, organizmanın yapısal bir parçası olabilecek materyallerin üretilmesidir. Bu yolla, organizma, yaralı kısımlarını onarabilir veya değiştirebilir ve de büyüyebilir. Organizmanın vücudunda materyallerin birleştirilmesine asimilasyon denir.

Her organizmada, özellikle metabolizma ile, kullanılmayacak ve vücutta birikmesine izin verilmesi halinde zararlı olabilecek atık maddeler üretilir. Bu atıkların dışarı atılmasına **boşaltım** denir.

**Uyum**, bir organizmada, sürekli değişen bir dış çevrede, dengeli bir iç çevrenin sürdürülmesi işlemidir. Değişmez bir iç denge haline **homeostatis** denir. Hayvanlarda, uyum öncelikle *sinir sistemi*, *endokrin* ve *eksokrin* sistemleri ile başarılmaktadır. Sinir sistemi, organizmanın her yerine mesaj ya da impulsları taşıyan özelleşmiş hücreler ağından meydana gelmiştir. Endokrin sistemi, *hormon* denilen kimyasal maddeleri salgılayan birtakım salgı bezlerini içerir. Hormonlar kimyasal haberciler olarak rol oynarlar. Sinir impulsları ve hormonlar iç ve dış çevredeki değişikliklere tepki vermede, organizmada değişmelere neden olabilirler.

**Üreme**, canlıların kendi türlerinden yeni organizmalar meydana getirmeleri işlemidir. Diğer hayat olaylarının aksine, üreme bir organizma bireyinin hayatını sürdürmesi için gerekli değildir. Ancak, bu organizma türünün varlığını sürdürmesi için gereklidir. İki çeşit üreme vardır, **eşeyli üreme** ve **eşeysiz üreme**. Eşeysiz üremede sadece bir ata vardır ve tüm döller cetleri ile özdeşirler. Eşeyli üremede iki ebeveyn vardır ve döller anne veya babaları ile özdeş değildir.

Canlı organizmaların hacimlerini arttırma işlemine, **büyüme** denir. Büyüme, besinlerin organizma vücuduna dahil edilmesinin yani asimilasyonunun bir sonucudur. Bir hücreli organizmalarda, büyüme sadece hücre hacmindeki bir artıştır. Çok sayıda hücreden meydana gelmiş organizmalarda, büyüme çoğunlukla, hücrelerin hacim ve sayılarındaki artışın bir sonucudur. Çok hücreli organizmalarda büyümeye, başlangıçta benzer olan ve özelleşmemiş hücrelerin belli görevler için özelleşmesinin sonucu olan **farklılaşma** işlemi eşlik etmektedir. Hayvanlarda, büyüme çoğunlukla belirli bir modeli izler ve belli bir zaman devresinden, türün kendine özgü şekil ve büyüklüğe ulaşmasından sonra sona erer. Çok yıllık bitkilerde kural olarak sınırsız bir büyüme görülür.

### 1-3 Canlıların Çeşitliliği

Bugün, yaklaşık 1.5 milyon farklı organizma çeşidinin var olduğu bilinmekte ve her yıl birkaç bini daha teşhis edilmektedir. Bazı uzmanlar 10 milyon kadar farklı organizma türünün var olduğunu kabul etmektedir. Bu çok büyük çeşitlilikteki organizma sayısı ile uğraşmak için, bilim adamları, uluslararası geçerli bir sisteme göre, organizmaları tanırlar ve adlandırır. Bu, çeşitli canlılar ve bunların özellikleri hakkında birbiriyle iletişim kuran bilim adamlarının işini kolaylaştırır.

Canlıların sınıflandırılması ve adlandırılması ile ilgili biyoloji dalına **taksonomi** adı verilir. Eski sınıflandırma girişimlerinin hepsinde, canlılar, **bitkiler alemi** ve **hayvanlar alemi** olarak iki büyük gruba ayrılmıştır.

İsveçli botanikçi Carolus Linnaeus çoğunlukla çağdaş taksonominin kurucusu olarak bilinir. Linnaeus, halen kullanılan, organizmaları sınıflandırma ve isimlendirme yöntemlerini kurmuştur.

Linnaeus ile günümüz arasındaki zamanda, taksonomistler sınıflandırma sistemine bazı kategoriler eklemiştir. En geniş ve en kapsamlı kategori alemdir. Canlıların sınıflandırılmasında, çoğunlukla kullanılan kategoriler şunlardır: Alem, şube, sınıf, takım, familya, cins ve tür. Tür, doğada kendi içinde üreyimli döl verebilen benzer organizmaların doğal bir grubu ya da popülasyonu olarak tanımlanmaktadır. Popülasyon, belirli bir bölgede birlikte yaşayan ve kendi içinde üreyebilen aynı türden organizmaların bir grubudur.

Günümüz biyolojisinde, her bir organizma çeşidinin **bilimsel adı** olan, iki kelimeli bir Latince adı vardır. İlk kelime cins ismidir, ikincisi cins içinde bu türü tanırlar.

Tüm eski sınıflandırma girişimlerinde, canlılar, bitkiler alemi ve hayvanlar alemi olarak büyük gruba ayrılmıştır. Bu sistem büyük organizmalar için iyi işlemektedir. Ancak, bazı organizmalar bitki ve hayvanların her ikisine de benzer özellikler gösterir. Açıkça hayvan veya bitki olmayan organizmaları sınıflandırma problemini çözmek için, taksonomistler modern sınıflandırma sistemlerine yeni alemler eklemektedirler. Bununla birlikte, kaç tane ek aleme ihtiyaç olduğu ve bu alemlere hangi organizmaların yerleştirileceği üzerinde evrensel bir birlik yoktur.

Biz beş alemlilik bir sınıflandırma sistemini kullanacağız. Bu beş alem Monera, Protista, Fungi, Plantae ve Animalia'dır. Bu sistem büyük organizma grupları arasındaki belirli çok temel farkları vurgulamaktadır. Aynı zamanda, bir dereceye kadar alemler içindeki sınıflandırmayı da kolaylaştırmaktadır. Bu beş alemin genel özellikleri aşağıda kısaca tanıtılmıştır.

**Monera** aleminin üyeleri çoğunlukla birhücreliler olmakla, bazı çeşitleri zincirler, salkımlar veya birbirine tutunmuş hücre kolonileri oluştururlar. Moneran hücreler diğer hücrelerden temelde farklıdır. Bu hücrelerin zarlı, organize olmuş bir çekirdekleri

yoktur. Monera aleminin sadece iki şubesi vardır, bakteriler ve mavi-yeşil algler.

**Protista** aleminin üyeleri ya birhücreliler veya çok basit çokhücreli organizmalardır. Protist hücreler daha karmaşık organizmaların hücreleri gibi organize olurlar. Bu hücreler, bir zarla kuşatılmış çekirdek ve farklı çeşitlerde hücre organellerini içerirler. Farklı protisit çeşitleri vardır. Bazıları, hücre duvarları ve kloroplastlarda klorofili olan bitki hücrelerini andıran alglerdir. Bazısı hücreleri klorofil ve hücre duvarından yoksun olan, hayvan hücrelerine benzer, kendiliğinden hareket edebilen **protozoalardır**.

Geçmişte, **fungi** (tekil, fungus) aleminin üyeleri, hayvanlardan çok bitkileri andırdığı için bitkiler alemine dahil edilmiştir. Ancak, mantarlarla bitkiler arasındaki büyük farklar, pek çok biyologu, mantarları ayrı bir aleme koymaya yöneltmiştir. Mantarlar klorofil içermezler ve besin sentezi yapamazlar.

Bitkiler, yeşil, kahverengi ve kırmızı algleri, yosunları, kızılıyaprakları ciğerotlarını ve damarlı bitkileri içeren **plantae** aleminin üyeleridir. Bitkiler, algler dışında gerçek bir doku ve organ organizasyon düzeyi gösterirler. Bitkiler, kendi kendine yer değiştirecek hareket yapamazlar. Yaklaşık tüm bitkiler fotosentez yürütürler. Bitki hücrelerindeki klorofil kloroplastlarda bulunur.

Hayvanlar çoğunlukla organ ve organ sistemi organizasyon düzeyi gösteren **animalia** aleminin üyeleridir. Hayvanların çoğu, hayat devresinin en az bir kısmı sırasında kendi kendilerine yer değiştirerek hareket edebilirler. Hayvanlar fotosentez yürütemezler böylece besinlerini çevreden sağlamak zorundadırlar. Hayvanların çoğu besinlerini aktif olarak arar. Duyu organları, beyin ve vücudun bir ucunda toplanmış ağız ile, vücut düzenleri bu faaliyeti destekler. Hayvanların pek çok çeşidinin çok özelleşmiş duyu sistemleri, iyi gelişmiş beyinleri ve karmaşık türdeki hareketlere izin veren sinir-kas sistemleri vardır. Hayvanlarda, eşeyli üreme eşeysiz üremeden çok daha yaygındır. Bazı türlerde özelleşmiş kur yapma davranışı vardır ve anne-babanın yavrularına bakması yaygın olabilmektedir.

Hayvanlar alemi beş alemin en büyüğüdür. Hayvanlar çevreden besin almak zorunda olan çok hücreli organizmalardır. Pek çoğu hareket etmelerine olanak veren sinir ve kas sistemlerine sahiptir. Hayvanların çoğu eşeyli olarak ürer, fakat bazı basit formlar eşeysiz olarak da ürer. Bazı hayvanlarda yavru erginle aynı temel özelliklere sahiptir, ancak diğerlerinde, yavru erginden çok farklıdır. Bu durumdakilerde, yavru formlar **larva** olarak bilinir. Larva, ergin formu meydana getiren bir dizi gelişim değişiklikleri geçirir.

Biyolojinin hayvanları inceleyen dalına **zooloji** ve hayvanları araştıran bilim adamlarına da **zoolog** adı verilir. Zoologlar hayvanlar alemini 30 büyük gruba ya da şubeye ayırırlar. En büyük dokuz şube, hayvan türlerinin çoğunluğunu içerir. Bu şubeler *süngerler, haşlamlılar, yassı solucanlar, yuvarlak solucanlar, halkalı yuvarlak solucanlar, yumuşakçalar, eklembacaklılar, derisi dikenliler ve sırt iplikliler'* dir. Tüm hayvan grupları içinde, eklembacaklılar, biyolojik olarak en başarılı ve en kalabalık

gruptur. Eklem bacaklılar, diğer tüm canlı türlerinin toplamından çok daha fazladır. Eklem bacaklıların böcekler sınıfının bilinen tür sayısı 900 binden fazladır.

Bir omurganın bulunup bulunmaması esasına göre, hayvanlar iki gruba ayrılır. Bunlar, **omurgalı hayvanlar** ve **omurgasız hayvanlardır**.

## ZOOLOJİ BİLİMİ

### 1-4 Bilimsel Yöntem

Her bilim, en geniş anlamda yaşadığımız dünyayı bir anlama girişimidir. Bunun anlamı, bilimin, varlıkları ve olayları basit olarak gözleme ve tanımlamanın çok daha ötesine geçtiğidir. Bilim, varlıkların niçin böyle olduklarını ve niçin, nasıl oluştuklarını açıklayan temel ilkeleri bulmaya çalışır. Çok farklı türden açıklanacak olguların ve çok sayıda cevaplanacak soruların olması, bilim adamlarının fizikçi, kimyacı, biyolog, yerbilimci, uzay bilimci vb. gibi uzmanlaşmasına neden olmuştur. Belli başlı araştırma alanlarının her birinin kendi içinde de çok sayıda alt bölümleri vardır. Günümüzde çok az bilim adamı sınırlı ilgi alanının ötesinde inceleme yapacak bilgi ya da zamana sahiptir.

Ancak, tüm araştırma alanlarındaki bilim adamları mevcut problemlere aynı şekilde yaklaşım gösterirler. Bir bilim adamı bir buluşu açıkladığında veya yeni bir fikir önerdiğinde, diğer bilim adamları aynı çalışmanın sonuçlarını tekrarlar veya test edebilirler. Bilimsel problemlere olan bu evrensel yaklaşıma **bilimsel yöntem** denir. Bilimsel yöntemin temel özellikleri tüm bilim alanlarında aynıdır.

**Problem tanımlama.** Bilimsel yöntem, bir araştırmacının belirli bir olgu ya da gerçekler dizisini, araştırmak için seçmesiyle başlar. Konu, çok az bilinen ya da çok iyi anlaşılan olabilir. Her iki durumda da, araştırmacı bilinçli olarak, araştıracağı özel bir problem tanımlar.

Bu kararı, çoğunlukla başlıkla ilgili bilgiler için baştan sona bir kaynak taraması izler. Bilgilerin çoğu diğer bilim adamları tarafından gerçekleştirilmiş ve bilimsel dergilerde yayınlanmış deneysel verilerinden sağlanır. Bilim adamı, bir olgu ile ilgili mevcut bilgilere erişmekle, daha önce tamamlanmış bir çalışmanın tekrarından kaçınmanın yanında, probleme en iyi yaklaşımı da tasarlayabilir.

**Varsayım oluşturma.** Bir problemin analizinde, araştırmacı, mevcut verilerden olayların özel bir modelini ya da belirli etmenler arasındaki bazı kesin ilişkileri sezebilir. Ancak bu yaklaşım yalnız başına herhangi bir şey açıklamaz. Bilim adamlarının gerçekte öğrenmek istedikleri, ele alınan özel bir modelin niçin ileri sürüldüğü, örneğin, modeli neyin doğruladığıdır. Usavurma, tahmin yürütme ve sezgi burada başlar. Bilimsel yöntemin bu aşamasında, bilim adamı, ileri sürülen gerçekler dizisinin bir

açıklaması olan bir **varsayım** oluşturur. Bu, bilimsel yöntemde eleştiriye açık bir adımdır.

**Varsayımın sınanması—Deneme.** Bir varsayım, belirli bir problemle ilgili bilinenlerin tamamının teorik bir açıklamasını sunabilir, ancak yeni deneylerle sınanıncaya kadar sadece bir varsayım, mantıksal bir yaklaşım olarak kalır. Bir varsayım, sadece aynı türden çok sayıdaki deneyin yürütülmesi ile denenemez. Bu, varsayımla sunulan açıklamanın doğrulanmasından çok, bilinen modelin doğrulanması olur. Ancak, iyi bir varsayım başka çeşit modelleri ya da henüz gözlemlenmemiş ilişkileri önceden kestirdiği için, bilim adamı, bir varsayımın önceden kestirdiklerini doğrulayan ya da çürüten deneyler planlayarak varsayımını sınamalıdır. Bir varsayım, olası doğruların tahmin edilen bütün etkileri deneylerde gözlemlenir ve bu etkiler tekrarlanabilirse doğru kabul edilebilir. Bir varsayım asla tamamen kanıtlanamaz. Bununla birlikte, herhangi bir zamanda bir tek deneyle aksi kanıtlanabilir. Kuşkusuz, diğerleri gibi, bu deneyin sonuçlarının doğruluğundan emin olmak için tekrarlanmaları ve test edilmeleri gerekir.

Bir deneyin tasarlanması, bir araştırmacının başarısında belirleyici etkiye sahiptir. Deneyde araştırmacı belirli gözlemlerin yapılabildiği özel bir deney düzeni kurar. Araştırmacı düzende belirli değişiklikler yapar ve sonuçlarını gözler. Zoolojik araştırmalarda çoğunlukla **kontrollü deney**lerin kullanılması yoluna gidilir. Bir kontrollü deneyde, bir durum iki kez tekrarlanır. Bir tek etmen her bir düzenlemede değiştirilir, diğerleri aynı kalır. İki düzenlemenin sonuçlarındaki herhangi bir farkın, değiştirilen etmeden kaynaklandığı kabul edilir. Değişiklik yapılmayan ve referans olarak ödev gören deney düzeni *kontrol* olarak adlandırılır.

Bilimin amacı gözlenen şeyin açıklanması olduğundan, her araştırmada gözlemlere yer verilir. Çağdaş bilimin özü doğru ölçüm ve sonuçların rakamsal ya da nicel şekilde açıklanmasıdır. Bilim adamları kesin, nicel sonuçlar sağlamak için pek çok özel araç ve gereçler kullanırlar.

## 1-5 Bilimsel Ölçüm

Bilimsel araştırma ölçüleri çoğunlukla metrik sistem birimleri ile ifade edilirler. Bu sistemde, temel uzunluk birimi metre (m); kütle ya da ağırlık birimi gram (g); hacim birimi litre (L); zaman birimi saniye (s) ve sıcaklık birimi santigrat derece (°C) veya Kelvin'dir. Metrik sistemde, uygun büyüklükte birimlerin oluşturulmasında daha yalın bir yöntem izlenmektedir. Temel birimi büyütme ya da küçültme için adına bir ön ek eklenir.

Canlı hücre yapılarının küçük boyutlarından dolayı zoolojide küçük birimlere gereksinim duyulur. Bu yapıların birçoğu boy ve çapta metrenin milyonda birinden (mikrometre) çok az büyüktürler. Zoolojide çok fazla ölçüm bu alanda olduğundan, mikrometre yerine çoğunlukla daha kısa bir ad, mikron kullanılır. Bir mikron ( $\mu$ ) bir mikrometre ya da milyonda bir metre ile aynıdır. Milimetrenin binde birine (0.001 mm) eşittir.



Hücre yapıları için bazen kullanılan diğer bir küçük uzunluk birimi Angström birim ( $\text{\AA}$ )'dir. Bir angström birim bir mikronun on binde biridir.

Gözlem ve ölçüm bilimsel araştırmanın omurgasıdır. Yalnız başına duyularla yapılabilen gözlemler oldukça sınırlıdır. Bu yüzden, bilimin her dalı, insan duyularının erim ve doğruluğunu arttıran aletler kullanır. Bu, tıpkı günlük hayatımızda duyularımıza yardımcı olan araçlar, örneğin gözlük kullanmamız gibidir. Kullandığımız termometreler, ölçü kapları, ölçek ve cetvellerin bilimsel araçlar olduklarını çoğu kez aklımızdan geçirmeyiz. Mikroskoplar biyolojik araştırmalarda kullanılan en önemli aletlerdendir.

## ZOOLOJİ ARAÇLARI

### 1-6 Optik Mikroskop

Bir **mikroskop**, bir objenin görünüşünü büyüterek, küçük ayrıntılarını görmemizi sağlayan herhangi bir araçtır. Bir objeyi incelemek için mikroskop kullanarak gördüğümüze *görüntü* denir. Görüntü boyutunun nesnenin boyutuna oranına **büyütme** ya da aletin *büyütme gücü* denir. Büyütülmüş görüntü elde etmek için ışık kullanan mikroskoplara optik mikroskoplar denir. Optik mikroskoplar ışık ışınlarının saydam bir ortamdan diğerine geçerken yön değiştirmeleri gerçeğine dayanır. Optik mikroskoplar bükülmüş yüzeyli cam parçaları olan mercekler içerir. Mercekler ışık ışınlarının bir objeden kırılmasına neden olarak büyütülmüş bir görüntü meydana getirir.

En basit mikroskop, bildiğimiz büyüteçtir. Bir tek mercekten ibarettir. Bu tür mercekler en erken onuncu yüzyılda kullanılmıştır. Bunlar biyologlar tarafından arazide örneklerin tanınmasında ve bir laboratuvar araçlarının yüksek büyütmelerinin gerekmediği hızlı gözlemler için hala kullanılmaktadır.

### 1-7 Bileşik Mikroskop

Bileşik mikroskop iki mercek kullanır. Merceklerden biri, ikinci mercek tarafından daha fazla büyütülen, büyütülmüş bir görüntü meydana getirir. Bileşik bir mikroskop bir optik sistem, bir mekanik sistem ve bir ışık sistemine sahiptir. Kullanımı, bilimin hemen tüm alanlarında çok büyük gelişmelere götürmüştür.

**Optik sistem.** Mercekler bileşik mikroskopun optik sistemini meydana getirir. Optik sistemin iki merceği objektif ve okülerdir. Modern mikroskoplarda, objektif ve oküler, her biri arzulanan optik özellikleri vermek için birleştirilmiş birkaç mercekten ibarettir. Aletin işleyişine göre, her bir mercek takımı tek bir mercek gibi rol oynar.

Bir bileşik mikroskopun çoğunlukla farklı büyütme güçleri olan iki ya da daha fazla objektif merceği vardır. *Düşük büyütme gücü* olan objektif önce, incelenecek örneğin yerini saptamak için kullanılır. Daha fazla bir büyütme istendiği zaman daha *yüksek*

*büyütme gücüne* sahip bir objektif görüntü konumuna getirilir. Oküler, çoğunlukla farklı büyütmeli bir diğerine döndürülür ya da değiştirilir.

**Mekanik sistem.** Mekanik sistem incelenecek örnek ve mercekleri taşıyan ve görüntünün odaklanmasına yarayan yapısal parçalardan meydana gelir. Mikroskobun üzerinde durduğu kısım taban ya da ayaktır. Diğer mekanik parçaların çoğu mikroskop koluna eklidir. Kola dayalı tablada örneğin konduğu yuvarlak bir açıklık vardır. Örnek, gözlem için çoğunlukla bir cam ya da plastik lam-lamel arasına yerleştirilir. Tablaya ekli ataçlar lamı yerinde tutar. Mercekleri taşıyan silindirik gövde borusu kolun üstündedir. Mikroskop kullanırken gözümüzü yaklaştırdığımız oküler, bu gövdenin en üst kısmındadır. Alttaki gövde borusu objektif merceklerini taşıyan döner bir parçadır. Bu parçanın döndürülmesi ile objektifler değiştirilir.

Mikroskobu odaklamak için iki ayrı ayar topuzu kullanılır. Büyük topuz, düşük büyütmeli objektifin yaklaşık odaklanmasında kullanılan kaba ayar düğmesidir. Daha küçük olan topuz ise düşük büyütmeli objektifin son odaklanması ve yüksek büyütmeli objektifin tüm odaklanmasında kullanılan *ince ayar* düğmesidir. Her iki ayar topuzu, tabla veya gövde borusunun hareketi ile objektifle örnek arasındaki uzaklığı değiştirir. Görüntü, gözlemci için en belirgin olduğu zaman obje odaklanmıştır. Yüksek büyütmeli objektif konumunda, objektif çoğunlukla lam-lamele çok yaklaşır. Bu nedenle, yüksek büyütmeli objektifin odaklanmasında sadece ince ayar düğmesi kullanılmalıdır.

**Işık sistemi.** Işık sistemi temelde bir ayna ve bir diyaframdan oluşur. Bazı mikroskoplarda alt konumda bir aydınlatıcı ve bir kondansatör bulunur. Tabla açıklığının altındaki ayna ışığı doğrudan örnekten objektife aktarabilir. Bazı mikroskoplarda ışık, doğrudan küçük bir elektrik ışığı olan alt konumlu bir aydınlatıcıdan sağlanır. Objektife ulaşan ışık miktarı tablanın altındaki katmanlı diyaframla düzenlenir.

## 1-8 Büyütme

Büyütme, alan ya da "hacim"de bir değişme değil, uzunluk gibi tek bir yöndeki büyültmeye dayanır. Eğer bir mikroskobun 100X büyütmesi varsa, 1 mm uzunluğundaki bir çizginin görüntüsü 100 mm uzunlukta belirecektir. Bir görüntünün alanı, büyütmenin karesiyle artmaktadır. Örneğin, 1mm X 1 mm karelik bir görüntü 100 mm X 100 mm olacaktır. Yani bir mm<sup>2</sup> alana sahip karenin görüntüsü 10.000 mm<sup>2</sup>'dir.

Bileşik bir mikroskopta toplam büyütme, objektifin büyütme gücü ile okülerin büyütme gücünün çarpımı ile bulunur. Öğrenci mikroskoplarında, yüksek büyütmeli objektifin büyütme gücü çoğunlukla 43X ve okülerinki de 10X'dir. Yüksek büyütmeli objektifin kullanılmasıyla mikroskobun toplam büyütme gücü 43X10 ya da 430X'dir.

## 1-9 Çözünürlük

Mikroskop objelere ayrıntı katmaz, sadece var olan ayrıntıları insan gözünün seçebileceği kadar birbirinden ayırır. Birbirine çok yakın iki ince nokta yalın gözle bir tek

nokta gibi görünür. Bu iki nokta, mikroskop altında birbirinden uzakta, bağıntısız olarak görünür.

Bir mikroskobun birbirine çok yakın iki noktayı ayrı görüntüler olarak gösterme yeteneğine **çözünürlük** ya da *çözme gücü* denir. Çözünürlük, bir görüntünün keskinliği için başka bir terimdir. Bir mikroskobun büyütme gücü, çözme gücünden bağımsız arttırılmaz. Yalnız büyütme arttırılırsa, görüntü büyür ancak daha fazla ayrıntı yakalanamaz. Sonuçta küçük karışmış noktalar, yalın olarak büyük karışmış noktalar olur.

Bir mikroskobun çözme gücü, bir noktaya kadar merceklerin duyarlılığı ve niteliğine bağlı olmaktadır. Bununla birlikte, herhangi bir optik mercek sisteminin çözme gücünün bir sınırı vardır. Bir optik mikroskop uzaklıkları 0.2 mikrometreden daha az olan iki noktayı birbirinden ayıramaz. Çözme gücünün bu sınırı ışık özelliklerinin bir sonucudur. Işık bu kadar küçük bir aralıkla değiştirilmez ve bu aralıkla ilgili hiçbir bilgi taşımaz. Bu iki nokta tam bir nokta kadardır. Işığın bu özelliği, optik mikroskoplarla yeni hücre yapılarının bulunmasına bir sınırlandırma getirir. Bu sınırlandırma, elektron mikroskobunun geliştirildiği 1930'lu yıllara kadar var olmuştur.

### **1-10 Fiksasyon, Gömme, Kesme ve Boyama**

Bileşik mikroskop altında incelenecek bir örnek ışığı geçirecek kadar ince olmalıdır. Biyolojik materyallerin çoğu ışığı geçirmeyecek kadar kalındır. Bu nedenle bu materyaller önce fikse edilir, parafine gömülür ve daha sonra ince bölümlere dilimlenirler. Fiksasyon, önce materyallerin oransal olarak küçük parçalara kesilmesi ve daha sonra formalin gibi bir fiksatif içinde yıkanmaları ile yapılır. Fikse edilmiş materyaller daha sonra sertleştiren sıvı bir mum ya da plastik içine gömülürler. Mum ya da plastik materyalleri kesilebilecek ya da kesit alınacak yerde tutar. İnce kesit alma işlemi için kullanılan alete *mikrotom* denir.

İnce kesitler daha sonra çoğunlukla bir cam lama tutturulur ve boyanır. Biyolojik objelerin oransal olarak küçük yapısal ayrıntıları, boyamadan bileşik mikroskopta incelenebilirler. Bununla birlikte, kesitte sadece belirli yapıların tuttuğu bir veya daha çok renkli boyaların kullanılmasıyla, ayrıntılar görülebilir. Bu boyalar, dokuyu öldürmeden içine alınır ve yapısal ayrıntılar mikroskopta görülebilir.

### **1-11 Steromikroskop**

Steromikroskobun her bir göz için bir oküler ve bir objektifi vardır. İncelenen örneğin üç boyutlu görüntüsünü sağlar. Steromikroskopların büyütme güçleri 6X ile yaklaşık 50X arasında değişir. Bu tip mikroskop esas olarak örneklerin dış veya yüzey yapılarının araştırılmasında kullanılır. Laboratuvarlarda, parçalara ayırma steromikroskop altında yapılabilmektedir. Entomoloji dersi uygulamalarında, böcek morfoloji ve anatomi çalışmalarında kolaylıkla kullanılmaktadırlar.

## 1-12 Faz-Kontrast Mikroskop

Bir objenin diğerinden ayırt edilmesinde gözlerimizi kullanabilmemizin nedeni, objelerin ışık dalgalarını farklı yönlere değiştirmesindedir. Böylece gözler ve beyin iki objeyi ayrı görmek için, ışık dalgalarındaki farklılıkları kullanır. Sıradan bir optik mikroskop kullanmanın bir güçlüğü, canlı hücredeki farklı yapıların ışığa yaklaşık aynı derecede geçirgen olmalarıdır. Bu yapılar içlerinden geçen ışığın parlaklık ya da rengi üzerinde aynı etkiye sahiptirler. Bunun bir sonucu, bu yapıları birbirinden ayırt edemeyiz.

Bu problemin bir çözümü, yukarıda değinilen boyamadır. Fakat boyama çoğunlukla yaşayan organizmaları öldürür. Bu problemin bir başka çözümü vardır. Yapılar renk ve parlaklık üzerinde aynı etkiye sahip olabilirler, ancak içlerinden geçen ışığın hızı üzerinde farklı etkiye sahiptirler. Bu fark ışık dalgalarında faz farkı meydana getirir. Göz ışık dalgalarındaki bir faz farkını algılayamaz, ancak bu farklılıkları görülebilir yapacak bir optik sistem oluşturulabilmektedir. Faz-kontrast mikroskopun temeli budur. Bu alet oldukça karmaşıktır, ancak sıradan bir ışık mikroskobu ile görülemeyecek canlı hücre yapılarını görülebilir yapar.

## 1-13 Elektron Mikroskobu

Elektron mikroskop iletimi ile, kullanılır çözünürlükte, 250.000 kattan daha fazla büyütme sağlama olanağı vardır. Işık mikroskobunun ışık ışınları ve optik mercekleri yerine, elektron mikroskobunun bir elektron ışını ve elektromagnetik mercekleri vardır. Elektron ışını, elektron ışınının odaklanmasında mercek olarak ödev gören bir dizi elektromagnetler içeren bir vakum odacık içine yönlendirilir. Elektronlar örneğe çarptığında, bir kısmı içinden geçer, bir kısmı absorbe edilir ve bir kısmı saçılır. Örneğin içinden iletilenler görüntü için televizyon ekranına benzer bir ekran üzerine odaklanır. Örneğin daha yoğun kısımları, daha az yoğun kısımlardan daha fazla elektron soğuracak ve görüntü ekranında daha koyu belirecektir. Elektron mikroskoplar, örneğin görüntüsünü çekebilecek fotoğraf makineleri de içerirler.

Bir elektron mikroskobunda incelenen örnekler tamamen kuru, plastik içinde gömülü ve bir mikrondan kalın olmayacak çok ince kesitler halinde kesilmiş olmalıdır. Bu kesitler ince taşıyıcılara yerleştirilir. Örnek, yüksek kontrast sağlamak için, çoğunlukla çok ince bir ağır metal katmanla kaplanır.

*Tarayıcı elektron mikroskobun* bir dereceye kadar farklı bir işleyiş şekli vardır. Bu mikroskop ince bir noktaya odaklanan bir elektron ışını kullanır. Bu ışın daha sonra geriye geçer ve örneğin yüzeyinden dışarı taşar. Yüzeyden yansıtılan ya da fırlatılan elektronlar toplanır ve büyük derinlikte bir görüntü oluşturmada kullanılır. Tarayıcı elektron mikroskobu yüksek bir büyütme gücüne sahip değildir. Bununla birlikte, örneğin tamamının yüzey yapısının çok ince ayrıntılarını açığa çıkarabilmektedir. Tarayıcı elektron

mikroskopla böceklerin vücut kısımlarının ve iç organlarının çok ince ayrıntılarını görüntüleme olanağı vardır.

## 1-14 Diğer Özel Teknikler

**Santrifüj** farklı yoğunluklardaki materyallerin birbirinden ayrılabilirdiği bir işlemdir. Bunu yapan alete santrifüj denir. Bileşenlerine ayrılacak olan materyal, santrifüje konan bir test tüpünün içindeki sıvıda eritilir. Santrifüj tüpü çok büyük bir hızla döndürür. Sıvı içindeki en ağır parçacıklar dibe en hızlı çökecekler. Tüp içindeki parçacıklar ağırlıklarına göre üst üste katmanlar oluştururlar. Her bir katman veya parça, daha sonra ayrı olarak tüpten alınabilir.

*Ultrasantrifüj* bilinen santrifüjden çok daha güçlüdür. Dakikada dönme hızı 40,000 devirden 100,000 devire kadar çıkar. Çeşitli hücre kısımlarını içeren çok hafif tanecikleri birbirinden ayırmada kullanılır.

**Doku kültürü** canlı hücre veya dokuları vücut dışında bir kültür ortamında canlı tutmak için kullanılan bir tekniktir. Canlı organizmadan alınan hücreler, bir kültür tüpüne konur ve tüm gerekli besinleri, oksijen ve benzerleri maddeleri içeren bir sıvıya daldırılırlar. Doku kültürü içinde gelişen hücreler, çok çeşitli biyolojik ve sağlıkla ilgili araştırmalarda kullanılır.

**Kromatografi** ve **elektroforesis** kimyasal madde karışımlarını ayırmak ve analiz etmek için kullanılan iki duyarlı yöntemdir. Kromatografide ayrılacak olan karışım, tutunacağı katı bir materyal üzerine konur. Daha sonra çözücü ile muamele edilir. Katı materyale en gevşek tutunan maddeler çözücüde ilk önce taşınırlar. Daha sıkı tutunan maddeler en son taşınırlar. Bu yolla karışımdaki farklı maddeler ayrılmış olur. Deney maddeleri renkliyse, renkli kuşaklar ya da benekler oluştururlar. Eğer renksizse, kendilerine renk veren kimyasallarla ayrılabilirler. Belirli bir maddenin belirli bir çözücüdeki hızı o madde için karakteristiktir. Çözücü içinde, deney maddelerinin gittiği uzaklık bilinen maddelere ait örneklerle karşılaştırılarak, test maddeleri tanınabilir.

**Elektroforesis** tanecikleri elektriksel bir yüke sahip olan maddeleri ayırmada kullanılan bir tekniktir. Elektrik akımı deney karışımını içeren bir sıvı katmanından geçer. Farklı maddeler elektriksel alanda farklı hızlarda hareket ederler. Bu yolla deney karışımını oluşturan maddeler ayrılırlar. Ayrıca, her bir maddenin hareket oranları o madde için karakteristiktir.

**Spektrofotometri** maddeleri tanımak ve ölçmek için bilim adamları tarafından düzenli olarak kullanılan bir yöntemdir. Bir madde tarafından absorbe edilen farklı dalga boylarındaki ışık miktarı, örneğin renkler, bir aletle ölçülür. Her maddenin kendine özgü absorpsiyon modeli olduğu için, ışık absorpsiyon modelinden madde tanınabilir. Mevcut madde miktarı da, herhangi bir dalga boyunda absorbe edilen ışık miktarından belirlenebilir.

# 2 TEMEL KİMYA

## ATOM TEORİSİ

Geçen yüzyılda, canlılıkla ilgili işlemlerin anlaşılmasında çok büyük bir ilerleme sağlanmıştır. Canlı sistemleri, cansız sistemlerde bulunan aynı atomlardan yapılmıştır. Bir canlı sistemdeki çeşitli maddeler, diğer maddelerin uyduğu aynı kimyasal kurallara göre tepkimeye girerler. Bu bölümde tekrarlanan kimya bilgisi, temel canlılık işlemlerinin kavranmasını sağlayacaktır.

### 2-1 Elementler ve Bileşikler

Etrafımıza baktığımızda, dünyanın pek çok değişik maddeden yapılmış olduğunu görürüz. Bugün yüz binlerce değişik madde bilinmektedir. Büyük olasılıkla daha yüz binlercesi daha mevcuttur. Bu madde çeşitlerinin hepsi çeşitli şekillerde birleşmiş atomlardan yapılmıştır.

Dünyada çok fazla sayıda değişik madde bulunmasına karşın, sadece 94'ü doğal, 24 kadarı yapay olmak üzere toplam 118 değişik atom çeşidi bilinmektedir. Bazı maddeler tamamen bir çeşit atomdan yapılmıştır. Bu maddelere **element** denir. Örneğin, demir bir elementtir. Oksijen, tamamen oksijen atomlarından oluşmuş bir elementtir.

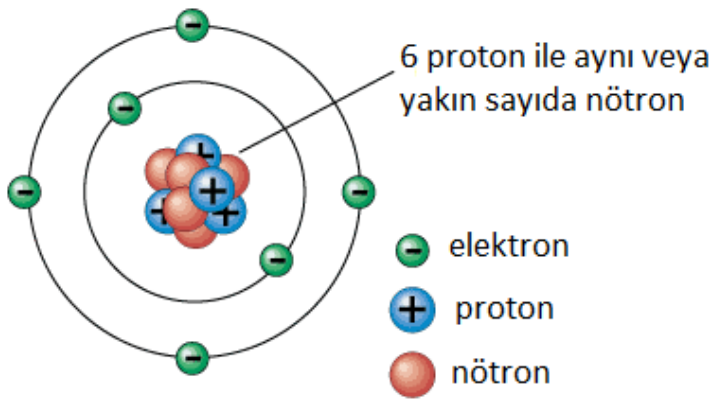
| Group→<br>↓Period | 1        | 2        | 3        | 4         | 5         | 6         | 7         | 8         | 9         | 10        | 11        | 12         | 13         | 14         | 15         | 16         | 17         | 18         |
|-------------------|----------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| 1                 | 1<br>H   |          |          |           |           |           |           |           |           |           |           |            |            |            |            |            |            | 2<br>He    |
| 2                 | 3<br>Li  | 4<br>Be  |          |           |           |           |           |           |           |           |           |            | 5<br>B     | 6<br>C     | 7<br>N     | 8<br>O     | 9<br>F     | 10<br>Ne   |
| 3                 | 11<br>Na | 12<br>Mg |          |           |           |           |           |           |           |           |           |            | 13<br>Al   | 14<br>Si   | 15<br>P    | 16<br>S    | 17<br>Cl   | 18<br>Ar   |
| 4                 | 19<br>K  | 20<br>Ca | 21<br>Sc | 22<br>Ti  | 23<br>V   | 24<br>Cr  | 25<br>Mn  | 26<br>Fe  | 27<br>Co  | 28<br>Ni  | 29<br>Cu  | 30<br>Zn   | 31<br>Ga   | 32<br>Ge   | 33<br>As   | 34<br>Se   | 35<br>Br   | 36<br>Kr   |
| 5                 | 37<br>Rb | 38<br>Sr | 39<br>Y  | 40<br>Zr  | 41<br>Nb  | 42<br>Mo  | 43<br>Tc  | 44<br>Ru  | 45<br>Rh  | 46<br>Pd  | 47<br>Ag  | 48<br>Cd   | 49<br>In   | 50<br>Sn   | 51<br>Sb   | 52<br>Te   | 53<br>I    | 54<br>Xe   |
| 6                 | 55<br>Cs | 56<br>Ba |          | 72<br>Hf  | 73<br>Ta  | 74<br>W   | 75<br>Re  | 76<br>Os  | 77<br>Ir  | 78<br>Pt  | 79<br>Au  | 80<br>Hg   | 81<br>Tl   | 82<br>Pb   | 83<br>Bi   | 84<br>Po   | 85<br>At   | 86<br>Rn   |
| 7                 | 87<br>Fr | 88<br>Ra |          | 104<br>Rf | 105<br>Db | 106<br>Sg | 107<br>Bh | 108<br>Hs | 109<br>Mt | 110<br>Ds | 111<br>Rg | 112<br>Uub | 113<br>Uut | 114<br>Uuq | 115<br>Uup | 116<br>Uuh | 117<br>Uus | 118<br>Uuo |
| Lanthanides       | 57<br>La | 58<br>Ce | 59<br>Pr | 60<br>Nd  | 61<br>Pm  | 62<br>Sm  | 63<br>Eu  | 64<br>Gd  | 65<br>Tb  | 66<br>Dy  | 67<br>Ho  | 68<br>Er   | 69<br>Tm   | 70<br>Yb   | 71<br>Lu   |            |            |            |
| Actinides         | 89<br>Ac | 90<br>Th | 91<br>Pa | 92<br>U   | 93<br>Np  | 94<br>Pu  | 95<br>Am  | 96<br>Cm  | 97<br>Bk  | 98<br>Cf  | 99<br>Es  | 100<br>Fm  | 101<br>Md  | 102<br>No  | 103<br>Lr  |            |            |            |

**Periyodik cetvel** kimyasal elementlerin sınıflandırılmasına yarayan tablodur. Bu tablo bilinen bütün elementlerin artan atom numaralarına (proton sayısına) göre bir sıralanıştır.

Maddelerin çoğu **bileşik** halindedir. Bir bileşikte, belirli oranlarda bir araya gelmiş iki veya daha fazla atom çeşidi vardır. Örneğin, su, ikiye bir oranında hidrojen ve oksijen atomlarından yapılmış bir bileşiktir. Bileşikler kendilerini meydana getiren elementlere ayrılabilirler. Örneğin, karbondioksit karbon ve oksijene ayrılabilir.

## 2-2 Atomların Yapısı

Her atomun **çekirdek** adı verilen çok küçük, merkezi bir kısmı vardır. Çekirdek **protonlar** ve **nötronlar** denilen tanecikler içerir. Çekirdek dışındaki diğer alanda **elektronlar** denilen diğer tanecikler vardır.



**Karbon Atomu**

**Elektronlar.** Elektronlar bir atomun kimyasal özelliklerini belirleyen parçalarıdır. Atomlar, bazı elektronlarının yer değiştirmesi ile, bileşik oluşturmak üzere birleşirler. Bir elektronun en önemli özelliği, elektriksel bir yük taşımasıdır. İki tür, pozitif ve negatif elektriksel yük vardır. Elektron negatif bir yüke sahiptir. Bütün elektronlar, genellikle bir birim yük denilen aynı miktarda elektriksel yüke sahiptirler.

**Protonlar.** Her atomun çekirdeği bir veya daha fazla proton içerir. Bir protonun bir birim pozitif yükü vardır. Yani, elektronla aynı miktarda, ancak zıt işaretli yüke sahiptir. Bununla birlikte, bir proton bir elektrondan yaklaşık 2000 (1836) kat daha fazla kütleyle veya ağırlığa sahiptir.

**Nötronlar.** Hidrojen dışında, her atom çekirdeği nötronlar da içerir. Bir nötron bir protonla hemen tam olarak aynı kütleyle sahiptir, ancak elektriksel yükü yoktur.

## 2-3 Atom Numarası ve Atomik Kütle

Bir atom çekirdeğindeki protonların sayısına, o atomun **atom numarası** denir. Her bir farklı atom numarası ayrı bir elementi temsil eder. Örneğin, bir hidrojen atomunun çekirdeğinde 1 proton vardır. Bu yüzden hidrojenin atom numarası 1 'dir. Bir oksijen atomunun çekirdeğinde 8 proton vardır. Oksijenin atom numarası 8 'dir. Her atomun aynı

sayıda elektron ve protonu vardır. Hidrojen atomunun 1, oksijen atomunun 8 elektronu vardır. Her bir atomda, protonların pozitif elektriksel yükü, elektronlarının eşit miktardaki negatif yükleri ile dengelenmektedir. Bu yüzden, bir atom, doğal olarak elektriksel olarak nötrdür.

Proton ve nötronlar çekirdekte toplandıklarından, bir atomun kütesinin yaklaşık tamamı çekirdeğindedir. Her bir proton ve nötronun bir birim kütleyle sahip olduğunu düşünürsek, bir atomun kütlesi, proton ve nötronların toplamına eşittir. Bu toplama, bir atomun *atom kütlesi* ya da **kütle numarası** denir. Dokuz protonlu ve 10 nötronlu bir atomun kütle numarası 19 'dur. Aynı elementin izotopları aynı atom numarasına, fakat farklı kütle numaralarına sahiptirler.

## 2-4 İzotoplar

Bir atomun nötron sayısının, atomun numarası ile kesin bir ilişkisi yoktur. Bir elementin atomlarının farklı sayılarda nötronları olabilir. Örneğin, hidrojen atomlarının çoğunun nötronları yoktur. Çekirdek sadece tek bir protondur. Bununla birlikte, çekirdeklerinde 1 ve hatta 2 nötron olan hidrojen atomları vardır. Bu atomlar tam olarak benzemeseler de, kimyasal olarak aynı davranırlar. Bu doğrudur, çünkü bu atomların hepsi, kimyasal özelliklerini belirleyen, sadece birer elektrona sahiptirler. Bu yüzden, bu üç çeşit atomun hepsi hidrojen elementinin atomları kabul edilirler. İşte, sadece atom çekirdeklerindeki nötron sayıları farklı olan bu hidrojen çeşitlerine, hidrojenin **izotopları** denir.

Tüm elementlerin izotopları vardır. Örneğin, oksijen atomunun en yaygın çeşidinin çekirdeğinde 8 nötron vardır. Ancak, doğal olarak bulunan, 9 ve 10 nötronlu başka çeşitler de vardır. Oksijenin 6, 7 ve 11 nötronlu diğer çeşitleri yapay olarak üretilmektedir.

Bir izotopun kütle numarası göstermek için, kimyasal sembolünün yanına küçük bir sayı yerleştirilir. Üs olarak yazılan veya  $O^{18}$ , 18 kütleli oksijen izotopunu temsil etmektedir. Son zamanlarda bu sayı, sembolün sağ veya solunda, biraz yukarıya yazılır. Örneğin,  $^{18}O$  o zamanlarda üssü, sembolün soluna koymak tercih edilmektedir. Elementin adı tam ifade edildiği zaman izotop, tire işareti ve kütle numarası ile tanımlanır. Örneğin,  $^{18}O$  'in açık ifadesi oksijen-18 olmaktadır.

## 2-5 Radyoaktif İzotoplar

Pek çok izotopun çekirdekleri kararlı değildir. Çekirdekteki proton ve nötronların sayısı ansızın değişir ve çekirdek yüklü tanecikler ve radyasyon yayar. Bu işlemde atom, başka bir izotopa, çoğunlukla farklı bir elementin izotopuna dönüşür. Bu işleme **radyoaktivite** denir. 1896 yılında, uranyum elementi içeren minerallerle deneyler yapılırken keşfedilmiştir.



Bütün ağır elementlerin izotopları (atom numaraları 83 'den büyük olanlar) radyoaktiftirler. Bu elementlerin kararlı formları yoktur. Ancak, kararlı izotoplara sahip elementlerin de radyoaktif izotopları vardır. Bunların pek çoğu, nükleer reaktörlerde veya elementlerin yüksek hızlı atomik taneciklerle bombardımanında yapay olarak yapılmaktadır.

Alfa saçan radyoaktif maddelere örnek olarak; Radyum (Ra-226), Radon (Rn-222), Plütonyum (Pu-238) gösterilebilir. Beta saçanlara; Potasyum (K-40), Stronsiyum (Sr-90), Karbon (C-14) gösterilebilir. Gamma saçan elementlere örnek olarak; Kobalt-60 (<sup>60</sup>Co), Kripton-88 (<sup>88</sup>Kr) ve Sezyum-137 (<sup>137</sup>Cz) gösterilebilir.

Radyoaktivite kimyasal bir işlem değildir. Biyolojik işlemlerin araştırılmasında, radyoaktivite önemli bir araçtır. Radyoaktif izotoplar ya da **radyoizotoplar** keşfedilebilmekte ve yaydıkları radyasyonlara hassas aletlerle miktarları ölçülebilmektedir. Böylece canlı bünyesinde maddelerin izlenmesinde ve organların büyüklük, şekil veya işlevsel bozukluklarının ortaya çıkarılmasında kullanılabilirler. Canlı organizmalarda biyokimyasal tepkimelerin araştırılmasında da kullanılabilirler. Radyoizotop atomları *iz sürücü* veya *fişleyici* atomlar olarak rol oynarlar. Bir bileşikten diğerine geçmeleri belirlenebilir ve izlenebilir. Böylece bir işlemin ayrıntılı kimyasal adımları belirlenebilir. İz sürücü olarak kullanılacak izotopların radyoaktif olmaları gerekmez. Değişik kütleleri sayesinde, kütle spektrometresi denilen bir alette belirlenebilirler. Kararlı bir izotop olan oksijen-18, fotosentez işleminin bu yolla araştırılmasında kullanılmaktadır.

## 2-6 Atomların Elektron Yapısı

Bir atomun elektronları çekirdek etrafındaki alanda bulunur. Çekirdekten, farklı uzaklıklardaki **enerji düzeylerinde** dizilmişlerdir. Atom teorisi bir atomun elektronlarının dağılımının kesin kurallarını açıklar. Bunun ayrıntılarına girmeye gerek yoktur. Ancak, birinci enerji düzeyinin sadece 2 elektron tutabileceğini bilmemiz gerekir. Bu düzey iki elektronu olduğunda, doludur denir. İki den fazla elektronu olan atomların birden çok enerji düzeyleri vardır. Bu atomların tümünde dış taraftaki düzey sadece 8 elektron tutabilir. Eğer dıştaki düzeyin 8 'den daha az elektronu varsa, dolu değildir.

Dolu bir dış enerji düzeyi çok kararlı bir düzendir. Dolu dış düzeye sahip elementler kimyasal olarak aktif değildirler. Birkaç özel durum dışında, diğer elementlerle kimyasal bileşikler yapmazlar. Olağan koşullar altında bunların hepsi gazdır. Örnekleri helyum, neon ve argon 'dur.

Dış enerji düzeyleri dolu olmayan atomlar diğer elementlerle bileşikler oluşturabilirler. Atomlar, bileşik oluşturmak için bir araya geldiklerinde, en dıştaki elektronları, her bir atoma dolu bir dış düzey vererek yeniden düzenlenir.

## KİMYASAL BAĞLAR

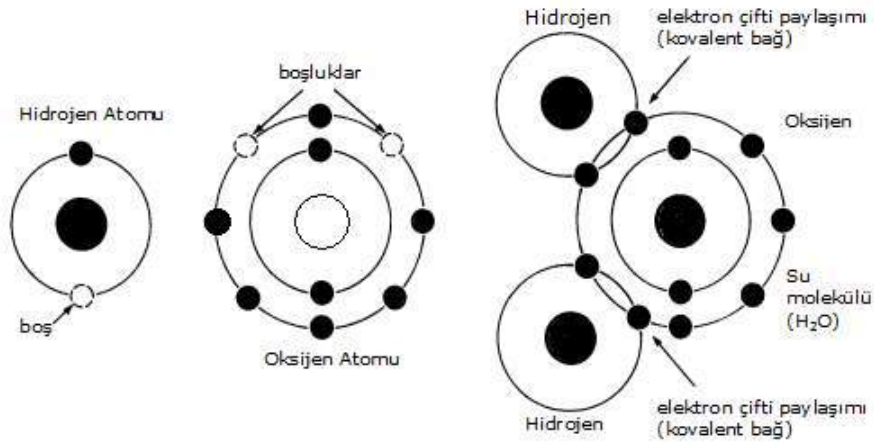
### 2-7 Kovalent Bağlar

Su, hidrojen ve oksijen elementlerinin bir bileşiğidir. İki atom hidrojenin ve bir atom oksijenle birleştiği kimyasal birimlerden oluşur. İki veya daha fazla atomun birleşerek tek bir tanecik halinde davrandığı bu yeni çeşidin bir birimine bir **molekül** denir.

Hidrojen ve oksijen atomunun yapısı Şekil 2-1 'de gösterilmiştir. Hidrojen atomunun 1 elektronu vardır. Bu elektron 1 numaralı enerji düzeyini işgal eder. Bu düzey 2 elektron taşıyabilir. Dolması için 1 elektron daha eklenebilir. Oksijen atomunun 8 elektronu vardır. Elektronlardan ikisi 1 numaralı enerji düzeyindedir ve bu nedenle doludur. Diğer 6 elektron 2 numaralı enerji düzeyindedir. Bu düzey, dıştaki enerji düzeyi olduğundan, 8 elektron taşıyabilir.

Şekil 2-1, iki hidrojen atomunun bir oksijen atomu ile birleşmesini gösteren, bir su molekülü şemasını içermektedir. Her bir hidrojen atomu, elektronunu bir oksijen atomu ile paylaşır. Aynı zamanda, oksijen atomu birer elektronunu hidrojen atomlarının her biri ile paylaşır. Bu düzenlemede, üç atomun hepsinin dıştaki düzeyleri doldurulur.

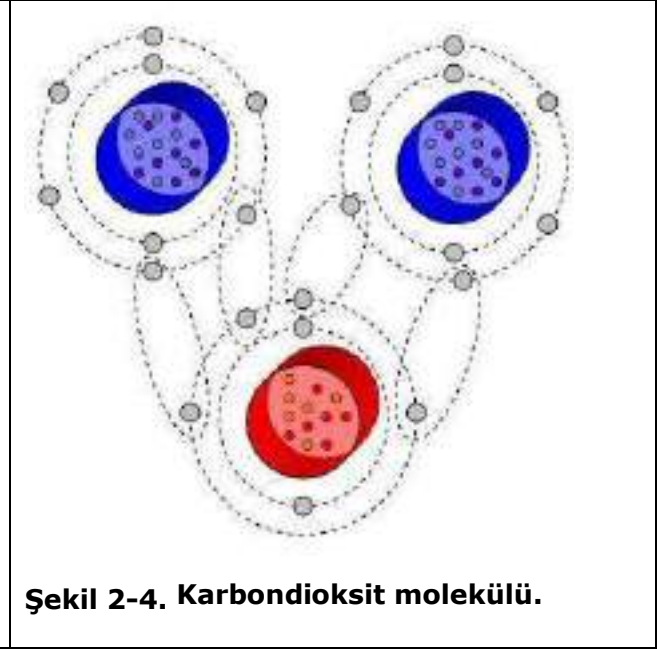
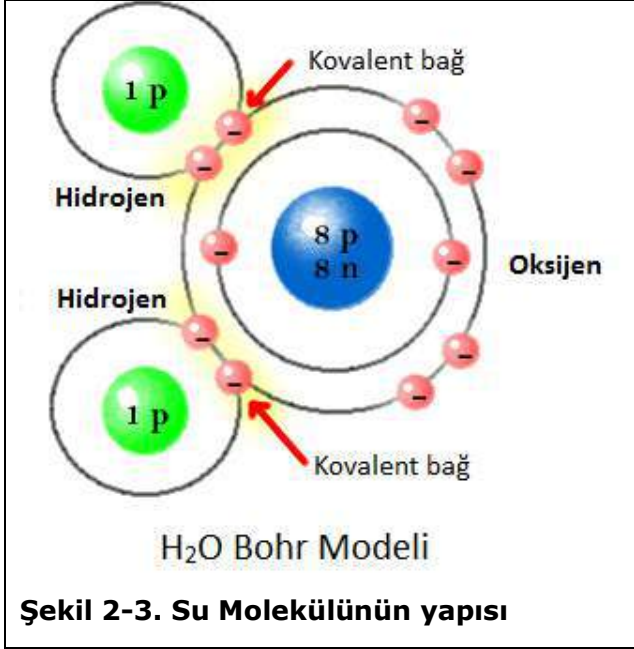
İki atom tarafından bir çift elektronun paylaşılması, atomları bir arada tutan bir çekim kuvveti meydana getirir. Bu çekim kuvvetine **kimyasal bağ** denir. Elektronların paylaşılması ile oluşturulan kimyasal bağa **kovalent bağ** denir. Bir su molekülünde, molekülü bir arada tutan iki kovalent bağ vardır.



**Şekil 2-2.** İki hidrojen atomunun bir oksijen atomu ile kovalent bağla birleşmesi.

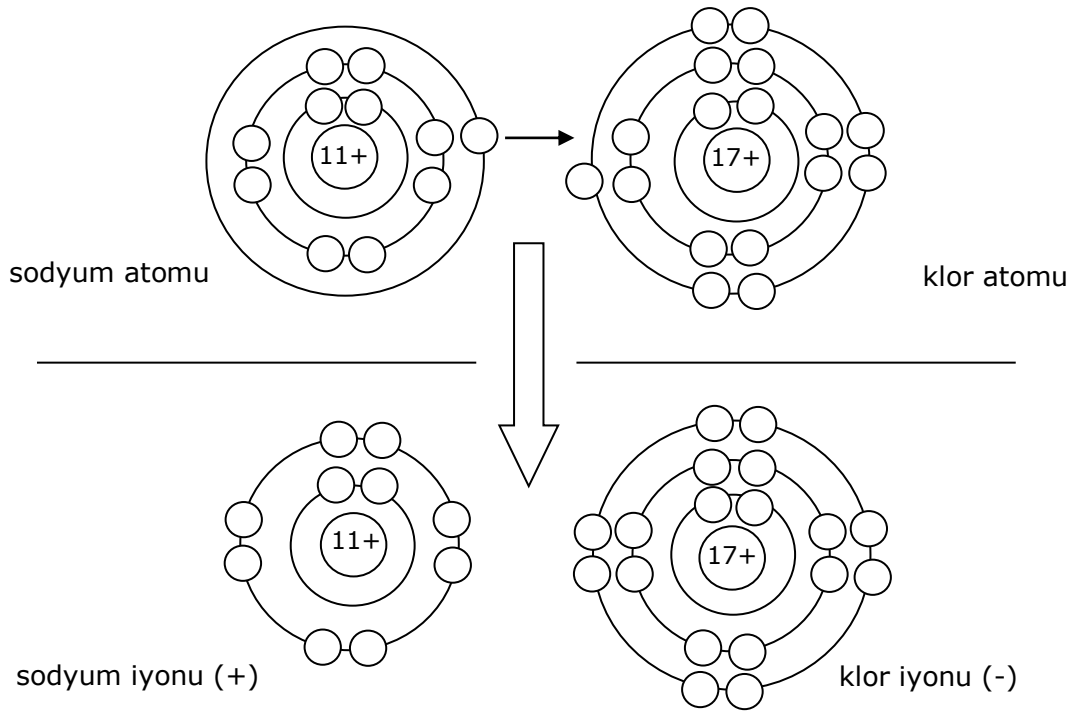
Klor atomunun dıştaki enerji düzeyinde 7 elektron vardır. Klor atomunun dış düzeyini doldurmak için bir elektrona daha gerek vardır. Bir çift elektronu hidrojen atomu ile paylaşarak bu düzeyi doldurur. Bu olduğunda, bir molekül hidroklorik asit meydana getirilir. Bu molekül, klor ve hidrojen atomu arasındaki bir kovalent bağla bir arada tutulur.

Bazen aynı elementin atomları, iki atomdan ibaret moleküller oluşturarak, birbirleriyle kovalent bağlar yaparlar. Bunlara **diatomik moleküller** denir. Diatomik moleküller oluşturan elementlerin çoğu, doğal koşullarda gazlardır. Bunlar, hidrojen, oksijen, azot ve klor gazlarını içerir.



## 2-8 İyonik Bağlar

Bir sodyum ve bir klor atomunun elektron yapıları Şekil 2-5 'te gösterilmiştir.



Sodyum atomunun dıştaki enerji düzeyinde 1 elektron vardır. Bu düzeyi doldurmak için, 7 elektrona daha ihtiyaç duyulmaktadır. Bununla birlikte, sodyum atomu dıştaki elektronunu, tamamen bir klor atomuna aktarabilir. Bu, klor atomunun dış enerji düzeyini dolduracaktır. Aynı zamanda, dıştaki bir elektronun kaybedilmesi, sodyum atomuna 8 elektronlu yeni bir dış enerji düzeyi bırakmaktadır. Böylece, sodyum atomunun dıştaki düzeyi, dolu bir enerji düzeyi olacaktır Şekil 2-2.

Klor atomu sodyum atomundan fazladan bir elektron aldığından, fazladan 1 birim negatif yük edinir. Bu yolla fazladan bir yük edinen atoma **iyon** denir. Klor atomu 1 birim negatif yükü **klor iyonu** olmaktadır. Klor iyonu  $Cl^-$  simgesi ile gösterilir. Sodyum atomu bir elektron verdiği için fazladan 1 birim pozitif yükü kalır ve  $Na^+$  ile gösterilen **sodyum iyonu** olur.

Bir sodyum atomunun bir klor atomuna bir elektron vermesiyle oluşan bu iki iyon birbirlerini çekerler. İki iyon arasındaki çekim gücüne **iyonik bağ** denir. İyonik bağlarla bir arada tutulan, sodyum ve klor iyonlarından meydana gelen, sodyum ve klorun bu bileşiği sodyumklorür 'dür. Bununla birlikte, sodyum ve klor iyonlarının moleküller oluşturmadığına dikkat etmek gerekir. Moleküller, sadece atomlar elektronlarını paylaştıklarında ve kovalent bağlar meydana geldiğinde oluşturulur. Sodyumklorür'de iyonlar ayrı kalırlar. Her sodyum iyonu etrafındaki birkaç klor iyonuna çekilir. Her klor iyonu da etrafındaki birkaç sodyum iyonuna çekilir. Bu yapı türündeki maddelere **kristaller** denir. Kristallerde bağımsız moleküller yoktur.

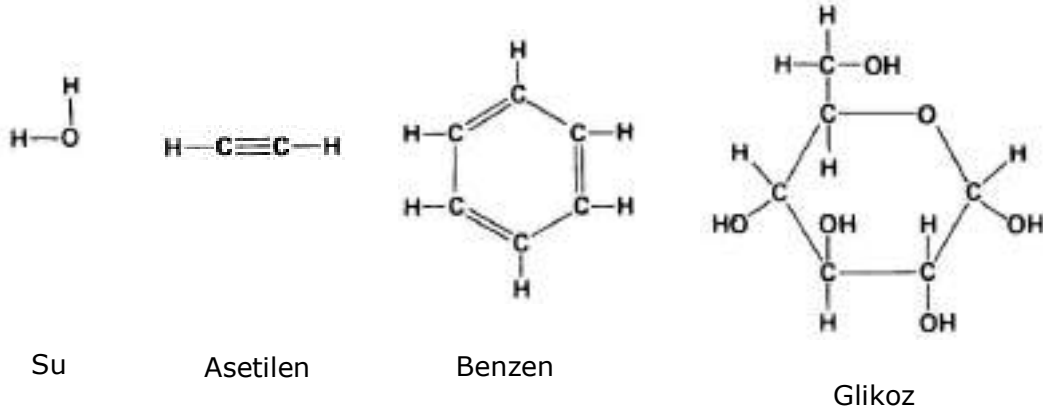
## 2-9 Kimyasal ve Yapısal Formüller

Her bileşik belirli oranlarda birleşmiş atomlardan meydana gelmiştir. Bileşikteki atomların en yalın oranlarını gösteren formüle **ampirik formül** denir. Bir bileşikteki bir molekülün bileşimini gösteren formüle bileşiğin **moleküler formülü** denir. Pek çok durumda moleküler formül, ampirik formülle aynıdır. Örneğin,  $H_2O$  suyun hem ampirik hem de moleküler formülüdür.

Bunun yanında, ampirik formülleri aynı olup, kimyasal olarak farklı olan pek çok bileşik vardır. Bu özellikle karbon bileşikleri için geçerlidir. Karbon atomu başka karbon atomlarını içeren, diğer atomlarla dört kovalent bağ oluşturabilir. Sonuç olarak, karbon pek çok karmaşık molekülün temel yapıtaşıdır. Bu moleküllerin pek çoğu aynı oranlarda atomlara sahiptir, fakat bu atomlar tamamen farklı şekil ve sayılarda düzenlenmiştir. Basit bir örnek olarak, asetilen ve benzen moleküllerini değerlendirelim. Bu bileşiklerin her biri 1:1 oranında karbon ve hidrojen atomlarından ibarettir. Her iki bileşiğin ampirik formülü  $CH$  'dir. Bununla birlikte, asetilenin moleküler formülü  $C_2H_2$  iken, benzeninki  $C_6H_6$  'dir.

Bir **yapısal formül**, bir moleküldeki atomların sadece sayı ve türünü değil, aynı zamanda birbirlerine nasıl bağlandıklarını da gösteren bir moleküler formül çeşididir. Bir

yapısal formülde, paylaşılan her bir elektron çifti -her bir kovalent bağ için- bu bağla bağlanan atomları birleştiren kısa bir çizgi ile gösterilir. Su, asetilen ve benzenin yapısal formülleri ile glikozun yapısal formülü Şekil 2-6 'da gösterilmiştir.



**Şekil 2-6. Yapısal Formüller**

Glikoz formülünün içerdiği OH simgelerinde, O ve H arasındaki kovalent bağ atlanmıştır. Bu, bilinen ortak atom gruplarını içeren yapısal formülleri sadeleştirmek için yapılır.

## ÇÖZELTİ VE SÜSPANSİYONLAR

### 2-10 Karışımlar

Bir karışımda maddeler herhangi bir oranda bulunabilirler ve bu oranlar maddelerden birinden karışıma katılması veya alınması ile her zaman değiştirilebilir. Karışımların diğer bir özelliği, karışımdaki maddelerin kendi olağan özelliklerini korumalarıdır.

Bir karışımdaki maddeler yeknesak olarak dağılırlar. Bu şekildeki bir karışım *homojen* kabul edilir. Örneğin, hava azot, oksijen, karbondioksit, su buharı ve diğerlerini içeren birkaç farklı gazın homojen bir karışımıdır.

### 2-11 Çözeltiler

Çok geniş anlamıyla, herhangi bir homojen karışım **çözelti** olarak adlandırılabilir. Bununla birlikte, bu terim çoğunlukla sıvı karışımlar için kullanılır. Çözeltinin çoğunu meydana getiren sıvı maddeye **çözücü** denir. Çözücüde, çözünen diğer maddelere

**çözünenler** denir. Çözünenler çözücüde erimeden önce katı, sıvı ya da gaz olabilirler. En yaygın çözücü sudur ve çözeltilerin çoğu su ile yapılır.

Moleküler maddeler bir sıvıda çözüldüklerinde, madde bağımsız moleküller şeklinde çözücüde dağılır. İyonik maddeler çözüldüğünde, bileşik iyonlarına ayrılır. Bu yüzden, sodyumklorür suda çözüldüğünde, sodyum ve klor iyonlarına ayrılır. Bu işleme *çözüşme* denir. Bu, aşağıdaki eşitlikle gösterilebilir:



Canlı hücre ve dokularında pek çok önemli işlem, iyonların varlığına bağlıdır.

## 2-12 Süspansiyonlar

Bilindiği gibi, fark edilebilir herhangi bir oranda, suda çözünmeyen pek çok madde vardır. Örneğin, dere kumu suda çözünmez. Eğer bir kova suya bir miktar kum koyup, kuvvetlice karıştırırsak, kum, su ile, bulanık bir karışım meydana getirecektir. Bu karışımı bekletirsek, kum, toz ve kil tanecikleri zaman içinde kovanın dibine çökecektir. Asılı olarak ayrılan karışıma **süspansiyon** denir.

## 2-13 Kolloidal Dağılımlar

Gerçek bir çözeltide, çözeltilinin tanecikleri molekül veya iyonlardır. Çözücüde süresiz dağılı kalırlar. Bir süspansiyonda, tanecikler suya bulanık bir görüntü verecek kadar büyüktür ve yer çekimi kuvveti zamanla çökmelerine neden olur. Bu ikisinin arasında olan, bir karışım çeşidi daha vardır ve buna **kolloidal dağılım** denir. Bir kolloidal dağılımda, tanecikler molekül veya iyonlardan daha büyük, ancak çökmeyecek kadar da küçüktür.

Bir kolloidal dağılımı yapan ortamın mutlaka sıvı olması gerekmez. Bu bir gaz veya katı da olabilir. Dağılan madde de keza katı, sıvı veya gaz olabilir. Örneğin, duman, havadaki karbon taneciklerinin bir kolloidal dağılımıdır. Süt ve mayonez çeşitli sıvıların kolloidal dağılımlarıdır. Çırpılmış kaymak bir gazın (havanın) bir sıvıdaki kolloidal dağılımıdır.

Çözeltiler, süspansiyonlar ve kolloidal dağılımların hepsi canlı hücre ve dokularında mevcuttur. Canlılık işlemlerinde, bu farklı türdeki karışımların kendilerine özgü özelliklerine gereksinim duyulur.

## İNORGANİK BİLEŞİKLER, ASİTLER, BAZLAR VE TUZLAR

Canlıların yapısında bulunan bileşikler inorganik ve organik olmak üzere iki gruba ayrılır. Canlı hücreler çevreden aldıkları inorganik maddeleri doğrudan kullanabildiği gibi bu

maddelerin yapısını değiştirerek kendine özgü yapıya da dönüştürebilirler. Diğer yandan, sadece canlıların bünyesinde sentezlenen bileşiklere doğal organik bileşikler diyoruz. Belirli canlılar doğadan aldıkları inorganik bileşikleri organik bileşiklere dönüştürebilirler. Diğer canlılar ise bu organik bileşikleri diğer canlılardan hazır olarak alırlar. Bütün organik bileşikler temel olarak karbon atomu içeren bileşiklerdir.

İnorganik bileşikler genellikle karbon atomu iğermeyen maddelerdir. Bununla birlikte, karbondioksit (CO<sub>2</sub>) ve kalsiyum karbonat (CaCO<sub>3</sub>) gibi karbon içeren inorganik bileşikler mevcuttur. Canlılar inorganik maddeleri çevreden alırlar. Küçük yapılı, yani organik bileşiklere kıyasla çok az sayıdaki atomlardan meydana gelen bileşiklerdir. Herhangi bir kimyasal yıkıma uğramadan hücre zarından kolaylıkla geçebilirler. Enerji kaynağı olarak kullanılamazlar. İnorganik maddeler hücrelerin yapısına katılabildiği gibi metabolik faaliyetlerin düzenlenmesi ve yıpranan dokuların onarılması gibi olaylarda da görev alırlar.

## 2-14 Su

Suyun yaşam açısından önemi "susuz hayat olmaz" veciz deyişiyle en anlamlı şekilde açıklanmaktadır. Gerçekten de susuz bir yaşam asla mümkün değildir. Canlılığı oluşturan organik maddeler klorofil bulunduran canlı dokularında fotosentezle su ile karbondioksitten üretilir. Canlıların ve canlılığın en temel maddelerinden olan su, canlı hücrelerinin büyük bir kısmını oluşturur. Su miktarı canlıdan canlıya değişebileceği gibi aynı canlının farklı dokularında da farklılık gösterir. Omurgalılarda kan dokusunun sıvı kısmı, plazmanın %90'ı sudan oluşurken, kemik dokuda bu oran %20'lere kadar düşebilir.

Su molekülleri hidrojen bağları ile birbirine bağlanarak bir arada kalırlar. Bu durum kohezyon olarak adlandırılır. Suyun farklı bir moleküle tutunmasına adezyon denir. Suyun bitkilerin iletim borularının çeperlerine tutunması bir adezyon örneğidir. Bitkiler suyun bu iki özelliğinden yararlanarak topraktan aldıkları suyu yerçekimine zıt yönde taşıyarak yapraklarına ulaştırır. Suyun boylu bitkilerde metrelerce yükseğe taşınmasında yüzey geriliminin önemli rolü vardır. Deterjanlar gibi bazı maddeler suyun yüzey gerilimi azaltırlar. Suyun yüzeyindeki birimleri arasında oluşan kuvvete yüzey gerilimi denir. Bazı böcekler suyun yüzey geriliminden yararlanarak su yüzeyinde yürüeyebilirler.

Su sıcak havadaki ısıyı soğurur ve kendi içinde depolanmış ısıyı daha soğuk olan havaya verir. Bu özelliği sayesinde su, hava sıcaklıklarını kararlı hale getirir ve bir ısı bankası olarak ödev görür. Değişmez vücut sıcaklığına sahip hayvanlarda vücut sıcaklığının belirli sınırlar içinde sabit kalmasında suyun bu özelliğinin önemli bir rolü

vardır.

Suyun sıvı halden gaz haline geçmesine buharlaşma denir. Suyun buharlaşabilmesi için belirli bir miktarda ısı soğurması gerekir. Bu nedenle sıcak günlerde ve ağır faaliyetlerde, terleme, vücuttan su kaybı yanında bir miktar ısı kaybına da neden olur. Böylece vücut ısısının yükselmesi engellenmiş olur.

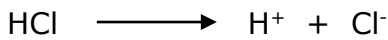
Su, canlı bünyesinde çok çeşitli türden metabolik tepkimelerde çözücü olarak görev yapar. Su bu tepkimeler için çözelti oluşturmanın yanında aynı zamanda bu tepkimelerin ana bileşenlerinden biri olmaktadır. Su çözücü özelliği ve kaldırma gücü ile kanda madde taşınımı, metabolik atıkların seyreltilmesi, atılımı ve besinlerin sindirimi gibi birçok işlemin yürütülmesini sağlar.

Suyun hacmi +4C°'de en düşüktür. Bu sıcaklığın altında ve üstünde her iki yöndeki sıcaklıklarda suyun hacmi artar. Sıfır santigrat derece sıcaklıkta su sıvı halden katı hale geçer. Soğuk günlerde 0C°'nin altındaki düşük sıcaklıklarda göl gibi durgun ve bazı akarsuların yüzeyleri donar. Buzun yoğunluğu sıvı suyunkinden az olduğundan buz dibine batmaz ve yüzeyde kalır. Yüzeydeki buz kütlesi alttaki suyu yalıtarak onun donmasını önler. Böylece donan su yüzeyinin altında su canlılarının yaşaması mümkün olur.

## 2-15 Asitler

Susuz durumda moleküler, fakat suda çözündüklerinde iyonlar oluşturan pek çok bileşik vardır. Bu bileşiklerin önemli bir grubu **asitler**dir. Bütün asitler diğer bir atom veya atom grubuna kovalentsel bağlanmış hidrojen içerirler. Bu bileşikler suda çözündüklerinde, bu hidrojen bir hidrojen iyonu, H<sup>+</sup> halinde serbest olarak ayrılır. Molekülün geri kalanı, bir negatif iyon oluşturur.

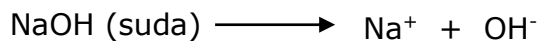
Asitlere basit bir örnek, canlılık işlemlerinde önemli olan hidroklorik asit, HCl 'dir. Bu bileşik kuru halde HCl moleküllerinin oluşturduğu bir gazdır. Bununla birlikte, suda çözüldüğünde, H<sup>+</sup> ve Cl<sup>-</sup> iyonlarına ayrılır:



Çözeltiyeye hidrojen iyonları veren bir maddeye asit denir. Hidrojen iyonlarının varlığı onlara özel asit özelliğini vermektedir.

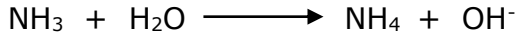
## 2-16 Bazlar

Suda çözüldüğünde hidroksil iyonları (OH<sup>-</sup>) veren bileşiğe **baz** denir. Pek çok baz kuru halde iyonik bileşiklerdir. Sodyumhidroksit (NaOH) buna bir örnektir. Bu, sodyum ve hidroksil iyonlarından ibaret katı bir bileşiktir. Suda çözüldüğünde iyonlarına ayrılır:





Birkaç baz kuru halde iyonik bileşik değildir, fakat suda çözüldüklerinde yine hidroksil iyonları verirler. Örneğin, amonyak, NH<sub>3</sub> bir moleküler gazdır. Suda çözüldüğünde, su ile tepkimeye girerek OH<sup>-</sup> iyonları verir:



Pozitif iyon, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, amonyum iyonudur. Sudaki amonyum çözeltilisine amonyumlu su ya da amonyumhidroksit denir.

## 2-17 Nötralizasyon

Bir asit ve bir baz çözeltisi karıştırıldığında, bir tepkime meydana gelir. Asitten gelen hidrojen iyonları ile bazdan gelen hidroksil iyonları bir molekül su meydana getirecek şekilde birleşir:



Eğer asit ve baz miktarları tam uygunsa, tüm H<sup>+</sup> ve OH<sup>-</sup> iyonları birleşecek ve çözeltide hiçbirinden fazlalık kalmayacaktır. Çözelti ne bir asit ne de bir baz olacak, nötrdür denecektir. Nötr bir çözelti vermek için bir asit ile bir bazın tepkimeye girmesi işlemine **nötralizasyon** denir.

Asitler ve bazlar her ikisi de yakıcıdır, yoğun çözeltileri canlı dokular kadar cansız maddelere de zarar verebilir. Bir asit veya bir baz istenmeden dökülürse, zararı azaltmanın veya önlemenin en iyi yolu, bu maddeyi zıttı ile nötralize etmektir. Bir asit bir bazla, bir baz da bir asitle nötralize edilebilir.

## 2-18 Tuzlar

Bir asitle bir baz tepkimeye girdiğinde, hidrojen ve hidroksil iyonları, su molekülleri oluşturarak birleşir. Böylece, bu iki iyon, artık bağımsız birer iyon olarak bulunmadıkları çözeltiden çekilir. Ancak, asidin negatif iyonları ile bazın pozitif iyonları bu halde kalırlar. Örneğin, hidroklorik asit, sodyumhidroksitle tepkimeye girdiğinde, sodyum ve klor atomları çözeltide kalır. Diğer bir deyimle, bu nötralizasyon tepkimesi bir sodyumklor çözeltisi oluşturur.



Sodyumklorür, su buharlaştırılarak çözeltiden alınabilir. Bir asit ve bir baz arasındaki nötralizasyon tepkimesi ile meydana gelen bileşiğe **tuz** denir. Sodyumklorür ya da sofratuzu, meydana gelebilecek pek çok değişik tuzdan gerçekten sadece bir tanesidir. Besinlerdeki mineral dediğimiz maddelerin çoğu tuzlardır. Tuzlar vücuttaki işlemler için gerekli, pek çok iyonu sağlarlar.

## 2-19 pH Ölçeği

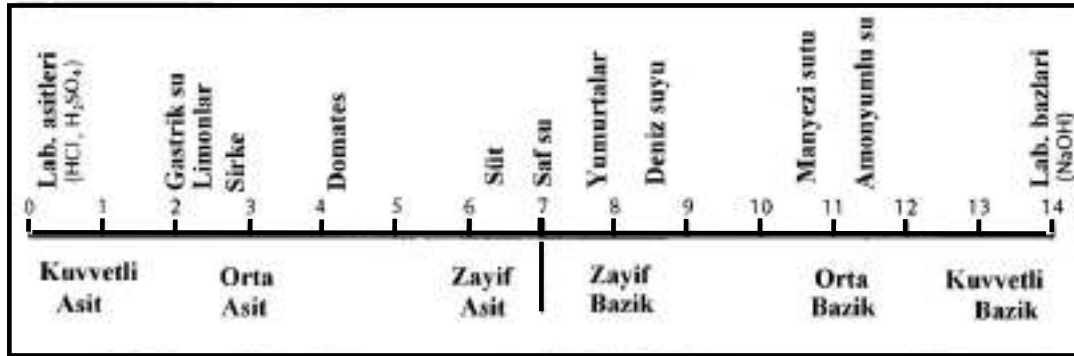
Suyun moleküler bir bileşik olduğunu biliyoruz. Bununla birlikte, herhangi bir anda, su moleküllerinin çok küçük bir kısmı hidrojen ve hidroksil iyonlarına çözüşür:



Her bir su molekülü bir hidrojen iyonu ve bir hidroksil iyonu sağladığından, saf suda bu iyonların her bir çeşidinin sayıları eşittir. Bu yüzden su nötrdür;  $\text{H}^+$  veya  $\text{OH}^-$  iyonları fazlalığı yoktur. Bununla birlikte, su,  $\text{H}^+$  iyonlarının belirli bir konsantrasyonuna ve aynı konsantrasyonda  $\text{OH}^-$  iyonlarına sahiptir.

Bir asit suda çözüldüğünde,  $\text{H}^+$  iyonlarının konsantrasyonu artar. Aynı zamanda,  $\text{OH}^-$  iyonlarının konsantrasyonu azalır. Çünkü, fazla  $\text{H}^+$  iyonları ile  $\text{OH}^-$  iyonları birleşip, çözüşmemiş su molekülleri meydana getirir. Bir baz suda çözüldüğünde ise,  $\text{OH}^-$  iyonlarının konsantrasyonu artar. Bu da hidrojen iyonlarında bir azalmaya neden olur. Sonuçta, asit çözeltilerde  $\text{H}^+$  konsantrasyonu saf sudakinden fazla, bazik çözeltilerde,  $\text{H}^+$  konsantrasyonu daha azdır.

Hidrojen iyonu ( $\text{H}^+$ ) konsantrasyonu **pH** denilen bir birimle gösterilir. pH ölçeği,  $\text{H}^+$ 'nin yüksek konsantrasyonları (asit çözeltiler), düşük pH değerlerine karşılık gelecek şekilde düzenlenmiştir. Düşük konsantrasyonlar (bazik çözeltiler) yüksek pH değerlerine karşılık gelmektedir. pH ölçeği 0 'dan (yüksek derecede asit) 14 'e (yüksek derecede baz) kadar uzanmaktadır. Nötr bir çözeltinin pH 'sı 7 'dir. Bu, saf suyun pH 'sıdır (Şekil 2-4). Bu ölçekte bir birimlik her bir değişme, asitlik derecesinin on kat değişmesi demektir.



**Şekil 2-4. pH Ölçeği**

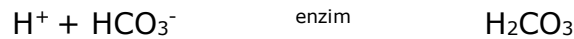
**İndikatör**, pH'nın belli bir değere yükseldiği veya düştüğü zaman rengi değişen bir maddedir. İndikatörler bir çözeltinin asit veya baz olup olmadığını gösterir, fakat gerçek pH değerini vermezler. pH 'yı daha yakın olarak bulmak için kullanılan özel indikatör kağıtları vardır. Bu kağıtlarla pH 'a bir birimin bir kaç ondalığı içinde belirlenir. Daha doğru ölçümler, çözeltinin elektriksel özelliklerinin ölçülmesi ile çalışan pH metrelerle yapılabilir.

Vücut dokularının pH düzeyleri de vücut faaliyetleri için önemlidir. Örneğin, mide içerikleri, uygun bir sindirimin yürütülmesi için az asit olmalıdır. Vücudun farklı kısımlarında uygun pH düzeylerinin sağlanması homeostasisin rolüdür.

Canlı bünyesinde hücre içi ve dışı sıvıların pH'sının belirli sınırlar içinde kalması çok önemlidir. Biyolojik moleküller (örneğin, enzim molekülleri) pH değişmelerinden çok çabuk etkilenirler. Bu nedenle canlı bünyesinde pH'yi değişmez kalmasını dengeleyen tampon çözeltiler gibi mekanizmalar gelişmiştir. Asit karşısında baz, baz karşısında asit gibi davranarak çözeltilerin pH değerinin değişmesini önleyen çözeltilere **tampon çözelti** denir. İnsan kanının pH'sı 7,4 civarındadır. Kan pH'sı 7'ye düşen veya 7,8'e yükselen bir insan birkaç dakikadan fazla hayatta kalamaz. Kandaki karbonik asit ( $H_2CO_3$ ) gibi tamponlar pH'daki dalgalanmaları önler. Kan pH'sı yükseldiğinde (asitlik azaldığında) karbonik asit, hidrojen ( $H^+$ ) ve bikarbonat ( $HCO_3^-$ ) iyonlarına ayrışır. Artan  $H^+$  iyonları kandaki asitliği arttırarak kan pH'sının normal değerler arasında kalmasını sağlar.



Kan pH'sı düştüğünde (asitlik arttığında) bikarbonat iyonları fazla olan hidrojen iyonlarını kendine bağlar ve asitlik azalarak normale döner.



## 2-20 Mineraller

Organizmanın bünyesinde az bulunmasına rağmen, canlılığın sürdürülmesi için gerekli olan maddelerdir. Mineraller hücrenin yapısına katılabildiği gibi düzenleyici olarak da görev yapabilirler. Canlı vücudunda sentezlenemedikleri için tüm canlılar mineral ihtiyacını doğadan karşılar. Mineral eksikliği bitki ve hayvanlarda ve diğer tüm canlılarda belirli hastalıkların oluşmasına neden olur.

# CANLILARDAKİ

## 3 ORGANİK KİMYASAL

### BİLEŞİKLER

#### ORGANİK BİLEŞİKLER

Hücre içinde olup biten hiç bir şey yoktur ki bir test tüpündeki kimyasal olaylara uygulanan aynı kurallarla açıklanamayabilsin. En belirgin fark, canlı hücrelerdeki bileşiklerin pek çoğunun aşırı derecede karmaşık olmalarıdır. Bu bileşikler arasındaki tepkimeler de çok karışıktır.

Organik bileşikler, doğal olarak, sadece canlı organizmaların vücudunda ya da ürünlerinde ve kalıntılarında bulunan karbon bileşikleridir. Pek çok organik bileşik kimya laboratuvarlarında da üretilebilir. Organik bileşikler, karbonun yanında hemen her zaman hidrojen ve çoğunlukla oksijen ve azot içerirler. Fosfor ve kükürt ile küçük miktarlarda demir, kalsiyum, sodyum, klor ve potasyum içerebilirler.

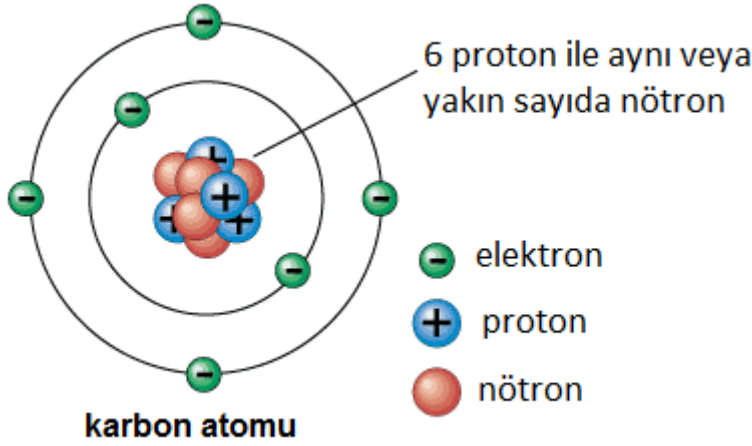
Canlı organizmalar, inorganik bileşikler de içerirler. İnorganik bileşikler çoğunlukla karbon içermezler. Karbondioksit,  $CO_2$  ve kalsiyum karbonat,  $CaCO_3$  benzeri karbonat bileşikler bunun dışındadır. Organizmalardaki bazı yaygın inorganik bileşikler, daha önce açıklanan su, karbondioksit, çeşitli tuzlar, inorganik bazlar ve hidroklorik asit gibi inorganik asitlerdir.

#### 3-1 Organik Bileşiklerin Yapısı ve Çeşitleri

Canlı organizmaların organik bileşikler ile cansız dünyada bulunan inorganik bileşikler arasındaki en büyük fark, pek çok organik molekülün büyüklük ve karmaşıklığıdır. Bunun nedeni karbon atomunun elektron yapısında yatmaktadır. Karbon atomunun 6 elektronu vardır. Bunlardan ikisi birinci enerji düzeyini doldurur ve geri kalan 4 elektron ikinci enerji düzeyindedir (Şekil 3-1). Bunun anlamı, karbon atomu diğer atomlarla 4 kovalent bağ yaparak dış enerji düzeyini 8 elektronla doldurabilir. Her bir bağ, karbon atomunun bir elektronu ile karbon atomuna bağlanan diğer atomun bir elektronunun paylaşılmasından ibarettir. Karbon atomları, yan dalları olan ya da diğer halkalarla birleşik olan halkalara bağlanabilmektedir. Bu düzenlemenin olası büyüklük ve çeşitliliği sınırsızdır.

Organik bileşiklerde, her karbon atomu diğer atomlarla dört bağ oluşturur. Pek çok durumda aynı atom çiftleri arasında iki bağ olduğundan, bağ ikilidir. Bazı durumda bir karbon atomu çifti üçlü bir bağla birleşir.

Organik bileşiklerin toplam sayısı çok fazla olmakla, oldukça az sayıdaki çeşide bölümlenebilirler. Organik bileşiklerin bu dört çeşidi; karbonhidratlar, lipidler, proteinler ve çekirdek asitleridir.

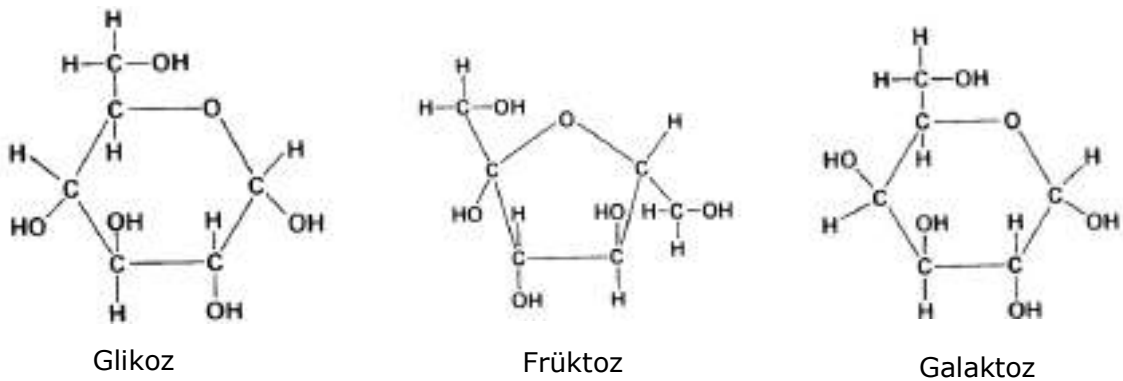


Şekil 3-1. Karbon atomunun elektron yapısı.

## KARBONHİDRATLAR

### 3-2 Karbonhidratların Özellikleri

**Karbonhidratlar**, hidrojenin oksijene oranı sudaki ile aynı olan, karbon, hidrojen ve oksijen bileşikleridir. En basit karbonhidratlar *basit şekerler* ya da **monosakkaritler**dir. Ampirik formülleri  $\text{CH}_2\text{O}$  'dur, fakat hiç bir şeker molekülü gerçekten bu kadar basit değildir. En yaygın monosakkaritlerin moleküler formülü  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$  'dır. Bununla birlikte, molekülün atomları, her biri farklı bir şekere uyan, birkaç değişik yapıda düzenlenebilir. Şekil 3-2 bu şekerlerden üçünün, glikoz, früktoz ve galaktoz'un yapısal formüllerini göstermektedir. Beş karbonlu ( $\text{C}_5\text{H}_{10}\text{O}_5$ ) ve dört karbonlu ( $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_4$ ) basit şekerler de vardır. Şekerlerin adı -oz eki ile biter.



Şekil 3-2. En yaygın üç monosakkarit izomeri

Şekerler büyük miktarlarda enerji içerdiklerinden organizmalar için önemlidirler. Bu enerji, şekerlerin, oksijenin varlığında, karbondioksit ve suya yıkılmaları ile serbest hale geçebilir. Yaklaşık tüm organizmalar, glikozu enerji kaynağı olarak kullanırlar.

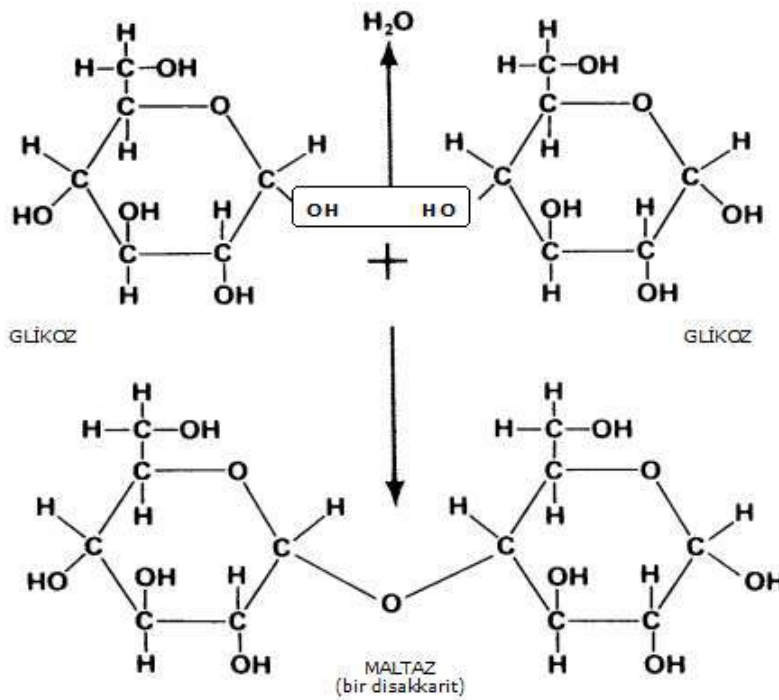
Canlılar metabolizma için gerekli enerjiyi öncelikli olarak karbohidratlardan sağlar. Karbohidratların enerji içeriği yağlar ve proteinlerden az olmasına rağmen, yıkımları daha kolay olduğundan enerji elde etmek için hücresel solunumda öncelikli olarak kullanılırlar.

Karbohidratlar enerji kaynağı olmalarının dışında hücrelerde yapı maddesi olarak da kullanılırlar. Yaygın enerji kaynağı glikoz, protein ve yağlarla birleşip glikoprotein ve glikolipit olarak hücre zarının yapısına katılır. Beş karbonlu şeker deoksiriboz DNA'nın, riboz ise RNA ve ATP moleküllerinin yapısına katılır. Azot içerikli bir polisakkarit olan *kitin* böceklerin vücut örtüsünü, selüloz ise bitkilerin hücre duvarını oluşturur.

### 3-3 Dehidratasyon Sentezi

Basit şekerler olarak adlandırılan monosakkaritler, karbohidratların monomerleridir. Basit ya da birli şekerlerin karbon sayıları üç ile sekiz arasında değişir. Hücrelerde en fazla bulunanları beş karbonlu (pentoz) ve altı karbonlu (heksoz) olanlarıdır.

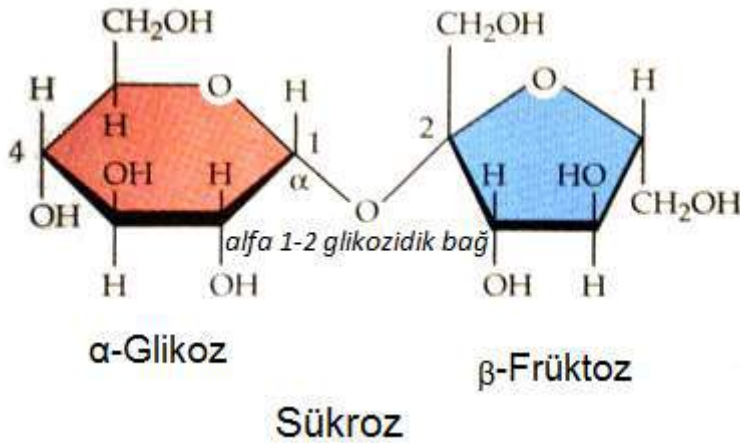
Basit şeker molekülleri, **dehidratasyon sentezi** adı verilen bir işlemle birbirine bağlanabilmektedir. Bu bağ, her bir molekülde bir OH grubunun bulunduğu yerde meydana gelir. Bir OH diğer bir OH 'ın H ile bir molekül su oluşturarak birleşir ve iki şeker molekülü geride kalan O aracılığı ile birbirine bağlanır (Şekil 3-3).



Şekil 3-3. Dehidratasyon Sentezi

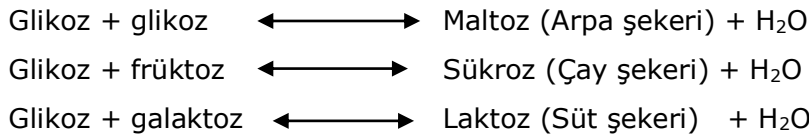
Sentez "bir araya getirmek" ve *dehidratasyon* da "su kaybetmek" olduğuna göre; *dehidratasyon sentezi* "su kaybederek birleşme" demektir. Canlı hücrelerde dehidratasyon sentezi enzimlerin etkisi ile sağlanmaktadır. Bu, organizmaların ihtiyacı olan pek çok organik bileşiğin yapıldığı önemli bir işlemdir.

İki basit şekerin birleşmesinden meydana gelen moleküle, ikili şeker ya da bir **disakkarit** denir. Şekil 3-3 'te gösterilen dehidratasyon sentezi ile oluşan disakkarit, maltoz'dur. Benzer şekilde, bir glikoz molekülü ile bir früktoz molekülü dehidratasyon sentezi ile yine bir ikili şeker olan sükrozu oluşur (Şekil 3-4). Sükrozun moleküler formülü  $C_{12}H_{22}O_{11}$ 'dir.



**Şekil 3-4. Dehidratasyon sentezi ile sükroz oluşumu.**

Canlılardaki en önemli disakkaritler maltoz (arpa şekeri), laktoz (süt şekeri) ve sükroz (çay şekeri)'dur. Maltoz glikoz+glikoz, sükroz glikoz+früktoz ve laktoz glikoz+galaktoz molekülünün dehidratasyon sentezi ile birleşmesiyle meydana gelir. Bu tepkimeler iki yönlüdür, dehidratasyonla oluşan bu ikili şekerler *hidrolizle* tekrar birli şekerlere yıkılabilmektedir.



### 3-4 Polisakkaritler

Basit şekerler, **polisakkaritleri**, yani tekrarlanan uzun şeker birimi zincirlerini oluşturmak için dehidratasyon sentezi ile birbirine bağlanabilir. Tekrarlanan birimlerin (monomerlerin) zincirleri olan bu büyük moleküllere **polimerler** denir. Polisakkaritler şeker polimerlerinin örnekleridir.

Organizmalar artan şekeri, polisakkaritler şeklinde biriktirirler. Bitkilerde, depolanmış şekerin bu şekline **nişasta** denir. Nişasta, tohumlarda ve köklerde, ayrıca besin depolamak için özelleşmiş gövdelerde biriktirilir. İnsanlarda, artan şeker bazen "hayvansal nişasta" da denilen bir polisakkarit olan **glikojen** olarak karaciğerde

biriktirilir. Diğer polisakkaritler organizmaların değişmez yapısal kısımlarını meydana getirir. Örneğin, bir polisakkarit olan *selüloz* bitkilerde bulunur. Yine bir polisakkarit olan *Kitin*, böceklerin vücut duvarını oluşturur.

Nişasta, glikozun bitki hücrelerindeki depo formudur. Pirinç, arpa, ve mısır gibi bitkilerin tohumlarında, papates ve havuç gibi bitkilerin ise köklerinde depo edilir. Bitkiler, fotosentez ile ürettikleri glikozun fazlasını plastidlerinde (lökoplast) nişasta olarak depo ederler. Nişasta moleküllerini oluşturan glikoz molekülleri polimer zincirden hidrolizle ayrılarak enerji kaynağı olarak kullanılır. Nişasta molekülünün ayracı iyottur. Nişasta ve iyot mavi-mor renk oluşturur.

Glikojen, glikozun hayvan hücrelerindeki depo edilmiş şeklidir. Besinlerden elde edilen glikozun fazlası karaciğer ve kas hücrelerinde glikojen olarak depolanır. Kandaki glikoz miktarı azaldığında karaciğerdeki glikojen glikoza dönüştürülüp kana verilir. Kas hücreleri biriktirdikleri glikojeni kendi faaliyetleri için kullanır. Glikojen stoku canlıya uzun süre yetecek miktarda değildir. Örneğin, insandaki glikojen desteklenmediği takdirde bir günde tükenir.

Kitin böcekler ve örümcekler gibi eklembacaklıların dış iskeletinde (vücut örtüsü) bulunan azot içerikli bir polisakkarittir. Ayrıca mantarların (fungi) hücre duvarında da bulunur. Saf kitin salgılandığında deri gibi yumuşak olmakla birlikte, yapısına kalsiyum karbonat ve çeşitli tuzların katılmasıyla sertleşir ve son derece dayanıklı hale gelir.

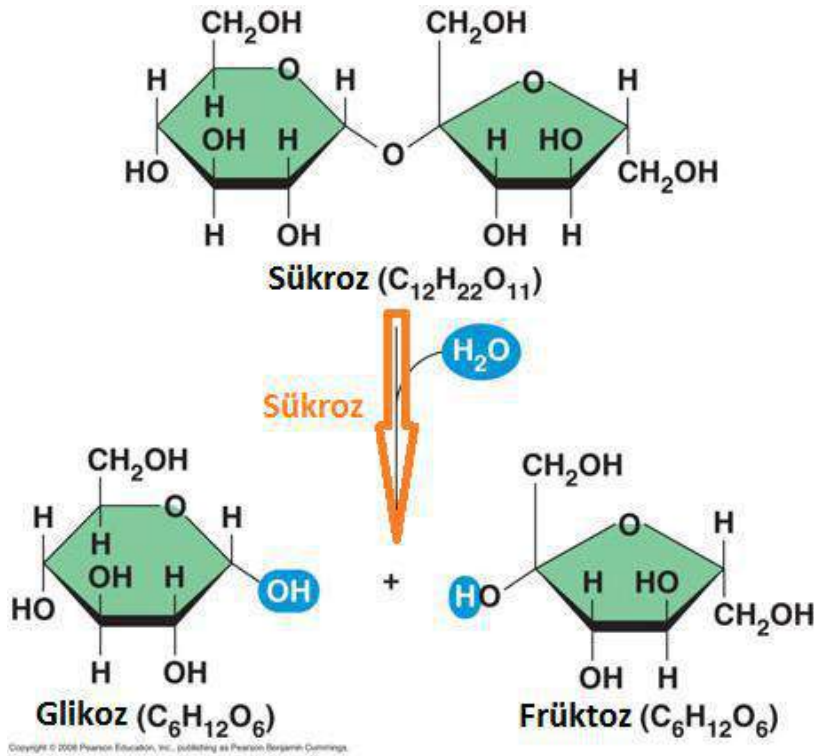
Selüloz bitkilerin hücre duvarında bulunan bir polisakkarittir. Suda çözünmez. Polimer zincirde glikoz moleküllerini birbirine bağlayan glikozit bağları farklı olduğundan birçok hayvan selülozu sindiremez. Bu yüzden besinlerle alınan selüloz sindirilmeden, yani kimyasal yıkıma uğratılmadan vücuttan atılır. Otçul hayvanların ve odundan beslenen bazı böceklerin sindirim sisteminde yaşayan bazı mutualist bakteriler selülozu sindiren enzimlere (selülaz) sahiptir. Bu nedenle bu hayvanlar selülozdan besin ve dolayısıyla enerji kaynağı olarak yararlanabilirler.

### 3-5 Hidroliz

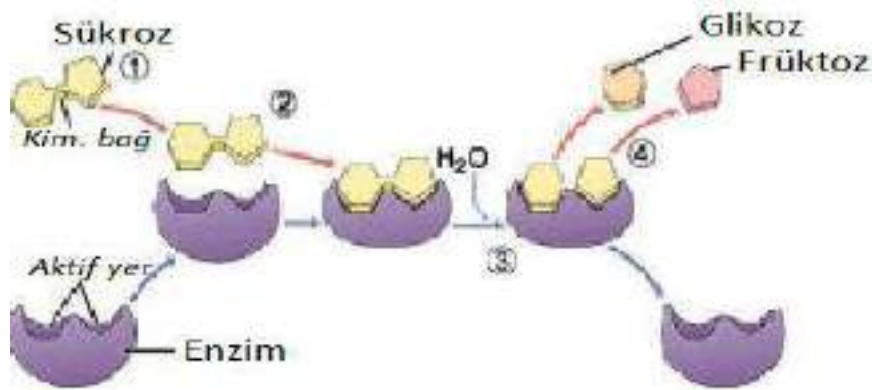
Şeker molekülleri zinciri, **hidroliz** adı verilen işlemle bağımsız olarak yıkılabilir. Bu tür tepkimede, bir su molekülü dehidratasyon sentezinde ayrıldığı yere geri döner (**Şekil 3-5**). İki molekül arasındaki bağ yıkılır ve orijinal OH grupları yeniden oluşturulur. Hidroliz, çoklu şekerin tamamı basit şekerlerine ayrılıncaya kadar, uzun zincirler boyunca tekrarlanabilir. Hayvanların besinlerdeki ikili ve çoklu şeker molekülleri sindirimde hidrolizle birli şekerlere (monomere) yıkılarak hücre zarlarından geçebilirler.

Dehidratasyon ve hidroliz tepkimelerinin her ikisi de belirli bir enzimin etkinliğinde meydana gelir. Dehidratasyonda iki adet birli şekerin bir molekül suyun ayrılması ile birleşmesi ve hidrolizde bu su molekülünün H ve OH olarak tekrar önceki yerlerine getirilmesi enzim etkinliğinde meydana gelir (**Şekil 3-6**).





**Şekil 3-5. Sükrozun hidrolizi, Glukoz ve Früktoza yıkılması.**



**Şekil 3-6. Sükrozun hidrolizinde enzim etkinliği**

## LİPIDLER

### 3-6 Lipidlerin Kimyasal Bileşimi

**Lipidler**, çoğunlukla katı yağlar, sıvı yağlar ve mum adı verilen maddeleri içerirler. Karbonhidratlar gibi karbon, hidrojen ve oksijenden yapılmışlardır. Bununla birlikte, lipidlerde, karbonhidratlara oranla daha az oksijen vardır. [Hidrojenin oksijene oranı](#)

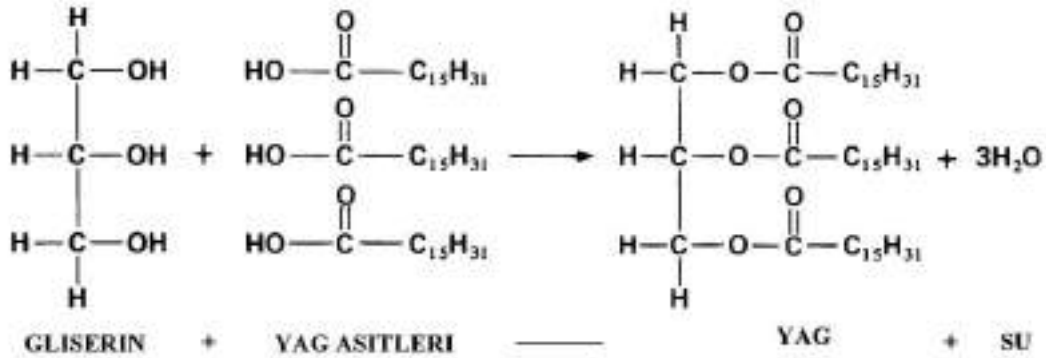
karbonhidrat ve proteinlere göre daha yüksektir. Bu farkın bir sonucu, yağlar yıkıldıklarında aynı ağırlıktaki karbonhidratlardan daha fazla enerji verirler. Bazı yağlarda fosfor (P) ve azot (N) gibi atomlar da bulunabilir.

Katı ve sıvı yağlar yağ asitleri ile gliserin'in birleşmesinden meydana gelir. Bir **yağ asidi** molekülü, hidrojen atomlarının bağlandığı karbon atomları zincirinden meydana gelir. Zincirin bir ucunda bir **karboksil grubu, COOH** vardır. Karboksil gruplar içeren yağ asitlerine ve diğer bileşiklere *organik asitler* denir. Bu asitler de, inorganik asitler gibi çözeltiliye hidrojen iyonları verirler. Bununla birlikte, organik asitler inorganik asitlerden çok zayıftır.

*Alkoller*, moleküllerinde bir veya daha fazla OH grupları bulunan **baz benzeri** organik bileşiklerdir. Bununla birlikte, alkoller OH<sup>-</sup> iyonları vermezler ve bu nedenle gerçek baz değildirler. **Gliserin**, molekülünde üç OH grubu bulunan bir alkoldür.

Bir gerçek yağ molekülü, bir molekül gliserin ile üç molekül yağ asidinin birleşmesinden meydana gelir (Şekil 3-3). Her bir yağ asidi molekülü, dehidratasyon sentezi ile OH gruplarının birinden gliserine bağlanmıştır. Oluşturulan her yağ molekülüne karşılık, üç molekül su serbest bırakılır.

Doğal olarak bulunan yağların hemen tamamı, iki veya üç yağ asidi ile gliserinin birleşimidir. Bazı yağlar olağan sıcaklıklarda sıvıdır. Bunlara çoğunlukla (hayvansal veya bitkisel kaynaklı) *sıvı yağlar* denir. Mumlar, yağ asitlerinin gliserinden başka alkollerle birleşmesinden meydana gelen lipidlerdir.

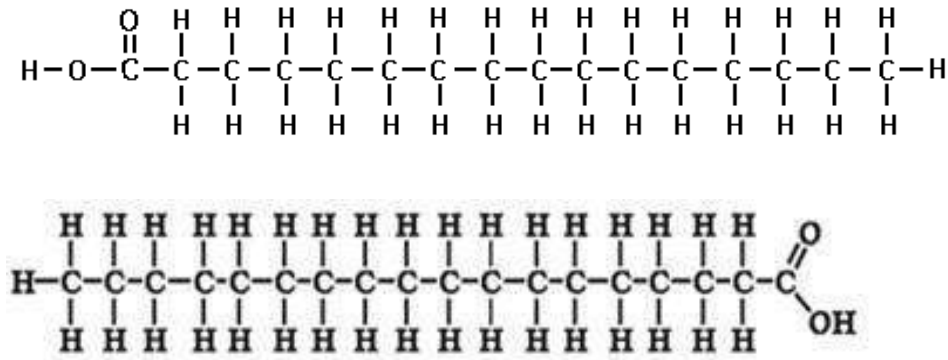


**Şekil 3-7. Bir yağın (bir trigliserit) sentezi**

Diğer organik moleküllerde farklı olarak yağların ortak bir monomer çeşidi yoktur. Bu moleküllerin en önemli ortak özelliği suda çözünmemeleri ya da çok az çözünmeleridir. Yalnızca kloroform, benzen, eter ve aseton gibi organik çözücülerde çözünürler. Biyolojik açıdan önemli olan yağlar trigliseritler, fosfolipidler ve steroidlerdir. Trigliseritler ve fosfolipidlerin değişmez temel bileşenlerinden biri yağ asitleridir. Yağ asitleri molekül uzunlukları ve moleküllerindeki karbon atomları arasındaki bağların birli ya da ikili veya üçlü olmasına göre doymuş ve doymamış yağ asitleri olmak üzere iki gruba ayrılırlar.

### 3-7 Yağ Asiteri, Doymuş ve Doymamış Yağlar

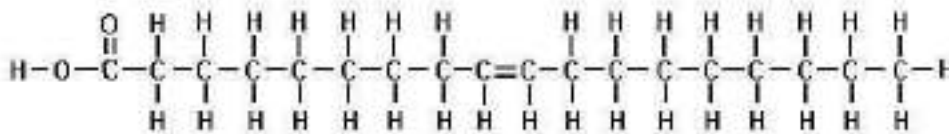
Yağ asitleri molekül uzunlukları ve moleküllerindeki karbon atomları arasındaki bağların birli ya da ikili veya üçlü olmasına göre doymuş ve doymamış yağ asitleri olmak üzere iki gruba ayrılırlar. Bir yağ asidinde, eğer tüm karbon-karbon bağları birli ise, bu aside doymuş asit denir. Bu asitlerden meydana gelen yağlara **doymuş yağlar** denir. Bu moleküldeki karbon atomları hidrojene tamamen doymuştur. Doymuş yağ asitleri ikili bağ içermediğinden düz zincirler halindedir. Palmitik asit ve stearik asit doymuş yağ asitlerine örnek olarak verilebilir.



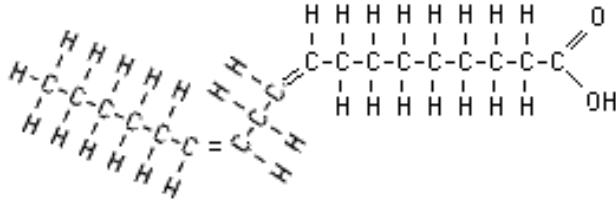
**Şekil 3-8. Doymuş yağ asitleri - palmitik ve stearik asit**

**Doymamış yağlarda**, yağ asidi moleküllerindeki karbon atomu çiftlerinden bir veya daha fazlası ikili veya bazen üçlü bir bağla birleşmiştir. Molekülünde sadece bir doymamış bağ bulunan bir yağa birli doymamış denir. Molekül zincirinde birden çok, ikili veya üçlü karbon bağı bulunan bir yağa, çoklu doymamış denir. Doymuş bir yağ asidinde, zincirdeki her bir karbon atomuna iki (zincirin başındakine üç) hidrojen atomu bağlanmıştır. Aynı uzunluktaki doymamış bir yağ asidinde daha az hidrojen atomları vardır. Doymamış yağlar, hidrojen eklenerek doymuş yağlara çevrilebilirler. Bu işleme *hidrojenasyon* denir.

Doymamış yağ asitleri ikili bağ içerdiğinden düz zincir yerine dallanmış bir yapı gösterir. Bazılarının yapısında bir tane ikili bağ bulunurken (oleik asit), bazılarının yapısında iki tane ikili bağ bulunur (linoleik asit).



**Şekil 3-9. Birli doymamış yağ asidi, oleik asit**



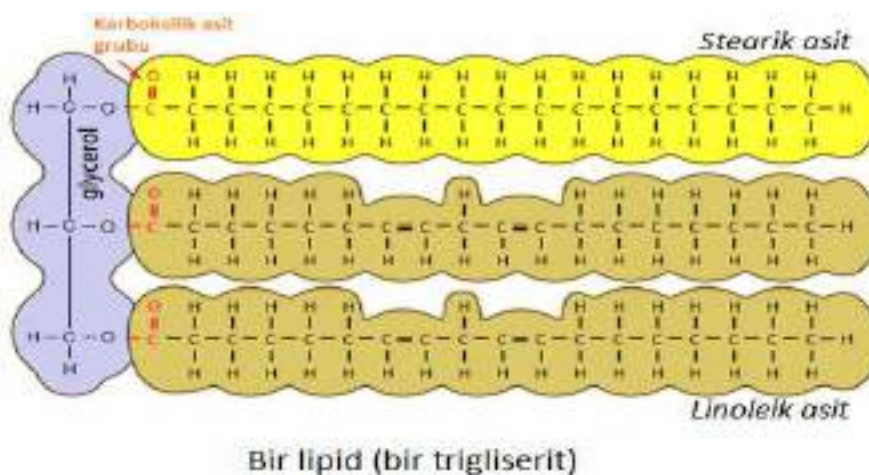
**Şekil 3-10. Çoklu doymamış yağ asidi, linoleik asit**

İnsan vücudunda sentezlenemeyip, besinlerle beraber alınması zorunlu olan yağ asitlerine temel (esansiyel) yağ asitleri denir. Omega 3 ve omega 6 temel yağ çeşitleridir.

### 3-8 Trigliseritler (Nötr Yağlar)

Canlılarda en fazla bulunan yağ çeşididir. Üç molekül yağ asidinin, bir molekül gliserol (gliserin) ester bağları ile bağlanması sonucu oluşur. Bu tepkimede dehidratasyonla üç su molekülü açığa çıkar.

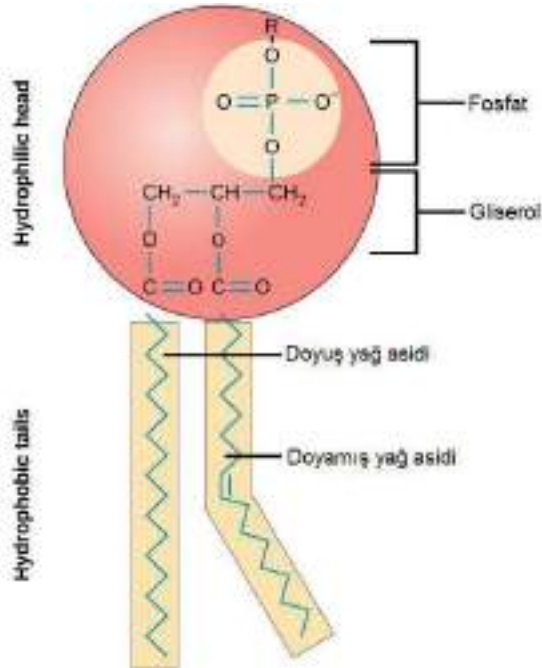
Nötr yağlar içerdikleri yağ asidi çeşidine göre doymuş ve doymamış yağlar olmak üzere ikiye ayrılırlar. Doymuş yağlar hayvansal kaynaklı olup oda sıcaklığında katıdır. Tereyağı, kuyruk yağı ve iç yağı doymuş yağlardır. Doymamış yağlar bitkisel kaynaklı olup oda sıcaklığında sıvı halde bulunurlar. Zeytinyağı, Ayçiçek yağı, soya yağı doymamış yağlardır.



**Şekil 3-11. Bir yağ (bir trigliserit) molekülü**

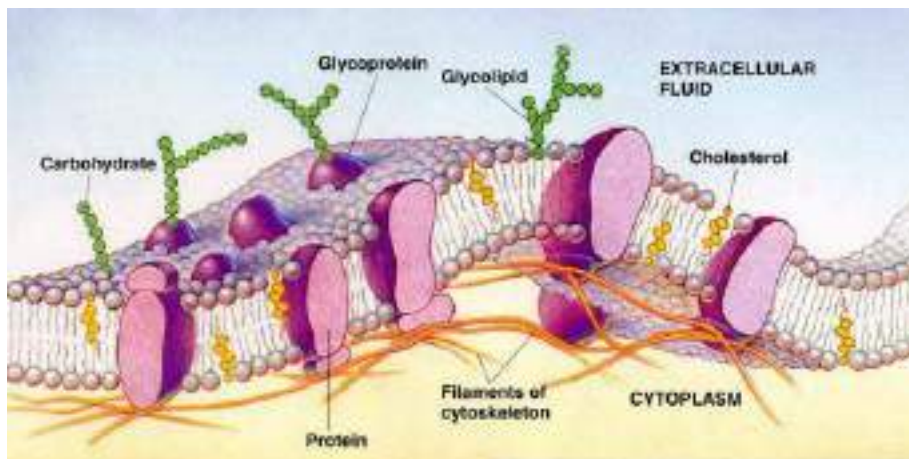
### 3-9 Fosfolipitler

Hücre zarının temel bileşenleridir. Proteinlerle beraber hücre arını oluştururlar. Trigliseritlerden farklı olarak bir gliserol molekülüne iki yağ asidi bağlanmıştır. Gliserole bağlanan üçüncü grup negatif yüke sahip bir fosfat ( $PO_4^-$ ) ve azot içeren bir bazdan oluşur.

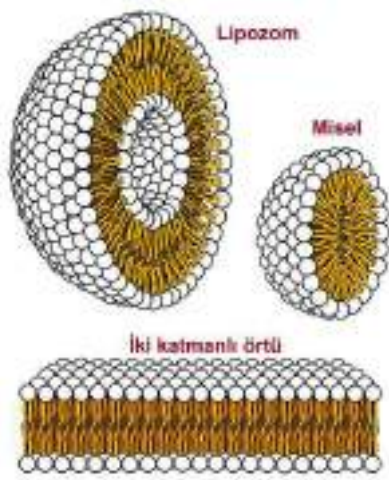


### Şekil 3-12. Fosfolipit yapısı

Bir fosfolipid molekülü suyu seven (hidrofilik) bir baş ile suyu sevmeyen (hidrofobik) iki kuyruktan oluşur. Bu yüzden suya bırakılan fosfolipidler kendiliğinden bir araya gelerek farklı yapılar oluşturabilirler. Miseller ve hücre zarındaki iki katmanlı fosfolipidler bu duruma örnek olarak verilebilir.



### Şekil 3-13. Hücre zarı yapısında fosfolipit dizilimi

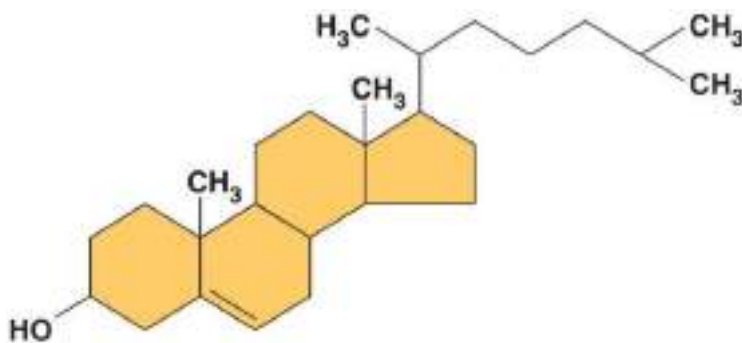


**Şekil 3-14. Lipozom ve misel yapısında fosfolipitler**

### 3-10 Steroitler

Steroidlerin yapısında dört karbon halkası ve onlara bağlı çeşitli işlevsel yan gruplar bulunur. Hücre zarının yapısında bulunan steroidler hücre zarının geçirgenliğini ve dayanıklılığını artırır. Sinir hücrelerinin zarlarında yalıtımı sağlar. Bazı hormonların yapısına katılır. Dişi eşey hormonu olan östrojen ile erkek eşey hormonu olan testosteron steroid yapıdadır. Ayrıca böbreküstü bezinin korteks hormonları (kortizol) da steroid yapıdadır. Steroitler vücut tarafından D vitamini yapımında kullanılır. Kolesterol hayvan hücrelerinin zar yapısına katılan bir steroid olup, bitkisel hücrelerde bulunmaz.

**Kolesterol** pek çok hayvan dokusunda bulunan gerekli bir maddedir. En önemli steroidlerden biridir. Hayvan hücrelerinin zar yapısına katılır. Omurgalı hayvanlarda eşey hormonları dahil bir çok steroid, kolesterol molekülünden sentezlenir. Diğer yandan, atardamarları sertleştiren ve daraltan birikimlerin desteklenmesinde önemli bir role sahiptir. Bu durum çarpıntı ve enfarktüslere neden olabilmektedir. Tereyağı ve ette bulunan doymuş yağların, vücutta üretilen kolesterol miktarını arttırmaya eğilimli oldukları kanısı vardır. Bu yüzden sağlık uzmanları, kandaki kolesterol düzeyini düşürmek için, doymuş yağların tüketiminin azaltılmasını salık vermektedirler.



**Şekil 3-15. Kolesterol molekülü**

### 3-11 Yağların İşlevleri

Yağlar pek çok hayatsal faaliyet için önemlidir. Steroit hormon ve vitaminlerin yapısına katılarak düzenleyici görev görürler. Hücre yapılarının, özellikle hücre zarının bir bileşenidirler. Hücre zarında glikoipit ve fosfolipit gibi yağlar bulunur. Birikmiş bir enerji maddesi olarak da hizmet görürler. Aynı miktardaki karbonhidratlardan yaklaşık iki kat daha fazla enerji sağlarlar. Hücrelerde oksijenli solunumla parçalandıklarında bol miktarda enerji ile birlikte metabolik su açığa çıkar. Kış uykusuna yatan memeli hayvanlar (ayı), uzun mesafeleri aşmak zorunda olan göçmen kuşlar (bildircin, kaz, ördek) ve uzun süre susuzluğa dayanabilen çöl memelileri (deve) yağ depolarlar.

Bitkiler sıvı yağları, tohumlarında biriktirirler. Memeliler yağı, vücudu darbelere karşı korunduğu ve ısı kaybına karşı yalıtımın sağladığı, derinin altına biriktirirler. Soğuk bölgelerde yaşayan hayvanlarda (balina ve kutup ayısı gibi) deri altında kalın bir katman oluşturacak şekilde birikerek ısı kaybını engellerler. İç organların etrafında biriken yağlar, organları mekanik darbelere karşı korur. Hayvanlarda yağlar depolama ürünü olmakla birlikte, uzun süreler için saklanmazlar. Tam aksine, hazırlar sürekli yıkılarak yerlerine yenisi konur. Araştırmalar, örneğin, farelerin her hafta biriktirdikleri yağın yaklaşık yarısını yenilediklerini göstermiştir.

## PROTEİNLER

### 3-12 Proteinlerin elementer yapısı

Proteinler karbon (C), hidrojen (H) ve oksijene (O) ek olarak azot (N) da içeren bileşiklerdir. Canlıların yapısına en fazla katılan bileşiklerdir. Bazı proteinlerde yan gruplarda kükürt (S), ve fosfor (P) atomları da bulunur. Hemoglobin demir (Fe) içerikli bir proteindir. Kabuklularda (kerevitte) oksijen taşınımına yardım eden solunum pigmenti *hemosiyanin* iki bakır (Cu) atomu içeren bir proteindir. Proteinler hücrelerin yapı ve metabolik faaliyetlerinde görev aldığı gibi zorunlu durumlarda enerji verici olarak da kullanılabilirler. Proteinlerin olası sayısı gerçekte sonsuzdur ve şaşırtıcı bir özellikler dizisine sahiptirler. Bu çeşitliliğin nedenleri, proteinlerin nasıl yapıldığı incelendiğinde açıklık kazanmaktadır.

### 3-13 Aminoasitler

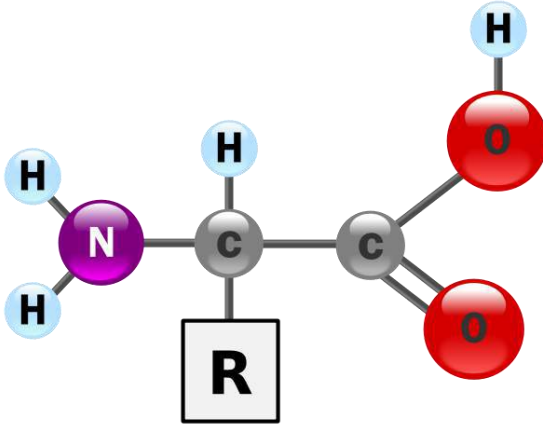
Aminoasitler proteinlerin yapısal birimleridir. Bir aminoasit nispeten basit bir bileşiktir. Bir amino asit, **merkezi bir karbon atomu (C)'na bağlı:**

1. Bir karboksil grup, COOH.

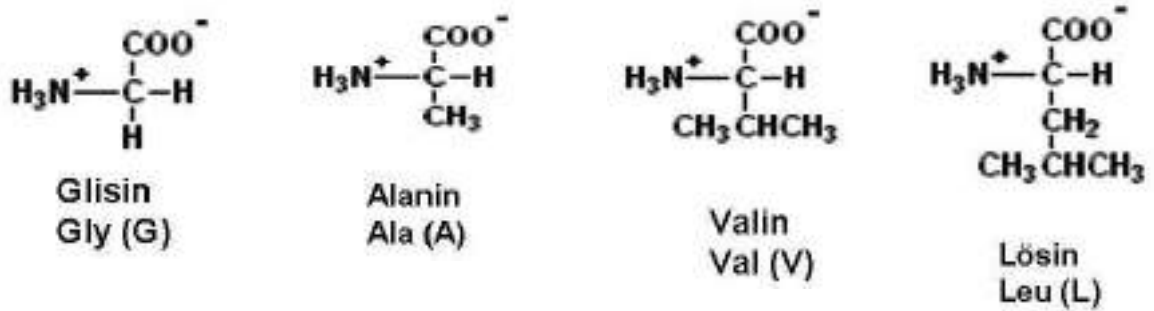
2. Bir amino grup, NH<sub>2</sub>.

3. Bir tek hidrojen atomu, H.

4. Her bir aminoasitte farklı olan, R harfi ile simgelenen bir **yan zincirden** meydana gelir. En basit aminoasit, glisin'de yan zincir sadece diğer bir H 'dir. Alanin'de bu bir CH<sub>3</sub> grubudur. Diğer yan gruplar daha karmaşıktır ve bazısı kükürt ve fosfor içerirler. Fakat aminoasit moleküllerinin hiçbiri özellikle büyük değildir. Proteinlerin temel yapı birimi olarak bulunan 20 farklı aminoasit vardır.



**Şekil 3-16. Bir alfa aminoasidin genel yapısı.**



**Şekil 3-17. Bazı aminoasitlerin yapısı ve değişken grupları**

Aminoasitler, kuvvetli bazlar karşısında asit, kuvvetli asitler karşısında baz gibi davranırlar. Bu yüzden amfoter özellik gösterirler. Aminoasitlerin bu özellikleri sayesinde hücrelerdeki pH belirli sınırlar içinde tutulup homeostasis sağlanır.

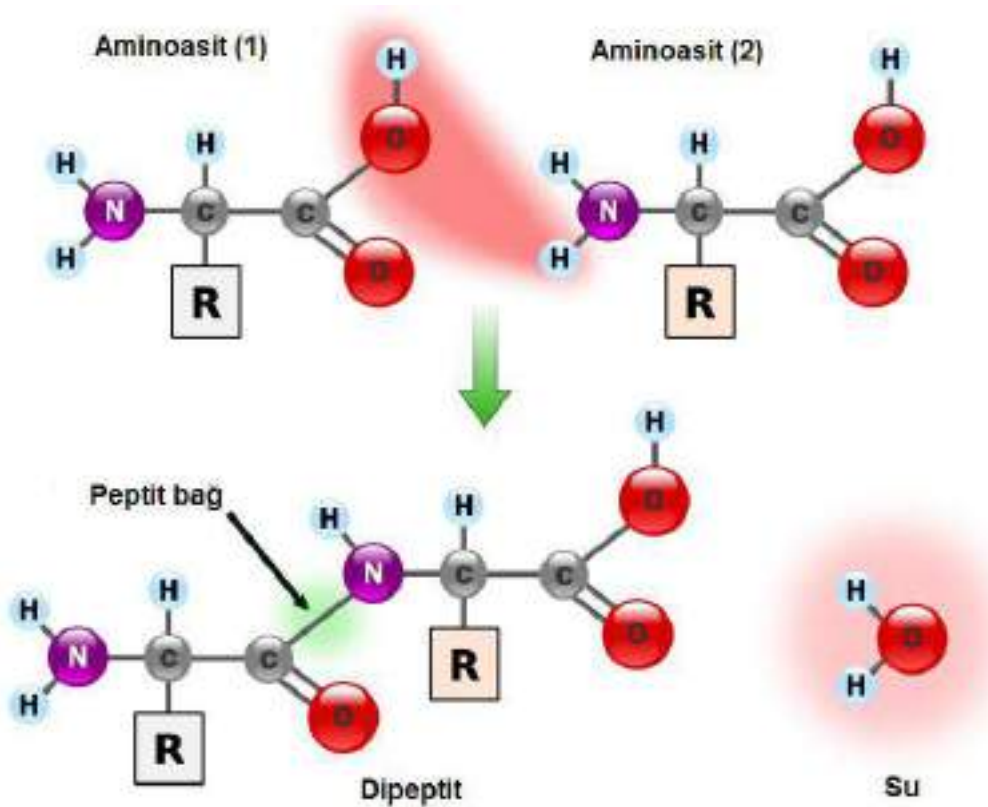
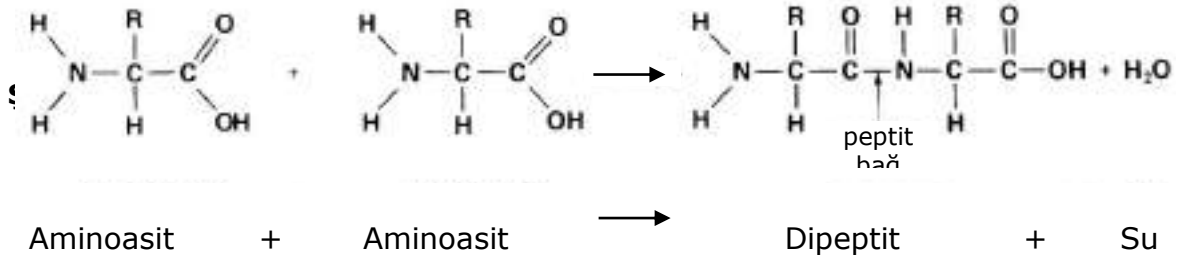
### 3-14 Peptit Bağ

Aminoasitler arasında peptit bağları kurularak proteinler sentezlenir. İki aminoasit dehidratasyon sentezi ile birbirine bağlanabilir. Bu bağ, bir molekül suyun kaybedilmesiyle, bir aminoasidin amino grubu ile diğerinin karboksil grubu arasında



meydana gelir. Bu bağa **peptit bağ** ve meydana gelen moleküle **dipeptit** denir. Bir dipeptit oluşumu Şekil 3-4 'de gösterilmiştir.

Aminoasitler, aynı yolla, bir aminoasit zinciri oluşturmak üzere, bir dipeptidin sonuna da eklenebilirler. Bu tür bir zincire **polipeptit** denir. Bütün proteinler polipeptitlerden yapılmıştır.



**Şekil 3-18. Peptit bağ oluşumunda iki aminoasidin su kaybederek birleşmesi**

İki aminoasidin birleşmesi ile dipeptit, üç aminoasidin birleşmesi ile tripeptit, çok sayıda aminoasidin birleşmesi ile polipeptit molekülü sentezlenir. Protein sentezi DNA'nın denetiminde ribozom adı verilen organelde gerçekleşir. Bu yüzden her bir canlının protein yapısı kendine özgüdür. Yakın akrabaların kalıtsal benzerlikleri fazla olduğundan, protein benzerlikleri de fazla olur. Bundan dolayı akrabalar arasında yapılan doku ve organ nakillerinde başarı şansı fazla olur. Her proteinin aminoasit dizilimi kendine özgüdür. Bazen bir aminoasidin sıralamadaki yerinin değişmesi proteinin yapısını değiştirmesine

neden olur. Örneğin, kırmızı kan hücrelerinde bulunan hemoglobin proteinindeki altıncı aminoasit olan glutamik asit yerine kalıtsal bir bozukluk sonucu valin aminoasidi gelirse kırmızı kan hücrelerinin şekli değişir ve orak hücre hastalığı oluşur.

### 3-15 Proteinlerin yapısı ve işlevleri

Tüm canlılarda 20 çeşit aminoasit bulunmasına rağmen canlılarda bulunan proteinler büyük bir çeşitlilik gösterir. Bunu nedeni protein yapısına katılan aminoasitlerin dizilişi, sayısı ve çeşidinin farklı olmasıdır. Aminoasitler, herhangi bir ardılıkta ve değişik zincir boylarında birbirine bağlanabilirler. Her bir farklı düzenleme ayrı bir protein oluşturur. Zincirler, ayrıca uzayda çok farklı şekillerde yapılar yapmak üzere katlanabilir ve bükülebilirler. Protein moleküllerinin tipik şekilleri sarmal veya heliks, pilli katman ve küreciklerdir. Katlanan zincirin bitişik kısımları, sık sık çapraz-halkalarla birbirine bağlanır. Çapraz-halkaların şekil ve düzenindeki değişimler, proteinlerin aşırı çeşitlenmesini sağlar.

Proteinler primer, sekonder, tersiyer ve kuarterner olmak üzere dört farklı yapıda olabilirler. Bunlardan ilk üçü tek bir polipeptit zincirden oluşurken, kuarterner proteinler iki ya da daha fazla polipeptit zincirin birlemesiyle oluşurlar. Örneğin, kollojen proteini üç polipeptit zincirden oluşurken, hemoglobinde dört polipeptit zinciri vardır. Proteinler yapısına göre basit ve bileşik olmak üzere ikiye ayrılır. Basit proteinlerin yapısında sadece aminoasitler bulunur. Bileşik proteilerin yapısında aminoasitlerin dışında farklı moleküllere bulunur. Örneğin glikoprotein, lipoprotein ve nükleoprotein bileşik proteinlerdir.

Canlılığın mevcut karmaşıklığı derecesinde karmaşık proteinlerin bulunması, canlılığa olanak vermektedir. Proteinlerin sayısız işlevleri vardır. Hayvan vücudunda yapıya en fazla katılan organik moleküller proteinlerdir. Saç, tırnaklar, kıkırdak ve bağ dokunun dayanıklı malzemeleri gibi hücrelerin ve vücut dokularının yapısal kısımları proteinlerdir.

Hayvan kanında, derisinden, gözlerinde ve yeşil bitkilerin klorofilindeki pigmentler proteinlerdir. Kırmızı kan hücrelerinin yapısında bulunan hemoglobin protein yapılı bir moleküldür. Bu molekül kanın oksijen ve karbondioksit taşıma kapasitesini 100-200 kat arttırabilir. Kanın pıhtılaşmasında görev alan trombojen ve fibrinojen molekülleri protein yapılıdır. Kan plazmasında bulunan albümin ve globülin proteinleri kanın ozmotik basıncını oluşturarak kan ve doku hücreleri arasında madde alışverişini düzenler.

Proteinler enzim ve hormon gibi metabolik olayları düzenleyen moleküllerin yapısına katılırlar. Hayvan ve bitkilerde vücut işlevlerini düzenleyen kimyasal haberciler olan hormonların çoğu protein yapısındadır. Karmaşık kimyasal tepkimelerde dakiklik ve hızlilik sağlayan enzimler protein yapılıdır.

Proteinler kas kasılmasında görev yaparlar. Kas dokularındaki kontraktıl materyal protein yapılıdır. Uzun süreli açlıklarda karbonhidrat ve depolarının tükenmesi durumunda proteinler enerji kaynağı olarak da kullanılırlar.

Hayvanlarda vücudu yabancı maddelere ve hastalık yapan organizmalara karşı koruyan *antikorlar* protein yapılıdır.

Besinlerle yeterli miktarda alınmadığında protein yetersizliği belirtileri ortaya çıkar. Protein yetersizliğinde, enzim ve hormon üretiminin yavaşlamasına bağlı olarak birçok metabolik olay aksar ve büyüme bozuklukları oluşur. Bağışıklık sistemi zayıflar. Kırmızı kan hücrelerinin üretimi azalır, kansızlık ortaya çıkar. Zihinsel gelişme yavaşlar. Yaralar geç iyileşir. Dokularda hücreler arasında sıvı birikimi olur (ödem oluşur). Kaslarda zayıflama meydana gelir.

Sıcaklık, pH, tuz derişimi ve basınç gibi etkenler protein yapısını bozar. Bu olaya denatürasyon denir. Denatüre olan proteinlerde lifleri bir arada tutan bağlar kopar ve lifler çözülür. Yumurtanı pişirilmesi denatürasyona örnek olarak verilebilir. Denatürasyon sonucu yapısı bozulan protein artık aktif değildir. Çünkü denatürasyona neden olan tepkimeler geri dönüşümlü değildir.

Tüm protein molekülleri, içerdikleri atom ve aminoasit sayısı bakımından zengindirler. En küçük protein molekülleri yaklaşık 50 aminoasit ya da yaklaşık 1000 atoma sahiptir. En büyük olanların 100.000 dolayında aminoasidi ve milyonlarca atomu vardır.

Bitkiler protein sentezi için gerekli olan 20 çeşit aminoasidi kendileri sentezleyebilirler. Hayvanlar ihtiyaç duydukları aminoasitlerden bazılarını kendileri üretirken, bazılarını besinlerle beraber hazır olarak almak zorundadırlar. Vücutta üretilmeyip, besin yoluyla alınması zorunlu aminoasitlere temel (esansiyel) aminoasitler denir. İnsanlarda on iki aminoasit vücutta sentezlenebilir. Geri kalan sekiz çeşit aminoasit temel aminoasittir.

Belirli bir proteindeki aminoasitlerin mevcut sırasının belirlenmesi, açıkça zor bir iştir. Yapısı ilk belirlenen protein insülin'dir. Bu, 1954 yılında, İngiltere'de Cambridge Üniversitesinde, Frederick Sanger tarafından başarılmıştır. Sanger, daha sonra bu çalışmasından dolayı Nobel Ödülü almıştır. Bu tarihten sonra, birkaç yüz proteinin moleküler yapıları çok titiz yöntemlerle çalışılmıştır. Bu yöntemler, molekülün kimyasal olarak sıra ile daha küçük parçalara ayrılması ve her ayrılan parçanın sonundaki aminoasidin tanımlanmasını kapsamaktadır. Günümüzde bir proteinin otomatik olarak analizini yapan ve aminoasit dizilimini yazıya döken cihazlar geliştirilmiştir.

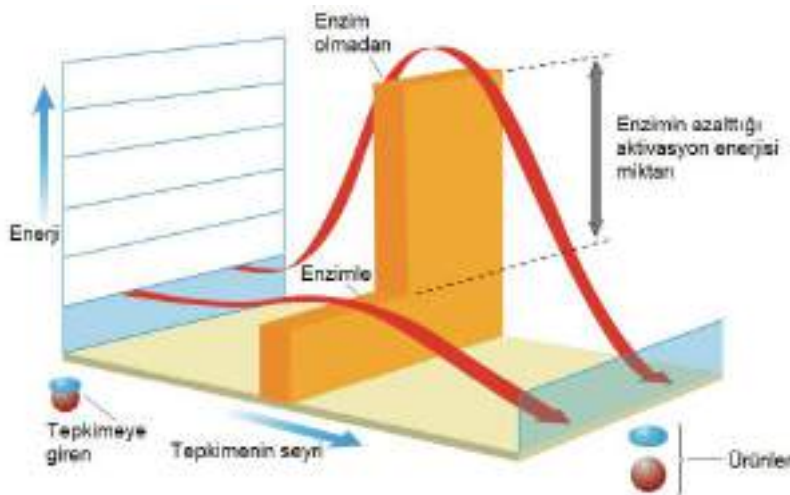
## ENZİMLER

### 3-16 Enzimlerin yapısı ve önemi

**Enzimler**, canlı hücrelerde sürdürülen canlılıkla ilgili kimyasal tepkimelerin yürütülmesine olanak veren protein maddeleridir. İnorganik maddelerin kimyasal tepkimeleri ile canlılardaki organik bileşiklerin tepkimeleri arasında çok büyük fark vardır.

Canlılardaki kimyasal tepkimeler farklıdır. Bazen, glikozun, enerji vermek için hücre içinde "yandığını" söylüyoruz. Fakat, bu "yanma" onlarca küçük kademe meydana gelir. Bu basamaklardan bazısında bir molekülün küçük bir parçası harcanır. Diğerinde, atomların küçük bir grubu katılır. Bir diğerinde, sadece atomlar molekül içinde yeniden düzenlenir. Bu basamaklar, son derece dakik ve doğru düzen içinde olmalıdır. Bunlar aynı zamanda hücre içindeki olağan sıcaklıkta meydana gelmeli ve büyük miktarlarda ısı oluşmamalıdır. Aksi halde hücre tahrip olur.

Enzimler, canlı hücrelerde bu işlemlerin tamamına olanak verir. Tepkimenin her bir basamağına neden olan belirli bir enzim vardır. Enzimler bir kimyasal tepkimeye, sadece meydana gelmesine yetecek uzunlukta, geçici olarak katılırlar. Enzimler tepkime ile değişmezler. Diğer moleküllerle aynı kimyasal basamakta defalarca kullanılmak üzere oldukları gibi kalırlar. Kendisi değişmeden, bir tepkimeye etki eden bir maddeye **katalizör** denir. Enzimler canlı hücrelerde kullanılan organik katalizörlerdir. Enzimler kimyasal tepkimenin başlaması için gerekli olan en düşük enerji miktarı olan **aktivasyon enerjisini** azaltarak tepkime hızını artıran biyolojik katalizörlerdir (Şekil 3-19).

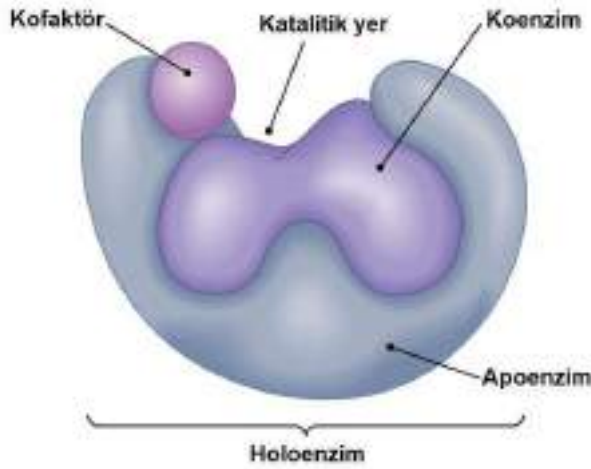


### Şekil 3-19. Enzimin aktivasyon enerjisini azaltması

Enzimler protein yapılı organik moleküllerdir. Canlı hücrelerde, DNA'daki kalıtsal bilgiye göre sentezlenirler. Enzimler yapısına göre basit ve bileşik enzimler olarak ayrılabilirler. Basit enzimler sadece proteinden yapılmış olan enzimlerdir. Pepsin ve üreaz bu tür enzimlerdir. Protein molekülü yanında yardımcı bir kısımdan oluşan enzimler bileşik enzimlerdir. Proteinden oluşan kısım apoenzim adını alırken, yardımcı kısım kofaktör olarak adlandırılır. Kofaktör organik ya da inorganik yapılı olabilir. Enzim etkinliğinde görev yapan  $Fe^{+2}$ ,  $Mg^{+2}$  ve  $Zn^{+2}$  gibi iyonlar inorganik kofaktörlerdir. Kofaktörler organik yapılı ise koenzim adını alır. B grubu vitaminlerin çoğu koenzim olarak görev yapar. Bileşik enzimlerde, apoenzim etki edeceği maddeyi (substrat) belirlerken, koenzim ya da kofaktör kısmı enzimlerin esas iş yapan bölümünü oluşturur. Bu kısım enzimin protein

olan bölümünden daha küçüktür (**Şekil 3-20**). Bir apoenzim, belirli bir koenzim ya da kofaktörle çalışır. Fakat bir koenzim ya da kofaktör birden fazla apoenzimle çalışabilir. Bu nedenle hücrelerde bulunan apoenzim çeşidi, koenzim yada kofaktör çeşidinden fazladır. Besinlerle beraber yeterli oranda vitamin ya da mineral alınmazsa, bazı enzimler iş göremeyeceğinden metabolik aksaklıklar sonucunda bazı hastalıklar ortaya çıkar.

Enzimin etki ettiği maddeye, enzimin **substrat**'ı denir. Enzimlerin adları çoğunlukla -az son eki ile biter. Adlarını çoğu kez substratın adından alırlar. Örneğin, maltoz'un iki glikoz molekülüne parçalanmasında rol oynayan enzime maltaz denir. Proteinleri daha kısa polipeptitlere veya ayrı amino asitlere yıkan enzimlere proteaz'lar denir. Lipidleri yıkan enzimlere lipaz'lar denir.



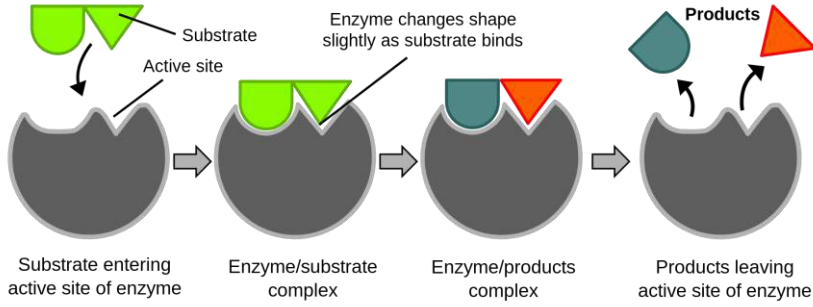
**Şekil 3-20. Bir holoenzimde apoenzim ve koenzim**

### 3-17 Enzimlerin Çalışması

Deneyler, enzimlerin katalizörler olarak davranmadaki yeteneklerinin şekillerine bağlı olduğunu göstermiştir. Her bir enzimin yüzeyinin bir yerinde **aktif yer** denilen bir bölge vardır. Substrat molekülleri aktif yerin şekline uyarlar (**Şekil 3-21**).

Substrat molekülü, enzimin aktif yeri ile temas ettiğinde, onunla geçici bir birleşme oluşturur. Buna *enzim-substrat kompleksi* denir. Bu sırada, enzim substrat molekülündeki bağları yıkarak onu daha küçük iki moleküle ayırabilir. Bir enzim, iki molekülün birleşmesine de neden olabilir. Bu durumda iki substrat vardır. Her biri yakın temasa gelecek şekilde aktif yere yerleşirler. Bu, iki substrat molekülünün birleşip, bağ oluşturmaya olanak verir.

Bir aktif yerde enzim ve substratın birbirine uyduğunu kabul eden enzim etkinlik kuramına, *kilit-ve-anahtar örneği* adı verilir. Anahtarın çıkıntılı yüzü sadece bir kilidi açabilir. Benzer şekilde, bir enzimin aktif yerinin şekli sadece belirli bir substratın şekline uyar. Böylece, her bir enzim ortamdaki substratlardan sadece birinin tepkimesini katalizleyebilir.



**Şekil 3-21. Enzim çalışmasında kilit-anahtar modeli**

Enzimler hiçbir değişime uğramadan tepkimelerden ayrılırlar. Bu nedenle aynı tepkime çeşidinde defalarca kullanılabilirler. Yapısı bozulan enzimler yıkılır ve yeniden sentezlenir. Enzimler genelde belirli bir tepkimeye özgüdür. Bu nedenle her hücrede tepkime çeşidi kadar enzim çeşidi bulunur. Enzimlerin çoğu tersinirdir. Tepkimeleri iki yönlü gerçekleştirirler. Kırmızı kan hücrelerinde karbondioksit taşınımında görev alan karbonik anhidraz enzimi tersinir çalışan enzimlere örnektir (Şekil 3-22). Sindirim enzimleri tersinir değildir. Tepkimeleri tek yönlü gerçekleştirirler.

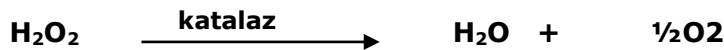


**Şekil 3-22. Karbonik anhidraz enziminin çalışması**

### 3-18 Enzim İşleyişinin Özellikleri

Aşağıdaki ifadeler, enzim faaliyeti için çoğunlukla geçerlidir.

*Az miktarda enzim, çok miktarda substratın tepkimesine neden olabilir.* Bir enzim-substrat kompleksinin oluşması ve tepkimenin meydana gelmesi için gerekli zaman çok kısadır. **Enzimler çok hızlı çalışırlar.** Tek bir enzim molekülü, her bir saniyede binlerce substrat tepkimesini katalizleyebilir. Örneğin, hücresel solunum sonucu zehirli bir molekül olan hidrojen peroksit ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) oluşur. Karaciğer hücrelerinde katalaz enziminin varlığında saniyede beş milyon  $\text{H}_2\text{O}_2$ , su oksijene yıkılabilir. Katalaz enziminin yokluğunda aynı miktarda  $\text{H}_2\text{O}_2$ 'nin yıkımı üç yüz yıl alır. Bu yüzden, herhangi bir enzimin, belirli bir anda sadece küçük bir miktarının hücre içinde bulunmasına gereksinim duyulur.



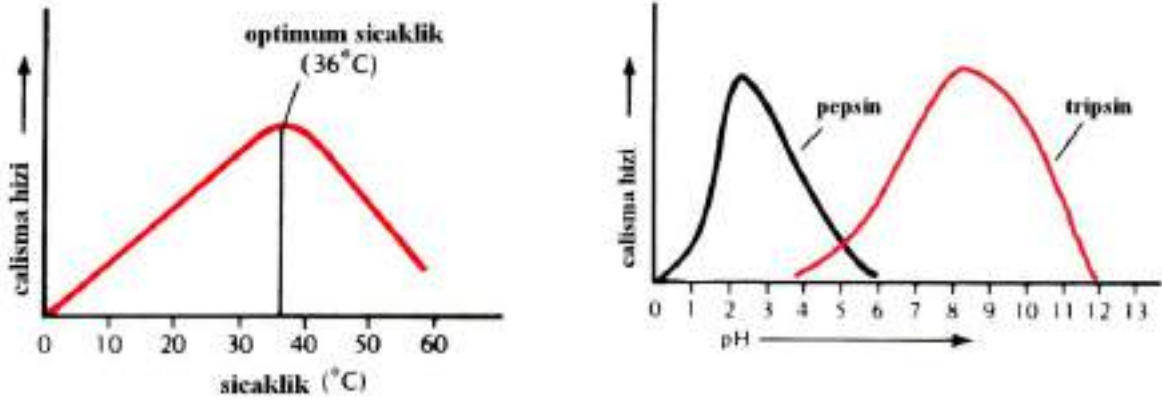
*Enzimler, hücre tepkimelerinin uygun sıcaklıklarda yürütülmesine olanak verir.* Olağan sıcaklıklarda çok yavaş oluşan pek çok kimyasal tepkime, sıcaklığın artırılması ile hızlandırılabilir. Ancak, yüksek sıcaklıklar canlı hücreleri yok edebilir. Enzimler, yüksek sıcaklıklara gerek olmadan hücredeki tepkimeleri hızlandırabilir.

*Enzimler belirli sıcaklıklarda en iyi çalışırlar.* Enzim faaliyeti, substratları enzimle temasa getiren, moleküllerin rasgele hareketine bağlıdır. Bu rasgele hareket, sıcaklık yükseldikçe artar. Eğer sıcaklık düşerse, enzim-substrat kompleksinin oluşum oranı

düşük olacaktır (Şekil 3-23). Bu yüzden, enzimin etkisi azalacaktır. Biraz daha yüksek sıcaklıklarda, kompleks daha hızlı bir oranda oluşacağından, enzim daha etkin olur. Ancak, daha da yüksek sıcaklıklarda, enzim proteini yıkılmaya başlar, bu işleme denaturasyon denir. Enzim molekülünün şekli değişir, aktif yeri artık substrat molekülüne bağlanamaz ve etkinliğini yitirir. Bu yüzden, enzim etkinliğinin en yüksek olduğu belirli bir sıcaklık -optimum sıcaklık- vardır. Canlı hücrelerde enzimler için optimum sıcaklıklar, çoğunlukla doğal hücre sıcaklığına yakındır.

*Her enzim belirli bir pH 'da en iyi çalışır.* Bir enzimin etkinliği çevre ortamın pH 'sına bağlıdır (Şekil 3-24). Örneğin, insan midesinin içeriğinin pH 'sı az asittir. Midede, proteinlerin sindirimini başlatan pepsin enzimi bu pH düzeyinde en çok etkilidir. Bağırsak pH 'sı az baziktir. Burada proteinlerin sindirimini devam ettiren tripsin enzimi en iyi çalışır.

*Bir enzimin denetlediği tepkimenin oranı, enzim ve substratın konsantrasyonlarına bağlıdır.* Eğer nispeten az enzim varsa, belirli bir sürede etki edeceği substrat molekülü sayısı sınırlıdır. Enzim miktarının artması, meydana gelecek tepkime ürünlerinin oranını arttıracaktır (Şekil 3-25). Bununla birlikte, bütün substrat molekülleri faal hale getirildiğinde, enzim konsantrasyonunun biraz daha arttırılmasının son ürün üzerinde çok az veya hiç etkisi olmayacaktır. Aynı şekilde, tüm enzim ve substrat moleküllerinin tepkimedede oldukları anda, daha fazla substratın katılmasının da ürün oranı üzerinde etkisi olmayacaktır (Şekil 26).



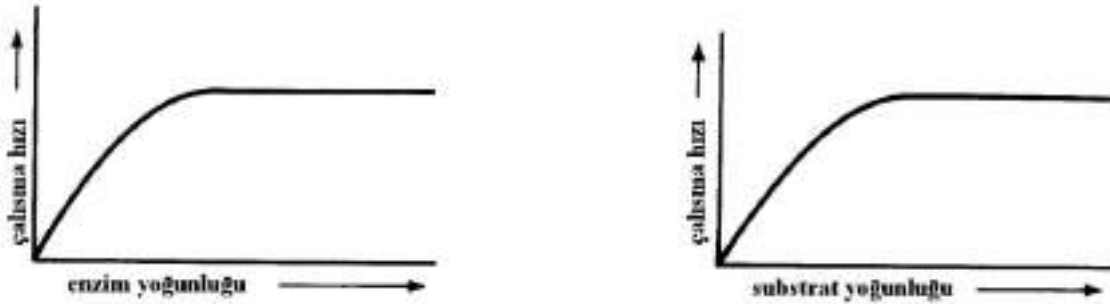
**Şekil 3-23. ve 3-24. Sıcaklık ve pH'nın enzim çalışma hızına etkisi**

Enzimler substratı dış yüzeylerinden başlayarak etkiler. Substrat yüzey alanı arttıkça enzim etkinliği de artar ve tepkime hızlanır. Besinlerin mekanik olarak parçalanması enzimin etki edeceği yüzey alanını artırarak enzim etkinliğinin artmasına ve sindirimin daha kısa sürede tamamlanmasına neden olur.

Enzimlerin etkinlik gösterebilmeleri için ortamda belirli oranda suyun bulunması gerekir. Genellikle suyun derişiminin %15'in altında olduğu ortamlarda enzimler görev yapamazlar. Besinlerin kurutulularak saklanması ve reçel ve marmelatların bozulmadan kalabilmesi su içeriklerinin belirli oranın altında olması ile ilgilidir. Bu yollarla besinlerin su

içeriği %15'in altına düşürüldüğünden mikroorganizmaların bozulmaya neden olan enzimleri iş göremez. Böylece besinler uzun süre bozulmadan saklanabilir.

Enzimlerin etkinliğini arttıran maddelere aktivatör adı verilir. Aktivatör, kimyasal bir madde ya da başka bir enzim olabilir. Kalsiyum ve magnezyum gibi bazı iyonlar aktivatör maddelere örnektir. Enzim etkinliğini azaltan veya durduran maddelere inhibitör adı verilir. Siyanür, kurşun ve cıva gibi ağır metal iyonları inhibitör maddelerdir. **Bazı zehirler inhibitör olarak etki ederler.** Doğrudan enzimin aktif yerine bağlanarak enzim ile substratın birleşmesini engelleyen maddeler kompetatif inhibitörlerdir. Enzimin başka bir bölgesine bağlanarak aktif yerin şeklinin değişmesine ve enzimin substrata bağlanamamasına neden olan maddeler kompetatif olmayan inhibitörlerdir.



### Şekil 3-25, 26. Enzim ve Substrat Yoğunluğunun Enzimin Çalışma Hızına Etkileri

Bazı enzimler, görev yapmak için **koenzim** denilen maddelere gereksinim duyarlar. **Koenzimler**, enzimlerin katalitik işlevlerini yapmalarına olanak veren, **protein olmayan organik maddelerdir**. Bazı koenzimler enzim yapısına katılır. Diğerleri başka moleküllerdir. Enzim-substrat kompleksinin oluşması sırasında, koenzim tepkimeye yardım edecek şekilde değişmektedir. Koenzim, tepkimeden sonra orijinal şeklini yenilemektedir. Bazı vitaminlerin koenzim oldukları veya koenzimlerin hücre içinde onlardan yapıldığı için vücutta gerekli oldukları artık bilinmektedir.

Bazı enzimler hücre içinde işlev görür, diğer bazıları hücre dışında görev yapar. Bir canlı organizmadaki tüm enzimler, organizmanın hücreleri tarafından yapılır. Bu enzimlerin pek çoğu yapıldıkları hücre içinde kullanılır. Bunun yanında, bazı enzimler hücre dışındaki tepkimeleri katalizlemek için hücre dışına gönderilirler. İnsanın sindirim sisteminde üretilen bütün sindirim enzimleri bu çeşittir. Örneğin, pepsin mide duvarındaki salgı hücrelerinin içinde yapılır. Daha sonra hücreden dışarı salınır ve midedeki besinlere karıştırılır. Burada besinlerdeki proteinler daha sonra hücre zarından absorbe edilebilecek ve kan dolaşımına geçebilecek daha basit moleküllere parçalanır. Hücre dışı enzim faaliyetinin diğer bir örneği, mantarların sindirimidir.



### 3-18 Vitaminler

Temel besin maddelerinden olan vitaminler sağlıklı olmak için gereklidirler (Şekil 3-27). Küçük molekül yapısında olduklarından hücre zarından geçebilirler. Düzenleyici olarak görev yapan ve hastalıklara karşı vücut direncini arttıran organik moleküllerdir. Vitaminler koenzimdirler veya koenzimlere dönüştürülürler ve hücrelerde metabolik tepkimeleri katalizlemek için belirli enzimlerle birlikte işlev görürler. Belirli bir vitaminin eksikliği, besin yetersizliğinden kaynaklanan belirli bir hastalığın gelişmesine öncülük eder.



**Şekil 3-27. Vitaminler**

Bitkiler ihtiyaç duydukları vitaminleri sentezleyebilirler. Hayvanlar vitamin ihtiyaçlarını yedikleri besinlerden karşılarlar. Bazı vitaminler provitamin olarak alınıp karaciğer, bağırsak ya da deride, vücudun kullanabileceği vitaminlere dönüştürülür. Vitaminler hücre yapısına katılmazlar. Birçok vitamin koenzim olarak kullanıldığından, bazı vitaminlerin eksikliğinde belirli enzimler görev yapamaz. Buna bağlı olarak bazı metabolik aksaklıklar ve hastalıklar ortaya çıkar.

Vitaminlerin, en azından belirli miktarlarının vücut için gerekli olduğu saptanmıştır. Bunun yanında, daha yüksek günlük dozların sağlık için daha yararlı olabildiği savı da bir tartışma başlatmıştır. ABD 'de Besin ve İlaç İdaresi (FDA) her bir vitamin için "önerilen günlük bir değer" belirlemiştir. Belirlenen bu miktarlar, normal bir insanda vitamin eksikliğinden bir hastalığın doğmasını önleyecek kadardır.

Diğer yandan, bazı beslenme uzmanları FDA'nın bu değerlerini çok düşük bulmaktadırlar. Hatta vitaminlerin daha yüksek düzeylerinin güvenli olduğu kadar, yararlı olduğunu da savunmaktadırlar. Diğer bir grup beslenme uzmanı, vitamin tedavisinin-bir

veya daha çok vitaminin yüksek dozları verilerek- vücut için çok çeşitli yararlar sağladığına inanmaktadır.

Ancak, vitaminlerin küçük dozlarının yararlı olduğu yerde, büyük dozlarının daha da yararlı olacağı, mutlaka doğru kabul edilmemektedir. Bazı vitaminler (**B** vitaminleri ve **C** vitamini) suda çözünür. Bu vitaminler yüksek dozlarda alındıklarında, fazlalıkları böbrekler tarafından vücuttan atılır. Vitamin terapistleri, suda çözünen vitaminlerin, fazlalıkları vücuttan atılabildiği sürece herhangi bir miktarlarının güvenli olduğunu savunmaktadırlar. Bu, **B** vitaminleri ( $B_1$ ,  $B_2$ ,  $B_3=PP$ ,  $B_5$ ,  $B_6$ ,  $B_7$ ,  $B_9$ ,  $B_{12}$ ) için doğru olabilir, ancak **C** vitamininin yüksek doz fazlalığının vücuttan atılabilmesinden önce bazı hastalık etkileri meydana getirdiğinin bir hayli kanıtları vardır.

**A**, **D**, **E** ve **K** vitaminleri yağda çözünürler. Yağda çözünen vitaminlerin fazlalıkları vücuttan basit şekilde atılmazlar. Aksine, yağ dokularında depolanır ve toksik düzeylere kadar biriktirilebilirler. **A** vitamini fazlalığı baş ağrılarına, mide bulantısına, ishal ve bitkinliğe neden olabilir. Sürekli yüksek dozlar beyin omurilik sıvısında basıncın artmasına ve beynin zarar görmesine neden olabilmektedir. İleri dozlarda **D** vitamini çocuklarda gelişmenin yavaşlamasına ve kalsiyum birikimine, yetişkinlerde ise çok ciddi böbrek hasarlarına neden olabilmektedir. Bazı araştırmacılar, herhangi bir miktarı zararlı görülen çok yüksek dozlardaki **E** vitamininin kanın pıhtılaşmasını kapsayan toksik etkilere de sahip olabildiğini kabul etmektedirler.

Sonuçta, sağlıklı kalmak için yüksek dozlarda vitaminler almamız gerekiyor mu sorusuna, pek çok hekim ve beslenme uzmanı, iyi ve dengeli beslenmenin, ihtiyacımız olan tüm vitaminleri sağladığı karşılığını vermektedirler. Dengeli besin alınmadığında, FDA'nın vitamin düzeylerini içeren günlük vitamin desteği önermektedirler. Bazı uzmanların, belli vitaminlerin yüksek dozlarının, iyi beslenen sağlıklı insanların durumu gibi yararlı olabileceği şeklindeki beyanları şüpheli bulunmaktadır. Suda çözünenler dahil, vitaminlerin böyle yüksek dozları zararlı olabilmektedir.

## ÇEKİRDEK ASİTLERİ

### 3-19 DNA ve RNA'nın Yapısı

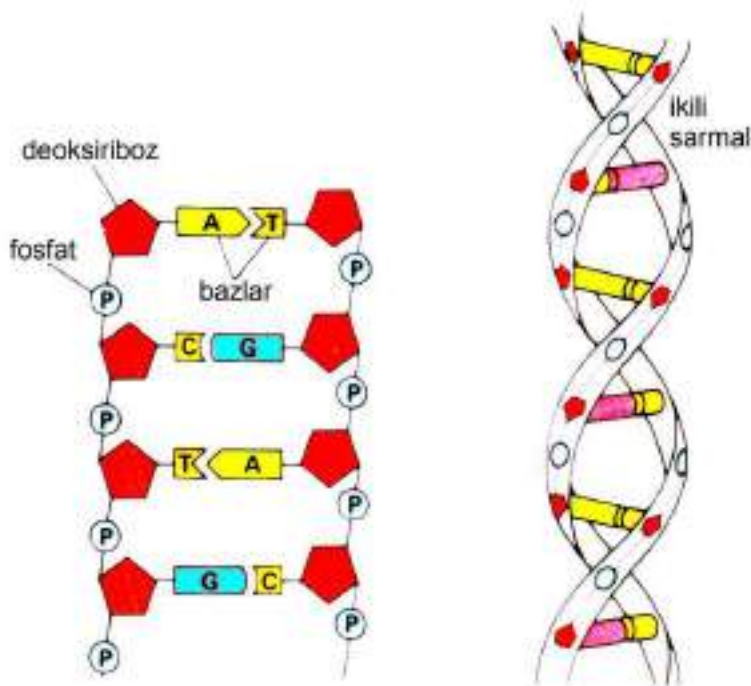
İki çeşit çekirdek asidi vardır. Birincisi **DNA**, *deoksiribonükleik asit*, diğeri **RNA**, *ribonükleik asit*dir. Bu maddeler ilk olarak nükleus (çekirdek) adı verilen hücre kısmında bulunmuştur. Genel adları da buradan gelmektedir. DNA üreme sırasında bir dölden bir sonrakine aktarılan kalıtsal materyaldir. RNA ile birlikte çalışarak, bir organizmanın tüm hücrelerindeki gelişme ve faaliyetleri yönetir ve denetler. Bunun hangi yolla yapıldığı ileride ele alınacaktır.

Bir nükleik asit molekülünün genel yapısı, tekrarlanan birimlerin çok uzun bir zinciridir. Zincirin omurgası, bir biri ardına gelen iki kimyasal birimden meydana gelir. Bu birimlerden biri, 5-karbonlu şeker (DNA 'da deoksiriboz, RNA 'da riboz)'dir. Diğeri ise fosfat grubu,  $PO_4^-$  'dur. İnsan hücrelerinde, bir tek DNA molekülü, bu birimlerden 3 milyar kadarına sahip olabilir.

Zincirin bir tarafı boyunca, şeker gruplarına ilişik, azotlu bazlar denilen kimyasal gruplar bulunur. DNA 'da zincire bağlanabilen yalnızca dört ayrı baz vardır. Bunlar adenin, timin, sitozin ve guanin'dir. Amino asitlerin bir polipeptit zincirde herhangi bir ardılılıkta sıralandığı gibi, bu dört çeşit baz DNA molekülü boyunca herhangi bir düzende ilişik olabilirler.

Bir DNA molekülü, ters zincirleri birbirine bağlayan bazların bulunduğu yan yana iki zincirden meydana gelir. Bu bağlanmada, bir adenin her zaman bir timine ve bir sitozin her zaman bir guanin'e bağlıdır (Şekil 3-28). Molekülün tamamı iki katlı heliks denilen sarmal şekildedir. İki katlı heliks kendi etrafında pek çok defa sarmal yapmıştır. Bir insan DNA molekülü düz bir hat boyunca uzatıldığında yaklaşık 4 cm uzunlukta olabilmektedir. Tekrarlanan sarmallarla hücre içerisindeki çok küçük yapılara uyabilmektedir.

Bir RNA molekülü kimyasal bileşimi bakımından DNA 'ya benzer, fakat belirli farklılıkları vardır. RNA molekülü bazların sadece bir zincirinden, ya da örgünün bir kolundan ibarettir. RNA 'daki şeker, deoksiriboz değil, riboz'dur ve timin bazının yerini urasil almıştır. RNA protein sentezine katılmaktadır.



**Şekil 3-28. DNA Molekülü**

# 4 HÜCRE

## HÜCRENİN YAPISI VE İŞLEVLERİ

### 4-1 Hücre Teorisini Özeti

Bütün canlılar hücre adı verilen küçük bağımsız birimlerden yapılmıştır. Bazı organizmalar sadece bir hücreden ibarettir. Diğerler bazıları milyarlarca hücre içerir. Kısaca, her durumda, organizmanın canlılık işlemleri doğrudan doğruya onun hücreleri tarafından yürütülmektedir. Canlılardaki işleyişi anlamak için, önce hücre içinde olanları anlamak gerekir.

**Hücre teorisi** olarak adlandırılan düşünceler şunlardır:

1. *Bütün organizmalar bir veya daha fazla hücreden ve bu hücrelerin ürünlerinden meydana gelir.* Bir organizma bir tek hücre olabilir. Bunun örnekleri amip, paramesyum ve bakterilerdir. Çok hücreli organizmalarda, hücreler tarafından yapılan hücreler arası materyal bulunabilir.
2. *Bütün hücreler canlılık işlemlerini kendileri yürütürler.* Çok hücreli bir organizmanın canlılık işlemleri, ayrı hücrelerin etkinliklerinin toplam sonucudur.
3. *Yeni hücreler, hücre bölünmesi ya da üreme işlemi ile ancak diğer canlı hücrelerden oluşabilirler.* Çok hücreli bir organizmanın üremesi, belirli hücrelerinin üremesi ile yerine getirilir.

### 4-2 Hücrelerin Genel Özellikleri

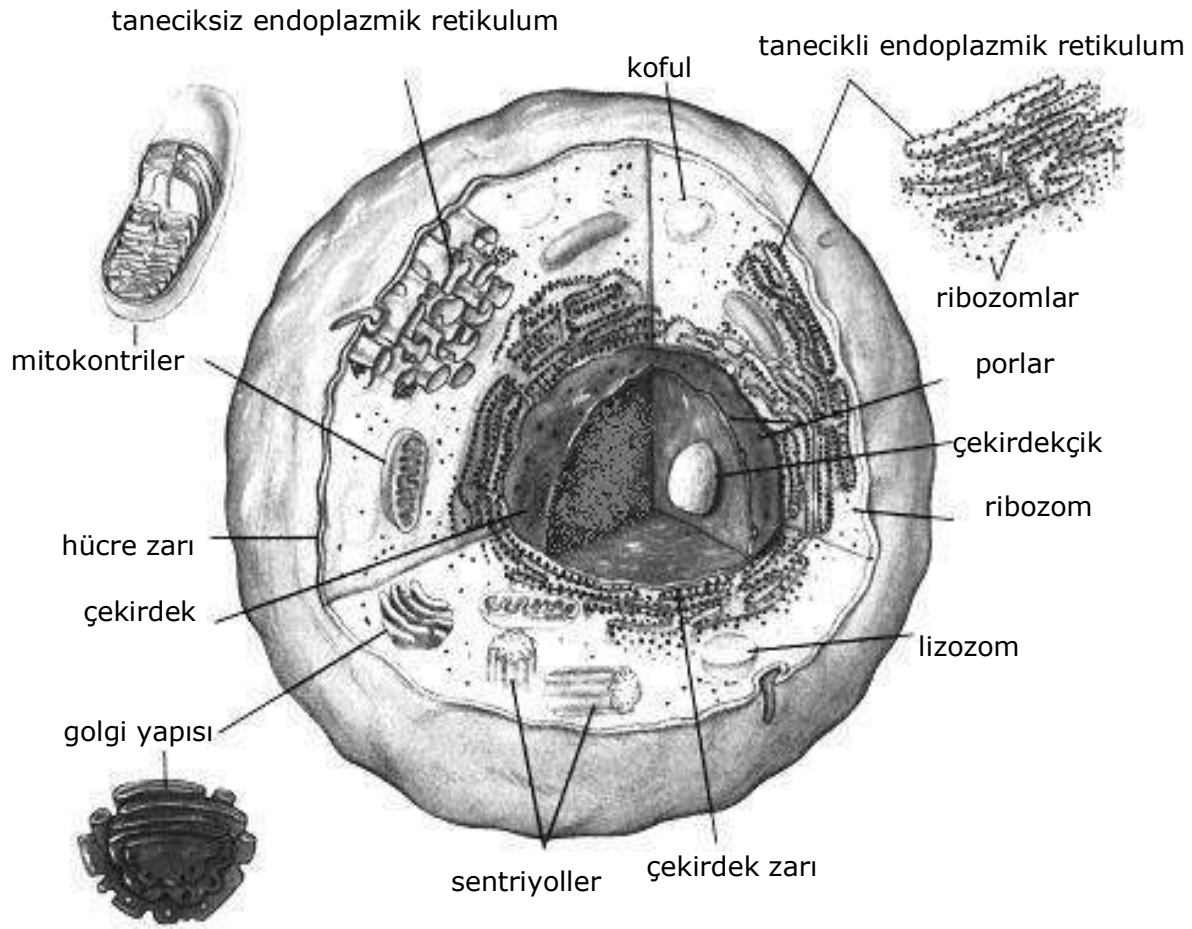
Canlılık için gerekli bütün işlemler hücreler tarafından yürütülür. Ayrıca, çok hücreli organizmaların hücreleri, genellikle belirli işlevler görmek üzere çok özelleşmiştir. Mesajları taşıyabilen sinir hücreleri, kasılabilen kas hücreleri, belirli maddeleri üretebilen salgıbezi hücreleri gibi çeşitleri mevcuttur. Bir hayvan hücresinin genel yapısı [Şekil 4-1'de](#) gösterilmiştir.

Hücreler, içyapıları kadar büyüklük ve şekil bakımından da değişiktir. Hücrelerin çapı, çoğunlukla 10 ile 30 mikron arasındadır. Diğer yandan, tavuk yumurta hücreleri uçtan uca 6 cm olabilmekte ve bazı sinir hücreleri 1 metreden uzun uzantılara sahip olabilmektedir.

Bütün hücreler, hücre içeriğini çevresinden ayıran bir hücre zarı ile kuşatılmıştır. Bakteriler ve mavi-yeşil algler dışında, bütün hücreler zarla sınırlı bir çekirdek içerirler. Hücre zarı ile çekirdek arasındaki boşluğu dolduran akıcı materyale **sitoplazma** denir.

Bitkilerin ve çeşitli mikroorganizmaların hücreleri, hücre zarının dış tarafındaki bükülmez bir hücre duvarı ile çevrilidir. Hücre duvarı, hücreye şeklini verir ve mekanik koruma da sağlar. Bitkilerde **hücre çeperi** adı verilen bu duvar çoğunlukla selülozdan

meydana gelmiştir. Diğer organizmalarda başka bileşikler içerebilir. Hayvan hücrelerinin hücre duvarı yoktur.



**Şekil 4-1. Bir Hayvan Hücresinin Genel Yapısı**

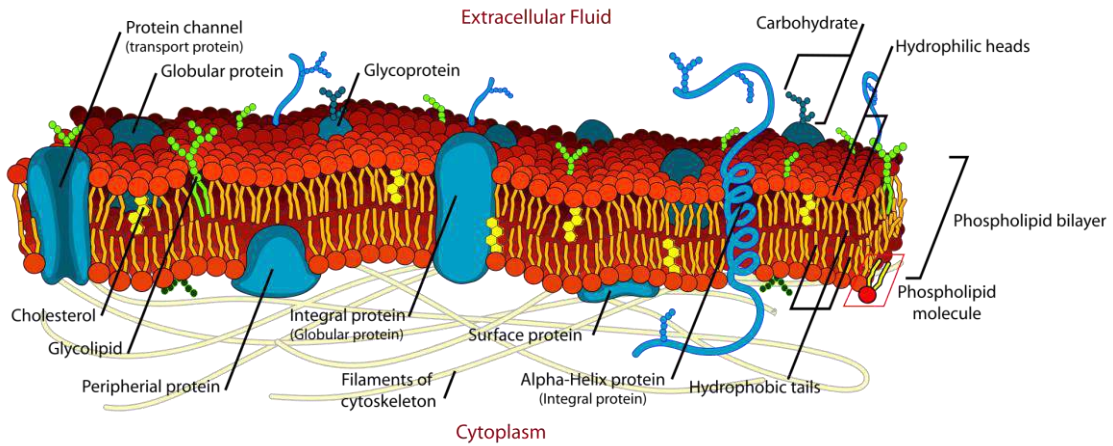
### 4-3 Hücre Zarı

Hücre ya da plazma zarı, hücreyi, onu kuşatan çevreden ayırır. Hücreye giren ve çıkan materyallerin hareketini denetleyerek, hücre içeriğinin kimyasal olarak çevreden farklı olmasını sağlar. Homeostasis'i sürdürmek için, hücrenin iç koşullarını korumak da onun işlevidir.

**Hücre zarının geçirgenliği.** Hücre zarı seçici geçirgen ya da yarı geçirgendir. Şöyle ki, bazı maddeler içinden serbestçe geçer. Diğer maddeler sadece çok az bir kapsamda ve yalnız belirli zamanlarda geçebilirler. Diğer bazı maddeler ise, bu zardan asla geçemezler. Seçici geçirgenliğinden dolayı, hücre zarı, hücrenin kimyasal bileşimini düzenler. Zarın yarı geçirgen yapısı moleküllerinin kimyasal ve elektriksel özelliklerinin sonucudur. Hücre zarından materyallerin geçişi bu bölümün sonunda tartışılacaktır.

**Hücre zarının yapısı.** Hücre zarı asıl bileşenler olan lipidler ve proteinler ile karbonhidratlardan meydana gelen iki katmanlı bir yapıdır. Bu iki katman, lipidler ve onların içine gömülü olan proteinlerdir (Şekil 4-2). Zarda en fazla bulunan lipitler,

fosfolipitlerdir. Hücre zarının yapısını açıklayan en geçerli model akıcı mozaik zar modelidir. Bu modele göre fosfolipitler iki sıralı olup hareket halindedir. Proteinlerin bazıları, iki katlı zarın dıştaki, bazıları içteki yüzündedir ve bazıları da iki katman arasında uzanarak zardan taşar. Hücre zarının elektron mikroskopisinde ortada ince bir katman görünür. Bu orta katman lipid moleküllerinin son kısımlarından meydana gelir. Fosfolipitlerin kuyruk kısımları, molekülün geri kalan kısmından kimyasal olarak farklıdır. Farklı boyalı olduklarından, bir orta katman görünüşü meydana getirirler. Fosfolipitlerin hidrofilik baş kısımları su ile temas ederken, hidrofobik kuyruk kısımları su ile temasta değildir. Bu nedenle iki fosfolipit katmanı arasında su yoktur.



**Şekil 4-2. Hücre Zarının Yapısı**

Zar proteinlerinin, zardan madde geçişinin denetlenmesinde önemli oldukları kabul edilmektedir. Bazı hücrelerde zar proteinleri, çeşitli iyonların hücre içine ve dışına pompalanmasına katılır. Sinir hücrelerinde, hücre zarları boyunca ileti ya da impulsların iletimine katılırlar. Karbonhidratlar proteinlere bağlanarak glikoproteinleri, lipitlere bağlanarak glikolipitleri oluşturur. Glikoproteinler hücrelerin birbirini tanımasında, hücre zarının seçici geçirgenliğinde ve hormonların tanınmasında görev alır.

Hücre zarındaki glikoprotein ve glikolipit moleküllerinin farklı dağılımı ve sayısı hücrenin özgünlüğünü sağlar. Bu nedenle farklı canlıların hücre zarları farklı yapıda olduğu gibi, aynı canlının farklı dokularında bulunan hücrelerin zarları da farklı yapıda olabilir. Örneğin hipofiz bezinin ürettiği tiroit uyarıcı hormonu (TSH), kanla tüm vücuda dağıldığı halde sadece, tiroksin hormonu salgılayan tiroit bezindeki hücrelerin zarlarındaki reseptörler tarafından tanınır.

#### 4-4 Çekirdek

Hücre çekirdeği, **nükleus** (çoğul, nuclei) iki kat bir zarla çevrili, yuvarlak, yoğun bir yapıdır. Çekirdek, hücre metabolizması ve üremesinin idare merkezi olarak hizmet görür. Yerinden çıkarılırsa hücre ölür.

Çekirdek zarı, hücre zarı gibi, seçici geçirgendir. Hücre zarından farklı, çekirdek zarı iki kat bir zardır ve elektron mikroskopisinde görülebilecek iyice ayrılmış porları vardır. Porlar belirli maddelerin nükleus içine giriş ve çıkışını denetler. Çekirdek zarının seçici geçirgenliği çekirdek içeriği, nükleoplazmanın, hücrenin diğer kısmından kimyasal olarak farklı kalmasına izin verir.

Çekirdek içinde bir veya daha fazla çekirdekçikler, **nucleoli** (tekil, nucleolus) vardır. Bunlar hücre bölünmesinin başında kaybolan ve sonunda yeniden beliren yoğun, granüler yapılardır. DNA, RNA ve proteinden yapılırlar. Çekirdekçikler ribozomların üretilme yerleridir.

Hücre bölünmeleri arasındaki dönemler süresince, çekirdek plazmasının çoğu kromatin'den ibarettir. *Kromatin*, uzun, çok ince lifler şeklinde *kromozom* materyalidir. Hücre bölünmesi sırasında, kromatin iplikçikleri sarılarak kısalır ve ayrı kromozomlar olarak açıkça görülebilecek kadar kalınlaşır. Kromozomlar hücrenin kalıtsal materyalini içerirler. Çekirdekçikler yoğunlukla özel bir kromozomun belirli bir yerinde meydana gelirler. Bu alana *nucleolar organizier* denir.

#### 4-5 Sitoplazma

Hücre zarı ile çekirdek arasında, hücre içindeki tüm materyaller **sitoplazma**dır. Sitoplazma, hücre metabolizmasına katılan pek çok maddenin çözüldüğü sulu bir materyaldir. Hücre metabolizmasının kimyasal tepkimelerinin pek çoğu, sitoplazma içinde meydana gelir. **Organeler** denilen bir çeşit özelleşmiş yapılar da sitoplazmada bulunur (Şekil 4-3). Her çeşit organel hücre metabolizmasında özel bir işlevi yürütür.

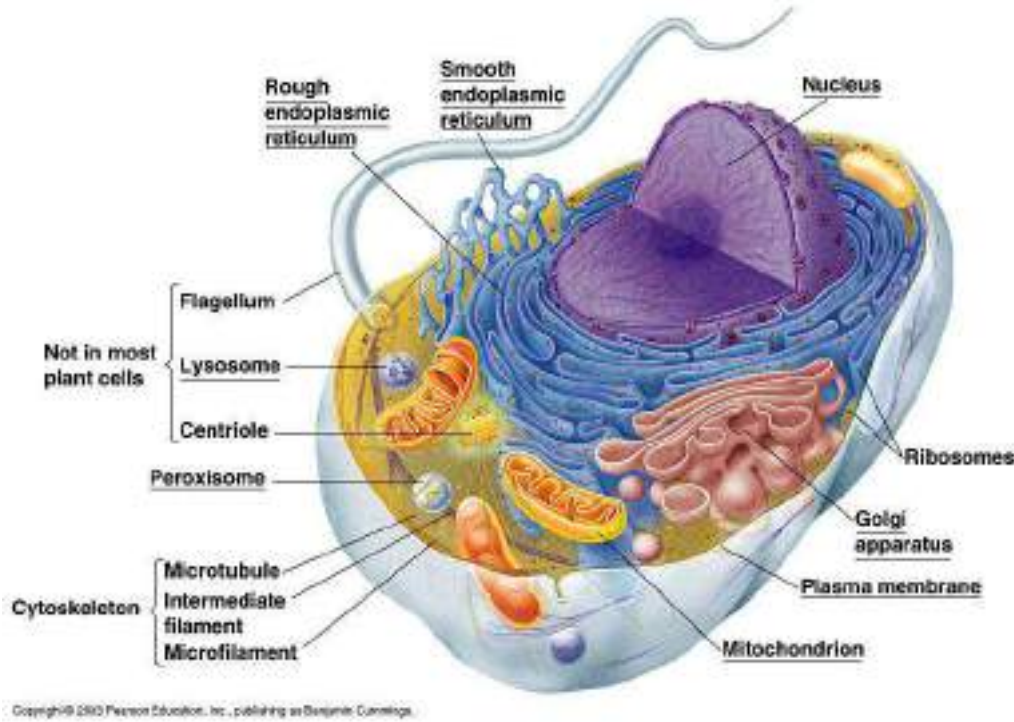
#### 4-6 Endoplazmik Retikulum ve Ribozomlar

**Endoplazmik retikulum**, akışkan dolu kanallar veya zarlarla kuşatılmış kanallar sisteminden meydana gelmiştir. Endoplazmik retikulumun kanalları, hücre içinde materyallerin taşınması için bir yol olarak hizmet görür. Ağ örgüsünün zarları, pek çok biyokimyasal tepkimenin meydana geldiği geniş bir yüzey alanı sağlar. Ayrıca, endoplazmik retikulum hücreyi, bir takım kimyasal tepkimelerin aynı anda yürütmesine olanak veren bölmelere ayırır veya böler.

Endoplazmik retikulumun zarları, hücre zarı ve çekirdek zarına benzer yapıdadır. Endoplazmik retikulum zarları, gözleendiği yerlerde çekirdek zarının dış kısmına kadar süreklidir. Elektron mikroskopisinde endoplazmik retikulumun pürüzlü veya düzgün bir görünüme sahiptir. Pürüzlü endoplazmik retikulumda, zarların dış yüzeylerine ribozom denilen küçük tanecikler dizilidir. Ribozomlar, zara, tanecikli (granüllü) bir görünüş verir. Pürüzsüz endoplazmik retikulumda ribozomlar yoktur.

**Ribozomlar**, hücrede protein sentez yerleridir. Ribozomlar, sitoplazmada serbest olarak ve endoplazmik retikulumun zarlarına dizili olarak bulunur. Hücre dışına gönderilecek proteinlerin sentezine katılan hücrelerde, ribozomların başlıca bağlanma

yeri, endoplazmik retikulumun zarlarıdır. Bu proteinler, kendilerini hücre zarına ve hücrenin dışına taşıyan bu zarların arasından kanalların içine geçerler. Protein sentezi ürünlerinin hücre içinde kullanılacağı yerlerde, ribozomlar genellikle sitoplazma içinde serbest olarak bulunurlar. Serbest ribozomlarda sentezlenen proteinler, çoğunlukla hücre sitoplazmasında görev yapan enzimlerdir.



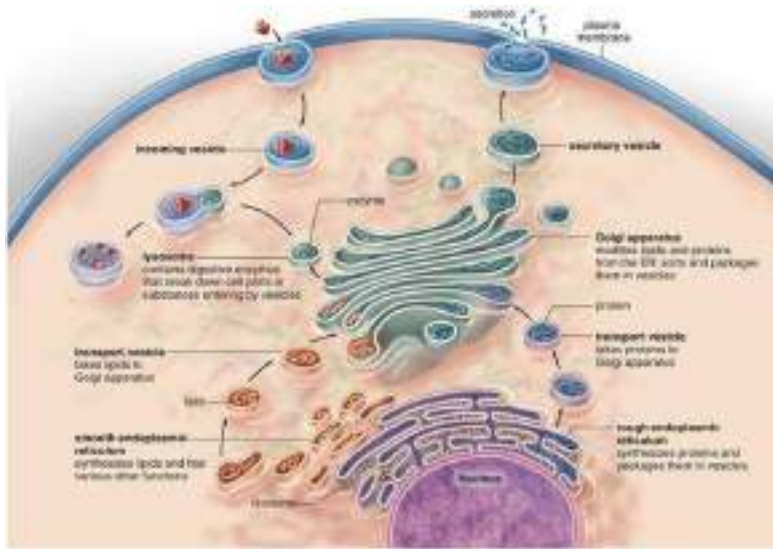
**Şekil 4-3. Genel hücre organelleri, endoplazmik retikulum ve ribozomlar**

#### **4-7 Golgi Aygıtı**

Golgi yapıları, yassı kesecikler ve küçücük küresel torbacıklar veya kabarcıklardan ibaret bir zar yığınının meydana gelmiştir. Golgi yapıları, hücrenin salgısal ürünlerini işleyen, hazırlayan ve depolayan merkezler olarak hizmet görürler. Hayvan hücrelerinin, çoğunlukla çekirdeğin yakınına yerleşmiş, yalnız bir Golgi aygıtı bulunur. Bitki hücrelerinin birkaç yüz Golgi yapısı bulunabilir.

Araştırmalarda, Golgi yapısı ile endoplazmik retikulum arasında ilişkiler saptanmıştır. Endoplazmik retikuluma bağlı ribozomlarda sentezlenen proteinlerin endoplazmik retikulumun kanallarından Golgi yapılarına geçtiklerinin kanıtı vardır. Öyle ki, endoplazmik retikulum üzerinde sentezlenen protein, bazı birimlerin eklenmesiyle bu keseciklerde toplanır. Kesecikler, zarlarının eriyip hücre zarı ile kaynaştığı hücre yüzeyine göç ederler. Kesecik içindeki materyaller daha sonra hücre dışına verilirler. Proteinlerden başka hücre salgı ürünleri de Golgi yapısında toplanabilir (şekil 4-4). Bitki hücrelerinde, Golgi yapıları hücre duvarı materyalinin bir araya getirilmesi ile ilgili oldukları düşünülmektedir.

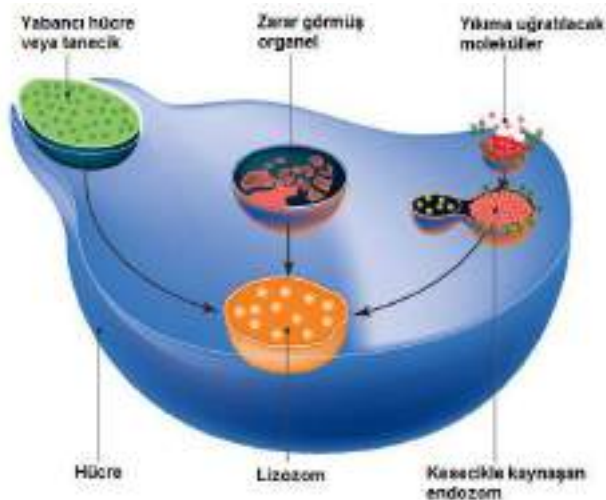




**Şekil 4-4. Golgi aygıtının görevleri**

#### 4-8 Lizozomlar

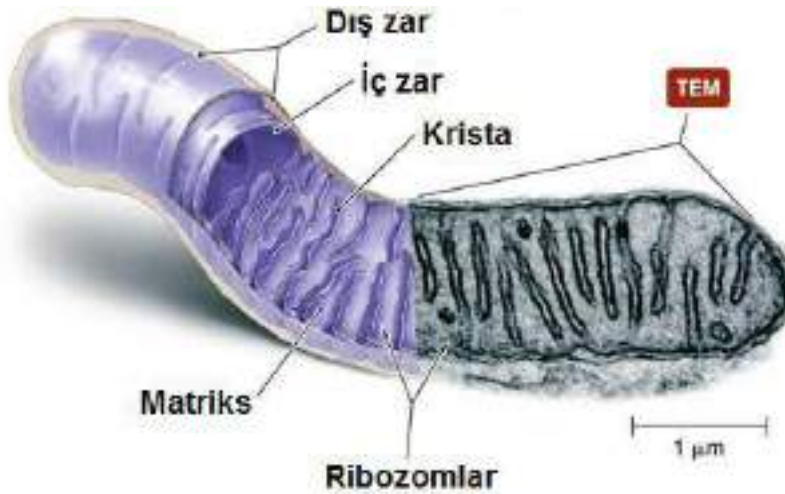
Lizozomlar tek bir zarla çevrilmiş, küçük kesecik şeklinde yapılardır. Bu organeller kuvvetli sindirici ya da hidrolitik enzimler içerirler. Lizozomların Golgi yapıları tarafından meydana getirildiği düşünülmektedir. Pek çok hayvan hücresinde ve bazı bitki hücrelerinde bulunurlar. Birhücreli organizmalarda, lizozomlar hücre içinde besinlerin sindirimine katılırlar. Çok hücreli organizmalarda, lizozomlar farklı bazı işlevleri yerine getirirler (Şekil 4-5). Çok eskimiş hücre organellerini parçalarlar. Bazı hayvanlarda vücudu hastalıklara karşı savunan yapıların parçasıdırlar. Lizozomlar, hastalık etmeni bakterileri fagositoz ile yutan beyaz kan hücrelerinde bulunurlar. Akyuvarlar içindeki lizozomlar bakterileri yıkarak etkisiz hale getirirler. Lizozomlar gelişme ile ilgili bazı işlemlere de katılırlar. Örneğin, larvadan (iribaş) ergine bir kurbağa gelişirken, kuyruğunu kaybeder. Lizozomların kuyruğun sindirimi ve emilimi ile ilgileri vardır.



**Şekil 4-5. Lizozomun bazı işlevleri**

## 4-9 Mitokondriler

Mitokondriler (tekil, mitochondrion) iki zarla çevrili, yuvarlak veya terlik şeklinde organellerdir (Şekil 4-6). İçteki zar, mitokondrinin içinde uzanan tarak şeklindeki kıvrımları, **krista**'ları (cristae) yapan çok katlar meydana getirir. Tüp şeklinde olan kıvrımlara borucuk anlamına **tubulus** denir. Mitokondrilerin kristaları pek çok biyokimyasal tepkimenin meydana geldiği çok geniş bir yüzey alanı sağlar. İçteki zarın kıvrımları elektron taşıma sisteminin enzimlerini; aradaki sıvı kısmı **matriks** ise mitokondri içine giren maddeleri parçalayacak enzimleri taşır. Kas hücreleri gibi çok enerji kullanan etkin hücreler büyük miktarlarda mitokondriler içerirler. Çünkü hücrenin ihtiyacı olan enerjinin çoğu mitokondrilerde açığa çıkarılır, bu organelle çoğunlukla hücrenin enerji santrali denir. Mitokondrilerde veya hücrenin başka yerinde besinlerden enerji açığa çıkarılması işlemine **hücre solunumu** adı verilir. Faaliyetlerine bağlı olarak, tipik hücreler 300 ile 800 arasında mitokondriler içerirler. Hücre içinde mitokondriler, tek başına veya gruplar halinde yürüyen çoğunlukla hareket halindedirler. Bazen hücrenin en fazla enerjiye gereksinme gösteren noktalarında sürekli olarak toplanırlar. Hücre içinde özel yerlerde de bulunabilirler. Örneğin, kas hücrelerinde, mitokondriler kas hücrelerinin kasılmasına neden olan lifler üzerinde bulunabilir. Mitokondriler kendi DNA 'larını içerirler ve kendi kendilerini kopyalama yeteneğindedirler.



**Şekil 4-6. Mitokondrium**

Mitokondrinin içerisindeki sıvı ve zar ortamı kimyasal tepkimelerde önemli rol oynar. Hücrenin oksijenli solunum merkezidir. Yakıt maddesi olarak kullanılan karbonhidratlar, yağlar ve proteinler, mitokondrinin dışında bulunan enzimlerle daha küçük parçalara ayrılır. Yani karbonhidratlar pürvik asit, proteinler amino asit, yağlar yağ asidi şeklinde mitokondriye girerek ortama katılır. Buradaki enzimler, bu molekülleri daha küçük moleküllere parçalar. Bu olayda oksijen etkili rol oynadığından, bu tepkimelere **oksidasyon** denir. Meydana gelen son ürünler  $\text{CO}_2$  ve  $\text{H}_2\text{O}$  'dur. Bu arada enerji açığa

çıkar. Enerji serbest hale geçmez, kimyasal bağ halinde, daha doğrusu enerji bağı halinde **adenozin trifosfat**, yani **ATP** de depo edilir. Sonra bu yoğun enerji paketleri hücrenin gereksinim olan kısımlarına taşınır.

#### 4-10 Mikrotubuluslar

Mikrotubuluslar uzun, oyuk, silindir şeklinde yapılardır. Hücreye şekil veren bir tür iskelet olarak hizmet gördükleri hücre sitoplazmasında bulunurlar. Sentriyolde, sillerde (cilia) ve flagellatlarda (flagella) bulunurlar ve hücre bölünmesi sırasında kromozomların hareketine de katılabilirler. Mikrotubuluslar **tubulin** denilen bir proteinden oluşmuşlardır. Bu proteinin molekülleri bir sarmalde almaşlı istiflenen iki alt birimden meydana gelir. Mikrotubule şeklini veren budur.

#### 4-11 Mikrofilamentler

Mikrofilamentler bazı hücre çeşitlerinde bulunan uzun, katı, lif şeklinde bağlardır. Çoğu **actin** proteininden oluşmuştur ve hücre hareketi ile ilişkilidirler. Mikrofilamentlerin, **cyclosis** veya **hücre akıntısı** olarak bilinen bir olay olan hücre içinde sitoplazmanın hareketi ile ilişki kuracak ve buna katılacak yetenekte oldukları düşünülmektedir. Mikrofilament faaliyeti iskelete ait kas hücrelerinde de bulunmakta ve kas kasılmasına katılmaktadır. Bazı mikrofilamentler actin'den yapılmamıştır ve hücreyi destekleyici yapılar olarak hizmet görürler.

#### 4-12 Sentriyoller

Hayvan hücrelerinde çekirdeğin yanında birbirlerine dik açılarla uzanan silindirik bir sentriyol çifti vardır. Her bir sentriyol, üçerli dokuz mikrotubulus grubu halkasından meydana gelir. Sentriyoller hayvan hücrelerinde hücre bölünmesine katılırlar. Bazı alglerde ve mantarlarda bulunurlar, fakat bitki hücrelerinde bulunmazlar. Sayıları çoğunlukla iki tanedir; bazı hücrelerde çok sayıda olabilirler. Sentriyoluna, etrafındaki sentroplazma ile birlikte **centrosoma** denir. Bölünme başlarken, kutup ipliklerinin (iğ ipliklerinin) merkezinde bulunduğu için **sentriyol** adını alır. Hücre bölünmesi sırasında sentriyol de ikiye bölünerek, her biri bir kutba gider ve aralarında oluşan iğ ipliklerine, çekirdek zarının dağılmasıyla ortaya çıkan kromozomlar takılır.

#### 4-13 Siller ve Flagellumlar

Siller (kirpikler) ve flagellumlar (kamçılar) hareket yetenekli saç benzeri organellerdir. Pek çok farklı çeşitteki hücrelerin yüzeyinden dışarı uzanırlar. Flagellumların sillerden daha uzun olması dışında yapıları aynıdır. Bir hücre yüzeyinde sadece birkaç flagella bulunur, fakat siller çoğunlukla hücre yüzeyinin tamamını kaplar. Bir hücreli organizmalarda, siller ve flagellalar hücre hareketine katılırlar. Daha kapsamlı olarak, çok

hücreli hayvanlarda, silli hücreler, maddeleri hücrelerin yüzeyinin üzerinde hareket ettirmek için görev yapar.

Siller ve flagellumlar **taban cisimleri** denilen yapılardan oluşurlar. Bir taban ciminin yapısı sentriyoldekine benzerdir. Siller ve flagellumlar taban cisimden çok az farklı yapıdadırlar. Dokuz çift mirotubuluslü bir halka ile halkanın merkezinde başka bir mikrotubulus çiftine sahiptirler.

#### 4-14 Kofullar

Kofullar (vacuoles) bir zarla kuşatılmış sıvı dolu organellerdeir. Bitki hücrelerinde bulunanlar, **hücre özsu** denilen sıvı ile doludur. Olgun bitki hücrelerinde, hücre içinin büyük kısmını kaplayan bir tek çok büyük bir koful bulunabilir. Pinositozla alınansu kesecikleri, bu kofula taşınarak şişkin durmasını ve dolayısıyla hücrenin diri kalmasını sağlar (Turgor). Çeşitli mikroorganizmalarda ve basit hayvanlarda, besinler, hücre içinde özel **besin kofullarında** sindirilir. Vücut içine girecek besin, zardan geçerken bir kesecik, koful zarı içerisine alınır. Makro moleküllerin yıkımını lizozomlar sağlar. Sindirilen besinler sıvı haldedir. Koful zarından difüzyonla sitoplazmaya geçerler. Bu organizmaların pek çoğu hücrenin biriktirdiği fazla suyun bulunduğu **kontraktıl kofullara** da sahiptir. Bu su belli aralıklarla hücreden doğrudan doğruya dış ortama atılır. Kofullar belirli hücre ürünlerinin depolandığı yerler olarak da hizmet görebilir.

## HÜCRE ZARLARINDAN MATERYALLERİN GEÇİŞİ

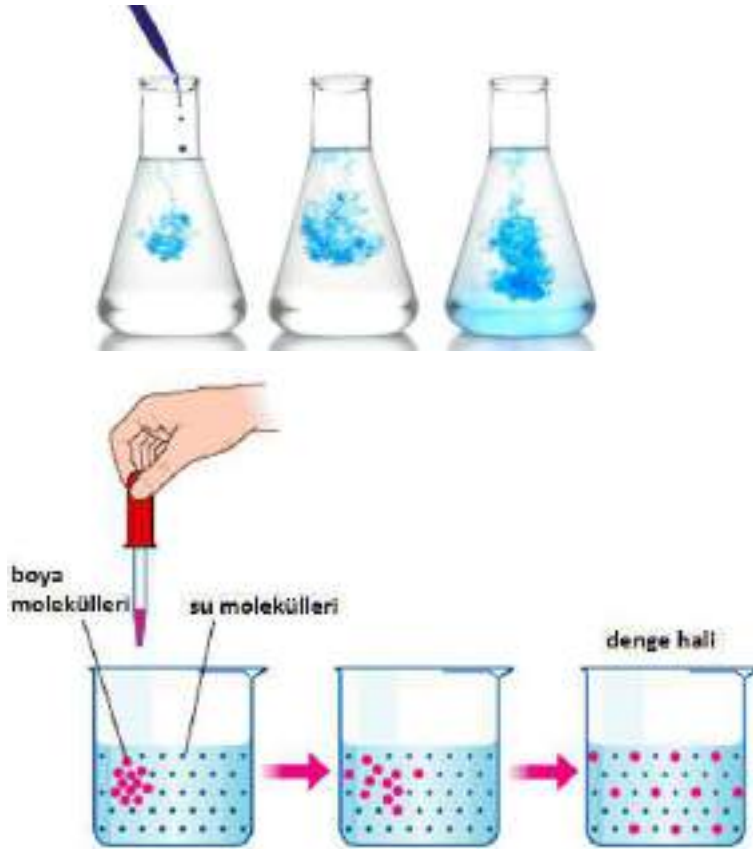
#### 4-15 Hücre zarının Seçici Geçirgenliği

Belirli madde çeşitleri hücre zarlarından diğerlerinden daha kolay geçerler. Örneğin, lipit molekülleri ile A, D, E, K vitaminleri gibi yağda çözünen maddeler ile alkol, eter ve kloroform gibi yağların çözüldüğü moleküller, hücre zarlarından daha kolay geçerler. Su, glikoz, aminoasitler, karbondioksit ve oksijen de hücre zarlarından serbestçe geçerler. Nişasta ve proteinler gibi büyük moleküller geçemezler. Elektriksel olarak nötr moleküller, hücrelere, elektrik yüklü iyonlardan daha kolay girer ve çıkarlar. Bunun yanında negatif yüklü iyonların giriş çıkışı pozitif iyonlara göre daha kolaydır. Ayrıca, hücre zarlarının belirli maddelere geçirgenliği, bir hücre çeşidinden diğerine değişir. Hatta aynı hücrede, geçirgenlik bir andan diğerine değişir. Böylece, belirli bir madde bir hücre çeşidinin zarlarından kolaylıkla geçebilirken diğerininkinden geçemez veya hücre zarından bir defa geçebilir, fakat başka zaman tutulur.

Maddelerin hücre zarlarından hareketinin bazı işleyişleri bu bölümde daha sonra açıklanacaktır. Bu işleyişleri değerlendirmeden önce, moleküllerin bir yerden diğerine nasıl hareket ettiklerini ve hareketlerinin yönünü neyin belirlediğini anlamak gerekir.

#### 4-16 Difüzyon

Gaz ve sıvı molekülleri, birbirlerine uzak ve dolayısıyla aralarındaki çekim kuvvetleri zayıf olduğu için, sürekli hareket ederler. Bu moleküller, diğer moleküllere veya buldukları kabın yüzeylerine çarpıncaya kadar düz hatlarla her yönde hareket ederler. Çarpışmalar onları yeni yönlerle gönderdiğinden, yolları zikzaklıdır. Bu hareketin bir sonucu olarak, bir maddenin molekülleri, daha yoğun oldukları bir ortamdan daha az yoğun oldukları ortamlara doğru yayılma eğilimindedirler (Şekil 4-7). Örneğin, bir bardak sıcak suyun dibine bir an kahve konulsa, önce dibe yakın yoğun bir kahve çözeltisi meydana gelecektir. Fakat, kahve molekülleri keme kademe sıvı içinde yukarıya doğru yayılacaktır. Benzer şekilde, bir parfüm şişesi bir odanın bir köşesinde açılırsa, parfüm molekülleri şişenin yakınında hava içinde buharlaşacaktır. Önce, koku sadece şişenin etrafında fark edilecektir. Daha sonra, koku odanın her tarafına yayılacaktır. Bu örneklerin her ikisi de difüzyon olayını açıklamaktadır. **Difüzyon**, molekül veya taneciklerin çok yoğun ortamdan az yoğun ortama hareketleridir. Difüzyon, ancak moleküllerin değişmez rasgele hareketleri sonucu meydana gelir.



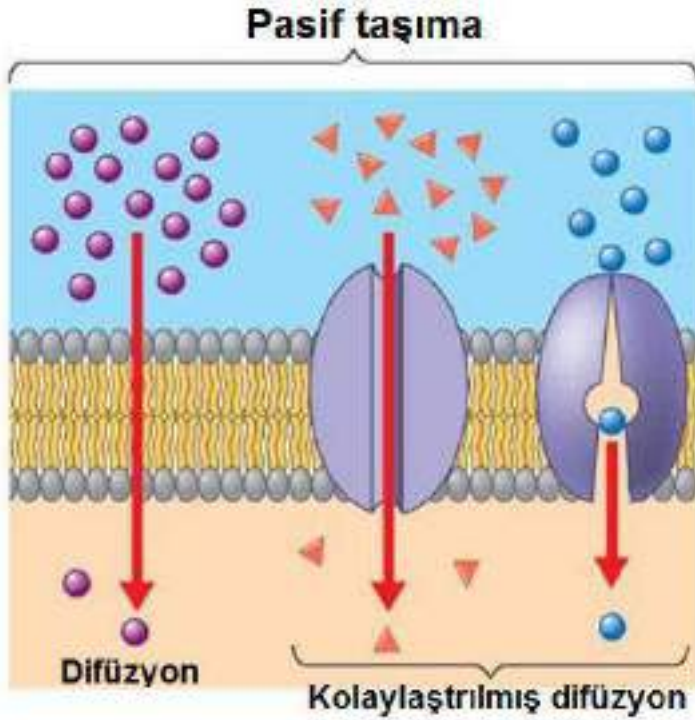
Şekil 4-7. Difüzyon

Çok yoğun bir ortamla daha az yoğun bir ortam arasındaki konsantrasyon farkına **konsantrasyon eğimi** denir. Difüzyon yalnızca bir konsantrasyon eğimi olduğunda meydana gelir. Difüzyonun bir sonucu olarak moleküller sonunda mevcut ortamda eşit olarak dağılmış olurlar. Bu noktada konsantrasyonda bundan başka değişme olmaz. Moleküller hala hareket halindedir, fakat belirli bir alanın dışına hareket eden moleküller kadar bu alana hareket eden moleküller vardır. Bu duruma **denge** denir. Sıcak su içindeki azıcık kahve örneğinde, bardaktaki her su damlası aynı miktarda kahve içerdiği zaman dengeye erişilir.

Difüzyon moleküllerin hücre içine ve dışına olan hareketinde önemlidir. Konsantrasyon eğimine bağlı olarak, belirli materyaller hücrelere girer veya çıkar. Şimdi, solunum sırasında oksijen kullanan ve karbondioksit üreten bir hücrede difüzyonun rolünü görelim.

Oksijen ve karbondioksitin her ikisi de, hücre içindeki çözeltide ve keza hücre zarı etrafındaki sıvı ortamda bulunmaktadır. Hücre, sitoplazmasında çözünmüş oksijeni kullandıkça, hücre içindeki oksijen konsantrasyonu azalacaktır. Hücre dışındaki konsantrasyon önce etkilenmeyecektir. Ancak hücre zarının diğer tarafından hücre içine doğru bir konsantrasyon eğimi gelişecektir. Sonuçta, hücre içine net bir oksijen difüzyonu olacaktır. Karbondioksit yönünden zıt bir durum gelişecektir. Hücre karbondioksit ürettikçe, dışarıdaki konsantrasyonu sabit kalırken hücre içindeki konsantrasyonu yükselecektir. Bu nedenle, hücre zarından diğer tarafa hücre dışına doğru karbondioksit için bir konsantrasyon eğimi gelişecektir. Hücre dışına net bir karbondioksit difüzyonu olacaktır. Eğer oksijen ve karbondioksitin konsantrasyon eğimleri yer değiştirmiş olsaydı, bu kez oksijen hücreden ayrılacak ve karbondioksit içeri girecekti. Kısaca, difüzyon işlemi, moleküllerin canlı hücrelere giriş ve çıkışında önemli bir rol oynamaktadır. Ayrıca, pek çok değişik maddenin hücre zarından aynı anda difüzyonla geçtiklerine dikkat çekmek gerekir.

Bazı moleküller, ancak difüzyonla açıklanabildiğinden daha hızlı bir oranda hücre zarından difüze olurlar. Hücre zarındaki bazı proteinlerin, hücre zarında kanallar gibi görev yapan oyuk merkezlere sahip oldukları kanıtı vardır. Bu protein kanalları, bir veya diğer yöne bükülerek, daha genişçe açılabilir veya kapanabilirler. Kanallar açık olduğu zaman, belirli moleküller bunların arasından hızlıca difüze olabilirler. Hücre zarındaki geçici açıklıklar veya porların katıldığı bilinen bu işleme **kolaylaştırılmış difüzyon** denir. Kolaylaştırılmış difüzyon sadece konsantrasyon eğimi yönünde çalışır. Daha yüksek konsantrasyonlu bir ortamdan daha düşük konsantrasyonlu bir ortama, moleküllerin normal hareketini hızlandırır (**Şekil 4-8**). Glikoz, früktoz, galakoz ve aminoasit gibi monomerler hücre zarından kolaylaştırılmış difüzyonla geçer. Taşınacak moleküller enzim yardımıyla taşıyıcı proteinlere bağlanır. Bunun sonucunda taşıyıcı protein şekil değişikliğine uğrar ve taşınacak molekülün zarın diğer tarafına geçmesini sağlar. Zardaki taşıyıcı proteinler taşınacak moleküle özgüdür. Örneğin glikozun taşınmasını sağlayan taşıyıcı protein, glikozun izomeri olan früktozu taşıyamaz.



**Şekil 4-8. Kolaylaştırılmış difüzyon**

#### 4-17 Osmoz

Buraya kadar, suda çözülmüş maddelerin difüzyonu değerlendirildi. Bir su çözeltisi, sadece su molekülleri ile çözünen maddenin moleküllerinin bir karışımıdır. Su molekülleri küçüktür. Tıpkı diğer küçük moleküller gibi yarı geçirgen bir zardan serbestçe geçerler. Bu nedenle, su yalnız başına hücre zarlarından difüze olmaktadır. Bu difüzyonun yönü sadece zarın zıt taraflarındaki su konsantrasyonu farkına bağlı olmaktadır. Su konsantrasyonunun yüksek olduğu bir ortamdan su konsantrasyonunun düşük olduğu bir ortama, suyun yarı geçirgen bir zardan difüzyonuna **osmoz** denir. Osmoz kısaca su veya çözücü moleküllerin bir zardan difüzyonudur.

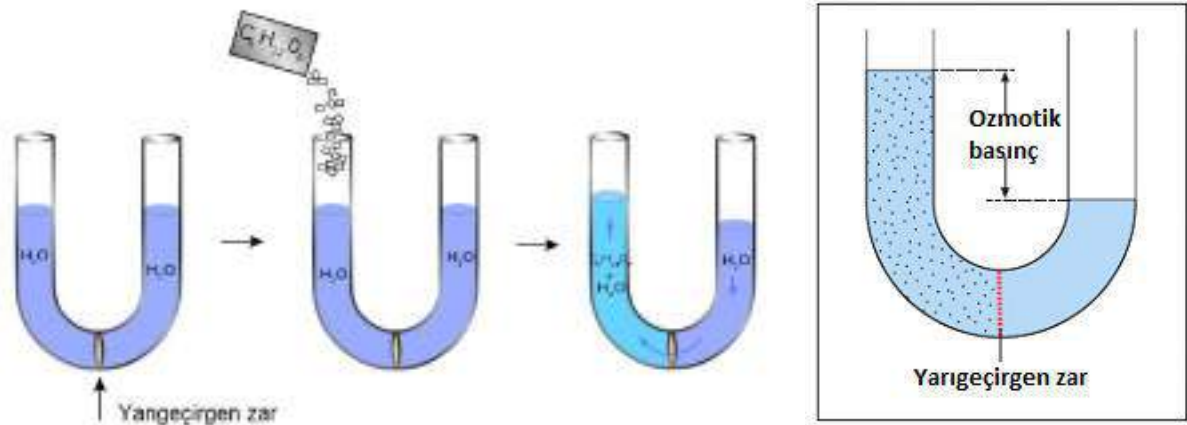
Su **konsantrasyonu** ile ne ifade edilmektedir? Anlam diğer herhangi bir maddedeki ile aynıdır, yani belirli bir hacimdeki su miktarıdır. İki şey aynı anda aynı mekanı işgal edemeyeceği için, belirli bir su miktarında çözünen tanecik miktarı, mevcut su moleküllerinin konsantrasyonunu belirler. Su moleküllerinin konsantrasyonu, içinde başka hiç bir şey olmayan suda, yani saf suda en yüksektir. Örneğin, su konsantrasyonu, 100 ml saf suda, 100 ml 'lik bir su ve şeker çözeltisinden daha yüksektir.

Şekil 4-4 osmozun açıklayan bir deneyi göstermektedir. Bir balon-tüp'ün cam balonu yoğun bir şeker çözeltisi ile doldurulur. Balonun ağzı yarı geçirgen sellofan bir zar veya sucuk zarı ile sıkıca kaplandıktan sonra bir kavanoz saf su içine daldırılır. Sellofan zarın, su moleküllerinin geçebileceği, fakat şeker moleküllerinin geçemeyeceği porları vardır. Kavanozda su konsantrasyonu yüzde 100 'dür. Balon tüpteki su konsantrasyonu, şeker çözeltisi aynı hacimdeki saf sudan daha az su molekülü içerdiği için, daha düşüktür. Su

molekülleri zardan geçebildikleri için, daha yüksek konsantrasyonlu alandan (kavanozdaki saf sudan) daha düşük konsantrasyonlu alana (balon-tüpteki şeker çözeltisine) hareket ederler. Ozmoz sürdükçe, balon-tüpteki sıvı düzeyi yükselir.

#### 4-18 Ozmotik Basınç

Şekil 4-9'daki ozmoz deneyinde, balon-tüpteki suyun yükselmesi, sonunda durur. Bunun nedeni konsantrasyon kadar, basınca bağlı difüzyon oranlarıdır. Eğer zarın iki yanındaki basınç farkı artarsa, yüksek basınçlı taraftan düşük basınçlı tarafa suyun difüzyon oranı artar. Şekerli su çözeltisi balon-tüpte yükseldikçe, ağırlığı zarın iç tarafında basınç artışına neden olur. Bu basınç artışı suyun daha hızlı bir oranda zarın diğer tarafına geriye difüze olmasına neden olur. Sonuçta, bir dengeye erişilir. Su molekülleri, zarın diğer tarafındaki konsantrasyon eğiminden dolayı balon tüpe geçmeye yine devam ederler. Fakat basınç eğimi aksi yönde olduğu için aynı oranda dışarı çıkarlar. Böylece, balon-tüp içindeki su miktarında net bir değişme olmaz ve tüpteki su düzeyi sabit kalır. Bununla birlikte, balon-tüp içinde değişmez fazla bir basınç vardır. Ozmozdan kaynaklanan bu basınç artışına **ozmotik basınç** denir.



Şekil 4-9. Ozmotik basınç

#### 4-19 Ozmozun Etkileri

Hücre sitoplazması, esas olarak çözülmüş maddelerin geniş bir çeşidini içeren sudan meydana gelir. Su hücre zarından her iki yönde serbestçe geçebilir. Hücre içine veya dışına olan suyun net bir hareketi, hücre zarının bir tarafında diğer taraftan daha yüksek bir su konsantrasyonunun olmasına, yani konsantrasyon eğimine bağlıdır. Farklı su konsantrasyonlarına sahip çözeltilere konulan hücrelerin durumları aşağıda açıklanmaktadır.

Biyolojide her zaman çözücü ortam sudur. Bir **izotonik çözelti**, içine konulan canlı bir hücredeki çözülmüş maddelerle aynı derişime (konsantrasyona) sahiptir. Bir hücrede ve



bir izotonik çözeltide, su moleküllerinin derişimi aynıdır. Konsantrasyon eğimi sıfır olduğu için, hücrenin net bir su kazanımı veya kaybı yoktur.

Bir **hipotonik çözelti** çözünmüş maddelerin hücredekenden daha düşük bir konsantrasyonunu içerir. Bu nedenle, bir hipotonik çözeltide su moleküllerinin konsantrasyonu hücredekenden daha yüksektir. Hücre dışındaki su konsantrasyonu içtekinden daha yüksek olduğu için, ozmozla hücre içine net bir su hareketi vardır. Hayvan hücreleri bir hipotonik çözeltiye konulduğu zaman içeri giren suyun oluşturduğu ozmotik basınçtan dolayı şişer ve patlarlar. Bu olaya **hemoliz** denir. Bir bitki hücresi hipotonik bir çözeltiye konulursa fazla su, şişerek hücre içinin çoğunu dolduran büyük kofulda toplanır. Diğer hücre içerikleri dayanıklı, fakat esnek olan hücre duvarına doğru itilir. Bitki hücresindeki bu basınca **turgor basıncı** denir. Bitkilerde turgor basıncı stomaların açılıp kapanması, otsu bitkilerin dik durması, böcekçil bitkilerde nasti hareketinin gerçekleşmesi gibi olayların meydana gelmesini sağlar.

Bir **hipertonik çözelti** çözünmüş maddelerin hücredekenden daha yüksek bir konsantrasyonunu içerir. Bu nedenle, bir hipertonik çözeltide, su moleküllerinin konsantrasyonu hücredekenden daha düşüktür. Konsantrasyon eğimi hücre dışına net bir su hareketine neden olur. Hayvan hücreleri hipertonik bir çözeltiye konulduğunda büzüşürler; bitki hücrelerinde koful çöker, hücre duvarı içinde sitoplazmanın küçülmesine neden olur. Sitoplazmanın ozmozla çekilmesine **plazmoliz** denir. Plazmolize uğramış hücre, hipotonik bir ortama konulursa su alarak eski haline döner. Bu olaya deplazmoliz denir.

#### 4-20 Pasif ve Aktif Taşınma

Difüzyon ve ozmozda, maddelerin hücre içine veya dışına hareketinde hücrenel enerji kullanılmaz. Bu işlemler materyalleri hücre zarının diğer tarafına hücrenel enerji harcamadan hareket ettirdikleri için, **pasif taşınma** adını alır. Çeşitli maddeler ancak konsantrasyon eğiminin belirlediği hareket yönünde, pasif taşınma ile hücre içine veya dışına hareket eder.

Materyallerin hücre zarının diğer tarafına hareketinde, hücrenel enerji harcamaya gerek duyulan işleme **aktif taşıma** denir. Aktif taşınma çoğunlukla düşük konsantrasyonlu bir alandan daha yüksek konsantrasyonlu bir alana, konsantrasyon eğimine karşı materyallerin hareketini kapsar.

Bir yokuşun konsantrasyon eğimini gösterdiğini kabul edersek; yokuşun tepesi yüksek konsantrasyonu ve dibi düşük konsantrasyonu temsil eder. Yokuş aşağı konsantrasyon eğiminde hareket eden bir bisiklet, tekerlerini döndürecek bir dış enerji kaynağına ihtiyacı yoktur. Pasif taşınmada olan budur. Bisikleti yokuş yukarı veya konsantrasyon eğimine karşı hareket ettirmek, enerji gerektirir. Aktif taşınmada olan budur.

Aktif taşıma hücrenin, etrafındaki ortamdan kimyasal olarak farklı olan iç koşullarını korumasına olanak verir. Örneğin, bir sinir hücresinde, potasyum konsantrasyonu hücre

içinde hücre dışındaki ortamdan daha yüksektir. Sodyum konsantrasyonu hücre içinde dışarıdan daha düşüktür. Hücre bu konsantrasyon farkını korumak için aktif taşınımı kullanır. Diğer bir örnek, belirli deniz yosunlarının **potasyum ve iyot** gibi mineralleri okyanus suyundaki konsantrasyonlarının **bin katı** bir konsantrasyonda hücrelerinde biriktirmeleridir. İlkel kordatlardan tulumlular (*Tunicata*) **vandiyum**'u deniz suyundan iki milyon defa daha yoğun olarak bünyesinde bulundurur. Bu fark, tamamen fizyolojik bir işleyişin sonucudur ve yoğunluk farkının sabit tutulabilmesi için sürekli enerji harcanır. **İnsan ve diğer pek çok hayvanda, atıklar kandan aktif taşıma ile uzaklaştırılır.**

Şu ana kadar aktif taşımanın nasıl çalıştığı bilinmiyor. Hücre zarındaki özel proteinlerin belirli molekülleri konsantrasyon eğimine karşı taşıyabildikleri kanıtı vardır. Bununla birlikte, bu işlem enerji gerektirir. Bu yüzden, bir bakıma hücrede enerji üretimi ile bağlantılı olmalıdır.

#### **4-21 Endositoz**

Hücre zarından geçemeyen büyük moleküllerin koful oluşturularak hücre içine alınmasına endositoz denir. Endositoz olayında hücre zarının bir kısmı koful oluşumuna katıldığı için hücrenin yüzey alanı azalır. Endositoz sırasında enerji kullanılır, ancak bu bir aktif taşıma biçimi değildir. Pasif ve aktif taşıma ile hücre, fosfolipit katman ya da porlardan geçebilen moleküllerin taşınımını sağlar. Endositoz hayvan hücrelerinde gerçekleşir. Alınan maddenin sıvı ya da katı olmasına göre endositoz iki şekilde gerçekleşir.

**Pinositoz ve fagositoz.** Hücre zarından geçemeyen materyaller, pinositoz ve fagositoz denilen işlemlerle hücre içine alınabilirler. Pinositoz ya da **hücrenin içmesinde**, çevredeki ortamdan sıvı veya sıvı ile çok küçük tanecikler hücre içine alınır. Maddelerin hücre zarının yüzeyi ile temas ettikleri yerde, zar bir iç cep ya da kesecik meydana getirir. Hücre zarının dış yüzeyinin etrafını çevirdiği kesecik, boğumlanmak suretiyle bir torba veya koful şeklinde hücre içine çekilir. Koful, hücre içinde, içeriğini bırakmak için açılabilir.

Fagositozda büyük tanecikler ve hatta küçük organizmalar hücrenin içine yutulur. Bu işlemde, yalancı ayak denilen hücre uzantıları, içeriye alınacak taneciğin etrafına akar. Tanecik çevrildiğinde, zar, bir koful oluşturacak şekilde hücre içine sıkışır. Fagositoz ve pinositoz her ikisi hücrenin enerji kullanmasını gerektirir.

Hücredeki makro moleküllerin hücre dışına atılması işlemine ekzositoz denir. Hücrenin enerji kullanmasını gerektirir. Bu işlemde hücre dışına atılmak istenen makro moleküller koful içinde hücre zarına taşınır. Koful zarı ile hücre zarı birleşir ve oluşan açıklıktan makro moleküller hücre dışına gönderilir. Hücrede üretilen enzim ve hormon gibi salgı maddeleri bu yolla hücre dışına gönderilir.

## CANLILARDA HÜCRELERİN ORGANİZASYONU

### 4-22 Birhücreliler ve Kolonyal Organizmalar

Bir hücre, canlılığın özelliklerini gösteren en küçük birimi, tek başına bulunabilir veya pek çok hücreden yapılmış daha büyük bir organizmanın bir parçası olabilir. Bağımsız olarak bulunan bir hücre bir-hücreli veya **birhücreli (unicellular) organizma** kabul edilir. Çok-hücreli veya **çokhücreli (multicellular) organizmalar**, yüzlerce, binlerce, milyonlarca ya da milyarlarca hücreden oluşabilir.

Birhücreli organizmalar bütün hayat işlemlerini yürütebilirler. Besinleri sentezler ve alırlar, enerji için onları parçalar, yeni materyaller sentezler, ürerler, vesaire. Bir hücreli organizmalar bakterileri (bacteria), bir hücreli mikroorganizmalar (bir hücreli hayvanlar ve bazı bir hücreli bitki benzeri formlar) (protozoa), pek çok algleri (algae) ve bazı mantarları (fungi) kapsar. Bu organizmaların büyüklük ve yapı karmaşıklığı yaygın olarak değişir.

Çok hücreli organizasyon en basit düzeyde, birbirine bitişik birkaç hücreden binlerce hücreye değişen sayıdaki hücrelerden meydana gelen kolonyal organizmalarda ortaya çıkar. Bazı kolonilerde hücrelerin hepsi benzerdir ve her hücre kendine ait tüm işlemleri yürütür. Bu tür koloniler birbirine takılmış bir hücreli organizmaların bir grubu gibidir. Hücrelerden herhangi biri üreme ve yeni bir koloni meydana getirme yeteneğine sahiptir.

Bazı karmaşık kolonilerde, hücreler bazı özelleşmeler gösterir. Yani, koloniyi meydana getiren hücrelerin yapı ve işlevleri değişir. Örneğin, *Volvox*, bir alg, binlerce hücre içerebilen küresel koloniler meydana getirir. Bununla birlikte, bu hücrelerden sadece yirmi kadarı üreme ve yeni koloniler oluşturma yeteneğindedir. Bunlar koloninin gerisinde bulunan büyük hücrelerdir. Koloninin önü bol, ince-hassas organeller içeren daha küçük hücrelerdir. Bu hücreler koloninin sudaki konumunu ve hareketini denetlerler. *Volvox* kolonisinin hücreleri, aralarını kuşatan ince sitoplazma iplikçikleri ile birbirine bağlanmıştır.

### 4-23 Gerçek Çokhücreli Organizmalar

**Hücreler.** Gerçek çok hücreli organizmalar binlerden milyarlara çok farklı çeşitlerde hücrelerden meydana gelebilirler. Bu hücreler özelleşmiş olduğundan, her biri tüm olası canlılık olaylarını yürüten bir hücreli organizmalar gibi bağımsız işlev yapamazlar. Hatta bu hücreler, organizmanın bütününe ait özel fonksiyonların başarılması için her bir hücre özelleşmiş olduğundan, kendi canlılık işlemlerinin yalnızca bir kısmını yürütürler. Bu yüzden, her çeşit hücre, çokhücreli organizasyonun ve karşılıklı ilişkilerin çok yüksek düzeyde birlikte yürütüldüğü diğer hücre çeşitlerinin hepsine bağımlıdır.

**Dokular.** Çok hücreli organizmalarda, yapısal olarak benzer olan ve aynı işlevi başaran bir hücre grubu bir doku meydana getirirler. Bir dokudaki her bir hücre kendi canlılık işlevleri yanında, dokunun işlevi ile ilgili bazı özel işlemleri de yürütür. Bitkilerde bitki içinde su ve besinleri taşıyan, bitki kısımlarını kaplayan ve koruyan, klorofil taşıyan ve fotosentezi yürüten, vb. dokular vardır. Karmaşık çokhücreli hayvanlar bitkilerden daha büyük bir çeşitlilikte dokular içerir ve bu dokuların pek çoğu bitki dokularından çok daha fazla özelleşmiştir.

Tablo 4-1'de hayvanlarda bulunan temel doku tipleri listelenmiştir. Hayvan dokularının çoğu ya epitel doku veya bağ dokunun bir şeklidir. Kas, sinir ve kan bu gruplara ait olmayan yüksek derecede özelleşmiş dokulardır.

**Tablo 4-1. Hayvan Dokularının Çeşitleri**

| Doku türü              | Yapısı   | İşlevleri   | Bulunduğu yer   |
|------------------------|--|---|---|
| Epitel doku            | Bir veya birden fazla hücre kalınlığındaki örtülerde bir araya gelmiş hücreler                           | Koruma (derinin dış katmanı)<br>Emilim (bağırsak iç astarı)<br>Salgı (salgı bezleri)  | Boşlukları astarlar<br>Yüzeyleri örter<br>Salgı bezlerini yapar                   |
| Bağ doku               | Şekilsiz dayanak içine gömülü hücre ve liflerden oluşur  | Epitel doku dahil diğer dokuları ve organları destekler, birbirine bağlar ya da tespit eder   | Vücudun her tarafında   |
| Yağ doku               | Bağ doku lifleri içinde özelleşmiş yumurta benzeri yağ hücreleri   | Bağ dokuyu yağlandırmak<br>Yağ depolamak  | Vücudun her tarafında; bazı alanlarda çok büyük miktarlarda                       |
| Kemik ve Kıkırdak Doku | Şekilsiz dayanak içine gömülü hücre ve liflerden oluşur  | Kemik ve kıkırdak iskeleti yapan bağ dokulardır. Vücudu destekler, ona şekil verir ve kaslarla birlikte hareketten sorumludurlar                  | Kemik: iskelette<br>Kıkırdak: iskelet, soluk borusu, dış kulak ve burunda bulunur |
| Kan                    | Sıvı dayanaklı özelleşmiş bağ doku   | Besinlerin, atıkların, oksijen ve karbondioksitin vücutta taşınması   | Dolaşım sisteminin damarları içinde   |
| Sinir doku             | Bağ doku ile birbirine bağlanarak sinirleri oluşturan, nöron denilen özelleşmiş hücrelerden oluşur       | İmpulsların (duyusal iletilerin) iletimi  | Vücuttaki sinirler ve duyu alıcıları  |
| Kas doku               | Bireysel hücreler ya da yığın veya levha oluşturmak için bağ doku ile birbirine bağlı kaynaşmış hücreler | İskelet kası: vücut kısmının istemli hareketi<br>Düz kas: iç organların istem dışı hareketleri<br>Kalp kası: kalbi oluşturur ve çarpmasını sağlar | İskelet kasları<br>İç organlar<br>Kalp  |

**Epitel dokular** vücut yüzeyini örter, vücut boşlukları ve organları astarlar. Epitel dokular salgı bezlerini de meydana getirir. Çoğunlukla birbirine çok yakın dizilmiş hücre örtüsü şeklindedir. En basit epitel dokular sadece bir hücre katmanı kalınlığındaki örtülerden ibarettir. Daha karmaşık şekiller birkaç hücre katmanından meydana gelir. Epitel doku örtüleri çoğunlukla bir *kaide zardan* meydana gelen bir lif ağına dayanır. Bazal zar hücre örtüsünü destekler.

**Bağ dokular** diğer vücut dokularını destekler, doku ve organları birbirine bağlar. Vücuda şekil verirler. Bağ dokularında, epitel dokulardan farklı olarak, hücreler yaygın olarak ayrılmıştır. Aralarındaki boşluk çeşitli türden maddelerle doludur. Örneğin, kemikte, kemik üreden hücreler, hücreler arasındaki boşlukları dolduran sert kemiksi materyal salgılar. Kasları kemiklere bağlayan tendonlarda kopmaz, esnek lif yığınları vardır. Kasları kemiklere bağlayan kısımlarda; at, eşek, sığır vs. gibi derisini oynatabilen hayvanların kası deriye bağlayan bölgelerinde bulunur.

**Kas dokular** kasılma ya da kısılma için özelleşmiştir. Üç tür kas dokusu vardır. *Kardiak kas* dokusu (miyokart) yalnızca kalpte bulunur. *İskelede ait (çizgili) kas dokusu* kemikleri iskelede tutturarak kasları yapar. Bu kaslar, hayvanlarda isteğe bağlı olarak hareket ettirildiği için bunlara istemli kas da denir. *Düz kas dokusu* mide, bağırsak ve kan damarları gibi çeşitli vücut organlarında bulunur. Düz kasların kasılması istem dışı ve otomatiktir.

**Organlar ve organ sistemleri.** Özel bir işlevi yürütmek için birlikte çalışan bir doku grubu bir **organı** meydana getirir. Sinirler, ışığa duyarlı hücreler, kaslar ve kan damarlarını kapsayan göz, bir organdır.

Özel bir işlevi yürütmek için birlikte çalışan bir organ grubu bir **organ sistemini** oluşturur. Organ sistemine bir örnek, ağız, yemek borusu, mide, bağırsaklar, pankreas, karaciğer vs. kapsayan sindirim sistemidir.

Çok hücreli bir organizmanın kısımları hücreler, dokular, organlar ve organ sistemleri gibi ayrı terimlerle tanımlanabilseler de, tüm bu kısımlar, bir organizmada canlılık işlevlerini yürütmek için birlikte işlev yapmak zorundadır.

# 5 CANLILARIN SINIFLANDIRILMASI

## SINIFLANDIRMA

Bugün, yaklaşık 1.5 milyon farklı organizma çeşidinin var olduğu bilinmekte ve her yıl birkaç bini daha teşhis edilmektedir. Bazı uzmanlar, 10 milyon kadar farklı organizma türünün var olduğunu kabul etmektedir. Organizmaların vücudu, 5 mikron çapındaki bakteriden 100 metreden daha boylu sekoya ağaçlarına değişmektedir.

Bu çok büyük çeşitlilikteki organizma sayısı ile uğraşmak için, biyologlar, uluslararası geçerli bir sisteme göre, organizmaları tanırlar ve adlandırırılar. Bu, çeşitli canlılar ve bunların özellikleri hakkında birbiriyle iletişim kuran bilim adamlarının işini kolaylaştırır. **Taksonomi**, canlıların sınıflandırılması ve adlandırılması ile ilgili biyoloji dalıdır.

### 5-1 Eski Sınıflandırma Tasarıları

Eski sınıflandırma girişimlerinin hepsinde, canlılar, bitkiler alemi ve hayvanlar alemi olarak iki büyük gruba ayrılmıştır. Bu iki grup da çeşitli şekillerde alt bölümlere ayrılmıştır.

Sınıflandırmada ilk büyük ilerleme, İngiliz doğa bilimci John Ray tarafından 1600 'lerin ortasında yapılmıştır. Ray, 18.000 'den fazla farklı bitki çeşidini tanıladı ve sınıflandırdı. Aynı zamanda, birkaç değişik hayvan grubunun üyelerini de sınıflandırdı. Her bir farklı organizma çeşidi için **tür** terimini de ilk kullanan Ray olmuştur. Ray, bir türü, yapısal olarak aynı olan ve karakteristiklerini döllerine aktaran bir organizma grubu olarak tanımladı. Daha geniş bir grupta bir araya getirilen yakın akraba türlere **cins** adı verildi. Akraba cinsler bir sonra gelen daha geniş gruplara sıralandılar.

İsveçli botanikçi Carolus Linnaeus çoğunlukla çağdaş taksonominin kurucusu olarak bilinir. Linnaeus, halen kullanılan, organizmaları sınıflandırma ve isimlendirme yöntemlerini kurmuştur. Fazlasıyla kullanışlı sisteminde, bitki ve hayvanlar kolaylıkla tanınabilecek bir şekilde düzenlenmiştir. Ray gibi, Linnaeus de, kurduğu sınıflandırma sisteminde, temel olarak yapısal benzerlikleri kullanmıştır.

### 5-2 Sınıflandırma Kategorileri

Linnaeus ile günümüz arasındaki zamanda, taksonomistler sınıflandırma sistemine bazı kategoriler eklemişlerdir. En geniş ve en kapsamlı kategori alemdir. En dar kategori

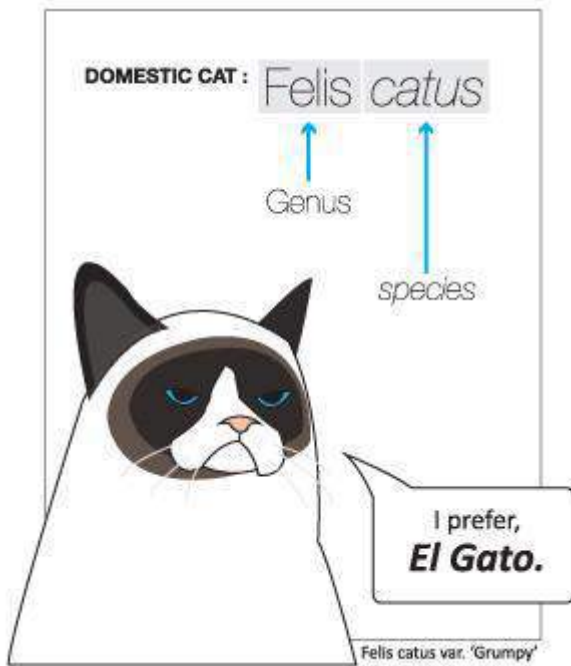
türdür. Canlıların sınıflandırılmasında, çoğunlukla kullanılan kategoriler: **alem, şube, sınıf, takım, familya, cins** ve **tür**.

Yakın türler bir cinste, yakın cinsler bir familyada, yakın familyalar bir takımda, yakın takımlar bir sınıfta, yakın sınıflar bir şubede ve yakın şubeler bir alemde gruplandırılır.

### 5-3 Adlandırma Sistemi

Organizmaları adlandırma sistemine **nomenclature** denir. Organizmaları adlandırmanın modern sistemi, Linnaeus tarafından türetilmiştir. Linnaeus 'den önce, her bir tür, türü tanımlayan bir miktar Latince kelimenin izlediği, cinsinin ismi ile tanımlanmaktaydı. Bazı durumlarda, cins adını, sekiz veya on kelimelik bir dizi izleyebilmekteydi. Linnaeus, kitaplarında her bir türü, ikisi de Latince, sadece bir tek tanımlayıcı kelimenin izlediği, cinsinin adı ile tanılamıştır. Her bir cins içinde, türlerin tanımlanmasında, bir kelime asla iki kez kullanılmamıştır. Bugün kullanılan sistem de budur.

Her bir organizma çeşidinin iki-kelimeli sistemle kimliğinin belirlenmesi, **binominal** ("iki adlı") **nomenclature** olarak bilinir. Bu bir kişinin tanıtılmasında, bir ad ve bir soyadın kullanılması sistemine benzemektedir. Cins ismi kişinin soyadına, tür ismi de adına karşılık gelmektedir.



Günümüz biyolojisinde, her bir organizma çeşidinin bilimsel adı olan, iki kelimeli bir Latince adı vardır. İlk kelime cins ismidir, ikincisi cins içinde bu türü tanımlar. Diğer yandan, bitki ve hayvanların büyük çoğunluğunun her dilde kullanılan alışılmış adları vardır. Ancak bazı nedenlerle bu adlar, bilimsel kullanım için uygun değildir. Öncelikle, alışılmış adlar çoğu kez yanıltıcı ve hatalı olabilmektedir. Örneğin İngilizce'de yıldızbalığı

olarak adlandırılan denizyıldızı (beşparmak) bir balık değildir. Gümüşbalığı aynı zamanda bir böceğin adıdır. Diğer yandan, bir türün farklı birkaç alışılmış adı da olabilmektedir. Kuzey Amerika'daki alakarganın, *Cyanocitta chirstata* maviceket, mısır hırsızı ve yuva hırsızı gibi adları vardır. Türkçe 'de Kestane kargası, *Garrulus glandarius* (L.), alakarga, ayrılık kargası, meşe kargası, gisa kuşu olarak da bilinir. Bazı durumlarda, aynı genel ad iki veya daha fazla farklı türler için kullanılmaktadır. Böğürtlen (*Rubus* spp.), çeşitli ülkelerde sayıları on dolayında olabilen ve toplam tür sayısı 400 'ün üzerinde olan çeşitli bitki türlerine verilen addır. Bu türlerden bir tanesi, lezzetli ve güzel kokulu meyvesinden dolayı kültüre alınan ahududu, *Rubus ideus* L. 'dur. Son olarak, alışılmış adlar dilden dile değişir. Köpek, İngilizce "dog", İspanyolca "perro" ve Japonca "inu" dur. Ancak, *Canis familiaris* L. bilimsel adı, her ülkedeki zoologlar tarafından anlaşılır.

#### 5-4 Modern Taksonomi

1800 'lü yılların ortalarına kadar bilim adamlarının çoğu her bir türü sürekli ve değişmez bir şekil olarak düşünürlerdi. Bir türün tanımlanması, o tür için standart olarak hizmet görecektir *tip numune* denilen tek bir örneğe dayandırılmıştır. Tip numune varyasyonlarının çok az bir öneminin olduğu kabul ediliyordu. Bugün, türlerdeki varyasyonların, türlerin hayatta kalabilmesi için önemli oldukları bilinmektedir.

Bu gerçek, 1859 yılında ortaya atılan evrim kuramından sonra fark edilmiştir. Bu kuram uzun bir zaman döneminde, bir türün ya çevre koşullarına tepki vererek değiştiği ya da ortadan kalktığını ileri sürmektedir.

Bugün, bir tür, doğada kendi içinde üreyen benzer organizmaların doğal bir grubu ya da *populasyonu* olarak tanımlanmaktadır. Eğer bir türün üyeleri uzun bir zaman süresince bağımsız olarak üreyen, birbirinden ayrılmış gruplar meydana getirirse, her bir grup özel çevrenin uygun koşulları ve isteklerine bağlı olarak farklı gelişecektir. Sonuçta, ayrılmış gruplar ayrı türler olarak sınıflandırılabilir kadar farklı olabilmektedirler. Bu yüzden taksonomistler sınıflandırmalarını yapısal benzerlikten daha başkalarına dayandırmaktadırlar. Sınıflandırmacılar, belirli proteinlerde amino asit dizilişi, embriyonik gelişme modeli, davranış gibi biyokimyasal benzerlikleri ve fosillerin incelenmesini de değerlendirmektedirler.

Taksonomide sağlanan ilerlemeye rağmen, hala çözümlenmemiş, ortada duran problemler vardır. Bunların çoğu en basit canlıları, özellikle mikroorganizmaları kapsamaktadır. Bu canlı formlar çoğunlukla, kolayca kategorilere ayıramayacak kadar büyük çeşitlilikte, karmaşık formlar gösterir.



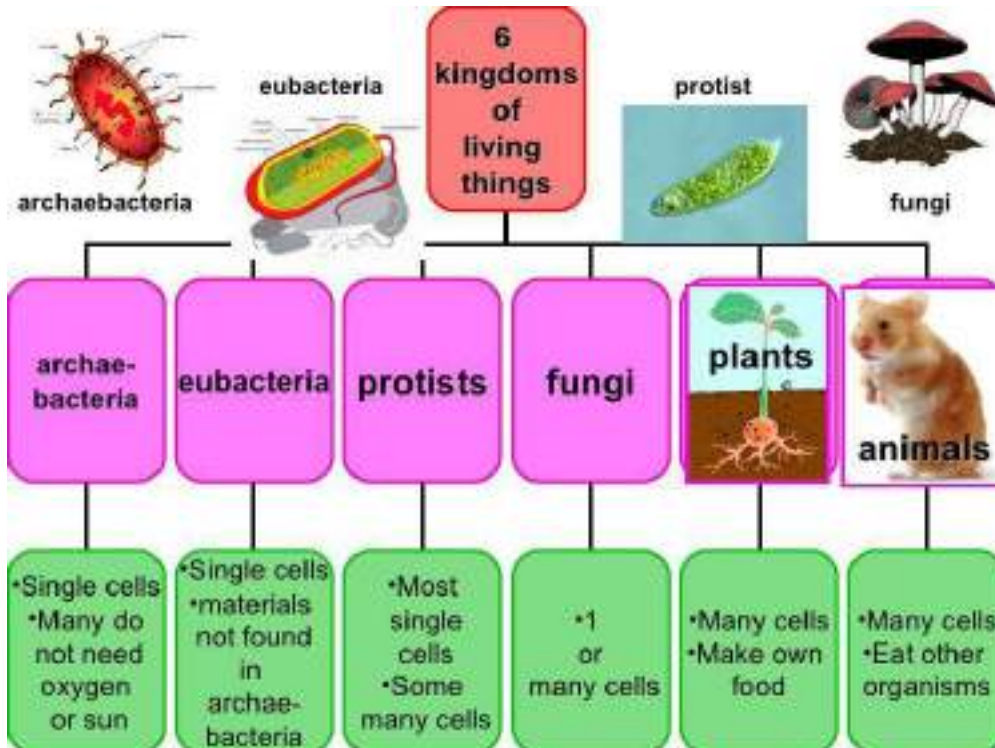
## BÜYÜK TAKSONOMİK GRUPLAR

### 5-5 Organizma Alemleri

Tüm eski sınıflandırma girişimlerinde, canlılar, bitkiler alemi ve hayvanlar alemi olarak iki büyük gruba ayrılmıştır. Bu sistem büyük organizmalar için iyi işlemektedir. Ağaçlar, çayırlar, çiçekler ve çalılar kuşkusuz bitkidirler. Kurbağalar, balıklar, böcekler, kuşlar ve kediler besbelli hayvandır. Ancak, bazı organizmalar bitki ve hayvanların her ikisine de benzer özellikler gösterir. Örneğin, bir hücreli, kamçılı bir organizma olan *Euglena*, bitkiler gibi fotosentez yapmanın yanında bir hayvan gibi yer değiştirerek kendiliğinden hareket edebilir. *Euglena* sınıflandırmada problem çıkarır.

Ayrıca hayvan veya bitki olmayan organizmaları sınıflandırma problemini çözmek için, taksonomistler modern sınıflandırma sistemlerine yeni alemler eklemektedirler. Bununla birlikte, kaç tane ek aleme ihtiyaç olduğu ve bu alemlere hangi organizmaların yerleştirileceği üzerinde evrensel bir birlik yoktur. Her bir olası düzenlemenin bazı üstünlükleri ve bazı sakıncaları vardır. Basit organizmaları sınıflandırmak için tamamen tatmin edici bir yolun olacağı görünmüyor.

Burada beş alemlerle bir sınıflandırma sistemini tanıtacağız. Bu beş alem Monera, Protista, Fungi, Plantae ve Animalia'dır. Bu sistem büyük organizma grupları arasındaki belirli çok temel farkları vurgulamaktadır. Aynı zamanda, bir dereceye kadar alemler içindeki sınıflandırmayı da kolaylaştırmaktadır. Bu beş alemin genel özellikleri aşağıda kısaca tanıtılmıştır.



## 5-6 Monera Alemi

Arkebakteriler (Archaeobacteria): **Önceden Monera (Bakteriler ve Mavi-Yeşil Bakteriler) alemi içindeydiler.**

1. Monera içinde gerçek peptidoglikan yapıları olmayan ve bazı özellikleri bakımından bakterilerden ayrı bir grup olarak tanımlanan, aşırı sıcak, aşırı tuzlu ortamlarda yaşayabilen mikroorganizmalar.
2. Hücre duvarlarında peptidoglikan katman bulunmayan ve karakteristik ribozomal RNA baz sırasıyla gerçek bakterilerden ayrılan, yoğun tuz içeren sıvı ortamda, yüksek ısıda, aerob, anaerob veya fakültatif koşullarda yaşayabilen prokaryot organizmalar.

Monera aleminin üyeleri, çoğunlukla birhücreliler olmakla, bazı değişik zincirler, salkımlar veya birbirine tutunmuş hücre kolonileri oluştururlar. Moneran hücreler diğer hücrelerden temelde farklıdırlar. Bu hücrelerin zarlı, organize olmuş bir çekirdekleri yoktur. Mitokondrium, lizozom ve Golgi yapıları gibi diğer hücrelerde bulunan pek çok organelden yoksundurlar. Hücre duvarları vardır, fakat bu bitkilerdeki hücre çeperlerinden kimyasal bakımdan farklıdır.

Monera aleminin sadece iki şubesi vardır, bakteriler ve mavi-yeşil algler. Bakterilerin çoğu fotosentez yapmazlar ve besinleri çevreden absorbe etmek zorundadırlar. Mavi-yeşil algler klorofil içerir ve fotosentez yaparlar. Ancak, bu klorofil kloroplastların kapsamında değildir.

## 5-7 Protista Alemi

Protista aleminin üyeleri ya birhücreliler veya çok basit çokhücreli organizmalardır. Protist hücreler daha karmaşık organizmaların hücreleri gibi organize olurlar. Bu hücreler, bir zarla kuşatılmış çekirdek ve farklı çeşitlerde hücre organellerini içerirler. Farklı protisit çeşitleri vardır. Bazıları, hücre duvarları ve kloroplastlarda klorofili olan bitki hücrelerini andıran algler'dir. Bazısı hücreleri klorofil ve hücre duvarından yoksun olan, hayvan hücrelerine benzer, kendiliğinden hareket edebilen **protozoalardır**. Bazısı mantarlara benzer. Euglena gibi, bazıları klorofil içerir ve fotosentez yapar, bunun yanında protozoa gibi kendi etrafında hareket eder.

## 5-8 Mantarlar Alemi

Geçmişte fungi (tekel, fungus) aleminin üyeleri, hayvanlardan çok bitkileri andırdığı için bitkiler alemine dahil edilmiştir. Ancak, mantarlarla bitkiler arasındaki büyük farklar, pek çok biyologu, mantarları ayrı bir aleme koymaya yöneltmiştir. Mantarlar klorofil içermezler ve besin sentezleyemezler. Bunun yerine, besin taneciklerini organizma dışında sindiren enzimler salgırlar, daha sonra besini absorbe ederler. Bazı mantarlar birhücreli iken, diğerleri olağandışı çok hücreli formlara sahiptir. Mantarların hücre organelleri ve zarla çevrili belirgin çekirdekleri vardır. Mantarların sahip olduğu hücre duvarları, bitki hücre çeperlerinden kimyasal olarak farklıdır.

## 5-9 Bitkiler Alemi

Bitkileri, yeşil, kahverengi ve kırmızı algleri, yosunları, kızılıyaprakları ciğerotlarını ve damarlı bitkileri içeren plantae aleminin üyeleridir. Bitkiler, algler dışında gerçek bir doku ve organ organizasyon düzeyi gösterirler. Bitkiler kendi kendilerine yer değiştirecek hareket yapamazlar. Yaklaşık tüm bitkiler fotosentez yürütürler. Bitki hücrelerindeki klorofil kloroplastlarda bulunur. Bütün tracheophyte'ler, sporofit generasyonlarında damarlı dokular ksilem ve floem içerir.

## 5-10 Hayvanlar Alemi

Hayvanlar çoğunlukla organ ve organ sistemi organizasyon düzeyi gösteren animalia aleminin üyeleridir. Hayvanların çoğu, hayat devresinin en az bir kısmı sırasında kendi kendilerine yer değiştirerek hareket edebilirler. Hayvanlar fotosentez yürütemezler böylece besinlerini çevreden sağlamak zorundadırlar. Hayvanların çoğu besinlerini aktif olarak arar. Duyu organları, beyin ve vücudun bir ucunda toplanmış ağız ile, vücut düzenleri bu faaliyeti destekler. Hayvanların pek çok çeşidinin çok özelleşmiş duyu sistemleri, iyi gelişmiş beyinleri ve karmaşık türdeki hareketlere izin veren sinir-kas sistemleri vardır. Hayvanlarda, eşeyli üreme eşeysiz üremeden çok daha yaygındır. Bazı türlerde özelleşmiş kur yapma davranışı vardır ve anne-babanın yavruları koruması yaygın olabilmektedir.



### 5-11 Taksonomik Anahtar

Taksonomik bir anahtar, organizmaları tanılama ve sınıflandırma aracıdır. Anahtarların çoğu ikili bölmelidir. Her biri belirli bir karakteri tanımlayan birer çift ifade dizilerinden oluşur. Bu karakteristikler, genellikle kolayca görülen ve ölçülen, örneğin bir hayvanda kemik olup olmadığı ya da mevcut bacakların sayısı gibi belirli yapıların bulunup bulunmamasıdır. Bu karakteristiklere bir örnek, bir hayvanın omurgasının olup olmadığı. Omurgası varsa, yüzgeç ya da solungaçlarının olup olmadığı. Yüzgeç ya da solungaçlar yoksa, vücudun pullarla kaplı olup olmadığı gibi. Bu tür karakteristik çiftler dizisi seçilerek, bilinmeyen bir organizma tanımlanabilir. Kuşkusuz, her bir adımda daha da küçük gruplandırmalar yapabilmek için, her bir tercih basamağının uygun bir sırada düzenlenmesi gerekir.

### 5-12 Diğer Kullanışlı Sınıflandırma Tasarıları

Beş-alemlî sistem, Biyolojide en temel, en yaygın kullanılan sınıflandırma sistemidir. Ayrıca, özel amaçlar için yararlı olan, organizmaları sınıflandırmanın diğer yolları vardır. Örneğin, belirli bir çevredeki organizmalar arasındaki karşılıklı ilişkiler incelendiğinde, organizmalar üreticiler, tüketiciler ve ayrıştırıcılar olarak gruplandırılabilir. Tüketiciler omnivorlar, herbivorlar ve karnivorlar alt bölümlerine ayrılabilir. Karnivorlar, yırtıcı ya da leşçildir. Tarımsal amaçlar için organizmaları, yararlı-zararlı, yenir-yenmez, evcil-yabani olarak ayırabiliriz. Hayvanlar, günlük ve mevsimlik sıcaklık değişmelerine tepki göstermelerine göre, sıcakkanlı ve soğukkanlı olarak ayrılabilir. Sağlık ve hastalık konuları ile ilgilenenler, bütün hastalık yapan organizmaları bir arada gruplandırır.

# 6 HÜCRESEL SOLUNUM

## ENERJİ KULLANIMI

Enerji iş yapma yeteneği olarak tanımlanır. Bütün canlılar, yaşamsal işlemleri yürütmek ve böylece canlı kalabilmek için sürekli olarak enerji sağlamak zorundadır. Bu enerjinin bir kısmı, fiziksel ya da mekanik çalışma için gereklidir. Uçan bir kuş bir uçak gibi enerji ister. Dam inşa eden bir kunduzun veya toprakta oyuk açan bir solucanın, bir inşaatta çalışan veya yerde hareket eden makine gibi enerjiye ihtiyacı vardır. Hatta, bahar akşamında şarkı söyleyen ağaç kurbağalarının da bir radyo gibi enerji gereksinimleri vardır. Canlıların hareketlerinin çoğu enerji gerektirir. Enerji daha belirsiz amaçlar için de gereklidir. Basitlerinden daha karmaşık bileşiklerin sentezi ve pek çok durumda, materyallerin hücre zarından taşınması enerji gerektirir.

Son yıllarda herkes enerjinin, endüstriyel gelişmede gördüğü işten dolayı öneminin ve değerinin bilincindedir. Günlük işlerimizde kullandığımız enerjinin bir kısmı akarsulardan, bir kısmı nükleer enerjiden ve bir kısmı doğrudan solar radyasyondan sağlanırken, büyük bir kısmı petrol ve doğal gaz gibi yakıtların yakılmasından açığa çıkmaktadır. Bir yakıtın yanması ısı ve ışık şeklinde enerji açığa çıkarır. Bu ısı daha sonra, ısı enerjisinin diğer enerji şekillerine dönüştürülmesiyle makine ve elektrik jeneratörlerini çalıştırmada kullanılabilir. Yakıtın yanması, yapısındaki karbon ve hidrojenin, karbondioksit ve su oluşturarak havanın oksijeni ile birleştiği kimyasal bir işlemdir. Yakıtlar, büyük kısmı, yanmadaki kimyasal değişimler sırasında ısı olarak açığa çıkan depolanmış kimyasal enerji içerirler.

### 6-1 Besinlerden Enerji Sağlanması

Canlılar besinlerinde depolanmış enerjiyi kullanırlar. Karbonhidratlar enerji için en yaygın olarak yıkılan besinlerdir. Bu enerji, pek çok durumda, yanma benzeri kimyasal değişikliklerle açığa çıkarılır. Ancak, organizmalar besinleri parçaladıklarında, enerjinin sadece bir kısmı ısı enerjisi olarak açığa çıkar ve vücut sıcaklığının korunmasında bu enerji kullanılır. Geri kalan enerji kimyasal yapıda saklanır. Organizmalar canlılık işlevlerini yürütmek için sadece kimyasal enerji kullanabilirler. Canlılar iş yapmak için ısı enerjisi kullanamazlar. Bu nedenle, enerjinin açığa çıkması ile sonuçlanan besinin yıkımının, karbonhidrat ile oksijen arasında, doğrudan bir tepkime olmadan meydana gelmesi şaşırtıcı olmamalıdır. Besin yıkımı, aksine, yüksek enerjili yeni bileşiklerin oluşumuna bağlı pek çok küçük kimyasal basamaklarda meydana gelir.

Besinlerde depolanmış enerjinin açığa çıkması her bir organizmanın ayrı hücreleri içinde başarılmaktadır. Bu işlemin tamamına **hücre sel solunum** denir. Bu bölümde,

hücrenin besinlerden enerji açığa çıkarması işlemi ile bu enerjinin hücrenin kendisi ve bir bütün olarak organizmanın canlılık işlevlerinin yararına sunulması değerlendirilmektedir.

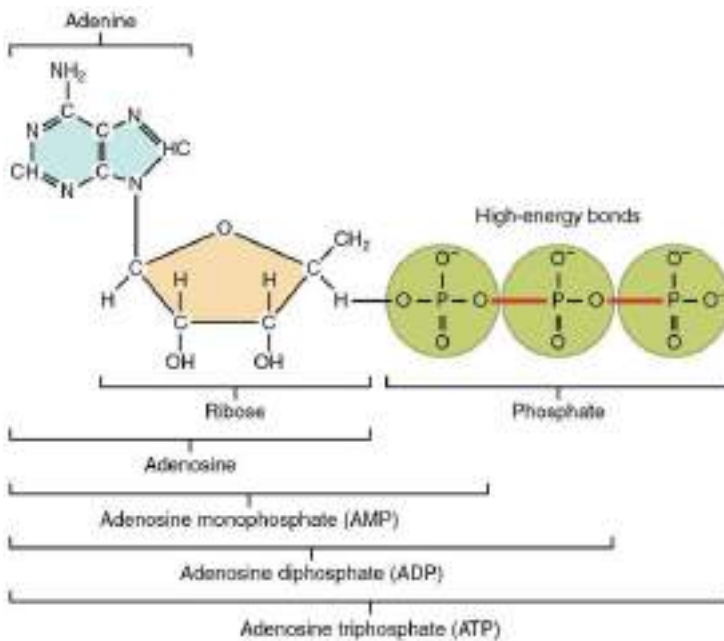
Hücresel solunum, organizmaların hücrelerinde, besinlerdeki biyokimyasal enerjiyi ATP'ye dönüştüren ve atık ürünler açığa çıkaran bir dizi metabolik tepkimeler ve işlemlerden ibarettir. Hücresel solunumun içerdiği bu tepkimeler, bir molekülün yükseltgenmesine ve diğer bir molekülün indirgenmesine yol açan yıkım reaksiyonlarıdır. Hayvan ve bitki hücrelerinde hücresel solunumda yaygın olarak kullanılan besinler glikoz, aminoasitler ve yağ asitleridir ve en fazla oksidize olan (yükseltgenen) aracı (elektron alıcısı) moleküler oksijen ( $O_2$ )'dir.

Bakteriler ve archaea (bakteriler) lithotroph da olabilmektedirler ve bu organizmalar elektron verici ve alıcıları olarak, kükürt, metal iyonları, metan ve hidrojen gibi büyük bir çeşitlilikteki inorganik molekülleri kullanarak hücresel solunum yapabilirler. Hücresel solunumda son elektron alıcısı olarak oksijeni kullanan organizmalar **aerobik** olarak nitelendirilirler, diğer yandan son elektron alıcısı olarak oksijeni kullanmayanlar ise **anaerobik** olarak nitelenirler. Hücresel solunumda açığa çıkan enerji, depo edildiği ATP sentezinde kullanılır. ATP'de depolanan enerji, biyosentez, hareket veya moleküllerin hücre zarından geçişini içeren, enerji gerektiren değişik işlemler için kullanılabilir.

## ENERJİNİN DEPOLANMASI VE AKTARIMI

### 6-2 ATP ve ADP

Hücre solunumu sırasında açığa çıkan enerji doğrudan kullanılmaz. Önce **ATP** olarak kısaltılan, *adenozin trifosfat* denilen bir bileşiğin moleküllerinde "denk" yapılıdır. Şekil 6-1 ATP molekülünün yapısını göstermektedir.



Şekil 6-1. ATP ve ADP'nin yapısı

Molekölün ana kısmı bir riboz molekölü ile birleşmiş bir adenin molekölünden ibarettir. Adenin DNA ve RNA 'da bulunan azotlu bazlardan biridir. Riboz RNA 'da bulunan 5-karbonlu şekerdir. Bu ikisinin birleşimine *adenozin* adı verilir. ATP 'de, adenozone sıra ile bağlanmış üç fosfat grubu vardır. Bu fosfat gruplarının DNA ve RNA yapısının da parçası olduklarını biliyoruz. Hücrenin, bu aynı moleköler birimleri farklı amaçlar için kullanması ilginçtir. Canlılık kimyasında kimyasal grupların bu tür çok yönlü kullanımının pek çok örnekleri vardır.

ATP molekölünün enerji depolaması kadar önemli yönü, son fosfat grubunu moleküle birleştiren bağla ilgilidir. Bu bağ dalgalı bir çizgi ile gösterilmiştir. Bu sembol, bu bağın oransal olarak büyük bir miktarda enerji içerdiğini belirtmektedir. Buna bir *yüksek enerji* bağı denir. Üçüncü fosfat ATP 'den ayrılır ve başka bir bileşiğe bağlanırsa, bu diğer bileşiğe enerji aktarır. Bu aktarıma *fosforilasyon* denir. Fosforilasyon biyokimyasal tepkimelerde kimyasal enerji aktarımının yaygın bir yoludur.

ATP 'den bir fosfat grubu uzaklaştırıldığında, geride kalan moleküle *adenozin difosfat* ya da **ADP** adı verilir. ADP, ATP 'den daha düşük bir enerji halindeki bir bileşiktir. İkinci fosfatı da yüksek enerjili bir bağ ile bağlanmıştır, fakat bu bağ hücrede bir enerji kaynağı olarak çok az kullanılır.

### 6-3 ATP İçin Enerji Kaynağı

Hücre solunumu sırasında, besin moleküllerinin kademeli yıkımı ile serbest kalan enerji, ATP molekölü olarak yüksek-enerjili haline geri dönmesi için, üçüncü fosfatın ADP 'ye tutturulmasında kullanılır. ATP o zaman, bazı kimyasal işlemler için enerjisine ihtiyaç duyulan hücrenin herhangi bir kısmında kullanılabilir.

Hücrelerin enerji sağladıkları besin maddelerinin en yaygını glikoz şekeridir. Glikoz hücre solunumu için çoğunlukla başlangıç noktasıdır. Bir hücre, bir tek glikoz molekölünün enerjisi ile, 36 moleküle kadar ADP 'den ATP oluşturabilir. Bir molekül glikozun yıkılmasından sağlanabilen bu toplam enerji gerçekte 36 'ya varan küçük birime bölünür. Eğer bu enerji bir atılımda serbest bırakılmış olsaydı, hücrenin kullanması için çok fazla olmuş olacaktı. Hücrenin bu kadar fazla enerjinin tamamını bir defada kullanabilmesinin hiç bir yolu yoktur. Bununla birlikte, bir tek ATP molekölündeki enerji miktarı, hücrede enerji gerektiren ortalama bir tepkime için hemen hemen tam uygundur. Böylece bu küçük birimlerde denk yapılan enerji hücre gereksinimleri için uygun ve yeterlidir.

### 6-4 Oksidasyon-Redüksiyon Tepkimeleri

Glikozdaki enerjinin kullanılması ile ATP meydana getiren ana basamakların izlenmesi ilgi çekicidir. Kimyasal oksidasyon ve redüksiyon düşüncesi bu adımları anlamamıza yardımcı olabilir. Başlangıçta, **oksidasyon** terimi oksijenle birleşmeyi ifade ediyordu. Daha sonra, kimyacılar, bu terimin anlamını oksijenle birleşmeye benzer tepkimelerdeki

ilgili elektronların yer değiştirmelerini kapsayacak kadar genişlettiler. **Oksidasyonun bu genişletilmiş anlamı, bir molekül veya bir atomun elektron kaybettiği herhangi bir kimyasal değişikliğe işaret etmektedir.** Örneğin, sodyum, klorla birleştiğinde, sodyum atomu bir elektron kaybeder. Bu bir oksidasyon örneğidir. Sodyum atomu oksidize oldu denir.

Aynı zamanda, klor atomu bir elektron kazanır. **Elektron kazanmaya redüksiyon denir.** Klor atomu redükte oldu denir. **Oksidasyon ve redüksiyon her zaman tepkimeler çifti olarak meydana gelirler.** Bir madde oksidize olduğunda, diğeri mutlaka redükte olur. Bu, oksidize olan bu maddenin verdiği elektronların, redükte olan başka bir madde tarafından alınmasıdır. Bu reaksiyonlar çiftine **oksidasyon-redüksiyon tepkimeleri** denir.

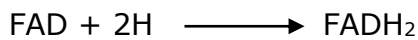
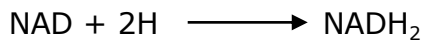
**Bazı oksidasyon-redüksiyon tepkimelerinde bir elektron, bir hidrojen atomunun parçası olarak aktarılır.** Bu, bir bileşiğin hidrojen atomlarını diğerine aktarabilmesidir. **Hidrojen atomlarının yitilmesi bir oksidasyon şeklidir. Hidrojen atomlarının kazanılması bir redüksiyon şeklidir.**

**Oksidasyon-redüksiyon tepkimeleri bir enerji aktarımı ile ilgilidir. Oksidize olan bir madde (elektronlar ya da hidrojen kaybeder) çoğunlukla enerji kaybeder. Enerji, redükte olan maddeye elektronlar ya da hidrojen atomları ile taşınır. Böylece bu madde enerji kazanır.** Hücre solunumunda, glikozun yıkılması ile serbest kalan enerjinin hemen tamamı, öncelikle hidrojen atomları ile taşınır. Hücrede glikozun oksidasyonu gerçekte hidrojen atomlarının bir kaybıdır, oksijenle bir tepkime değildir.

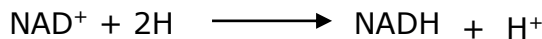
## 6-5 Hidrojen Alıcıları

Hücre solunumunda glikozun yıkılması pek çok kimyasal basamakların bir dizisi olarak meydana gelir. Canlı hücrede özel bir sonuca götüren bir kimyasal tepkimeler dizisine *biyokimyasal yol* denir. Hücre solunumu yolunun bazı noktalarında, ilgili bileşiklerden biri hidrojen atomlarını vererek oksidize olur. Meydana gelen bu oksidasyonda, başka bir bileşik hidrojeni alır ve indirgenir. Bu oksidasyon-redüksiyon basamaklarının her biri özel bir enzimin faaliyetini gerektirir. Her bir enzim, bundan sonra, katalizlediği tepkimede *hidrojen alıcısı* olarak davranacak bir koenzime gereksinim duyar.

Hücre solunumunda hidrojen alıcıları olarak rol oynayan koenzimlerden bir tanesi NAD (nikotinamid adenin dinükleotit) olarak simgelenir. Diğeri FAD (flavin adenin dinükleotit) 'dir. Bu moleküllerden her biri iki hidrojen atomu alabilirler, böylece redüksiyona uğrarlar:



Bu NAD redüksiyonunun gösterilmesinin basit bir yoludur. NAD 'nın oksidize olan şekli gerçekte pozitif bir yük taşır. Dolayısıyla, NAD 'ın redüksiyonunun daha gerçek bir eşitliği:





Hidrojen atomları koenzimlere aktarıldıkça, koenzim molekülleri de enerji kazanır. Böylece indirgenmiş koenzimler hidrojen ve ek enerji taşırlar. Bu geçici bir iş durumudur. Tepkimelerin diğer dizilerinde, koenzimler hidrojen verir ve yükseltilmiş şekillerine geri dönerler. Bu sırada, koenzimlerin taşıdığı fazla enerji ADP 'den ATP oluşturulmasında kullanılır. Oksijen, su meydana getirerek hidrojenin son alıcısı olarak rol oynar. Aşağıda bu işlemlerin bazı ayrıntıları değerlendirilecektir.

## ANAEROBİK SOLUNUM

### 6-6 Solunum Çeşitleri

Hücre solunumu işleminde, glikoz daha basit bileşiklere yıkılır. Glikoz molekülünde kimyasal bağlarda tutulan enerji açığa çıkarılır ve ADP ile fosfattan ATP oluşturmak için kullanılır.

Organizmaların pek çoğunda, solunum, serbest oksijenin varlığında yürütülür. Oksijen havadan veya içinde çözündüğü sudan sağlanır. Bu tür solunuma **aerobik solunum** denir. Aerobik solunumda, glikoz tamamen karbondioksit ve suya oksidize edilir ve kendisinden en yüksek miktarda enerji açığa çıkarılır.

Maya ve pek çok bakteri formlarını içeren bazı bir hücreli organizmalar, oksijen olmadan hücre solunumu yapabilirler. Buna **anaerobik solunum** denir. Anaerobik solunumda, glikoz molekülünün sadece kısmen bir yıkımı meydana gelir. Oransal olarak glikozdaki kimyasal enerjinin çok azı açığa çıkarılır ve ATP olarak depolanır.

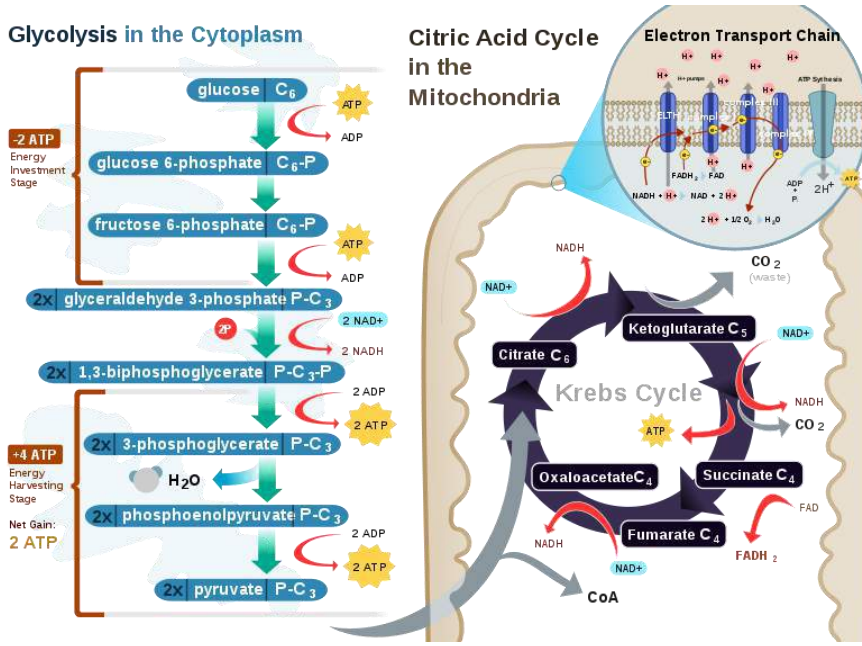
Aerobik ve anaerobik solunumun ilk adımları aynıdır. Bu nedenle, önce solunum bu iki şekilde ortak adımları kapsayan kimyasal yol incelenecektir.

### 6-7 Glikozun Yıkımı (Glikoliz)

Solunumun ilk adımları fosforilasyon tepkimeleridir. Bu tepkimelerde, iki fosfat grubu glikoz molekülüne tutturulur. Bu adımlar enerji *gerektirir*. Enerji ve fosfat grupları iki ATP molekülünün ADP 'ye yıkılmasından elde edilir. Enerjilenmiş glikoz molekülü, daha sonra kendisini fosfogliseraldehid (PGAL) denilen 3-karbonlu bir bileşiğin iki molekülüne parçalayan bir kimyasal tepkime dizisine girer. Ardından, PGAL iki hidrojen atomu kaybederek oksidize olur ve **pirüvik asit (pirüvat)** denilen 3-karbonlu başka bir bileşiğe değişir. PGAL 'ın oksidasyonu enerji salar. Bu enerjinin bir kısmı doğrudan iki ATP oluşturmak için kullanılır. Aynı zamanda, PGAL 'dan ayrılan hidrojen, NADH<sub>2</sub> oluşturan NAD tarafından alınır. NADH<sub>2</sub> de daha sonraki bir durumda ATP oluşturmak için kullanılacak bir miktar enerji taşır. Glikoz molekülünün 3-karbonlu pirüvik asit molekülüne yıkılması işlemine **glikoliz** denir (Şekil 6-2).

Glikoliz ile meydana gelen her bir pirüvik asit molekülüne karşılık, iki ATP oluşturulur. Bir glikoz molekülü parçalandığında iki pirüvik asit molekülü meydana gelir, her glikoz

molekülünden toplam dört ATP oluşturulur. Glikoz molekülünün enerjilenmesinde iki ATP kullanılır. Böylece glikolizin net enerji verimi, her bir glikoz molekülü için iki ATP 'dir.

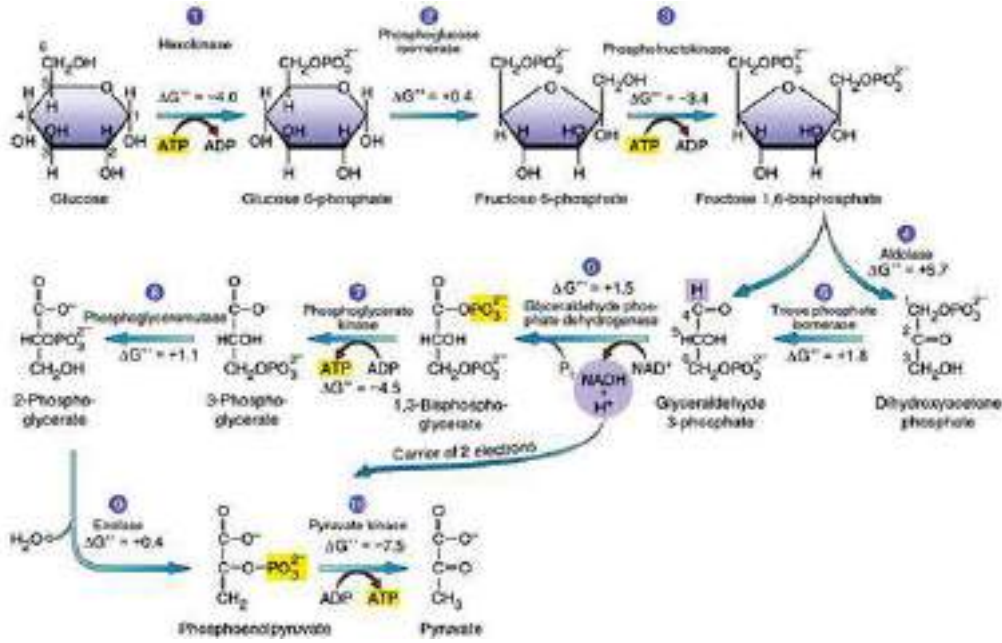


**Şekil 6-2. Glikoliz ve sitrik asit döngüsü**

Pirüvat bazı metabolik yollarda bir aracıdır ancak büyük bir bölümü asetil koenzim A veya acetyl-CoA'ya dönüştürülür ve sitrik asit (Krebs) döngüsüne girdi olarak gönderilir. Sitrik asit döngüsünde bir miktar ATP üretilse de, en önemli ürün acetyl-CoA'nın oksidasyonu ile NAD<sup>+</sup> 'dan elde edilen NADH'dır. Bu oksidasyonda atık bir ürün olarak karbondioksit açığa çıkar. Oksijensiz koşullarda, glikoliz, yeniden kullanılmak için NADH'ın NAD<sup>+</sup>'a tekrar okside eden **lactate** dehidrogenaz enzimi ile **lactate** üretir. Glikoliz yıkımında diğer bir seçenek yol koenzim NADPH'yı indirgeyen ve nükleik asitlerin şeker bileşeni olan riboz gibi beşli (pentoz) şekerleri üreten pentoz fosfat yoludur (Şekil 6-3).

Yağlar, hidroliz ile yağ asitleri ve gliserole yıkılırlar. Gliserol glikolize girer ve yağ asitleri, daha sonra sitrik asit döngüsüne girecek olan acetyl-CoA'a açığa çıkarmak için beta oksidasyon ile yıkılırlar. Yağ asitleri, yapılarında daha fazla oksijen bulunan karbohidratların oksidasyonundan daha fazla enerji verir.

Aminoasitler ya proteinlerin ve diğer biyolojik moleküllerin sentezi için kullanılır veya enerji kaynağı olarak üretilir ve karbondioksit yükseltgenirler. Oksidasyon yolu transaminaze ile amino grubunun ayrılması ile başlar. Amino grubu, bir keto asit yapısındaki deaminasyonla karbon iskeletinin ayrılmasıyla, üre döngüsüne sokulur. Bu keto asitlerden birkaçı sitrik asit döngüsüne sokulur, örneğin glutamete'nin deaminasyonu ile α-ketoglutarate oluşur. Glikojenik amino asit, glikogenesis ile glikoza da dönüştürülebilir.



**Şekil 6-3. Glikolizin tüm tepkimeleri**

Asetil koenzim A veya Acetyl-CoA metabolizmada önemli bir moleküldür ve pek çok biyokimyasal tepkimelerde kullanılır. Metabolizmanın aktarm merkezi olarak anılır. Temel işlevi, asetil grup ( $\text{CH}_3\text{CO}$ ) içindeki karbon atomlarını enerji üretiminde yükseltgenmek için sitrik asit döngüsüne (Krebs döngüsü) aktarmaktır. Koenzim A (CoASH veya CoA)'nın yapısı, bir amit bağı ile vitamin pantothenic aside bağlı bir  $\beta$ -mercaptoethylamine gruptan ibarettir. Acetyl-CoA asetil grubu  $\beta$ -mercaptoethylamine'nin sulfhydryl kısmına "yüksek enerjili" bir thioester ile bağlıdır. Acetyl-CoA'yı "yüksek enerjili" bir bileşik yapan bu thioester bağıdır. Bu thioester bağının hidrolizi yüksek ekzergoniktir (-31.5 kJ). Asetil-CoA glikolizde karbohidratların yıkımı yanında yağ asidi oksidasyonu sırasında üretilir ve sitrik asit döngüsüne girer.

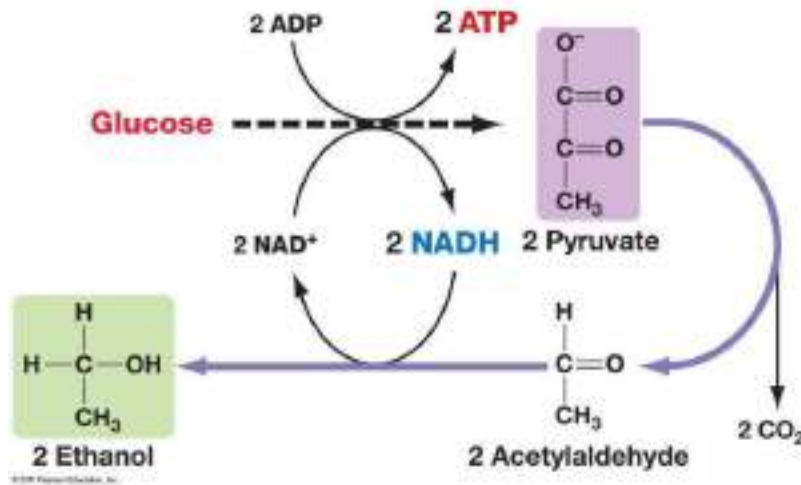
## 6-8 Mayalanma

Anaerobik organizmalarda, enerji glikoliz işleminden sağlanır. Bu işlemde, glikoz, pirüvik aside dönüştürülür ve NAD,  $\text{NADH}_2$  'ye indirgenir. Özel organizmanın metabolizmasına bağlı olarak, birkaç farklı kimyasal değişiklik izlenebilir. Her durumda pirüvik asit, tekrar kullanılabilir NAD 'ye yükselttiği  $\text{NADH}_2$  'den hidrojenleri alır. Ancak, hiç bir fazla ATP üretilmez. Bu sırada pirüvik asit diğer bileşiklere çevrilir. Maya hücrelerinde, pirüvik asit etil alkol ve karbondioksite dönüştürülür (Şekil 6-4). Belirli bakterilerde, örneğin sütte bulunan bakterilerde son ürün laktik asittir. Maya hücreleri anaerobik solunum yaptıkları için, pirüvik asit kademesinden ancak biraz daha ileri bir parçalanmayı gerçekleştirebilir. Fermantasyonda son elektron alıcısı, oksijen yerine, hayvanlarda laktik asit, mayalarda etanol, bazı bakterilerde gliserol ya da **sirke bakterilerinde asetik asittir.**

Hiç bir ek enerji açığa çıkarmadan, pirüvik asidin bazı diğer ürünlere dönüştürülmesi

sonucu olan glikolize **mayalanma** denir. Bazı endüstriyel işlemlerde doğal fermantasyondan yararlanır. Maya fermantasyonu ekmek yapımında kullanılır. Ekmek hamurunda, maya hücreleri karbondioksit ve alkole yıkarlar. Karbondioksit hamurun içinde, kabarmasına neden olan gaz kabarcıkları meydana getirir. Diğer çok iyi bilinen bir örnek içki ve diğer amaçlar için etil alkol yapımıdır. Alkol, pişirme sırasında buharlaşır. Mayalar bira, şarap ve diğer alkollü içkilerin yapımında kullanılır. Bu durumda, istenen ürün, fermantasyonla üretilen alkoldür. Kullanılan özel işleme göre, bir miktar karbondioksit içkinin içinde kalabilir veya kalmaz.

**(b) Alcohol fermentation occurs in yeast.**



**Şekil 6-4. Fermantasyon**

## AEROBİK SOLUNUM

### 6-9 Oksijenin Önemi

Anaerobik solunum ya da fermantasyonda, enerji üreden yegane işlem, glikozun parçalanmasından pirüvik asit oluşturulmasıdır. Bu işlem sırasında NAD tarafından alınan hidrojen, etil alkol gibi bir son ürün veren, pirüvik aside aktarılır. Fermantasyonun son ürünleri, aşağı yukarı meydana getirildikleri glikoz kadar enerjiye sahiptirler.

Solunum için çevredeki oksijeni kullanabilen bir hücre, bu son ürünlerde kalan enerjiyi açığa çıkarabilir. Oksijen, bu bileşiklerin oksidasyonu sırasında uzaklaştırılan hidrojeni alacağı için, hücre bunu yapabilir.

### 6-10 Krebs (Sitrik Asit) Döngüsü

Aerobik solunum, bir molekül glikozun iki molekül pirüvik aside parçalanması, iki molekül NAD 'nin iki molekül NADH<sub>2</sub> 'ye indirgenmesi ve net ürün iki molekül ATP olan glikoliz ile başlar. Bu adımlar aerobik ve anaerobik solunumun her ikisinde aynıdır.

Anaerobik solunumda, solunumla ilgili yolun sonunda, pirüvik asit  $\text{NADH}_2$  'den hidrojen alır. Aerobik solunumda, pirüvik asit daha başka yıkımlar geçirir ve enerji açığa çıkar. Glikoliz sırasında oluşan  $\text{NADH}_2$  'den de bir miktar enerji elde edilir.

Aerobik solunumun geri kalan adımları, hücrenin mitokondriumunda meydana gelir. Glikoliz ile üretilen pirüvik asit, karbondioksit,  $\text{NADH}_2$  ve 2-karbonlu bir bileşik oluşturacak reaksiyonu vereceği mitokondriuma girer. Bu 2-karbonlu bileşik, tamimiyle karbondioksit ve hidrojene yıkılmasıyla sonuçlanan bir tepkimeler dizisinin birincisini geçirir. Karbondioksit artık bir ürün olarak dışarı verilir. Hidrojen NAD veya FAD koenzimleri tarafından alınır.

Mitokondrium iki katlı bir zara sahiptir. İç zar derin olarak katlanmıştır ve geniş bir yüzey alanına sahiptir. Araştırmalar, aerobik solunum için gerekli enzimler, koenzimler ve diğer özel moleküllerin bu zar yüzeyinde yerleşmiş olduğunu göstermektedir. Bu moleküllerin, bu zarın yüzeyinde düzenlenmiş bir halde bulunmaları, bu işlemlerin tamamına olanak vermektedir.

Pirüvik asitten meydana gelen 2-karbonlu (2C) bileşikle başlayan bu kimyasal tepkimeler dizisine **Krebs döngüsü** denir (Şekil 6-5). Ayrıntıları, İngiltere'de Oxford Üniversitesi'nden Hans Krebs tarafından keşfedilmiştir. Bu başarısından ötürü 1953 yılında bir Nobel Ödülü almıştır. Krebs tepkimeler dizisinin tekrarlanan bir devre şeklinde olduğunu bulmuştur. Devrelerin parçası olan belirli organik asit molekülleri tekrar tekrar kullanılmaktadır. Bunlar, devirler sırasında başka bileşiklere dönüştürülür ancak tekrar orijinal şekillerine geri çevrilirler.

Devrenin her bir "döngüsü", bir pirüvik asit molekülünden gelen 2-karbonlu bir bileşiği gerektirir ve iki molekül karbondioksit ile dört çift hidrojen atomu verir. Ek olarak, bir

karbondioksit molekülü ve bir hidrojen atomu çifti devirden önce pirüvik asit molekülünden uzaklaşır. Hidrojen atomları  $\text{NADH}_2$  oluşturan, NAD tarafından toplanır. Pirüvik asitten açığa çıkan kimyasal enerjinin hemen tamamı hidrojen tarafından taşınır ve geçici olarak indirgenen koenzimlere aktarılır. Krebs çemberinin her bir döngüsü ile doğrudan yalnız bir ATP üretilir.

## 6-11 Elektron Taşıma Zinciri

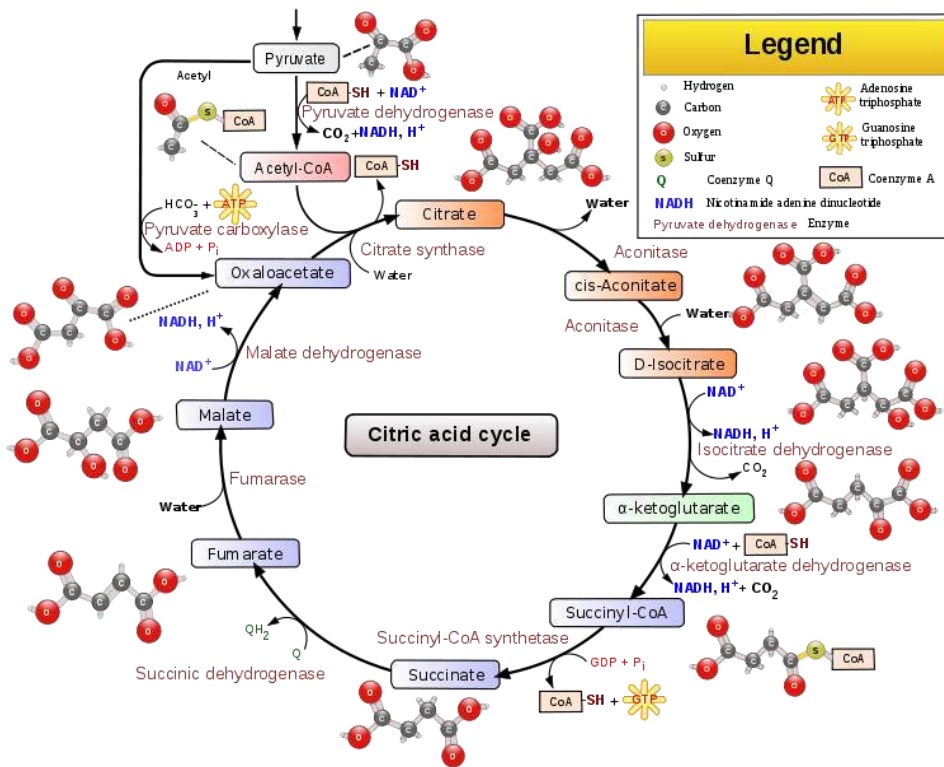
Şimdiye kadar aerobik solunumda, glikozun iki molekül pirüvik aside parçalanmasından iki molekül ATP ve Krebs çemberinin her bir döngüsünde bir ATP üretildiğini gördük (her bir glikoz molekülü için iki ATP). Her glikoz molekülü dört ATP 'nin bir toplamıdır. Glikozun yıkılmasıyla açığa çıkan mevcut tüm enerji  $\text{NADH}_2$  ve  $\text{FADH}_2$  'de hidrojenle taşınır. Bu enerji elektron **taşıma zinciri** adı verilen, enzimlerin ve koenzimlerin yüksek organizasyonlu bir sistemi tarafından ATP oluşturmada kullanılır.

Elektron taşıma zincirinde, oksidasyon-redüksiyon tepkimelerinin bir dizisi meydana gelir. Hidrojen atomları, zincirde  $\text{NADH}_2$  ve  $\text{FADH}_2$  tarafından taşınır. Hidrojen atomlarından gelen elektronlar daha sonra bir bileşikten diğerine geçer. Zincir boyunca üç

noktada, elektronlar bir miktar enerji verir ve ATP molekülleri oluşturulur. Tam olarak, hücrelerin pek çoğunda her bir glikoz molekülü için, elektron taşıma zinciri ile 32 ATP üretilir. İki ATP doğrudan glikolizden ve 2 ATP Krebs çemberinden geldiği için, aerobik solunum her bir glikoz molekülünden toplam 36 ATP üretebilir.

Bu işlemde son adım serbest oksijen gerektirir. Oksijen, birleşerek su oluşturduğu, hidrojenin son alıcısı olmaktadır.

Hücre sel solunumla üretilen suya *metabolik su* denir. Bu su hücre tarafından kullanılabilir veya artık ürün olarak dışarı verilebilir. Kanguru, sıçan gibi çöl hayvanları için, metabolik su hayatta kalmak için gerekli bir su kaynağıdır.



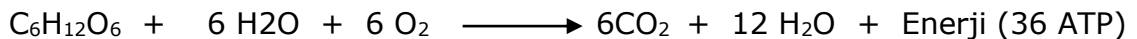
**Şekil 6-5. Krebs Döngüsü**

## 6-12 Aerobik Solunumun Net Tepkimeleri

Aerobik solunumun tüm adımlarının net sonucu çoğunlukla aşağıdaki kimyasal eşitlikte özetlenir:



Bu eşitlik biraz fazla basitleştirilmiştir. Krebs çemberinde hammadde olarak, suya ihtiyaç duyulur. Şekil 6-4'te birer molekül suyun Krebs döngüsüne girdiği üç ayrı yer görülmektedir. Krebs çemberi her bir glikoz molekülü için iki kere işlediği için, yıkılan her bir glikoz molekülü için 6 molekül suya gereksinim vardır. Bu su, eşitlikte hammadde olarak gösterilmelidir. Bu nedenle eşitlik şu şekilde yazılmalıdır.



### 6-13 Hücresel Solunumun Etkinliği

Glikozun oksidasyonu, çoğunlukla hücre solunumunun enerji veriminin bir ölçüsü olarak kullanılır. Anaerobik solunumda, glikoliz yolu, her bir glikoz molekülünden iki ATP 'lik net bir verim sağlar. Solunumun bu türü, glikozun potansiyel enerjisinin çoğunu son fermantasyon ürünlerinde bıraktığından, oransal olarak verimsizdir. Bununla birlikte, bu yöntem, bakteri ve mayalar gibi pek çok basit organizmaların enerji ihtiyaçları için yeterli olmaktadır.

Aerobik solunum, glikozun her molekülünden, mayalanmadakinden tam 20 kat kadar fazla enerji sağlar. Üstelik, çok etkili bir işlemdir. Glikozun oksidasyonundan kuramsal olarak sağlanabilecek toplam enerjinin yaklaşık % 45'i, aerobik solunumdan sonra ATP olarak depolanır. Bir karşılaştırma yapılırsa, bir otomobil motoru, yakıtının yaklaşık % 25 'ini ancak verimli işe dönüştürebilir.

### 6-14 Kas Yorgunluğu ve Oksijen Açığı

Aerobik solunum yeteneğine sahip bazı organizmalar, serbest oksijen sağlayamadıklarında, kendi başına anaerobik solunumla işlev yapabilirler. Örneğin, maya hücreleri, oksijen stoku bol olduğunda aerobik solunumu çalıştırır, fakat oksijen yokluğunda anaerobik solunumla yaşar ve gelişirler. İnsanlar ve diğer hayvanlardaki kas hücreleri, normal olarak enerji ihtiyaçlarını aerobik solunumla sağlarlar. Bununla birlikte, sadece glikolizden sağlanan enerji ile, yeterli olmasa da, kısa bir süre için işlev görebilirler.

Yoğun veya uzamış bir fiziksel faaliyet süresi sırasında, kas hücreleri solunum ve dolaşım sisteminden sağlayabildiklerinden daha hızlı oksijen harcayabilirler. Oksijen sağlanması çok azaldığında, elektron taşıma zinciri işlev yapamaz. Bu, NADH<sub>2</sub> ve FADH<sub>2</sub> 'nin mitokondrilerde biriktiği ve tekrar kullanıma sokulamadığı demektir. Bu, Krebs çemberini işi bırakmaya zorlar.

Bu durum altında, kas hücreleri glikoliz ile enerji açığa çıkarmaya devam ederler, fakat pirüvik asit hidrojen alıcısı olur ve laktik aside dönüştürülür. Kas hücrelerinde laktik asit birikimi yorgunluk duyusu meydana getirir ve hücrelerin normal işlerini yapmalarını kademeli olarak azaltır.

Bu hücreler bir dinlenme süresine veya normal bir duruma gelebilecek azaltılmış aktiviteye gereksinim gösterirler. Bu zaman süresince, taze oksijen sağlanması laktik asidin pirüvik aside geri okside olmasına izin verir ve biriktirilen hidrojen, elektron taşıma zincirine geçirilir. Laktik asidin ortadan kaldırılması için gerekli oksijen miktarına **oksijen açığı** denir. Ağır faaliyetler sırasında, soluk ve kalp hızı, kaslara daha fazla gereken oksijenin verilmesini düzenlemek için yükselir. Yoğun faaliyet durduğunda, soluk ve kalp hızı bir süre yüksek kalır. Bu sırada, fazladan alınan oksijen, önceki gayret zamanındaki oksijen açığını karşılamak içindir.

## KATABOLİZMA VE METABOLİZMA

### 6-15 Hücrede Yıkım ve Sentez

Aerobik solunumun değerlendirilmesi, hücreye enerji sağlamada glikozun yıkımı üzerine odaklanmıştır. Organizmaların pek çoğunun besinleri, glikozu basit şekliyle içermez. Glikoz daha karmaşık karbonhidratların yıkımından veya sindiriminden sağlanır. Aerobik solunum yapan hücreler, yağlar ve proteinler gibi diğer besin maddelerinden de enerji açığa çıkarabilirler. Bu maddeler yıkılır ve solunum yolunun bazı ara noktalarına girebilecek bileşiklere dönüştürülür. Bu nedenle, glikolizle üretilen pirüvik asit, Krebs çemberine girebilen tek kaynak bileşik değildir.

Bir organizmanın besin stokundaki proteinler ve yağlar vücutta kullanmak için sindirimle yıkılırlar. Organizma dokularının parçası olmakla birlikte, protein ve yağlar sürekli yıkılır ve tekrar oluşturulur. İnsan vücudundaki hücrelerde, vücut proteinlerinin yaklaşık yarısı her 80 günde yıkılır ve yeniden oluşturulur. Bazı proteinler her 10 günde bir değiştirilir. Bazı karaciğer enzimleri 2 saatten daha kısa devrede yok edilir ve yeniden yapılır.

Daha önce de açıklandığı gibi, hücrede veya bir organizmanın hücrelerinde meydana gelen tüm kimyasal tepkimeler onun metabolizmasını oluşturur. Sadece yıkım tepkimelerinden ibaret metabolizma fazına katabolizma denir. Bu tepkimeler çoğunlukla enerji verirler. Katabolik işlemleri dengeleyen tamamlayıcı metabolizma fazına anabolizma denir. Anabolizma, hücrenin sürekli işlevleri için gerekli olan materyallerin yapım ya da sentezi ile sonuçlanan tepkimeleri kapsar. Bu reaksiyonlar için bir enerji girdisi gerekir. Kısacası, hücrelerde, enerji-üreten ve enerji-gerektiren tepkimeler eşzamanlı ve birbirine bağımlı olarak meydana gelir.



# 7-11 HAYVANLARDA BESLENME, DOLAŞIM, SOLUNUM, BOŞALTIM VE HAREKET

## BESLENME İŞLEMİ

### 7-1 Besinler

Bütün canlı organizmaların besine ihtiyacı vardır. Enerji, büyüme ve onarım materyalleri, besinlerden sağlanır. **Beslenme**, organizmaların canlılık işlemlerini yürütmek için kullanacakları kendi protein, yağ, polisakkarit ve nükleik asitlerine dönüştürecekleri besinleri sağlamaları işlemidir.

Tüm yiyecekler, metabolizmada kullanılacak **besin maddeleri** içerir. Bazı besinler basit inorganik bileşiklerdir. Diğerleri daha karmaşık organik bileşiklerdir. Bazıları organizma içinde sentezlenebilir, bazılarının mutlaka çevreden alınması gerekir. Canlı organizmaların gerek duyduğu besin maddeleri proteinler, karbonhidratlar, yağlar, vitaminler, mineraller ve suyu kapsar. Bu besin maddelerinin kaynakları ve işlevleri Tablo 7-1 'de verilmiştir.

Bu besin maddelerine ek olarak, pek çok yiyecek **lifli gıdalar** denilen sert, sindirilmeyen materyaller içerir. Yiyeceklerimizde, lifli gıdaların başlıca çeşidi selülozdur. Selüloz meyvelerin hücre duvarlarında, sebzelerde ve tahıllarda bulunan sindirilmeyen bir materyaldir. Lifli gıdalar sindirim borusunun kaslarını uyarır ve böylece besinlerin içinde hareketini sağlar.

### 7-2 Besinlerin Enerji İçerikleri

Canlı organizmalar canlılık işlemlerini yürütmek için enerjiye ihtiyaçları vardır. Bu enerji, pek çok durumda, besinlerden sağlanan karbonhidrat, yağ ve proteinlerin kimyasal yıkımından elde edilir. Hücre solunumunun değerlendirilmesinde açıklandığı gibi, enerji bir dizi küçük adımlarda açığa çıkarılır ve daha sonraki kullanım için ATP moleküllerinde depolanır.

Hücresel solunumla besinin belirli bir miktarının kademeli yıkımı ile açığa çıkarılan toplam enerji miktarı, hızlı bir işlem olan yanmayla açığa çıkarılabilecek enerjiye eşdeğerdir. Bir besin örneğinin enerji içeriği, bu örneğin tamamının yıkımının vereceği enerji miktarıdır. Bu, bir besin örneğinin tamamen yakılması ve verdiği ısı miktarının ölçülmesiyle belirlenir. Bir besin örneğinin enerji içeriğini ölçmede kullanılan cihaza *kalorimetre* denir.

Besinin enerji içeriğini ölçmede kullanılan birim **kalori**dir. Bu 1 gram suyun sıcaklığını 1 °C yükseltmek için gerekli ısı miktarıdır. Kalori, besinin enerji içeriğini saptamak için

kullanışlı olmayan çok küçük bir birimdir. Besinlerin enerji içeriklerini ölçmek için kullanılması tercih edilen birim **kilokalori**dir. Bir kilokalori bin kaloridir ve 1 kilogram suyun sıcaklığını 1 °C yükseltmek için gerekli ısı miktarıdır.

**Tablo 7-1. İnsan Metabolizması İçin Önemli Besinler**

| Besin                             | İşlevleri   | Kaynakları   |
|-----------------------------------|---|--|
| Karbonhidratlar (şeker & nişasta) | Vücut işlemlerine enerji sağlar   | <i>Şeker:</i> meyve ve çay şekeri, tatlılar, şuruplar, pelte<br><i>Nişasta:</i> ekmek, tahıl, patates, pirinç, mısır, bakla, makarna |
| Katı yağlar ve Sıvı yağlar        | Enerji sağlar; vücutta yakıt olarak depolanır   | Margarin, tereyağı, pişirme yağları, et yağı, kabuklu mey.   |
| Proteinler                        | Büyüme ve vücut dokularının onarımı; enerji sağlayabilir                                  | Et, süt, balık, yumurta, fasulye, bezelye  |
| Su                                | Kimyasal tepkimeler için çözücü, materyallerin taşınımı                                   | İçme suyu ve diğer içecekler; çoğu yiyecekler; metabolik su  |
| Mineraller                        | Vücudun yapımı; metabolizmanın düzenlenmesi   | Et, süt, sebzeler, meyve   |
| Kalsiyum                          | Kemikleri ve dişleri yapar; normal kas hareketi ve kanın pıhtılaşması için gerekli        | Süt ve süt ürünleri, yapraklı sebzeler, meyveler   |
| Fosfor                            | ATP, ADP v.b.'nin yapısal parçaları; kemikleri yapar                                      | Süt ve süt ürünleri, yapraklı sebzeler, meyveler   |
| Demir                             | Hemoglobinin bileşeni   | Karaciğer, kırmızı et, yumurta, yeşil yapraklı sebzeler  |
| İyot                              | Tiroid hormonunun bileşeni  | Deniz ürünleri, iyotlu sofrata tuzu  |
| Vitaminler                        | Çoğu metabolik reaksiyonlarda koenzim olarak ödev yapar. Hastalıklara yenik düşmeyi önler | Değişik besinler   |
| A                                 | Büyüme, gece görme yeteneği   | Sebzeler, meyve  |
| D                                 | Sağlıklı kemik ve dişler için, raşitizmi önler  | Yumurta, et, süt   |
| C                                 | Vücut dokularını sağlıklı tutar, iskorbütü önler  | Narenciyeler, domates  |
| B (bileşik)                       | Hücre metabolizmasında koenzimler   | Karaciğer, yumurta, süt, katkılı ekmek, tahıl ürünleri   |

Bir kalorimetrenin kullanılmasıyla, 1 gram karbonhidrat veya 1 gram proteinin serbest bıraktığı ısı miktarı yaklaşık 4 kilokalori olarak belirlenmiştir. Diğer taraftan, 1 gram yağ 9 kilokalori ısı salar. Yağ, aynı ağırlıktaki karbonhidrat veya proteinden iki kattan daha fazla kalori içerir. Kilo kaybetme perhizlerinin çoğunda yağ tüketiminin kısıtlanması bundandır.

Bireylerin günlük kalori gereksinimleri değişiktir. Genel olarak gençler yaşlılardan, erkekler kadınlardan, faal olanlar faal olmayanlardan daha fazla kaloriye gereksinim duyarlar. Yiyecekleri, ihtiyacından çok kalori içerenler kilo alır, az olanlar kilo kaybeder.

### 7-3 Beslenme Türleri

Organizmaların ihtiyaç duydukları besinleri sağlamalarının iki temel yolu vardır. Bazı organizmalar bu besinleri basit inorganik maddelerden yapma ya da sentezleme yeteneğindedir. Bu organizmalar **ototroflardır**. Yeşil bitkiler, yeşil algler ve değişik diğer mikroorganizma çeşitleri ototroftur. Ototrofların pek çoğu, kendi organik bileşiklerini yapmak için ışık enerjisi ile çevrenin karbondioksit ve suyunu kullandıklarından fotosentetiklerdir. Bu organizmalara *fototroflar* denir. Bununla birlikte, bazı ototrof bakteri çeşitleri, enerji kaynağı olarak ışık kullanmazlar. Bunlar kemosenetiklerdir, enerjiyi, özel kimyasal tepkime çeşitlerinden sağlarlar. Bu organizmalara *kemotroflar* denir. Kendi organik besinlerini sentezleyemeyen organizmalar **heterotroflardır**. Bütün hayvanlar ve belirli mikroorganizma çeşitleri heterotroftur. Bu tür organizmalar besin içeriklerini diğer bitki veya hayvanların hazırladığı besinlerden almak veya yemek zorundadırlar.

### 7-4 Sindirim

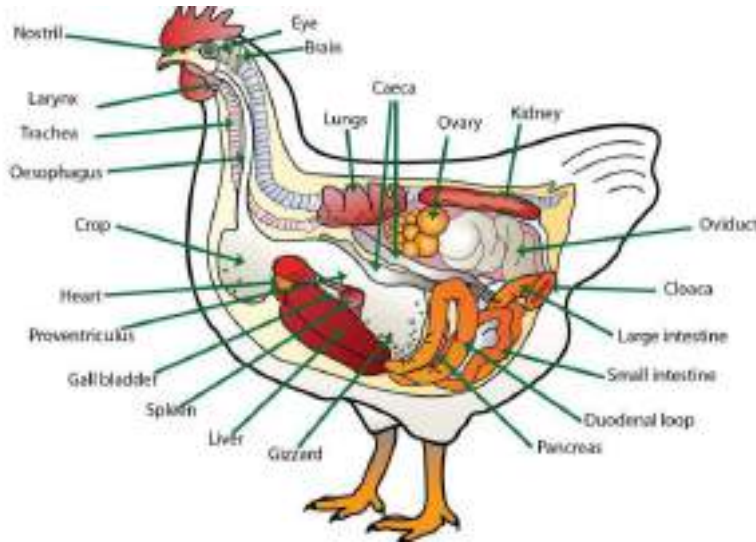
Bir organizmada hücrelerin kullanacağı bir besinin, mutlaka hücre zarlarından geçmesi gerekir. Yiyeceklerdeki besin molekülleri, çoğunlukla hücre zarlarından geçemeyecek büyüklüktedir. Bu yüzden, hücrelerin kullanacağı besin moleküllerinin çoğunun daha küçük ve basit şekillere parçalanması gerekir. Besin moleküllerinin parçalandığı bu işleme **sindirim** denir.

*Sindirim* terimi çoğunlukla, besinlerin basit bileşiklere kimyasal parçalanmasını ifade eder. Pek çok organizmada, besin parçaları kimyasal değişikliğe uğramadan, önce kesilir, ezilir ya da küçük parçalara ayrılır. Bu işlem besinlerin mekanik parçalanmasını sağlar. Kimyasal sindirim, besin taneciklerinin yüzeyinde görev yapan, sadece sindirim enzimleri tarafından yürütülür. Böylece, mekanik parçalanma, daha fazla besin yüzeyini sindirim enzimlerinin işleyişi ile karşı karşıya getirerek, besinleri, daha hızlı bir kimyasal sindirim için hazırlar. Kimyasal sindirim, mekanik sindirim gibi değişik evrelerde meydana gelir. Büyük moleküller daha küçük moleküllere bölünür, arkasından bunlar daha da basit şekillere parçalanır. Kullanılabilir en basit sindirim ürünleri, sindirimin son ürünleridir.

Omurgalı hayvanların sindirim organları omurgasızlara göre daha fazla farklılık gösterir. Omurgalılar, kullandıkları besin çeşidine göre **otçullar (herbivor), etçiller (karnivor) ve otçul-etçiller (omnivor)** olmak üzere üç grupta incelenirler. Bu canlılarda kullanılan besinin sindirimine uygun olarak ağız, dil, diş, mide ve bağırsak yapılarında farklılık görülür.

Kuşlarda ağız, keratinden oluşan gaga şeklinde farklılaşmıştır. Gaga ile yakalanan ve tutulan besinler hiçbir sindirime uğratılmadan yutak ve yemek borusundan kursağa

iletilir. Karsakta ıslatılan ve biriktirilen besinler, belirli aralıklarla yine yemek borusu ile bezli mideye aktarılır. Bezli midede, mide özsuları ile yumuşatılan besinler, taşlığa gönderilir. Kuvvetli kas yapısına sahip olan taşlıkta, besinler taş parçaları gibi sert cisimlerin etkisiyle fiziksel sindirime uğratılır. İnce bağırsağa ulaşan besinler pankreas ve karaciğerin salgılarıyla kimyasal olarak sindirilir (Şekil 7-1).



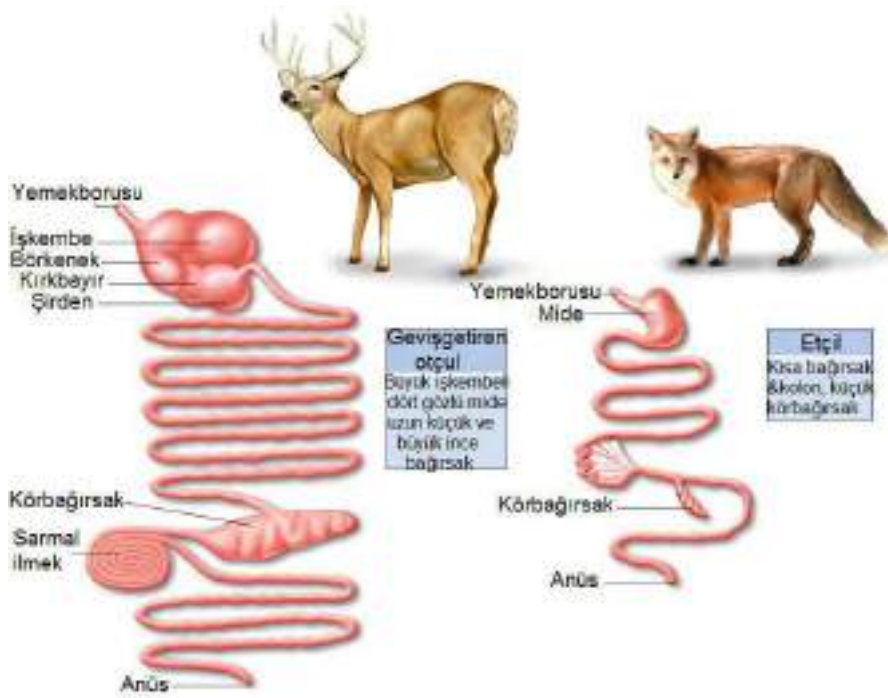
### Şekil 7-1. Kuşlarda sindirim sistemi

Ayrıca körbağırsakta bazı bakterilerin yardımıyla selülozun da sindirimi gerçekleştirilir. Meydana gelen besin monomerleri ince bağırsaktan kılcal damarlara emilerek kana geçer. Sindirim sonucu oluşan artıklar ise kalınbağırsağa geçer. Kalınbağırsakta suyun son emilimi de yapıldıktan sonra sindirim artıkları **kloaktan** vücut dışına atılır.

Memelilerde, kullanılan besin çeşidine göre sindirim organlarında bazı farklılıklar görülür. Etçil memelilerde kesici olan ön dişler, otçul memelilerde ise öğütücü olan azı dişler daha iyi gelişmiştir. Otçulların sindirim kanalı etçillere göre daha uzundur (Şekil 7-2). Geviş getirmeyen otçul memelilerin mideleri tek bölmeli olmasına rağmen geviş getiren otçulların mideleri dört bölmelidir. Bu bölmeler yemek borusundan sonra sırasıyla **işkembe, börkenek, kırkbayır** ve **şirden** olarak isimlendirilir.

Geviş getiren memelilerde ağızdan alınan besinler, az çiğnenmiş olarak önce işkembe ve börkenekte geçici olarak depolanır. Bu bölümlerde simbiyotik yaşayan bazı bir hücreli mikroorganizmaların salgıladığı enzimlerle kısmen selülozun sindirimi gerçekleştirilir. Daha sonra ağıza geri getirilen besinler, dişler yardımıyla fiziksel sindirime uğrar. Geviş getirme denilen bu olayın sonucunda ikinci kez yutulan besinler doğrudan kırkbayır ve şirdene iletilerek kimyasal olarak sindirilir. Buradan ince bağırsağa geçen besinler daha sonra kana emilerek hücrelere taşınır.

Otçullarda, bağırsakların etçillere göre daha uzun olması ve geviş getirenlerde midenin dört bölmeli olması bitkisel besinlerdeki selülozun sindirimi ile ilgili özelliklerdir.



**Şekil 7-2. Memelilerde, besin çeşidine göre sindirim organlarındaki farklılıklar**

## TAŞINIM İŞLEMİ

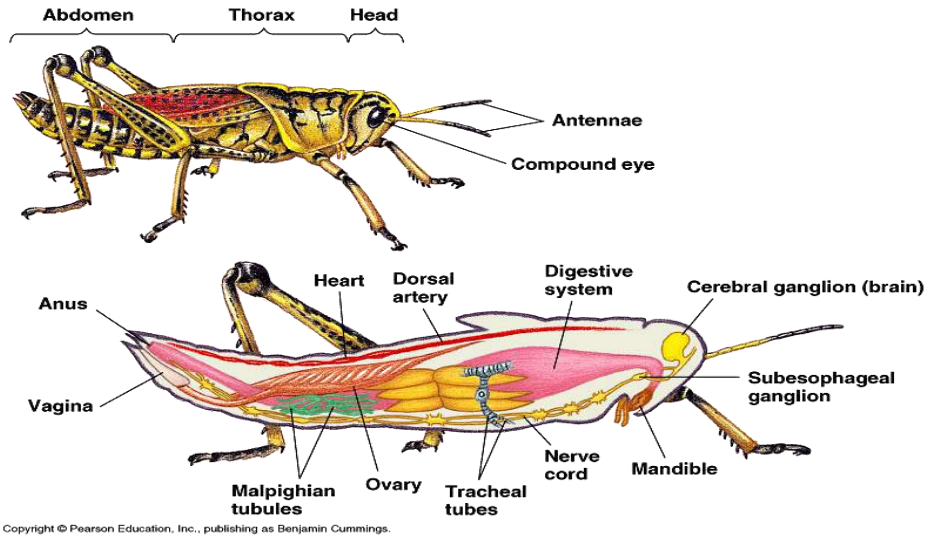
### 8-1 Emilim ve Dolaşım

Her hücre canlılık işlemlerini yürütmek için çevresindeki maddelere gereksinim duyar. Bu maddeler, hücreye girmek için, *emilim* denilen işlemle hücre zarından geçmek zorundadır. Hücre içinde, maddeler önce kullanılacakları veya depo edilecekleri yere hareket ettirilir. Çok hücreli organizmalarda, materyaller ayrıca organizmanın bir parçasından diğerine taşınırlar. Bir hücre içinde veya bir organizmanın parçaları arasında materyallerin hareketine **dolaşım** denir. Taşınım terimi, maddelerin hücreye girip-çıktığı ve organizma içinde hareket ettiği dolaşım ve diğer işlemleri ifade eder.

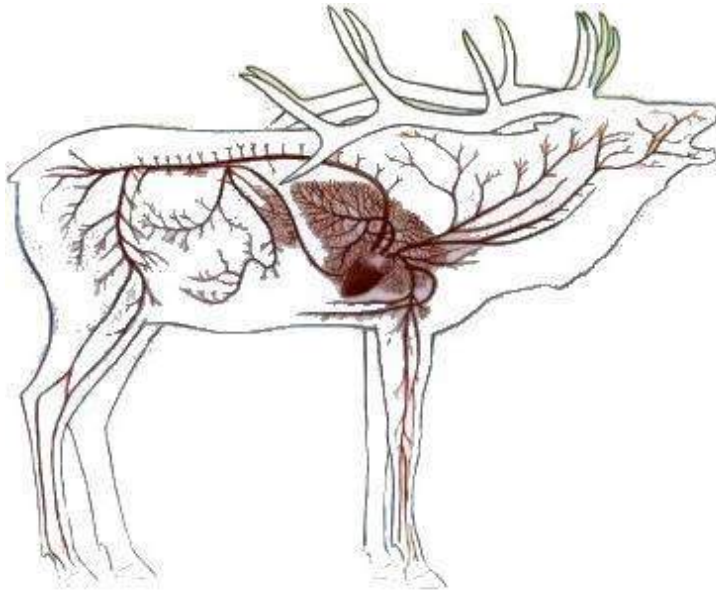
Basit organizmalarda, difüzyon, aktif taşıma ve sitoplazmik akıntı işlemleri, materyallerin hücre içinde ve hücreler arasındaki dolaşımı için yeterlidir. Bununla birlikte, büyük ya da karmaşık organizmalarda, pek çok hücre dış çevreden uzaktır. Bu tür organizmaların, materyalleri organizmanın tüm kısımlarına hareket ettirecek özel bir dolaşım sistemine ihtiyacı vardır. Dolaşım sistemi organizmanın hücrelerini çevresiyle birleştirir.

Bir dolaşım sisteminin üç bileşeni vardır. Bunlar: (1) taşınan materyallerin içinde çözüldüğü bir sıvı, (2) bu sıvının, içinde aktığı borular ağı veya vücut boşluğu ve (3) bu sıvıyı bu borularda veya boşluklarda yürüten bir araçtır. Hayvanlarda, dolaşım sıvısı

çoğunlukla *kan* adını alır. Bu sistem içinde kanı pompalayan organa *kalp* denir. Dolaşım, farklı şekilleri olan, açık ve kapalı dolaşım sistemleri ile sağlanır (Şekil 7-3 ve 4).



**Şekil 7-3. Çekirgede açık dolaşım**



**Şekil 7-4. Memeli bir türde kapalı dolaşım**

## KANIN BİLEŞİMİ

### 8-2 Kanın İşlevleri ve Bileşenleri

Kan, insan ve diğer omurgalılarda sıvı, taşıma dokusudur. Kan sıvı olduğu için, çözülmüş ve asılı materyalleri taşıyabilir. Solunum gazları, besin maddeleri, hücresel atıklar ile enzim ve hormonlar gibi düzenleyici maddeleri taşır.

Kan, **tüm vücut** işlevlerinin düzenlenmesini destekler. Kimyasal durumu, pH'ı, hücrelerin ve vücut sıvılarının su içeriğini korur ve düzenler. Kan ayrıca vücut sıcaklığının düzenlenmesine katılır.

Kan vücudu korur. Beyaz kan hücreleri ve kanda bulunan belirli maddeler vücudu hastalık yapan mikroorganizmalara karşı korur. Kanın pıhtılaşma yeteneği, dolaşım sistemini, bir yaradaki sıvı kaybının neden olabileceği yıkımdan korur.

Ortalama insan vücudu yaklaşık 5.5 litre kan içerir. Kan, **plazma** adı verilen bir sıvı içinde asılı hücrelerden yapılmış yegane dokudur. Kanın toplam hacminin yaklaşık %55 'ni plazma, yaklaşık %45 'ini de hücreler ya da *şekillenmiş elementler* oluşturur. Şekillenmiş elementler kırmızı kan hücreleri, beyaz kan hücreleri ve trombositleri kapsar. Şekillenmiş element hacminin çoğu kırmızı kan hücreleridir.

### 8-3 Plazma

Plazma berrak, saman renkli bir sıvıdır. Esas olarak su (%90 dolayında) ve çözülmüş proteinlerden (%7 dolayında) ibarettir. Ayrıca, tuzlar, glikoz, amino asitler, yağ asitleri, vitaminler, hormonlar ve hücresele atıklar içerir.

Kan plazmasında bulunan üç çeşit protein *albümin*, *globulinler* ve *fibrinojen*dir. Plazma proteinlerinin en bolu olan albümin, hücrelerarası boşluklarda, plazmanın kılcal damarların dışına difüzyonunu düzenleyen bir ozmotik eğime neden olur. Globulinler belli sayıda farklı işlevlere hizmet derler. Bazı globulinler proteinler ve diğer maddelerin vücudun bir kısmından diğerine taşınmasına katılırlar. Diğer globulinler, özellikle gamma globulinler, enfeksiyonlara karşı vücudun savunulmasında büyük bir rol oynarlar. Fibrinojen kanın pıhtılaşmasında önemlidir.

### 8-4 Kırmızı Kan Hücreleri

Kırmızı kan hücreleri ya da **eritrositler**, büyük bir farkla kandaki en çok sayıdaki hücrelerdir (kanın her milimetre küpünde yaklaşık 5 milyon). Esas işlevleri, oksijenin akciğerlerden organ dokularına ve karbondioksitin dokulardan akciğerlere taşınmasıdır. Kırmızı kan hücreleri, merkezleri, etrafındaki kenardan daha ince olan, disk şeklinde hücrelerdir. Bununla birlikte, kolaylıkla şekil değiştirirler. Kanın karakteristik kırmızı rengini veren demir içerikli pigment, *hemoglobin* ile doludurlar. Hemoglobin oksijen ve karbondioksitin taşınmasında işlev görür.

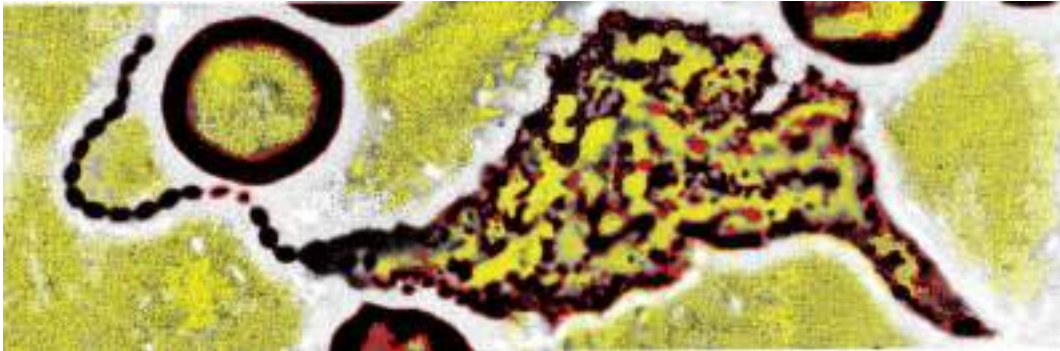
Memelilerde embriyo gelişimi sırasında, kırmızı kan hücreleri karaciğer, dalak ve lenf düğümlerini içeren çeşitli organlar tarafından meydana getirilir. Ancak, doğumdan sonra, normal olarak sadece kemik iliği tarafından üretilirler. Olgun kırmızı kan hücreleri çekirdek içermez. Yaklaşık 120 gün canlı kalırlar. Eskimiş kırmızı kan hücreleri karaciğer ve dalak tarafından dolaşımdan uzaklaştırılır ve yıkılır. Hemoglobin molekülünün demiri vücut tarafından yeniden kullanılır.

Anemi bir ferдин çok az kırmızı kan hücrelerine veya yetersiz hemoglobine sahip olması durumudur. Anemide, vücut hücreleri yeterli miktarda oksijen alamazlar. Bazı anemi şekilleri, vitamin B<sub>12</sub> enjeksiyonu veya demiri bol besinlerin alınması ile tedavi edilebilir.

### 8-5 Beyaz Kan Hücreleri

*Beyaz kan hücreleri* ya da **lökositler**, vücudu bakteri ve diğer mikroorganizma enfeksiyonlarına karşı korur. Beyaz hücreler kırmızı hücrelerden daha büyüktür ve kırmızı hücrelerin aksine bir veya daha fazla çekirdek içerirler. Lökositler kemik iliği ve lenfal dokular tarafından meydana getirilir. Olgun lökositler kan dolaşımına girer. Kılcal damar çeper hücrelerinin arasından sıkışabilir ve vücut dokularına geçebilirler. Vücudun belirli bir yerinde bir enfeksiyon olduğunda, lökositler orada toplanır.

Yapısal olarak, beyaz kan hücrelerinin birkaç farklı çeşidi vardır. Bununla birlikte, işlevleri bakımından, lökositler iki grup altında toplanır. Bir çeşidi, mikroorganizma ve diğer maddeleri yutan *fagositoz* olarak rol oynar (Şekil 7-5). İkinci çeşit, vücuda giren yabancı maddeler veya mikroorganizmalara saldıran protein molekülleri olan *antikorların* üretimine katılırlar.



**Şekil 7-5. Beyaz Kan Hücresinin Bir Bakteri Zincirini Yutması**

Normal olarak, kanın her milimetreküpünde sadece 6,000 ile 8,000 arasında beyaz kan hücresi vardır. Ancak, vücutta bir enfeksiyon olduğu zaman, bu sayı milimetreküpte 30,000 'e kadar çıkabilir. Fagositik lökositler arasında, çoğu ölmeden önce 5 ile 25 arasında bakteri yutabilir. Enfekte olmuş bir yara yerinde meydana gelen ince sarımsı sıvı, aslında bakterileri yuttuktan sonra ölen beyaz kan hücrelerinden ibarettir.

*Lösemi*, beyaz kan hücreleri sayısının kontrolsüz artışı olan bir kan kanseri şeklidir. Günümüzde, bazı kan kanseri formları kontrol edilebilmekte hatta ilaçla tedavi edilebilmektedir.

### 8-6 Trombositler

**Trombositler**, kemik iliğinde oluşturulan, küçük, yuvarlak veya oval bir çeşit kan hücresi parçacıklarıdır. Çekirdeği olmayan trombosit, hücre zarıyla çevrili bir sitoplazma



kırıntısından ibarettir. Kanın her milimetreküpünde, çoğunlukla 200,000 ile 400,000 arasında trombosit vardır. Trombositler, kanın pıhtılaşma işlemini başlatır.

## SOLUNUM İŞLEMİ

*Hücresel solunumu* işleminde besinler yıkılır ve enerji açığa çıkarılır. Bazı mikroorganizmalar dışında, hücre solunumu oksijen gerektiren aerobik solunumdur. Aerobik hücre solunumunun son ürünleri karbondioksit ve sudur. Bu yüzden, aerobik solunum yapan tüm organizmaların, çevreden oksijen alma ve karbondioksiti dışarı atma problemleri vardır. Bir canlı organizmanın, çevresiyle oksijen ve karbondioksit değişimi yaptığı işleme **solunum** denir.

### 9-1 Solunum Yüzeyi

Bir organizma ile çevresi arasındaki oksijen ve karbondioksit değişimi, bu gazların bir sınır yüzeyden geçişini kapsar. Gaz değişiminin meydana geldiği bu yüzeye **solunum yüzeyi** denir (Şekil 7-6). Bir solunum yüzeyi şu karakteristiklere sahip olmalıdır: (1) İçinden hızlı difüzyon olması için, ince çeperli olmalıdır. (2) Oksijen ve karbondioksit çözelti içinde bulunacağından, ıslak olmalıdır. (3) Bir oksijen kaynağı ile temasta olmalıdır. (4) Çok hücreli organizmaların **çoğunda**, çözülmüş materyalleri organizmanın hücrelerine götürüp getiren taşıma sistemi ile yakın temasta olmalıdır.

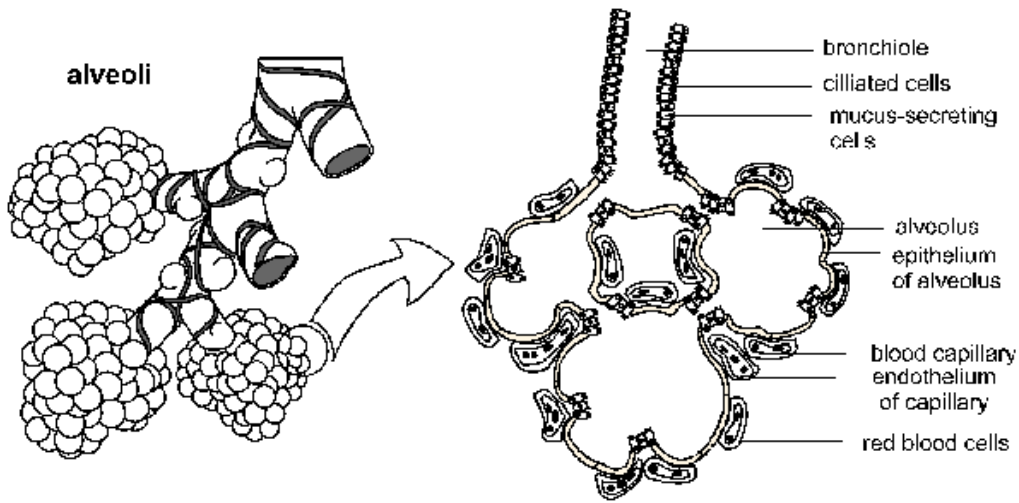


**Şekil 7-6. Bazı hayvanlarda solunum yüzeyleri**

Solunum yüzeyinde gaz değişimi difüzyonla meydana gelir. Gaz değişiminin yönü, solunum yüzeyinin her iki tarafındaki gazların konsantrasyon eğimleri tarafından belirlenir. Oksijen, organizmaların dokularında tüketildikçe, daha çok oksijen içeri difüze olur. Dokulardaki karbondioksit konsantrasyonu yükseldiğinde, bu gaz dışarı difüze olur. Solunum yüzeyi ne kadar büyükse, belirli bir zaman diliminde meydana gelen gaz değişim miktarı o kadar fazladır.

Protistler ve çok küçük çokhücreli hayvanlarda, solunum gazlarının difüzyonu, hücre ile çevresi arasında doğrudan meydana gelir. Ancak, daha büyük hayvanlarda, vücut hücrelerinin pek çoğunun dış çevre ile temasları yoktur ve bu yüzden doğrudan difüzyon, bir gaz değişim mekanizması olarak görev yapamaz. Ek olarak, büyük hayvanlar, önemli ölçüde bir gaz alışverişini önleyen pul, kürk veya deri gibi koruyucu bir dış katmana sahiptirler. Bu yüzden, çokhücreli büyük hayvanların, özelleşmiş organ veya organ sistemleri içinde solunum yüzeyleri vardır (Şekil 7-7).

İnsanda akciğerlerin toplam alanı yaklaşık 70 metre kare olan, yaklaşık 300 milyon alveoli içerdiği tahmin edilmektedir. Bu insan derisinin yüzey alanının 40 katıdır.



**Şekil 7-7. Akciğer solunum yüzeyi**

## SOLUNUM UYUMLARI

Çeşitli tür hayvanlar arasında genelde solunum faaliyetindeki büyük farklılıklar çevreleri ile oksijen ve karbondioksit değiştirme yöntemlerindedir. Protistler ve hayvanlar çevreleriyle solunum gazlarının değişimi için değişik uyumlar gösterirler.

Protozoada solunum nispeten basittir. Çevre ile gaz değişimi doğrudan vücut yüzeyinde, hücre zarında meydana gelir. Amip ve paramesyumda, çevrelerindeki suda çözülmüş oksijen, difüzyonla hücre zarından sitoplazmaya geçer. Hücresel solunumda oluşturulan karbondioksit, sitoplazmadan çevrelerindeki suya difüze olur.

Hidranın vücudunu yapan iki hücre katmanı, su ile doğrudan temastadır. Küçük boyutu ve basit yapısından dolayı, hidrada solunum gazları değişimini, vücut hücreleri ile çevresi arasında, doğrudan difüzyonla meydana gelebilmektedir. Hidrada gaz değişimi için özel yapılar yoktur.

## 9-2 Çok hücreli Büyük Hayvanlarda Solunum

Çok hücreli büyük hayvanlar, oransal olarak, solunum yüzeyinden büyük miktarda gaz değiştirmek zorundadırlar. Suya batmış olarak yaşayan hayvanlar, açık havada soluyan hayvanlardan farklı problemlere sahiptir. Birincisi, havadaki oksijen konsantrasyonu %21 iken, suda çözülmüş oksijen konsantrasyonu nadir olarak %0.5 'den daha yüksektir. Bir açıklama yapmak gerekirse, kimyasal olarak su moleküllerinin bir parçası olan oksijen, kuşkusuz solunum için asla alınmaz. Yalnızca serbest çözülmüş oksijen kullanılabilir. İkincisi, oksijenin difüzyonu, havaya oranla suda çok daha yavaş meydana gelir. Kısacası, **suda yaşayan bir hayvanın yeterli oksijen alabilmesi için, büyük bir su hacmini solunum yüzeyinden sürekli olarak hareket ettirmek zorundadır.**

Gazların canlı zarlardan difüze olabilmesi, çözelti içinde olmalarını gerektirir. Bu nedenle, havayla solunum yapan hayvanlar, **solunum yüzeylerini ıslak tutma sorunu** ile karşılaşır. Havayla solunum yapan hayvanların pek çoğunda, organizmanın içerisine doğru uzanan solunum sistemleri vardır. Bu, solunum yüzeyini korur ve solunum yüzeyinden buharlaşma ile su kaybı oranını en aza indirir. **SU KURBAĞALARI**

## 9-3 Solunum Pigmentleri

Çok hücreli hayvanların pek çoğunun kanlarında, solunum yüzeyleri ile vücut hücreleri arasında oksijen ve karbondioksit taşıyan protein pigmentleri vardır. Bu pigmentler kana, suyun yalnız başına taşıyabileceğinden daha fazla oksijen ve karbondioksit taşıma olanağını verirler. Örneğin, 100 mililitre su yaklaşık 0.2 mililitre oksijen ve 0.3 mililitre karbondioksit taşıyabilir. En yaygın solunum pigmenti olan hemoglobin, solunum gazlarının en etkili taşıyıcısıdır. İnsan kanının 100 mililitresi yaklaşık 20 mililitre oksijen ve 30 ile 60 mililitre arasında karbondioksit taşıma yeteneğindedir. (Bu değerler, bu gazların çözelti içindeki hacimleri değil, havadaki gazlar olarak eşdeğer hacimleridir.)

## 9-4 Solungaç Solunumu

Solungaçlar, balık, midye, istiridye, istakoz 'u içeren pek çok sucul hayvanın solunum organlarıdır. Solungaçlar çoğunlukla vücudun dışında gelişen ince, deri filamentleridir. İnce bir hücre tabakası ile kaplıdırlar ve çok sayıdaki kan damarı ile desteklenirler. Gaz değişimi için çok geniş bir yüzey alanı sağlarlar. Su, solungaçların arasından geçtikçe, çözülmüş oksijen, suyun içinden ince zarın diğer tarafına ve vücudun bütün kısımlarına taşınacağı kana difüze olur. Karbondioksit kandan, solungaçların dışına difüze olarak suya geçer. Solungaçların üzerinden sürekli bir su akışı olması gerekir. Eğer su akışı durursa, hayvan oksijen yokluğundan ölür. Solungaçlar, suyun dışında, gaz değişimi önlenemez şekilde, kurur ve birbirine yapışır.

## 9-5 Dalıcı Memeliler ve Vurgun

Balinalar, yunuslar, beyaz balinalar, foklar, denizaslanlarını kapsayan deniz memelileri, hava solumak zorundadırlar, fakat yiyecek aramak için deniz yüzeyinden yüzlerce metre derine dalarlar. Fokların 600 metre derine daldıkları ve suyun altında 70 dakika kaldıkları gözlenmiştir. Balinalar 1000 metre dolayındaki derinliklerde görülmüş ve suyun altında 75 dakika kaldıkları gözlenmiştir.

Deniz hayvanları, vücut şekillerinden dolayı çevrelerine iyi uyum sağlamışlardır. Vücutları kaygan ve akış çizgisi biçimindedir. Kuvvetli kuyruk hareketiyle su içinde ileriye doğru itilirler. Değişikliğe uğramış ön üyeleri, yüzme kolları dengeyi ve yönelmeyi destekler. Dolaşım ve solunum sistemleri deniz hayatına uymuştur. Zamanlarını kıyıda veya buzlar üzerinde geçiren foklar ve denizaslanlarında baş, köpeklerinkine benzer ve burun açıklıkları başın ön tarafındadır. Yaşamları suyun içinde geçiren balinalar, yunuslar ve domuzbalıklarının üfleme deliği başın üst kısmında yer alır. Hayvan soluduğunda üfleme deliği mutlaka suyun dışındadır. Üfleme deliğinin başın üstünde yer alması, hayvanın soluk almak için vücudunu su yüzeyinden fazla yukarıya kaldırması gerektiği demektir. Hayvan soluk verdiği zaman, bir hava ve sıvı karışımı püskürüğü üfleme deliğinden dışarı fışkırtılır. **Deniz memelilerinin geniz geçitleri kara memelilerinininkinden çok daha karmaşıktır. Suyu, solunum yüzeylerinden, akciğerlerin bronşlarından uzak tutan çeşitli uyumlar içerirler.**

Araştırmalar, deniz memelilerinin akciğerlerinin, oransal olarak, karada yaşayan memelilerle aynı büyüklükte olduğunu ve uzun süreli bir derin dalış için gerekli havanın akciğerlerde depolanmadığını göstermiştir. Aksine, dalıcı memelilerin pek çoğunda, hayvan dalmadan önce veya kısa bir süre sonra nefes verir. Bazılarında, akciğer bir dalış sırasında tamamen katlanır. Solunum sistemleri, dalış için bazı değişiklikler gösterir. Dalıcı memelilerin kalbi, oransal olarak karada yaşayan memelilerle aynı büyüklüktedir, ancak **aort** ve **atardamarların** büyüklük ve şekilleri farklıdır. Damar büyüklüğü arttıkça, özellikle vücuttaki kanın hacmi artmaktadır. Ek olarak, deniz memelilerinde kanın her milimetre küpündeki kırmızı kan hücrelerinin sayısı, karada yaşayanlardan daha yüksektir ve kırmızı hücrelerdeki hemoglobinin konsantrasyonu da çok daha fazladır. Bu uyumlar, kanın oksijen taşıma kapasitesini büyük oranda arttırmaktadır. Bu hayvanların, vücutta kanın dolaşım şeklini değiştiren bir *dalma tepkileri* vardır. Dalma tepkisinde, kan akışı kalp ve beyine yöneltilir ve vücudun daha az duyarlı dokularından uzak tutulur. Kalp atışı oranı dalma sırasında oldukça yavaşlar ve diğer metabolik işlemler en aza indirilir. Bu uyumlar, hayvanın uzun bir zaman süresinde suyun altına kalmasına izin verir.

Dalgıç olarak insan, su yüzeyinden derine daldığında, basınç aşırı derecede artar. Dalgıç soluk alabilmek için basınçlı hava solumak zorundadır.

Bir dalgıç basınç tüpündeki havayı uzun bir süre soluduğunda, soluduğu havadaki azot vücut sıvısı ve dokularında çözünür. Eğer dalgıç, basıncın çok daha az olduğu yüzeye aniden dönüş yaparsa, azot, vücut sıvısı ve dokularında kabarcıklar oluşturarak çözeltiden

açığa çıkar. Bu durum, *vurgun* ya da *dekompresyon* rahatsızlığı olarak adlandırılır. Çok ağrı vericidir ve öldürücü olabilir.

Eğer dekompresyon kademeli olursa, dalgıçlar bundan sakınabilirler. Dalgıçlar, yaklaşık 12 metreden daha fazla olan derinliklerden yüze dönuşü, belirli derinliklerde değışen sürelerde bekleyerek, çok kademeli olarak yaparlar. Bu duraklar vücuda, fazla azottan kurtulma şansı verir.

Derin bir dalıştan çabucak yüze dönen dalıcı memelilerde *vurgun* gelişmez. Bunun nedeni, büyük oranda, suyun altında yüksek basınçlı gaz solumadıklarındandır. Daldıklarında, vücutları sadece akciğerlerinde kalan havayı içerir.

## 9-6 Solunumun Aşamaları

Dış ve iç solunum.

Dış solunum akciğerlerde hava ile kan arasında oksijen ve karbondioksit değışimidir. Soluk aldıktan sonra, alveolide oksijen konsantrasyonu kandaki oksijen konsantrasyonundan yüksektir. Oksijen alveolinin nemli çeperinde çözünür ve yüksek konsantrasyonlu bölgeden (alveoliden) düşük konsantrasyonlu bölgeye (kana) difüze olur. Bağımsız olarak, karbondioksit kandan alveoliye, zıt yöne difüze olur.

Kalbin çarpmasıyla vücudun bütün damarlarına kanın pompalanmasıyla, oksijence zengin kan akciğerlerden vücut dokularına taşınır ve oksijence fakir kan dokulardan akciğerlere geri getirilir.

İç solunum, kan ile vücut hücreleri arasında oksijen ve karbondioksit değışimidir. Vücut dokularının kılcallarında, oksijen, kandan hücrelerarası sıvıya, oradan vücut hücrelerine difüze olur; karbondioksit, hücrelerden hücrelerarası sıvıya oradan kana difüze olur. Her gaz konsantrasyon eğiminde, örneğin yüksek konsantrasyonlu alandan düşük konsantrasyonlu alana difüze olur.

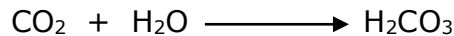
Oksijen taşınımı. Oksijenin çoğu akciğerlerden vücut dokularına kırmızı kan hücreleri içindeki hemoglobinle taşınır. Plazma içinde büyük boyutta çözünmüş değildir. Hemoglobin demir içerikli yegane proteindir. En önemli karakteristiği oksijenle kolaylıkla birleşmesidir. Ancak, oksijen zayıf olarak tutulur ve oksijen konsantrasyonuna bağlı olarak tepkime geri dönüşümlüdür. Oksijen konsantrasyonunun yüksek olduğu akciğerlerde, hemoglobin (Hb) oksihemoglobin (HbO<sub>2</sub>) oluşturmak için oksijenle (O<sub>2</sub>) birleşir. Kan, çevre dokularda oksijen konsantrasyonunun düşük olduğu vücut dokularının kılcallarına ulaştığında, oksihemoglobin oksijen ve hemoglobine yıkılır. Oksijen, kandan, hücresel solunumda kullanıldığı vücut hücrelerinde difüze olur.

Düşük oksijenli kan, hemoglobinden dolayı koyu kırmızı veya donuk mor renktedir. Oksijence zengin kan oksihemoglobinden dolayı parlak kırmızı renktedir.

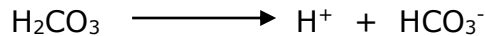
Karbondioksit taşınımı. Hücresel solunum karbondioksit üretir. Bu nedenle karbondioksit konsantrasyonu vücut hücrelerinde kılcallardaki kandan daha yüksektir. Bu

yüzden, karbondioksit hücrelerden kana difüze olur. Karbondioksitin kanla akciğerlere taşınması birkaç yolla olur.

Karbondioksit kana difüze olduğunda, su ile birleşerek karbonik asit meydana getirir.

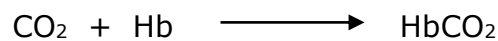


Karbonik asit,  $\text{H}_2\text{CO}_3$ , hidrojen iyonları ve bikarbonat iyonları oluşturarak, hızla yıkılır.



Bu tepkimeler kırmızı kan hücrelerinde bir enzimin bulunması ile hızlandırılır. Karbondioksitin çoğu (yaklaşık %70) bikarbonat iyonları halinde plazmada taşınır.

Karbondioksitin bir kısmı (yaklaşık %20) karboksihemoglobin olarak kırmızı kan hücrelerinde taşınır.



Karbondioksitin az bir miktarı (yaklaşık %10) plazmada çözünmüş olarak taşınır.

Tüm bu tepkimeler geri dönüşümlüdür ve akciğerlerden karbondioksit uzaklaştırılır.

## **BOŞALTIM İŞLEMİ**

Organizmalar, iç sıvılarının kimyasal koşulları belirli aralıklar içinde dural tutulduğunda ancak canlılık işlemlerini yürütebilirler. Bununla birlikte, hücreler canlılık işlemlerini yürütürken, artıklar üretilirler. Bu artıklar metabolizmanın son ürünleridir. Örneğin, hücre solunumunda besinler okside olur ve açığa çıkan enerji ATP şeklinde depolanır. Ancak, karbondioksit ve su da üretilir ve bu son ürünler organizmadan uzaklaştırılması gereken atıklardır. Hücre metabolizması artıklarının organizmadan uzaklaştırılması işlemine **boşaltım** denir.

Boşaltım organları metabolik atıkları ve fazla materyalleri uzaklaştırarak kan ve diğer vücut sıvılarının kimyasal yapısını düzenler. Boşaltım organları, değişmez bir iç çevrenin sürdürülmesinde, yani homeostasisin sağlanmasında dolaşım, sinir ve endokrin sistemleri ile birlikte işlev yapar.

### **10-1 Temel Metabolik Artıklar**

En önemli hücresel artıklar **karbondioksit, su, azotlu atıklar ve mineral tuzlardır**. Karbondioksit ve su, hücre solunumu sırasında meydana gelir. Su ayrıca dehidratasyon sentezlerinde de üretilir. **Amonyak, üre ya da ürik asit şeklindeki azotlu atıklar** amino asitlerin yıkımından meydana gelir. **Sodyum klor** ve **potasyum sülfat** gibi mineral tuzlar, metabolizma sırasında birikir. Bütün bu artıkların yüksek konsantrasyonları zehirlidir.

Boşaltım sistemi, metabolizma artıklarına ek olarak, organizma içinde biriken fazla suyu, tuzları ve diğer maddeleri de uzaklaştırmak zorundadır.

Çok kimse dışarı atma ile boşaltımı karıştırır. Dışarı atma ya da *dışkı çıkarma*, absorbe edilmeyen ve sindirilmeyen besinlerin, *dışkı* şeklinde sindirim alanından uzaklaştırılmasıdır. Bu materyaller hiç bir zaman vücut hücrelerine girmediğinden, bunlar metabolik atıklar değildir.

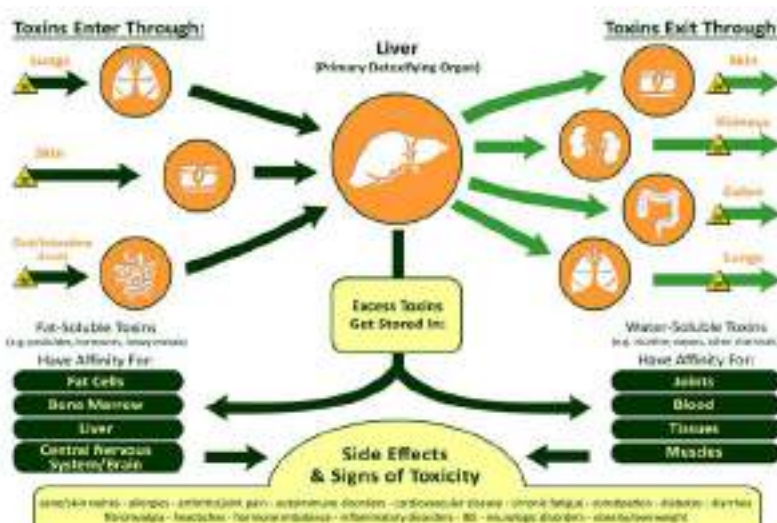
Memelilerin karmaşık ve ileri derecede gelişmiş boşaltım sistemi homeostasisin sağlanmasında temel bir role sahiptir. İnsanların ana metabolik atıkları karbon dioksit, üre, su ve mineral tuzlardır. Boşaltım organları karaciğer, böbrekler, akciğerler ve deridir.

## 10-2 Boşaltımda Karaciğerin Rolü

Boşaltım organı olarak karaciğer vücut sıvılarının düzenini ayarlayan bir dizi işlev yerine getirir.

**Detoksifikasyon.** Karaciğerin temel bir işlevi zararlı veya zehirli maddelerin kandan uzaklaştırılmasıdır. Bu maddeler karaciğerde pasifleştirilir veya daha az zehirli formlara dönüştürülür. Böylece karaciğer kanı temizler veya zehirli maddelerden arındırır. Karaciğerin ürettiği aktif olmayan maddeler kan dolaşımına karşı ve sonunda böbrekler tarafından dışarı atılır (Şekil 7-8).

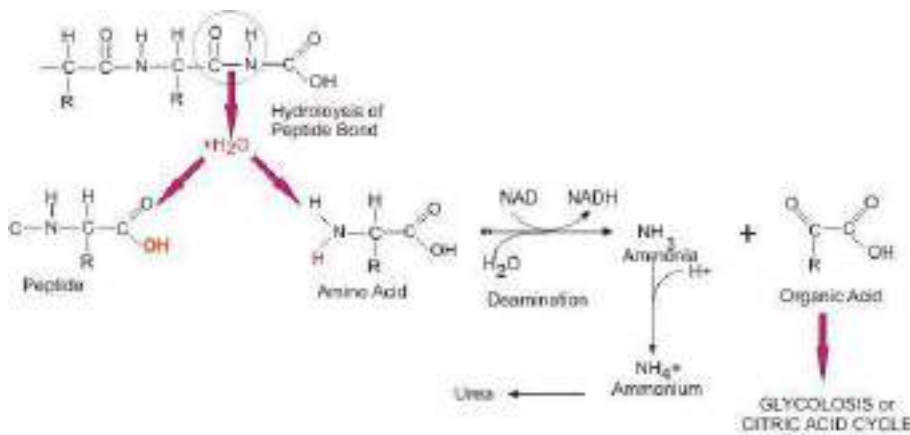
Safranın atılması. Safra karaciğer hücreleri tarafından sentezlenir. Safra tuzları, kolesterol ve yıpranmış kırmızı kan hücrelerinin hemoglobin molekülü parçasından oluşur. Safra bileşenlerinin bazıları metabolik atıklar olduğundan, safra bir boşaltım ürünü olarak düşünülür. Safra, safra kesesinde toplanır ve safra kanalıyla yağların sindirimi ve emiliminde görev alacağı incebağırsağa geçer. İncebağırsağın son bölümünde neredeyse tüm safra tuzları tekrar kana emilir ve karaciğere geri döner. Karaciğerden tekrar incebağırsağa geçerler. Böylece, safra tuzları yeniden kullanılır. Safranın geriye kalanı kalınbağırsağa geçer ve dışkıyla vücuttan çıkarılır.



Şekil 7-8. Detoksifikasyon ve eliminasyon işlemi

**Üre oluşumu.** Aminoasitler proteinlerin hem yapıtaşı hem de yıkım ürünüdür. Fakat fazla aminoasitler vücutta depolanamaz. Bunun yerine amino grubu ( $\text{NH}_2$ ) karaciğerde uzaklaştırılır, bu sürece **deaminasyon** denir. Aminoasit molekülünün kalan kısmı ya pürivik aside dönüştürülerek hücresel solunumda enerji kaynağı olarak kullanılır ya da depolanmak üzere glikojen veya yağa dönüştürülürken, amino grubu amonyağa ( $\text{NH}_3$ ) dönüştürülür (Şekil 7-9).

Amonyak yüksek derecede zehirli bir maddedir ve enzimin kalatize ettiği bir dizi reaksiyonla çabuk bir şekilde daha az zehirli bir maddeye dönüştürülür. Üre karaciğerden kan dolaşımına geçerek böbreklere taşınır. Böbrekler üreyi kandan süzer ve sonra idrarla vücuttan dışarı atar.



**Şekil 7-9. Protein yıkımı ve yıkım ürünleri**

### 10-3 Üriner Sistem

Üriner sistem böbrekleri, idrar torbasını ve ilişkili tüpleri içerir. Böbrekler 10 cm büyüklüğünde fasulye şeklinde organlardır. Karında arka kaslara karşı diyaframın hemen altında yer alır. Böbrekler iki temel işlev görür. Birincisi, hücresel metabolizma atıklarını kandan temizlerler. İkincisi, vücut sıvılarında bulunan çeşitli maddelerin yoğunluğunu kontrol ederler. Bu yollarla böbrekler homeostasisin sürdürülmesinde çok önemlidir. Böbrekler metabolik atıkları ve çeşitli diğer maddeleri kandan süzer, idrar üretirler. İki tüp, ureterler, idrarı geçici olarak depoladığı idrar torbasına taşır. Diğer bir tüp, uretra, idrarı idrar torbasından vücudun dışına taşır.

Böbreklerin yapısı. Boyuna kesit böbreğin belirgin üç bölgeye ayrıldığını göstermektedir. En dıştaki bölge korteks, ortadaki bölge medula ve içteki bölge pelvis'tir. Kanın süzülmesi kortekste meydana gelir; medula idrar taşıyan toplanma kanallarından oluşur; pelvis, idrarın içine aktığı üretere bağlı bir çukurdur. Böbreklerin işlevsel birimleri nefronlardır. Her böbrek 1.25 milyon nefron içerir. Nefron, fincan şeklindeki çift zarlı Bowman kapsülü ile çevrelenmiş olan glomerulus adında bir küme kılcal damarla başlar. Bowman kapsülünden gelerek, aşağı doğru inip kıvrılan ve sonra da uzun bir ilmik



oluşturan uzun tüpe Henle ilmiği denir. Tüp toplama kanalına açılmadan önce yeniden yükselir ve kıvrılır. Toplama kanalı birçok nefrondan atık sıvı alır.

Kan böbreklere böbrek atardamarlarıyla girer. Böbrek damarlarıyla böbrekleri terk etmeden önce iki kılcal damar kümesinden geçer. Bir nefrona kan taşıyan arteriol Bowman kapsülüne girer ve glomerulus olarak adlandırılan bir kılcal damar ağına bölünür. Glomerulusu terk eden kan, nefron tüpünü saran başka bir kılcal damar ağı oluşturmak için bölünen ikinci bir arteriole akar. Bu kılcal damarlar bir venule oluşturmak için birleşirler.

İdrar oluşumu. İdrarın nefronlar tarafından oluşturulması iki basamakta gerçekleşir - süzme ve yeniden emilim. Süzmede, maddeler kandan nefronlara geçer. Yeniden emilimde, maddeler nefronlardan kana geri geçerler.

Süzülüm, kan Bowman kapsülü içinde glomerulusta akarken meydana gelir. Glomerulusa giren kan basınç altındadır. Bu basınç, su ve tuz, üre, glukoz ve amino asitler gibi birçok küçük moleküle glomerulusun ince duvarlarından dışarı doğru çevresindeki kapsüle doğru baskı uygular. Kan hücreleri ve kan proteinleri glomerulusun duvarlarından geçmek için çok büyüktür ve kanda kalırlar. Bowman kapsülü içindeki sıvıya süzüntü denir. Proteinlerin olmaması dışında temelde plazma ile aynıdır. Süzüntü Bowman kapsülünden nefron tüpüne geçer.

24 saatte böbreklerde yaklaşık 180 litre süzüntü oluşturulur. Eğer tüm bu süzüntü dışarı atılsaydı, vücut sürekli besinleri, tuzları ve büyük miktarda su kaybedecekti. Fakat böbrekler 24 saatte sadece 1-1,5 litre idrar üretir. Süzüntünün miktarını azaltan ve önemli maddeleri kana geri çeviren işlemin adı yeniden emilimdir. Normalde süzüntü nefron tüplerinden geçerken suyun %99'u, tüm glukoz ve aminoasitler ve tuz iyonlarının çoğu yeniden emilir. Bu maddeler tüpleri saran kılcaldamar ağına kana geri döner. Suyun tüplerde geri emilimi, memelilerde su koruması açısından önemlidir. Suyun çoğu yeniden geri emildiğinden, süzüntüde kalan maddeler çok yoğundur.

Su pasif şekilde ozmozla geri emilirken, glukoz, aminoasitler ve tuz iyonlarının geri emilimi aktif taşımayla olur. Aktif taşıma için gerekli olan ATP şeklindeki enerji, tüp hücrelerinde bulunan çok sayıdaki mitokondriden sağlanır. Tüplerde sıralanan hücrelerde, yüzey alanını büyük ölçüde artıran ve böylece suyun ve diğer maddelerin büyük miktarda geri emilimini sağlayan mikrovilli vardır.

Birçok maddede böbrek eşik seviyesi vardır. Kandaki bir maddenin yoğunluğu belli bir seviyeyi aşarsa, fazlalık kısım geri emilmez. İdrarda kalır ve vücuttan dışarı atılır. Şeker hastası olan bir kişide, kan şekeri oranı o kadar yüksektir ki süzüntüdeki glukozun hepsi kana dönmez. Sonuç olarak idrarda glukoz görülür.

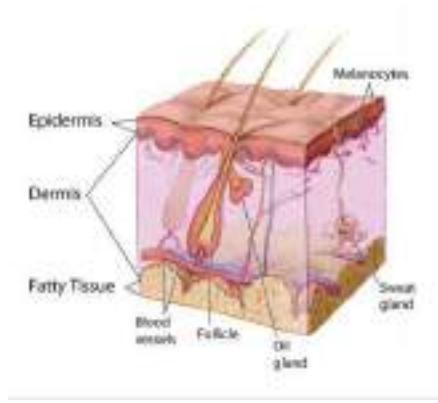
Geri emilimden sonra, nefronlarda kalan sıvı çoğunlukla su, üre ve çeşitli tuzları içerir ve idrar olarak bilinir. İdrar, tüplerden toplama kanalına akar. Üreterlerle böbreklerden idrar torbasına geçer ve buradan üretra ile periyodik olarak çıkarılır.

Akciğerler. Vücudu karbondioksit ve sudan (su buharı şeklinde) temizleyen boşaltım organlarıdır. Bu maddelerin her ikisi de oksijenli hücresel solunumun son ürünüdür.

## 10-4 Deri

Deri vücudun dış çevreyle etkileşim halinde olduğu kısımdır. Birçok farklı doku içerir ve atıkların atılmasını da içeren çeşitli görevler yerine getirir (Şekil 7-10).

**Derinin yapısı.** Deri, dışta epidermis ve içte dermis olmak üzere iki katmandan oluşur. Epidermis, sıkıca kaplanmış epitel hücre katmanlarından oluşmuştur. Epidermisin en alt kısmı hızlı bölünen hücrelerden oluşmuştur. Bu hücreler dermisten uzağa itildikçe, daha az nem alırlar ve ölürlür. Ölmeden önce, keratin olarak adlandırılan büyük miktarlarda sert ve su geçirmeyen bir protein üretirler. Epidermisin dış kısmı bu sert ölü hücrelerden oluşur. Sürekli aşınır ve bölünme olan katmandaki hücrelerle yer değiştirir. Sert ve su geçirmeyen epidermisin görevi deriyi korumaktır.



**Şekil 7-10. Deri ve deri boşaltımı**

Dermis, epidermisin altındadır ve elastik bağ dokudan oluşur. Deriyi destekleyen kalın bir katmandır ve deriyi alttaki kas ve kemiğe bağlar. Dermis içinde kan damarları, lenf damarları, sinirler, duyu reseptörleri, yağ bezleri ve saç folikülleri vardır. Dermisin altında yağ veya adipoz dokusu vardır. Zayıf insanlarda bu tabakada az yağ varken, kilolu insanlarda bu tabaka çok kalındır.

Yağ bezleri, deriyi ve saçları yumuşak ve esnek tutan ve koruyucu bir tabaka sağlayan yağlı salgılar üretirler. Ter bezleri, deri yüzeyine por adı verilen deliklerle açılan ince kıvrımlı tüplerden oluşur. Ter, bu bezlerden çıkar ve çoğunlukla su (%99), biraz tuz - NaCl gibi - ve az miktarda üre içerir.

Derinin görevleri: Deri bazı önemli görevler yerine getirir.

Vücudun iç dokularını zarar görmekten korur ve mikroorganizmaların ve diğer yabancı maddelerin girişini engeller. Ayrıca vücudu kurumaktan korur.

Deri terlemeyle küçük miktarda üre ve tuz atar. Fakat derinin boşaltım işlevi gerçekte çok küçüktür.

Derideki sinir uçları acı, dokunma, baskı, sıcak ve soğuğu hisseder.

Deri vücut sıcaklığının ayarlanmasına katılır. Vücut çok sıcak olduğunda, fazla ısı iki şekilde kaybedilir. Derideki kan damarları genişler, derideki kılcal damarlara gelen kan artar (yüzün kızarmasına neden olur) ve ısı havaya yayılır. Ayrıca artan terleme de vardır. Terin buharlaşması için gerekli enerji vücut ısısından alınır. Böylece ter buharlaştığında vücudu serinletir. Vücut çok soğuk olduğunda, tersi meydana gelir. Derideki kan damarları daralır, derideki kılcal damarlara gelen kan miktarı düşer, terleme azalır ve vücutta daha az ısı kaybedilir. Soğuk havada titreme ve kas gerginliği kasların ısı üretimini artırır ve vücut ısınır. Vücudun sabit bir sıcaklığı sağladığı mekanizma homeostatik kontrolün iyi bir örneğidir.

## **HAREKET İŞLEMİ**

Canlıların pek çok çeşidi, kendinden yer değiştirme yeteneğine sahiptir. Bu kendinden devinime hareket denir. Hareket yeteneğindeki organizmalara kendinden hareketli denir. Pek çok hayvan ve protist'in temel bir karakteristiği kendinden hareketli olmalarıdır. Diğer yanda, bitkilerin temel bir karakteristiği kendinden hareketli olmamalarıdır. Hayvanların tümü kendinden hareketli değildir. Mercanlar, barnacles ve süngerler gibi bazı sucül hayvanlar, kendi kendilerine bir yerden bir yere hareket edemezler. Bunlar deniz tabanına veya bazı nesnelere ilişik olarak yaşar. Bu hayvanlar durağan ya da yerleşiktir. Diğer yandan, vücutlarının çeşitli kısımlarının hareketi ile besin ve oksijen sağlamalarına ve canlılık işlemlerini sürdürmelerine olanak veren su akıntıları yaratırlar.

Bir yerden bir yere hareket etme yeteneği bir organizmaya bazı üstünlükler sağlar.

1. Hareket organizmaların besin sağlama fırsatlarını artırır. Örneğin, bir jaguar 160 kilometre kareden daha büyük bir alanda avlanır (Şekil 7-11).
2. Hareket organizmalara yaşayacakları uygun yerler bulma ve çevrenin zararlı etkilerinden uzaklaşma olanağı sağlar. Balık oksijeni az, ılık sulardan bol oksijen bulacağı daha soğuk sulara doğru yüzme eğilimindedir.
3. Hareket organizmalara düşmanlarından kaçma ve barınak bulma olanağı verir. Tavşanlar ve geyikler hızlı hareket yeteneklerinden dolayı hayatta kalabilirler.
4. Hareket organizmalara eş bulma ve üreme imkanı verir. Dişi ve erkek salmon üreme yerlerine erişmek için binlerce kilometre yüzerler.

### **11-1 Kaslar ve İskeletler**

Basit grupların çoğu dışında tüm hayvanlarda, hareket kaslar ve bu kasların bağlandığı bir iskelet içerir. Kaslar kasıldıklarında ya da kısaldıklarında güç kullanabilirler. Kasıldıklarında, bağlı oldukları kısımları hareket ettirirler.



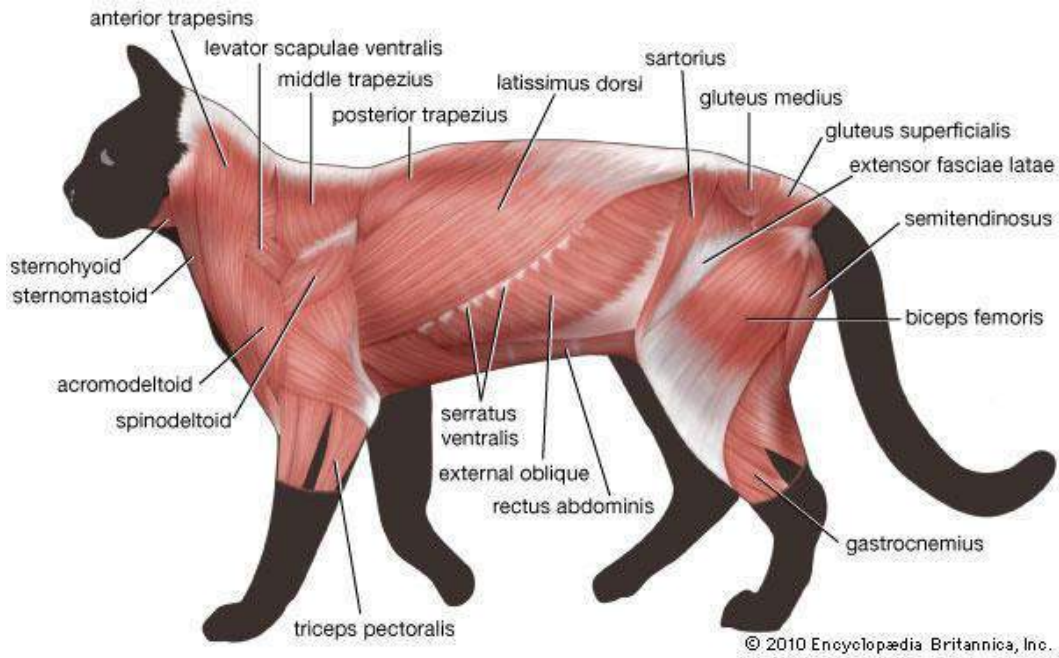
**Şekil 7-11. Av kovalayan bir çıta. Kısa avlanma koşusunda kara hayvanlarının en hızlısıdır.**

İskeletlerin çoğu sert materyallerden oluşur. Yumuşak kısımların bağlı olduğu iskelet, vücudun dışında ise, dış iskelet adını alır. Bazı birhücreliler ve omurgasızların çoğunda iskelet sert, dış örtüdür. Midye, istiridye ve diğer kabukluların kalsiyum bileşiklerinden oluşan sert kabukları vardır. Hayvan kavkı içinde yaşar ve hareketi çok sınırlıdır. Yengeçler, örümcekler, böcekler ve diğer eklembacaklıların, yumuşakçaların kavkisinden daha ince, sert bir materyal olan kitinden meydana gelmiş dış iskeletleri vardır. Dış iskeletler kasların bağlanma yeri olarak görev yapar. Eklembacaklılarda dış iskelet kendisine esneklik veren ve çok çeşitli hareketlere izin veren eklemlere ayrılmıştır. Dış iskeletler vücudun yumuşak kısımları için iyi bir koruma sağlar. Ancak, canlı hücrelerden meydana gelmediklerinden, büyüyemezler. Eklembacaklılarda, dış iskeletler belirli aralıklarla değiştirilir ya da atılır ve daha geniş, yeni bir örtü yerine getirilir. Eskisinin atılıp yeni iskeletin geliştiği sırada, hayvan çok duyarlı ve korumasız bir durumdadır.

Omurgalılarda, iskelet kemik ve kıkırdaktan meydana gelir ve vücut örtüsünün içinde bulunur. Vücudun içindeki bu tür iskelede, iç iskelet denir. Bir iç iskelet dış iskelet gibi hayvanı tam korumaz. Bununla birlikte, kemikler ve kıkırdak canlı hücreler içerir ve büyüyebilirler. İskelet hayvanın diğer kısımları ile birlikte büyüyebilir. İç iskeletin kemikleri, vücut kısımlarının hareketine olanak veren iskelet kaslarının bağlanma yerleri olarak görev yapar (Şekil 7-12). İç iskeletler balıklarda, amfibilerde, sürüngenlerde, kuşlarda ve memelilerde bulunur.

Canlılar çok çeşitli hareket adaptasyonları gösterirler. Tek hücreli organizmalarda, örneğin protozoa, hareket yalancı ayakları veya çeşitli hücre yapılarını içerebilir. Çok hücreli hayvanlarda, hareket her zaman özelleşmiş kas dokusunu içerir. Hareket

yöntemi her ne olursa olsun, hemen hemen tüm tek hücreliler ve hayvanların hareketinin temeli, uzunluğunu değiştirme kapasitesine sahip proteinler olan kontraktıl proteinlerdir.



**Şekil 7-12. Kedide vücut kaslarının iskelet yapısına bağlı düzeni.**

# BİYOSFERİN DÜZENİ – TEMEL EKOLOJİK OLGULAR

## Giriş

Biyolojinin ana bölümlerinden biri olan *ekoloji*, diğer bilim dalları gibi yavaş ve kesikli bir gelişme göstermiştir. Ekoloji, daha çok yirminci yüzyılın ikinci yarısında önem kazanan, nispeten yeni bir bilimsel disiplindir. Bununla birlikte, sistematik ekolojik araştırmaların kökleri antik zamanlara, örneğin hayvan göçleri ve bitki biyocoğrafyası üzerinde ilk gözlemleri yapan sırasıyla Aristotle and Theophrastus'a kadar uzanabilmektedir. Alexander Humboldt (1769 – 1859), Charles Darwin (1809 – 1882), Alfred Russel Wallace (1823 – 1913) ve Karl Möbius (1825 – 1908) gibi ondokuzuncu yüzyılın bazı dikkate değer bilim adamları, organizmaların etkileşen gruplarını işlevsel olarak bağlantılı bir topluluk olarak tanıyan biyocoğrafya temelli pek çok önemli katkılar yapmışlardır.

Ekoloji terimi (Almanca: *Oekologie*) ilk olarak Alman biyolog Ernst Haeckel tarafından 1866'da "organizmanın çevresiyle ilişkisinin kapsamlı bilimi" olarak kaydedilmiştir. Bu konuda ilk önemli kaynak Danimarka'lı botanikçi Eugenius Warming tarafından (1895) yazılmış ve üniversitede ders olarak okutulmuştur. Bu ilk çalışmadan dolayı Warming, bazen ekolojinin kurucusu olarak nitelenir.

Ekoloji (ökoloji), Latince, *oikos* (ev, yaşam yeri, organizmaların konutu) ve *logy* (bilim) kelimelerinin birleşmesinden meydana gelmiş bir terimdir. Bilimsel olarak ekoloji, canlıların yaşama yerlerinde incelenmesi ya da organizma ya da organizma gruplarının birbiriyle ve çevreleriyle olan karşılıklı ilişkilerini araştıran bir bilim olarak tanımlanabilir.



Şekil XX. Suda sifon (solunum borucuğu) ile solunumu yapan sivrisinek larvaları

Ekolojinin çok çeşitli kısımları mevcuttur. Fakat burada kısaca izahına çalışılacak olan böcek ekolojisi, daha ziyade böceklerin bireysel ekolojisine (**birey ekolojisi=Autecology, autökologie**) ait konular olacak ve böceklerin olağanüstü çoğalmalarını önleyici etkenler ile ilgili konulara ağırlık verilecektir.

Her böcek türü, bulunduğu ortamın çok değişken nitelikte olan çeşitli faktörlerinin aynı andaki etkileri ile karşı karşıyadır. İşte, böcekleri hayat evrelerinin en az bir fazında doğrudan doğruya etkileyen ortamın her elamanına **ekolojik etken** denir.

Böcekleri ve genellikle onların üremesini etkileyen ekolojik faktörleri *Abiyotik, Besin ve Beslenme, Konukçu Dayanıklılığı ve Biyotik Faktörler* olarak 4 grup altında toplayabiliriz. Adı geçen ekolojik faktörlerin kombinasyonuna Çevre Direnci (Doğanın Karşı Ağırlığı=SınırlayıcıFaktörler) de denir.

## **BİYOSFERİN DÜZENİ**

Yerkürenin, canlı varlıkların bulunduğu kısmına biyosfer denir. Yerkürenin çapıyla karşılaştırıldığında, biyosfer çok ince bir kuşaktır. Okyanusun tabanından, yaşam izine rastlanan atmosferin en yüksek noktasına erişen, yaklaşık 20 km kalınlıktadır. Biyosfer, dünya yüzeyinin katı kısmı olan litosfer, yer yüzeyinin üzerinde ve altındaki suyu ve havanın su buharını içeren hidrosfer ve yerkürenin etrafını kuşatan hava kütleli olan atmosfer bölümlerini içerir.

### **Çevrenin Biyotik (Canlı) ve Abiyotik (Cansız) Etkenleri**

Tüm canlı organizma çeşitlerinin özel bir çevrede yaşamlarına olanak veren adaptasyonları vardır. Organizmalar besin temini ve üremenin yanında doğal düşmanlarından sakınmak için çeşitli uyumlar gösterirler. Canlı organizmalar, su temini, sıcaklık değişim ve dağılımları, ışık miktarı ve toprak bileşimi gibi çevrelerindeki fiziksel etmenlerden etkilenirler. Bu fiziksel çevre de içinde yaşayan organizmalardan etkilenir. Örneğin, belirli organizmalar kayaların toprağa parçalanmasına etki eder ve bitki gelişimi gölcüklerin dolmasını destekler. Sonuçta, organizmalar aynı alanda yaşayan diğer organizmalardan etkilenir. Organizmaların kendi aralarında ve çevreleriyle olan etkileşimleriyle ilgilenen biyoloji dalına **ekoloji** denir.

Organizmaların kendi aralarında ve çevreleriyle etkileşimlerinin araştırılmasında, her iki, canlı ve cansız etkenler değerlendirilmektedir. **Biyotik** ya da canlı **etkenler**,

çevredeki tüm canlı organizmaları ve diğer canlılar üzerindeki doğrudan ve dolaylı etkilerini içerir. **Abiyotik** ya da cansız etkenler su, oksijen, ışık, sıcaklık, toprak ile inorganik ve organik besinleri içerir.

Abiyotik etkenler özel bir çevrede ne tür organizmaların yaşayabileceğini belirler. Örneğin, çöllerde çok az temin edilebilir su vardır ve sıcaklık günlük olarak çok sıcak ile soğuk arasında değişir. Bu koşullarda sadece uyum sağlamış, adaçayı çalısı (sagebrush) ve kaktüs gibi bitkiler yaşayabilir. Tahıl, meşe ağaçları ve orkideler gibi diğer bitki çeşitleri çöllerde yaşayamaz. Bu bitkiler uyum sağladıkları, değişik abiyotik koşullara sahip diğer çevrelerde gelişirler.

## **EKOLOJİK ETKENLER**

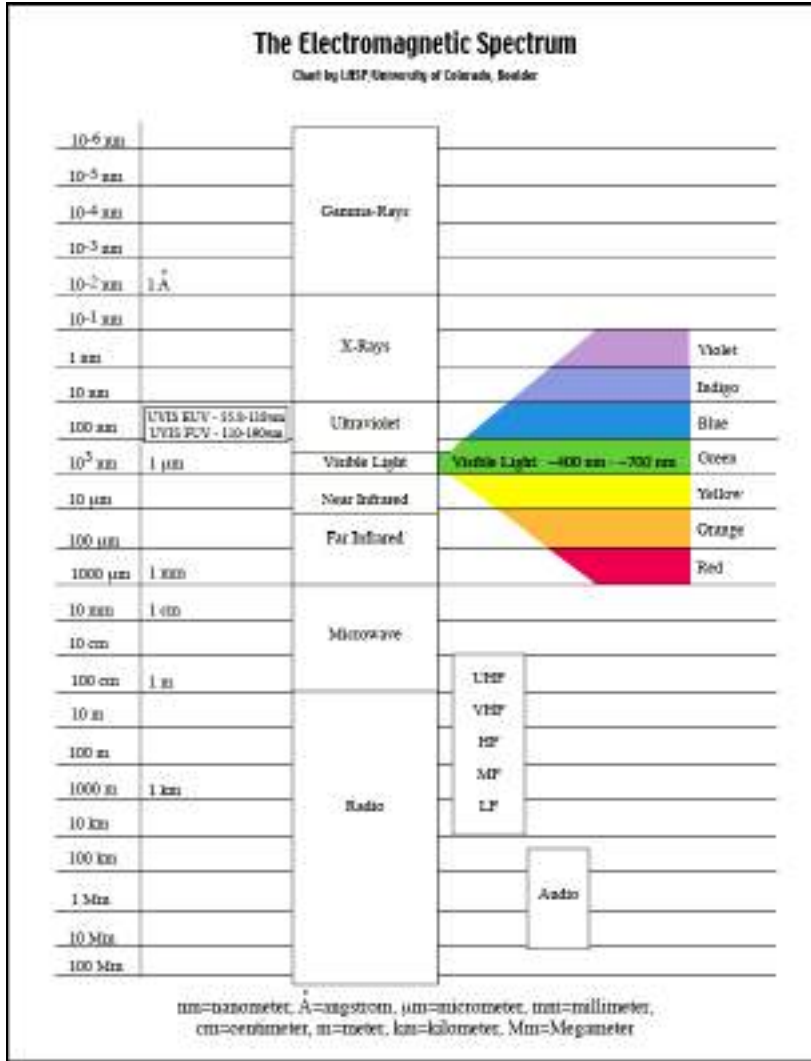
Güneşten gelen elektromanyetik ışınım bir foton akımı olarak kavramlaştırılabildiğinden, ışınım enerjisi (radiant enerji) bu fotonlarla taşınan enerji olarak düşünülebilmektedir. Diğer şekilde, elektromanyetik ışınım, enerjisi, salınımlı elektrik ve manyetik alanlarında taşıyan bir elektromanyetik dalga olarak düşünülebilmektedir. Bu iki görüş tamamen eşdeğerdir ve kuantum alan teorisinde birbiriyle bağdaştırılır. Elektromanyetik ışınımın çeşitli frekansları olabilmektedir. Herhangi bir elektromanyetik sinyalde mevcut frekans kuşakları keskin olarak ayrılabilir. Foton olgusunda, her bir fotonun taşıdığı enerji kendi frekansıyla orantılıdır. Dalga olgusunda, bir monokromatik dalganın enerjisi onun şiddeti ile orantılıdır. Bu, aynı şiddete, ancak farklı frekanslara sahip iki elektromanyetik dalgadan, yüksek frekanslı olanın daha az foton içereceğini belirtmektedir.

Elektromanyetik dalgalar bir cisim tarafından soğurulduğunda, bu dalgaların enerjisi genellikle ısıya dönüştürülür. Fotonlar soğurulduğu cisimlerin yüzeyinde atom ve molekülerin bağlarını gevşetir ve titreşmelerine neden olur. Titreşim hareketi ile açığa çıkan ısı güneşin ısıtması olarak adlandırılır. Güneş ışığının ısıdığı yüzeyleri ısıtması bunun çok iyi bilinen bir sonucudur. Çoğunlukla bu olgu, özel olarak kızılötesi ışınım ile eşleştirilir, ancak herhangi bir çeşit elektromanyetik ışınım, soğurulduğu bir cisim ısıtır. Elektromanyetik dalgalar ayrıca, enerjileri başka tarafa yönlendirilerek veya dağıtılarak, yansıtılabilir veya saçılabilirler.

İşlevsel ekolojinin hemen tüm aşamaları doğrudan veya dolaylı olarak güneşin ışınım enerjisinden etkilenmektedir. Gezegenimizin ekolojik enerji stokuna girdi sağlayan güneşten yayılan elektromanyetik enerjinin farklı dalga



boyları vardır. Güneşin ışınım enerjisi ısı üretir, yaşamın kimyasal tepkimelerinde aktif enerji olarak ölçülen fotonları sağlar. Yaşam biyolojisi belirli bir sıcaklık aralığında yürür. Isı, sıcaklığı düzenleyen bir enerji şeklidir. Gelişme hızını, etkinliği, davranışı ve birincil üretimi etkiler. Sıcaklık ısı enerjisinin şiddet ya da yoğunluk etkenidir ve büyük ölçüde güneş ışınımının tekerrür oranına bağlıdır. Yatay ve dikey uzamsal sıcaklık değişikliği büyük ölçüde iklimleri ve sonuçta yeryüzünün her tarafında farklı ekosistemlerde (veya biome'larda) biyolojik çeşitliliğin dağılımını ve birincil üretimin düzeyini etkiler. Isı ve sıcaklık ayrıca, çok büyük oranda dış çevre sıcaklığı tarafından düzenlenen ve ona bağlı olan bir vücut sıcaklığına sahip olan poikilotherm ile içsel olarak düzenlenen ve metabolik enerji harcanarak sürdürülen bir vücut sıcaklığına sahip olan homeotherm hayvanlardaki iki metabolizma sınıfı ile etkin bir ilişki içindedir ve onları farklı şekilde etkilemektedir.



**Şekil XX. Elektromanyetik Spektrum.**

Işık yeryüzünün birincil enerji kaynağıdır. Bitkiler, algler ve bazı bakteriler ışık soğurur ve fotosentezle enerji özümleyiciler. Fotosentez veya H<sub>2</sub>S'nin inorganik fiksasyonu ile enerji özümleme yeteneğindeki organizmalar ototroflardır. Ototroflar birincil üretimden ve metabolik yoldan biyokimyasal entalpi (enthalpic) bağlarında potansiyel enerji olarak depolanan ışık enerjisinin özümlemesinden sorumludurlar. Heterotroflar enerji ve besinlerini sağlamak için ototroflardan beslenirler.

Işık koşulları sucul çevrede de değişir. Işık suya geçtiği kadar absorbe edilir. Böylece mevcut ışık miktarı derinliğin artması ile azalır. Işığın geçtiği su katmanına *fotik* (photik) *zon* denir. Yeryüzünde meydana gelen fotosentezin yaklaşık %80'i bu fotik zonda meydana gelir. Onun altındaki zon, hiç ışık olmayan *aphotikzondur*. Birkaç kemotrofl dışında, aphotik zonda yaşayan organizmalar enerjilerini photik zondan aşağı doğru sürüklenen veya göçen organizmalardan sağlar.

Işık, üretim ve enerji temini arasında bir bağıntının olması, yeryüzünde ekosistem dinamiklerinin dağılım, kompozisyon ve yapısını etkilemektedir. (ormancılıkta ekosistem tabanlı planlama, ekosistem dinamikleri, ilişkileri) Belirli bir ekoloji veya çevredeki bir popülasyon veya türde değişen dinamikleri etkileyen *ekolojik etkenler* çoğunlukla **abiyotik** (cansız) ve **biyotik** (canlı) diye ikiye ayrılırlar.

## ABİYOTİK ETKENLER

### Işık

Yeryüzündeki hemen tüm canlılar için enerji, doğrudan veya dolaylı olarak güneş ışınlarından sağlanır. Güneş ışınlarının *yoğunluk* veya *şiddeti* ile *aydınlama süresi* ya da gün uzunluğu, enleme göre değişir. Ekvatorun çevresindeki bölgeler en yüksek yoğunlukta güneş ışığı alırken, kuzey ve güney kutup bölgeleri düşük yoğunlukta ışık alırlar. Ekvator kuşağı ile kutup bölgeleri arasında kalan alanlarda görece gündüz ve gece uzunlukları, yazın daha uzun ve kışın daha kısa süreli gün ışığı ile mevsime göre değişir.



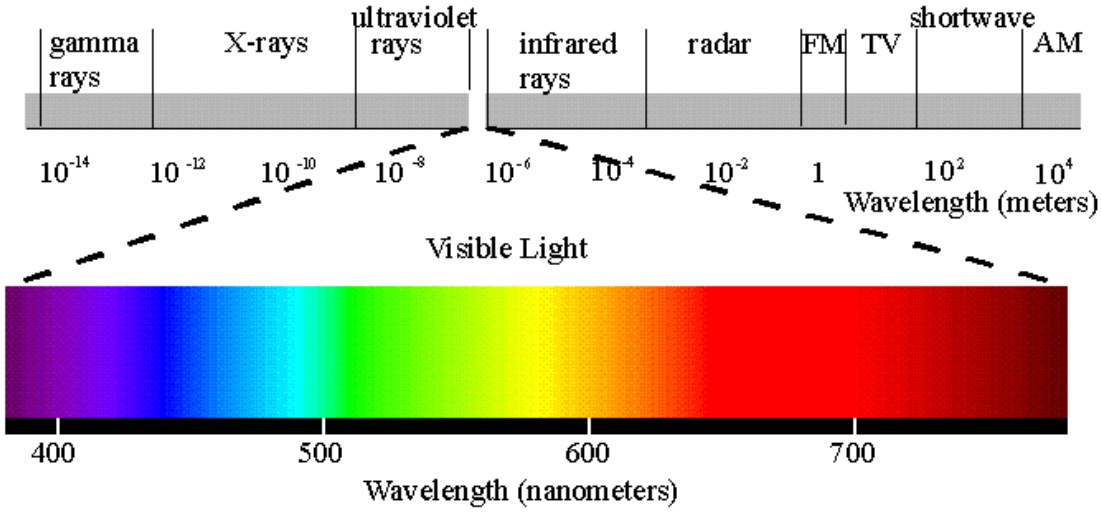
**Şekil x. Yeryüzündeki hemen tüm canlılar için enerji, doğrudan veya dolaylı olarak güneş ışınlarından sağlanır.**

Güneş ışınlarının yoğunluğu ve aydınlatma süresi bitkilerin gelişimini ve çiçeklenmelerini, meyve tutma ve geliştirmelerini (bitki fenolojisi) etkileyen temel etmendir. Bazı bitkiler yüksek ışık yoğunluğuna ve uzun günlere gereksinim duyarken diğerleri düşük ışık yoğunluğunda ve kısa günlerde gelişirler. Pek çok hayvanda göç, kışlama, yazlama ve üreme davranışları gece ve gündüzün göreceli (relative) uzunluklarından (ışık devirselliği = fotoperiyodisite) etkilenir.

Fotoperiyodizm, organizmaların yaşam sürelerince mevsimsel etkinliklerin düzenlenmesinde gün uzunluğunu önceden alınan bir işaret olarak değerlendirme ve kullanma yetenekleridir. Pek çok hayvan, özellikle yukarı enlemlerde yaşayanlar, mevsimlere bağlı uygun davranışsal ve gelişimsel stratejilerini düzenlemek için gün uzunluğunu ön bilgi olarak kullanırlar. Bunların en yaygın olanı böceklerdeki kışlama diyapozunun başlatılması ve pek çok hayvan gruplarındaki mevsimsel üreme stratejileridir. Gün uzunluğu ve dolayısıyla yıl içinde mevsim bilgisi pek çok hayvan için yaşamsaldır. Belirli biyolojik ve davranışsal değişiklikler bu bilgiye bağlıdır. Fotoperiyod, sıcaklık değişiklikleri ile birlikte, kürk ve tüy renginin değişimini, göç olgusunu, kışlamaya girişi, çiftleşme davranışını ve hatta eşey organlarının gelişimini hareket geçirir. Fotoperiyodizm, özellikle geri dönüşü olmayan ve gelecek bir zamanda veya uzak bir yerde sonuçlanacak olan fizyolojik ve gelişimsel işlemlerin başlatılmasında önemli olmaktadır.

Işık koşulları sucul çevrede de değişir. Işık suya geçtiği kadar absorbe edilir. Böylece mevcut ışık miktarı derinliğin artması ile azalır. Işığın geçtiği su katmanına *fotik* (photik) *zon* denir. Yeryüzünde meydana gelen fotosentezin yaklaşık %80'i bu fotik zonda meydana gelir. Onun altındaki zon, hiç ışık olmayan *aphotik zondur*. Birkaç kemotropf dışında, aphotik zonda yaşayan organizmalar enerjilerini photik zondan aşağı doğru sürüklenen veya göçen organizmalardan sağlar.

Işık, üretim ve enerji temini arasında bir bağıntının olması, yeryüzünde ekosistem dinamiklerinin dağılım, kompozisyon ve yapısını etkilemektedir.



**Şekil xx. Işık ve diğer solar ışınımaların dalga boyları.**

### **Sıcaklık**

Yeryüzü yüzeyindeki sıcaklık örüntüleri yükselti ve enleme göre değişir. Bir bölgenin sıcaklık örüntüsü dağ veya okyanus gibi yakında büyük bir coğrafi özelliğin olmasından da etkilenebilmektedir. Yeryüzü yüzeyinde en sıcak ortalama sıcaklık ekvator çevresinde meydana gelir. Ekvatordan kuzey ya da güneye doğru gidildikçe, ortalama sıcaklık düşer. Kuzey ve Güney Kutuplar en soğuk bölgelerdir. Sıcaklık yükseltinin artmasıyla da düşer. Bu nedenle, ekvatordaki yüksek dağların bile dorukları karla kaplı olabilmektedir.

Canlıların sıcaklık isteği ve soğuğa karşı dayanıklılığı farklıdır. Bu özellik canlıların sıcaklık kuşaklarına göre dağılımına neden olur. Belli bir yükseltiden ve belli

enlemlerde sonra canlı türlerinin hızla azalması sıcaklığın etkisi altındadır. Doğal bitki örtüsünün ekvator ile kutuplar arasında geniş kuşaklar oluşturması enlemin sıcaklığa etkisinin ve bir dağ yamacı üzerinde aynı tür basamakları oluşturması da yükseltinin sıcaklığa etkisinin bir sonucudur.

Sıcaklık, bazı türler için ısıya tolerans çok önemli olsa da, belirli uç değerleri aşmamalıdır. Düşük sıcaklık, hayvanların coğrafi dağılımını ve mevsimsel etkinlik şekillerini (patterns) etkileyen temel bir çevresel kısıttır.

### **Su ve Hava**

Yaşamın temeli olan su, canlılığın sürmesi için gerekli en temel maddedir. Hava, su, ışık, sıcaklık ve besin maddeleri tüm canlılar için temel gereksinimlerdir. Bunların en başında oksijen ve su yer almaktadır. Canlı organizmayı oluşturan hücrelerin yaşam etkinliklerini devam ettirebilmeleri için suya gereksinimleri vardır. Su yaşam için en zorunlu maddelerden birisidir.

Doğada bulunan tüm canlılar su olmadan yaşamlarını sürdüremezler. Günümüz dünyasında, kuraklık ve küresel kirlenme başta olmak üzere nüfus yoğunluğu, sanayideki gelişmeler, tarımsal üretimdeki çeşitlilik ve yaygınlık nedeniyle su tüketimi artmakta ve su kıtlığı yaşanmaktadır.

Su, aynı zamanda yaşam ve çevre için gerekli olan bir maddedir. Su, yağış dediğimiz yağmur, kar, çiy ve sis şeklinde atmosferden salıverilir. Yıllık yağış şekilleri (miktarları ve mevsimlere dağılımları gibi) enlem ve yükselti ile bağlantılıdır ve ayrıca dağlar ve büyük su kütleleri gibi yerel özellikler tarafından etkilenir.

Hava, canlı türlerine oksijen, azot ve karbondioksit sağlar, polen ve sporların yayılmasına, böceklerin ve kuşların uçmasına izin verir. Toprak, aynı zamanda bir besin ve fiziksel destek kaynağıdır. Toprağın pH'sı, tuzluluğu, azot ve fosfor içeriği, su tutma yeteneği ve kıvamı hepsi etkilidirler. Ayrıca, büyük boyutlu çevresel değişiklikler ve doğal yıkımlar da abiyotik etmenler içinde değerlendirilir.

### **Toprak ve mineraller**

## Habitat ve Biyotop

Organizmaların kendi aralarında ve çevreleriyle etkileşimlerinin araştırılmasında, her iki, canlı ve cansız etkenler değerlendirilmektedir. **Biyotik** ya da canlı **etkenler**, çevredeki tüm canlı organizmaları ve diğer canlılar üzerindeki doğrudan ve dolaylı etkilerini içerir. **Abiyotik** ya da cansız etkenler su, oksijen, ışık, sıcaklık, toprak ile inorganik ve organik besinleri içerir.

Abiyotik etkenler özel bir çevrede ne tür organizmaların yaşayabileceğini belirler. Örneğin, çöllerde çok az temin edilebilir su vardır ve sıcaklık günlük olarak çok sıcak ile soğuk arasında değişir. Bu koşullarda sadece uyum sağlamış, adaçayı çalısı (sagebrush) ve kaktüs gibi bitkiler yaşayabilir. Tahıl, meşe ağaçları ve orkideler gibi diğer bitki çeşitleri çöllerde yaşayamaz. Bu bitkiler uyum sağladıkları, değişik abiyotik koşullara sahip diğer çevrelerde gelişirler.

Abiyotik etkenler jeolojik-Jeomorfolojik, coğrafik, hidrolojik ve iklimsel (klimatolojik) parametrelerdir. Bitki ve hayvanların özgün bir birlikteliği için yaşama yeri sağlayan, özel bir takım cansız ekolojik etkenler tarafından karakterize edilen, çevresel olarak aynı yapıdaki koşulların olduğu bir alan veya bölge **biyotop** olarak adlandırılır. Biyotop tam olarak **habitat** terimi ile eş anlamlıdır, ancak habitatın konusu bir tür veya bir **populasyon** olurken, **biyotopun** konusu bir biyolojik **topluluk**dur. Habitat veya biyotopları doğrudan etkileyen özgün abiyotik etkenler ışık, sıcaklık, su, hava ve toprağı kapsar. Işık, fotosentezle ekosisteme enerji sağlar.

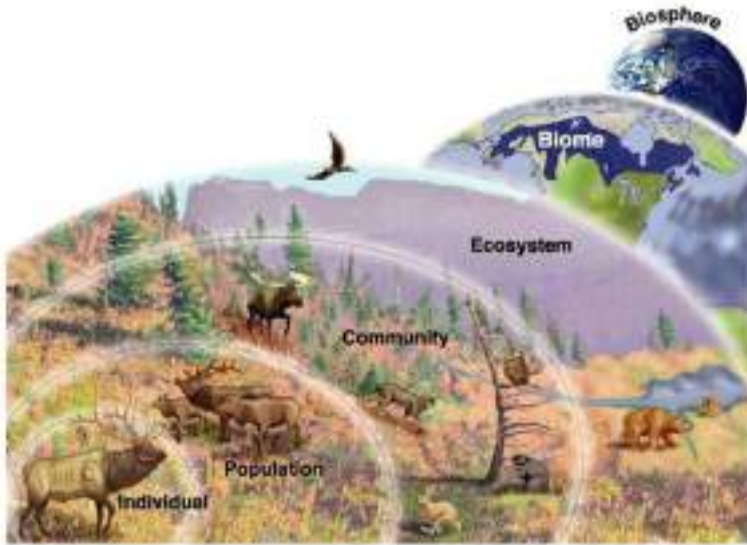


**Şekil XX. Habitat ve biyotop**

Doğu Ladini *Picea orientalis* (L.) Link Doğu Karadeniz Bölgesinde, Ordu Melet Çayının doğusunda, Doğu Karadeniz Dağlarının denize bakan (deniz etkisi altındaki) yamaçlarında doğal olarak yayılmıştır. Batı Karadeniz bölgesinde görülen kaplumbağa bu bölgede yaşamaz. Çam kese böceği *Thaumetopoea pityocampa* Orta ve batı Karadeniz'deki varlığına rağmen bu bölgede görülmez. Kırmızı orman karıncası *Formica rufa*, batı Karadeniz ormanlarında ve Doğu Karadeniz'in Karadeniz ardı ormanlarda (Aluçra) yaşarken ladinin yayılış alanında yaşamaz.

Doğada organizmaların araştırılmasında, ekologlar, dikkatlerini çoğunlukla belirli bir doğal çevre çeşidindeki belirli bir organizma grubuna odaklarlar. Belirli bir türün belirli bir alan içindeki tüm bireylerini içeren organizmaların doğadaki en yalın grubu bir **populasyon**'dur. Belirli bir alandaki farklı organizma populasyonlarının hepsi bir **topluluk** (*biocenose*) oluşturur. Topluluk, bitki, hayvan ve mikroorganizma populasyonlarının bir grubudur. Her bir populasyon, aynı türün bireyleri arasındaki üremenin ve belirli bir yerde ve belirli bir zamanda birlikte yaşamının bir sonucudur.

**Bir ekosistem**, bir topluluğu ve onun fiziksel çevresini içerir. Bir ekosisteme, her iki abiyotik ve biyotik etmenler dahildir. Ekosistemin canlı ve cansız kısımları arasında süren materyal değişimi vardır. yeryüzündeki tüm ekosistemler birbirine bağlıdır. Organizmalar ekosistemin birinden diğerine geçerler. Su ve diğer inorganik maddeler bir ekosistemden diğerine taşınır. Organik bileşikler de, taşıdıkları enerji ile birlikte ekosistemler arasında aktarılırlar.



**Şekil xx. Organizma, population, topluluk, ekosistem, biyom ve biyosfer**

Bir ekosistemdeki her bir organizma çeşidinin (TÜR) içinde yaşadığı özel bir çevre bölümü vardır. Bu onun **habitatı** (yaşama yeri)'dir. Bir ekosistem içinde meydana gelen karmaşık etkileşimlerde her bir türün özel bir rolü de vardır. Bir türün ekosistemdeki rolü onun **nişi**'dir. Bir organizmanın habitatı nişinin elemanı, sadece parçasıdır. Ayrıca, besinlerini nasıl, ne zaman ve nereden sağlandığını, üreme davranışını ve çevresine ve ekosistem içindeki diğer türlere olan doğrudan ve dolaylı etkilerini de içerir.

Bir populasyon yetersiz sayıdaki bireylerden ibaret olduğunda, bu populasyon yok olma tehlikesindedir; türün bireylerinin katıldığı composed bütün toplulukların çökmesi bir türü yok olmaya götürebilir. Küçük populasyonlarda, aynı soydan olma topluluğu daha da güçsüzleştiren kalıtsal çeşitliliğin azalması ile sonuçlanabilir. Monokültür.

## **BİYOTİK (CANLI) EKOLOJİK ETKENLER**

Biyotik ekolojik etkenler de topluluğun yaşama yeteneğini etkiler; bu etkenler ya tür içi veya türler arası ilişkiler olarak değerlendirilir. Tür içi ilişkiler bir populasyonu oluşturan aynı türün bireyleri arasında kurulmuş olan ilişkilerdir. Bunlar **işbirliği (dayanışma) veya rekabet** ilişkileridir. Rekabet, alan ayırma ve bazen sıradüzen toplulukların örgütlenmesi ile ilgilidir.

Türlerarası ilişkiler, farklı türler arasındaki çok fazla sayıdaki etkileşimlerdir ve çoğunlukla yararlı, zarar verici veya etkisiz olarak nitelendirilirler. En önemli ilişki, ekolojideki zorunlu besin zincirleri kavramlarını yönlendiren **predasyondur**. Herbivor türler bitkisel besinlerle beslenirler ve karnivorlar tarafından tüketilirler, ancak bunların her ikisi de daha büyük karnivorlara av olabilir.

Türlerarası diğer ilişkiler asalaklık, bulaşıcı hastalıklar ve iki türün aynı ekolojik **nişi** paylaştığında ortaya çıkabilen sınırlı kaynaklar için rekabeti kapsar. Çeşitli canlılar arasında var olan etkileşimler, büyümeleri, yaşamaları ve üremeleri için organizmalar tarafından alınan ve sonunda atıklar olarak uzaklaştırılan mineral ve organik maddelerin kalıcı bir **karışımı** ile sürdürülmektedir. Elementlerin (özellikle karbon, oksijen ve azot'un) ve suyun bu değişmez döngüsü *biyojeokimyasal döngüler* olarak adlandırılır. Bu döngüler, insan etkileri, uç hava halleri veya olağan dışı jeolojik olaylar dışında, biyosferde



değişmez bir kararlılığın güvenceleridirler. Kendi kendine yürüyen bu düzen, negatif geri besleme denetimi ile sürdürülmekte, ekosistemlerin devamlılığını güvenceye almaktadır.

Ekosistemler kararlı görünse de zamanla değişme geçirirler. Değişme, ekosistemde yaşayan organizmaların çevreyi değiştirmesiyle meydana gelir. Her ekosistem, **ekolojik süksesyon** olaylarından sonra, klimaks denilen ideal bir duruma gelişme eğilimindedir. Klimaks topluluk milyonlarca yılda gelişir. Klimaks topluluklar çoğunlukla baskın bitki formlarıyla nitelendirilir. Bir klimaks topluluğun baskın bitkileri çevrenin fiziksel etkenleri tarafından belirlenir. Yeterli yağış ve uygun toprağın olduğu yerde, klimaks topluluk büyük olasılıkla bir ormandır. Orman yapısını destekleyecek yeterli su yoksa, klimaks topluluk çayır ve diğer bazı bitki çeşitlerinden meydana gelir. Hayvan yaşamı bitki toplulukları ile değişir.

## **EKOSİSTEMDE BESLENME VE ENERJİ İLİŞKİLERİ**

### **Ototrofik ve Heterotrofik Beslenme**

Bir ekosistem her çeşitten organizmalar; mikroorganizmalar, bitkiler ve hayvanlar içerir. Bu organizmalar pek çok düzeyde birbirini etkiler, ancak besin ve enerji ilişkileri bunlar arasında en önemlileridir.

Kendibeslekler, gereksinimleri olan tüm organik besinleri inorganik bileşiklerden sentezleyebilen organizmalardır. Kendibesleklerin çoğu fotosentez yapabilirler; bununla birlikte, çok azı kemosentez yaparlar. Kendibeslekler, doğrudan veya dolaylı olarak, kendi besinlerini sentezleyemeyen, hayvanları içeren organizmalar olan dışbesleklerin tüm besinini sağlarlar.

Dışbeslekler, ne yediklerine ve besinlerini nasıl sağladıklarına bağlı olarak birkaç gruba ayrılırlar. Dışbeslekler etçilleri, otçulları ve çürükçülleri içerir.

Otçullar, sadece bitkilerden beslenen hayvanlardır. Tavşanlar, sığırlar, atlar, koyunlar ve geyikler otçullardır. Etçiller, diğer hayvanlardan beslenen hayvanlardır. Etçiller arasında bazıları yırtıcılar ve bazıları leşçillerdir. Aslanlar, şahinler ve kurtlar gibi yırtıcılar, avlarına saldırır, onları öldürür ve vücutlarından beslenirler. Leşçiller buldukları ölü hayvanlardan beslenirler. Akbabalar ve sırtlanlar leşçillerdir. Omnivorlar, bitkilerden ve hayvanlardan beslenen hayvanlardır. İnsanlar ve ayılar omnivordurlar. Çürükçüller, bitki ve hayvan ölümlerinin kalıntılarının ayrıştırılması ile

besinlerini sağlayan organizmalardır. Pek çok bakteri ve mantar gürükçül olarak işlev görürler.

### **Popülasyonlar ve Topluluklar**

Doğada, organizmaların araştırılmasında, ekoloğlar, dikkatlerini çoğunlukla belirli bir ortam çeşidindeki belirli bir organizma grubuna odaklarlar. Doğada, belirli bir alan içinde belirli bir türün tüm bireylerini içeren organizmaların en doğal grubu bir popülasyondur. Bir ormandaki Türkiye meşesi, *Quercus cerris* ağaçları bir popülasyon oluşturur. Bir havuzdaki tüm Siğilli iri kurbağalar bir popülasyon meydana getirir. Popülasyonlar daha büyük grupların parçaları olarak da değerlendirilebilir. Belirli bir alandaki farklı organizmaların tüm popülasyonları bir eklojik topluluk oluşturur. Örneğin bir gölcüğün içinde ve civarındaki tüm kurbağalar, balıklar, algler ve diğer canlı varlıklar bir gölcük topluluğunu meydana getirir.

Bir ekosistem bir topluluk ve onun fiziksel çevresini içerir. Bir ekosisteme, canlı ve cansız etkenler dahildir. Bir ekosistemin canlı ve cansız kısımları arasında süren bir materyal değişimi vardır. Yeryüzünün tüm ekosistemleri birbirine bağlıdır. Organizmalar bir ekosistemden diğerine hareket ederler. Su ve diğer inorganik maddeler bir ekosistemden diğerine geçerler. Organik bileşikler de taşıdıkları enerjileri ile ekosistemler arasında taşınırlar.

### **Madde ve Eneji Döngüleri**

Dünyanın tek enerji kaynağı kabul edilen güneş, şüphesiz ekosistemlerin de yegane enerji kaynağıdır. Yeryüzüne ulaşan güneş enerjisinin büyük bir kısmı temel üretici konumunda olan bitkiler tarafından tutulmakta, fotosentez yoluyla besin enerjisine çevrilmektedir. Birinci basamak tüketicier bitkilerden beslendikleri zaman, besin maddelerindeki bu kimyasal enerjiyi bünyelerine alırlar. Besinmaddelerinden sağladıkları bu kimyasal enerjinin bir kısmını kendi yaşam etkinlikleri için hacarken, bir kısmını da değişik yollarla diğer canlılara aktarırlşar. Bu arada, ölen bütün canlılardaki kimyasal enerji de ayrıştırıcılar tarafından kullanılır. Enerjinin bu taşınımına "**enerji aktarımı**" denir. Güneştan başlayan bu enerji taşınımı tek yönlüdür ve canlılar tarafından kullanılmayan kısmı çevreye ısı enerjisi olarak verilir. Uzun bir süreçte, dengeli bir ekosistemde, tüm enerji girdileri ve çıktıları eşit olur.

Bir ekosistemin doğal dengesini koruyabilmesi ve varlığını sürdürebilmesi, madde ve enerji döngüsü ile tüketilen maddelerin yeniden üretim için ekosisteme geri dönmesine bağlıdır.

İnorganik maddelerin sürekli olarak cansız ortamdan alınıp, canlı öğeler arasında aktarıldıktan sonra, cansız ortama tekrar geri verilmesi işlemine "madde döngüsü" denir. Madde dolaşımında görülebilecek herhangi bir aksama, ekosistemde aksamalara neden olmaktadır. Her ekosistemin ham madde varlığı sınırlıdır ve yerine konmadığı takdirde tükenmeye mahkumdur. Madde döngüsünde tükenmeyen tek unsurun güneş enerjisi olduğu kabul edilmektedir (Erinç, 1984).

Madde döngüsünün enerji döngüsünden farkı, tek yönlü bir taşınım göstermemesi, ekosistem içinde devir yapmasıdır. Bu maddeler bir canlıdan diğerine geçerken, kimyasal değişime uğramakta ama hep ekosistem içinde kalmaktadırlar. Bu kimyasal maddelerin ana kaynağının cansız doğa olduğu kabul edilirse, canlılar bu maddeleri yaşamları için kullanmakta, onlar ölünce de bu maddeler toprağa geri dönmektedir.

### **Simbiyotik İlişkiler**

Simbiyotik ilişkiler, iki farklı çeşitteki organizmanın, en az birinin yararlandığı, birbiriyle yakın işbirliği içinde yaşamalarıdır. Simbiyotik ilişkilerin üç çeşidi vardır: mutualizm, kommensalizm ve paratizimdir.

Mutualizmde, her iki organizma, aralarındaki işbirliğinden yarar sağlar. Örneğin termitler sindirim sistemlerinde yaşayan, selülozu sindiren mikroorganizmalara sahiptir. Termitler, bu mikroorganizmalar olmadan, yedikleri odundan hiçbir besin sağlayamazlar. Diğer yandan, termitler, bu mikroorganizmalara besin ve yaşama yeri sağlarlar. Sığırların, sindirim sistemlerinde yaşayan organizmalarla benzer bir işbirliği vardır.

Likenler, algilere ve mantarlara ait hücrelerden ve bu işbirliğinin her iki çeşidinden ibarettir. Bu ilişki, yalnız başına hiçbirinin canlılığını sürdüremeyeceği ortamlarda yaşamalarına izin verir. Mantarlar, nem ve yapısal iskelet ile algilerin geliştiği tutunma yerleri sağlarlar.

Bezelyeler, yonca ve kaba yonca *baklagiller*dir. Baklagillerin köklerinde belirli bakterilerin geliştiği yumrular vardır (Şekil 1-4). Bu bakteriler, toprak havasındaki azot gazını, bitkiler için kullanılabilir formlara dönüştürürler. Bu ilişkide, bu bitkilere, gereksinimleri olan azotlu bileşikler sağlanırken, bakterilere de gelişip üreyebildikleri bir ortam sunulur.

Kommensalizmde, bir organizma bir simbiyotik ilişkidenden yararlanırken diğeri bundan etkilenmez. Örneğin, remora bir emici ile bir köpekbalığına tutunmuş olarak yaşayan küçük bir balıktır. Köpek balığının besinlerinden arda kalan yiyecek artıklarını yemek için kendini köpekbalığından ayırır. Böylece köpekbalığı remoraya besin sağlar. Bilindiği kadarıyla, remora, köpekbalığına ne fayda, ne de zarar verir. Barnacileler kendilerini bir balinanın çok geniş vücut yüzeyine tutturabilirler. Balinanın hareketi, onlara sürekli ortam değiştirme ve besin sağlama olanağı sağlar. Balina, barnacilelerin varlığından etkilenmez.

Asalıkta, bir organizma simbiyotik ilişkidenden yararlanırken, diğeri bundan zarar görür. Yararlanan organizmaya *asalak*, zarar görene de *konukçu* ya *konak* denir. Bazı parazitler konukçularında hafif bir zarara neden olurken, diğeri sonuçta konaklarını öldürürler. Örneğin şeritler (tenyalar) çeşitli hayvanların sindirim sisteminde yaşayan asalaklardır. Burada, besinlerini bulabildikleri ve gelişip üreyebildikleri uygun bir ortam vardır. Bununla birlikte, konukçu şeritlerin varlığından zarar görür. Şeridin neden olduğu besin ve doku kaybı ciddi rahatsızlıklara neden olabilir. Diğer bitkiler üzerinde gelişen asalak bitkiler vardır. Bitki asalaklarının iki örneği ökseotları ve şeytan saçı (küsküt)'dir (Şekil 1-7).

Özellikle, mutualizm veya kommensalizm gerektiren simbiyotik ilişkiler, her zaman sürekli değildir. Ayrıca, bu tür ilişkidenden belirli bir organizmanın kesinlikle faydalandığını veya zarar gördüğünü söylemek de her zaman olanaklı değildir. Örneğin, bir likenin alg hücreleri, pek çok ortamlarda, mantar hücreleri olmadan da en iyi şekilde yaşayabilirler. Diğer yandan, mantar hücreleri, bu ortamlarda, yalnız başına yaşamayabilirler.

### **Üreticiler, Tüketiciler ve Ayrıştırıcılar**

Birkaç küçük ekosistem dışında, tüm ekosistemlerde, kendibeslekler bitkiler ve diğer fotosentez yapan organizmalardır. Bunlar, enerjiyi güneşi ışığından alırlar ve onu şekerler ve nişasta sentezi için kullanırlar. Bu maddeler, bitkinin gereksinim duyduğu organik bileşiklere dönüştürülebilir veya enerji için yıkabilirler. Dışbeslekler, canlılık işlemleri için, organik bileşiklerde depolanan kimyasal enerji dışında, enerjinin herhangi bir şeklini kullanamazlar. Bu organik besinler, bitkiler ya da hayvanlar olabilen, diğer organizmaların ürünlerinden sağlanmalıdır. Kendibeslekler (fototrof ve kemotroflar), inorganik bileşiklerden organik bileşikler (besin) üretebilen, bir ekosistemde, üreticiler denilen yegane organizmalardır. Dışbeslekler, başka

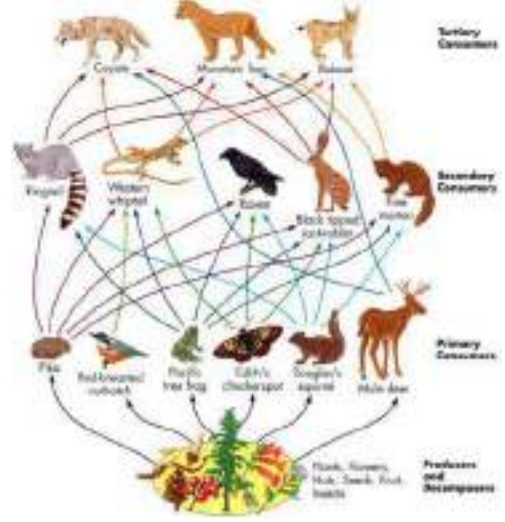
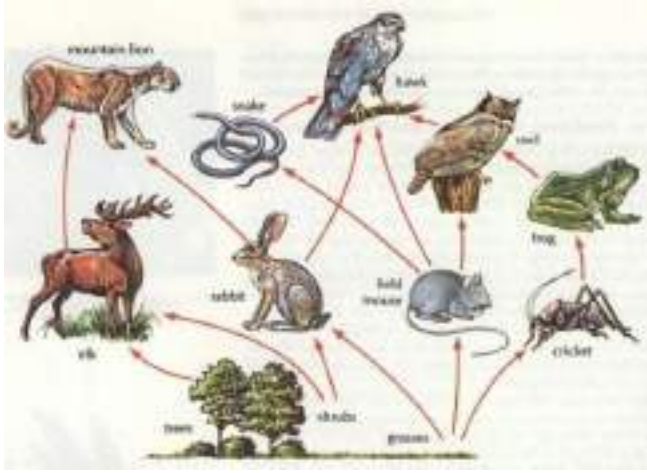
organizmalardan besin sağlamak zorunda olduklarından, tüketiciler olarak adlandırılır.

Çürükçüller ekosistemde önemli rol oynarlar. Çürütücü veya ayrıştırıcı organizmalar olarak işlev yaparlar. Ekosistemin diğer üyeleri tarafından kullanılacak maddeleri serbest bırakarak, ölü bitki ve hayvan kalıntılarını ayrıştırırlar. Bu yolla pek çok önemli madde ekosisteme geri döndürülür.

### **Besin Zincirleri ve Besin Ağları**

Bir ekosistem içinde, her zaman üreticilerle başlayan, bir enerji akış yolu vardır. Üreticiler tarafından üretilen, organik bileşiklerde depolanmış enerji, bitkiler yenildiğinde tüketicilere aktarılır. Bitkilerden beslenen, otçullar (herbivorlar), ilk veya birinci sıradaki tüketicilerdir. Bitki yiyen hayvanlardan beslenen etçiller ikincil veya ikinci sıradaki tüketicilerdir. Örneğin, fareler bitkilerden beslenir ve birinci düzeydeki tüketicilerdir. Fareleri yiyen yılan ikinci düzeydeki bir tüketici iken, yılanı yiyen şahin üçüncü düzeyde bir tüketicidir. Çoğu tüketicilerin değişken besinleri olduğundan, avlarına bağlı olarak ikinci, üçüncü veya daha yüksek düzeyde tüketiciler olabilmektedirler. Bu beslenme ilişkilerinin her biri, bir besin enerjisinin geçtiği bir organizmalar dizisi, bir besin zinciri oluşturur (Şekil 1-6). Bir ekosistemde beslenme ilişkileri hiçbir zaman sadece basit bir zincirleme değildir. Her bir beslenme düzeyinde pek çok organizma çeşidi ve bir ekosistemde her zaman pek çok besin zinciri vardır. Bu besin zincirleri, bir besin ağı oluşturacak şekilde, çeşitli noktalarda birbirine bağlıdır (Şekil 1-7).

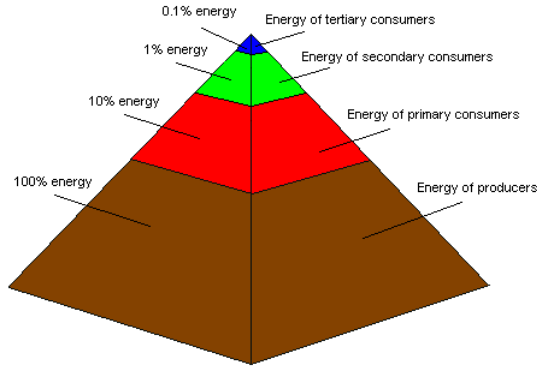
Bir ekosistemin her düzeyinde ayrıştırıcılar vardır. Ayrıştırıcılar, sistemdeki tüm organizmaların atık ve kalıntılarını yeniden kullanıma sokarlar. Bu materyallerdeki enerjiyi, kendi metabolizmaları için kullanırlar. Bu sırada, organik bileşikleri inorganik bileşiklere yıkar ve sistemdeki maddeleri yeniden kullanılabilir yaparlar. Ayrıştırıcılar, her besin zinciri ve besin ağının son tüketicileri olarak düşünülebilirler.



**Şekil XX. Besin zinciri ve besin ağları (food webs)**

### Enerji Piramitleri ve Biyokitle

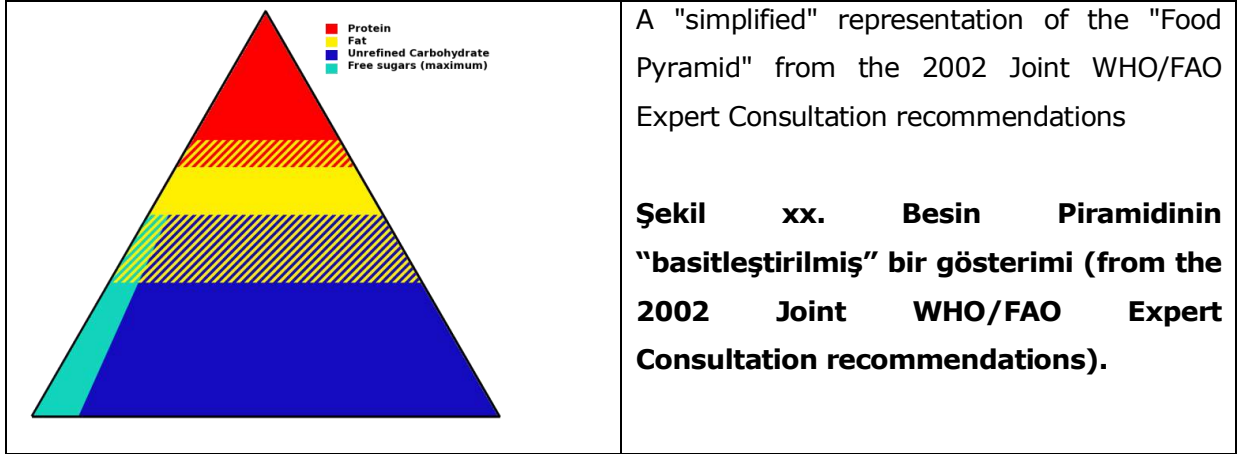
Bir besin ağında kullanılabilir enerji miktarı, her bir üst beslenme düzeyi ile azalır. Bunun nedeni, besin olarak alınan enerjinin küçük bir bölümünün yeni doku olarak depolanmasıdır. Alınan besinin çoğu sindirilmez ve absorbe edilmez. Bundan başka, besindeki enerjinin büyük bir kısmı solunum ve bakım için kullanılır. Bu enerji ısı olarak kaybedilir. Sonuç olarak, herhangi bir beslenme düzeyinde, alınan enerjinin, yaklaşık sadece yüzde 10'u yukarıya doğru izleyen (giden, yürüyen, ilerleyen) beslenme düzeyine geçilir.



**Şekil XX. Ekolojik piramit**

Bir ekosistemde kullanılabilir enerji miktarı, çoğunlukla bir piramit, enerji piramidi şeklinde gösterilir (Şekil 1-8). Enerjinin en yüksek miktarı, piramidin tabanında, üreticilerde bulunur ve en az enerji piramidinin tepesinde, tüketicilerin en üst düzeyinde bulunur. Kullanılabilir enerjinin miktarı çok aşırı azaldığından dolayı, bir ekosistemde, çoğunlukla dört veya beşten daha fazla beslenme düzeyi bulunamaz.

Kullanılabilir toplam enerji miktarı her bir beslenme düzeyi ile azaldığından, her bir düzeyde desteklenen canlı organizmaların toplam kütlesi de azalır. Bu ilişki bir piramitle de gösterilebilir. Biyokitle piramidi olarak bilinen bu ilişki, akraba organizmaların kütlesini, her bir beslenme düzeyindeki biyokitleyi, gösterir. En yüksek biyokitle miktarı, en alt düzeyde, üreticilerde bulunur. En düşük biyokitle tüketicilerin en yüksek düzeyinde bulunur.



## EKOSİSTEMLERDE REKABET

### Çevre, Habitat ve Niş



**Şekil xx. Çevre, Biyotop/Habitat ve Niş kapsamı.**

## Niche

- Each species occupies a **niche** in the community. A niche is the role the species plays, and includes the type of food it eats, where it lives, where it reproduces, and its relationships with other species.



## Warblers and Their Niches

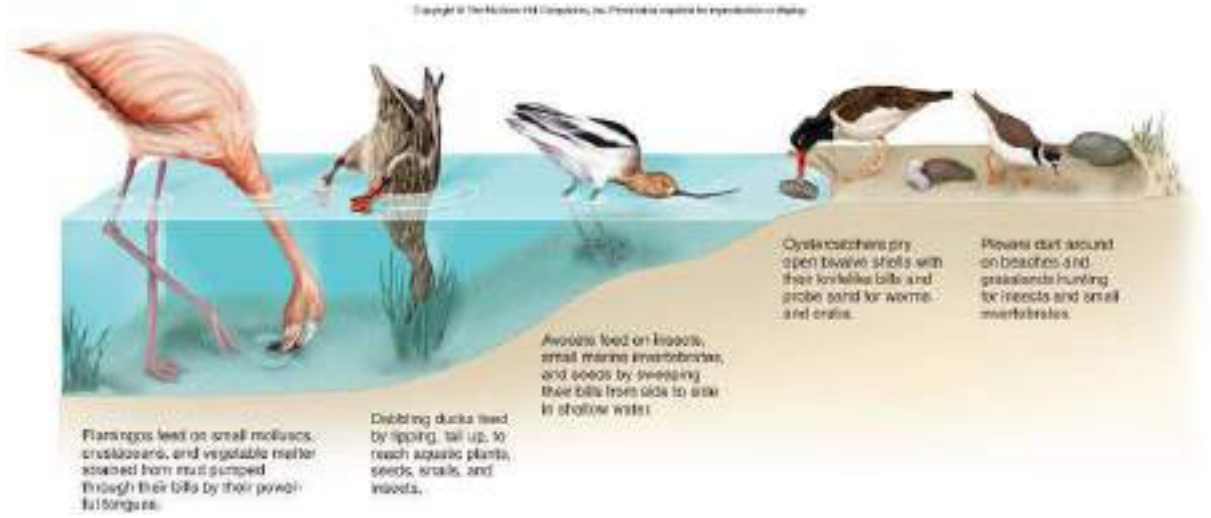


FIGURE 5.19 Niche Specialization Although all of these warblers have similar feeding habits, this flexibility of niches is reduced because they search for insects on different parts of the tree.

## Şekil XX. Niş özelleşmesi

Bir ekosistemdeki her bir organizma çeşidi, içinde yaşadığı özel bir çevre parçasına sahiptir. Bu onun habitatu (yaşama yeri)'dir. Örneğin, salyangoz küfleri nemli orman tabanında yaşarlar. Bu onların yaşama yerleridir. Bir ekosistem içinde meydana gelen karmaşık etkileşimlerden dolayı, her bir tür ayrıca belirli bir rol oynar. Bir ekosistemde bir türün rolü onun nişidir. Bir organizmanın nişi onun habitatının bir kısmı, sadece bir parçasıdır. Ayrıca niş, besinini nasıl, ne zaman ve nereden sağladığını, üreme davranışlarını ve onun çevre ve ekosistem içindeki diğer türlerle doğrudan ve dolaylı etkileşimlerini içerir.





## Türüç ve Türlerarası Rekabet

Dengedeki bir ekosistemde, her bir tür kendi nişini işgal eder. Belirli bir alanı (habitatını) işgal eder ve özel bir şekilde besinlerini sağlar. İki türün nişleri çakıştığında, rekabet doğar. Bu çakışma arttıkça, iki türün gereksinimlerinin daha fazlası ortak olur ve rekabet daha güçlü bir hal alır. İki farklı tür arasındaki rekabet türlerarası rekabet olarak adlandırılır. Rekabet edilen kaynaklar azaldıkça, rekabet daha şiddetli olur. Sonunda, nişin işgalini daha başarılı türe bırakan türlerden biri ekosistemden atılır. Rekabet aynı türün bireyleri arasında da meydana gelir. Buna türüç rekabet denir. Aynı türün bireyleri arasındaki rekabetin şiddeti, populasyon yoğunluğu ve gerekli kaynakların kullanılabilirliği gibi olaylardan etkilenir. Koşullar çok sert olduğunda, en yararlı uyuma sahip bireyler hayatta kalırken, daha az uyumlu bireyler yaşama şansını kaybeder.

**Bird Niches in its Habitat. A niche is the role of a particular species -- what it does -- within its habitat. No two species perform precisely the same role in a particular habitat, at least not for long. If they do, competition for food and a place to live results, and one species eventually excludes the other. The competing species may also "compromise" by developing different niches. A great deal of ecological study is directed toward defining the niche of a species. Without that knowledge we cannot examine how human activities affect a given species or manage the conservation of species.**

**Competition is a powerful force that molds species' niches and sex and age-specific niches within a species. For example, if males and females had to compete for limited food, pair-bonds might be weakened and nesting success diminished. Where resources are limited, the sexes of some species use the resource differently. For example, if you watch a Downy Woodpecker from a distance for 15 to 20 minutes, you can almost certainly guess the sex of the individual by its behavior. Male characteristically forage on small trees or on small branches of large trees; females typically forage on the trunks and larger limbs of large trees. The niches overlap, but the slight distinction limits competition between the sexes.**



Püsküllü ağaçkakan, *Dryobates pubescens* (Linnaeus, 1766)



Afrika balık kartalı

## Ekosistemlerde Süreklilik ve Değişim

### Bir ekosistemde devamlılık

Bir ekosistemin kararlı olması ve kendini devam ettirmesi için belirli koşulların olması gerekir. (1) Değişmez bir enerji kaynağı olmalı. Yeryüzündeki hemen tüm ekosistemler için enerji kaynağı güneş ışığıdır. Sadece birkaç ekosistem kemosenteze dayanır. Bu ekosistemlerde, üreticiler, organik bileşiklerin sentezi için, çeşitli inorganik bileşikleri içeren kimyasal tepkimelerden enerji türetirler. (2) Ekosistemde, organik bileşiklerin sentezi için besisel enerji (ışık) kullanabilen organizmalar olmalıdır. Bu rol, ekosistemin üreticileri olan yeşil bitkiler ve algler tarafından yerine getirilir. Ekosistemdeki canlı organizmalarla ortam arasında bir materyal döngüsü olmalıdır. Üreticiler, ortamın inorganik bileşiklerini, daha sonra besin zincirinden veya besin ağından geçecek olan organik bileşiklere katarlar. Sonunda, bir şekilde, ayrıştırıcılar, inorganik maddeleri yeniden kullanım için ortama serbest bırakarak, ölü organizmaların kalıntılarını ayrıştırırlar.

## **Ekolojik Süksesyon**

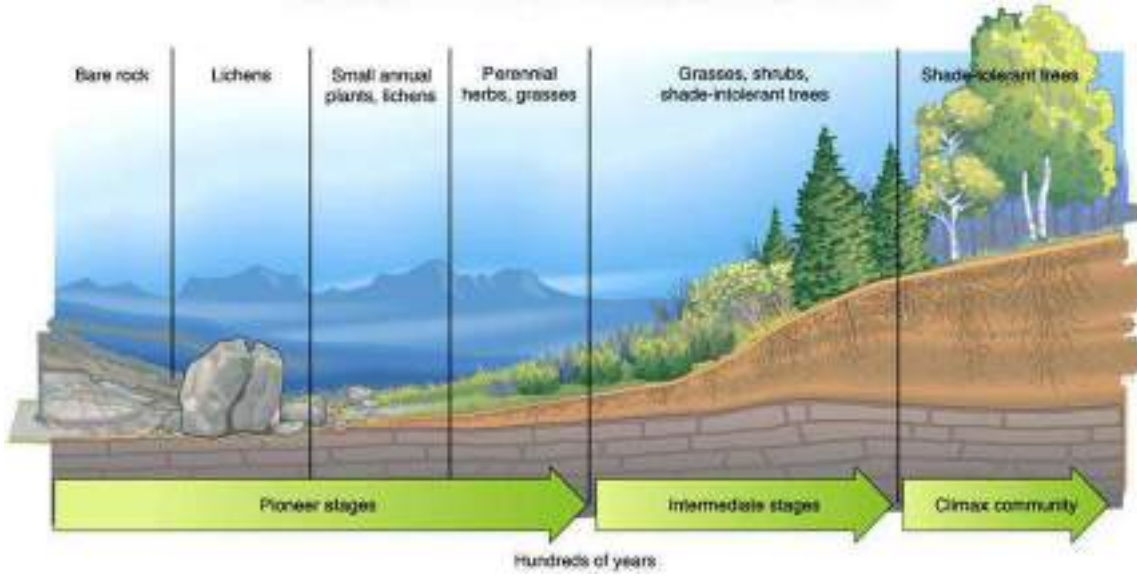
Ekosistemler kararlı gözökmekle birlikte, zamanla değişim geçirirler. Bu değişim, ekosistemde bulunan canlı organizmaların çevreyi değiştirmelerinden meydana gelir. Bu değişikliklerin bazıı, çevreyi yeni tip organizmalar için daha uygun ve mevcut organizmalar için daha az uygun yapma eğilimindedir. Böylece, bir ekosistemin orijinal organizmaları diğer çeşitlerle kademeli olarak yer değiştirirler. Yeni bir topluluk, ekosistemde orijinal topluluğun yerini alır. Zaman geçtikçe, bu topluluk da başka bir toplulukla kademeli olarak yer değiştirir. Mevcut topluluğun bir başka toplulukla kademli olarak yer değiştirdiği sürece, **ekolojik süksesyon** denir. Genelde, karasal ortamlarda, ekolojik süksesyon herhangi bir anda mevcut bitkilerin çeşidine bağlı olarak değişir. Bitkiler, üreticiler olduğundan, gelişmekte olan topluluğun çeşidini belirlerler. Toplulukta, yaşamayı sürdürebilen hayvanların çeşitleri doğrudan veya dolaylı olarak bitkilerin çeşitlerine bağlıdır.

Ekolojik süksesyonun her bir evresinde, birkaç tür, çevre ve topluluğun diğer üyeleri üzerinde en büyük etkiyi kullanırlar. Bu türelere baskın türler denir. Baskın türler tarafından çevreye yüklenen koşullar her bir süksesyonal toplulukta yaşamayı sürdürebilen diğer bitki çeşitlerini belirler.

Bir topluluktan diğerine süksesyon, olgun ve kararlı topluluk gelişene kadar devam eder. Böyle bir topluluğa klimaks topluluk denir. Klimaks topluluğa sahip bir ekosistemde, koşullar, topluluğun bütün üyeleri için uygun oldukça XXXX kadar devam eder. Bu klimaks topluluk, bir yangın, sel veya volkanik püskürme gibi felaketsel bir olay tarafından altüst edilinceye kadar ayakta kalır. Klimaks bir topluluğun yıkımından sonra, süksesyon yeniden başlar ve yeni klimaks topluluk gelişinceye kadar devam eder.

Hiçbir yaşam olmayan, örneğin, çıplak kaya üzerindeki bir alanda meydana gelen süksesyona birincil süksesyon denir. Mevcut bir topluluğun kısmen tahrip olduğu ve dengesinin altüst edildiği bir alanda meydana gelen süksesyona ikincil süksesyon denir.

**Karada süksesyon.** Karada ilk süksesyon, başlangıçta yaşamın hemen hiç olmadığı karasal alanlarda ortaya çıkar (Şekil 1-12). Bu koşullar kayalık uçurumlar, kum kumullar, yeni oluşmuş volkanik adalar ve yeni açığa çıkmış kara alanlarında mevcuttur. İlk süksesyon toprak oluşumuyla başlayabildiğinden çok yavaş bir süreçtir.



Şekil xx. Karasal süksesyon

Toprak binlerce yılda çok yavaş oluşur. Hava hallerinin etkisi işlemiyle, büyük kayalar kademeli olarak daha küçük parçalara ayrılır. Sonunda, bazı kayalar daha küçük parçalara ufalanır. Bu alana yerleşen ilk organizmalara *öncü organizmalar* denir. Bu tür organizmalar çoğunlukla bakteri, mantar ve likenleri kapsar. Bunlar kayaları daha fazla parçalar ve gelişen toprağa organik madde katarlar. Likenler açığa çıkmış koşullara uyarlanırlar. Likenler kök benzeri rizoidlerle kaya yüzündeki çarpıklıklara tutunurlar. Kayayı çözen asitler salgırlar. Bazı likenler ölür ve bunların kalıntıları toprağa eklenir. Yosunlar küçük toprak birikinti alanlarında ortaya çıkar. Yosunlar, likenleri gölgeleyebilir ve böylece ölmelerine neden olarak henüz gelişmemiş olan toprağa daha fazla organik materyal katarlar.

En sonunda, çayırlar ve yıllık bitkiler, organik materyallerin biriktiği bu alanlarda gelişir. Bu bitkiler öldükçe toprak zenginleşir. Küçük çalılar gelişmeğe başlar ve bunların kökleri kayaları parçalar. Bu çalılar çayırları gölgeleyip onları öldürebilir. Ağaç fideleri kök salabilir. Sonunda bu ağaçlar çalıları gölgeleyebilir. Çalılar arasında gelişen fideler muhtemelen yeterli miktarda güneş ışığına gereksinim duyarlar. Böylece, olgun ağaçlar olduklarında, orman tabanında aynı çeşit fidelerin yaşaması için yeterli güneş ışığı olmayabilir. Bununla birlikte, diğer ağaçların fideleri gölgede iyi gelişebilir. Bu yolla, bir ağaç topluluğunun yerini farklı çeşitlerde ağaçların başka bir topluluğu alır. Milyonlarca yıl sonra, bir klimaks topluluk gelişir. Klimaks topluluklar çoğunlukla baskın bitki formları koşullarıyla tanımlanırlar.

Bir klimaks topluluğun baskın bitkileri çevrenin fiziksel etkenleri tarafından belirlenmektedir. Yeterli yağış ve uygun toprağın olduğu yerde, klimaks topluluk büyük olasılıkla bir orman olmaktadır. Bununla birlikte, ormanı destekleyecek yeterli

su (yağış) yoksa, klimaks topluluk çayırlardan ve bazı diğer bitki çeşitlerinden meydana gelmektedir.

Hayvansal yaşam bitki topluluklarına bağlı olarak değişir. Örneğin, bir süksesyon bir orman topluluğuna doğru geliştikçe, çayırlar ve çalılar arasında yaşayan hayvanlar, eninde sonunda orman tabanında ve ağaçların değişen düzeylerinde yaşayan hayvanlarla yer değiştirir.

İkincil süksesyon, klimaks topluluğun yok edildiği alanlarda ortaya çıkar. Örneğin, bir orman, tarım alanı açmak için kesilebilir. Tarım alanına dönüştürüldükten kısa bir süre sonra, toprak bakımsız kalırsa, sonunda diğer bir orman klimaks topluluğu ile son bulan yeni bir süksesyon başlar. İkincil süksesyonda, alanda bu kez toprak mevcuttur. Silsile toprak oluşumuyla başlamadığından, bu işlem ilk süksesyondan daha hızlıdır. Bir klimaks topluluk, ilk süksesyon için gerekli başlangıçtaki milyonlarca yıl yerine, birkaç yüz yıl sonra yeniden kurulabilir.

**Göllerde ve gölcüklerde süksesyon.** Göller ve gölcükler de, sonunda bir klimaks topluluğuna gelişen, ekolojik süksesyon evrelerinden geçebilmektedir (Şekil 1-12). Bu işlem tortu, dökülen yapraklar ve diğer enkazın kademeli olarak göl tabanına birikmesi, göl derinliğini azaltması ile başlar. Göl etrafında, bataklık yosunu ve kamışlar, sazlar ve hasırotları gibi pek çok köklü bitkiler sıg suda gelişirler. Bu bitkiler, gölün büyüklüğünü azaltarak, kademeli olarak kıyılardan içeriye doğru uzanırlar. Göl doldukça, organizmaların büyük bir popülasyonu destekleyebilecek besin maddeleşince zenginleşir. Bitki hayvanların çoğalan miktarı çökeltideki, dolgu işlemini hızlandıran organik materyali destekler. Süksesyon sürdükçe, göl bir bataklık olur. Daha sonra da, susuz kara oluşturan bataklık dolar. Kara toplulukları sucul formların yerini alır. Bir süre sonra, dolgu alanı civar topluluğun bir parçası olur.

## **EKOSİSTEMDE MATERYAL DÖNGÜLERİ**

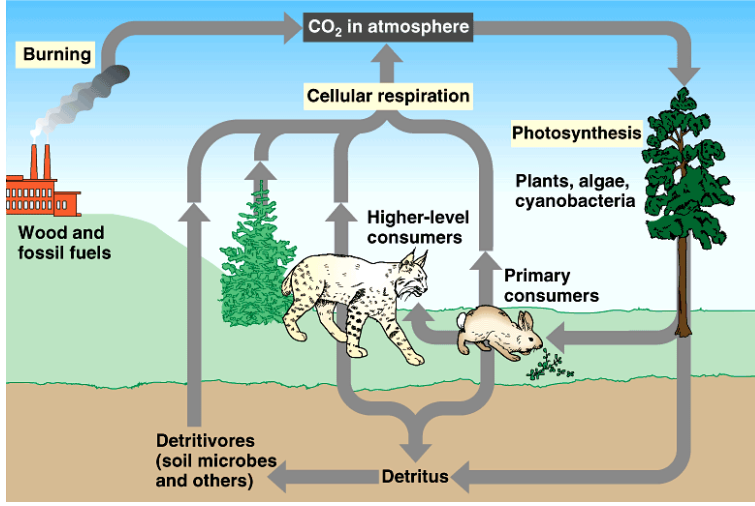
Bütün ekosistemlerde materyallerin döngüsü canlılar ile çevre arasında meydana gelir. Organizmalar belirli maddeleri çevreden bünyelerine katarlar. Bu organizmalar öldüğünde, vücutları ayrıştırıcılar tarafından yıkılır ve bu maddeler çevreye geri döner. Bu maddeler çevreye geri döndürülmeseydi, bunların mevcudu sonunda tükenmiş olurdu. Canlılarla çevre arasındaki materyal döngülerine **biyojeokimyasal döngüler** denir. Azot, karbon, oksijen ve su bu döngülere katılan maddelerdendir.

## **Karbon ve Oksijen Döngüleri**

Karbon, karbondioksit formunda, atmosferin yüzde 0.03768'ini oluşturur. Karbondioksit çözülmüş olarak da yeryüzündeki sularda bulunur. Karbondioksit, fotosentez sırasında, *karbon bağlama* olarak bilinen bir işlemle atmosferden organik bileşiklere geçirilir. Bu bileşiklerin bir kısmı, hücresel solunum sırasında karbondioksiti atmosfere geri salarak, fotosentetik organizmalar tarafından yıkılır. Bitkiler ve diğer fotosentetik organizmalar hayvanlar tarafından yenirse, karbon bileşikleri bir besin ağına girer. Her bir düzeyde, bir miktar bileşik, atmosfere karbondioksit salarak hücresel solunum ile yıkılır. Sonuçta, ölü bitki ve hayvan kalıntıları ve hayvan dışkıları, karbondioksiti serbest bırakarak ayrıştırıcılar tarafından yıkılır.

Karbon döngüsünde, karbondioksit, fotosentezle atmosferden uzaklaştırılır ve hücresel solunumla atmosfere geri döndürülür. Bu iki işlem, normalde atmosferde nispeten değişmez bir karbondioksit düzeyi ile korunan denge içindedir. Ancak, fosil yakıtların (petrol, kömür ve doğal gaz) yakılması da karbondioksit salmaktadır. Bu yakıtların kullanılmasının artmasından dolayı, 1980'lerin ortasından buyana atmosferin karbondioksit içeriği kademeli olarak artmaktadır. Bu değişimin uzun dönemli etkileri bilinmemektedir. Bununla birlikte, bazı bilim adamları, yer yüzeyinde bir sıcaklık artışına neden olacağını düşünmektedir. Bu, atmosferik karbondioksitin yeryüzünden uzaya geri yansımaya gerekirken ısıyı absorbe etmesinden dolayı meydana gelecektir.

Organik bileşikler, doğal olarak, sadece canlı organizmaların vücudunda ya da ürünlerinde ve kalıntılarında bulunan karbon bileşikleridir. Organik bileşikler, karbonun yanında hemen her zaman hidrojen ve çoğunlukla oksijen ve azot içerirler. Fosfor ve kükürt ile küçük miktarlarda demir, kalsiyum, sodyum, klor ve potasyum içerebilirler. Organik bileşiklerin oluşturulması açısından bu elementler içinde özellikle karbonun dolaşımı dolayısıyla karbon döngüsü çok önemli olmaktadır. Karbon biyolojik ve fiziksel çevre arasında karbon döngüsünde dolaşır.



Karbon döngüsü, karbonun biyosfer, pedosfer, jeosfer, hidrosfer ve atmosfer arasındaki değişiminin biyokimyasal çevrimidir.

Karbon döngüsü en çok bulunan elementin geri dönüşümünü sağlayan ve onu biyosferin tüm organizmalarının yeniden kullanımına sunan yeryüzündeki en önemli döngülerden biridir.

Karbon döngüsü çoğunlukla değişim yollarıyla bağlantılı beş büyük karbon kaynağı olarak düşünülmektedir. Bu kaynaklar şunlardır:

- Atmosfer
- Tatlı su kaynakları ve toprak karbonu gibi canlı olmayan organik materyal içeriği ile ayrılan karasal biyosfer.
- Çözünmüş inorganik karbon ve canlı ve cansız deniz biota'sı içeren denizler,
- Fosil yakıt içeren sedimentler
- Volkanlar ve jeotermal sistemlerle manto ve yerkabuğundan atmosfer ve hidrosfere salınan yeryüzündeki içsel karbon.

Yıllık karbonun devinimleri, kaynaklar arasında karbon değişimleri, çeşitli kimyasal, fiziksel, jeolojik ve biyolojik işlemlerden dolayı meydana gelmektedir. Okyanuslar yeryüzü yüzeyine yakın en büyük aktif karbon havuzunu içerirler, ancak bu havuzun derin okyanus kısmı atmosferle hızlı bir değişim göstermez.

Küresel karbon stoku karbon kaynakları veya karbon döngüsünün özgün bir çevrimi (örneğin, atmosfer – biyosfer) arasındaki karbon değişiminin (kazançlar ve kayıplar) bir dengesidir (tartıdır). Bir havuz veya kaynağın karbon stokunun

izlenmesi, havuz veya kaynağın karbondioksit için bir kaynak veya bir alıcı (sink) olarak mı işlev gördüğü hakkında bilgi sağlar.

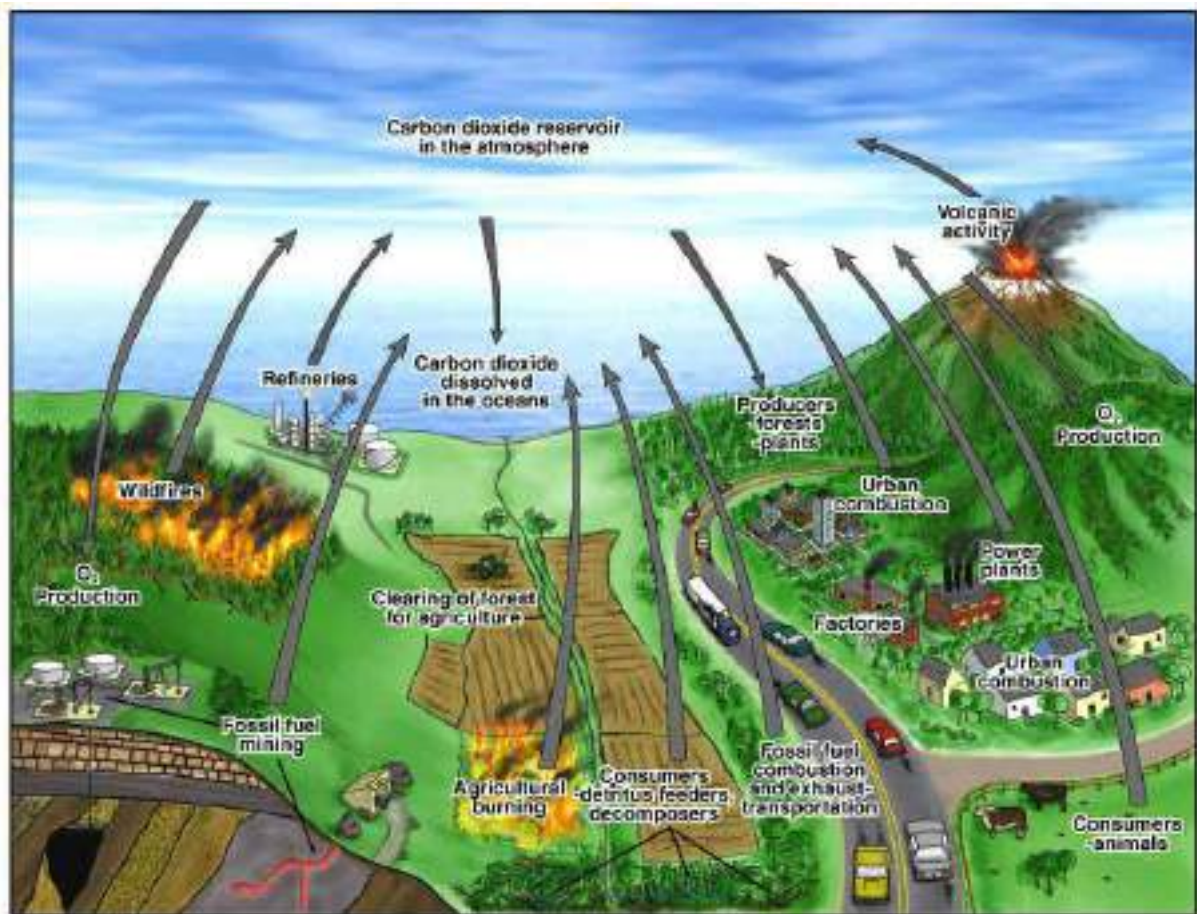
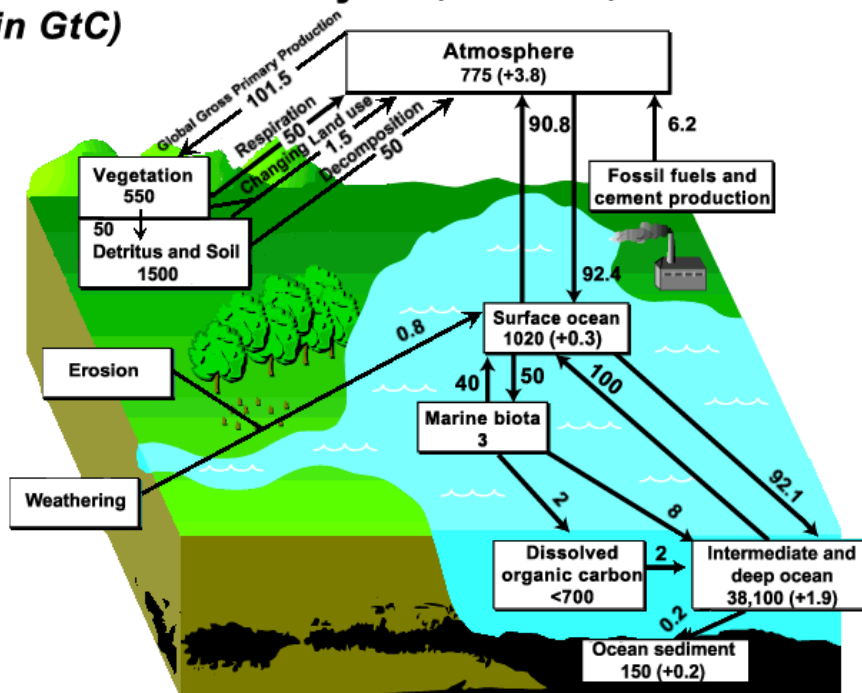
Yeryüzü atmosferi %0.035 oranında karbondioksit, CO<sub>2</sub>, içermekte ve biyolojik çevre, karbonu şekerler, yağlar ve proteinler olarak alıkoyan bitkilere bağlı olmaktadır. Bitkiler fotosentezde güneş ışığını kullanarak karbonu glikozda bağlar ve bu işlemde oksijen, O<sub>2</sub>, salıverirler. Bitkiler, diğer metabolik işlemlerle glikozu diğer şekerlere, protein veya yağlara dönüştürebilirler. Hayvanlar karbon gereksinimlerini tükettikleri ve sindirdikleri bitkilerden sağlarlar ve böylece karbon biyotik çevre içinde besin sisteminde dolaşır. Herbivorlar bitkilerden beslenir, ancak kendileri karnivorlara yem olurlar.

Karbon fiziksel çevreye birkaç yolla döner. Bitkiler ve hayvanlar solunum yapar ve bu esnada çevreye CO<sub>2</sub> salıverirler. Ancak bitkiler, karbondioksitin üretebildiklerinden daha fazlasını fotosentezde tüketmektedirler. Karbondioksitin fiziksel çevreye geri dönmesinin diğer bir yolu ölü bitki ve hayvanlarla olmaktadır. Ölü organizma bünyeleri ayrıştırıcılar tarafından tüketilir. Bu işlemde, karbonun bir kısmı fosilleşme yoluyla fiziksel çevreye geri döner. Karbonun bir kısmı diğer organizmaların ayrıştırıcıları tüketmesiyle biyolojik çevrede kalır. Ancak açık farkla, karbonun çoğu, karbondioksit solunumuyla fiziksel çevreye geri döner.

Oksijen yeryüzü atmosferinin yaklaşık yüzde yirmi birini oluşturur. Fotosentez sırasında, su molekülleri hidrojen ve oksijene ayrılır. Hidrojen karbonhidratların oluşturulmasında kullanılır ve oksijen atmosfere salıverilir. Hayvanlar, bitkiler ve çoğu protistler hücresel solunumda oksijen kullanır ve karbondioksit salar. Böylece oksijen döngüsünde, oksijen fotosentez işlemi ile atmosfere salınır ve hücresel solunumla atmosferden alıkonur.



## Global Carbon Cycle (1992-1997) (in GtC)

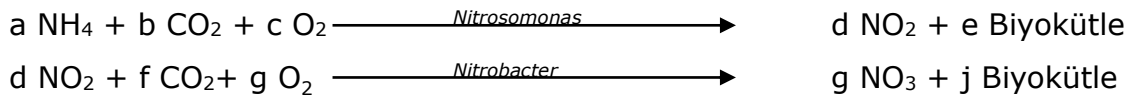


Şekil . Karbon ve oksijen döngüsü

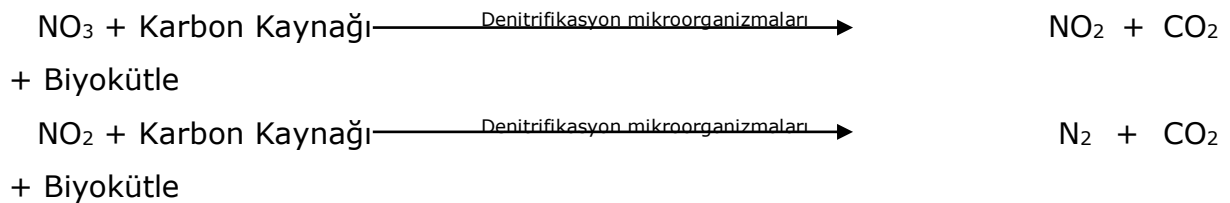
## Azot Döngüsü

Azot canlılar için önemli bir elementtir. Proteinleri oluşturan amino asitlerin ve çekirdek asitlerini yapan nükleotitlerin temel bir bileşenidir. Azot gazı yeryüzü atmosferinin yüzde 79'unu meydana getirir. Ancak, organizmaların çoğunun azot gazını doğrudan kullanma yetenekleri yoktur. Bunların azot tedariklerinin azot bileşikleri şeklinde olması gerekmektedir. Bitkilerin çoğu azotun sadece iki inorganik formundan, amonyak (NH<sub>3</sub>) ve nitrat (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>)'tan yararlanabilir. Çoğunlukla nitrat, bitkiler için başlıca azot kaynağıdır. Bitkiler nitrat ve amonyaktan, örneğin, proteinler ve çekirdek asitleri gibi azot içerikli organik bileşiklerini sentezleyebilirler. Aksine, hayvanlar bu yetenekten yoksundur. Hayvanlar azotu sadece organik bir formda kullanabilirler. Sonuçta, hayvanlar azot gereksinimlerini karşılamak için bitki ya da diğer hayvanları yemek zorundadırlar.

Atık ve organizma kalıntılarındaki azotun, canlı bitkilerin yeniden kullanması için yararlanılabilir olması gerekir. Bu, bitki ve hayvan kalıntılarındaki karmaşık organik bileşikler parçalayan ayrıştırıcıların etkinliği ile başarılmaktadır. Ayrıştırma sırasında, organik bileşiklerdeki azotun çoğu amonyak olarak serbest bırakılır. Bunun bir kısmı doğrudan bitkiler tarafından alınabilmekte, ancak çoğu *nitratlaştırma* (nitrifying) *bakterileri* tarafından hızla nitrite (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) ve sonunda nitrate (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) dönüştürülmektedir. Bundan sonra, nitrat, bitkilerin yeniden geri alması için hazır bulunur.

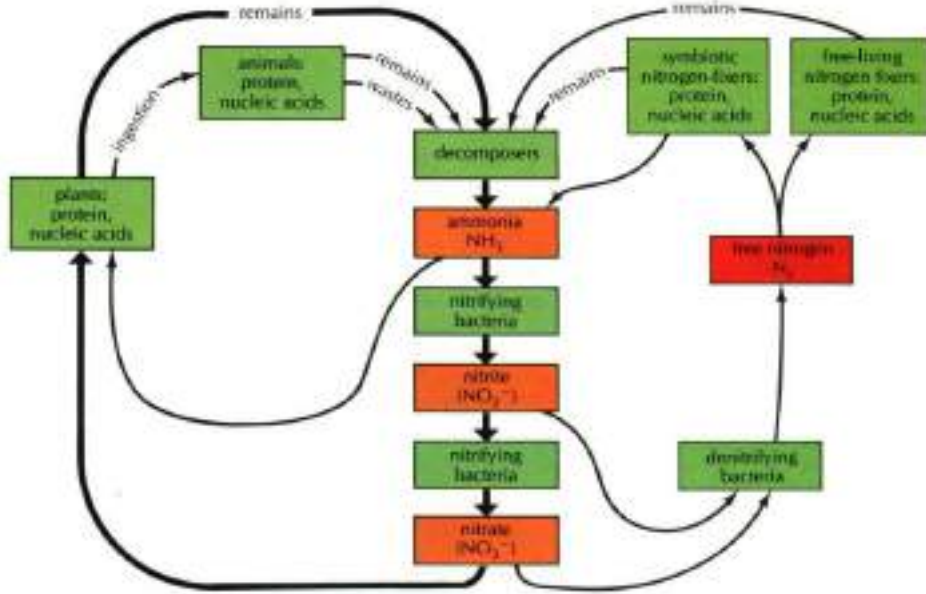


Toprak ve sudaki nitratın tamamı bitkiler tarafından geri alınıncaya kadar nitrat olarak kalmaz. Denitrifikasyon bakterileri canlılık işlemleri için nitrit ve nitratı azot gazına, N<sub>2</sub>, dönüştürerek enerji elde ederler. Atmosfere salınan bu azot formu, bitkiler ve hayvanlar tarafından kullanılamaz. Bununla birlikte, azot gazı bitkilerin yararlanabileceği bir yapıya dönüştürülebilir. Çok az bir çeşitteki bakteri ve mavi-yeşil alg, azot gazını, **azot bağlama** adı verilen bir işlemle doğrudan amonyağa dönüştürür.



Bu azot bağlayıcıların bazıları serbest yaşarlar. Ürettikleri amonyak, azot içerikli bileşiklerinin sentezinde kullanılır. Diğer azot bağlayıcılar simbiyotiktir. Konak bir bitki ile yakın bir ilişki içinde yaşadıklarında ancak azot bağlarlar. Bu simbiyotik ilişkilerde, azot bağlayıcılar, amonyağı kendileri kullanır ve bir kısmını da doğrudan konak bitkiye sunarlar. Bu azot bağlayıcılar öldüğünde, içerdikleri azot ayrıştırma ile geri dönüştürülür.

Şekil 37-9 azot döngüsünün çeşitli yollarını göstermektedir. Azot döngüsü, topraktaki kullanılabilir azot düzeyini oldukça sabit tutar. Azot döngüsü ayrıca göllerde, akarsularda ve denizlerde meydana gelir. Geri dönüştürülen azotun çoğu bileşik formunda kalır. Sadece küçük bir bölümü atmosferde dönüşür.



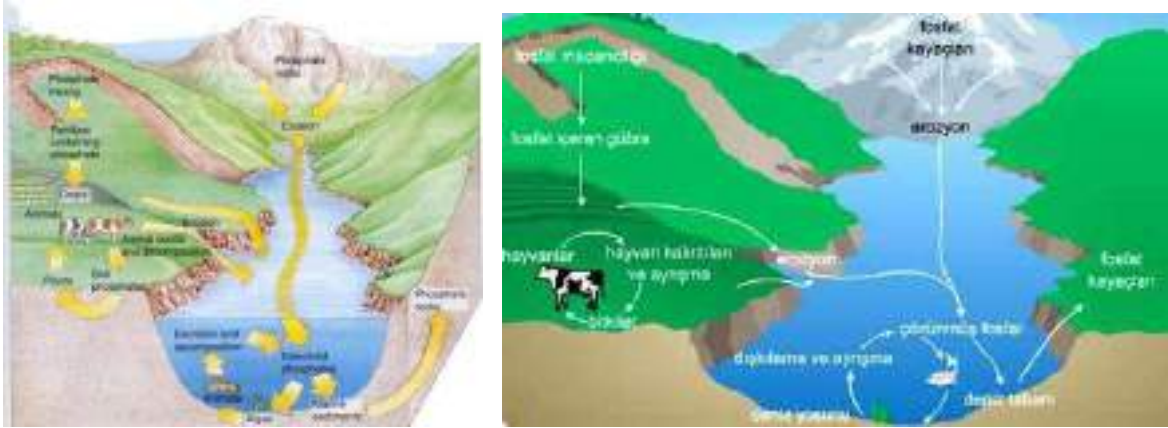
Şekil xx. Azot Döngüsü

### Fosfor Döngüsü

Fosfor da canlılar için gerekli temel maddelerdendir. Hücrelerde nükleik asitlerin ve enerji aktarımlarını sağlayan adenozin trifosfat (ATP) molekülünde, hücre zarının yapısında, ayrıca kemik ve dişlerin yapısında bulunur. Fosfor diğer elementler gibi doğada bileşikler halinde bulunur. Fakat bu bileşikler suda kolay çözünmezler. Fosfor bileşikleri özellikle kemik, diş, kabuk gibi hayvansal atıklarda ve doğal kayalarda bulunurlar. Bu bileşikler suda çözünmedikleri için diğer bazı bileşiklerle reaksiyona girerler. Bu bileşiklerin başında nitrat ve sülfirik asit yer alır. Suda kolay kolay çözünmeyen fosfatlı bu bileşikler bu yolla çözülürler ve

oluşan bu fosfat tuzları bitkiler tarafından absorbe edilebilirler. Bitkilerin hayvanlar tarafından besin olarak tüketilmesiyle fosfor dolaylı yoldan hayvanlara geçmiş olur. Fosfat, organizma artıkları ile toprağa geçer ya da çözülmeyle bileşikler şeklinde dış, kemik ve kabukların yapısına katılırlar.

Fosfat, kuş ve balıkların kemiklerinde de bulunduğu için, bu hayvanların ölmesi halinde fosilleri kayalara gömülebilir. Fosfat bileşiklerini ihtiva eden bu kayalar, yeryüzü hareketleriyle parçalanmaya uğrayarak tekrar doğaya karışabilir. Bunun yanında volkanik faaliyetlerle magma tabakasından yeryüzüne ilave olarak fosfat kazandırılabilir. Yine bazı tür bakteriler ortamda bulunan fosfatlı bileşikleri kemosentez reaksiyonlarıyla işleyerek çözünebilir fosfat tuzları ( $\text{CaHPO}_4$  ve  $\text{CaSO}_4$  gibi) haline getirebilirler. Fosfor döngüsünün temelini, fosforun karalardan denizlere veya denizlerden karalara taşınması oluşturur. Fosfatlı kayalardaki fosforun bir kısmı, erozyon yoluyla suda çözülmüş hale gelir. Bu inorganik fosfat, bitkilerce, suda çözülmüş ortofosfat biçiminde alınır, organik fosfatlara çevrilir. Beslenme zinciriyle otçul ve etçil hayvanlara aktarılır. Bitki artıkları, hayvan ölümleri ve salgılarındaki organik fosfatlar, ayrıştırıcı mikroorganizmalar yardımıyla inorganik duruma çevrilir. Böylece yeniden bitkilerce alınmaya hazırdır. Jeolojik hareketlerden başka, fosforun denizlerden karalara dönüşü, balıkçılık ve balık yiyen deniz kuşlarının dışkıları yoluyla olur.



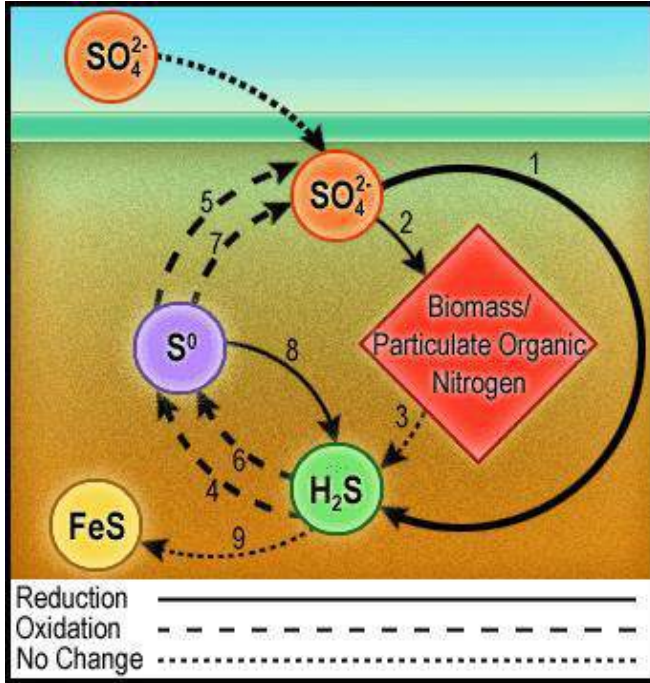
**Şekil XX. Fosfor döngüsü**

## **Kükürt Döngüsü**

Kükürt pek çok proteinin, vitaminin ve hormon molekülünün bileşiminde bulunan elementlerden biridir. Toprakta ve proteinlerin yapısında bol miktarda bulunur. Ancak, bitkiler kükürdü sülfatlara çevirdikten sonra kullanabilirler. Kükürt içeren proteinler, önce topraktaki çeşitli organizmalar aracılığıyla kendilerini oluşturan aminoasitlere parçalanır.

Ardından aminoasitlerdeki kükürt başka bir dizi toprak mikroorganizması yardımıyla hidrojen sülfüre dönüşür. Hidrojen sülfür oksijenli ortamda, kükürt bakterileri aracılığıyla önce kükürde sonra sülfata çevrilir. Sülfatlar da başka bakteriler tarafından yeniden hidrojen sülfüre dönüşür.

Bitki veya hayvanlar öldüğünde, yapılarındaki proteinin parçalanmasıyla kükürt  $H_2S$  şeklinde açığa çıkar.  $H_2S$  kükürt bakterileri tarafından önce  $S^0$ 'ye daha sonra da  $SO_4^{2-}$  iyonuna dönüştürülür.  $SO_4^{2-}$  iyonları, bazen doğada serbest olarak reaksiyona girerek sülfatlı bileşikler de verebilirler. Sülfatlar da başka bakteriler tarafından yeniden hidrojen sülfüre ( $H_2S$ ) dönüşür. Organizmalar tarafından alındığında, kükürt içeren iki aminoasit olan Sistein ve Metionin'in yapısına katılırlar.

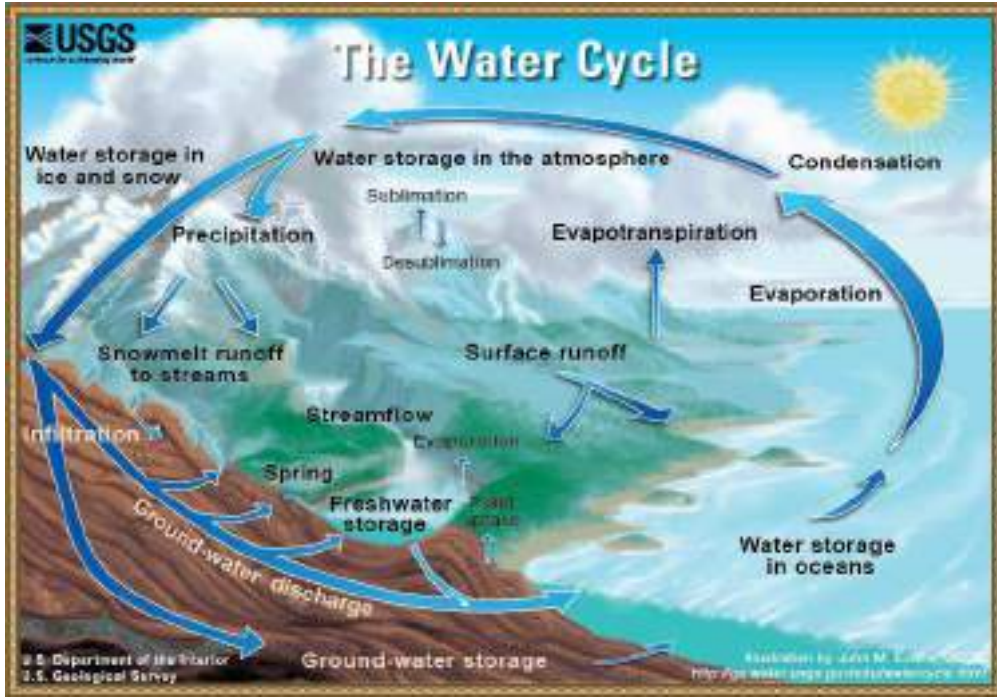


## Kükürt Döngüsü

### Su Döngüsü

Yeryüzünde suyun döngüsü hemen tamamen fiziksel bir işlemdir. Su, nerede olursa havayla teması olursa sürekli olarak buharlaşır, su buharı şeklinde havaya karışır. Bitkiler de terleme (transpirasyon) işlemiyle suyun havaya geçişini desteklerler. Ancak, havanın tutabileceği su buharı miktarının bir sınırı vardır. Çeşitli fiziksel işlemlerle, fazlalık su buharı, bulut oluşturmak için yoğunlaşır ve yağış olarak yer yüzeyine geri döner.

Yeryüzü yüzeyi ile atmosfer arasındaki suyun bu döngüsüne su döngüsü denir (Şekil xx). Diğer döngülerin aksine, bu döngüye katılan herhangi bir kimyasal değişiklik ve ona dahil olan gerçek biyolojik işlemler görülmemektedir. Fotosentez sırasında bir miktar suyun kimyasal olarak hidrojen ve oksijene yıkıldığı gerçektir. Bu su hücre sel solunumla alıkonmaktadır. Bununla birlikte, fotosentez-solunum döngüsüne katılan su miktarı, su döngüsünde dolaşan toplam miktarın sadece çok küçük bir kısmıdır.



**Şekil xx. Su çevrimi.**

### **Madde Döngülerinin Yararları**

Tüm canlılar dünyanın yüzeyinde ya da yüzeye çok yakın ince bir toprak katmanında yaşarlar ve güneş enerjisinin dışındaki gereksinimlerini bu katmanın içerdiği kaynaklardan karşılarlar. Eğer yaşamın sürmesi için gerekli olan su, oksijen ve diğer maddeler sadece bir kez kullanılmış olsaydı hepsi şimdiye kadar tükenmiş olurdu. Doğanın tüm işlevlerinin çevrimler halinde düzenlenmiş olması bu işlevlerin sonsuza dek yinelenmesini sağlamaktadır. Hava, su, toprak, bitkiler ve hayvanlar arasında sürekli bir alışveriş olması yeryüzünün tüm zenginliklerinin tekrar tekrar kullanılabilmesine ve böylelikle yaşamın sürmesine olanak verir.

# 13 SİNİRSEL DENETİM

## DENETİM SÜRECİ

Bir organizmanın çevresi sürekli değişmektedir. Bu değişikliklerin bazıları vücudun dışında, dış çevrede meydana gelir. Bu tür dış çevre değişikliği örnekleri bir sıcaklık değişimi; besinin ortaya çıkması; bir doğal düşmanın belirmesidir. Değişiklikler organizmanın içinde de meydana gelir. Örneğin, artık bir maddenin konsantrasyonu yükselebilir; hastalık yapan bir organizma vücuda girebilir; ihtiyaç duyulan bir maddenin biriktirilen miktarı azalabilir.

Bir organizma, canlı kalmak için, bu iç ve dış değişikliklere tepki göstermek zorundadır. Organizma homeostasisi sürdürmek mecburiyetindedir. İç çevrenin tüm etkenlerini belirli limitler içinde tutulmalıdır.

Tepkiler nadiren sadece, bağımsız olaylardır. Bir organizma, vücudunun içinde ve dışında ortaya çıkan fazla çeşitteki değişikliklere sürekli tepki göstermektedir. Gerçekten, Bir organizmanın çeşitli canlılık faaliyetleri kendi içlerinde karmaşık tepki verme örnekleridir. Bu tepkiler mutlaka *düzenlenmeli*, yani belli ölçüde denetlenmeli ve doğru yerlere yönlendirilmelidir. Bunlar arasında *eşgüdüm* sağlanmalı, yani doğru sıra veya ilişki içinde olmaları sağlanmalıdır.

Bir hücreli ve bazı basit çok hücreli organizmalarda, tepkilerin uyum ve eşgüdümü, organ hücrelerinin özel etkinliklerini içeren bir bütün olarak her bir hücrenin bir işlevidir. Tepki vermede bir hücrenin bu yeteneği çoğunlukla **uyarılma** olarak adlandırılır. Daha karmaşık çok hücreli hayvanlarda, uyum ve tepkilerin eşgüdümü *sinir sistemi* ve *endokrin sistem* tarafından yönetilir.

### 13-1 Sinirsel Denetin Mekanizmaları

Gerçek bir sinir sisteminin çalışması üç temel yapı çeşidini gerektirir. Bunlar reseptörler, sinir hücreleri ve efektörlerdir. **Reseptörler** ya da *duyu organları*, iç ve dış çevredeki belirli değişikliklere, fiziksel güçlere veya kimyasal maddelere duyarlı, özelleşmiş yapılardır. Bir reseptörün uyarılması, sinir hücreleri yoluyla iletilen "masajlar" ya da **impuls**lar neden olur. Bu impulslar sonunda, bir salgı bezi veya bir kas olabilen bir efektöre erişir. Effektör bir salgı bezi ise, sinir yolunun içeriğine bağlı olarak, faaliyetini azaltarak veya arttırarak impulsa karşılık verecektir. Bununla birlikte, efektör bir kas ise, bir sinir impulsu, onun sadece kasılmasına neden olabilecektir.

Bir reseptörün bir sinir yolundaki impulsları tetiklemesi veya harekede geçirmesine neden olan herhangi bir etkene **dürtü** denir. Dürtüler, reseptörde elektriksel veya kimyasal değişikliklere neden olarak, sinir impulslarını harekede geçirir. Böylece, Sinir sistemi uyumda olayların temel sırası (1) bir reseptörü faaliyete geçiren bir dürtü, (2) ilişkiyi kuran sinir yolunda impulsların başlatılması ve son olarak (3) efektörün bir tepkisi olarak meydana gelir.

Bir sinir yolu, belirli bir reseptörle belirli efektör arasındaki basit bir bağlantı olarak düşünülmemelidir. Hayvanların çoğunda, her bir sinir yolu diğer pek çok sinir yolları ile kesişir ve birbirine bağlanır. Bir tek reseptörden kaynaklanan impulslar çoğunlukla bir kaç farklı sinir yollarında iletilir. Bir efektöre erişen impulslar, pek çok farklı kaynaklardan çok sayıdaki impulsların bir araya gelmesi ve karşılıklı etkileşiminin sonucudur.

Çok hücreli hayvanlar, her biri farklı bir dürtü çeşidine duyarlı birkaç farklı türde reseptörlere sahiptir. Bu hayvanlarda bulunan duyu organları arasında sıcağa, soğuğa, ışığa, sese, basınca ve kimyasal maddelere duyarlı olanlar vardır.

En basitleri dışında bütün hayvanlarda, sinir sisteminin faaliyetlerini yöneten ve düzenleyen özelleşmiş bir sinir hücreleri grubu olan bir **beyin** vardır. Organizma karmaşıklaştıkça, beyin yapısı ve işlevleri de karmaşıklaşır.

## NÖRONLAR VE SİNİRLER

### 13-2 Nöronların Yapısı

Bütün çok hücreli hayvanların sinir sisteminde, temel yapı ve işlev birimi *sinir hücresi* ya da **nöron** dur. Nöronlar, elektriksel ve kimyasal (elektrokimyasal) doğadaki impulsların hızlı iletimi için özelleşmiştir. İmpulsları iletme yeteneği sinir hücre zarının bir özelliğidir. İmpulslarla ilişkili değişiklikler hücre sitoplazmasına girmezler ya da geçmezler; sadece zar üzerinden aktarılırlar.

Bir sinir hücresi çoğunlukla üç temel kısımdan meydana gelir. Bunlar bir sinir hücre gövdesi, dendritler ve bir aksondur. **Sinir hücre gövdesi** ya da *siton*, çekirdek ve hücre organellerini içerir. Bütün hücreler için geçerli metabolik faaliyetler, sinir hücresinin gelişimini de yöneten, hücre gövdesinde yürütülür. Sinir hücresinin bakımı için gerekli materyaller çoğunlukla hücre gövdesinde sentezlenir ve daha sonra gerekli oldukları diğer hücre kısımlarına taşınırlar.

**Dendritler**, impulsları almak için özelleşmiş kısa, çok dallanmış uzantılardır. Dendritler çoğunlukla impulsları hücre gövdesine doğru iletirler. Bazı nöronlarda, hücre gövdesi etrafında dendritlerin dallanması, hücreye bir çalı görünümü verir.

**Akson**, hücre gövdesinden uzanan çoğunlukla uzun, ince uzantıdır. Aksonlar, impulsları hücre gövdesinden uzağa taşır ve ya diğer nöronlara ya da efektörlere aktarır. Aksonlar bir uçtan diğerine, birkaç milimetreden başlayarak, bir metreden daha fazla



uzunluğa kadar sıralanırlar. *Sinir uzantıları* nöronların ya aksonlarından ya da dendritlerinden oluşturulabilirler.

Bütün aksonlar **Schwann hücreleri** denilen hücrelerle çevrilir. Bazı aksonlarda, bu Schwann hücreleri, **miyelin** denilen beyaz yağlı bir madde katmanı meydana getirir. Miyelin aksonun etrafında bir **kın** oluşturur ve böyle bir kılıfa sahip hücrelere miyelinli denir. Miyelin, aksonu yalıtır. Miyelinli akson boyunca, **aralıklarla**, akson zarının civar ortamla karşı karşıya geldiği açıklıklar mevcuttur. Schwann hücrelerinin arasına bitişik meydana gelen bu açıklıklara, *Ranvier boğumları* denir.

Ergin hayvanların sinir hücreleri bölünemezler, böylece vücudun diğer hücrelerindeki gibi nöronlarda belirli aralıklarla değiştirilme olmaz. Bununla birlikte, eğer sinir hücre gövdesi zarar görmemişse, beyin ve omuriliğin dışındaki aksonlar ve dendritler zarar gördüğünde yenilenebilir ya da yeniden gelişebilir.

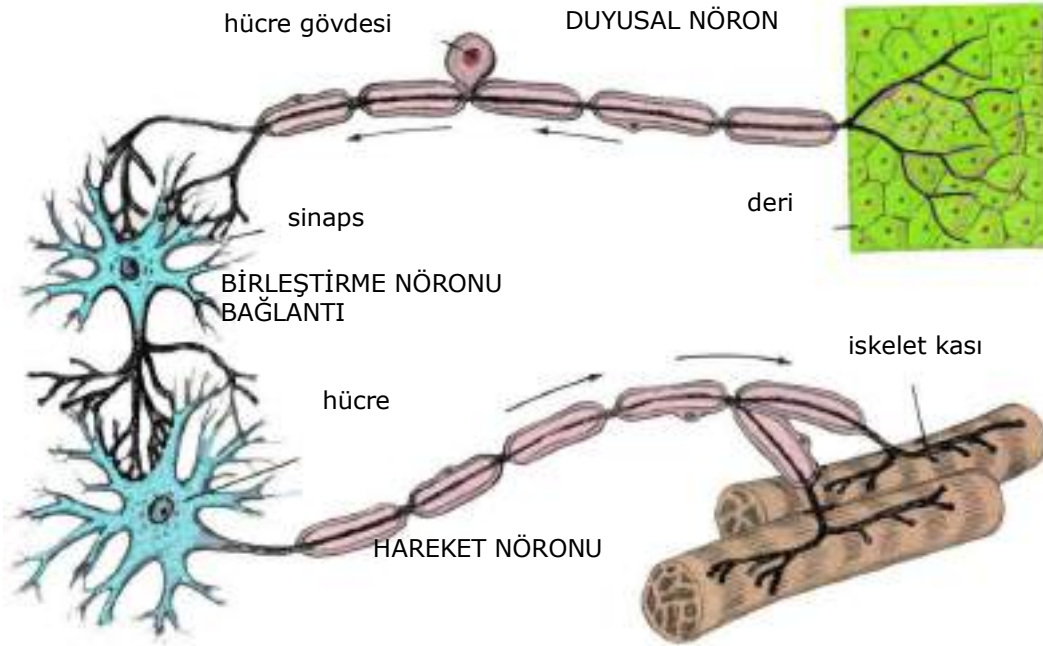
### 13-3 Sinaps

Bir nöronun aksonu çoğunlukla uzunluğu boyunca dallanmaz, fakat ucunda çok büyük bir sayıda dalları olabilir. Bu *uç dallar* diğer hücrelerle bağlantı yapar. Bir nöronun uç dalı ile diğer bir hücrenin zarı arasındaki birleşme yerine **sinaps** denir. Sinaps, uç dal ile bitişik hücre arasında bir mikroskobik açıklık içerir. İmpuls, aksondan bitişik hücreye, bu açıklıktan aktarılır. Her bir akson, bini bulan diğer nöronlarla sinapslar yapabilir ve bu diğer hücrelerin her biri ile ayrıca pek çok sinaps oluşturabilir. Diğer nöronların aksonları da aynı hücrelerle bağlantılı olabilir. Bu yüzden bu bağlanma ve tipik bir sinir sisteminin impuls yolları aşırı derecede karmaşıktır.

### 13-4 Nöron ve Sinir Çeşitleri

Nöronlar çoğunlukla işlevlerine göre gruplandırılır. **Duyusal nöronlar**, impulsları reseptörlerden omurilik ve beyine doğru götürür. **Hareket nöronları**, impulsları beyin ve omurilikten efektörlere, çoğunlukla kaslara doğru taşır (*Şekil 13-1*). **Bağlantı nöronları** ya da *birleştirme nöronları*, impulsları, beyinde ve omurilikte bir nörondan diğerine aktarırlar. İnsan sinir sisteminde nöronların büyük çoğunluğu bağlantı nöronlarıdır.

**Sinirler**, bağlayıcı dokularla bir arada tutulan, akson ve dendritlerin yığındır. Sinirler, impulsları reseptörlerden omurilik ve beyine doğru ilettiklerinde *duyusal sinirler*; beyin ve omurilikten efektörlere doğru ilettiklerinde *hareket sinirleri* adını alırlar. *Karma sinirler*, duyusal ve hareket uzantılarından ibarettir.



**Şekil 13-1. Sinir İmpulsu Yolu**

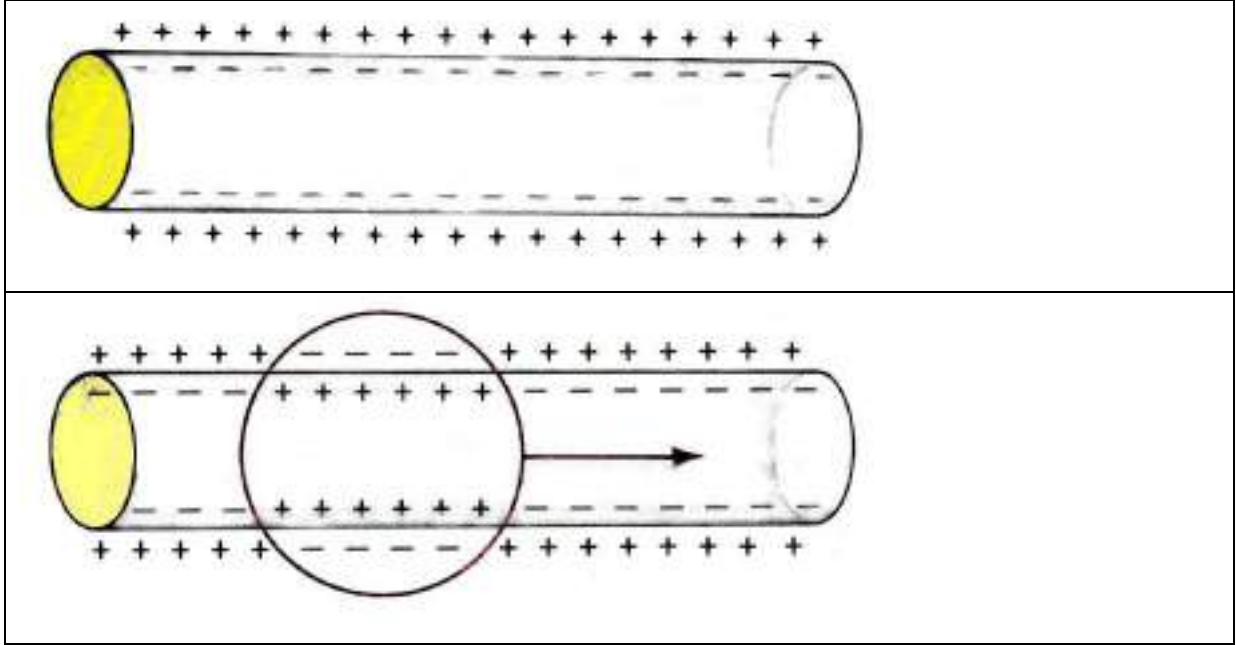
## SİNİR HÜCRE ZARI VE İMPULSLAR

### 13-5 Beklemedeki Nöron

Bir sinir impulsunun iletimi, sinir hücre zarının dış ve iç yüzeyleri arasındaki bir elektriksel yük farkı ile mümkün olmaktadır. Nöron bekleme durumunda olduğunda (bir impuls iletilmediğinde), zarın dışı net bir pozitif yüke ve içi net bir negatif yüke sahiptir (Şekil 13-2). Hücre zarı, dış ve iç yüzeyleri arasındaki bir elektriksel yük farkından dolayı, elektriksel olarak *polarize* olmuş denir. Bu polarizasyona, hücrenin iç ve dış ortamındaki belirli iyonların farklı konsantrasyonları neden olur. Bu konsantrasyon farkı, kısmen zarın seçici geçirgenliğinin, fakat çoğunlukla bazı iyonları zardan aktif taşımanın sonucudur. Sinir hücre zarının polarizasyonuna katılan iyonlar, her ikisi de bir pozitif elektriksel yüke sahip olan, temelde sodyum ve potasyum iyonlarıdır.

Sinir hücre zarı, sodyum iyonlarını hücrenin dışına ve potasyum iyonlarını içine çeken bir aktif taşıma mekanizmasına sahiptir. Bu mekanizmaya **sodyum-potasyum pompası**, daha kısa *sodyum pompası* denir. Bekleme durumunda, sinir hücre zarı, potasyum iyonlarına serbest geçirgen, fakat sodyum iyonlarına geçirgen değildir. Bunun sonucu, hücre içine çekilen potasyum iyonları dışarıya geri difüze olma

eğilimindedir. Bununla birlikte hücre dışına çekilen sodyum iyonları zardan serbestçe difüze olamazlar ve hücre dışında birikirler. Bunun sonucu olarak zarın dışında fazladan bir pozitif yük (sodyum iyonlarından ötürü) oluşur. Zarın içinde fazladan bir negatif yük kalır.



**Şekil 13-2. İleti Taşımayan Nöronun Elektriksel Durumu ve Bir Sinir İmpulsu**

### 13-6 Sinir İmpulsu

**İmpuls alanında zardaki değişimler.** Bir sinir impulsu, bir başka nöronun gelen bir impulsla veya bir reseptörden uyarımla, bir nöronun zarında başlatılır. İmpulsun başlatıldığı nöron üzerindeki bir yerde, ilk meydana gelen şey, zarın sodyum iyonlarına geçirgenliğinin hızla artmasıdır. Zarın dışında sodyum iyonlarının yüksek bir konsantrasyonunun olduğunu hatırlayalım. Bu konsantrasyon eğiminin tesiri altında, sodyum iyonları zarın dışından içine hızla difüze olurlar. Pozitif sodyum iyonlarının bu akışı, zarın polarizasyonunu tersine çevirir. İmpuls alanında, sinir hücre zarının iç tarafı pozitif yüklü, dış tarafı negatif yüklü olur.

Bu ters polarite, zarın küçük bir alanında meydana gelir. Bununla birlikte, zarın bitişik alanlarının geçirgenliğini etkileyen bir elektrik akımının akışına neden olur. Bu kez sodyum iyonları yüksek geçirgenli bu yeni alanlara atılır, polarizasyonun buralarda tersine dönmesine neden olurlar. Polarizasyonun bu şekilde tersine dönmesi tüm akson boyunca devam eder gider. Polarizasyonun tersine dönmesi sinir impulsudur. Yani, impuls, sinir lifi boyunca iletilen depolarizasyonun bir dalgasıdır. Bir akson boyunca impulsun geçişi bir havai fişek fitinin yanmasına benzer. Yanan bölge önündeki kısmı tutuşturarak fitil

boyunca ilerler. Bu benzetmede en büyük fark, bir nöron arka arkaya impulsları iletebilirken, bir fitil tekrar kullanılamaz.

Sinir impulsu alanında, hücre zarının sodyum iyonlarına yüksek geçirgenliği, bir saniyenin sadece çok küçük bir bölümünde devam eder. Arkasından, sodyum iyonlarının zardan daha fazla difüzyonunu önlenmesiyle, normale döner. Ayrıca, sodyumun çekilmesi eylemi ile birlikte, potasyumun zarın dışına difüzyonu, iyonların normal dağılımını hemen yeniler. Zarın polaritesi böylece dışarıdaki pozitif bir yük ve içerideki negatif bir yük, normale döner.

Bir impulsun geçişinin arkasından, sinir hücre zarının impulsları taşımak için uyarılmadığı çok kısa bir kendine gelme dönemi vardır. Saniyenin sadece birkaç binde biri kadar devam eden bu süreye, **itaatsiz dönem** denir. Bu geçtiğinde, zar yeniden bir başka impulsu aktarmaya hazırdır.

**İmpulsun geçme hızı.** İmpulsun geçme hızı, sinir uzantısının büyüklüğüne ve miyelinle kaplı olup olmamasına bağlıdır. Küçük miyelinsiz uzantılarda, sinir impulsları 2 metre/saniyelik yavaş bir hızda geçerler. Büyük miyelinli uzantılarda impuls 100 metre/saniyeden daha çabuk geçer.

Miyelinli uzantılarda iletimin bu kadar hızlı olmasının nedeni, impulsun, aksonun çıplak olduğu Ranvier boğumlarının birinden diğerine "sıçrayarak" geçmesidir. İletimin bu çeşidine *sıçramalı iletim* denir. Miyelin siniri yalıtır. İyonlar bu maddenin içine sızamazlar. Bununla birlikte, bu sinir uzantılarında, boğumlardaki zar çok hassastır. Sıçramalı iletim, sıçramasız iletimden hızlı olduğu kadar, ayrıca depolarizasyon yalnızca boğumlarda meydana geldiğinden daha da az enerji kullanır. Böylece, impulslar geçtikten sonra iyonların normal dağılımını sağlamak için daha az aktif taşınım gerektirir.

**Sinir hücre eşikleri.** Belirli bir sinir hücresinde bir impulsun başlatılabilmesi için, uyarının mutlaka belirli bir minimum kuvvette olması gerekir. Her bir sinir hücresinin bir minimum duyarlılık düzeyi ya da **eşiği** vardır. Kuvveti, bu eşiğin altında olan bir uyarı, nöronda impuls başlatamaz. Bununla birlikte, eşiğin üzerindeki bir uyarı nöronda impuls başlatacaktır. Belirli nöronla iletilen impulslar tamamen benzerdir, yani hepsi aynı "büyüklükte"dir ve nörondan aynı hızda geçerler. Böylece, bir nöron "ya hep ya hiç" kuralına göre çalışır. Bir impulsun başlatılıp başlatılmaması, sadece uyarının eşik düzeyinin altında veya üstünde olmasına bağlıdır. Bu durum daha çok bir tüfeğin ateşlenmesine benzer. Eğer tetiğe yeterli güç uygulanırsa, tüfek ateşler. Fakat patlamanın büyüklüğü ve merminin hızı her zaman aynıdır. Tetiğin kuvvetli çekilmesinin hiç bir etkisi yoktur.

**Dürtülerin kuvvet ve türünün tanınması.** Şayet bütün sinir impulsları temelde bezerse, bir organizma ne tür veya hangi kuvvetteki uyarıların impulslara neden olduğunu nasıl bilecek? Örneğin, niçin sıcak bir sobaya dokunma, yalnızca ılık bir

yüze dokunmaktan farklı hissedilir? Parlak bir ışığı, alçak bir sestten nasıl ayırt ederiz?

Bir uyarının kuvveti iki etki ile ölçülür. Birincisi, kuvvetli bir uyarı, her bir saniyede iletilen daha çok impulslara neden olur. Yani, impulslar birbirini daha yakın izler. İkinci olarak, farklı nöronların farklı eşikleri vardır. Bazısı, bir impulsu iletmek için diğerinden daha kuvvetli bir uyarıya gerek duyar. Bu yüzden, nöronların büyük bir kısmı, bir uyarı daha kuvvetli olduğunda harekete geçer.

Uyarının *türünü* tanıma, sinir impulslarını taşıyan özel yollar tarafından belirlenir. Reseptörün her bir türü belirli bir uyarı çeşidine duyarlıdır. Örneğin, gözün retinasındaki ışığa duyarlı reseptörler yalnızca ışık onlara çarptığında sinir impulslarını aktarırlar. Retinanın impulsları, bir optik sinirden, onları görüntü olarak **anlamlandırarak** beynin bir kısmına geçerler. Optik sinirin yapay uyarıları, bir insanda ışık parıltıları görmeye neden olur. Diğer taraftan, ses dalgalarının, göze hiç bir etkileri yoktur. Bunlar kulağın duyma sinirlerinde impulslar başlatırlar. Bu impulslar beyne ulaştığında, ses olarak yorumlanırlar.

## SİNAPS

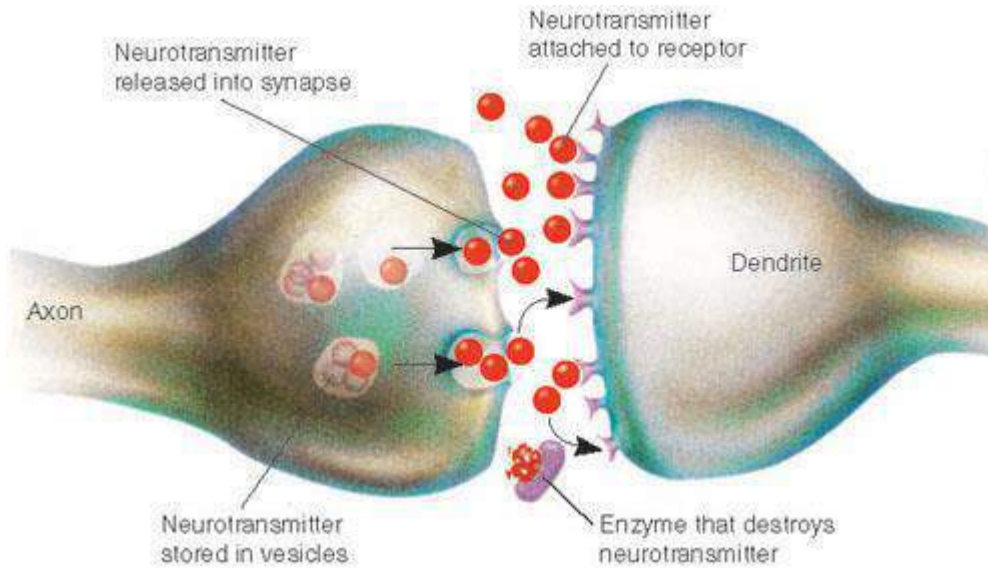
### 13-7 Sinapsta Aktarım

Sinapsta, akson bir *sinaptik yumru* ile sonlanır. Hücre zarı bu yumruda *presinaptik zar* adını alır. Bitişik hücrenin zarına *postsinaptik zar* denir. Pre- ve postsinaptik zarlar arasında *sinaptik ayırık* denen çok dar bir aralık vardır. Bir impuls sinaptik yumruya ulaştığında, presinaptik zardan, sinaptik ayırık aracılığı ile bitişen hücrenin postsinaptik zarına aktarılması gerekir.

Bu impulsun sinaptik ayırıktan geçişi kimyasal bir işlemdir. Sinaptik yumru içindeki pek çok küçük baloncığa *sinaptik kabarcıklar* denir. Bu kabarcıklar **sinirsel aktarıcılar** ya da *neurohumors* denilen maddeler içerir. Bu kimyasal aktarıcılar arasında en yaygın olanlar *asetilkolin* ve *norepinephrine* dir. Bir impuls sinaptik yumruya ulaştığında, sinaptik kabarcıkların bir kısmı sinaptik yumrunun zarı ile kaynaşır ve içeriklerini sinaptik ayırığa boşaltır. Sinirsel aktarıcı sinaptik ayırıktan yayılır ve zarının geçirgenliğini değiştirdiği bitişik sinir hücresinde impulslar başlatır. Dendritlerin zarında gömülü özel reseptör proteinleri vardır ve sinirsel aktarıcılar bu reseptörlerde etkilerini gösterirler.

Bunun sinaptik ayırıktan bir nörondan diğerine geçen sinir impulsu olmadığına dikkat edelim. Bunun yerine, bu aralıktan gönderilen bir kimyasal bileşik, yani sinirsel aktarıcıdır. Bir sinapsa ulaşan her bir impuls belirli bir miktarda sinirsel aktarıcı salıverir.

İmpulslar daha hızlı bir oranda ulaştıklarında, sinaptik ayrığa daha fazla sinirsel aktarıcı saliverilir. Bu yolla, daha büyük miktardaki sinirsel aktarıcı, bitişik nöron üzerinde daha kuvvetli uyarıcı etki yaparak saniyede daha fazla impuls aktarılır. **Sinirsel aktarıcı işini bitirir bitirmez, yeni sinyallere yol açmak için sinaptik aralıktan ayrılmak zorundadır.** Bu çoğunlukla sinaptik ayrıkta mevcut enzimler tarafından yapılır. Bu enzimler, sinir hücresinin tepki verdiği sinirsel aktarıcı moleküllerini hızla yıkarlar. As soon as the neurotransmitter has done its work, it must be removed from the synaptic cleft to clear the way for new signals.



### Şekil . Sinaps

Farklı türdeki nöronlar farklı **sinirsel aktarıcılar** saliverirler. Bazı nöronlar **uyarıcı sinirsel aktarıcılar** saliverirler. Bu kimyasallar bitişen nöronlarda impulslar başlatırlar. **Asetilkolin, norepinephrine** ile amino asitler **histamin** ve **glutamik asit** **uyarıcı sinirsel** aktarıcılarıdır. Diğer nöronlar bitişen nöronlarda impulslar başlatmayan sinirsel aktarıcılar da saliverirler. Bunun yerine, impulsların ateşlenmesini *tutan* zıt etkiye sahiptirler. **Bağlayıcı sinirsel aktarıcılar** **serotonin, epinephrine** ve amino asit **glisini** içerir. Böylece, bazı sinapslar impulsları bir nörondan diğerine aktarıırken, diğerleri impuls aktarımını tutarlar.

Sinirsel uyum temel mekanizmalarının buradaki değerlendirmesi bir nöronun diğer nöronla sinaps yapması ve bu nöronda impulslar başlatması veya başlatmaması ile ilgili olmaktadır. Bununla birlikte, bu, gerçek düzenlemenin ileri derece basitleştirilmesidir. Daha önce de işaret edildiği gibi, **tek bir nöronun aksonu bin veya daha fazla sinaps yapabilmektedir. Bir nöronun dendritleri de diğer nöronlarla bin veya daha fazla bağlantıları olabilmektedir.** Böylece, tek bir nöronun dendritleri pek çok nörondan impulslar alırlar. Bu impulslardan bazıları **uyarıcı**, bazıları da **bağlayıcı** olabilmektedir. Bu hücre gövdesinde olan, bu impulsların toplam veya ortalama etkisidir. Tüm etkiler uyarıcı ise, impulslar aksonda izleyen dizi sinapslarda aktarılabileceklerdir. Sonuçlar bağlayıcı ise,

hiçbir impuls ileilmeyecektir. Böylece, bir sinir yolunda, belirli sinirlerin uyarılması diğer nöronların tutulmasına neden olacaktır. Bir organizmanın karmaşık davranışlarının çoğu, nöronların "makasta" açılıp kapanmasıyla oluşan sinaptik devirin çok büyük miktar ve çeşidinden kaynaklanmaktadır.

### 13-8 Sinir-Kas Bağlantıları

İmpulsların, hareket nöronlarından kaslara geçişi, **sinir-kas bağlantıları** denilen belirli temas noktalarında olur. Hareket nöronu aksonlarının uçundaki yapılara, *motor uç plakaları* denir. Sinaptik düğümler gibi, motor uç plakaları sinaptik kesecikler içerir. İmpulslar, motor uç plakalarına ulaştınca, bunlar, kimyasal aktarıcı asetilkolinin salınmasına neden olurlar. Asetilkolin, akson ucu ile kas hücresi arasındaki aralığa yayılır ve kas hücresi üzerindeki reseptör (almaç) molekülleri ile birleşir. Asetilkolinin etkisi, kas hücre zarında yayılan impulslara neden olarak, sodyuma karşı kas hücre zarının geçirgenliğini arttırmaktır. Bu impulslar kas hücresinin kasılmasına neden olur. Nöronlar arasındaki sinapslarda olduğu gibi, sinir-kas bağlantısındaki asetilkolin enzim faaliyeti ile çabucak yok edilir.

### 13-9 İlaçlar ve Sinaps

**Pek çok zehir ve ilaçlar** sinapslarda kimyasal aktarıcının faaliyetini etkiler. Sinir gazı, *kürar* (ok zehiri), *botulin* toksin (bakteriyal bir zehir) ve bazı insektisitler, sinir kas bağlantılarında asetilkolinin işlev yapmasına engel olan ve kas felcine neden olan zehirlerdir. Solunum sistemi kaslarının felç olmasında, ölüm kaçınılmazdır.

**Uyuşturucular**, bellek ve duyguları etkiler veya sinapslara da etki ederek vücut faaliyetlerini değiştirir. Uyarıcılar, bir iyilik, atıklık ve heyecanlandırma hissi meydana getiren uyuşturuculardır. Uyarıcılar arasında, amfetamin belirli reseptörleri duygusuzlaştırarak etkisini gösterir. Bu suretle norepinephrine biçimine girer. Kahve, çay ve kolalı içeceklerde bulunan *kafein*, sinaptik aktarıma yardım eder.

**Yatıştırıcılar**, vücut işleyişini yavaşlatan uyuşturuculardır. *Uyku hapları* nöropinephrine oluşmasına engel olarak yatıştırıcı bir etki meydana getirir.

LSD ("asit") ve meskalin gibi şuur bozucu ya da sanrı oluşturan bazı uyuşturucular, menedici aktarıcı serotonin'in etkisiyle uyuşmaz.

## SİNİRSEL DÜZENLEME UYUMLARI

Hayvanlar aleminde, haşlamlılar (medüz ve hidra)'dan başlayarak bütün organizma grupları, birkaç çeşit sinir sistemine sahiptirler. Hayvanlar ne kadar karmaşık, sinir sistemleri de o kadar karmaşık ve yüksek derecede özelleşmiştir. En özelleşmiş sinir sistemleri, hayvanlara, daha değişken davranışlarla çevrelerine tepki vermesine izin verir.

### 13-10 Protozoada Uyum

Protozoanların gerçek bir sinir sistemleri yoktur. Ancak, belirli uyarılara eşgüdümsel yolla tepki verme yeteneğindedirler. Amiplerin özel herhangi bir duyu alıcıları yoktur, ancak besin olanla besin olmayanı ayırt edebilirler ve kuvvetli ışık veren ve tahriş eden kimyasallardan uzaklaşabilirler. Bu tepkilerin mekanizması henüz anlaşılabilmiş değildir.

Bazı protozoalar daha karmaşık hayvanların nöronlarına benzer durumda işlev yapan filamentlere sahiptirler. Terliksi hayvanda, sillerin çırpılması, sillerin kaidesinde bulunan içsel bağlantılı lif sistemi tarafından denetlenmektedir. Terliksi hayvan çeşitli dürtülere tepki verebilmektedir, besine doğru veya kuvvetli asitten uzağa doğru hareket edebilmektedir ve yolundaki katı maddeden sakınmak için yönünü değiştirebilmektedir. Bazı protozoalar belirli dürtülere duyarlı organellere sahiptirler ve organizmada tepkiler başlatırlar.

### 13-11 Hidrada Uyum

Hidranın sinir sistemi bir **sinir ağı** şeklindedir. Bu sistemde, sinir hücreleri vücut duvarının iki katmanı arasında düzensiz bir ağ oluşturur. Bu ağ vücut duvarındaki özel reseptörleri kas ve salgı hücreleri arasında bağ kurarlar. Sinir impulsalarını denetleyen ya da eşgüdüm sağlayan bir beyin ya da sinirsel düğüm gibi organize bir merkez yoktur. Bunun yerine, bir dürtü vücudun herhangi bir parçası tarafından alındığında impulslar, uyarılan alandan sinir ağının tüm doğrultularına yavaşça dağılırlar. Böylece organizmanın tüm kas lifleri tepki verir, ancak bu tepki eşgüdüm gösterir. Örneğin, bir dokunaç bir besinle temasa geldiğinde, impulslar organizmanın tümüne yavaşça hareket eder. Tepki vermede, hayvan besine doğru uzanır ve dokunaçlar besini yakalamak ve ağza doldurmak için eşgüdümsel olarak birlikte çalışırlar.

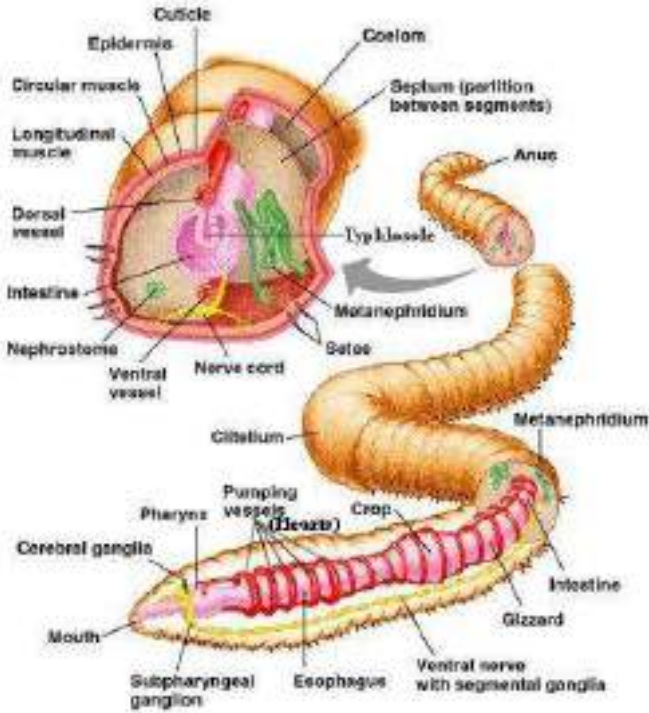
### 13-12 Yersolucanında Uyum

Yersolucanının sinir sistemi bir **merkezi sinir sistemi** ve bir **çevresel sinir sistemi** içerir. Merkezi sinir sistemi bir çift kesintisiz ventral sinir ipleri ile bağlantılı bir "beyin"den ibarettir. Sinir ipleri her bir bölütte *sinir düğümlerine* genişlemiştir. **Bir sinir düğümü**, sinir impulslarında kesişme, dağıtım ve eşgüdüm sağlayan bir grup hücre gövdesi ve bağlantı nöronlarıdır. Beyin olarak adlandırılan gerçekte, sadece bir beynin başlangıcı olan kaynaşmış bir çift sinir düğümüdür.

Çevresel sinir sistemi, merkezi sinir sisteminden dallanan ve vücudun tüm kısımlarına geçen sinirleri içerir. Bu sinirler, impulsları derideki reseptörlerden sinir iplerine ve sinir iplerinden kas ve salgı organlarına götüren hareket nöronlarını içerir. Derideki özelleşmiş reseptörler ışığa, titreşimlere, kimyasallara ve ısıya duyarlıdır.



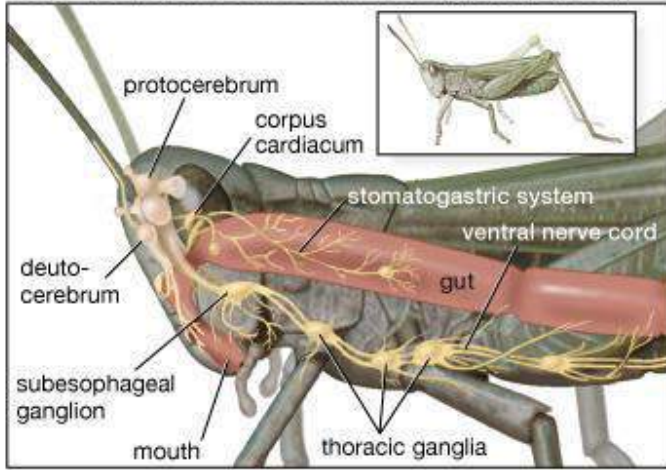
Yersolucanında, çevresel sinir sisteminin sinirleri reseptör ve efektörleri merkezi sinir sistemine bağlar. İmpulslar, belirli sinir yollarından sadece bir yönde geçerler. Daha karmaşık hayvanların sinir sistemleri yersolucanının sinir sistemi ile benzerdir.



### 13-13 Çekirgede Uyum

Çekirgenin sinir sistemi temelde yersolucanındakinde benzerdir. Baş bölgesindeki bir beyin; vücut boyunca uzanan bir çift, kesintisiz ventral sinir ipi ve sinir düğümlerinden meydana gelir. Sinirler sinir düğümlerinden tüm vücut kısımlarına dallanırlar. Çekirgenin duyu organları yersolucanındakinden çok ileri derecede gelişmişlerdir. Çekirgenin, çeşitli dürtülere tepki veren gözleri, *antenleri* ya da "duyargaları" ve tat alma organları vardır. Çekirgeler ayrıca sese de duyarlıdırlar. Çekirgeler yersolucanından çok fazla gelişmiş sinir sistemine sahip olduklarından, çok daha karmaşık davranış yetenekleri vardır.

**Nervous system of the arthropod (grasshopper)**



© 2014 Encyclopædia Britannica, Inc.

# 14 ENDOKRİN SİSTEM

## SALGI BEZLERİ VE HORMONLAR

Vücut sistemleri hiç bir zaman dinlenmez. Homeostasisi sürdürmek için vücudun dışında ve içinde sürekli olarak değişen koşullara uyum sağlarlar. Sinir sisteminin bu işleme nasıl katıldığını görmüştük. Vücut, işlevlerinin düzenlenmesine ve eşgüdümüne yardımcı olan, **endokrin sistem** adı verilen, başka bir sisteme de sahiptir.

Sinir sistemi, sinir uzantılarındaki elektriksel impulslar ve bitişik nöronları ayıran ince ayıklardan geçen sinirsel aktarıcılar aracılığı ile iş görür. Bu sistem hızlı çalışır ve mesajlarını belirli vücut parçalarına yöneltir. Diğer taraftan, endokrin sistem, kan dolaşımına salgılanan ve daha sonra bu yolla vücudun bütün dokularına taşınan kimyasal maddeler aracılığı ile çalışır. Bu maddelerin hedeflenen organlara ulaşması ve bir etki oluşturması zaman alır. Bu nedenle endokrin sistemin sinir sisteminden daha yavaş çalışır. Etkisi de daha uzun sürme eğilimindedir. Genel ifade, sinir sistemi, vücuda kısa sürede hızlı tepki verme olanağı sağlar. Endokrin sistem saatler, aylar hatta yıllar süren etkiler üretir. Bununla birlikte, endokrin ve sinir sistemleri birlikte çalışır. Örneğin, tehlikeden kaçarken, sinirler, kas etkinliğini yönetirken, endokrin sistem kan şekeri düzeyini ve solunum hızını denetler.

### 14-1 Salgı Bezleri

Salgı bezleri organizmanın ihtiyacı olan maddeleri salgılamak için özelleşmiş olan, epitel hücrelerinden yapılmış organlardır. Sindirim bezleri gibi bazı salgı organları, salgılarını kullanılacakları yere taşıyan kanallara boşaltırlar. Bu tür organlara **ekzokrin salgı bezleri** denir. Diğer salgı organları salgılarını doğrudan kan dolaşımına içine salgırlar. Bu organlara **endokrin salgı bezleri** denir ve bunlar endokrin sistemini meydana getirir. Endokrin organlarına *kanalsız bezler* ya da iç salgı bezleri de denir. Endokrin salgı bezlerinin salgılarına **hormonlar** denir.

### 14-2 Hormonlar

Hormonlar, vücudun bir kısmındaki hücreler tarafından kan dolaşımına salınırlar, fakat etkilerini vücudun başka bir yerinde gösterirler. Bundan dolayı hormonlara bazen "kimyasal haberciler" denir.

Hormonlar çoğunlukla kan dolaşımında çok düşük konsantrasyonlarda bulunurlar. Her bir hormon çeşidi sadece belirli bir doku tarafından kabul edilir. Belirli bir hormon

tarafından işleyişi düzenlenen dokulara hormonun *hedef dokuları* denir. Hormon hedef dokuyu uyararak faaliyetlerini arttırabilir ya da ona engel olarak faaliyetlerini azaltabilir.

Hormonlar, dokulardaki belirli biyokimyasal tepkimelerin oranlarını değiştirerek hedef dokuların işlevini etkiler. Bir hormon bir tepkimenin başlamasına, hızlanmasına, yavaşlamasına ya da durmasına neden olabilir. Bununla birlikte, hormonlar, enzimler gibi doğrudan tepkimeye giren maddeler üzerinde rol oynayarak etki meydana getirmezler. Her zaman hücrel işlemlerin ara ürünlerine etki etmede ortaya çıkarlar. Vücutta en çok hormonlar tarafından düzenlenen işlemler: (1) kapsamlı olarak metabolizma, (2) homeostasisin sürdürülmesi, (3) gelişme ve (4) üremeyi kapsar.

Kimyasal yapılarına göre, hormonların çoğu iki sınıfta toplanır. *Protein türü hormonlar* amino asitlerin veya yakın bileşiklerin zincirlerinden ibarettirler. İnsulin, oksitosin ve ACTH (*AdrenoCorticoTropic Hormon*) bu tür hormon örnekleridir. *Steroid hormonlar*, kimyasal olarak kolesterol ve safraya benzer lipid benzeri, karbon halkalı bileşiklerdir. Kortizon, testosteron ve estrojen steroid hormon örnekleridir.

### 14-3 Hormon Salgılanmasının Düzenlenmesi

Genel bir kural olarak, endokrin salgı bezleri hormonlarını değişmez bir oranda salgılamazlar. Bu oran vücut ihtiyaçlarına göre değişir. Sinyal ya da mesajlar, bir salgı bezinin hormon üretimini hızlandırmasına, yavaşlatmasına ya da durdurmasına hatta sinir impuslarına neden olur. Bununla birlikte, pek çok durumda diğer hormonları kapsayan kimyasal uyarıcılardır.

Bir salgı bezinin etkinliğini değiştiren mekanizma çoğunlukla bir **negatif geri besleme** örneğidir. **Negatif geri besleme** bir durumun normal değerine doğru geri dönme etkisine sahiptir. Durum normal düzeyinin altına düştüğünde, negatif geri itim onu arttıracak şekilde davranır. Durum normalin üzerine çıkarsa, negatif geri itim onu azaltacak rol oynar.

Bir negatif geri itim mekanizmasının en yaygın örneği bir fırını değişmez sıcaklıkta tutan bir termostattır. Sıcaklık, seçilen değer üstüne çıkarsa, termostat soğuması için fırının düğmesini kapatır. Sıcaklık belirlenen değer altına düştüğünde, termostat fırının düğmesini tekrar açar. Saatte 90 kilometrelik hızını koruyan bir sürücünün gaz pedalının basısını ayarlaması da negatif geri itimdir.

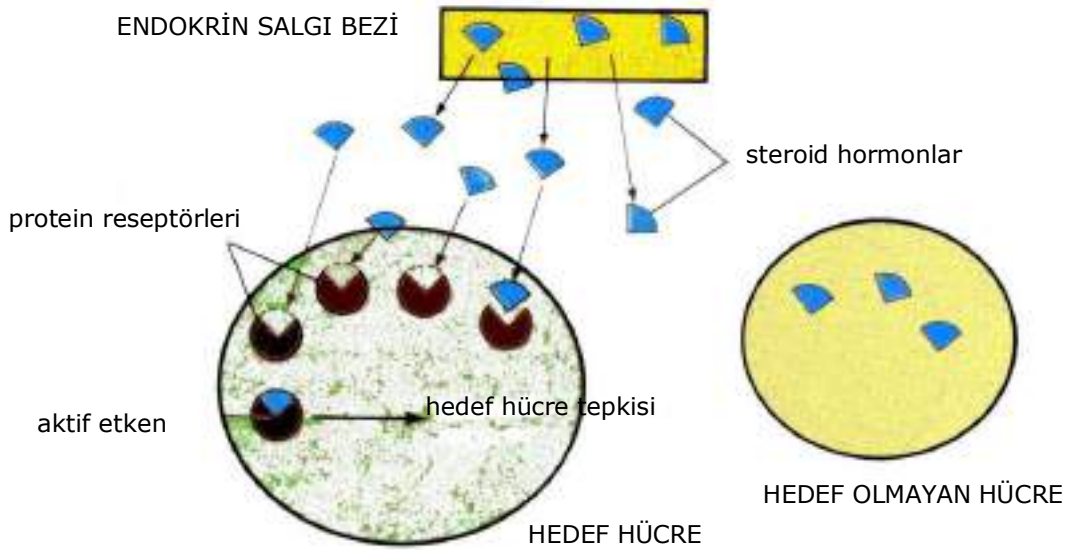
Endokrin sistemdeki negatif geri itimde, bir hormonun salgılanması, çoğunlukla başka bir hormon olan kandaki başka bir maddenin konsantrasyonu ile denetim altında tutulur. Örneğin, tiroid bezinin tiroksin hormonu salgılaması, hipofiz bezi tarafından salgılanan tiroid uyarıcı hormonu ya da TSH tarafından düzenlenir. Tiroksin düzeyi düştüğünde, hipofiz bezi, tiroid bezini tiroksin üretmesi için uyaracak olan TSH salgılar. Tiroksin düzeyi belirli bir noktaya çıktığında, hipofizin TSH salgılaması tutulur. Hipofiz TSH salgılamayı durdurur ve tiroid tiroksin salgılamayı durdurur. Bazı endokrin organları kalsiyum ve glikoz gibi basit maddelerin kandaki düzeyleri tarafından denetim altında tutulur.

## 14-4 Hormon İşleyişinin Mekanizmaları

Her bir hormon belirli bir hedef dokunun faaliyetini yönetir. Hormonlar kan dolaşımı ile taşınıp için tüm vücut dokularına erişirlerinden, her bir hedef dokunun mutlaka kendisine yöneltilmiş özel hormonu bir tanıma yönü vardır. Hormonun hedef hücreler içinde etkisini meydana getireceği bir mekanizmanın da olması gerekir.

Son araştırmalar, hormon işleyişinin iki temel mekanizması olduğunu göstermektedir. Bunlardan biri, çoğunlukla steroid hormonlara uygulanan, **bir-ulaklı model**dir. Diğeri, protein hormonlara uygulanan, **iki-ulaklı model**dir.

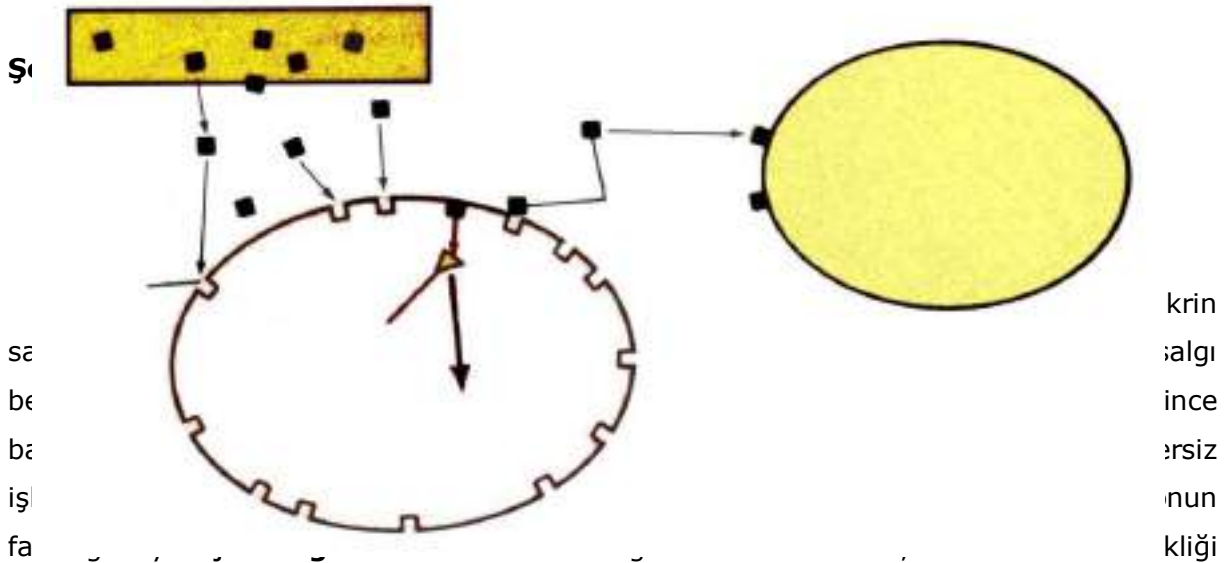
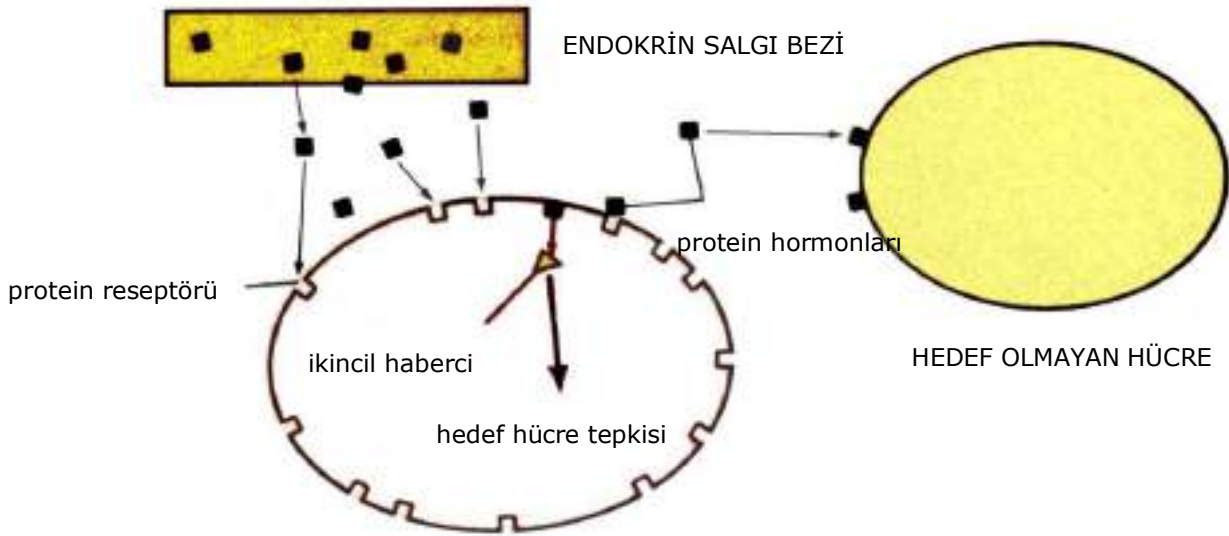
**Bir ulaklı model.** Steroit hormonlar hücre zarından geçebilen küçük moleküllerdir. Bu nedenle bu hormonlar vücut hücrelerinin pek çoğuna girerler. Ancak, hormonlar yalnızca hedef hücrelerde bir etki meydana getirirler. Bu hücrelerde özel bir steroid hormonu tanıyan **reseptör proteinler** vardır ve aktif bir etken oluşturarak onunla birleşirler (Şekil 14-1). Bu aktif etken, hormonal etki meydana getirecek hücredeki bazı kimyasal tepkimelerin oranını değiştirir. Aktif etkenlerin hücre çekirdeğine girdikleri ve hücre faaliyetlerini yöneten genetik materyale (DNA) etki ederek etkilerini meydana getirdikleri kanıtı vardır.



**Şekil 14-1. Hormon İşleyişinde Bir-Ulaklı Model**

**İki ulaklı model.** Protein hormonlar çoğunlukla hücre zarından geçme yeteneğinde değildirler. Bununla birlikte, hedef hücre zarlarının dış yüzeylerindeki özel reseptörler tarafından tanınırlar (Şekil 14-2.). Hormon hücre zarındaki reseptörle birleştiğinde, bu birleşme hücre zarındaki enzimlerin ikinci bir ulak olarak davranan bir bileşik oluşturmalarına neden olur. Bu ikinci ulak hücre içine yayılır ve hormonal etki meydana

getirir. Bu modelde hormon hücre içine girmez. Bunun yerine, ikinci bir ulak onun işini yapar. Farklı hedef hücrelerde benzer ikinci ulaklar üretilmekle birlikte, bunlar farklı hücrelerde farklı etkiler meydana getirirler. Örneğin, tiroit hücrelerinin tiroksin üretmesine; adrenal, kabuk hücrelerinin kortizol üretmesine ve böbrek tüpçük hücrelerinin yeniden daha çok su emmesine neden olur.



veya **az salgılanması** bir başka rahatsızlığa neden olabilir. Bu bölümde insan endokrin sisteminin yapısı ve işlevini göreceğiz.

#### 14-5 Hipofiz Salgı Bezi

**Hipofiz** 1 santimetre çapında küçük bir salgı bezidir. Bir anterior ya da ön lop ve bir posterior ya da arka loptan ibarettir. Bu iki lop arasında, insanda işlevsel olmayan, ancak diğer hayvanlarda daha büyük ve işlevsel olan bir ara bölge vardır. Diğer bazı endokrin salgı bezlerini denetlediğinden, hipofiz çoğunlukla, vücudun "yönetici bezi" olarak

adlandırılır.

Hipofiz, *hipotalamus* denilen beynin bir parçasına bir sapla birleşmiştir. Hipotalamus, hipofizin saldığı hormonları denetler ve sinir sistemi ile endokrin sistem arasındaki büyük bir bağlantı olarak ödev görür. Hipotalamus sinir sisteminin pek çok farklı kısmından bilgi alır. Bu bilgi, hipotalamusun, hormon salgılaması için hipofizi uyarmada en büyük etkindir. Diğer bir etken çeşitli hormonların kandaki konsantrasyonudur.

**Ön hipofiz.** Hipofizin ön lomu, pek çoğu metabolik işlemlerin denetlenmesinde çok önemli olan birkaç farklı hormon salgılar. Ön hipofizden hormonların salgılanması, hipotalamusun ürettiği hormonlar tarafından denetlenir. Hipotalamus hormonlarına *salıverme hormonları* ya da **salıverme etkenleri** denir. Ön hipofizden her bir çeşit hormonun salıverilmesi özel bir salıverme etkeni tarafından denetlenir. Salıverme etkenleri hipotalamus içinde özel nöronların uçlarında üretilir. Bu etkenler nöronlar tarafından salıverildiğinde, doğrudan kılcallar tarafından absorbe edilir ve arka hipofize taşınırlar.

Ön hipofizin her bir farklı hormonunun farklı bir hücre çeşidi tarafından üretildikleri düşünölmektedir. Ön hipofizin başlıca hormonları ve işlevleri aşığıda verilmiştir:

1. *Tiroit uyarıcı hormon* ya da TSH, tiroit hormonu üretmesi ve salgılaması için tiroit bezini uyarır.

2. *Adrenocorticotropic hormon* ya da ACTH, korteks katmanından hormon üretmesi ve salgılaması için adrenal salgı bezini uyarır. ACTH eklem yangıları, astım ve alerjileri iyileştirmede kullanılır.

3. *Gelişme hormonu* ya da GH, vücut gelişimini denetler. Kemik ve kıkırdakların gelişimini etkiler. Bu dokular üzerinde doğrudan etkili diğer etkenlerin üretimini dolaylı denetimi ile yerine getirilir. Gelişme hormonu, hücresel düzeyde protein, karbonhidrat ve yağ üretimini doğrudan etkiler.

4. *Bezicik uyarıcı hormonu* ya da FSH, dişilerde yumurtalıklarda yumurta hücrelerinin gelişimini uyarır. Erkeklerde, erbezinde sperm hücrelerinin üretimini denetler.

5. *Luteinze hormonu* ya da LH, dişilerde yumurtalıklardan yumurta hücrelerinin salıverilmesine neden olur ve erkek ve dişilerin her ikisinde eşey hormonlarının üretimini denetler.

6. *Prolaktin* doğrudan sonra dişinin meme salgı bezlerinden süt salgılanmasını uyarır. Aksi durumda, çok küçük miktarlarda salgılanmaktadır. Prolaktin üretiminin, normalde hipotalamus tarafından salgılanan bir etken tarafından engellendiği düşünölmektedir. Doğumdan sonra, bu bağlayıcı etkenin tutulduğu ve prolaktinin üretildiği düşünölmektedir.

**Arka hipofiz.** Hipofizin arka lomu doğrudan hipotalamusa birleşmiştir. Hipotalamus kökenli sinir liflerinin iki sisteminin arka hipofiz içinde uçları vardır. İki hormon, oxytocin ve vasopressin hipotalamusta bu sinir hücreleri tarafından üretilir. Bu hormonlar ardından hipofizin arka lomu aksonlarına geçer ve daha sonra salıverilir.

Oxytocin doğum sırasında döl yatağının düz kaslarının kasılmasını uyarır. Anti diüretik hormon ya da ADH olarak da bilinen vasopressin, böbreklerin nefronlarında suyun geri emilimini denetlerler. ADH tübüllerin suya geçirgenliğini arttırdığından, su ozmozla geri emilir.

#### **14-6 Tiroit Salgı Bezi**

Tiroit salgı bezi boyunda gırtlığın tam altında ve soluk borusunun önünde bulunur. Bu salgı bezi iyot içerikli hormon, tiroksin içerir. Tiroksin vücudun metabolizma hızını denetler. Protein, karbonhidrat ve yağ metabolizma hızını ve hücre solunumu hızını artırır. Bu hormon normal zihinsel ve fiziksel gelişim için gereklidir. Tiroit, kanın kalsiyum düzeyinin düzenlemesine katılan, diğer bir hormon *kalsitonin* salgılar.

Tiroksin salgısı birkaç hormonun etkileşimi ile düzenlenir. Kanda tiroksin konsantrasyonu belli bir düzeyin altına düşerse, hipotalamus, TSH salıverme etkeni üretmek için uyarılır. Bu etkenin saliverilmesi, tiroit uyarıcı hormon (TSH) salgılaması için ön hipofizi uyarır. TSH, sıra ile, tiroidin tiroksin salivermesini uyarır. Kanda tiroksinin yüksek düzeyleri hipotalamusun salıverme faktörü üretimini sağlar. Bu, TSH üretimini sağlar ve bu suretle tiroidin uyarılmasını azaltır. Böylece, kanda tiroksin konsantrasyonunun negatif geri beslemesi, üretildiği sistemi denetler.

#### **14-7 Paratiroit salgı Bezleri**

Paratiroitler denilen dört adet küçük, yumurta şeklindeki salgı bezi tiroidin arkasına gömülüdür. Bunlar paratiroit hormon ya da parathormon salgılar. Bu hormon kalsiyum ve fosfat metabolizmasını düzenler. Kalsiyum, uygun bir gelişim, sağlıklı kemikler ve dişler, kan pıhtılaşması, sinir işlevi ve kas kasılması için gereklidir. Fosfat kemikte ve vücutta ATP, DNA ve RNA'yı içeren çok önemli bileşiklerde bulunur. Kandaki kalsiyum iyonlarının konsantrasyonu, sinir ve kasların normal işlevi için orantısal olarak dar limitler içinde tutulması gerekir. Kalsiyum bir miktar hücrelerde biriktirilir, ancak esasen kemiklerde kalsiyum fosfat bileşikleri olarak biriktirilir. Zayıf da olsa, kan kalsiyumu düzeyi düştüğünde, paratiroit parathormon salgılamak için uyarılır. Bu hormon kemikten plazmaya kalsiyum saliverilmesine neden olur. Kan kalsiyumu konsantrasyonu belli bir düzeyin üzerine çıktığında, kalsiyum kemiklerde biriktirilir. Fazlalık kalsiyum böbrekler ve bağırsaklarla boşaltılabilir.

Parathormon eksikliği düşük kan kalsiyumu düzeylerine neden olur. Bu düzey yeterince düşükse, çizgili kaslar çok duyarlı olur ve *tetany* denilen bir durumda kuvvetlice kasılırlar. Parathormonun aşırı salgılanması, kalsiyumun kemiklerden çok duyarlı olduğu ve kolaylıkla yıkıldığı noktaya taşınması ile sonuçlanır.



## 14-8 Adrenal Salgı Bezleri

İki böbreğin başlıkları adrenal salgı bezleridir. Bu salgı bezlerinin her biri *medula* denilen bir iç katman ve *korteks* denilen bir dış katmandan ibarettir. Adrenal bez hormonları stresle ilgili olarak vücuda yardım ederler. Medulanın hormonları ani stresleri kontrol altında tutarken, korteks hormonları uzun dönemli streslerle ilgili olarak vücuda yardım etmektedir.

**Adrenal medula.** Adrenal medulanın bu dokusu sinir dokusu ile ilgilidir. Adrenal medula tarafından salgılanan iki hormon **epinephrine** ya da *adrenalin* ve **norepinephrine** ya da *noradrenalin*dir. Bu salgının yaklaşık yüzde 80'i epinephrine ve yüzde 20'si norepinephrinedir. Adrenal medula tarafından bu iki hormonun salgılanması, doğrudan sempatik sinir sistemi sinirleri tarafından düzenlenmektedir. Genel olarak, bu hormonların etkileri, etkileri daha uzun süren hormonlar dışında, sempatik sinir sisteminin uyarılmasıyla üretilenlerle aynıdır.

Epine phrine ve norrepinephrine "acil yanıt" ya da "dişe diş" denilen karşı tepki üretir. Bunlar, korku, öfke, ağrı veya fiziksel çaba gibi ani streslere yanıt için salgılanırlar. Bu hormonların her ikisi vücudun kan damarlarını kısarlar. Epinephrine metabolizma hızını artırır. Karaciğerden glikoz salıvermesini artırır. Kalp atış hızını ve kuvvetini, kan basıncını, solunum hızını, kan pıhtılaşma oranını ve terlemeyi artırır.

**Adrenal korteks.** Adrenal korteksin hormonları **cordicosterodler** denilen bileşiklerdir. Kolesterolde sentezlenirler. Adrenal korteksin başlıca hormonları kortizol ve aldosteronudur, ancak otuzdan daha fazla diğerleri de bilinmektedir.

*Kortizol* ya da *hidrokortizon* karbonhidrat, protein ve yağ metabolizmasını etkiler. En büyük eylemi karaciğer ve diğer dokularda glikozun sentezlenmesini kapsar. Kanda glikoz düzeyinin düzenlenmesinde önemli olmaktadır. kortizon, kortizol ile yakın ilişkili bir bileşiktir. Kortizon sentetik olarak üretilmekte ve eklem yangısı tedavisinde ve alerji semptomlarına karşı etkili olarak kullanılmaktadır.

*Aldosteron* ve ilişkili hormonlar kandaki normal mineral dengesini sağlarlar. Aldosteron böbrek tübüllerinde sodyumun geri Emilimi ve böbrek tübüllerinden potasyumun boşaltımını artırır. Bu iyonların denetimi ile, aldosteron hücreler arası sıvı ve kanın hacmini kontrol da eder. Adrenal korteks erkek ve dişi eşey hormonlarını da salgılamakla, üretilen dişi hormonların miktarı çok azdır. Erkek eşey hormonları erkeklerde eşey gelişiminin düzenlenmesinde bir miktar rol oynayabilmektedir.

## 14-9 Pankreas-Langerhans Adacıkları

Pankreas hem ekzokrin hem de endokrin salgı bezidir. Ekzokrin kısmı pankreas kanalına sindirim suyu salgılar. Endokrin kısmı, hormon salgılayan hücrelerin küçük salkımlarından ya da adalarından, **langerhans adacıklarından** ibarettir. Bunlar pankreasa dağılmışlardır. Bu adacıklarda, glucagon hormonu salgılayan *alfa* ( $\alpha$ ) hücreler

ve insülin hormonu salgılayan *peta* ( $\beta$ ) *hücreler* diye iki çeşit hücreler vardır. Bu hormonların ikisi karbonhidrat metabolizmasını denetleme işlevi yapar.

**İnsülin.** İnsülin glikoz metabolizmasını birkaç yönden etkiler. Vücut dokularının çoğunda hücre zarlarında glikozun taşınım hızını artırır. Vücutta glikoz yüksek olduğunda, pankreasın *peta* hücreleri insülin salgılamak için uyarılır. İnsülin, glikozun vücut hücrelerine geçişini yükselterek, kan glikoz düzeyini düşürür. Karaciğer ve çizgili kas hücreleri içinde, glikozu glikojene dönüşümünü yükseltir ve yağ dokularda, glikozun yağ dönüşümünü yükseltir. Ayrıca hücrelerde glikoz oksidasyon hızını artırır.

**Glucagon.** Glucagonun, glikoz metabolizmasına etkileri, insülininki ile çoğunlukla zıt ya da antagonistiktir. İnsülin kan glikoz düzeyini düşürürken, glucagon artırır. Kanda glikoz konsantrasyonu belli bir düzeyin altına düştüğünde, pankreasın alfa hücreleri glucagon salgılamak için uyarılır. Glucagon, karaciğerde glikojenin glikoza dönüşümünü yükseltir. Bu glikoz karaciğerden hızla kan dolaşımına difüze olur.

Karaciğer glikojeni tedariki tüketildiğinde, glucagon amino asitlerin ve yağ asitlerinin glikoza dönüşümüne neden olur. Böylece, yeterli karbonhidrat sağlanamadığında, enerji gereksinimlerini karşılamak için, vücut yağ ve proteinleri yıkılırlar.

**Diyabet.** Langerhans adacıkları yeterli insülin üretiminde yetersiz kaldıklarında, vücut hücrelerine girebilecek glikoz miktarı büyük oranda azaltılır. Bunun yanında, kandaki glikoz konsantrasyonu artar ve fazlalık şeker idrarla boşaltılır. Bu duruma **diyabet** denir. Diyabet semptomları iştah artışı ve susmaya karşın kilo kaybı ve genel güçsüzlük içerir. Tedavi edilmediğinde, diyabet ölüme neden olur. Uygun perhiz ve günlük insülin enjeksiyonu hastalığı kontrol altına alabilir.

## 14-10 Gonadlar

*Gonadlar* ya da *eşey salgı bezleri*, dişinin yumurtalıkları ve erkeğin erbezleridir. Yumurtalıklar yumurta ve erbezleri sperm üretirler. Gonadlar, eşeysel gelişim ve üremenin tüm yönlerini denetleyen eşey hormonları da salgırlar.

**Yumurtalıklar.** **Yumurtalıklar** iki hormon **estrogen** ve **projesteron** üretirler. Gelişme sırasında , estrogen dişi üreme sisteminin gelişimini uyarır. Estrogen, kalçaların genişlemesi ve göğüslerin gelişimi gibi dişi ikincil eşey karakteristiklerinin gelişimini artırır. Estrogen adet döngüsünü düzenlemek için projesteron ile birlikte rol yapar.

**Erbezleri.** **Erbezleri** androjenler denilen erkek eşey hormonlarını salgırlar. En önemli androjen **testosteron**dur. Dölüt gelişimi sırasında, testosteron erkek üreme sisteminin gelişimini uyarır. Bu hormon, kalın bir ses, sakal, vücut kılları ve erek vücut şekli gibi erkek ikincil eşey karakteristiklerinin gelişimini de artırır.

### 14-11 Mide ve İnce Bağırsak

Mideyi astarlayan özel hücreler, gastrik suyun akışını uyaran *gastrin* hormonu salgılar. İnce bağırsak astarında, pankreas suyunun akışını uyaran secretin hormonu salgılayan hücreler vardır. Secretin ilk keşfedilen hormondur.

### 14-12 Thymus

**Timus**, üst göğüs boşluğunda kalbin yanında bulunan bir salgı bezidir. Bebeklerde ve çocuklarda büyüktür, ancak ergenlik başladığında küçülür. Yaşamın başında, timus, enfeksiyonlara karşı vücut savunmasının bir parçası olan lenfositlerin oluşumuna katılır. Güncel araştırmalar, timusun çocuklukta thymosin denilen bir hormon ürettiğini göstermektedir. Thymosinin, bağışıklıkta önemli olan T lenfositlerin üretimini uyardığı düşünülmektedir. Timusun erişkinlerde hiçbir işlev yürütmediği görülmektedir.

### 14-13 Beyin Epifizi

**Beyin epifizi**, beyin kaidesine bitişik, bezelye büyüklüğünde bir yapıdır. *Melatonin* denilen bir hormon üretir. Kurbağalarda, bu hormon pigment hücrelerine etki ederken, sıçanlarda yumurtalıkların ve erbezlerinin işlevlerini uyarır. Bazı yeni araştırmalar melatoninin erkek insanlarda eşeyssel gelişimi tutabileceğini göstermektedir. Eşeyssel gelişimin başladığı, ergenlikte, melatonin salgılanması azalmaktadır. Melatonin dişi insanlarda da eşeyssel gelişimi tutabilmektedir.

### 14-14 Prostaglandinler

Prostaglandinler, kan dolaşımına girmeksizin sentezlendikleri hücrelerde etkiler meydana getiren "lokal hormonlar"dır. Diğer hormonların etkilerini değiştirerek etki edebilmektedirler. Kalp atışı, kan basıncı, üre boşaltımı ve çocuklukta döl yatağının küçük kalmasını içeren metabolik etkinliklerin geniş bir çeşidini etkiledikleri düşünülmektedir. Prostaglandinler, yüksek kan basıncı, felç, astım ve ülser gibi hastalıkların tedavisinde olası kullanımı için araştırılmaktadır.

# 15 MİTOZ VE EŞEYSİZ ÜREME

## ÜREME ÇEŞİTLERİ

Bütün hücreler diğer hücrelerden oluşur. Bu, orijinal hücrenin iki hücreye bölünmesiyle meydana gelir. Bir tekhücreli organizmada, hücre bölünmesinin sonucu, üretilir. Çok hücreli bir organizmada, hücre bölünmesi, çoğunlukla bedensel gelişim ya da doku yenilenmesi ile sonuçlanır. Bununla birlikte, bazı çok hücreli organizmalarda vücut hücrelerinin bölünmesi, yeni hücrelerin atadan ayrılıp tam, bağımsız bir birey oluşturmasıyla, bir üreme şekli de olabilmektedir.

Eşeyli ve eşeysiz, iki temel üreme çeşidi vardır. **Eşeyli üreme**, yalnızca bir ata vardır ve üremeye katılan özel üreme hücre ya da organları yoktur. Yeni birey ata organizmanın ayrılmış bir parçasıdır. Bununla birlikte, **eşeyli üreme**, çoğunlukla iki ayrı ana-baba organizma tarafından üretilen özel hücrelerin iki çekirdeğinin birleşmesini kapsar. Bazı organizmalar yalnızca eşeyli olarak çoğalırlar, diğer bazıları sadece eşeyli olarak çoğalırlar ve daha başkaları da her iki yolla üreyebilirler.

Bu bölümde önce hücre bölünmesi işlemi ve bunun eşeyli üremedeki rolü, değerlendirilecektir. Eşeyli üreme bir sonraki bölümde değerlendirilecektir.

### 15-1 Çekirdek ve Sitoplazma Bölünmesi

Hücre bölünmesi iki işlemden ibarettir. Çekirdek bölünmesi ve sitoplazmanın bölünmesi. Çekirdeğin bölünmesi işlemine **mitoz** ve sitoplazmanın bölünmesi işlemine **sitokinez** adı verilir. Mitozdan önce, çekirdekte, kalıtsal materyalin iki katına çıkarılması ile sonuçlanan bir dizi değişiklikler meydana gelir. Çekirdek bölündüğünde, her bir kardeş çekirdek bu materyalin tam bir kopyasını alır. Sitokinez sırasında, hücrenin sitoplazması, her biri yeni oluşturulan çekirdeklerden birini ve ata hücrenin diğer içeriğinin yaklaşık yarısını içeren iki parçaya bölünür. Sitokinez mitozla aynı zamanda ya da mitoz tamamlandıktan sonra meydana gelir.

Çekirdek hücrenin yönetim merkezidir. Çekirdek ve onun içerdiği kalıtsal materyal olmadan, hücrenin geri kalan kısmı çabucak ölür. Çekirdek hücre bölünmesinde de büyük bir rol oynar. Çekirdeğin kalıtsal materyali DNA'dır. Her bir hücrenin tüm bileşenlerinin sentezi için gerekli bilgi DNA'nın yapısında depolanmıştır. DNA, bir bütün olarak, organizmanın yapı ve işlevlerini belirleyen bilgiyi de içerir. Bu bilgi üretilen bütün hücrelere aktarılır. Bölünmeyen hücrelerde, DNA, uzun, ince, bükülmüş iplikçiklerin bir örgüsünden ibaret olan **kromatin** denilen koyu renkli çekirdek

materyalinde bulunur. Hücre bölünmesi sırasında, kromatin, **kromozomlar** adı verilen çubuk şeklindeki yapılara organize olur.

Her bir organizma çeşidinin vücut hücrelerinde özel ve kendine özgü bir sayıda kromozomları vardır. Örneğin, insanın 46, buğdayın 42, meyve sineklerinin 8, kervidin 20, patateslerin 48 kromozomu vardır. Bir organizmanın vücut hücrelerindeki kromozom sayısı sabittir. Her bir kromozom, toplam kalıtsal bilginin yalnız bir kısmını içerdiğinden, her bir hücre uygun işlev için kromozomlarını tam bir takımını almak zorundadır.

## 15-2 Hayvan Hücrelerinde İnterfaz ve Mitoz

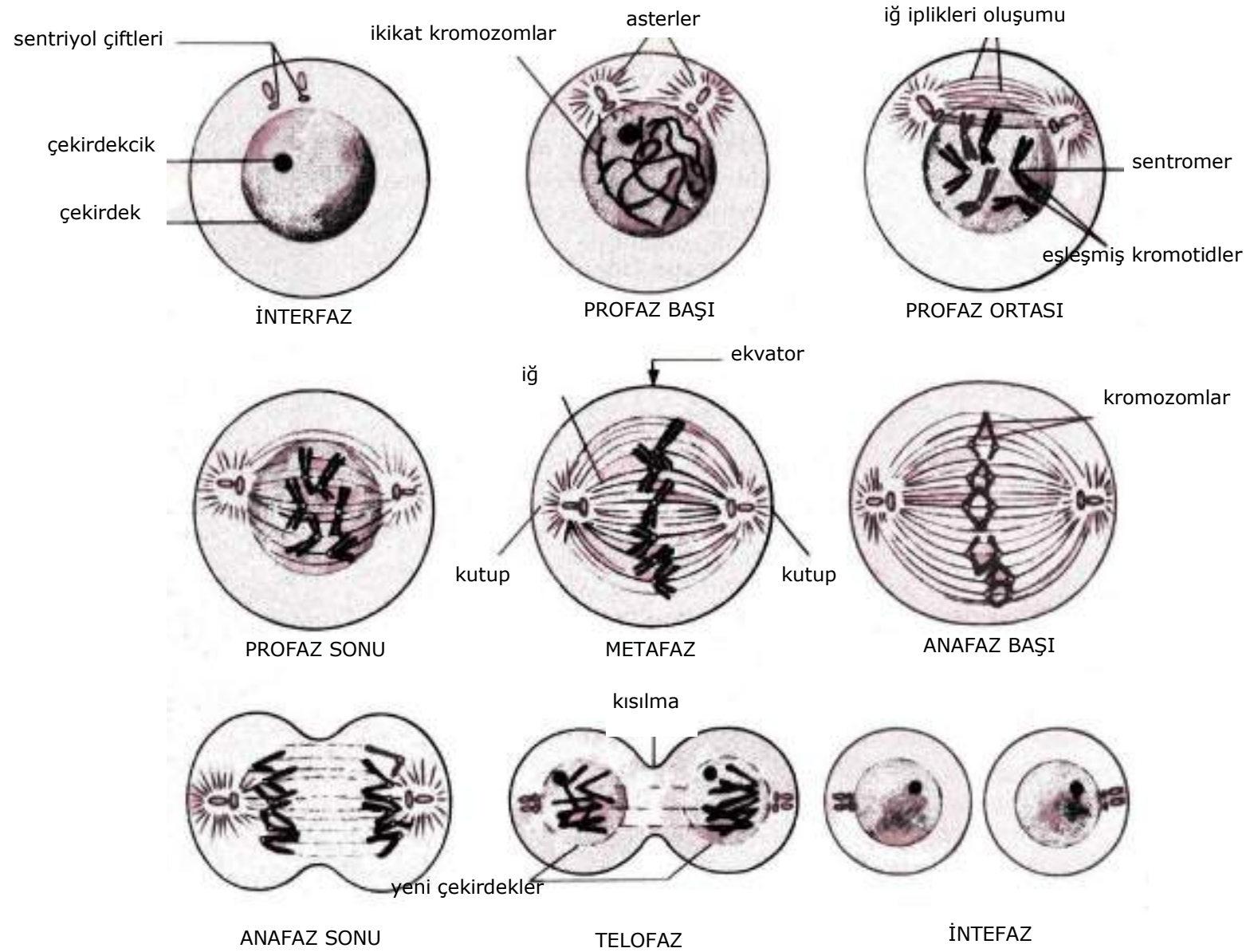
Mityoz, başladıktan sonra, sürekli bir işlemdir. Bununla birlikte, anlamayı kolaylaştırmak için, evrelere veya fazlara ayrılır. Bu evreler profaz, metafaz, anafaz, ve telofaz 'dır. Bu evreler arasında keskin ayırım yoktur; her biri bir sonrakiyle birleşmiştir. **Şekil 15-1** interfaz ve mitozun her bir evresinin başlıca olaylarını gösteriyor.

**İnterfaz.** Bir hücre mitoz dönemlerinin arasına olduğunda, **interfaz** evresindedir. İnterfaza dinlenme evresi denilse de, hücre gerçekten asla dinlenmede değildir. İnterfaz bir hücre bölünmesinden bir sonraki bölünmenin başlamasına kadar sürer. İnterfaz sırasında, çekirdek nükleik asitleri, sitoplazma proteinlerini sentezler ve hücre büyür. Mitoz başlamadan önce bazı noktalarda, her bir kromozom kendi kendinin bir kopyasını yapar ya da *kopyalanır* ve gerçekten kromozomlar iki katına çıkar.

İnterfaz sırasında, hücre çekirdeği çekirdek zarı ile çevrilidir ve bir veya daha fazla çekirdekçik vardır. Kromozomlar, bu dönemde, mikroskopta ayırt edilemezler. Buna karşılık, DNA düğümlenmiş iplik şeklinde kromatin kütlesi olarak belirir. Çekirdeğin yanındaki birbirine dik iki ufacık, silindir yapılar **sentriyoller**dir. Sentriyoller de interfaz sırasında iki çift oluşturarak iki kat olur.

**Profaz.** Profaz sırasında, iki katına çıkmış kromozomlar, uzun iplikçiklerin sarılıp, kısaldığı kalın çubukçuklar olarak görünmeğe başlar. İki katına çıkmış her bir kromozomun iki yarısına **kromatidler** denir. Bunlar, **sentromer** adı verilen bir merkezde birleşmiştir.

Profaz başlangıcında, sentriyollerin iki çifti, hücrenin zıt uçlarına ya da *kutuplarına* doğru hareket ederler. Sentriyoller, geçmişte iplikçikler olduğu zannedilen protein içerikli yapıların oluşumu ile ilgili olarak belirirler. Elektron mikroskobu araştırmaları mikrotubuller olduğunu göstermesine rağmen, bunlara hala iplikçikler olarak işaret edilmektedir. Sentriyollerden dışarıya doğru uzanan iplikçikler, **asterler** denilen yıldız şeklindeki yapıları oluşturur. Diğer lif şeklindeki iplikçikler kutuplar arasında uzanır. Bu iplikçikler **ığ** denilen futbol topu şeklindeki bir yapıyı oluşturur. İğ ipliklerinin bazıları kromozomların sentromerlerine tutunur. Profaz ilerledikçe, iki katına çıkmış kromozomlar, kutuplar arasında orta bölge olan ekvatora doğru hareket etmeğe başlar. Profazın sonunda, çekirdek zarı ve çekirdekçik kaybolur.



**Şekil 15-1. Hayvan Hücrelerinde İnterfaz ve Mitotik Hücre Bölünmesi**

**Metafaz.** Metafaz sırasında, iki katına çıkmış kromozomların sentromerleri ekvatorda sıralanır. Metafaz sonunda, iki katına çıkmış her bir kromozomun sentromeri belirgin olarak ikiye bölünür ve iki kromatidi tam olarak ayrılır. Diğer bir ifade ile iki katlı-bağ oluşturmuş her bir kromozom, eş kromozomlara ayrılmış olur. Sentromerlerin ayrılması tüm kromozomlarda aynı zamandır. Bunun mekanizması bilinmemektedir.

**Anafaz.** Anafazda, eş kromozomlar bağımsız olarak zıt kutuplara hareket ederler. Tam bir kromozom takımının bir kutpa, diğer özdeş tam takımın diğer kutpa çekildiği bu hareketi iğ iplikleri destekler.

Bütün kromatidlerin sentromerleri ani bir sıçrayışla birbirinden uzaklaşmaya başlar. Kromatidler birbirinden ayrıldıktan sonra kardeş kromozomlar olarak adlandırılır. Sentromerlerde iğ iplikleri üzerinde kaymaya yardım eder. Radyasyon verilerek sentromerleri tahrip edilen kromozomlar kutuplara gidemez. Kanseri dokulara radyasyon verilmesi, bu iğ ipliklerini tahrip etmek içindir. Böylece hücre artık bölünemez.

**Telofaz.** Telofaz kromozomların kutuplara ulaşması ile başlar. Kromozomlar uzar, çözülür ve derece derece iplikçik şeklinde kromatin görünümünü alır. İğ iplikleri ve asterler kaybolur. Her bir kardeş çekirdek etrafında bir çekirdek zarı oluşur ve çekirdekçikler belirir. Bu bir hayvan hücresinde çekirdek bölünmesini tamamlar.

### 15-3 Sitoplazmanın İkiye Bölünmesi

Sitoplazma bölünmesi çoğunlukla anafazın son kısmı sırasında başlar ve telofazda tamamlanır. Hayvan hücrelerinde, sitoplazmanın ikiye bölünmesi, hücre zarının içeriye bir kısılma yapması ile başlar. Bu kısılma yarığı hücrenin ortasında meydana gelir ve yaklaşık aynı büyüklükte iki kardeş hücrenin oluşması ile sonuçlanır.

Bitki hücrelerinde hücre bölünmesi gelişen tohumlarda, kök ve gövdenin büyüyen kısımlarında çok kolaylıkla gözlenebilir. Hücre bölünmesinin temel olayları bitkilerde de hayvanlardaki ile aynıdır. Bununla birlikte, bitki hücrelerindeki bölünme iki yönden hayvan hücrelerindeki farklıdır. Birincisi bitki hücrelerinin sentriyolleri yoktur. Bu nedenle, aster oluşumu yoktur. Ancak, bir iğ ipliği oluşumu vardır ve kromozomların hareketi hayvan hücrelerindeki ile aynıdır. İkincisi, bitki hücrelerinin bükülmez hücre çeperi telofaz sırasında içeriye kısılma yapmaz. Bunun yerine, hücrenin ortasında baştan başa **hücre levhası** denilen bir yapı oluşur. Hücre levhası dışarıya doğru gelişir ve eski hücre çeperi ile birleşir, böylece hücreyi ikiye böler. Yeni hücre çeperi materyali hücre levhasının her bir tarafında salgılanır.

### 15-4 Mitotik Bölünmenin Süresi ve Denetimi

Bir hücrenin mitoz bölünmenin tüm evrelerinden geçmesi için gerekli süre, bir organizma türünden diğerine ve bir doku çeşidinden diğerine değişir. Genel olarak, interfaz dönemi mitotik hücre bölünmesi evreleri ile karşılaştırıldığında uzundur. Örneğin, doku kültüründe bir insan hücresinin bölünmesi yaklaşık bir saat sürer ve arkasından 16 ile 20 saat arasında interfazda kalır.

Mitoz fazla özelleşmemiş hücrelerde daha siktir. Gelişmekte olan bir embriyonun pek çok hücresi çok hızlı bir oranda bölünür. Bununla birlikte, embriyo geliştikçe hücreler özelleşir ve mitoz oranı azalır. Erginlerde, çabuk hücre bölünmesi belirli dokularla sınırlıdır. Bitkilerde kambiyum ve kök uç hücreleri, hayvanlarda kemik iliği ve deri epitel

hücreleri gibi bazı hücreler hızlı bir oranda bölünür. Diğer yandan, bitkilerde ksilem, hayvanlarda sinir ve kas hücreleri gibi özelleşmiş hücreler, bir kez oluştuktan sonra seyrek ya da hiç bölünmezler.

The subsequent re-growth of antlers during the spring and summer months is spectacular and represents one of the fastest rates of organogenesis in the animal kingdom. No other mammal can naturally regenerate any lost organ, let alone anything as large and complex as an antler, e.g. the antlers of a 200-kg adult red deer may weigh as much 30 kg but take only 3 months to grow. Hayvanlarda En hızlı hücre bölünmesi geyiklerde boynuzların gelişiminde meydana gelir. Antlers are the fastest growing of the osseocartilagenous tissues, with growth rates of up to 1 cm/day, and are the only mammalian appendages capable of regeneration ([Goss, 1983]). Antlers develop from pedicles, which arise from antlerogenic cells of the deer cranial periosteum. Initial development of the pedicle occurs by intramembranous ossification, in which trabecular bone and osseocartilage are laid down below somatic skin. The appearance of chondrocytes in cartilaginous trabeculae marks a transition to endochondral ossification ([Li and Suttie, 1994]).

Mitotik hücre bölünmesini başlatan ve denetleyen mekanizma ya da etkenler bilinmemektedir. Bir hücreli organizmalarda, hücre büyüklüğündeki artışın mitotik hücre bölünmesini başlattığı sanılmaktadır. Hücre büyüdükçe, hücre hacmi, hücre yüzey alanından daha hızlı büyür. Örneğin, hücre bir küre şeklinde düşünülürse, hücre hacmi yarıçapın küpü, yüzey alanı ise yarıçapın karesi oranında büyür. Hücre büyüklüğü belirli bir noktanın üzerine çıktığında, zarın yüzey alanı hücre içi ile çevresi arasında gerekli materyalin değişimi için yetersiz kalmağa başlar. Kısaca, bir hücrenin işlevleri için, büyüklüğünün bir üst limiti vardır. Bir hücre kendi çeşidinin karakteristik en üst büyüklüğüne eriştiğinde, ya büyümeyi durdurur ya da bölünür.

Karmaşık çok hücreli organizmalarda, bazı hücreler düzenli olarak bölünür, bazıları çok seyrek bölünür ya da bir kez oluştuktan sonra bölünmez, diğer bazıları ise ancak belirli koşullar altında bölünürler. Doğal olarak, hücre bölünmesi dokunun onarım ya da gelişimi için gerekli oldukça meydana gelir. **Hücrelerin kendi bölünmelerini, bir negatif geri besleme mekanizması gibi görev yapan bir denetim maddesinin salgılanması ile kendi kendilerine düzenlemeleri olasılığı vardır.** Bu varsayıma göre, hücre sayısı yeterli olduğunda, salgılanan denetim maddesinin konsantrasyonu hücre bölünmesini önlemek için yeterli olmaktadır. Hücre sayısı azaldığında, denetim maddesinin konsantrasyonu da azalır. Böylece uygun hücre sayısı yerine getirilinceye kadar hücre bölünmesine izin verilir.

Bazen bir grup hücre, denetimsiz bir biçimde etrafındaki dokuları işgal ederek ve normal organ işlevlerini engelleyerek bölünmeye başlar. Bu denetimsiz hücre bölünmesine kanser denir. Hücre bölünmesini normalde başlatan ve denetleyen etkenlerin anlaşılması, kanserin denetim altına alınmasında çok büyük yardımcı olacaktır.

## EŞEYSİZ ÜREME

Bir hücreli organizmalar, pek çok basit hayvanlar ve pek çok bitkiler **yaşam döngülerinin en az bir kısmında eşeysiz ürerler.** Çok hücreli organizmalarda eşeysiz üremede, yeni döllere atanın farklılaşmamış, özelleşmemiş hücrelerinden gelişir.

Eşeysiz üreme yalnızca mitotik hücre bölünmesinden ibaret olduğu için, her bir yeni döl atasıyla tam olarak aynı kalıtsal bilgiye sahiptir. Yeni döllere çok az değişim gösterdiğinden, birbiriyle ve atalarıyla hemen tamamen özdeşirler. Bu nedenle eşeysiz üreme, bir tür içinde dölden dölde değişmez karakteristiklerle sonuçlanır.

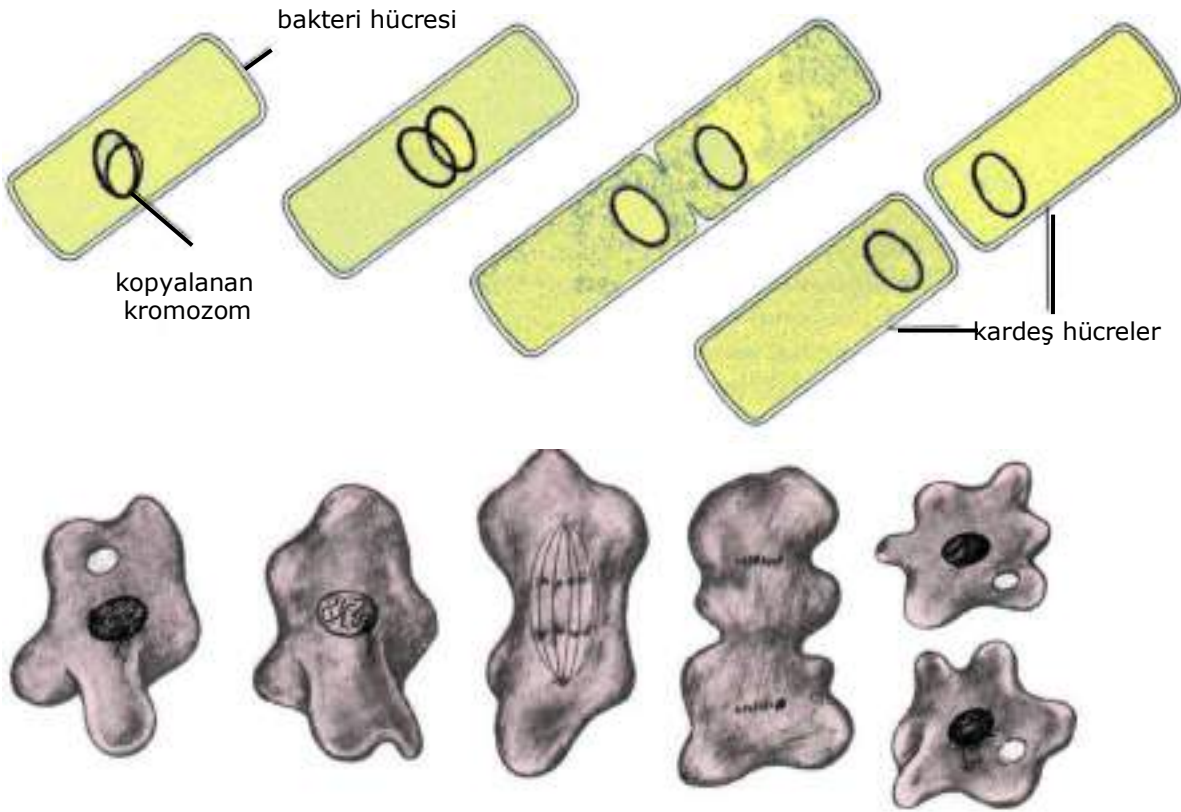


Eşysiz üreme, çoğunlukla çabuk ve sıkça çok sayıda yeni dölün meydana gelmesi için yeterlidir. Eşysiz üremenin **ikiye bölünerek çoğalma**, **tomurcuklanma**, **spor oluşturma**, **rejenerasyon** ve **vegetatif üreme** gibi bazı çeşitleri vardır.

### 15-5 İkiye Bölünerek Çoğalma

Eşysiz üremenin en basit şekli, ikiye bölünerek çoğalmada, ata organizma yaklaşık iki eşit parçaya bölünür. Yavru hücrelerden her biri ayrı bir birey meydana getirir ve uygun büyüklüğe gelişir. Ata iki bireye ayrıldığı için, bu üreme yönteminde geriye bir ana-baba kalmaz. İkiye bölünerek çoğalma bakteriler, protozoalar ve pek çok algleri içeren birhücreli organizmalar arasındaki yaygın üreme şeklidir. Ayrılmış bir çekirdek içeren ikiye bölünerek çoğalan hücrelerde, çekirdek mitozla bölünür.

**Bakterilerde Bölünme.** Bakteriler organize olmuş bir çekirdekten yoksundur. Kalıtsal materyal bir tek yuvarlak kromozom şeklindedir. Hücre bölünmesinden önce, kromozom kopyalanır, iki katına çıkar. Ata hücre, merkezine yakın bir hücre duvarının oluşmasıyla, her biri kopyalanan kromozomlardan birini içeren iki yavru hücreye bölünür (Şekil 15-2).



Şekil 15-2. Bakteri ve Amipte İkiye Bölünme

Her bir yavru hücre bölünmeden önceki normal büyüklüğüne gelişir. Bazen yavru hücreler birbirinden ayrılmaz, böylece bakteri zinciri oluştururlar. Uygun koşullar altında bazı bakteriler her 20 dakikada bölünebilirler.

**Protozoalarda Bölünme.** Bir amip tam büyüklüğe eriştiğinde, yuvarlaklaşır ve çekirdeği mitoz geçirir. Çekirdek bölünmesinden sonra, sitoplazma, iki yavru hücre üretimi için hücre ortasından içeriye kısılır ya da büzülür (Şekil 15-2). Meydana gelen her iki hücre orijinal atadan daha küçüktür, fakat sonuçta tam büyüklüğe erişirler.

Terliksi hayvanın biri *mikronükleus* ve diğeri *makronükleus* iki çekirdeği vardır. Küçük olan mikronükleus hücrenin üreme işlevlerini yönetir. İkiye bölünme sırasında mikronükleus mitozla bölünür. Makronükleus biraz değişik bir mitozla (amitoz) bölünür. Çekirdeklerin her bir çeşidinin birer tanesi her bir yavru hücreye gider. Oral oluk ve boğaz da kopyalanır ve iki yeni vurgan koful ortaya çıkar. Kısaca, ayrılma meydana gelmeden önce, iki tam organizma için gerekli kısımlar hazırlanır. Sitoplazmanın bölünmesi hücrenin ortasından içeriye kısılması ile meydana gelir. Terliksi hayvan eşeyli de üreyebilir.

## 15-6 Tomurcuklanma

**Tomurcuklanma** ata organizmanın eşit olmayan iki parçaya bölündüğü bir eşeysiz üreme çeşididir. Yeni bireyler, ata organizmanın dış yüzeyinde küçük çıkıntılar ya da tomurcuklar olarak gelişir. Tomurcuklar kırılıp ayrılır ve bağımsız olarak yaşayabilir veya bitişik kalarak koloni oluşturabilir. **Tomurcuklanma, ata ve yeni döllerin eşit büyüklükte olmamaları ile, ikiye bölünerek çoğalmadan ayrılır.** Tomurcuklanma **maya ve hidra yanında sünger ve bazı solucanlarda** meydana gelir.

**Mayada tomurcuklanma.** Bir maya hücresi belirli bir büyüklüğe eriştiğinde, çekirdek hücrenin kenarına doğru hareket eder. Hücre duvarı burada bir enzim tarafından yumuşatıldığından **tomurcuk** denilen küçük yumru benzeri bir yapı oluşturarak dışarıya doğru çıkıntı yapar. Arkasından, çekirdek iki yavru çekirdek meydana getirerek mitoz geçirir. Biri ata hücre içinde kalırken diğer yavru çekirdek tomurcuğun içine hareket eder. Ata hücre ile tomurcuk arasında bir hücre duvarı meydana gelir. Tomurcuk ata hücreye bitişik kalabilir veya ondan ayrılabilir. Her iki durumda, tomurcuk, büyüklüğünü arttırabilen ve sonunda kendi tomurcuklarını üretebilen bağımsız bir hücredir.

**Hidrada tomurcuklanma.** Hidrada tomurcuklanma, mayadakinden oldukça farklıdır. Hidralar birkaç çeşit hücrelerden meydana gelir. Tomurcuklanma başladığında ata hidranın yan tarafında farklılaşmamış hücreler, tekrarlanan mitotik bölünmeler geçirerek küçük bir hücre yığını meydana getirir. Bu hücreler bölünmeyi sürdürür ve birkaç gün içinde bir ağız ve dokunma organları olan küçük bir hidra meydana gelir. Tomurcuk hidra sonunda ata hidradan ayrılır. Hidralar eşeyli olarak da üreyebilir.

## 15-7 Spor Oluşumu

**Sporlar**, belirli organizmalar tarafından üretilen ve serbest kaldığında çimlenip yeni bireyler meydana getirecek şekilde gelişen bireysel, özelleşmiş hücrelerdir. Gerçekte, spor terimi, görünüş, yapı ve köken bakımından tamamen farklı, ancak hepsi basit üreme birimleri olarak işlev gören bir-hücreli yapıların şaşırtıcı çeşidi için kullanılır. Her bir spor değişmez hücre bileşenlerini içerir ve çoğunlukla özel kalın, sert bir dış duvarla çevrelenmiştir. Diğer sporlar bu tür duvarlardan yoksundur ve kamçılı olabilmektedir.

**Sporlar eşeyli ve eşeysiz oluşturulabilir.** Eşeysiz oluşan sporlar mitotik hücre bölünmesi ürünleridir ve mantarlar, algler ve protozoalar gibi pek çok basit organizmalarda yaygın bir üreme tarzıdır. Bu sporlar çoğunlukla büyük miktarlarda üretilir. Sporlar, türedikleri orijinal ata hücrenin kalıntısı bir tek hücre yapısında oluşturulur ve buradan salıverilirler.

**Ekmek küfünde spor oluşumu.** Bir mantar olan ekmek küfünün, çoğunlukla ekmek ya da diğer yiyeceklerde koyu, pamuksu bir kitle halinde geliştiği görülür. Bu sporlar yüzeyden yukarı gelişen özelleşmiş saplar üzerindeki spor kınlarında mitotik hücre bölünmesi ile meydana getirilir. Her bir spor kını içinde binlerce siyah spor gelişir. Olgunlaştığında, spor kınının duvarları parçalanır ve ince, hafif sporlar hava akımları ile uzağa taşınır. Bir spor sıcak, besleyici ve nemli bir yüzeye indiğinde, çimlenir ve yeni bir mantar kitlesi oluşturmak için gelişir. Ekmek küfleri eşeyli olarak da üreyebilir.

## 15-8 Yenilenme

Yenilenme, bir organizmanın kaybedilen vücut parçalarını yeniden geliştirebilme yeteneğidir. Daha çok hidra, planaria, denizyıldızı ve yersolucanı gibi basit hayvanlar, kaybedilen parçalarını yenileme yeteneğine sahiptir. Eğer bir hidra ikiye ayrılırsa, her bir yarım yeni bir birey meydana getirir. Planaria, her biri tam bireye gelişecek olan birkaç parçaya ayrılabilir.

Denizyıldızı istiridyelerden beslenir. İstiridye üreticileri, denizyıldızlarını, elle koparıp parçalara ayırdıktan sonra bu parçaları suyun içine geri atarak yok etmeğe çalışırlardı. Ancak, bir denizyıldızının her bir parçası, merkezi diskten bir parça içerdiği süre tam bir yeni organizmaya yenilenebilir. Böylece insanlar yok etmekten çok, gerçekte denizyıldızının artmasına yardımcı olmuşlar.

Yenilenme gücü, hayvanlar daha karmaşık oldukça azalır. Bir yengeç kayıp bir kısığını yeniden geliştirir, ancak küçük bir parçadan bütün bir yeni hayvan meydana getiremez. Memeliler zarar gören dokuları onarabilir, fakat bir bacak veya bir parmağı yenileyemezler. Basit organizmalar büyük yenilenme gücüne sahip olmakla birlikte, çoğunlukla doğal koşullar altında bu tarzda çoğalamazlar.

Deer antlers are one of the animal kingdom's most dramatic examples of male prowess and thus since ancient times have been held in great regard by humans. However, antlers also provide

a model for studying two unique processes: the development of a complete appendage that is delayed until puberty and mammalian organ regeneration. No other mammal can naturally regenerate any lost organ, let alone anything as large and complex as an antler, e.g. the antlers of a 200-kg adult red deer may weigh as much 30 kg but take only 3 months to grow. By contrast, animals that have retained the capacity to regenerate are found in most other phyla and a variety of these are studied by regeneration biologists. These include planaria, hydra, urodele amphibians, *Xenopus* and zebrafish ([Brookes, 1997](#); [Fujisawa, 2003](#); [Nye et al. 2003](#); [Poss et al. 2003](#); [Sanchez Alvarado, 2003](#); [Slack et al. 2004](#)). In fact, it has been proposed that only by studying a variety of examples of natural regeneration can we develop our understanding of why some animals regenerate and others do not ([Brookes, 2004](#)). However, despite their obvious convenience as experimental models, these are not mammals and although some mouse strains have been shown to have an increased capacity for repair ([Heber-Katz et al. 2004](#)), they are unable to regenerate whole organs. This is why the mechanisms that underlie antler regeneration should continue to be investigated, notwithstanding the limitations of deer as an animal model. This argument made most persuasively by Richard Goss, the regeneration biologist who pioneered antler research in the late twentieth century ([Goss, 1995](#)). Antler research can help us understand why regenerative ability has been lost in mammals and take us further towards a 'holy grail' of modern human medicine: the ability to regenerate organs that have been removed through trauma or excision.

# 16

## MAYOZ VE EŞEYLİ ÜREME

### EŞEYLİ ÜREME

Bütün canlılar eşeysiz veya eşeyli üreme ile kendi çeşitlerinin yeni bireylerini oluştururlar. Eşeysiz üremede, tek bir ata mitotik hücre bölünmesiyle yeni dölü oluşturur. MİTOZ BÖLÜNMEDE DNA KENDİNİ KOPYALAYARAK ÇEKİRDEK MATERYALİNİ İKİ KATINA ÇIKARIR. BU KOPYALAMADA DNA, YAPISI GEREĞİ KENDİSİNİN DİĞER BİR EŞİNİ, İKİNCİ BİR TAKIMINI OLUŞTURUR. Yeni bireylerden her biri atasının kromozomlarıyla özdeş olan kromozomların bir takımını alır. Bu nedenle, eşeysiz üremede, dölden dölle aktarılan kalıtsal bilgi aynı kalır. Eşeysiz üreme, döllerde değişiklik ya da farklılık meydana getirmez. Kalıtsal farklılık, ancak eşeyli üremede ortaya çıkarır.

Eşeyli üremede her zaman iki hücre çekirdeğinin birleşmesi vardır. Bu iki hücre çoğunlukla iki ayrı ata organizmadan gelmektedir. Eşeyli üremede çekirdek materyalini sağlayan hücrelere **gametler** denir. Pek çok türde, erkek ve dişi olarak adlandırılan, fiziksel olarak farklı iki gamet tipi vardır. Dişi gamet çoğunlukla daha büyük ve hareketsizken, erkek gamet çoğunlukla daha küçük ve hareketlidir. İki gamet çekirdeğinin birleşmesine **döllenme** ve bu birleşme ile oluşmuş tek hücreye de **zigot** denir.

Eşeyli üremede, üretilen döl, atalarından herhangi biri ile özdeş değildir. Aksine, bu döllere yeni karakteristik bileşimleri gösterirler. Böylece, eşeyli üreyen herhangi bir türde, üyeler yapı ve/veya işlev değişimleri gösterir. Bir türün bireylerinde değişim miktarının artması, bu türün de bazı bireylerinin çevrendeki kısa ve uzun dönemli değişikliklerde yaşamını sürdürmede diğerlerinden daha iyi uyum sağlama olasılığını artırır. Daha iyi uyum sağlayan bireylerin çevresel değişikliklerde yaşamlarını sürdürmeleri ve **yararlı varyasyonları** döllere aktarmaları daha olasıdır. Varyasyonlar, bir popülasyondaki belirli bireylerin yeni ortamlara taşınmasına da olanak verebilmektedir. Eşeyli üreme, bir popülasyonu daha değişken yaparak, türün varlığını sürdürme güvencesini desteklemektedir.

### MAYOZ

#### 16-1 Diploid ve Haploid Kromozom Sayıları

Vücut hücreleri ya da **somatik hücreler**, bir organizmanın eşeyli üremeye ilgili olan özelleşmiş belirli hücreleri dışındaki diğer tüm hücreleridir. Her bir türde vücut hücreleri karakteristik bir sayıda kromozom içerir. Örneğin, insan vücut hücreleri 46 kromozom, Amerikan iri kurbağasının (*Rana catesbeiana*) vücut hücreleri 26 kromozom ve meyve sineğinin vücut hücreleri 8 kromozom içerir. Bununla birlikte, bu kromozomlar **benzer çiftler** ya da **homolog kromozomlar** olarak bulunurlar. Eşey belirleyen kromozom çifti dışında, her bir homolog kromozom çiftindeki kromozomlar **büyüklik ve şekilde benzer olup, aynı kalıtsal karakter ya da özellikleri denetlerler**. Böylece, insan vücut hücrelerindeki 46 kromozom, 22 homolog kromozom çifti ile bir eşey kromozom çiftinden ibarettir. Türdeki karakteristik kromozom sayısının hepsini içeren hücrelere **diploid** ya da  $2n$ , hücreler denir.

**Homolog kromozom**, biri anneden biri babadan gelen şekil ve büyüklük bakımından aynı olan kromozomlardır. Gen dizilişleri genelde farklı olabildiği gibi aynı da olabilir. **Mayoz bölünme sırasında tetrad, sinaps ve crossing-over homolog kromozomlar arasında görülür**. Sinaps, mayoz bölünme sırasında homolog kromozomların birbirine sarılması olayıdır. Tetrad, sinaps ile birbirine sarılmış dört kromatit, iki homolog kromozomdan meydana gelen yapıdır. Crossing-over ise homolog kromozomların sinaps görülen yerlerinde olan gen değişimidir ve çeşitliliğin temelini oluşturur.

Hayvanlarda, eşeyli üremede birleşen gametler vücut hücreleri ile aynı sayıda kromozoma sahip değildir. Gametler, diploid hücrelerdeki gibi homolog kromozom çiftlerini içermezler. Her bir çiftin sadece bir kromozomunu içerirler. Sonuçta, diploid kromozom sayısının sadece yarısına sahiptirler. Örneğin, insan gametleri vücut hücrelerindeki 23 çiftin her birinden birini, yani 23 kromozom içerir. Bu tür hücrelere **haploid** ya da *monoploid* denir. Haploid hücreler  $2n$  yerine,  $n$  kromozom içerir.

Eğer gametler diploid hücreler olsaydı, her hücredeki kromozom sayısı her dölde iki kat olacaktı. İkiye katlanma döllenmede iki gametin birleşmesiyle meydana gelmektedir. Mayozdaki işlemde dolayı, kromozom sayısının ikiye katlanması meydana gelmez. Mayoz, kardeş hücrelerin ata hücrelerde mevcut kromozom sayısının sadece yarısını aldığı bir hücre bölünmesi çeşididir. Her bir homolog kromozom sadece bir üyesi alınır **Mayoz, hayvanlarda gametleri ve bitkilerde sporları üretir**.

## 16-2 Mayoz Evreleri

**Redüksiyon bölünme** olarak da bilinen mayoz, özel hücrelerde meydana gelir. Mayozun başında, bu hücrelerin diploid sayıda kromozomları vardır. **Mayozda, her bir hücre iki kez bölünür. Bununla birlikte, kromozomlar sadece bir kez kopyalanır. Kopyalanma birinci mayotik bölünmeden önce meydana gelir.** İkinci mayotik bölünmede, kromozomlar kopyalanmaz. İki mayotik bölünmenin sonucu olarak, her bir orijinal hücre, her biri haploid sayıda kromozom içeren dört kardeş hücre meydana getirir.

Birinci ve ikinci mayotik bölünmeler mitoz evrelerine benzer evrelere ayrılabilir. Böylece her iki bölünme bir profaz, metafaz, anafaz ve telofaz gösterir.

**Profaz I.** Birinci mayotik bölünmenin profazının başlangıcında, mitozda olduğu gibi, her bir kromozom kopyalanır ve iki kromatitten meydana gelir. Ancak, kopyalanan

kromozomlar ekvatora ayrı ayrı hareket etmezler. Aksine, her bir kromozom mutlaka kendi homolog kromozomu ile sıralanır ve sentromerlerinden birbirine tutunur. Bu çift oluşturma işlemine *sinapsis* denir ve kromozomlar *tetratlar* adı verilen her biri dört kromatid içeren çiftleri yapar. Tetratların kolları bazen birbiri üzerine kıvrılır ve bu durumda parça değiştirilebilir. Synapsis sırasında kromatidler arasındaki parça değişimine *crossing-over* denir.

Bu kromozomal değişimler meydana gelirken, çekirdek zarı kaybolur ve iç iplikleri oluşur. Profaz I sona erdiğinde, homolog kromozom çiftleri hücrenin ekvatoruna doğru hareket eder.

Profaz I, daha kolay anlaşılması için leptoten, zigoten, pakiten, diploten ve diyakinez olarak beş ayrı evrede de incelenir.

**Metafaz I.** Birinci mayotik bölünmenin metafazında, kromozom çiftlerinin (tetratlar) sentromerleri ekvatorda sıralanır. Bu kromozomlar sentromerlerinden iç ipliklerine tutturulmuştur.

**Anafaz I.** Birinci mayotik bölünmenin anafazı sırasında, her bir tetradın homolog kromozomları birbirinden ayrılır ve hücrenin zıt uçlarına doğru hareket eder. Tetratların bu ayrılma işlemine **disjunction** denir. Her bir kutup etrafındaki kromozom salkımı haploiddir, yani orijinal hücredeki kromozom sayısının yarısı kadardır. Ancak, her bir kromozom iki katlıdır.

**Telofaz I.** Telofaz birinci mayotik bölünmenin bittiğini gösterir. Sitoplazma, iki yavru hücre oluşturarak bölünür. Yeni oluşmuş yavru hücrelerin her biri, ata hücrenin kromozom sayısının yarısına sahiptir, fakat her bir kromozom şimdiden kopyalanmış şekildedir.

Bazen telofaz I 'in sonunda, hücre zarı oluşur ve kısa bir interfaz izlenir. Ancak, pek çok durumda, hücreler hemen ikinci bölünmeye başlar. **Daha başka kromozom kopyalanması meydana gelmez, fakat bölünmenin geri kalan kısmı tam olarak mitoz benzer.**

**Profaz II.** Profaz II sırasında, yavru hücrelerin her biri bir bağ oluşturur ve iki katlı kromozomlar için ortasına doğru hareket eder.

**Metafaz II.** Metafaz II, sırasında, kromozomlar sentromerlerinden iç ipliklerine tutturulur ve kromozomların sentromerleri ekvatorda sıralanır. Her bir kromozom hala iki bağdan ya da kromatidden ibarettir.

**Anafaz II.** Anafaz II sırasında, sentromerler bölünür ve kardeş kromatidler ayrılır. Artık tek-katlı kromozomlar olan kromatidler iğlerin zıt uçlarına doğru hareket eder.

**Telofaz II.** Telofaz II sırasında, her iki kardeş hücre dört haploit hücre oluşturarak bölünür. Her bir hücrede, kromozomlar interfazdaki durumlarına döner ve çekirdek zarı yeniden oluşur.

## BASİT ORGANİZMALARDA EŞEYLİ ÜREME

### 16-3 Kavuşma ve Çiftleşme Türleri

Eşeyli üremenin en basit şekli protistlerde ve diğer basit organizmalarda meydana gelir. Bu organizmalar çoğunlukla, eşeysiz ürer, ancak bazıları eşeyli de ürer. Bu organizmalarda eşeyli üreme, organizmanın gelişme ve üreme yeteneğini yenileme etkisine sahiptir. Bazı türler, eşeyli üreme önlenirse ölürlür. Eşeyli üreme kalıtsal materyalin rekombinasyonuna da izin vererek, tür içinde değişimler ortaya çıkarır.

Eşeyli üreyen basit organizmalar arasında, ayrı eşeyler yoktur, bir türün bütün bireyleri görünüşte tamamen özdeşlerdir. Erkek ve dişi hücreler ayırt edilmemekle birlikte, çoğunlukla artı (+) ve eksi (-) olarak gösterilen iki farklı birleşme tipi ya da soyu vardır. Farklı birleşme tipleri arasında mutlaka biyokimyasal ve kromozomal farklılıklar vardır.

Basit organizmalar arasında en yaygın rastlanan eşeyli üreme tipi **kavuşmadır**. Kavuşmada, iki hücre arasında bir sitoplazmik köprü oluşur ve bu köprüden çekirdek materyalinin değişimi ya da aktarımı olur.

### 16-4 Terliksi hayvanda Kavuşma

Terliksi hayvanlar ikiye bölünerek, çoğunlukla eşeysiz olarak ürerler. Bununla birlikte, belirli aralıklarla kavuşarak ürerler. Kavuşma artı ve eksi iki farklı birleşme tipi arasında meydana gelir. Bazı türlerde kalıtsal materyalin kavuşma ile periyodik değişimi eşeysiz üremesinde hücre için gereklidir. Eğer bu olmazsa, hücre bölünmeyi durdurur ve sonuçta ölür.

Kavuşma sırasında, biri artı diğeri eksi iki terliksi hayvan **oral oluk** bölgesinden birbirlerine yapışırlar. Aralarında bir **protoplazmik köprü** oluşur. Her birinde bir dizi karmaşık çekirdek değişimleri meydana gelir. Terliksi hayvan ve diğer kamçılıların makro- ve mikro- iki tip çekirdekleri vardır. Her bir hücre her bir çekirdek tipinin birden fazlasını içerebilir. Kavuşma sırasında, makroçekirdek kaybolur. **Mikroçekirdek mayozla bölünür**. Her bir terliksi hayvandan yeni oluşmuş haploid mikroçekirdeklerden biri, protoplazmik köprüden, bir mikroçekirdeği ile kaynaşacağı karşı hücreye geçer. Böylece her iki hücre bir diploid mikroçekirdek içerir. Sonuçta kavuşmuş terliksi hayvanlar ayrılır ve yeni mikroçekirdek birkaç miyotik bölünme geçirir. Bu bölünmeler yeni makro- ve mikroçekirdeğin oluşması ile sonuçlanır. Daha sonra her iki organizma çekirdek bölünmesi olmaksızın iki kez bölünürler. Sekiz yeni organizma meydana gelir.

## HAYVANLARDA EŞEYLİ ÜREME



## 16-5 Üreme Sistemleri

Hayvanlarda eşeyli üreme erkek ve dişi iki eşey içerir. Pek çok hayvanda, bireyin cinsiyeti fiziksel görünüşten tanınabilir. Dış görünüşlerinde çok az ya da hiç fark olmayan hayvanlarda da içsel farklılıklar vardır. Hayvanların gametleri **gonadlar** denilen özelleşmiş organlarda gelişir. Dişi gonadlarına **yumurtalıklar** denir. Yumurtalıklar *yumurta hücreleri* ya da **yumurtalar** denilen dişi gametleri üretirler. Erkek gonadlara erbezi denir. Erbezleri **sperm hücreleri** denilen erkek gametleri üretirler. Kolaylık için, yumurta hücrelerine çoğunlukla yumurtalar ve sperm hücrelerine sperma olarak işaret edilir. Pek çok hayvan, gonadlara ek olarak, üreme için gerekli işlevleri yerine getirebilmek için diğer organlara da sahiptir. Bu organlar gonadlarla birlikte üreme sistemini oluşturur.

## 16-6 Eşey Ayrımı ve Hermafroditizm

Pek çok hayvan çeşidinde eşeyler ayrıdır, her bir birey ya erbezi ya da yumurtalığa sahiptir ve ya erkek ya da dişidir. Bununla birlikte, bazı hayvanlarda, her bir birey erbezi yumurtalıkların her ikini de içerir. Bu organizmalar **hermafroditler** olarak adlandırılır. *Hermafroditizm* çoğunlukla **solucan, salyangoz ve hidra** gibi yavaş-hareketli veya sabit hayvanlarda rastlanır.

Hermafroditik organizmalar yumurta ve sperma her ikisini de üretebilmekle birlikte, kendilerini dölemeleri nadirdir. Bunun yerine, bu organizmalar aynı türün diğer bireyi ile sperma değiştirirler. Örneğin, çiftleşme sırasında, iki yer solucanı bir birine paralel uzanırlar. Her biri partnerinin sperm haznesine sperma aktarır. Ayrıldıktan sonra, her bir solucan depoladığı partnerinin spermlerini yumurtalarını dölemek için kullanır.

## 16-7 Gametogenesis: Dişide ve Erkekte Mayoz

Gonadlarda gametlerin oluşturulması işlemine **gamogenesis** denir. Daha özel olarak, yumurtalıklarda yumurtaların oluşumuna **oogenesis**, erbezlerinde sperma oluşumuna **spermatogenesis** denir. Yumurta ve sperma üretimi benzer temel işlemleri içermekle birlikte, bazı farklılıklar vardır.

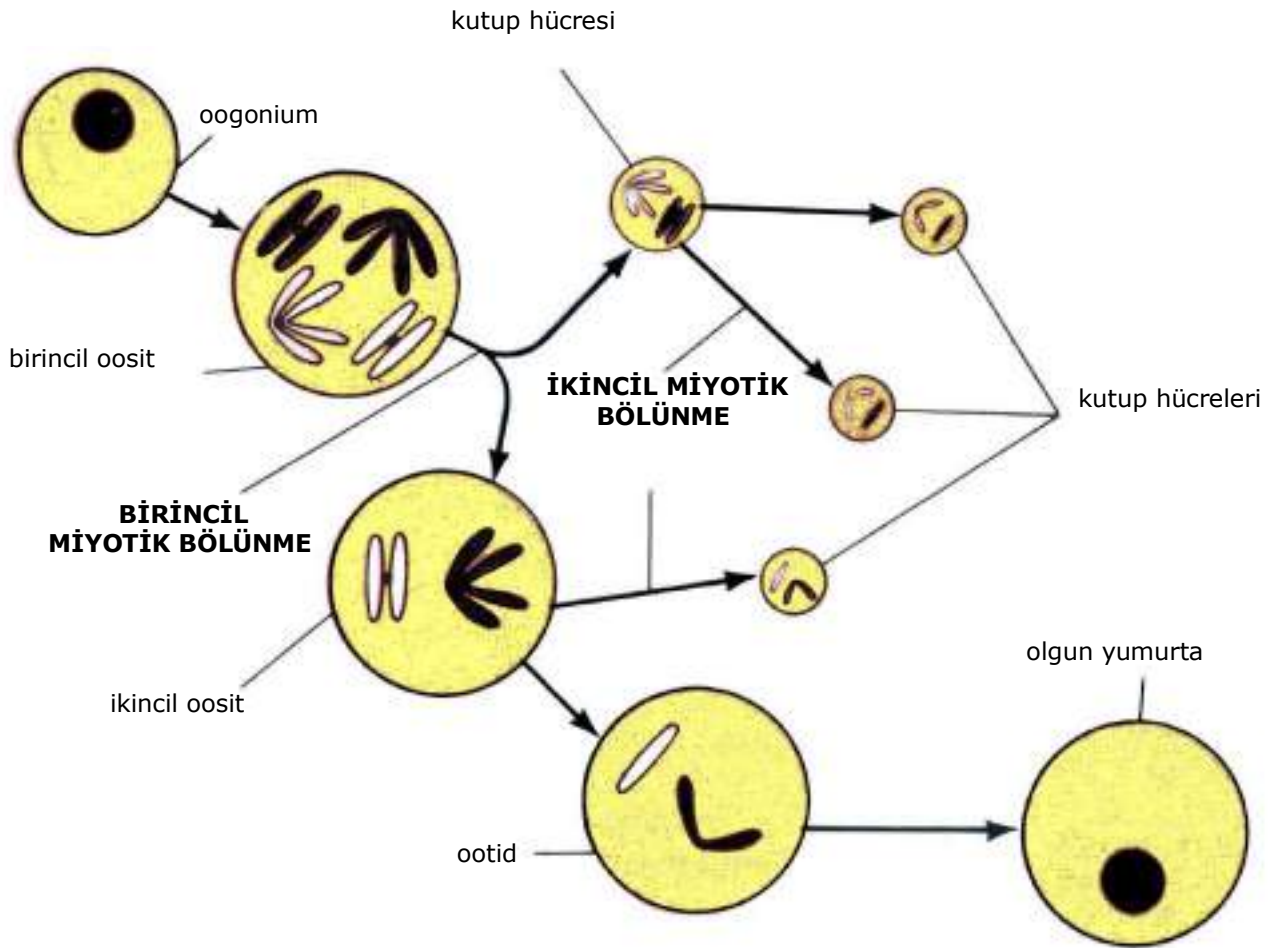
**Oogenesis.** Oogenez yumurtalıkta yumurtaların üretilmesidir. Oogenezin büyük adımları **Şekil 16-1'de** gösterilmiştir. Yumurtalar yumurtalıkta *oogonia* denilen olgunlaşmamış hücrelerden meydana gelir. Pek çok hayvanda oogonium, içinde olgun yumurtanın geliştiği küçük bir küresel hücreler bezesi olan bir *folikül* ile çevrilidir. Oogonia diploid sayıda kromozom içerir. Dişi organizmanın erken gelişimi sırasında, oogonia, gereksinimi karşılamak üzere mitozla pek çok defa bölünür. Dişi insanda, oogonia üretimi doğumda durur. Böylece her dişi sınırlı sayıda oogonia'ya sahiptir.

Gelişmenin üçüncü ayında, dişi insan dölütte, yumurtalıktaki oogonia, *birincil oositler* denilen hücrelerde gelişmeğe başlar. Doğumda, birincil oositler birinci **mayotik**

**bölünmenin profazındadır.** Bu anda, mayoz, dişi eşeyssel olgunluğa erişinceye kadar durur. Eşeyssel olgunluktan sonra belirli aralıklarla (kadınların pek çoğunda yaklaşık ayda bir) bu birincil oositlerden biri mayozu tamamlar ve işlevsel bir yumurtaya gelişir.

Birincil oositte birinci mayotik bölünme meydana geldiğinde, hücrenin sitoplazması eşit olmayan şekilde bölünür. Büyük olan ve sitoplazmanın çoğunu almış olan kardeş hücrelerden biri, *ikincil oosit* olarak adlandırılır. Diğer kardeş hücre çok küçüktür ve birinci *kutup yapısı (hücre)* adını alır. Bu kardeş hücrelerden her biri haploid sayıda kromozom içerirler.

İkinci mayotik bölünme sırasında, ikincil oosit eşit olmayan bir şekilde ootid denilen büyük bir hücreye ve diğer kutup yapısına bölünür. İlk kutup yapı iki kutupsal yapıya daha bölünebilir. Ootid haploid sayıda kromozomu olan olgun bir yumurtaya gelişir. Kutup yapıları dağılır ve ölür.

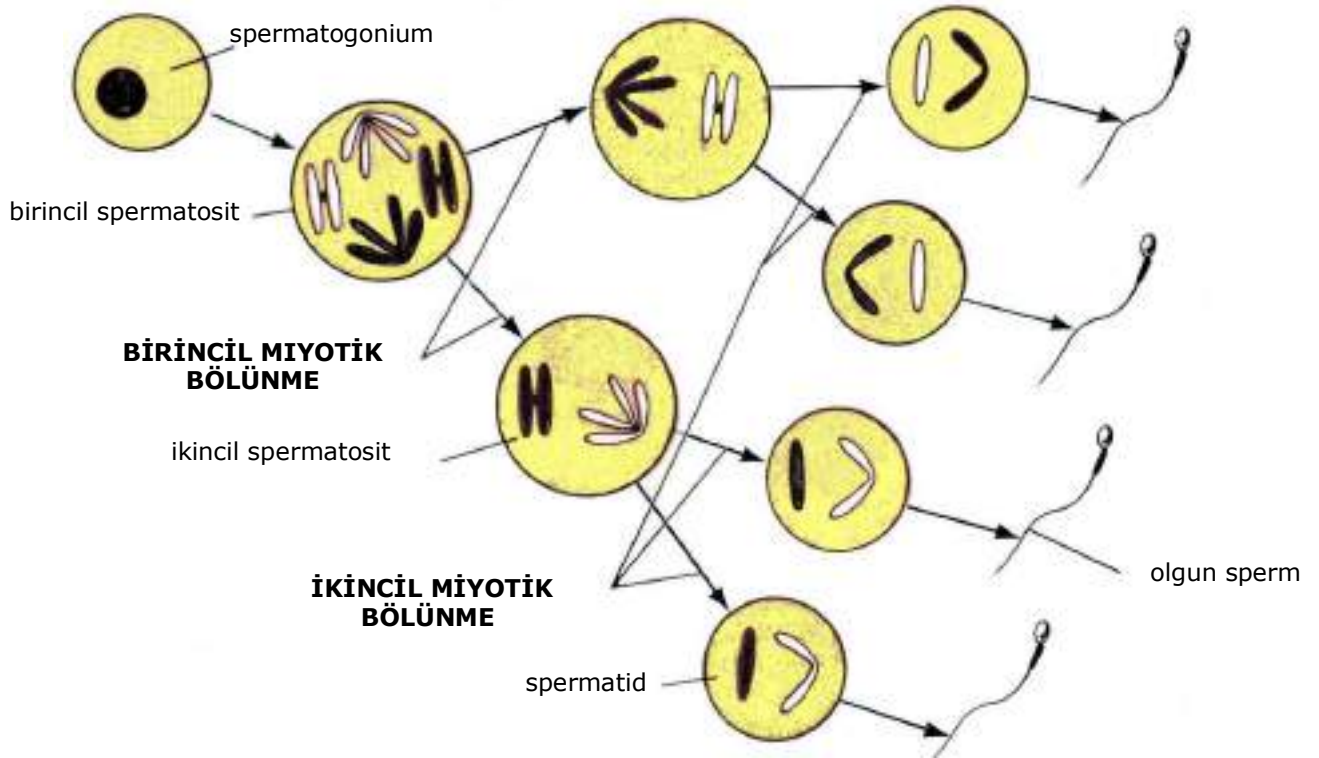


**Şekil 16-1. Oogenez**

**Spermatogenesis.** Erbezlerinde sperma üretilmesine spermatogenesis denir. Spermatogenezde temel adımlar **Şekil 16-2'de** gösterilmiştir.

Erbezlerinde, sperma, **spermatogonia** denilen olgunlaşmamış eşey hücrelerinden gelişir. Çocuklukta, spermatogonia ek spermatogoniumlar üretmek için mitotik olarak pek çok kez bölünürler. **Spermatogoniumlar diploid sayıda kromozom içerirler.** İnsanda, erkek eşeyssel erginliğe eriştikten sonra bazı spermagoniumlar spermetogenez dolayısıyla iki mayoz bölünme geçirerek işlevsel spermaları meydana getirir. Bu arada diğer spermagoniumlar daha fazla spermatogonia üretmek için mitozla sürekli bölünerek ilerideki spermatogenesis hazırlık yaparlar. Yumurta miktarı sınırlı olmasına karşın, sperma sayısı sınırlı değildir.

Gelişme seyirinde, bir spermatogoniumun boyutları büyüyerek bir *birincil spermatosit* olur. Bu birincil spermatosit birinci miyotik bölünmeye uğrayarak, eşit boyutta iki hücre oluşturur. Bunlar *ikincil spermatosit*'lerdir. Her bir ikincil spermatosit arkasından ikinci mayotik bölünme geçirerek, hepsi eşit büyüklükte, dört *spermatid* oluşur. Spermatidler haploid sayıda kromozom içerir. Her spermatid başka bir bölünme olmadan kamçılı olgun bir spermaya gelişir. Böylece, her bir birincil spermatosit dört sperma üretir.



**Şekil 16-2. Spermatogenez**

Bir türün erkek ve dişi gametleri yapısal olarak farklıdır. Yumurtalar yuvarlak şekilde ve hareketsizdir. Yumurtalar bir çekirdek ve yumurta sarısı şeklinde depolanmış besin içerir. Aynı türde yumurta her zaman spermadan büyüktür. Yumurtanın büyüklüğü türden türe ve depoladığı yumurta sarısı miktarına bağlı değişir. Yumurta sarısı gelişimdeki hayvan tarafından besleyici olarak kullanılır. Tavuk yumurtasının sarı renkli merkezi,

yumurta hücresidir. Bu kısım, yumurta içinde gelişen civcivin yegane besin kaynağı olduğundan, büyük miktarda yumurta sarısı içerir. İnsan ve diğer memeli yumurtaları mikroskobiktirler ve gelişen yavru besin maddelerini anneden aldığı için çok az yumurta akı içerirler. İnsan yumurtası yaklaşık 0.1 mm çapındadır.

Pek çok sperma hücresi mikroskobiktir. Tipik bir sperma bir baş, bir orta parça (boyun) ve uzun, ince kamçı denilen bir kuyruktan meydana gelir. Baş kromozomları içeren çekirdek ve yumurtaya girişi destekleyen bir *akrozoma* 'dan ibarettir. Akrozom yumurta zarını delecek enzimleri içerir. Orta parça spermanın hareketi için enerji sağlayan mitokondriyumlarla doludur. Uzun, kamçı benzeri kuyruk sperme sıvılar içinde yüzme olanağı sağlar.

### 16-8 Döllenme ve Zigot Oluşumu

Daha önce de belirtildiği gibi, bir yumurta hücresi çekirdeği ile bir sperm hücresi çekirdeğinin birleşmesine döllenme ve meydana gelen hücreye zigot denir. İki haploid gametin bir araya gelmesi bir diploid zigot üretir. Döllenme türün kromozom sayısını geri kazandırmaktadır.

Yumurtalar hareketsizdir, kendi kendilerine hareket edecek güçleri yoktur. Diğer yandan, spermeler hızlı hareket için özelleşmiş, akış çizgisi biçimli hücrelerdir. Erkekten serbest bırakılan spermeler bütün yönlerde ileri itilmek için, kuyrukları hızla çırpılır. Bir yumurtaya ulaştıklarında, yumurta tarafından salıverilen, *fertilizin* denilen bir kimyasal madde ile karşılaşır. Fertilizin, spermi daha hızlı hareket etmesi için uyarır ve yumurtanın yüzeyine tutunmasına yardım eder.

Bir sperm yumurta ile temasa geldiğinde, akrozom, yumurtanın koruyucu zarında bir delik açan enzimler salıverir. Bu, kuyruk dışarıda kalırken, spermin başının yumurtaya girmesine izin verir. Sperm hücresi çekirdeği sitoplazma içinde yumurta hücresi çekirdeğine doğru hareket eder. Sperm çekirdeğinin  $n$  kromozomu,  $2n$  kromozomlu zigotu oluşturmak için, yumurta hücresinin  $n$  kromozomu ile birleşir.

İçine bir sperm girdikten sonra yumurtanın etrafında bir *döllenme zarı* oluşturulur. Bu zar başka spermelerin yumurtaya girmesini önler ve koruyucu bir örtü olarak da görev yapar.

Döllenmenin olabilmesi için, spermin yumurtaya yüzebileceği sıvı bir ortamın olması gerekir. Ayrıca, sperma ve yumurtalar kısa bir zaman diliminde canlı kalabildikleri için, erkek ve dişi gametlerin aynı anda salıverilmesi de gerekir. Gametlerin bir araya gelmesinin iki temel yolu vardır. Bunlardan biri gametlerin dışının vücudunun dışında birleştiği **dış döllenmedir**. Diğer gametlerin dışının vücudunun içinde birleştiği **iç döllenmedir**.

**Dış Döllenme.** Dış döllenmede, yumurtalar dışının vücudunun dışında dış çevrede döllenir. Bu döllenme çeşidi sucul hayvanlarla sınırlıdır. Bu hayvanlarda, gonadlardan başka gerekli diğer eşey organları, sadece gametleri gonadlardan suya taşıyan kanallardır. Döllenme, ana-baba gametlerini salıverdikten sonra doğrudan suda meydana gelir. Sperm su içinde yumurtaya yüzer. Burada döllenme için ıslak bir ortam yönünden bir sorun yoktur, ancak bu çevrede pek çok riziko vardır. Sperma ile yumurtalar buluşmayabilir, yumurtalar ya da gelişen yeni döl diğer hayvanlar tarafından yenebilir, sıcaklık ve/veya sudaki oksijen derişimi değişimlerinden dolayı ve benzeri nedenlerle ölebilir. Dış döllenme rizikosu, çok büyük miktarlarda yumurta ve sperma bırakılarak giderilmektedir. Dış döllenme sucul omurgasızların hemen tamamında, balıkların çoğunda (köpek balıklarında değil) ve pek çok amfibilerde meydana gelir.

Yumurtalarla spermanın karşılaşma şansını arttırmak için, sucul hayvanlar gametlerini rasgele bırakmazlar. Sperma ve yumurtaların yaklaşık olarak aynı zamanda ve aynı yere bırakılmasını güvence altına alan, hormon denetimli pek çok davranış modelleri vardır. Bazı balıklarda, dişi binlerce yumurta koyar ve erkek sperma bırakmak için onların üzerine yüzer. Bu işlem *yumurta dökme* olarak bilinir. Salmon tatlı su akıntılarında yumurta bırakır. Genç balıklar daha sonra erişkin hale gelecekleri okyanus ya da denizlere giderler. Salmonlar yumurta bırakacak duruma geldiklerinde, yumurta bırakacakları tatlı akarsulara geri dönerler. Bu uyum, erkek ve dişilerin döl üretmek için aynı yerde ve uygun bir çevrede olmalarını güvence altına alır.

Kurbağalarda, bir dişi yumurtalarını tamamladığında ve **eşleşmeye** hazır olduğunda, bir erkeğe yaklaşır. Erkek dişiyi, *ampleksus* denilen bir işlemle, ön bacaklarıyla kucaklar. Bu, yumurtalarını bırakması için dişiyi ve aynı zamanda, sperma bırakmak için erkeği uyarır. Yakın temasta olduklarından ve gametler aynı anda bırakıldığından, sperma yumurtaların pek çoğuna ulaşır. Ampleksus gametlerin uygun bırakımında eşgüdümü sağlar.

**İç Döllenme.** **Dişinin** vücudu içinde olan iç döllenme, karada üreyen hayvanlar için karakteristiktir. İç döllenme köpek balıkları ve ıstakozlar gibi bazı sucul hayvanlarda da mevcuttur. İç döllenme, erkeğin vücudundan dişi vücuduna sperma aktarımı için özelleşmiş bir eşey organı gerektirir. Sperma dişi vücuduna yerleştikten sonra, yumurtalara doğru gider ve onları döller. Dişinin ıslak dokusu, yumurtaya yüzecek sperm için gerekli sulu ortamı sağlar. Döllenmeden sonra, zigot, ya koruyucu bir kabukla çevrilir ve dişi tarafından dış ortama bırakılır, veya dişinin vücudu içinde kalır ve burada gelişir.

İç döllenme gametlerin saçılmasını ve dış çevre rizikosunu giderir. Çok iyi korunduklarından ve döllenme şansları, gametlerin dışsal olarak suya bırakıldığından daha yüksek olduğundan, daha az yumurtaya gerek vardır. Bununla birlikte, iç döllenmede de, erkek tarafından büyük miktarlarda (çoğunlukla milyonlarca) sperma dişinin vücuduna bırakılır. Sperma çok az besin maddesi depoladığı için, çok kısa bir süre yaşarlar. Ayrıca, spermin yumurtaya girebileceği zaman çok sınırlıdır. İnsanlarda, yumurta yaklaşık 24 saatte sadece döllenebilir.

İç dölleme olan hayvanlarda, üremeyle ilgili pek çok özelleşmiş uyumlar sperma ve yumurtaların bırakılma zamanlaması ile ilgilidir. Genel olarak gametler yalnızca kısa bir süre canlı kaldıkları için, dölleme olması için çiftleşmenin belirli bir zaman içinde olması gerekir. **Üremeyle ilgili uyumların pek çoğu hormonlar tarafından denetlenmektedir.** Üremeyle ilgili uyumlar ötmek, özel tüyler sergilemek, deride renkli benekler oluşturmak ve özellik belirten kokulara sahip *feromonlar* denilen kimyasal maddeler salıvermek gibi şeyleri içerir. Bu uyumlar çiftleşme tepkisi uyandırarak, sperma ve yumurtaların salıverilmesini başlatır.

Böceklerin birçoğunda ve yarasalarda zamanlama problemi ilginç bir yolla çözülmektedir. Çiftleşmeden sonra, sperma dışıde özel yapılar içinde saklanır ve daha sonraki bir süre içinde yumurtaları döllemek için kullanılır. Örneğin, kraliçe arıda, bir çiftleşme ile, yaşamı süresince koyacağı yüz binlerce yumurtayı dölleyecek yeterli sperma depolanır. Yarasalarda, çiftleşme sonbaharda olur ve sperma döllemenin olacağı gelecek ilkbahara kadar saklanır. Spermanın bu kadar uzun bir dönem nasıl canlı kalabildiği bilinmemektedir.

### **16-9 Partenogenez**

Sperma ile birleşme olmaksızın, döllememiş bir yumurtadan bir ergin hayvanın gelişmesine **partenogenez** denir. Doğada, arıları, yabanarılarını, mazi arılarını, afidleri (bitki bitleri), bazı karıncaları içeren pek çok böcekte ve rotifera ve diğer mikroskobik hayvanlarda meydana gelir. Örneğin, arılarda, kraliçe arı yalnız bir defa çiftleşir. Daha sonra döllemiş ve döllememiş yumurtalar koyabilir. Döllememiş yumurtalardan bal yapmayan iğnesiz erkek arılar, döllemiş yumurtalardan ise dişi işçi arılar ya da kraliçeler meydana gelir. Burada, eşey, isteğe bağlı olarak kraliçe arı tarafından belirlenir. Haploid kromozoma sahip erkek arıların eşey organlarında mayoz bölünme oluşmaz. Bir hücreden ekvatoryal bölünme ile yalnız iki sperma meydana gelir. Dişi afidler ilkbahar ve yaz boyunca partenogenez ile ürer. Sonbaharda, yumurtalardan erkek ve dişiler meydana gelir. Bu böcekler çiftleşir ve dişiler ilkbaharda açılan döllemiş yumurtalarını koyar.

# 17 HAYVANLARDA GELİŞME

## EMBRYO GELİŞİMİ

### 17-1 Dilinim

Hayvanlarda dölleme, sonuçta olgun bir organizma oluşumuna neden olan karmaşık olaylar dizisini başlatır. Bu olaylar **gelişme** olarak gösterilir. Gelişimin erken evrelerinde, organizma **embriyo** olarak adlandırılır. Embriyo gelişimini inceleyen bilim dalına *embriyoloji* denir.

Pek çok farklı embriyonik gelişim modelleri olmakla birlikte, hayvanlarda, izlenen temel işlemler çoğunlukla aynıdır. Bu işlemler bölünme, gelişme ve farklılaşmayı içerir.

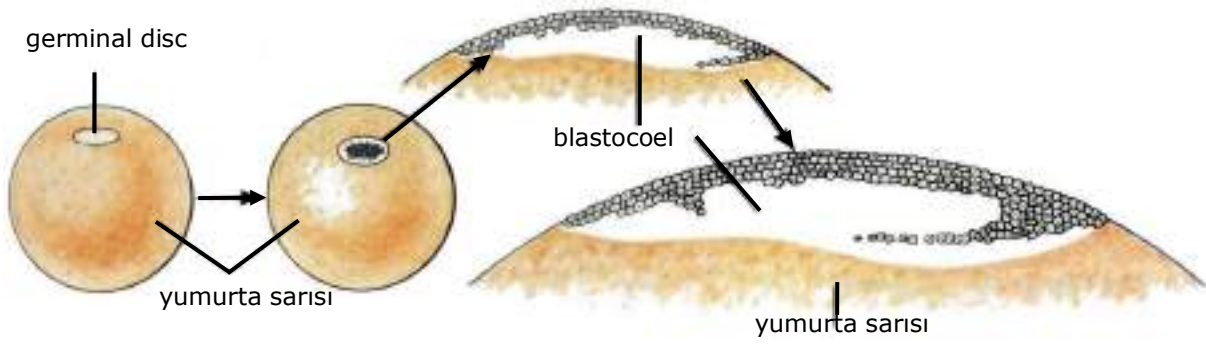
Döllemeden sonra, zigot, **dilinim** olarak bilinen bir dizi hücre bölünmesine başlar. Dilinim sırasında, döllelenmiş yumurta mitozla iki hücreye bölünür. Bu iki hücreden her biri yeniden bölünerek, dört hücre üretilir. Bu dört hücre sekiz hücreye bölünür ve bu şekilde devam eder. Dilinim sırasında, hücreler büyümmez, böylece her bölünmede hücre büyüklüğü azalır. Bir türün yumurtaları, erişkin organizmanın ortalama bir hücresinin çoğunlukla pek çok katı büyüktedir. Dilinim, gelişen embriyo hücrelerinin büyüklüğü, ergin organizma hücre büyüklüğüne ininceye kadar devam eder. Bu yolla, dilinim, döllelenmiş tek bir yumurtayı pek çok küçük hücreye dönüştürür.

Dilinimin başlangıç bölünmeleri somut bir hücre topu oluşumu ile sonuçlanır. Bu evrede embriyo **morula** adını alır. Dilinim devam ettikçe, hücreler oyuk bir küre oluşturarak, yeni bir düzenleme geçirirler. Kürenin hücre katmanı çoğunlukla sadece bir hücre kalınlığındadır. Küre oyuğu sıvı ile doldurulur. Bu evrede embriyo **blastula** adını alır ve bu boşluğu dolduran sıvıya **blastosel** denir.

Her ne kadar dilinim olayları, genelde yukarıda açıklandığı gibi ise de, gelişen embriyodaki hücrelerin düzeni, yumurta sarısının miktarına ve dağılımına bağlıdır. İnsandakiler gibi bazı yumurtalar, çok az yumurta sarısına sahiptir. Bu tür yumurtalarda, dilinim, hücreleri yaklaşık eşit büyüklükte olan bir blastula ile sonuçlanır. Bununla birlikte, amfibiler, kemikli balıklar, kuşlar ve sürüngenlerde olduğu gibi, diğer yumurtalar, yumurta hücresinin bir ucunda yoğunlaşmış büyük miktarda yumurta sarısına sahiptirler.

Kurbağa yumurtalarında, kutuplarda bulunan büyük miktardaki yumurta sarısı bu bölgede dilinimi yavaşlatır. Bu, yumurta sarısı dolu büyük hücreli bir blastulaya veya *vegetal* kutba ve çok sayıda sarısız küçük hücrelere ya da hayvansal kutba neden olur. Blastosel sadece hayvansal kutbun bu bölgesinde oluşur.

Tavuk yumurtasında, çekirdek ve sitoplazma yumurta sarısı yumağının üst yüzeyinde tabak benzeri bir alan olan *germinal disk* içinde yoğunlaşmıştır (Şekil 17-1). Dilinim sadece bu germinal disk hücrelerinde meydana gelir. Blastosel, bu hücreler yumurta sarısından ayrıldıklarında, yumurta sarısı ile aralarında bir boşluk bıraktıklarında oluşur. Gelişen civciv, sonuçta yumurta sarısını besin olarak kullanır ve yumurta içindeki boşluğu tamamen doldurur.



**Şekil 17-1. Tavuk Yumurtasında Blastosel Oluşumu**

## 17-2 Gastrulasyon

Blastula gelişmeye devam ettikçe, hücreler bölünmeye başlamadan önceki bir noktaya ulaşılır. Mitotik bölünme devam eder, ancak bu kez gelişmeye eşlik eder. Ek olarak, embriyo şeklini belirleyecek çeşitli hücre hareketleri meydana gelir.

**Blastula birkaç yüz hücreye eriştiğinde, gastrulasyon meydana gelir. Gastrulasyonda,** blastulanın bir yanındaki hücreler içe doğru hareket eder ve **gastrula** denilen iki-katmanlı bir embriyo oluşturur. Gastrulasyon işlemi ile oluşturulan açıklık **blastopor** olarak adlandırılır. Bu daha sonra ergin organizmanın sindirim sistemi açıklıklarının biri olacaktır.

Gastrulanın dış hücre katmanına **ektoderm** denir. İç katmana **endoderm** denir. Gastrulanın içindeki boşluğa **ilksel bağırsak** ya da *archenteron* denir. Daha sonra sindirim sistemine dönüşecektir. Sonuçta, ilksel bağırsak boşluğu blastopora aksi yönde gelişen embriyonun sonunda kırılır, sindirim sisteminin ikinci açıklığını oluşturur. Endoderm ve ektoderm tamamlandıktan sonra aralarında, **mezoderm** denilen üçüncü bir hücre katmanı oluşur.



Kurbağada, vegetal kutbun yumurta sarısı içerikli hücreleri gastrulasyona katılmazlar. Blastopor yumurta sarısı hücreleri kütesine yakın şekillenir. Hayvansal kutup hücreleri aşağı doğru göçer ve yumurta sarısı kütesinin sonundan blastoporun içine girer.

Tavukta, blastula bir dış ve bir iç katmana ayrılır. Dış katman ektodermi ve iç katman endodermi oluşturur. Bu iki katman arasındaki boşluk blastoseldir. Dış katmandaki hücreler üçüncü hücre katmanını, endodermi meydana getirmek için içer doğru sarılırlar. Bu hücrelerin içe doğru hareketi germinal diskin yüzeyinde *ilkkel damar* denilen görülür bir çizgi doğururlar. İlk damar gerçek bir blastopor uzantısıdır.

Üç hücre katmanına, ektoderm, endoderm ve mezoderme çok hücreli hayvanların bütün doku ve organlarını doğuracaklarından, **üretken katmanlar** adı verilir.

### 17-3 Gelişme ve Farklılaşma

Gastrulanın gelişimi ilerledikçe, hücrelerin sayısı artmaya devam eder. Hücreler bölünmeden önce artık büyüdüğü için, embriyo boyutları bir bütün olarak büyümeye başlar. Yalnız gelişen hücreler sadece şekilsiz bir hücre kütesi oluşturur. Bu, embriyo hücrelerinin özel yapılara düzenlenmesi ve bu yapılar içinde, belirli işlevleri yerine getirmek için hücrelerin özelleşmesi gerekmektedir. Gastrula hücreleri ayrı katmanlar olarak düzenlenseler de, görünüşte hepsi çok benzerdir. Özelleşmemiş embriyonik hücreleri özelleşmiş hücrelere, organizmayı yapan doku ve organlara dönüştüren değişiklikler dizisine **farklılaşma** denir.

Farklılaşmanın başlangıç belirtileri gastrulanın yukarı yüzünde görülmektedir. Burada ektoderm hücreleri, *nöral düğüm* denilen iki çıkık kenarlı bir *nöral tabak* oluşturarak bölünür. Nöral düğümler bir *nöral tüp* oluşturarak nöral tabağın merkezinde birleşir. Nöral tüp daha sonra beyin ve omuriliği oluşturacaktır.

## GELİŞMENİN DENETİMİ

### 17-4 Çekirdek ve Sitoplazmanın Gelişmedeki Rollerini

Döllenmiş yumurta çekirdeği, organizmanın gelişimi için gerekli tüm bilgiyi içeren kalıtsal materyaldir. Kalıtsal bilgi kromozomlarda DNA'nın kimyasal yapısında kodlanmıştır. DNA, hücrenin kimyasal işlemlerini denetler ve hücrenin hangi proteinleri sentezleyeceğini belirler. **Embriyo hücreleri mitozla bölündüğü için, her biri, döllenmiş orijinal yumurta hücresindeki aynı kromozom ve DNA'yı içerir.**

DNA, hücresel işlemleri denetlediğine ve bir organizmanın bütün hücreleri aynı DNA'yı içerdiğine göre, organizmadaki pek çok farklı hücre çeşidinin nasıl oluştuğu, doğal bir soru olarak ortaya çıkmaktadır. Yapılan araştırmalarda, bir hücre DNA'sının farklı bölümlerinin açılabilirdiği ya da kapanabilirdiği ve bunun da farklı hücre tiplerinin oluşmasına neden olduğu bulunmuştur. Daha açık olarak, örneğin, kas hücrelerinde sinir hücre

proteinlerinin sentezini denetleyen DNA parçası açılmazken, kas hücre proteinlerinin sentezini denetleyen DNA parçası açılmaktadır. Diğer yandan, sinir hücrelerinde, sadece sinir hücre proteinlerinin sentezine katılan DNA parçası açılmaktadır. Eğer bu olmamış olsaydı, farklılaşma meydana gelmeyecek ve bir embriyonun bütün hücreleri aynı olabilecekti. Bununla birlikte, DNA'nın denetlediği farklı hücrelerdeki işleyişinin nasıl olduğunun bugün ancak çok azı bilinmektedir.

Kurbağalarla yapılan deneyler, tamamen farklılaşmış bir hücre çekirdeğinin kalıtsal bilginin tam bir kopyasını içerdiğini göstermiştir. İngiliz biyolog J.G. Gurden, 1962 yılında, döllenmemiş kurbağa yumurtasının haploid çekirdeğini larvaların (iribaş) bağırsak hücrelerinin diploid çekirdekleri ile değiştirmiştir. Bağırsak hücre çekirdeği taşıyan bazı yumurtalar normal kurbağalara gelişmiştir. Bu, bağırsak hücre çekirdeğindeki inaktive olmuş ya da kapanmış bir kısım DNA'yı, çekirdeğin yumurta hücresine yerleştirilmesinin aktive ettiğini göstermiştir. Bu sonuçtan ve diğer araştırmalardan, gelişimin denetiminin, **DNA ile belirli sitoplazma bileşenleri arasındaki bir etkileşime bağlı olduğunu ortaya çıkarmıştır**. Bu etkileşimin bir sonucu olarak, kalıtsal materyalin değişik kısımlarının açılıp kapanması, hücresel farklılaşmanın yönü belirlenmektedir.

Diğer deneysel kanıtlar **farklılaşmanın gelişimin başlangıcında meydana geldiğini göstermektedir**. Örneğin, dört hücreli kurbağa embriyo hücreleri çok dikkatli bir şekilde birbirinden ayrılırsa, her bir hücre normal bir iribaşa gelişir. Daha yaşlı bir embriyonun hücreleri ayrılırsa, anormal gelişme gösterir ve ölürlür. Yaşlı embriyoda, hücreler zaten farklılaşmaya başladıklarından artık normal bir bütün organizma oluşturamazlar.

Sekiz on günlük bir blastula hücrelerinin yaklaşık dörtte üçü uzaklaştırılsa ya da zarar görse dahi, embriyo normal bir organizma geliştirmeye devam eder. Bunun bilinmesi, Kolorado Eyalet Üniversitesi, Hayvan Yetiştirme Laboratuvarı araştırmacılarını, yeni bir teknik kullanarak, bir at blastulasını ikiye ayırıp ikiz atlar üretme kararına götürmüştür. At ikizleri üretmek için, araştırmacılar önce nokta büyüklüğündeki embriyoyu sağlamak için gebe bir kısırağın dölyatağını kazıdılar. Daha sonra, bir teknisyen bir mikromanipülatör kullanarak, çok dikkatli bir şekilde blastulayı ikiye böldü. Ardından, her bir yarımı, dölyatağının çeperine gömerek, diğer bir kısırağa aktardılar. İkiz atlar her şeye rağmen, normal ve sağlıklı olarak yetiştiler. Mikromanipülatör kullanılması, ikiye ayırma işlemini yaklaşık iki saate indirmektedir. Evcil hayvanlarda, daha önceki yapay ikiz yöntemleri çok zor ve çok fazla zaman alıcıydı.

## **17-5 Komşu Hücrelerin Farklılaşmadaki Rolü**

Bir embriyo geliştikçe, dokuları arasında mutlaka eşgüdüm ve iletişim olur. Blastulanın son veya gastrulanın erken evresiyle, hücre gruplarının gelişme yolu belirlenir. Özel bölgelerdeki hücreler özel gelişim hatları üstlenirler. Örneğin, kurbağa

gastrulasında, normalde göze gelişen belirli bir bölge vardır. Bu doku embriyodan çıkarılır ve özel bir besin çözeltisi içine konulursa, düzensiz bir hücreler kütesine gelişir. Diğer yandan, bu doku diğer bir kurbağa embriyosunun diğer bir parçasına aktarılırsa, işlevsel bir göz olmasa da, tanınabilir bir göze gelişir. Bu dokunun biraz fazlalığı, aktarılan dokudan işlevsiz göz gelişmemiştir. Bunun yerine, aktarılan doku, olağan durumda göz yapılarına gelişmede gözün bir parçası olmayacak bazı çevre dokulara neden olmuştur. **Bu deney, bir dokunun komşu dokuların farklılaşmasını etkileyebildiğini göstermiştir.**

Gelişen embriyonun belirli kısımlarının bitişik hücrelerin gelişimini etkileyen *organizerler* olarak ödev yaptığı bulunmuştur. Organizerlerin diğer yapının farklılaşmasına neden olduğu işleme **embriyonik indüksiyon** denir. İndüksiyonun hangi mekanizma ile yapıldığı henüz bilinmemektedir. Hücre teması da büyük olasılıkla önemli olmaktadır. Gelişme ilerledikçe, organizeler, bir şekilde ve belli zamanlarda hücrenin kalıtsal materyalini etkinleştiren parçalarını etkilerler ve böylece bu hücrelerin farklılaşma yönünü belirliyor olabilirler.

## İÇSEL VE DIŞSAL GELİŞME

### 17-6 Suda Dışsal Gelişim

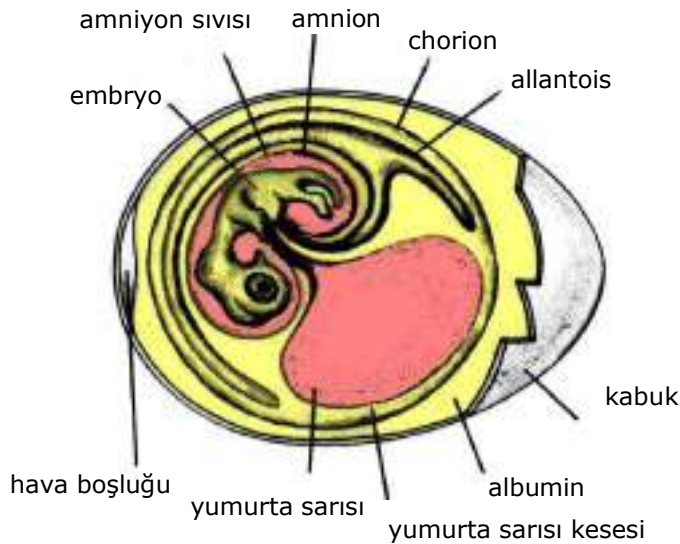
Embriyo gelişimi, organizma türüne bağlı olarak, anne vücudunun içinde ya dışında olmaktadır. Gelişimin meydana geldiği yere bağlı olarak, embriyonun bazı temel gereksinimleri vardır. Bu gereksinimler **beslenme, uygun sıcaklık, oksijen sağlama ve atıkların uzaklaştırılması yollarıdır**. Sucul hayvanların pek çoğunda döllenme ve gelişim dışsal olarak suda meydana gelmektedir. Suda gelişen embriyoların beslenmesi, yumurtada depo edilen yumurta sarısı ile karşılanır. **Çiftleşme ve döllenme çoğunlukla yılın özel bir bölümünde meydana geldiğinden, genç bireyin gelişimi uygun çevre koşullarının güvencesi altındadır**. Temel gereksinimlerden oksijen çevresindeki sudan embriyoya, atıklar embriyodan suya difüze olur.

**Sucul hayvanların çoğunda, yavru bakımı çoğunlukla çok az ya da hiç yoktur**. Bununla birlikte, bazı balıklar gelişmekte olan yavrularının belirli bir miktarına bakım sağlarlar. Örneğin, dişi dikenceler yumurtalarını gözedir ve bol oksijen sağlamak amacıyla embriyonun etrafında su akıntısı oluştururlar. Bazı balıklar "ağız üreticileridir", bu balıklarda döllenmiş yumurta açılıncaya kadar anne babadan birinin ağzında taşınır. Suda gelişen türün varlığını sürdürmesi çoğunlukla çok büyük miktarlarda yumurtanın üretilmesine ve döllenmesine bağlı olmaktadır. Yumurtaların pek çoğu yenir ya da diğer yollarla yok edilir ve her bir eşleşmede başlangıçtaki miktarın çok küçük bir yüzdesi hayatta kalır.

## 17-7 Karada Dışsal Gelişim

İçsel döllenmeyi dışsal gelişimin izlemesi, kuşlarda, sürüngenlerin çoğunda ve benzer şekilde çok az bir memelide görülür. Bu hayvanlarda çok büyük miktarda yumurta sarısı içeren döllenmiş yumurta, koruyucu bir kabukla kuşatılmıştır. Kabuklu yumurta, embriyoya yeterli sucul bir çevre sağlayan ıslaklık içindedir. Yumurta kabuğu gerçekten su geçirmezdir, fakat oksijenin havadan yumurtaya ve karbondioksitin embriyodan havaya difüzyonuna izin veren yeterli porları vardır. Embriyolardan, açılıncaya kadar hayatta kalanların yüzdesi kabuklu yumurtalarda kabuksuzlardan daha fazladır. Ancak, kabuklu yumurta koyanlarda yumurta üretimi, kabuksuz yumurta koyanlardan daha azdır. Kuş yumurtasının kalsiyum içerikli sert yumurta kabuğu ile sürüngen yumurtasının derimsi kabuğu embriyo için iyi bir koruma sağlar. Sürüngenler, kuşlardan belirgin olarak daha çok yumurta koyarlar. Kuş yumurtaları ve yavruları ana-baba tarafından özenle bakılırken, sürüngen yumurtaları çoğunlukla anne tarafından terk edilir. Böylece, hayatta kalan sürüngen yumurtalarının yüzdesi, hayatta kalan kuş yumurtalarının yüzdesinden daha azdır.

**Tavuk yumurtasının içsel yapısı.** Gelişmekte olan bir tavuk embriyosunun dışında ancak kabuğun içinde kalan dört zar bulunur. Bunlar **ekstraembriyonik zarlardır** (Şekil 17-2) ve birkaç önemli işlevi yerine getirirler.



### Şekil 17-2. Tavuk Yumurtasının İçsel Yapısı

1. **Koriyon** en dıştaki zardır. Kabuğun içini astarlar ve embriyo ve diğer zarları kuşatır. Koriyon gaz değişimine katkıda bulunur.

2. **Allantoyis** embriyonun sindirim sistemini meydana getiren kese benzeri bir yapıdır. Oksijen ve karbondioksit değişimi allantoyisin kan damarları aracılığıyla olur. Metabolik artıklar da allantoyiste toplanır.

3. **Amniyon** embriyoyu kuşatan su dolu bir kesedir. Kese içindeki amniyotik sıvı embriyoya sulu bir ortam sağlar ve onu şoklardan korumak için bir yastık ödevi görür.

4. **Yumurta sarısı** kesesi yumurta sarısını çevreleyen, embriyonun besin kaynağıdır. Yumurta sarısı kesesi içindeki kan damarları embriyoya besin taşırlar.

Ekstraembriyonik zarlara sahip kabuklu yumurta, kuş embriyolarının karada gelişmesine izin veren önemli bir uyumdur. Kuş yavruları yumurtadan çıktığında, ekstraembriyonik zarlar kabukla birlikte atılır. Sürüngen yumurtalarının da benzer özellikleri vardır.

## 17-8 İçsel Gelişme

Bazı köpekbalıkları ve büyük yılanlar gibi bazı sürüngenlerde döllenme ve gelişme içseldir. Bununla birlikte, bu hayvanlarda yavru doğrudan anneden besin almaz. Bunun yerine, yavruların besin kaynağı yumurtada depolanan yumurta sarısıdır. Yumurta sarısı zamanla harcadıkça, embriyolar varlıklarını sürdürebilecekleri bir gelişim evresine erişir ve ardından doğarlar.

Memelilerde döllenme içseldir ve embriyolar *rahim* ya da **dölyatağı** denilen bir yapı içinde özel bir şekilde içsel olarak gelişirler. Yavrular nispeten gelişmemiş durumda doğar ve annenin meme bezlerinde üretilen sütle bir süre beslenirler. Yavrular gelişme süresince ve doğumdan sonra çok iyi korunurlar ve yüksek bir yüzdesi erginliğe ulaşır. Böylece, beklendiği gibi yavruları içsel olarak gelişen hayvanlarda oransal olarak daha az yumurta meydana getirilir.

**Plasentasız memeliler.** *Plasentasız memelilerin, embriyo gelişimi sırasında hiç plasenta oluşturulmayan memelilerin, iki tipi vardır. Bunlar yaşayan sadece iki türü olan yumurta koyan memeliler ve keseli memelilerdir.*

Avustralya'da yaşayan *Ornithorhynchus anatinus*, yumurta koyan bir memeli örneğidir. Bu hayvanda embriyo, sürüngeninkini andıran derimsi bir yumurta içindedir. Diğer memeli yumurtalarının aksine, yumurtalar büyük miktarda yumurta sarısı içerir. Dişi yumurtalarını bir yuva içine koyar. Yavrular yumurtadan çıktığında, anne yavruları karnına karşı toplar. Genç hayvanlar böylece gelişmelerini tamamlarken annenin meme bezlerinden sütle beslenirler.

*A semiaquatic egg-laying mammal (Ornithorhynchus anatinus) of Australia and Tasmania, having a broad flat tail, webbed feet, and a snout resembling a duck's bill. Also called duckbill, duck-billed platypus.*

### DUCKBILL PLATYPUS

İlk bakışta bir ördeği anımsatsa da aslına bu hayvan bir ördek değil. Bu bir memeli hayvandır. Bu memeli hayvanın insana en ilginç gelen özelliği de yumurtlayarak

üremesidir. Duckbill platypus dünyada yumurtlayarak üreyen 2 memeli türünden biridir. Yarı sucul olan bu hayvanın geniş ve yassı bir kuyruğu, perdeli ayakları ve ördek gagasını andıran bir burnu vardır. Avustralya'da yaşayan ve bilimsel adı *Ornithorhyncus anatinus* olan bu memelinin yumurtaları diğer memeli yumurtalarının aksine büyük miktarda yumurta sarısı içerir. Dişi yumurtalarını bir yuva içine koyar. Anneleri, yumurtadan çıkan yavruları vücudunun etrafına toplar ve gelişmelerini tamamlayana dek meme bezlerinden sütle besler.

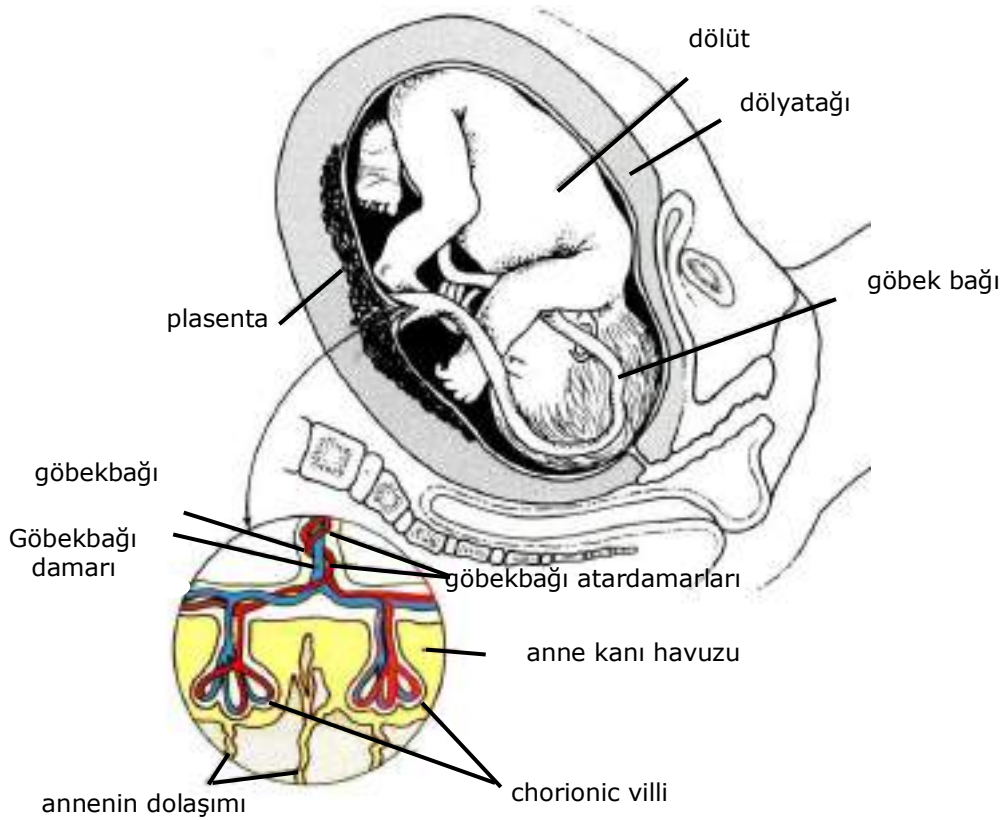


Duckbill Platypus (ördek gagalı yassı ayak)

**Keseli memeliler ya da keselilerde embriyonun içsel gelişiminin bir kısmı uterusda meydana gelir, fakat plasenta oluşturulmaz.** Embriyo yumurta sarısından besin sağlar. Yavru hayvan tamamen gelişmemiş bir halde doğar. Yavru emekleyerek anne vücudunun dışındaki bir kesenin içine girer ve bir meme bezine tutunur. Gelişme kese içinde tamamlanır. Keselilerin çoğu Avustralya'da bulunur. Kanguru en iyi bildiğimiz örnektir. Opossum Batı Yarıkürede bulunan bir keselidir.

**Plasentalı memeliler.** İnsanın dahil olduğu pek çok memeli *plasentalı memeliler*dir. Bu memelilerde, embriyonun dolaşım sisteminin kan damarları annenin dolaşım sistemi ile sıkıca bağlantılıdır. Bu bağlantı dölyatağı çeperi içindeki **placenta** denilen özelleşmiş bir yapı tarafından yerine getirilir.

Plasentada besinler ve oksijen anne kanından embriyo kanına, karbondioksit ve diğer atıklar da embriyo kanından anne kanına difüze olurlar. Bununla birlikte, bu iki dolaşım sistemi arasında doğrudan bir bağlantı yoktur. Embriyo **göbek bağı** denilen bir kordonla plasentaya bağlanmıştır (Şekil 17-3). Bu yapı, embriyonun dolaşım sistemini plasentadaki kılcak damarlara bağlayan kan damarları içerir.



**Şekil 17-3. Dölütün Beslenmesi**

## İNSANDA ÜREME

### 17-9 Erkek Üreme Sistemi

Erkek gonadları erbezleridir. Erbezleri, erkek gametler olan sperm ve erkek eşey hormonu, testostere üredir. Testostere, erkeklerin karakteristikleri vücut kılları, kas gelişimi ve kalın ses gibi ikincil eşey karakteristiklerinden sorumludur. Bu özellikler çoğunlukla ergenlikte ortaya çıkar.

Vücut duvarının dışında, bir deri kesesi içinde bulunan iki erbezi vardır. **Scrotum** denilen bu kese, erbezlerinin sıcaklığını, vücudun geri kalanınınkinden biraz aşağıda tutar. Bu düşük sıcaklık sperm üretimi ve depolaması için en iyi olanıdır.

Her bir erbezi *seminiferous tüpçükler* denilen küçük, kangal borucuklardan ibarettir. Her bir erbezinde 300 ile 600 arasında değişen tüpçük vardır. Olgunlaşmamış sperm bu seminiferous tüpçüklerde üretilir. Sperm, buradan erbezlerinin yukarı, arka kısmı, biriktirme alanı epididymise geçer. Sperm olgunlaşmaya kadar epididymiste kalır. Sperm epididymisten, her bir erbezinden karnın aşağı kısmına doğru yönelen **vas deferens** aracılığı ile uzaklaşır. Bu iki vas deferens, idrarın atılma yolu urethraya kavuşur. İnsan erkeğinde, urethra, penisten vücudun dışına ulaşır. Urethra spermin de vücuttan ayrılma geçididir. Sperm urethraya girdiğinde, seminal *meni kesecikleri*, *Cow Per's bezleri* ve *prostat bezi* urethraya sıvı salgırlar. Bu sıvıların karışımına **meni** denir. Meninin urethradan geçişi **ejakulasyon** denilen bir işlemle olur. Ejakulasyondan kısa bir süre önce, ejakulasyon sırasında ve sonrasında, refleks etkinlikleri sidiktorbasının çıkışını kapalı tutarak, **urethraya idrar girmesi engellenir**.

### 17-10 Dişi Üreme Sistemi

Dişi gonadlar yumurtalıklardır. Yumurtalıklar, dişi gametler yumurtaları üretir ve dişi eşey hormonu estrojen de salgırlar. Estrojen, göğüslerin ve geniş kalçaların gelişimi ile yağ dağılım seyri gibi dişi ikincil eşey karakteristiklerinden sorumludur. Bu karakteristikler çoğunlukla ergenlik döneminde ortaya çıkar. Estrojen, bir sonraki bölümde değerlendirilecek olan adet görme döneminde de büyük rol oynar.

Dişinin, karnın aşağı kısmının dibinde bulunan iki yumurtalığı vardır. Yumurtalıklar yaklaşık 4 santimetre uzunlukta ve 2 santimetre enindedir. Her bir yumurtalık, **folikül** denilen yaklaşık 200,000 küçücük yumurta bezikleri içerir. Bu olgunlaşmamış yumurtalar doğumda da mevcuttur. Bir dişinin yaşamı boyunca, 500'den daha fazla olgun yumurta üretilmez.

Bir yumurta olgunlaştığında, onu kuşatan folikül yırtılır veya patlar ve bu yumurta yumurtalığın yüzeyinden serbest bırakılır. Bu işleme **yumurtlama** denir. Yumurtlama ilk olarak, bireyin eşeyssel olgunluğa ve üreme yeteneğine kavuştuğu, ergenlikte meydana gelir. Bundan sonra yumurtlama yaklaşık ayda bir meydana gelir. Her bir yumurtalığın



yanında, ancak ona bağlı olmayan bir **yumurta kanalı** ya da *fallopian boru* vardır. Yumurta kanalı huni şeklinde çıkışı olan bir borudur. Yumurta kanalını astarlayan kirpikli hücreler, salıverilen yumurtayı bu boruda yürüten bir akış yaratırlar. Yumurta, yumurta kanalından, kalın çeperli, kaslı, armut şeklindeki organ **döl yatağına** geçer. Yumurta kanalında sperm olursa, yumurta döllenebilir. Yumurta döllense, gelişmesini döl yatağında tamamlar. Döl yatağının dar boynuna **serviks** denir. Serviks, vücudun dışına götüren **dölyolu**, ya da *doğum kanalına* açılır. Doğumda, çocuk anne vücudunu bu geçitten terk eder. İnsan dışısında, urethra kendi dış çıkışına sahiptir ve üreme sisteminden tamamen ayrıdır.

## AYBAŞI DÖNGÜSÜ

İnsan dışısında, yaklaşık her 28 günde bir, yumurtalıkların birinden bir olgun yumurta gelişir ve serbest bırakılır. Bu anda, dölyatağının çeperi bir gelişme geçirir ve dölleniş bir yumurtanın gelişimini kabul etmeye hazırlanır. Yumurta döllense, dölyatağı çeperinin yeni oluşmuş kısmı parçalanır ve bu materyal, dölleniş yumurta ile birlikte, vücuttan atılır. Diğer bir yumurtanın olgunlaşması ve döl yatağı çeperi oluşumu ile bu döngü yeniden başlar. Bu seyir **aybaşı döngüsü** olarak bilinir. Bu döngü sırasında meydana gelen değişiklikler hipotalamus, hipofiz ve yumurtalık tarafından üretilen hormonların karşılıklı etkileşimini kapsar.

Aybaşı döngüsü, insan dışilerinde çoğunlukla 10 ile 14 yaşları arasında bir zamanda meydana gelen ergenlikte başlar. Bu döngü hamilelikte geçici olarak kesilir. Orta yaşta, çoğunlukla 45 ile 50 yaşları arasında sürekli kesilir. Aybaşı döngüsünün sürekli kesilmesine *menopoz* denir.

İnsanlar ve diğer primatlar (kuyruksuz maymunlar, maymunlar) aybaşı döngüsüne sahip yegane memelilerdir. Diğer memelilerin bir *kızışma dönemleri* vardır. Bu döngü, dişinin eşey organlarındaki devirsel değişikliklerle belli edilir ve çitleşmeye zorlar, ancak bu döngü sonunda çok az veya hiç kanama olmaz.

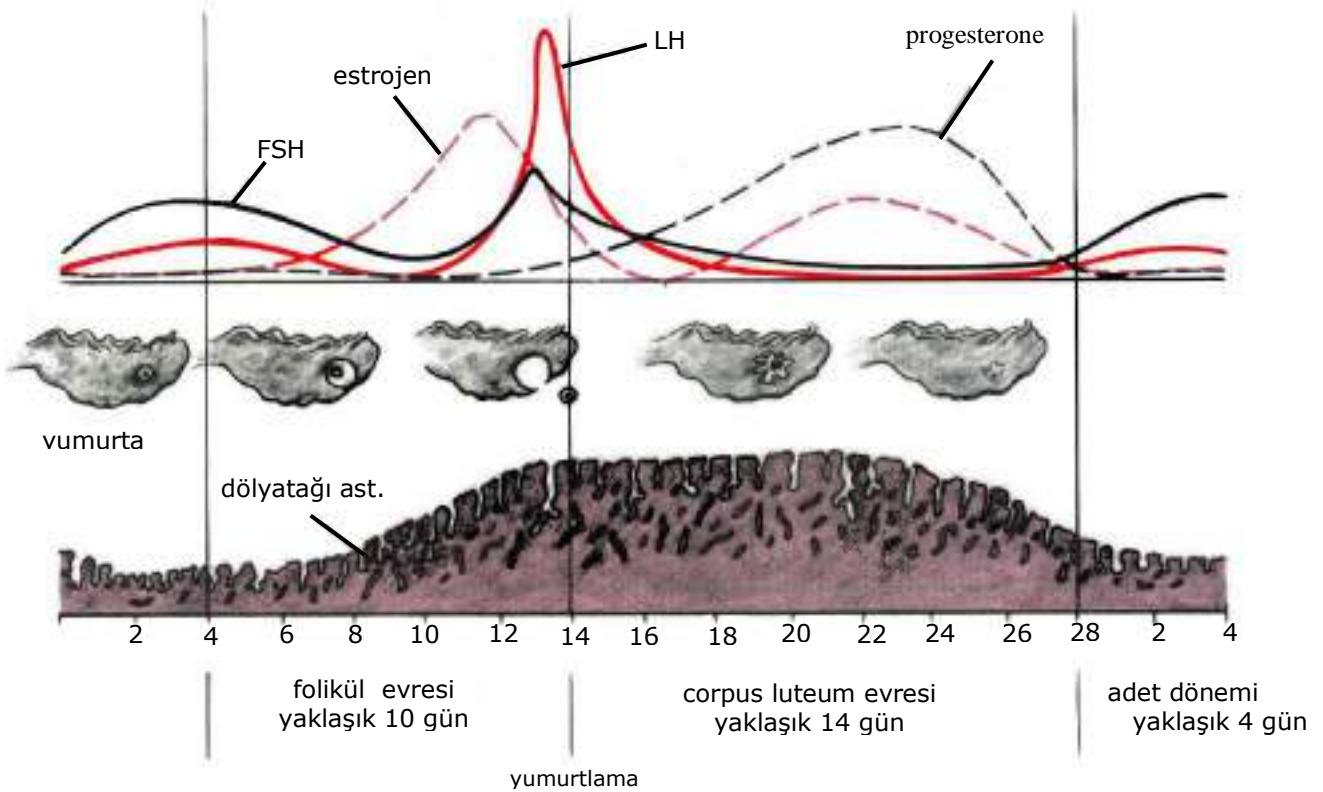
Bu döngünün çoğunda, dişi doğurgan değildir ve çiftleşmez. Çiftleşme kızışma dönemlerinin sadece kısa bir döneminde, dişi doğurgan olduğunda, yani döl yatağı ve eşlik eden yapıların büyüüp gebeliğe hazırlandığı zaman meydana gelir. Yumurtlama, türe bağlı olarak, doğurgan dönemde veya çiftleşmeden sonra kendiliğinden meydana gelir. Doğurgan dönemde, dişiye "azgın" denir. Çiftleşme meydana gelmezse, eşey organları normal durumlarına geriler.

Tilkiler, kır kurtları ve kurtların yılda bir, kedi ve köpeklerin yılda iki kızışma dönemleri vardır

### 17-11 Aybaşı Döngüsünün Evreleri

Aybaşı döngüsü dört evreye ayrılabilir (Şekil 17-4).

**Folikül evresi.** Folikül uyarıcı hormon (FSH) hipofiz salgı bezi tarafından salgılanır. FSH yumurtalıkta birkaç folikülün gelişmeye başlamasına neden olur. Çoğunlukla, sadece biri olgunlaşır. Folikül gelişirken, estrojen salgılar. Estrojen döl yatağının kalın mukoza ve zengin bir kan damarları mevcudu ile astarlanmasını uyarır. Bu değişiklikler, döl yatağını olası gebeliğe hazırlar. Bu evre 10 ile 14 gün sürer.



**Şekil 17-4. Aybaşı Döngüsü**

**Yumurtlama.** Kandaki yüksek estrojen oranı hipofizin FSH salgısını arttırmasına neden olur ve luteinizing hormonu (LH)'nun salgılanması başlar. Kandaki LH konsantrasyonu belli bir düzeye ulaştığında, yumurtlama meydana gelir, yani folikül yırtılır, olgun bir yumurta salıverilir. Yumurtlama çoğunlukla yaklaşık olarak aybaşı döngüsünün ortasında meydana gelir.

**Corpus luteum evresi.** Yumurtlamadan sonra, LH yırtılmış folikülü, **corpus luteum** denilen sarı bir yapı oluşturan, hücrelerle dolması için uyarır. Corpus luteum, dölyatağı astarının gelişiminin devam etmesini destekleyen progesterone hormonu salgılaya başlar. Dölyatağı çeperinin desteklenmesindeki rolünden dolayı, progesteron çoğunlukla gebelik hormonu olarak adlandırılır. Progesteron FSH salıverilmesini tutarak, yumurtalıkta yeni foliküllerin gelişmesini de önler. Corpus luteum evresi 10 ile 14 gün sürer.

Aybaşı. Döllenme meydana gelmezse, LH salgısı azalır ve corpus luteum sona erdirilir. Bu, prosterogen düzeyinde bir azalmaya neden olur. Prosterogen düzeyindeki düşüşle, dölyatağının kalınlaşmış çeperi daha fazla desteklenemez ve parçalanır. Astarlama katmanlarının fazlalığı, döllenmemiş yumurta ve az bir miktar kan döl yolu ile vücuttan dışarı akar. Buna **adet görme** denir. Yaklaşık 3 ile 5 gün kadar sürer. Adet süresince, kandaki estrojen miktarı düşer. Hipofiz FSH salgısını artırır ve yeni bir folikül olgunlaşmaya başlar.

## DÖLLENME, DÖLTUTMA VE GELİŞME

İnsanda çiftleşme ya da cinsel ilişkide, yüz milyonlarca sperm dölyoluna boşaltılır. Ardından, sperm serviksten ilerler, dölyatağından geçer ve yumurta kanalına gelir. Bu anda bir yumurta dölyatağına geçiyorsa, döllenme, yani bir sperm ile bir yumurta çekirdeğinin birleşmesi meydana gelebilir. Yumurta spermi çeken bir kimyasal salgılar. Spermlerden biri yumurtayı kuşatan zarları deler ve sperm hücresinin çekirdeği yumurta hücresinin sitoplazmasına girer. Bu olduğunda, yumurtayı çevreleyen zarlar, diğer herhangi bir spermin girişini önlemek için değişir. Sperm çekirdeği ile yumurta çekirdeği zigot denilen diploid hücre meydana getirerek birleşir.

Döllenmeden sonra, zigot, yumurtalıktan dölyatağına doğru hareketinde dilinim geçirir ve blastulaya gelişir. Döllenmeden yaklaşık 5 ile 10 gün sonra, embriyo dölyatağına girer. Dölyatağında, embriyo hücrelerinin dış katmanı dölyatağının kalın astar parçasını sindiren enzimler salgılar ve embriyo kendi kendine bu yere bağlanır. Embriyonun dölyatağının çeperine bağlanmasına **döltutma** denir. Döltutma, dölyatağında bebeğin gelişme dönemi olan **gebeliğin** başladığını gösterir.

Döltutmadan sonra, embriyo gastrulasyon geçirir. Üç başlangıç katmanı oluşur. Gelişme ve farklılaşma ile vücudun bütün doku ve organları bu üç katmandan gelişir. Döllenmeden yaklaşık 8 hafta sonrasına kadar gelişmekte olan insana *embriyo* denir. Bu zamandan sonra, çoğunlukla **dölü** (cenin) adını alır.

Gebelikte, aybaşı döngüsü, embriyoyu kuşatan zarlardan biri olan korion tarafından salgılanan bir hormon tarafından baskılanır. Bu hormon corpus luteumun yıkılmasını önler. Corpus luteus dölyatağı çeperinin kalınlaşmasını destekleyen, yüksek düzeyde progesteron salgılamayı sürdürür.

### 17-12 Embriyonun Beslenmesi

Döl yatağında, döllenme anından döltutmaya kadar, embriyo, yumurtada depolanmış

besinle beslenir. Döltutmadan sonra, embriyo besin ve oksijeni geçici bir organ olan **plasenta** ile annesinin vücudundan alır.

İnsanlarda, blastulanın dış hücre katmanı, embriyoyu kuşatan zar, **koriyon** olur. Koriyonun dış yüzeyinde, *koriyonik villi* denilen küçük parmak şeklinde uzantılar oluşur ve dölyatağı astarının içine uzanır. Bu koriyonik villi ve dölyatağı astarı, embriyo ile anne arasında besin ve atıkların değişiminin sağlandığı plasentayı oluşturur, ayrıca gebeliğin sürdürülmesi için gerekli hormonlar da salgılar.

Dölüt ve annenin kanları karışmaz. Atıkları taşıyan dölüt kanı, plasentadan göbek kordonundaki atardamara akar. Bu atardamarlar, sonuçta koriyonik villi kılcallarını oluşturmak için sürekli dallanırlar (**Şekil 17-3**). Anne kan damarından villi etrafındaki boşluklara olan atardamar kan basıncının zorlaması ile villi anne kanında yıkanır. Anne kanındaki besinler ve oksijen dölütün kanına ve ondaki atıklar anne kanına difüze olur. Devamında, göbek bağındaki dölütün damarları besinler ve oksijence zengin kanı dölüte geri getirir. Dölütün atıklarını içeren kan, bu atıkların boşaltıldığı anne dolaşım sistemine geri döner.

Plasenta, anne kanındaki bazı zararlı maddelerden dölütü koruyan bir engel olarak ödev yapar. Bununla birlikte, pek çok tehlikeli maddeler plasentadan, anne kanından dölütün kanına geçer. Alman kızamık virüsü yanında nikotin, alkol ve pek çok ilaç plasentadan dölüte geçer ve ona zarar verir.

İnsan embriyosu kuşlar ve sürüngenlerdeki gibi aynı ek embriyonik zarlar geliştirir. Ancak, bu zarlar insan gelişiminde farklı işlevler üstlenirler. Koriyon döltutma ve plasenta oluşumuna katılır. Amniyotik sıvı ile dolu olan amniyon, dölütü kuşatır. Bu sıvı, ona kararlı bir çevre sağlayarak ve şokları üstlenerek dölütü korur. Allantois, dölütün sindirim sisteminden dışarıya gelişen bir zardır. Yumurta sarısı kesesi ile birlikte göbek bağı oluşturur.

### 17-13 Doğum

Gebelik süresine **hamilelik dönemi** denir. İnsan hamilelik dönemi dokuz aydan biraz fazladır. Dölüt doğum için hazır olduğunda, döl yatağı kaslarının yavaş, dizemli kasılmaları başlar. Buna **doğum** denir. Bu anda serviks girişi büyümeye başlar. Bebek dölyatağından dışarıya ve doğum kanalına geçmeden önce, çapının, 1 veya 2 santimetreden 11 veya 12 santimetreye mutlaka genişlemesi gerekir. Serviks genişlediğinde, kasılmalar, bebeği, başı önde, dölyatağından dölyoluna ve anne vücudundan dışarıya iter. Doğum sırasında, amniyotik zar, amniyotik sıvıyı salıvererek yırtılır. Bu sıvı, bebeğin doğum kanalından geçişini kolaylaştırır.

Bebek anne vücudundan çıkarıldığında, göbek bağı yine plasentaya bağlıdır. Ardından göbek bağı düğümlenir ve **göbek** denilen bir yara izi bırakarak kesilir. Bebeğin doğumundan kısa bir süre sonra, ek dölyatağı kasılmaları plasenta ve amnionu dışarı atar.

Gebelik sırasında, progesterone ve estrojen göğüsleri emzirme için hazırlar. Doğumdan sonra, hipofiz hormonu prolactin göğüslerdeki meme bezlerinin süt salgılamasına neden olur.

### 17-14 Çoklu Doğumlar

Bazen, iki yumurta aynı zamanda olgunlaşır ve yumurta kanalına birlikte bırakılır. Ardından her bir yumurta farklı bir spermle döllenir. Her iki embriyo dölyatağına tutunabilir ve bağımsız olarak gelişebilirler. Bu iki embriyo farklı kalıtsal materyal aldığından, farklı özelliklerdeki bireylere gelişirler. Aynı gebelikten doğan iki bireye *ikizler* denir. Farklı yumurtalardan geliştiklerinde, bunlara **kardeş ikizler** denir. Kardeş ikizler zıt eşeylerde olabilirler ve aynı ana babanın herhangi iki çocuğundan daha çok benzer değildirlirler.

Diğer durumlarda, tek bir döllenmiş yumurta gelişmenin çok erken bir evresinde iki embriyoya bölünür. Daha sonra bu iki birey aynı kalıtsal yapıdan gelişir ve fiziksel olarak birbirine çok fazla benzerler. Aynı yumurtadan gelişen iki bireye **özdeş ikizler** denir. Özdeş ikizler her zaman aynı eşeydendir.

Çoklu doğumun en yaygın çeşidi ikizlerdir. Bununla birlikte, nadir hallede, üç veya daha fazla embriyo aynı gebelikte oluşabilir. Bu tür çoklu ikizler kardeş, özdeş ya da her iki çeşidin bileşimi olabilirler.



Özdeş ikizler

# 18 MENDEL GENETİĞİ

## MENDEL'İN KALITIM İLKELERİ

Eşeyli üremede, yeni birey, anne ve babadan gelen iki gametin birleşmesiyle oluşan tek bir hücreden -zigot- gelişir. Her bir gametin kromozomları kalıtsal materyali yeni hücreye verirler. Bu materyal ergin organizmanın özellikleri gibi, embriyonun gelişim ve karakteristiklerini denetler. **Kalıtsal materyal anne ve babadan geldiği için, yeni nesil bazı yönlerden anne ve babaya benzer, ancak diğer yönlerden her ikisinden de farklıdır. Bu yeni nesil, türünün tüm karakterlerine sahiptir, ancak bu türün diğer tüm bireylerinden onu ayıran kendi bireysel karakteristikleri de vardır.**

**Kalıtım** kalıtsal bilginin anne ve babadan yeni nesle geçme şekilleri ile ilgilenen biyoloji dalıdır. Modern kalıtım on dokuzuncu yüzyılda Avusturyalı rahip Mendel'in yaptığı bilimsel çalışmalarla başlamıştır.

### 18-1 Mendel Deneyleri

İlk kalıtım araştırması, matematik ve fenle ilgilenen Gregor Mendel tarafından yürütülmüştür. Şu anda Çek Cumhuriyeti'nde (Slovakya'da) Brunn Kasabasında, Saint Thomas Manastırında yaşamıştır. Yerel bir lisede fen dersleri de almıştır. Mendel - 1857'den 1865'e- sekiz yıl manastırın bahçesinde yetiştirdiği bezelye bitkisinin belirli ırklarının kalıtını araştırmıştır. Mendel, bir dizi deneyle, bugün bilim adamlarınca kabul edilen kalıtımın temel ilkelerine ulaşmıştır.

Bezelye bitkileri, Mendel'in yapmayı arzuladığı araştırmalar için kusursuz bir seçim olmuştur. Yetiştirilmeleri oldukça kolaydır ve çabucak olgunlaşırlar. Bezelye bitkilerinin, uzunluk veya kısalık, yeşil veya sarı bezelyeler, düz veya kırışık tohumlar gibi birkaç çift çok zıt özellikleri vardır. Ayrıca, bezelye çiçeğinin yapısı ve doğal tozlaşma yolu, onun kontrollü deneylerde kullanılmasını kolaylaştırmaktadır. Bezelye çiçekleri, tepelik ve başçıklar taç yaprak ile çevrili olduğundan, normalde **kendinden** tozlaşır. Bu, doğada çapraz tozlaşmayı etkili bir biçimde önler. Ancak, Mendel, olgunlaşmadan önce erkek organları bir çiçekten uzaklaştırarak, başka bir bitkiden tepeliğe bulaşan polenlerle bu çiçeği çapraz tozlaştırabilmiştir. Normal yolla kendinden tozlaşmasını istediği belirli bitkileri yalnız bırakmıştır. Mendel, bitkilerin her bir generasyona uyguladığı işlemlerin kayıtlarını dikkatlice tutmuştur. Her bir çaprazlama deneyinin tohumlarını topladı ve belirli bir yere ekerek sonuçları gözleyebildi. Mendel her bir çeşit dölün dikkatlice sayımını yaptı ve sonuçlarını matematiksel olarak analiz etti. Sağladığı önemli sonuçlara ulaşmada onu muktedir kılan matematik kullanmasıdır.

Mendel buluşları ile ilgili bir makale yazdı. Makalesi yerel bilimsel derneğin dergisinde yayınlandı ve diğer bilimsel örgütlere ve kütüphanelere dağıtıldı. Ancak, o zaman, başka hiçbir bilim adamı bunun önemini farkına varmış görünmedi. Mendel, çalışmasının gerçek önemini hiçbir zaman öğrenemedi. 1882 yılında öldü. Ancak, 1900'de, birbirinden bağımsız olarak, kalıtımla ilgili Mendel'in sağladığı sonuçlara ulaşmıştır. Çalışmalarını yayınlamadan önce, geçmiş bilimsel literatürü araştırmış ve Mendel'in makalesini elde etmişlerdir. Orijinal buluşu için Mendel'e itibar etmişlerdir. Mendel, sonuçta layık olduğu itibarı kazanmıştır.

## 18-2 Baskınlık Yasası

Mendel, bezelye bitkilerinin iki şekilde ortaya çıkan belirli özelliklerinin olduğunu gözlemlemiştir. Örneğin, bitkiler uzun veya kısa; sarı veya yeşil v.b.'dir. Mendel, deneylerinde, bu çeşit yedi çift zıt özelliği araştırmıştır.

Mendel, bazı bitkilerin belirli özellikler için "gerçeği ürettiği"ni keşfetmiştir. Örneğin, kısa bitkiler birkaç kuşak boyunca kendilerini dölemeye bırakıldıklarında, yeni döllere her zaman kısa olmuştur. **Mendel bu bitkilerin kısıklıkta saf olduklarını kabul etmiştir.** Mendel, her zaman, ilgilendiği belirli özellikler için saf olduğunu bildiği bitkilerle başlamıştır.

Mendel, daha sonra zıt özelliklere sahip saf bitkileri çaprazladığında ne olacağını bularak devam etti. Bunu yapmak için, kendini dölemesini önlemek için, bir özellikçe saf olan bir bitkiden erkek organları uzaklaştırmıştır. Daha sonra bu bitkiyi zıt özellikçe saf olan bir bitkinin polenleriyle tozlaştırmıştır. Örneğin, kısa bitkileri uzun bitkilerin polenleriyle ve kısa bitkileri uzun bitkilerin polenleriyle tozlaştırmıştır. Bu deneylerde, saf bitkiler ana baba ya da P dölünü oluşturmaktadır. Mendel bu çapraz tozlaştırmadan sağladığı tohumları toplayarak ekmiş ve büyümeye terk etmiştir. Mendel tüm bu çaprazlama döllerinin uzun olduklarını bulmuştur. Kısıklık özelliği, *birinci neslinde* veya **F<sub>1</sub> generasyonunda ortaya çıkmamıştır.** Mendel'in araştırdığı yedi çift zıt özelliğin hepsinden benzer sonuçlar sağlanmıştır. Zıt özellikler gösteren saf ana baba arasındaki çaprazlamanın dölüne **melezler (=hibridler)** denir. Mendel'in deneylerinde, melezler, zıt özelliklerden sadece birini göstermiş, diğerini göstermemiştir.

Mendel, çaprazlamanın bir sonucu olarak, kısıklık özelliğinin, sürekli olarak kayıp olup olmadığını bulmayı merak etmiştir. Bu soruyu araştırmak için, F<sub>1</sub> dölünün melez bitkileri, kendilerini dölemeye bırakmıştır. Bunların tohumları ekilip, büyütüldüğünde, yeni dölün sadece dörtte üçü uzun olmuştur. Dörtte biri kısa olmuştur. Bu bitkiler F<sub>2</sub> dölündeki oluşturmuştur. Kısa bitkilerin F<sub>2</sub> dölündeki varlığı, kısıklık özelliğinin, bir şekilde F<sub>1</sub> dölünde yine de mevcut olduğunu göstermiştir.

Mendel, F<sub>1</sub> dölünde açığa çıkan özelliği **baskın** ve F<sub>1</sub> dölünde kaybolan özelliği **çekinik** olarak tanımlamıştır. *Bir organizma, bir çift zıt özellikçe melez olduğunda, sadece baskın özelliği gösterir* sonucunu çıkarmıştır. Buna **baskınlık yasası** denir.

### 18-3 Ayrılım yasası

Mendel, çekinikliğin kayboluşunu ve başarılı döllerde ortaya çıkışını açıklamaya çalışmıştır. Mendel, bir bireyde, her bir özelliğin bir çift etmen tarafından denetlendiği, varsayımını oluşturmuştur. Ve bir etmen iki çeşitten biri olabilir. Örneğin, bir uzunluk ve bir kısalık etmeni vardır. Bir çiftteki etmenler benzer ya da farklı olabilmektedir. Bir çaprazlamada, döllere ana babanın her birinden bir etmen almaktadır. Böylece, uzun bir bitki ile kısa bir bitki arasındaki çaprazlamada, döllere etmenlerin her iki çeşidini almışlardır. Ancak, sadece baskın özellik açığa çıkmıştı. Çekinik etmen baskılanmış veya kaybolmuştu.

Kısalık etmeni yine de bütün uzun bitkilerde bulunduğundan bu etmenin daha sonraki döllerde kendini gösterme olasılığı vardır. Bu, döllenmenin, iki kısalık etmenini aynı tohumda bir araya getirdiği zaman meydana gelmektedir. *Çift olarak ortaya çıkan etmenler, gamet oluşumu sırasında birbirinden ayrılmakta ve döllenmede yeniden birleşmektedir* düşüncesine Mendel'in **ayrılım yasası** denir.

### 18-4 Gen Kavramı

Mendel'in çalışmasının önemi, o zamanda kromozomlar, mitoz ve mayoz'la ilgili çok az şey bilindiği için, 1800'lerin ortasında, gözden kaçmıştır. Ancak Mendel'in araştırması 1900 yılında fark edildiğinde, hücrede kromozomlar boyanmakta ve gözlenmekte ve mitoz ve mayoz işlemleri ayrıntılarıyla açıklanmaktaydı. Kısa bir süre içinde, Mendel'in sonuçlarının kromozomların kalıtsal etkenleri taşıdığı gerçeğin kabul edilmesi ile açıklanabildiği ortaya çıkmıştır. Öyle ise, eş kromozom çiftinin mayoz sırasında ayrılması ve döllenme sırasında birleşmesi, Mendel etkenlerinin ayrılım ve birleşim nedenini açıklamaktaydı. Bu varsayımı, 1900'ü yılların başında, çok sayıda deneyle doğrulamıştır. O zaman, Mendel'in "etken"inin yerini, **gen** teriminin alması benimsenmiştir. Araştırma, kromozomların genleri sadece taşımakla kalmadığı, ayrıca genlerin belirli bir düzende her bir kromozom boyunca dizildiklerinin kanıtını sağlamıştır. Bu çalışma kalıtımın modern gen-kromozom teorisini yerleşmesine öncülük etmiştir.

## TEMEL KALITIM KAVRAMLARI

### 18-5 Alleller

Mendel ilkelerine göre, bir organizmanın her bir vücut hücresi her bir özellik geninin iki kopyasına sahiptir. Örneğin, bir bezelye bitkisi bitki boy geninin iki kopyasına sahiptir. Boy geninin bir kopyasının eş kromozom çiftinin her bir kromozomunda aynı konumda bulunduğunu modern kalıttan biliyoruz. Bireysel bir organizmada, belirli bir özellik



geninin iki kopyası benzer ya da farklı olabilmektedir. Örneğin, bezelye bitkisinde boy geninin iki kopyasının ikisi de uzun veya ikisi de kısa veya biri uzun biri kısa biri olabilir. Belirli bir özelliği denetleyen bir genin farklı kopyaları ya da formlarına **alleller** denir. Bezelye bitkisinde, boyu denetleyen gen, ya bir uzunluk alleli ya da bir kısalık alleli olarak mevcuttur. Belirli bir özelliğin allellerinin aynı olduğu organizmaya o özellikçe **homozigot** denir. Alleller farklı ise, organizmaya **heterozigot** denir. Homozigot ve heterozigot sırasıyla, *saf* ve *melez* demektir.

## 18-6 Geneotipler ve Fenotipler

Genel bir uyuşma ile, baskın bir özelliğin alleli büyük bir harfle gösterilir. Örneğin, uzunluk alleli T sembolü ile gösterilir. Zıt çekinik alleli, baskın allel için kullanılan harfin küçüğüyle göstermek alışkanlık haline gelmiştir. Be nedenle, kısalık alleli t sembolü ile gösterilir.

Saf uzun boylu bir bezelye bitkisi iki uzun boyluluk alleline sahiptir. Kalıtsal yapısı TT olarak gösterilir. Saf kısa boylu bezelye bitkisinin kalıtsal yapısı tt, melez bir bitkininki ise Tt'dir. Bir organizmanın kalıtsal yapısına **genotip** denir. Bir organizmanın genotipinin bir sonucu olarak gelişen fiziksel özelliğine **fenotip** denir. İki farklı birey aynı fenotipe fakat farklı genotiplere sahip olabilirler. Saf uzun boylu bir bitki ve melez uzun boylu bir bitki aynı fenotipe sahiptirler (ikisi de uzun boylu), fakat farklı genotiplere (saf bitki için TT ve melez için Tt) sahiptirler.

## 18-7 Olasılık Yasası

Mendel'in deneylerinin *sayısal* sonuçlarının açıklamak için, allelerin ayrılım ve birleşiminde şans ya da olasılık yasasını kullanmalıyız. Metal bir parayı havaya attığımızda, turanın üste gelme şansının ikide bir ya da  $\frac{1}{2}$  olduğunu biliyoruz. Parayı 100 kez atarsak, 50 tura ve 50 de yazı gelmesini bekleriz. Yani, yazı tura oranının aşağı yukarı 1:1 gelmesini bekleriz. Herhangi bir gerçek denemede, yazı tura oranı nadir olarak tam 1:1'dir. Kısa bir denemede, tutduğunuz 4 yazı turanın, 4'ünü tura veya yazı getirebilirsiniz. Ancak, çok büyük sayıda yazı tura attığımızda, 1000 yazı turada, yazı tura oranının 1:1 oranına oldukça yakın olarak bekleyebilir. Denemeler göstermiştir ki, çok büyük sayıdaki denemeler, az farkla oranlar beklenen değere yakın gelmektedir. Kuşkusuz, metal para ya da onunla atılan yazı turada bir tarafın üste gelmesini *daha olası* yapacak hiçbir özel şeyin olmadığı varsayılmaktadır.

Bir başka örnekte, bir oyun zarı atıldığında, her bir yüzün üste gelme olasılığı aynıdır. Zarı 600 defa attığımızda, 6 sayıdan her birinin 100'er defa üste gelmesini bekleriz.

Bu örnekler şans ya da olasılığın temel yasasını açıklamaktadır: Meydana gelebilecek birkaç olası olay varsa ve bunlardan hiçbirinin meydana gelmesi diğerlerinden daha olası

değilse, o zaman, çok sayıdaki denemelerde bunların hepsi eşit miktarlarda meydana geleceklerdir. Bu yasa, Mendel'inkine benzer eşleştirme denemelerinin sonuçlarını kestirme olanağı verir. Unutmamak gerekir ki, çok sayıda bireyin katılmasıyla ancak bu kestirimler uygulanmaktadır.

### 18-8 Punnett Karesi ve Melez Çaprazlama

Saf uzun boylu bir bezelye bitkisi kısa boylu saf bir bitki ile çaprazlandığında ne olacağını değerlendirelim. Uzun bitkinin vücut hücreleri uzun boyluluğun iki alleline sahiptir. Genotipleri TT'dir. Bu bitkilerde gamet oluştuğunda, her bir gamet bir T alleli alır. Kalıtsal düzenlemesi tek bir T harfi ile gösterilebilir. Kısa bezelye bitkisinin hücreleri çekinik kısıklık özelliğinin iki alleline sahiptir. Genotipi tt'dir ve gametlerinde t'dir.

Uzun bitkiden kısa bitkinin tepeciğine polen aktardığımızı kabul edelim. Her bir sperm hücre çekirdeği bir T alleli taşıyacaktır. Kısa bitkinin her bir yumurtalıktaki yumurta hücresi bir t alleline sahip olacaktır. Döllenme meydana geldiğinde, zigotların hepsi bir T alleli ve bir t alleli alacak ve genotipleri Tt olacaktır. Bu zigotlardan gelişen bitki uzun melez olacaktır.

Punnett karesi denilen bir çizeneğe herhangi bir çaprazlamanın sonuçlarını göstermek için uygun bir yol olmaktadır. Bu çizenekte, erkek gametlerin olası allelleri kutucuk kolonlarının üstlerine yazılır. Dişi gametlerin olası allelleri kutucuk sıralarının yanlarına yazılır. Her kutucuğa, kolunun üstündeki allel ile satırın solundaki allelin bir araya gelmesiyle oluşan zigotun allel kombinasyonu yazılır. Sadece bir tek olası kombinasyon olduğu ve tüm zigotları benzer olduğu Bu basit durumda, çizeneğe gereksiz bir karışıklık gibi görünmektedir. Sonuçlar yüzde 100 melez uzun (Tt)'dir. Ancak, bu yöntem daha karmaşık durumlar için çok kullanışlıdır.

Melez uzun boylu bitkilerin hem kendini dölemeye bırakıldığı ve hemde çaprazlandığı bir çaprazlamada Punnett karesinin kullanımı. Bu bitkilerin genotipi Tt'dir. İki farklı alleli içerdiklerinden, iki çeşit gamet üretirler- bir tip T'li ve bir tip t'li. T ve t allelleri eşit miktarlarda bulduklarından, iki tip gamet eşit miktarlarda üretilecektir. Bu, erkek ve dişi her iki gametler için geçerlidir ve tartışılacak önemli bir gerçektir.

Kolonların başındaki her bir harf meydana gelen erkek gametlerin bir tipini temsil etmektedir. Satırların solundaki her bir harf, dişi gametin bir tipini temsil etmektedir. Bu gamet tiplerinin eşit miktarlarda üretildiklerini hatırlayalım.

Şimdi bu analizin anahtar düşüncesine geldik. Çizeneğin her bir kutucuğu bir erkek gamet ile bir dişi gametin olası birleşmesini temsil etmektedir. Gamet tipleri eşit miktarlarda bulduklarından, her bir kombinasyon diğer herhangi biri kadar olasılıkta meydana gelir. Olasılık yasasına göre, çok büyük sayıda tozlaştırma ve döllenme

meydana gelirse tüm bu olası kombinasyonlar yaklaşık olarak aynı miktarlarda meydana gelirler.

Bu punnett karesi dört olası kombinasyon göstermektedir. Dördünün hepsi eşit miktarlarda meydana gelecektir. Büyük miktarlardaki bir döl içinde,  $\frac{1}{4}$  TT 8 saf uzun),  $\frac{2}{4}$  (veya  $\frac{1}{2}$ ) Tt (melez uzun), ve  $\frac{1}{4}$  tt (saf kısa) olacaktır. Buna göre, genotipe göre, yeni dölün oranları 1:2:1'dir. Fiziksel görünüş ya da fenotip  $\frac{3}{4}$  uzun, ve  $\frac{1}{4}$  kısa olacaktır. Böylece, bu çaprazlama dölünün fenotip oranı 3:1 (3 uzuna 1 kısa)'dır.

Punnett karesi ile birleştirilen olasılık yasalarının, Mendel'in çaprazlama deneylerinde bulunduğu sonuçların tanıtılmasına olanak verdiğini görüyoruz.

### 18-9 Bağımsız Açılım yasası

Yukarıda tartışılan melez (hibrid) çaprazlamada, zıt özelliklerden sadece bir çift çalışıldığından, daha doğru olarak **monohibrid çaprazlama** olarak adlandırılır. Mendel'in ilk denemeleri sadece monohibrid çaprazlamaları kapsamaktadır. Örneğin, uzunluk ve kısalıkla ilgili denemelerde, değerlendirdiği bitkilerin diğer özelliklerini kaydetmemiştir. Ancak, bir süre sonra, Mendel, zıt özelliklerin iki çiftini aynı zamanda izlemeye karar vermiştir. Önceki denemelerinden, bezelye tohumlarında, sarı rengin (Y) yeşil renk (y) üzerinde baskın olduğunu ve yuvarlak tohum şeklinin (R) buruşuk tohumlara (r) baskın olduğunu biliyordu. Mendel tohum rengi ve tohum şeklini izlediği çaprazlama denemeleri yaparak devam etti.

Daha önce yaptığı gibi, bu özelliklerce saf olan bitkilerle başladı. Kullandığı bitkilerden, bu iki baskın özellikçe saf olan bir Ana baba: sarı ve yuvarlak tohum ürettiler. Her ikisi çekinik özelliklerce saf olan diğer ana baba: yeşil pürüzlü tohum ürettiler. Bir çeşit bitkiyi diğer çeşit bitkiden yapay olarak tozlaştırdı ve üretilen tohumları gözlemledi. Sonuçlar beklendiği gibiydi. F<sub>1</sub> dölünün bütün tohumları sadece iki baskın özelliği gösterdi, yani hepsi sarı ve düzdü. Hiçbir yeşil veya pürüzlü tohum ortaya çıkmadı.

Bir sonraki adımda bu tohumları ekti ve bitkileri büyümeye ve kendinden tozlaşmaya bıraktı. Bu, tohumların F<sub>2</sub> dölünü üretecekti. Beklendiği gibi, çekinik özellikler bu tohumların bazısında ortaya çıkmıştı. Tohumların çoğu yine de iki baskın özelliği gösteriyordu. Ancak bazısı sarı ve pürüzlü (baskın-çekinik), bazısı yeşil ve düz (çekinik-baskın) ve birazı yeşil ve pürüzlü (çekinik-çekinik) oldu. İki özellik kapsayan, bu tür bir eşleştirme denemesine **dihibrid çaprazlama** denir.

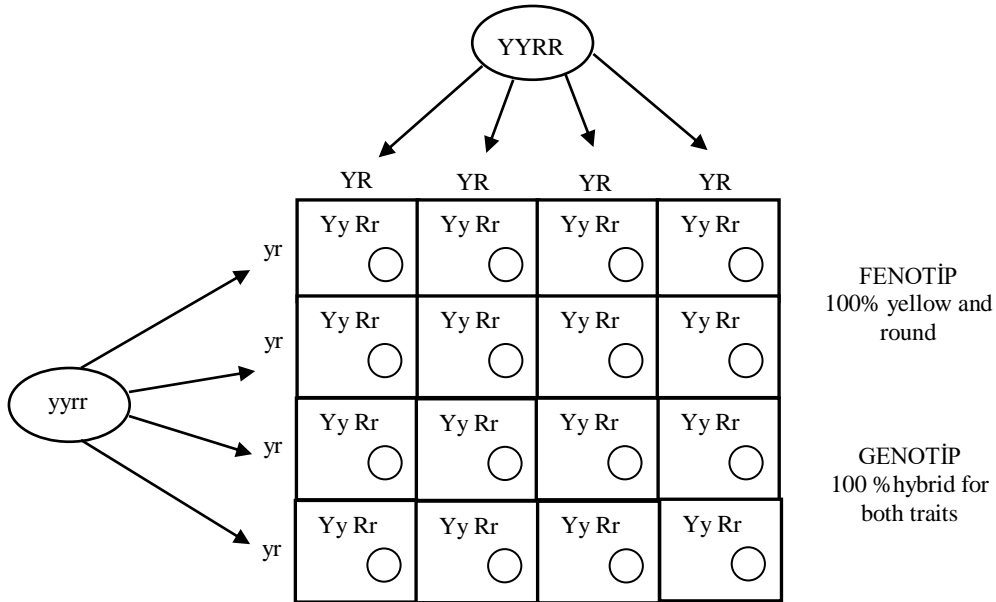
Her bir özellik bağımsız olarak değerlendirildiğinde, monohibrid çaprazlamada beklenen 3:1 oranını göstermektedir. 416 sarı ve 140 yeşil tohum vardır. 416'nın 140'a oranı 2.97:1'dir. 423 yuvarlak ve 133 pürüzlü tohum vardır. Bu oran 3.18:1'dir. Dikkat edersek, sarı, pürüzlü tohumların (bir özellikçe baskın, diğer

özelliğe çekinik) miktarı kadar yeşil, düz tohumlar (bir özelliğe çekinik diğerince baskın) vardır.

Mendel, bu verilerden, farklı özelliklerin birbirinden bağımsız olarak kalıtıldığı sonucuna varmıştır. Bu ilke **bağımsız açılım yasası** olarak bilinir. Çağdaş anlatımla, bu, mayoz sırasında, *farklı özellik genleri ayrılır ve birbirinden bağımsız olarak gametlere dağılırlar* demektir. Bugün bunun her zaman geçerli olmadığını biliyoruz. Nedenleri ileride değerlendirilecektir.

### 18-10 Dihibrid çaprazlamada Fenotip Oranları

Punnett karesi ile dihibrid çaprazlamada beklenen fenotip oranları kestirebilmekteyiz. Her iki özelliğe saf baskın ve her iki özelliğe saf çekinik arasındaki çaprazlama için önce çizeneği kuralıyız (Şekil 18-1). Boşluklarda her bir ana babadan gelen dört gamet verilmektedir. Bağımsız açılım yasasına göre, dört farklı ancak iki allelin olası eşit kombinasyonları, mevcut iki genin her birinden biri, aynı gamette son bulabilmektedir. Bu durumda, gametlerdeki tüm olası dört allel kombinasyonları aynı genotipe sahiptir, fakat dört farklı eşleşme ile sonuçlanmaktadır. İkinci çaprazlamada, bu nokta önemli olmaktadır.



**Şekil 18-1. Zıt İki Özelliğe Saf Ana-Baba Çaprazlaması**

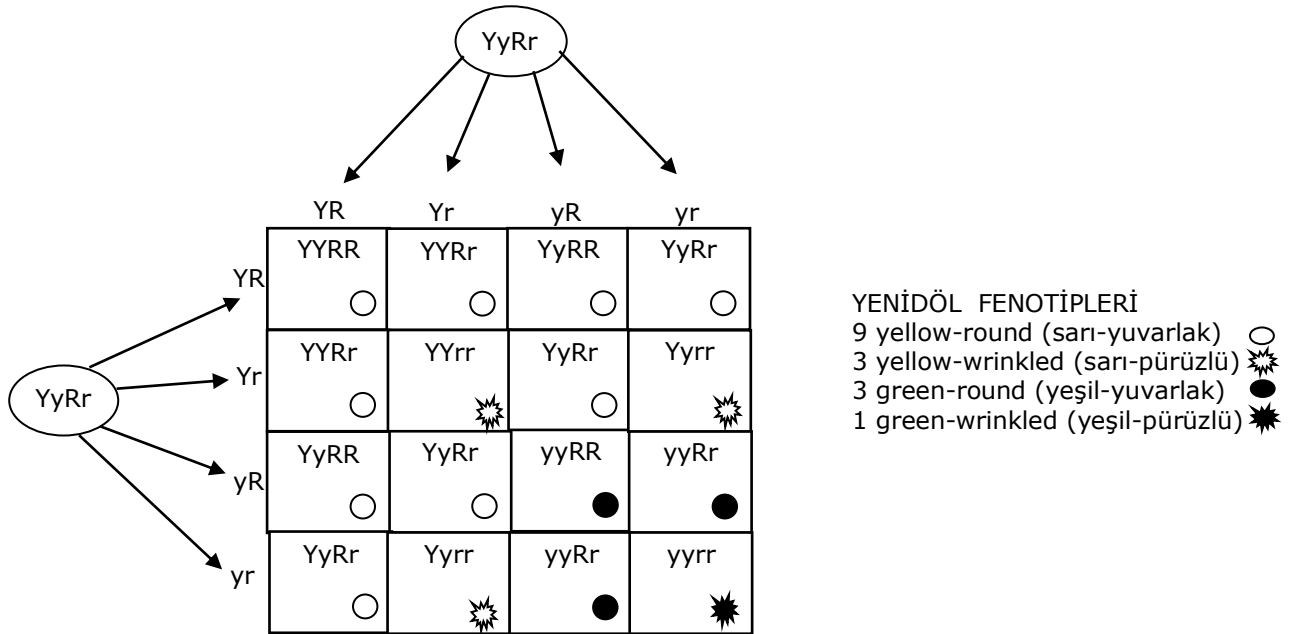
Beklendiği gibi, F1 dölünde yeni neslin feneotipleri her iki özellikçe (sarı ve düz) yüzde yüz dominanttılar. Genotip her iki özellikçe yüzde yüz melezdır (YyRr).

Şimdi de bu melezler arasındaki bir çaprazlama için Punnett karesi kuralım. Bu kez dört olası gamet farklı olacaktır: YR, Yr, yR, ve yr. Olasılık yasası ile, dört tip gametten eşit miktarlarda bulunacaktır. Bu çaprazlama ile üretilen zigotlar Şekil 18-2'de gösterilmiştir.

Tekrar olasılık yasası ile, tüm olası zigot eşit miktarlarda meydana gelecektir. Punnett karesi çok büyük miktarlarda yeni neslin üretildiği çeşitlerin oranlarını göstermektedir. Fenotipler şöyledir:

- 9 sarı-yuvarlak (baskın-baskın)
- 3 sarı-pürüzlü (baskın-çekinik)
- 3 yeşil-yuvarlak (çekinik-baskın)
- 1 yeşil-pürüzlü (çekinik-çekinik)

Bu 9:3:3:1 fenotip oranı yeni nesil miktarının yeterince çok olduğu dihibrid çaprazlamalarda gözlenen orandır. Dikkat edilirse bağımsız olarak değerlendirildiğinde her özellik çoğunlukla 3:1 fenotip oranına sahiptir. 12 sarı tohuma karşılık 4 yeşil ve 12 düz tohuma karşılık 4 pürüzlü tohum vardır.



**Şekil 18-2. Bir Dihibrid Çaprazlama Sonuçlarının Bildirimi**

### 18-11 Test Çaprazlama

Bir bireyin bir özellikçe saf (homozigot) veya melez (heterozigot) olup olmadığını sadece görünüşünden söylemek mümkün değildir. Bitki ve hayvan yetiştiricileri, üretimde kullanacakları ana baba hakkında çoğunlukla bu bilgiye gereksinim duyarlar. Geri çaprazlama denilen bir işlem bu amaç için kullanılabilir.

Gerı çaprazlamada, genotipi bilinmeyen birey, zıt eklinik özellik gösteren bir bireyle iftleştirilir. İkinci bireyin genotipi bilinmektedir, zira eklinik özellik gösterdiğinden, bu özellikçe kesin homozigottur. Bilinmeyen bireyin geneotipi, homozigot veya heterozigot olabilir. Test aprazlama hangi halde olduğunu göstermektedir.

Test çaprazlamanın nasıl çalıştığını anlamak için, bezelye bitkisini örnek olarak alalım. Bir yetiştirici mevcut bitkinin homozigot (tt) ya da heterozigot (Tt) olup olmadığını öğrenmek ister. Bilinmeyen bitki, kesin homozigot (tt) olan kısa bir bitki ile yapay tozlaşma yoluyla çaprazlanır.

Bilinmeyen bitki saf uzunsa, çaprazlama neslinin tamamının uzun olduğunu göreceğiz. Eğer bu bitki heterozigot uzunsa, neslin yarısı, ortalama olarak, kısa olacaktır. Bu, test çaprazlamanın, uzun ana babada eklinik allelin bulunduğunu göstermesidir. Bu yöntemin üstünlüğü, fenotiplerin kapsamlı test ve sayımını gerektirmemesidir. Tek bir kısa nesil bile uzun ana babanın kısıklık alleli taşıdığını gösterecektir. Böylece, genotipi bilinmeyen bir bireyin eklinik bir bireyle çaprazlanması ve yeni neslin incelenmesiyle, bilinmeyen bireyin homozigot ya da heterozigot olup olmadığına karar vermek mümkün olmaktadır.

### 18-12 Yarı Baskınlık

Genlerin çoğu, ana hatları Mendel tarafından çizilen rnelere uyarlar, ancak çoğu da uymaz. Bazı organizmalarda, her iki allel heterozigot bir bireyin fenotipine katkıda bulunur. Bu **yarı baskınlık** ya da *karışık kalıt* olarak bilinir. Örneğin, Japon dört (o'clock) bitkisi baskınlık örneğine uymaz. Kırmızı iekli bir bitki ile beyaz iekli bir bitki arasındaki bir çaprazlama pembe iekli nesille sonuçlanır. Yarı baskın genotiplerin, her bir allel için, büyük ilk harf kullanılarak yazılabildiğine dikkat edelim. Bu durumda kırmızı, R ile ve beyaz, W ile gösterilmektedir. Kırmızı veya beyaz iekli bireyler her zaman homozigottur (RR veya WW). Heterozigotlu bireyler (RW) ara bir renge sahiptir. Dört bitkisinin iki pembe melezi çaprazlandığında, F<sub>2</sub> dölünde 1:2:1 oranında kırmızı-pembe-beyaz iekli nesil üretilir.

Endülüs tavuk çeşidinde, saf siyah ile saf beyaz tavuklar arasındaki çaprazlama mavi bir dl üretmektedir. Mavi tavukların tüyleri mavi pigment taşımaz, ancak üzerlerinde siyah ve beyaz alanlar küçük yamacıklar halinde düzenli bir Şekilde bulunur. Mavi bireyler çaprazlandığında, F<sub>2</sub> dölünde siyah, mavi, beyaz tavuklar 1:2:1 oranına sahiptir. Yarı baskınlık, ana babanın her ikisinden farklı fenotipli bir F<sub>1</sub> dölü ile ayırt edilir. F<sub>2</sub> dölü, normal Mendel kalıtında görülen 3:1 oranı yerine, 1:2:1 oranında bir fenotip gösterir.

Diğer bir yarı baskınlık rneği aslanağzında iek rengidir. At ve siğir derilerindeki demirkırı, önce yarı baskınlık olarak dşnlmş, Şimdi ise ortak baskın (kodominant) olarak bilinen değiştirilmiş baskınlığın diğer bir Şekli olarak bilinmektedir.

### 18-13 Kodominantlık (Ortabaskınlık)

Kodominantlıkta, iki baskın allel aynı anda ortaya çıkar. Bu, Allelin ne tamamen baskın ne de tamamen baskılanmış olduğu yarı baskınlıktan farklıdır. Yarı baskınlıkta iki allelin ortaya çıkması, bir ara özelliğin ortaya çıkması ya da iki özelliğin karışımı ile sonuçlanmaktadır. Ancak ortak baskınlıkta, her iki allel de açığa çıkmakta; özelliklerin bir karışımı olmamaktadır. Homozigot kısa boynuzlu siğirle homozigot beyaz kısa boynuzlu siğir arasındaki çaprazlama, demirkırı postlu heterozigot bir nesille sonuçlanmaktadır. Demirkırı post, kırmızı ve beyaz tüylerin bir karışımından ibarettir. Her bir tüy ne tam kırmızı ne de tam beyaz olmadığından, bu durum ortak baskınlık göstermektedir.

Ortak baskınlıkta genotipleri temsil etmek için çoğunlukla üst konumlu büyük harfler kullanılır. Örneğin,  $C^R$  sembolü kusa boynuzlu siğirda kırmızı post allelini ve  $C^W$  sembolü beyaz post allelini gösterebilmektedir. Bu durumda homozigot kırmızı post genotipi  $C^R C^R$  olarak ve homozigot kırmızı post genotipi  $C^W C^W$  olarak sembolize edilmektedir.

Ortak baskınlık insan kalıtımında da ortaya çıkar. Orak hücre anemisi hastalığının kalıtımı yarı baskın alleler tarafından denetlenmektedir. Bu hastalık anormal hemoglobinden dolayı anormal şekilli kırmızı kan hücreleri ile sonuçlanmaktadır. Orak hücre durumu ciddi etkiler meydana getirir. Bazen beyinde kan damarları tıkanıdığından, oksijen temini azalır ve beyin hücrelerinde zarar meydana gelir. Normal hemoglobin ve orak hücre allel durumlu heterozigot bir kişi, normal ve orak şekilli her iki çeşit kan hücresi üretir. Kan gruplarının kalıtımı insanda bulunan diğer bir ortak baskınlık örneğidir.

### 18-14 Çoklu Alleler

Bazı özelliklerin ikiden çok alleleri türde bulunur. Bunlardan **çoklu alleler** olarak söz edilir. Çoklu alleler bulunduğu, tek bir birey her bir özellik için ikiden çok allele sahip olmazken, farklı bireyler farklı allel çiftlerine sahip olabilir.

İnsan kan grubu alleleri, bir özellikçe çoklu allellere bir örnektir. ABO kan grupları sistemi Bölüm 9'da açıklanmaktadır. Çoklu allelerin bulunması bu sistemde niçin dört farklı kan grubu bulunduğunu açıklar. Kan gruplarını denetleyen A, B ve O denilen üç allel vardır. O çekiniktir. A ve B her ikisi de O üzerinde baskındır ancak birlerine baskın değildirler. A ve B bir bireyin genotipinde ikisi birlikte bulunduğu, allelerin her ikisi de ortaya çıkar.

Bir çoklu allel sisteminde, alleleri göstermenin yaygın yolu, baskın alleli göstermek için büyük I harfi ve çekinik alleli göstermek için küçük i harfi kullanmaktır. Ardından üst konumlu bir harf her bir belirli baskın alleli tanıtır. Böylece  $I^A$  baskın allel A'yı,;  $I^B$  baskın allel B'yi temsil eder ve i çekinik allel O'yo temsil ettiği anlaşılır.

Üç allel bulunduğu, altı olası genotip mevcuttur:  $I^A I^A$ ,  $I^A I^B$ ,  $I^A i$ ,  $I^B I^B$ ,  $I^B i$ , ve  $ii$ .

Rh faktörü de insan kalıtımında bir çoklu alleler örneğidir.

**MODERN KALITIM**

Kolombiya Üniversitesinde bir yüksek lisans öğrencisi olan W.S. Sutton, 1902 yılında, çekirgede sperm oluşumunu çalışıyordu. Diploid hücrelerde homolog kromozom çiftini ve spermatogenesis sırasında homolog kromozomların ayrılmasını gözlemledi. Mayoz sırasında ayrılan bazı kromozomların, başlangıçta hayvanı meydana getiren dölleme işlemi sırasında birleşen kromozomlarla aynı olduklarını anladı.

Mendel'in çalışmasını elde ettikten sonra, Sutton Mendel kuramının etkenlerinin ya da genlerin, kromozomlarla taşındıklarını düşünmeye başladı. Sutton, Mendelin bezelye bitkileri ile yaptığı dihibrid denemelerini, tohum rengi geninin alleleri ve tohum kabuk yapısı geni allelerinin homolog olmayan kromozomlarda olduklarını açıkladı. Bu şekilde bağımsız çeşit yer alabilmiştir. Araştırmasını "Kalıtımda Kromozomlar" adlı bir makalede yayınladı.

Sutton'un çalışması, genlerin kromozomlarda taşındıklarını kanıtlamakla kalmamış, kalıtımın anlaşılmasında çok önemli bir varsayım olmuştur. Genlerin kromozomlarda taşındığının son kanıtı, yine Kolombiya Üniversitesinde kalıtmacı olarak çalışan Thomas Hunt Morgan tarafından elde edilmiştir.

**19-1 Eşey Belirleme ve Kromozomlar**

Yaklaşık 1890'da erkek ve dişilerin hücrelerindeki kromozomların, bir çift dışında özdeş oldukları gözlemlenmiştir. Bilim adamları, bu farklı kromozomların bir organizmanın eşeyini belirlediğini kabul etmişlerdir. Bu varsayım artık tam olarak doğrulanmıştır. Bu iki eşleşik olmayan kromozom **eşey kromozomları** olarak; diğer kromozomlar **autozomlar** olarak bilinmektedir. Eşey kromozomlarının bulunması, kromozomların genetik özellikleri ile bağlantılı olduğundan genetik araştırmalarda önemli olmuştur.

İnsan vücut hücrelerinde 23 çift kromozom vardır: 22 çift autozomlar ve 1 çift eşey kromozomları. Eşey kromozomlarına X ve Y denir. Dişi insanların hücreleri iki X kromozomu içerir. Erkeklerin hücreleri bir X kromozomu ve bir Y kromozomu içerir. Mayozla dişide insan yumurta hücreleri üretilirken, her bir yumurta hücresi bir X kromozomu alır. Bununla birlikte, erkekte üretilen, biri X kromozomu diğeri Y kromozomu alan, iki çeşit sperm hücresi vardır. İnsanlarda dölleme meydana geldiğinde, yumurtayı dölleyen sperm çeşidine göre, zigot ya XX veya XY olmaktadır. Bir XX zigottan



dişi; bir XY zigottan erkek gelişir. İnsanlarda, dölütün eşeyini belirleyen erkeğin spermidir.

Hayvanların tamamı insanlardaki eşey kromozom sisteminin aynısına sahip değildir. Kuşlar, kelebekler ve bazı balıklarda, erkek iki özdeş eşey kromozomuna sahiptir ve dişi iki farklı gamet çeşidi üretir. Bu hayvanlarda, dölütün eşeyini belirleyen dişinin yumurtalarıdır.

## 19-2 Eşeye Bağlı Özellikler

1900'lü yılların başında Thomas Hunt Morgan Kolombiya Üniversitesinde bir kalıtım araştırmasına başlamıştır. Genlerin anlaşılmasına çok büyük katkılar sağlamıştır ve çalışmasından dolayı 1933 yılında Nobel ödülü almıştır. Morgan'ın araştırmalarının bu kadar başarılı olmasının bir nedeni, deney hayvanı olarak, meyve sineği, *Drosophila*'yı seçmiş olmasıdır.

Meyve sineği olgunlaşan meyvelerin civarında bulunduğundan böyle adlandırılır. Kalıtım deneyleri için çok yararlı bir organizmadır. Sadece 2 milimetre boyunda olduğundan, çok büyük miktarları orantısal olarak çok küçük bir yerde tutulabilmektedir. Laboratuvar kültürlerinde yetiştirilmesi çok kolaydır. Meyve sineği çok sayıda nesil üretir. Çiftleşen bir çift 300'den fazla yavru üretebilir. Yaklaşık 14 günde tamamlanan bir yaşam döngüsüne sahiptir. Böylece kalıtmacı kısa bir süre içinde pek çok sinek dölünü araştırma olanağına sahiptir.

*Drosophila*'yı araştırmanın diğer bir üstünlüğü sadece sekiz kromozomunun olmasıdır. Tükürük bezi hücrelerinin, mikroskop altında kolaylıkla gözlemlenebilen dev kromozomları vardır.

Morgan, araştırarak ilginç özellikler bulmak için mikroskobik olarak binlerce meyve sineğini inceledi. *Drosophila*'nın normal göz rengi parlak kırmızıdır. Bir gün kültürde beyaz gözlü erkek bir sinek ortaya çıktı. Daha önce bu özelliği hiç görmediğinden, onu araştırmaya karar verdi. İlk adımı beyaz gözlü erkeği normal kırmızı gözlü dişi ile çitleştirmek oldu. Bu çitleştirmenin bütün nesli kırmızı göz göstermesi, Morgan'ı beyaz gözlerin allelinin çekinik olduğu sonucuna götürdü.

Bu çaprazlama Mendel kalıtımının olağan kurallarına uyuyorsa, F1 dölünün bütün kırmızı gözlü sinekleri göz rengi için heterozigot olacaktı. Kırmızı göz baskın alleli R ile ve beyaz göz çekinik alleli r ile gösterilirse, bu dölün genotipi Rr olmalıydı. Morgan bu kabulü test etmek için F1 dölünün erkek ve dişilerini çitleştirmiştir. F2 dölü beklenen kırmızı göz beyaz göz oranını gösterdi-sineklerin dörtte üçü kırmızı gözlü ve dörtte biri beyaz gözlüydü. Ancak, sonuçlarda bir tuhafılık vardı-tüm beyaz gözlü sinekler erkekti. **Dişilerin hepsi kırmızı gözlüydü.**

Ne olduğunu hakkında daha fazlasını bulmak için, Morgan bir çeşit test çaprazlaması yaptı. Başlangıçtaki beyaz gözlü erkeği F1 dölünden kırmızı gözlü bir dişi ile çitleştirdi. Bu

kez dişilerin yarısı beyaz gözlü ve yarısı kırmızı gözlü oldu. Erkeklerin de yarısı kırmızı yarısı beyaz oldu.

Bu sonuçlar üzerinde düşündüğünde, Morgan, Y kromozomunun X kromozomundan kısa olduğunu biliyordu. Morgan, bir göz rengi allelinin meyve sineğinde X kromozomunda taşındığını ve Y kromozomunda karşılayan (KARŞILIK GELEN) herhangi bir allelin olmadığını varsayımını kurdu. Bu nedenle, bir erkek sinek bu özellikçe çekinik allel gösterecekti. Bir dişi sinek bu özelliği göstermek için X kromozomlarının her ikisinde çekinik allele sahip olacaktı.

Punnett kareleri aracılığıyla, aşağıda gösterilen çaprazlama sonuçlarının açıklanması (açıklaması olarak) için Morgan'ın varsayımını gösterebiliriz. Bu çizelelerde, Xr kırmızı göz baskın allelini taşıyan X kromozomunu göstermektedir, Xr beyaz göz çekinik alleli X kromozomunu ve Y göz rengi geni olmayan Y kromozomunu göstermektedir.

Her şeyden önce, beyaz gözlü bir dişi sağlanmış olması, daha çok doğrulama testi yapmaya olanak vermiştir. Morgan beyaz gözlü bir dişiye kırmızı gözlü bir erkekle çaprazlamıştır. Dişi dölün hepsi kırmızı gözlü; erkeklerin hepsi beyaz gözlü olmuştur. Bir Punnett karesi kurarak bu sonucu açıklamak isteyebilirsiniz.

Eşey kromozomunda bulunan bir gen tarafından denetlenen bir özellik **eşeye bağlı özellik** 'tir. Bu özelliğin görülme şansı bireyin eşeyi tarafından etkilenmektedir. Eşeye bağlı özelliklerin çoğu Y kromozomunda değil, X kromozomunda bulunan genler tarafından belirlenmektedir. Morgan'ın eşeye bağlı özellik ile ilgili buluşu Sutton'un genlerin kromozomlar üzerinde bulunduğu varsayımının çok kuvvetli doğrulayıcısı olmuştur. Birkaç insan hastalık vakası ile ilişkilendirildiğinde, kendine özgü doğrusuyla önemli bir buluş olmuştur.

### 19-3 İnsanlarda Eşeye Bağlı Özellikler

Pek çok insanın genel sağlık durumları ve hastalıkları belirli genlerin anormal çekinik allellerinden ileri gelmektedir. Normal allel vücudun bazı işlevleri yapmasına olanak verirken anormal allel buna izin vermemektedir. *Kusurlu allel* terimi kalıtsal hastalıklara neden olan anormal alleleri ifade etmekte kullanılmaktadır. İnsan kalıtımında bilinen kusurlu allelerin bir kaçı eşeye bağlıdır. Eşeye bağlı kusurlu allelerin neden olduğu insan hastalıkları arasında bir kan pıhtılaşma sistemi hastalığı olan hemofili, ve kas hücrelerinin kademeli yıkımı ile sonuçlanan, distrofi vardır. Gece körlüğünün bir çeşidi ve renk körlüğü daha az ciddi eşeye bağlı kalıtsal hastalıklardır.

**Renk körlüğü** bireyin, büyük çoğunlukla kırmızı ve yeşil, gerçek renkleri algılayamadığı bir sağlık sorunudur. Bu sağlık sorunu dişilerden çok erkeklerde yaygındır. Orantısız olarak çok az sayıda dişi renk körlüğüne uğrarken, onun *taşıyıcıları* olabilmektedirler. Taşıyıcılar bir X kromozomunda renk körlüğü alleline sahiptirler, ancak,

bu çekinik kusurlu allelin etkisi, diğer X kromozomundaki normal bir allel ile ortadan kaldırıldığından, bundan etkilenmezler.

Her erkek annesinden bir X kromozomu ve babasından bir Y kromozomu alır. Anne renk körlüğü taşıyıcısı ise, kusurlu alleli X kromozomunu erkek çocuklarından birine aktarma şansı yüzde ellidir. Y kromozomu renk körlüğünün karşı alleline sahip olmadığından, bir erkek çocuğa kusurlu alleli bir X kromozomu kalıtılırsa, allel ortaya çıkar ve bu erkek çocuk renk körlüğü çeker. Bir kız çocuğu kusurlu alleli annesinden ve normal alleli babasından alırsa sadece taşıyıcı olur.

Bir baba erkek çocuğunun sadece Y kromozomuna neden olduğundan, renk körü bir baba renk körlüğü allelini erkek çocuklarına geçiremez. Ancak, bu kusurlu alleli tüm kız çocuklarına geçirir. Bu durumda anne kusurlu allelin taşıyıcısı ise, bir kızın kusurlu alleli babasından olduğu kadar annesinden de kalıtılmasında yüzde 50 şans vardır. Böylece ortalama olarak, bu evlilikten olan kızların yarısı renk körü olacak ve diğer yarısı taşıyıcı olacak. Erkeklerin yarısı da renk körü olacak, ancak bu sonuç babanın genotipine bağlı olmayacak. Ana babanın her ikisi renk körüyse, hiç biri normal bir allel taşımadığından tüm döllerinin hepsi renk körü olacaktır.

#### 19-4 Gen Bağlantısı

Her organizmanın binlerce geni vardır. Her bir vücut hücresinde de sınırlı az sayıda kromozomları vardır. Bu nedenle her bir kromozomda çok sayıda genin bulunması gerekir. Aynı kromozoma yerleşen genlere *bağlantılı* denir.

Aynı kromozomdaki genler bağlantılı ise, mayoz sırasında bağımsız olarak dağılamazlar ve bu yüzden Mendel'in bağımsız birleşim yasasına uymamaları gerekir. Mendel, bağımsız birleşim yasasına, araştırdığı özelliklerin farklı kromozomlarda bulunan genler tarafından kontrol ediliyor olmasından dolayı varmıştır.

**Gen bağlantısı** ilk örneklerinden biri R. C. Punnet ve William Bateson'un araştırmalarında 1906 yılında, Cambridge Üniversitesi'nde bulunmuştur. Punnet ve Bateson, bezelye bitkilerinde iki özellik çiftinin, mor (baskın) ile kırmızı (çekinik) çiçekler ve uzun (baskın) ile yuvarlak (çekinik) polen tozlarının kalıtılmasını araştırıyorlardı. Her iki özellikçe baskın saf bitkiler, her iki özellikçe çekinik saf bitkilerle çaprazlandı.  $F_1$  dölünde, her iki özellikçe baskın olanın, beklenen yüzde yüz fenotipi gözlemlenmedi. Ancak, bu melezler çaprazlandığında,  $F_2$  dölünde beklenen 9:3:3:1 fenotip oranlarını göstermemişlerdir. Bu sonuçlar, tek bir melez çaprazlamadan sağlanan 3:1 oranına daha yakın olmuştur. İki baskın özelliğin, iki çekinik özellikteki gibi beraber kalıtıldıkları görülmüştür. Bağımsız olarak dağılmamışlardır.

T. H. Morgan *Drosophila* ile benzer sonuçlar elde etmiştir. Belirli özelliklerin beraber kalıtıldıkları görülmüştür. Morgan, bunu, genlerin kromozomlarda taşındıklarının

ve aynı kromozomda taşınan genlerin beraber kalıtıldıklarının bir diğer kanıtı olarak almıştır.

### 19-5 Crossing-Over

Bağlantılı gen varsayımı ile ilgili güçlük, bağlantının tam olduğunun görülememesidir. F2 dölünde yeni neslin küçük bir yüzdesinde, bağlantılı genler ayrılmaktadır. Örneğin, Punnett-Bateson'un araştırmalarında, mor çiçekli ve yuvarlak polenli bazı bitkiler ile kırmızı çiçekli ve uzun polenli bazı bitkiler vardır. Ancak miktarları, Mendel kalıtımının 9:3:3:1 oranlarından uzaktı. Burada gözlenen oranlar bir deneyden diğerine oldukça değişmezdi, ancak herhangi bir matematik analizle açıklanmaları güçtü.

Sonuçta, Morgan, bu alışılmamış oranların nedenini, mayoz sırasında, bazen homolog kromozom parçalarının, kromozomların farklı gametlere gitmek için ayrılmalarından önce, değiştirilmesi olduğu kararına vardı. Bu işleme crossing-over adını verdi. Şimdi, crossing-over'ın, her bir homolog kromozom çiftinin dört kromtidinin yakın temasında, birinci mayotik bölünmenin sinapsı sırasında meydana geldiği bilinmektedir.

Crossing-over'ın bir sonucu olarak, gametlere bölünen kromozomların yeni gen bağlantıları vardır. Bunlar ana baba hücrelerinde özdeş değildir. crossing-over yeni neslin çeşitliliğinin çok önemli bir kaynağıdır.

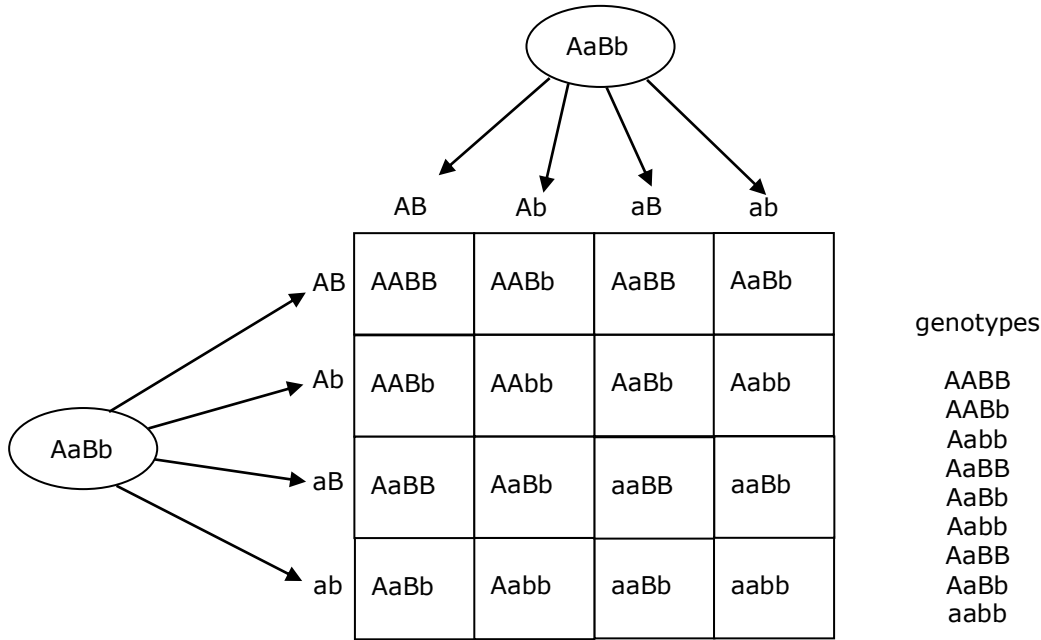
Morgan, aynı kromozomda birbirinden uzakta olan genlerin, birbirine yakın olan genlerden, crossing-over'la, daha sık ayrıldıkları yargısına varmıştır. Yeni nesil Melez oranlarının araştırılmasında pek çok farklı bağlantılı gen çifti çaprazlanır. Morgan her bir özel çiftin ne kadar yakın veya ne kadar uzak ortaya çıkabileceğini aritmetiksel olarak hesaplamaya muktedir olmuştur. Bu yolla *Drosophila*'daki kromozomların gen haritasını yapabilmiştir. Her bir gen haritası, genlerin crossing-over'da ayrılma sıklıklarına dayalı sonuç çıkararak, kromozomdaki genlerin ardılığını gösterir.

### 19-6 Çoklu-Gen Kalıtımı

Mendel tarafından araştırılan özelliklerin aksine, hayvan ve bitkilerdeki pek çok özellik, iki zıt şekillerde ortaya çıkmazlar. Örneğin, insanlar ne uzun ne de kısırdırlar. Bunun yerine insan boyu, çok kısırdan çok uzuna geniş bir aralıkta sürekli değişme gösterir. Aynısı insan deri rengi ve meyve ve sebze boyutları için geçerlidir. İki uç arasında sürekli halde değişen özellikler tek bir genin allelleri tarafından kontrol edilmezler. Bunun yerine, iki veya daha fazla farklı genin allelleri tarafından etkilenirler. İki veya daha fazla genin aynı karakteristiği etkilemesi, **çoklu-gen kalıtımı** veya **çok genli kalıtım** olarak bilinir.

Çoklu-gen kalıtımının en basit durumu, her biri kendi allel çifti, iki geni kapsar. Mısırdaki koçan büyüklüğü ve buğdayda tane rengi iki gen tarafından kontrol edilirler. Bu örneklerden birini kullanarak, bu genleri Aa ve Bb olarak gösterebiliriz. Bu iki genle, dört

farklı olası gamet ve dokuz farklı genotip olabilir (Şekil 19-1). Genotipte büyük harflerin sayısı ne kadar çoksa mısır koçanı o kadar büyük veya buğday tanesi o kadar koyudur. Böylece, en uzun mısır koçanı veya en koyu buğday tanesi AABB genotipine sahip olacaktır. En küçük koçan ve en açık renkli tane aabb genotipine sahip olacaktır. Diğer bütün genotipler bu iki uçlar arasında özellikler gösterecektir.



**Şekil 19-1. Çoklu Gen Kalıtımı**

### 19-7 Çevre ve Kalıtım

Genler bir organizmanın gelişimi, yapısı ve metabolik işlemleri için tüm bilgiyi taşır. Ancak, çevre de, hangi genlerin açığa çıkacağına belirlemede rol oynar. Örneğin, Himalya tavşanının, kulaklarında, burnunda, ayaklarında ve kuyruğunda siyahı bulunan, vücudunun çoğunda beyaz olan postu vardır. Bu desen vücudunun çeşitli kısımlarında sıcaklık farkı ile meydana gelmektedir. Bir gen, sıcaklığın 33 °C'nin altına düşmesiyle, vücut kısımları üzerindeki deride siyah pigment birikimine neden olmaktadır. Bu, bir Himalya tavşanının arkasına tüylerin kazındığı bir alana bir buz sargısının yerleştirilmesi örneği ile açıklanabilmektedir. Yeni gelişen kürk siyah olmaktadır. Genler tüm özelliklerin temel bilgisini taşırlar, ancak organizmaların fenotipi, çevresel etkenler tarafından sıkça değiştirilebilmektedir.

## MUTASYONLAR

Bitki ve hayvan yetiştiriciler, bir bitki veya hayvan ırkında yeni özelliklerin aniden ortaya çıktığını, uzun bir zamandan bu yana biliyorlardı. O halde bu özellikler Mendel ilkelerine göre kalıtlanabilmektedir. Aniden ortaya çıkan yeni bir özelliğe **mutasyon** denir. Bu yeni özelliği gösteren ilk bireylere *mutantlar* denir. Mutasyon düşüncesine ilk itibar eden, Mendel'in çalışmalarını yeniden keşfeden bilim adamlarından biri olan, Alman botanikçi Hugo De Vries olarak tanıtılmaktadır. De Vries'in canlı organizmalarda bir mutasyonu ilk gözlemlemesi gece çuhaçiçeği olarak bilinen bir bitkide olmuştur.

Şu an iki ayrı mutasyon çeşidinin olduğu bilinmektedir. Bir çeşidi, geni taşıyan kromozomda aniden ortaya çıkan mevcut bir özelliğin yeni bir alleli olan **gen mutasyonu**'dur. T. H. Morgan'ın bulduğu beyaz gözlü erkek meyve sineği göz rengi geninin mutasyonunun sonucuydu. Gen mutasyonunun doğası Bölüm 20'de tartışılmaktadır. Diğer mutasyon çeşidi bir kromozomal mutasyondur. Kromozomal mutasyonlar bir organizmanın hücrelerindeki bütün bir kromozomun yapısında veya kromozom sayısındaki bir değişikliği kapsar. De Vries tarafından gözlemlenen mutasyonlar kromozomal mutasyonlardır.

Eşeyli üreyen bir organizmada kalıtlanan bir mutasyonun mutlaka bir gametin DNA'sında bulunması gerekir. Böylece, mutasyon bir gamette veya bir gametin geldiği herhangi bir hücrede mutlaka meydana gelir. Vücut hücrelerinde meydana gelen mutasyonlar, bu hücreler üremeye katılmadıkları için yeni döllere aktarılamazlar.

### 19-8 Kromozomal Mutasyonlar

Kromozom Yapısında Değişmeler. Kromozom yapısında sürekli değişmeler bazen mayotik hücre bölünmesi sırasında meydana gelir. Mayozda bir tetrad oluşumu sırasında, kromatidler birbirine dolaşabilirler ve kromozom bölütleri birkaç şekilde düzenlenebilirler. Bu değişiklikler *crossin-over*'la karıştırılmamalıdır. **Translocation** bir kromozom bölüdünün homolog olmayan bir kromozoma aktarılmasıdır. Bir kromozom parçasının dönmesi, bölütteki genlerin sırasını tersine çevirirse, **inversion** meydana gelir. **Addition** bir kromozom bölüdünün kırılması ve homologuna eklenmesidir. **Deletion** sadece bir kromozom bölüdünün kopmasından kaynaklanan bazı genlerin kaybedilmesiyle meydana gelir.

**Nondisjunction.** Bir bütün kromozomun yanlış yere konulması mayoz sırasında meydana gelebilir. Böylece yeni organizmada fazladan bir kromozom bulunabilir ( $2n+1$ ) veya bir bütün kromozom çıkarılabilir ( $2n-1$ ). Bu değişme, kromozomların normalde ayrıldıkları mayoz sırasında beraber kalmalarından meydana gelir. Bu olay **nondisjunction** (ayrılmama) olarak bilinir.

Ayrılmama insanlarda birkaç ciddi kalıtsal kusura neden olur. Çoğunlukla *mongolism* olarak bilinen *Down sendromu*, fazlalık bir kromozomun sonucudur.

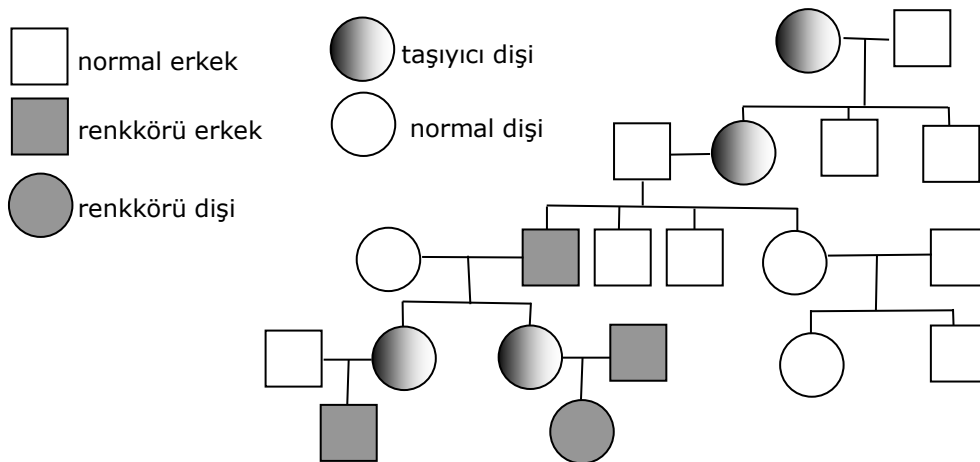
Bu duruma uğrayan bir kişinin her bir hücresinde 21 numaralı kromozomdan üç tane bulunur; bu kişi zihinsel özürdür ve fiziksel anormalliklere sahiptir. Eşeyssel gelişme eşey kromozomlarının ayrılmaması ile etkilenebilmektedir. Turner sendromu denilen bir durum, hücrelerde sadece bir X kromozomunun bulunmasından meydana gelmektedir ve dışide eşey karakteristiklerin az gelişmesi ile sonuçlanmaktadır. Klinefelter sendromunda, her bir hücresinde iki X ve bir Y'ye sahip bir erkekte, normal erkek görünüşü, ancak gelişmemiş eşey organlar meydana gelir.

**Poliploidi. Poliploidi** hücrelerinde normal kromozom sayısından daha fazla kromozom bulunan bitkilerdeki bir durumdur. Örneğin,  $3n$ ,  $4n$  ve hatta  $5n$  sayıda kromozomları olabilmektedir. Polyploidi, kromozomların mitoz ya da mayoz sırasında normal olarak ayrılamamalarından meydana gelir. Poyploidi bitkiler ve meyveleri normalden daha büyüktür ve bitki yetiştiriciler bazen polyploidi bitkiler geliştirmek için kimyasallar kullanırlar.

## KALITSAL İNSAN HASTALIKLARI

İnsan kalıtımı ile ilgili çok şey bilinmekle birlikte, insanlarda, özelliklerin bir dölden diğerine geçirilmesi, bitkilerde ve diğer hayvanlardaki yolla araştırılmamaktadır. Kuşaklar arasındaki süre çok uzun, nesildeki birey sayısı çok az ve kontrollü deneyler imkansızdır.

Bilim adamları insanlardaki belirli kalıtsal özellikleri, bu özelliklerin döllere boyunca ortaya çıkışını izleyerek öğrenmektedirler. Bir soyağacı çizimi, her bir dölün her bir üyesinde belirli bir özelliğin bulunup bulunmamasını gösterir. [Şekil 19-2](#) bir ailenin beş kuşağında renk körlüğünün kalıtılmasının izlenmesini göstermektedir.



**Şekil 19-2. Bir Soyağacı Çiziminde Bir Ailede Renk Körlüğünün İzlenmesi**

Renk körlüğü taşıyıcısı dişinin varlığında, bu durum, onun soyundan gelenlerde bulunduğunda ancak kesinlikle gösterilebilmiştir.

## 19-9 Kalıtsal Hastalıklar

Bazı insan hastalıklarına çekinik, kusurlu allelerin neden olduğu bilinmektedir. Bu alleler, allelin normaline de sahip olduklarından, taşıyıcı kişilerde nadir olarak semptomlara neden olur. Bazı eşey-bağlantılı hastalıklar daha önce tartışılmıştı. Diğer kalıtsal insan hastalıklardan bazıları orak-hücre anemisi, phenylketonuria ve Tay-Sachs hastalığıdır.

*Orak-hücre anemisi* kırmızı kan hücrelerinin anormal bir hemoglobine sahip olduğu bir hastalıktır. Bu, bu hücrelere, bir arada kümeleşmeleri ve küçük kan damarlarını tıkamalarına neden olan anormal bir şekil verir. Bu hücrelerin oksijen taşıma kapasiteleri de düşüktür. Orak hücre anemili bir kişi oksijen eksikliği çeker, ağrı ve takatsizlik yaşar. Orak-hücre anemisi öncelikle Afrika soyundan insanlarda bulunur. Bir normal ve bir orak-hücre alleli olan bu özelliğin taşıyıcılarının, sıtmaya karşı, kusurlu allele sahip olmayanlardan daha dayanıklı oldukları bulunmuştur. Sıtmaya karşı belirli bir koruma arz ettiğinden, bu allel, Afrika halkında sürdürülmüştür. Bu özelliğin taşıyıcıları hastalığın semptomlarından çoğunlukla sıkıntı çekmezken, bu tür semptomlar ara sıra stresin bir sonucu olarak ortaya çıkabilmektedir. Orak hücre anemisi taraması kırmızı kan hücreleri testi ile yapılmaktadır.

*Phenylketonuria*, veya PKU, amino asitlerin yıkımı için gerekli bir enzim olan phenylalanine'in yokluğundan kaynaklanan bir hastalıktır. Enzimin kaybedilmesi, phenylalanine metabolizma ürünlerinin vücutta birikmesine, beyine zarar vermesine ve zihinsel geri kalmaya neden olur. Geçmişte, beyin hasarı görülmeden PKU'nun tanınması mümkün değildi. Ancak, şimdi, PKU doğumda bebeğin idrarından tanılanabilmektedir. Bu çeşitli hastanede rutin olarak yapılmaktadır. Daha sonra düşük phenylalanine'li özel bir diyetle beyin zararı önenebilmektedir.

*Tay-Sachs hastalığı*, PKU gibi, özel bir enzimin yokluğundan kaynaklanır. Bu olayda, beyinde lipidlerin yıkımı için gerekli bir enzimdir. Bu enzim olmadığında, lipidler beyin hücrelerinde birikir ve onları yok ederler. Tay-Sachs çok nadir bir hastalıktır, fakat Orta Avrupa Soyu Yahudilerde çok yüksek sıklıkta rastlanır. Tay-Sachs hastalığının alleli çekiniktir ve semptomları homozigot durumda sadece ortaya çıkar. Bu hastalık 1 yaşından önce ortaya çıkar ve birkaç yıl içinde ölüm meydana gelir. Bugün Tay-Sachs hastalığının tedavisi yoktur.

Bilinen kalıtsal hastalıkların pek çoğunun tedavisi mümkün olamamakla birlikte, çağdaş tıp bilgisi, muayeneye, çocuğa niyetli ana babalara önerilerde bulunmaya ve kalıtsal hastalıklı bir çocuğa sahip olmayla karşılaşacakları riskler hakkında doğru bilgiler aktarmaya olanak vermektedir. Bazı durumlarda ana babanın kalıtsal bir hastalığın taşıyıcısı olup olmadığını test etme olanağı vardır.



**Amniocentesis** uzun bir iğnenin gebe bir kadının amniotic kesesinin içine sokulması tekniğidir. Dölyütten atılan hücreler içeren amniotic sıvıdan küçük bir örnek çekilir. Daha sonra hücreler kültüre edilir ve çeşitli testlere konu edilir. hücre metabolizması özel bir enzimin varlığı veya yokluğu için incelenebilir. Dölyüt Tay-Saches hastalığı taşıyorsa, bu yolla ortaya çıkarılabilir. Dölyütün kromozomları **karyotyping** denilen bir işlemle incelenebilir. Bu işlemde, mitoz geçirmekte olan bir bir dölyüt hücresinin fotoğrafı çekilebilir. Ardından fotoğraf büyütülür ve kromozomlar çit olarak düzenlenir. Kromozom çiftlerinin uzunluk, şekil ve sentromerdeki konumları birbirinden farklı olduğu için bu mümkün olabilmektedir. Dölyütün karyotipi ardından normal bir insan karyotipi ile karşılaştırılabilir. Bazen bir kromozom eksik olabilir. Bazen fazlalık bir kromozom olabilir. Fazlalık bir 21 numara kromozomun bulunması, dölyütün, Tay-Saches hastalığına sahip olduğunu gösterir. Bu dölyütün eşeyi, eşey kromozomlarındaki herhangi bir anormallik kadar, karyotyping ile de belirlenebilmektedir.

## BİTKİ VE HAYVAN YETİŞTİRİCİLİĞİNDE KALITIM

### 19-10 Yetiştirme Yöntemleri

İnsanlar her zaman ürün ve evcil hayvanlarını geliştirmeye çalışmışlardır. Ürünü arttırmaya, kaliteyi yükseltmeye ve büyüme ve yetiştirme alanlarını genişletmeye çalışmaktadırlar. Bugünün çağdaş kalıtım ilkeleri istenen özelliklerde bitki ve hayvanlar üretmek için kullanılmaktadır. Saf bir yetiştirme dizisi kurmak için homozigot genli organizmalar gerekmektedir. Bir yetiştirici birkaç yöntemden birini seçebilir.

**Ayırma.** Ayırma en çok aranan özelliklere sahip bitki ve hayvanların çitleştirme için yeğlenmesidir. Yetiştirici, istenen karakteristiklerin biriktirilmesi ile popülasyonu değiştirmeyi arzular. Çitleştirmeden sonra, yetiştirici daha sonraki çitleştirme için, sadece istenen özellikli yeni nesli seçer.

**Akraba eşleştirmesi.** Akraba eşleştirmesi, istenen sonuçları almak için yakın akraba bireylerin çitleştirilmesidir. Yakınlık derecesi değişebilmektedir. Bitkilerde kendini tozlaştırma en yakın olası kalıtsal ilişkidir. Çapraz dölleme gerektiren organizmalarda, en yakın ilişki aynı dölün erkek-dişisi, önceki dölün erkeği-sonraki dölün erkeği ve önceki dölün erkeği-sonraki dölün dişisi olabilmektedir. Akraba eşleştirmesi kümes hayvanları, koyunlar, inekler ve domuzlar gibi evcil hayvanları üretmede kullanılmaktadır. Bu, bir popülasyonda belirli bir özellikçe çeşitliliği azaltmakta ve böylece homozigot genlerin sayısını arttırmaya yönelmektedir. Sürdürülen akraba eşleştirmesi ve ayırma, sonuçta cinsleri yaklaşık saf olan bir hayvanlar dizisi meydana getirir.

**Dış eşleştirme.** Dış eşleştirmede yakın akraba olmayan bireyler çiftleştirilir. Amaç yeni faydalı allellerin popülasyona katılmasıdır. Yakın iki türün çaprazı melezde çoğunlukla ek özellikler bulunur. Bu üstün karakteristiklere **melez güç** ya da *heterosis* denir. Melez gücün bir örneği, erkek bir eşekle dişi bir atın yeni nesli olan katırdır. Katır, fiziksel dayanıklılık, güçlülük ve hastalıklara dirençte ana babasından üstündür. Ancak, katırlar çoğunlukta kısırdır. Diğer bir dış eşleştirme çeşidi bir tür içinde saf yetiştirme dizisinin çiftleştirilmesidir. Beyaz kısa boynuzlu sığırla Angus sığırı, üstün et veren ve hızlı gelişen yeni nesil üretmek için çaprazlanmaktadır.

Başarılı bir dış eşleştirmeyi izleyen akraba eşleştirmesi bitki ve hayvanlarda çok yararlı yeni saf diziler üretebilmektedir.

**Mutasyonlar.** Mutasyonlar bitki ve hayvan yetiştiricileri tarafından damızlıkların ıslahında kullanılmaktadır. Göbekli portakal, pembe altıntop, McIntosh elma ve çekirdeksiz üzüm gibi pek çok meyve bitki mutasyonları olarak başlatılmıştır. Bir bitki mutasyonu bir kez bulunduktan sonra, vejetatif üretme ile çoğaltılabilmektedir. Bu, eşeyli üremede meydana gelebilecek, özelliğin ayrılmasını önlemektedir. Mutasyonlar hayvan yetiştiriciliğinde de yararlıdır. Örneğin, vizon yetiştiriciliğinde, en kıymetli kürk renkleri olan platin ve siyah haç mutasyonlardan kaynaklanmaktadır.