T.C.
MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI

HAYAT BOYU ÖĞRENME GENEL MÜDÜRLÜĞÜ
AÇIK ÖĞRETİM DAİRE BAŞKANLIĞI

BİYOLOJİ

7

DERS KİTABI

YAZAR
Fatma BİLİR

ANKARA - 2023

MEB HAYAT BOYU ÖĞRENME GENEL MÜDÜRLÜĞÜ YAYINLARI
AÇIK ÖĞRETİM OKULLARI

Dil Uzmanı
Bülent Kenan ERKAN

Görsel Tasarım Uzmanı
Fatih SAĞLAM
YÜMER

Grafik Tasarım Uzmanı
Dr. Neslihan KILIÇ

Copyright © MEB
Her hakkı saklıdır. Millî Eğitim Bakanlığına aittir. Tümü ya da bölümleri izin alınmadan hiçbir şekilde çoğaltılamaz, basılamaz ve dağıtılamaz.



İSTİKLÂL MARŞI

Korkma, sönmez bu şafaklarda yüzen al sancak;
Sönmeden yurdumun üstünde tüten en son ocak.
O benim milletimin yıldızıdır, parlayacak;
O benimdir, o benim milletimindir ancak.

Çatma, kurban olayım, çehreni ey nazlı hilâl!
Kahraman ırkıma bir gül! Ne bu şiddet, bu celâl?
Sana olmaz dökülen kanlarımız sonra helâl.
Hakkıdır Hakk'a tapan milletimin istiklâl.

Ben ezelden beridir hür yaşadım, hür yaşarım.
Hangi çılgın bana zincir vuracakmış? Şaşarım!
Kükremiş sel gibiyim, bendimi çiğner, aşarım.
Yırtarım dağları, enginlere sığmam, taşarım.

Garbın âfâkını sarmışsa çelik zırhlı duvar,
Benim iman dolu göğsüm gibi serhaddim var.
Ulusun, korkma! Nasıl böyle bir imanı boğar,
Medeniyyet dediğin tek dişi kalmış canavar?

Arkadaş, yurduma alçakları uğratma sakın;
Siper et gövdeni, dursun bu hayâsızca akın.
Doğacaktır sana va'dettiği günler Hakk'ın;
Kim bilir, belki yarın, belki yarından da yakın

Bastığın yerleri toprak diyerek geçme, tanı:
Düşün altındaki binlerce kefensiz yatanı.
Sen şehit oğlusun, incitme, yazıktır, atanı:
Verme, dünyaları alsan da bu cennet vatanı.

Kim bu cennet vatanın uğruna olmaz ki feda?
Şüheda fışkıracak toprağı sıksan, şüheda!
Cânı, cânânı, bütün varımı alsın da Huda,
Etmesin tek vatanımdan beni dünyada cüda.

Ruhumun senden İlâhî, şudur ancak emeli:
Değmesin mabedimin göğsüne nâmahrem eli.
Bu ezanlar -ki şehadetleri dinin temeli-
Ebedî yurdumun üstünde benim inlemeli.

O zaman vecd ile bin secde eder -varsa- taşım,
Her cerîhamdan İlâhî, boşanıp kanlı yaşım,
Fışkırır ruh-ı mücerret gibi yerden na'şım;
O zaman yükselerek arşa değer belki başım.

Dalgalan sen de şafaklar gibi ey şanlı hilâl!
Olsun artık dökülen kanlarımın hepsi helâl.
Ebediyyen sana yok, ırkıma yok izmihlâl;
Hakkıdır hür yaşamış bayrağımın hürriyyet;
Hakkıdır Hakk'a tapan milletimin istiklâl!

Mehmet Âkif ERSOY

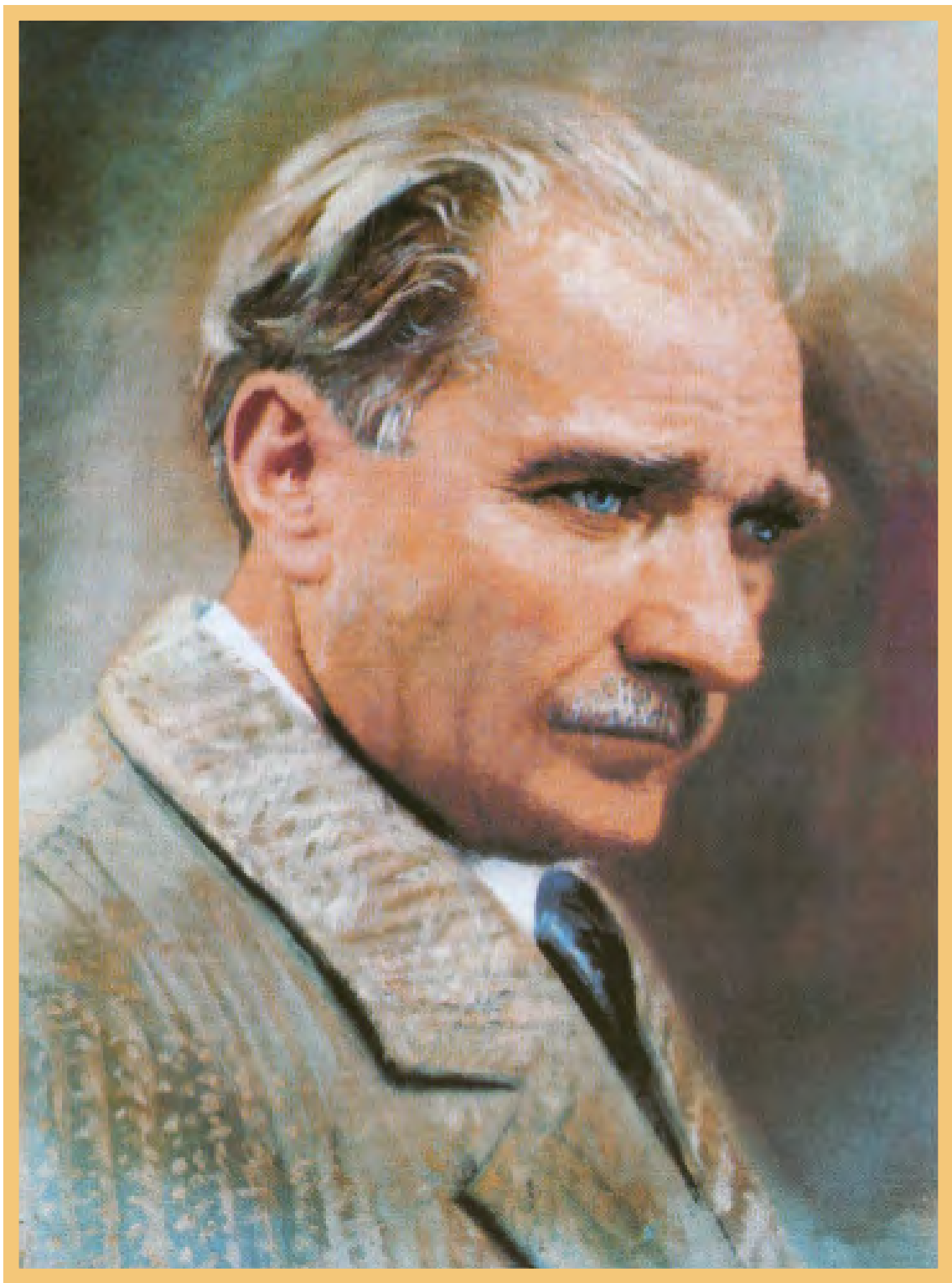
GENÇLİĞE HİTABE

Ey Türk gençliği! Birinci vazifen, Türk istiklâlini, Türk Cumhuriyetini, ilelebet muhafaza ve müdafaa etmektir.

Mevcudiyetinin ve istikbalinin yegâne temeli budur. Bu temel, senin en kıymetli hazinendir. İstikbalde dahi, seni bu hazineden mahrum etmek isteyecek dâhilî ve hâricî bedhahların olacaktır. Bir gün, istiklâl ve cumhuriyeti müdafaa mecburiyetine düşersen, vazifeye atılmak için, içinde bulunacağın vaziyetin imkân ve şeraitini düşünmeyeceksin! Bu imkân ve şerait, çok namüsait bir mahiyette tezahür edebilir. İstiklâl ve cumhuriyetine kastedecek düşmanlar, bütün dünyada emsali görülmemiş bir galibiyetin mümessili olabilirler. Cebren ve hile ile aziz vatanın bütün kaleleri zapt edilmiş, bütün tersanelerine girilmiş, bütün orduları dağıtılmış ve memleketin her köşesi bilfiil işgal edilmiş olabilir. Bütün bu şeraitten daha elîm ve daha vahim olmak üzere, memleketin dâhilinde iktidara sahip olanlar gaflet ve dalâlet ve hattâ hıyanet içinde bulunabilirler. Hattâ bu iktidar sahipleri şahsî menfaatlerini, müstevlîlerin siyasî emelleriyle tevhit edebilirler. Millet, fakr u zaruret içinde harap ve bîtap düşmüş olabilir.

Ey Türk istikbalinin evlâdı! İşte, bu ahval ve şerait içinde dahi vazifen, Türk istiklâl ve cumhuriyetini kurtarmaktır. Muhtaç olduğun kudret, damarlarındaki asil kanda mevcuttur.

Mustafa Kemal Atatürk



MUSTAFA KEMAL ATATÜRK

GÜVENLİK İŞARETLERİ

Laboratuvar uygulamalarında karşılaşacağınız tehlikelere karşı kendinizin ve çevrenizin güvenliğini sağlamak için uymanız gereken bazı kurallar bulunmaktadır. Bu kurallar ve kurallara ait semboller aşağıda verilmiştir.



Koruyucu Elbise Giy

Elbiseyi lekeletecek ya da yakacak maddeler sıçrayabilir. Bunu önlemek için koruyucu elbise giymelisiniz.



Eldiven Giy

Çok sıcak bir yüzeyin veya ele zarar verecek malzemenin varlığını gösterir. Ellerinizi korumak için eldiven giymelisiniz.



Maske Kullan

Kimyasal maddelerin reaksiyonu sonucu oluşabilecek dumandan etkilenmemek için maske kullanmalısınız.



Gözlük Kullan

Gözünüzü ve yüzünüzü tehlikelere karşı korumalısınız.



Kesici/Delici Cisim

Kesici ve delici malzemeler, yaralanmalara neden olabilir. Bu malzemeleri kullanırken dikkatli olmalısınız.



Kırılabilir Malzeme

Laboratuvar malzemeleri kırılarak size ve çevrenize zarar verebilir. Bu malzemeleri kullanırken dikkatli olmalısınız.



Toksik (Zehirli) Madde

Ağız, deri ve solunum yolu ile zehirlenmelere neden olur. Kanserojen etki yapabilir. Vücut ile temas ettirilmemelisiniz. Zehirlenme belirtileri görüldüğünde tıbbi yardım almalısınız.



Aşındırıcı Madde

Metalleri ve canlı dokuları aşındırabilen maddelerdir. Deriye ve göze hasar verece-ğinden korumak için önlemler almalısınız.



Parlayıcı Madde veya Yüksek Isı

Kimyasal maddelerin çeşitli nedenlerle patlaması veya yangın çıkması ihtimaline karşı dikkatli olmalısınız.



Oksitleyici Madde

Havasız ortamda bile yanabilir. Yanabilen maddelerle karıştırılırsa patlayabilir. Tutuşturucularla temasını önlemelisiniz.



Biyolojik Risk

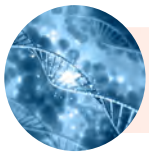
Bakteri, protista, mantar, bitki ve hayvan gibi canlıların neden olabileceği hastalıklara karşı dikkatli olmalısınız.



Zararlı veya Tahriş Edici Madde

Alerjik deri reaksiyonlarına neden olur. Ozon tabakasına zarar verebilir. Vücuda ve göze temasından kaçınılmalı, koruyucu giysi giymelisiniz.

İÇİNDEKİLER



1.ÜNİTE: GENDEN PROTEİNE

1.BÖLÜM: NÜKLEİK ASİTLERİN KEŞFİ VE ÖNEMİ

1.1. Genden Proteine……..…….. 14

1.1.1. Nükleik Asitlerin Keşfi……...…… 14

1.1.2. Nükleik Asitlerin Çeşitleri ve Görevleri…...……. 15

Deoksiribonükleik Asit(DNA)…...…… 18

Ribonükleik Asit (RNA)…...……. 21

1.1.3. Hücredeki Genetik Materyalin Organizasyonu…. 25

1.1.4. DNA'nın Kendini Eşlemesi (Replikasyon)……..… 27

Aziz Sancar……...……...…… 32

2.BÖLÜM: GENETİK ŞİFRE VE PROTEİN SENTEZİ

1.2. Genetik Şifre ve Protein Sentezi……...…. 38

1.2.1. Genetik Şifre…….....……...… 38

1.2.2. Protein Sentezi……..... 41

1.2.3. Genetik Mühendisliği ve Biyoteknoloji ……..... 44

1.2.4. Genetik Mühendisliği ve Biyoteknoloji Uygulamaları…. 45

1.2.5. Genetik Mühendisliği ve Biyoteknoloji Uygulamalarının İnsan Hayatına Etkisi ……..……... 52

ÖZET…… 64

1.Ünite Ölçme ve Değerlendirme Soruları……. 70

2.ÜNİTE: CANLILARDA ENERJİ DÖNÜŞÜMLERİ



1.BÖLÜM: CANLILIK VE ENERJİ

2.1. Canlılık ve Enerji 78

2.1.1. Canlılığın Devamı İçin Enerjinin Gerekliliği..... 78

2.1.2. Enerjinin Temel Molekülü ATP (Adenozin Trifosfat) 79

2.1.3. Fosforilasyon Çeşitleri..... 81

2.BÖLÜM: FOTOSENTEZ

2.2. Fotosentez 84

2.2.1. Fotosentezin Canlılar İçin Önemi..... 84

2.2.2. Fotosentez Reaksiyonları..... 86

2.2.3. Fotosentez Hızını Etkileyen Faktörler..... 92

ETKİNLİK-1 94

2.2.4. Tarımsal Ürün Miktarını Artırmada Yapay Işıklandırma Uygulamaları 95

3.BÖLÜM: KEMOSENTEZ

2.3. Kemosentez..... 98

2.3.1. Kemosentez Reaksiyonları..... 98

2.3.2. Kemosentezin Madde Döngüsüne Katkıları ve Endüstriyel Alanlardaki Kullanımı 99

4.BÖLÜM: HÜCRESEL SOLUNUM

2.4. Hücresel Solunum..... 104

2.4.1. Oksijenli Solunum..... 104

2.4.2. Oksijensiz Solunum..... 109

2.4.3. Fermantasyon..... 110

2.4.4. Hücresel Solunumda Enerji Verimliliği..... 113

ETKİNLİK-2 114

2.4.5. Fotosentez ve Solunum Arasındaki İlişki..... 115

ETKİNLİK-3 115

2.4.6. Kemiosmotik Görüş..... 116

ÖZET..... 118

2.Ünite Ölçme ve Değerlendirme Soruları 124

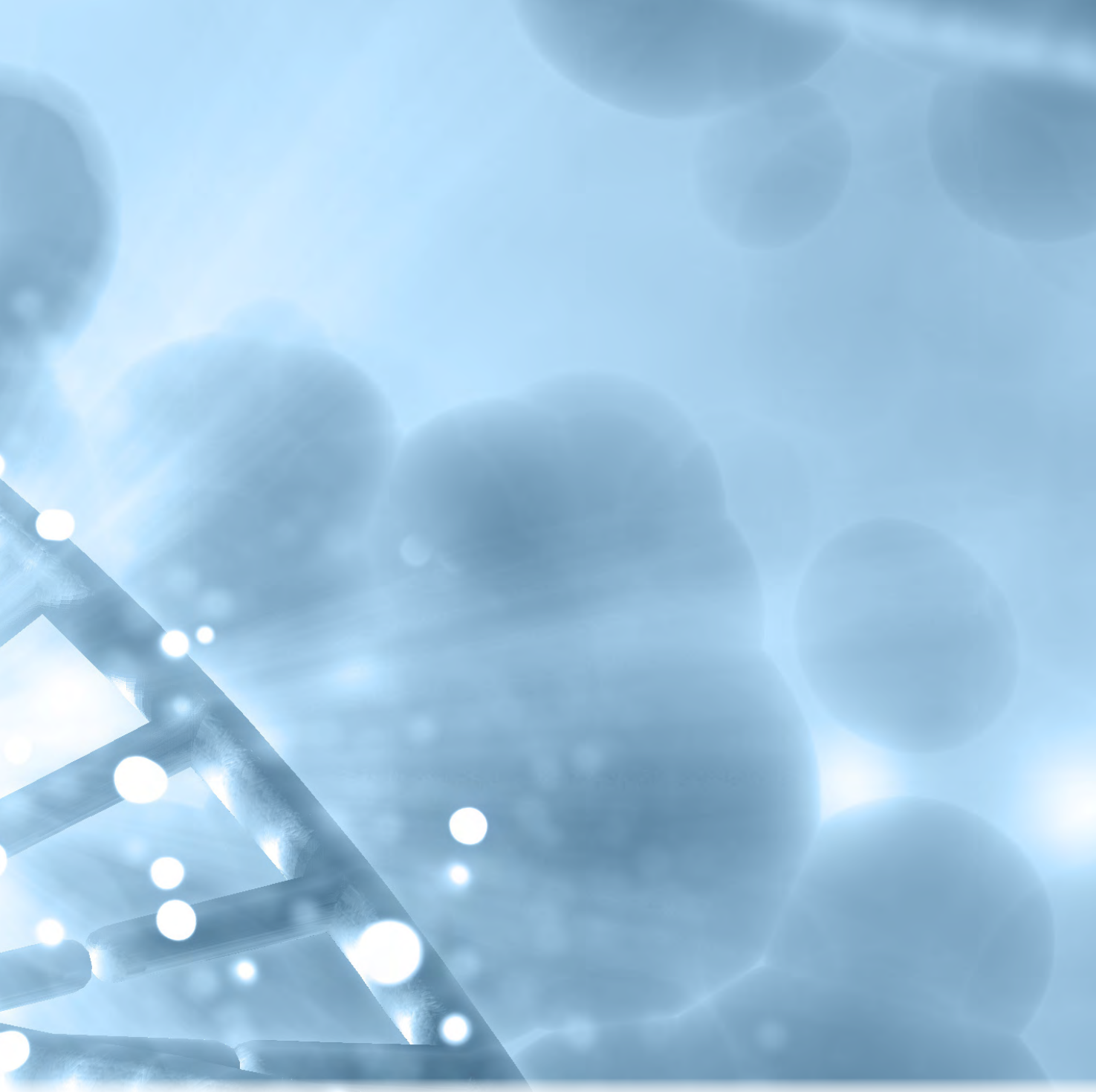
CEVAP ANAHTARI 129

SÖZLÜK 130

KAYNAKÇA 135



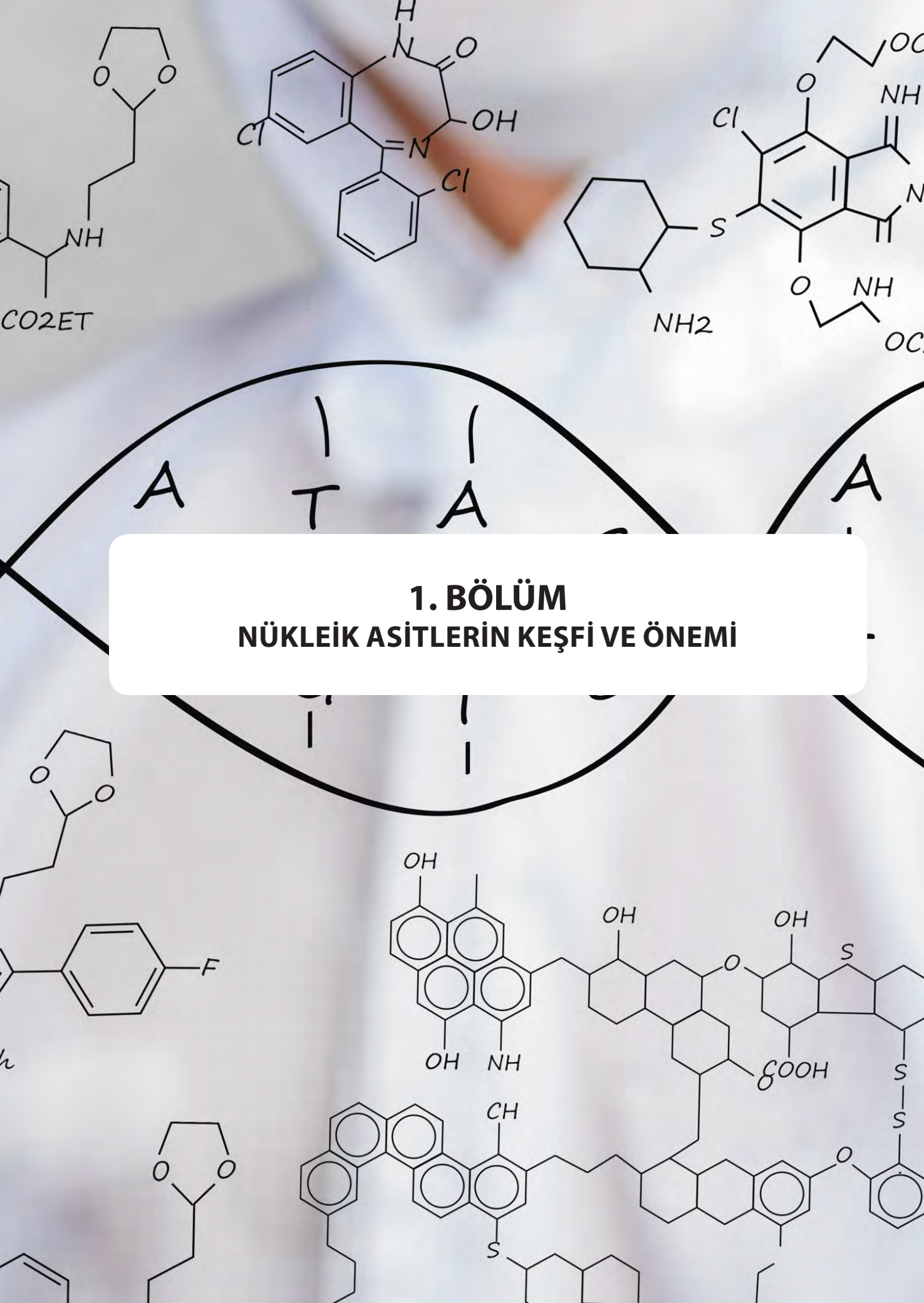
1. ÜNİTE
GENDEN PROTEİNE



ÜNİTE KONULARI

1. BÖLÜM: NÜKLEİK ASİTLERİN KEŞFİ VE ÖNEMİ

2. BÖLÜM: GENETİK ŞİFRE VE PROTEİN SENTEZİ



1. BÖLÜM
NÜKLEİK ASİTLERİN KEŞFİ VE ÖNEMİ

NELER ÖĞRENECEĞİZ ?

Bu bölümü tamamladığınızda;

1. Nükleik asitlerin keşif sürecini,
2. Rosalind Franklin, James Watson, Francis Crick'in nükleik asitlerle ilgili çalışmalarını,
3. Nükleik asitlerin çeşitlerini ve görevlerini,
4. Hücredeki genetik materyalin organizasyonunu,
5. DNA' nın kendini eşlemesini,
6. Bir bilim insanının genel özellikleri bağlamında, Aziz Sancar'ın biyoloji bilimine katkısını ve vatanseverliğini öğreneceksiniz.

ANAHTAR KAVRAMLAR

- DNA ligaz
- Gen
- Kromozom
- Nükleotit
- DNA polimeraz
- Helikaz
- Nükleik Asit
- DNA replikasyonu

1.1. GENDEN PROTEİNE

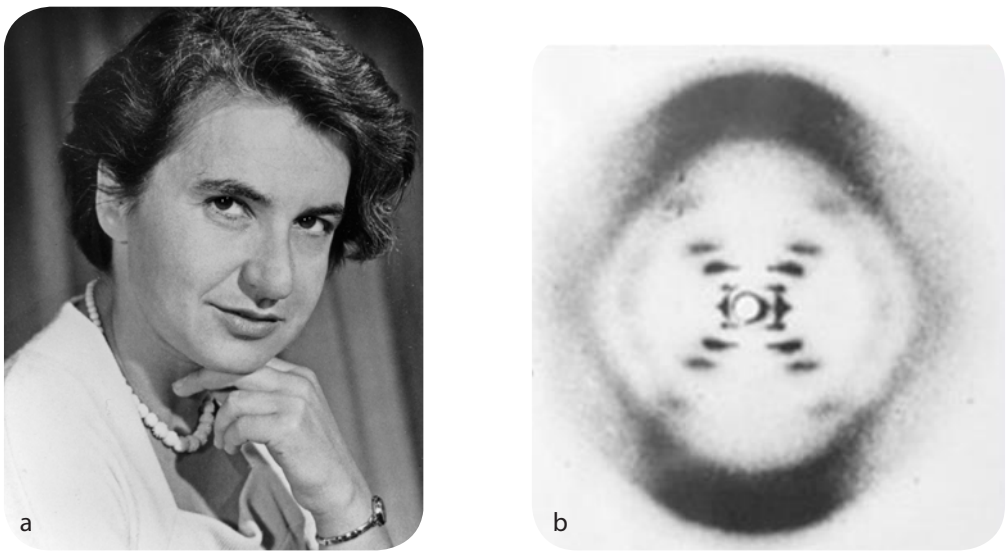
1.1.1. Nükleik Asitlerin Keşfi



Görsel 1.1. Friedrich Miescher

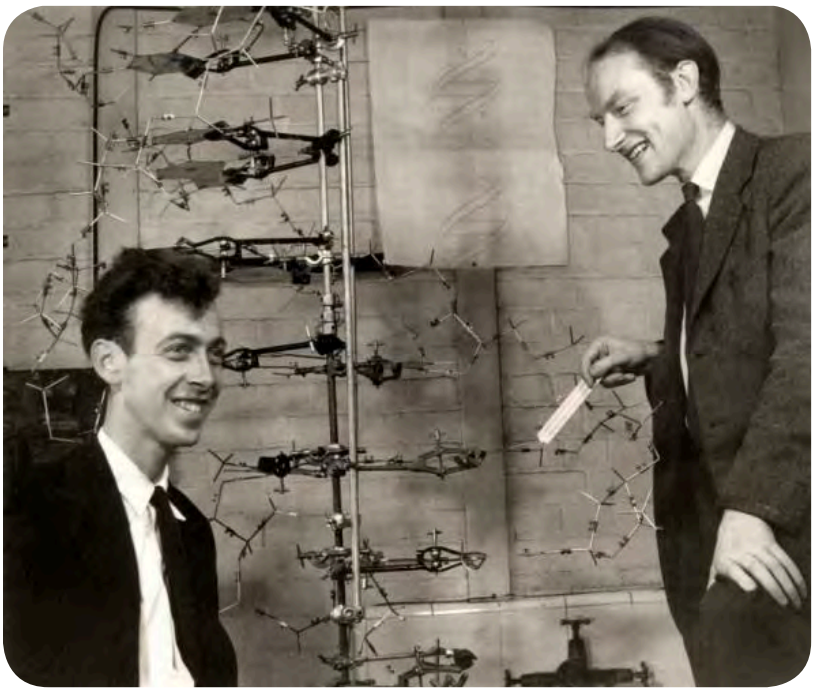
Nükleik asitlerin varlığını ilk kez İsviçreli Biyokimyacı Friedrich Miescher (Fredrik Mişher) 1869 yılında tespit etmiştir. Miescher, çekirdek içinde asit özelliği gösteren moleküller keşfetmiş ve bu moleküllere **nüklein** adını vermiştir. Daha sonraları nüklein, **nükleik asit** olarak adlandırılmıştır. Nükleik asitlerin önceleri sadece hücre çekirdeğinde bulunduğu kabul edilmiştir. Yapılan bilimsel çalışmalarla birlikte nükleik asitlerin ökaryot hücrelerde mitokondri, kloroplast, ribozom organellerinde ve çekirdekte, prokaryot hücrelerde ise sitoplazma ve ribozomda bulunduğu tespit edilmiştir. 1940'a kadar yapılan çalışmalarda proteinlerin genetik materyal oldukları fikrine sıcak bakılsa da 1940'lardan sonra yapılan çalışmalarda DNA'nın genetik materyal olduğu ispatlanmıştır.

DNA'nın genetik materyal olduğu tespit edildikten sonra DNA'nın kimyasal yapısını ve görevini anlamak için araştırmalar başlamıştır. Bu araştırmalardan en önemlisi 1950'li yıllarda Rosalind Franklin'in (Rozalin Franklin) yaptığı çalışmadır. Rosalind Franklin, DNA'nın zincirlerini X-ışınlarına maruz bırakarak molekülün saçtığı ışınları belirlemiş ve DNA'nın X-ışını kırınımı fotoğrafını çekmiştir. Böylece DNA'nın belirli aralıklarla tekrarlayan sarmal bir yapıya sahip olduğunu göstermiştir.



Görsel 1.2. a) Rosalind Franklin, b) DNA'nın X ışını kırınımı fotoğrafı

1953 yılında ise James Watson (Ceyms Vatsın) ve Francis Crick (Frensis Krik) daha önce yapılan çalışmalardaki bulgulardan ve Rosalind Franklin'in çalışmalarından yararlanarak DNA'nın çift sarmal modelini ortaya koymuştur. Bu modele göre DNA, kendi etrafında dönen çift sarmal bir yapıya sahiptir. Ayrıca DNA'nın kalıtsal bilgiyi nasıl taşıdığı ve kendini nasıl eşlediği de bu model ile açıklanabilmiştir. Watson ve Crick bu çalışmalarından dolayı 1962 yılında Nobel Ödülü almışlardır. DNA'nın yapısı ile ilgili bu model hâlâ geçerlidir.

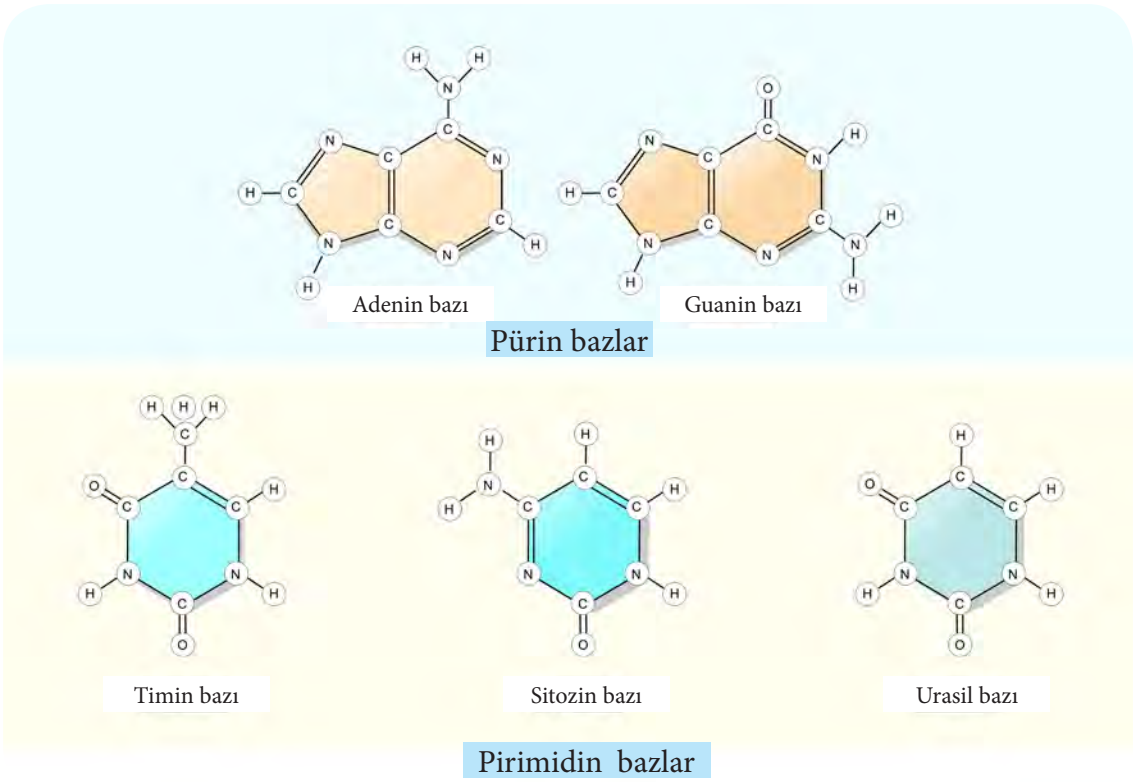


Görsel 1.3. James Watson ve Francis Crick, DNA'nın çift sarmal modelini ortaya koydukları çalışmaları ile 1962 yılında Nobel Ödülü almışlardır.

1.1.2. Nükleik Asitlerin Çeşitleri ve Görevleri

Nükleik asitler; C, H, O, N ve P atomlarından oluşan, asidik özellik gösteren, karmaşık yapılı, büyük organik moleküllerdir. Nükleik asitler; hücrede metabolik faaliyetleri yönetir ve genetik özelliklerin kuşaktan kuşağa aktarılmasını sağlar. Nükleik asitler tüm canlılarda ve virüslerde bulunur. Nükleik asitler **nükleotit** adı verilen moleküllerden oluşur. Nükleotitin yapısına bakıldığında üç temel gruptan oluştuğu görülür: **azotlu organik baz**, **beş karbonlu şeker** ve **fosfat grubu**.

Nükleotitin yapısında bulunan **azotlu organik bazlar**; adenin (A), guanin (G), sitozin (C), timin (T) ve urasil (U)'dir. **Azotlu organik bazlar** çift halkalı **(pürin)** ve tek halkalı **(pirimidin)** bazlar olmak üzere iki grupta incelenir. Adenin (A) ve guanin (G) pürin bazlara, timin (T), sitozin (S veya C) ve urasil (U) pirimidin bazlara örnektir. Pirimidin bazlardan timin (T) sadece DNA' da bulunurken, urasil (U) sadece RNA' da bulunur.

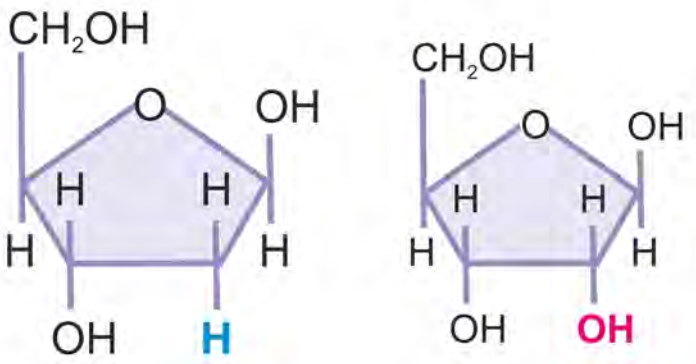


Görsel 1.4. Azotlu organik bazlar

BİLGİ KUTUSU

Nükleotitler taşıdıkları organik baza göre isimlendirilir. Örneğin yapısında adenin bazı varsa **adenin nükleotiti**, guanin bazı varsa **guanin nükleotiti**, sitozin bazı varsa **sitozin nükleotiti**, timin bazı varsa **timin nükleotiti**, urasil bazı varsa **urasil nükleotiti** adını alır.

Nükleotitin yapısında bulunan **5 karbonlu şekerler** riboz ve deoksiriboz şekerleridir. Deoksiriboz DNA'nın yapısına, riboz RNA'nın yapısına katılan şeker çeşididir. Deosiriboz ve riboz şekeri karşılaştırıldığında riboz'da fazladan bir oksijen atomunun olduğu görülür.



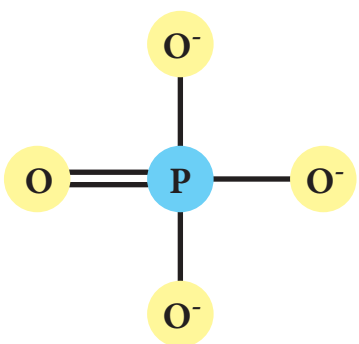
Deoksiriboz şekeri Riboz şekeri

Görsel 1.5. Azotlu organik bazlar

BİLGİ KUTUSU

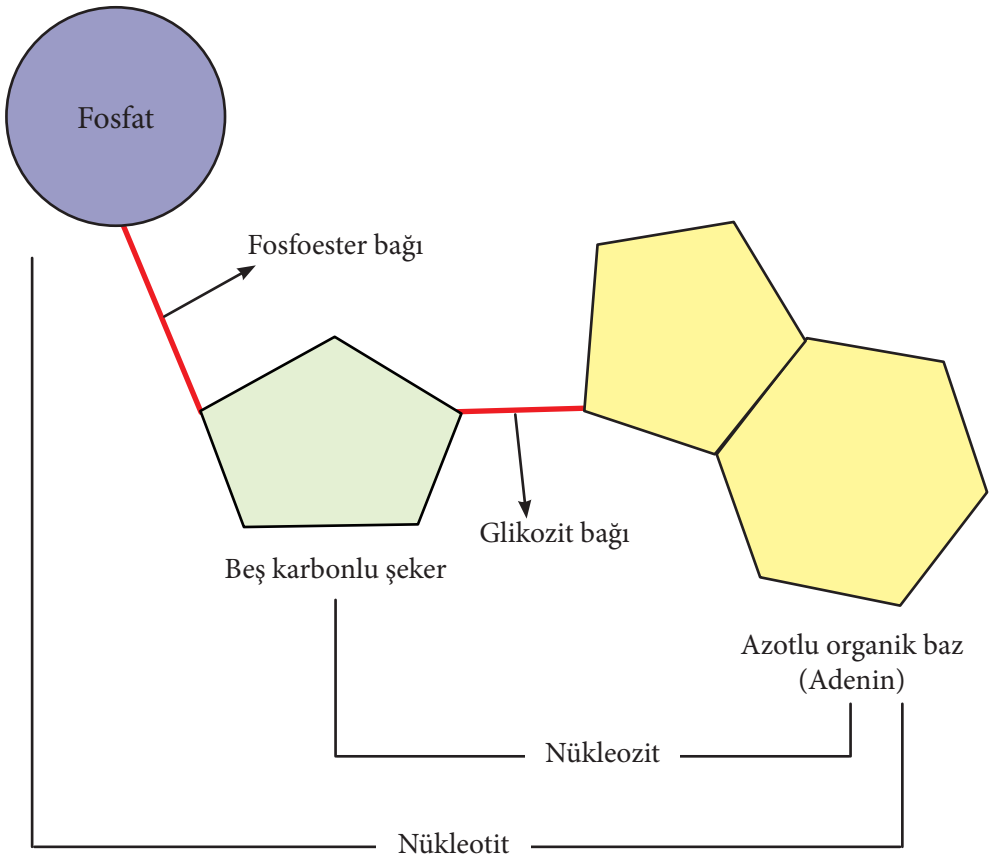
Nükleik asitler, yapılarında bulunan beş karbonlu şekere göre isimlendirilir. Örneğin yapısında deosiriboz şekeri varsa **deoksiribonükleik asit (DNA)**, riboz şekeri varsa **ribonükleik asit (RNA)** adını alır.

Nükleotitin yapısında bulunan **fosfat grubu** tüm nükleotit çeşitlerinde aynı yapıdadır. Fosfat grubu bir fosfor atomu ile dört oksijen atomundan oluşur.



Görsel 1.6. Fosfat grubu

Nükleotitlerin yapısındaki azotlu organik baz ve beş karbonlu şeker birleşerek **nükleozit** adı verilen molekülü oluşturur. Bu moleküle fosfat grubu eklenince **nükleotit** adını alır. Azotlu organik baz beş karbonlu şekere **glikozit bağı** ile bağlanırken, beş karbonlu şeker fosfat molekülüne **fosfoester bağı** ile bağlanır.



Görsel 1.7. Nükleotitin yapısı

Nükleik asitler; **deoksiribonükleik asit (DNA)** ve **ribonükleik asit (RNA)** olmak üzere iki çeşittir.

Deoksiribonükleik asit (DNA)

DNA molekülü, kalıtsal bilgiyi taşır ve kalıtsal bilginin ana hücreden yavru hücrelere aktarılmasını sağlar. Ayrıca protein sentezini ve hücredeki diğer metabolik olayları yönetir.

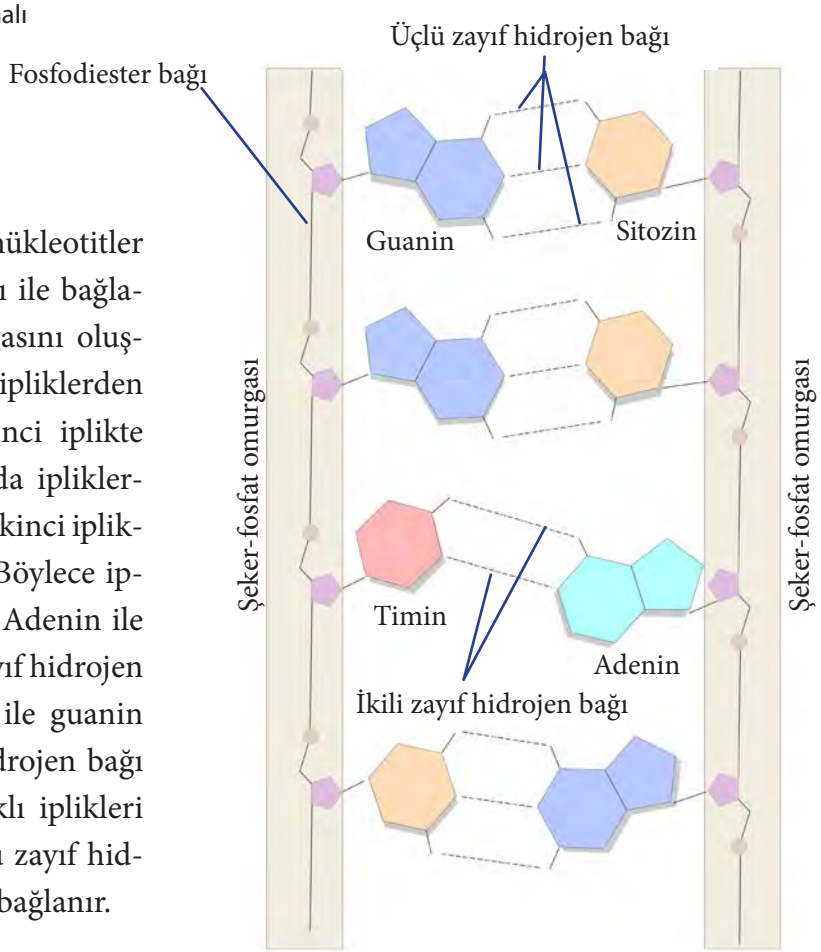
DNA ökaryot hücrelerde çekirdekte, mitokondride ve kloroplastta bulunurken, prokaryot hücrelerde sitoplazma içinde serbest hâlde bulunur.



Görsel 1.8. DNA sarmalı

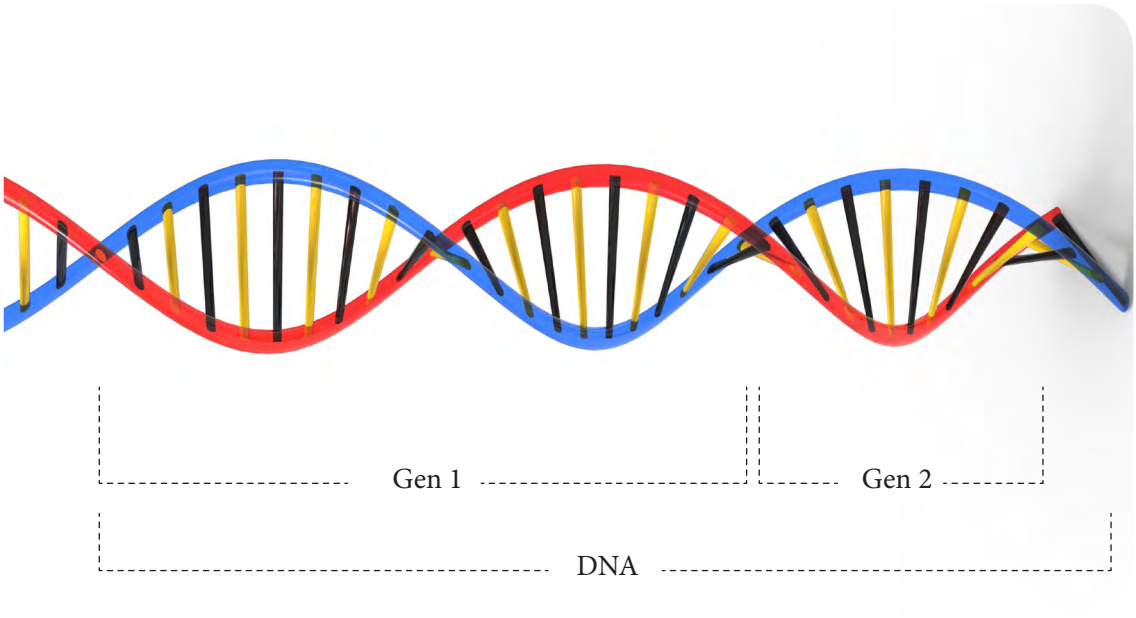
Günümüzde hâlen geçerliliğini sürdüren Watson ve Crick'in DNA modeline göre; DNA çift iplikli ve sarmal yapılı bir moleküldür. İplikler çok sayıda nükleotitin birleşmesiyle oluşur. DNA'yı oluşturan nükleotitlerdeki azotlu organik bazlar; adenin (A), guanin (G), sitozin (C) ve timin (T) dir. DNA'yı oluşturan nükleotitlerdeki şeker çeşidi **deoksiribozdur**. Taşıdığı deoksiriboz şekerinden dolayı **deoksiribonükleik asit (DNA)** adını alır. DNA'yı oluşturan nükleotitlerdeki fosfat grupları, DNA molekülünün asit özellik göstermesini sağlar.

DNA ipliğindeki nükleotitler birbirine fosfodiester bağı ile bağlanarak şeker-fosfat omurgasını oluşturur. DNA'yı oluşturan ipliklerden birinde adenin varsa ikinci iplikte karşısına timin gelir ya da ipliklerden birinde guanin varsa ikinci iplikte karşısına sitozin gelir. Böylece iplikler birbirini tamamlar. Adenin ile timin arasında iki tane zayıf hidrojen bağı kurulurken, sitozin ile guanin arasında üç tane zayıf hidrojen bağı kurulur. DNA'nın karşılıklı iplikleri bazlar arasında oluşan bu zayıf hidrojen bağlarıyla birbirine bağlanır.



Görsel 1.9. DNA'nın yapısı

DNA molekülünün ortalama 1500 nükleotitten oluşan ve bir protein sentezinden sorumlu olan bölgesine **gen** denir. Kalıtsal karakterler sonraki nesillere genlerle aktarılır. Canlıların arasındaki farklılığın nedeni genlerinin farklı olmasıdır. Bir başka ifadeyle canlıların biribirinden farklı olmasının nedeni genlerini oluşturan nükleotitlerin dizilimlerinin farklı olmasıdır.



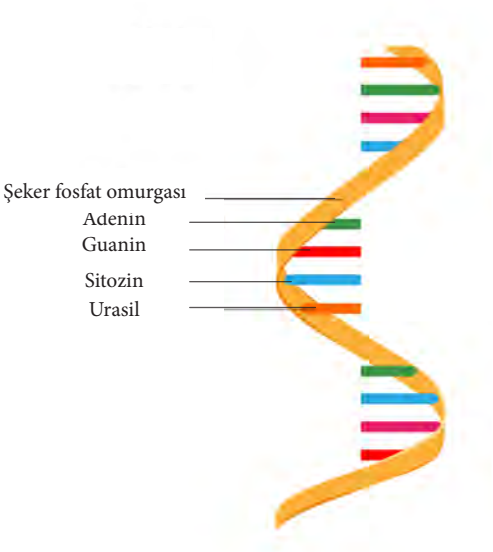
Görsel 1.10. Yaklaşık 1500 nükleotitten oluşan ve bir protein sentezinden sorumlu olan DNA parçasına gen denir.

DNA molekülü kendini eşleyebilir.

DNA çift iplikli bir molekül olduğu için nükleotitler arasında aşağıda verilen eşitlikler ortaya çıkar.

Adenin (A) sayısı = Timin (T) sayısı
Guanin (G) sayısı = Sitozin (S) sayısı
A / T = 1 G / S = 1
Pürin baz sayısı = Pirimidin baz sayısı
DNA' daki toplam nükleotit sayısı = A + G + S+ T
DNA' daki toplam nükleotit sayısı = DNA' daki toplam şeker sayısı = DNA' daki toplam fosfat sayısı

Ribonükleik asit (RNA)



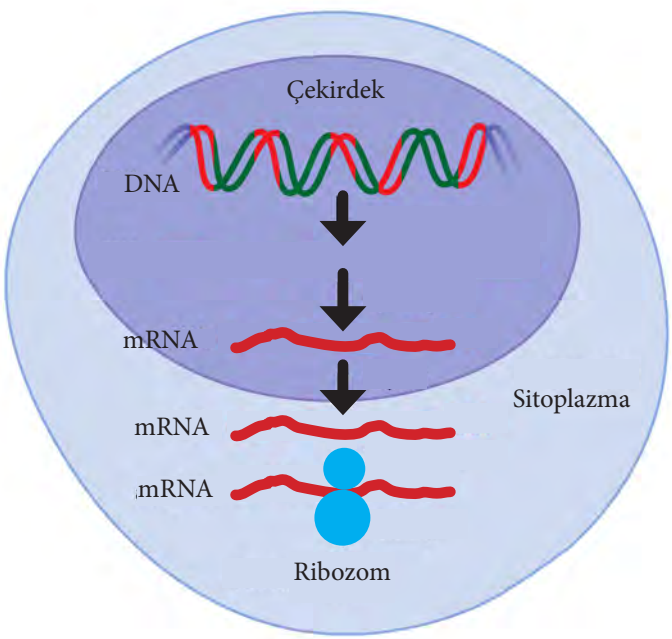
RNA; ökaryot hücrelerde çekirdekte, sitoplazmada, ribozomda, mitokondride ve kloroplastta bulunurken, prokaryot hücrelerde sitoplazma ve ribozomda bulunur. DNA' dan farklı olarak tek iplikten oluşur, yapısında riboz şekeri vardır ve RNA'ya özgü azotlu baz urasildir. RNA' da bulunan diğer bazlar ise adenin, guanin ve sitozin' dir. RNA'yı oluşturan nükleotitler **fosfodiester** bağıyla birbirine bağlanır. RNA, tek nükleotit zincirinden oluştuğu için kendini eşleyemez. Bu yüzden RNA molekülü DNA üzerinden sentezlenir.

Görsel 1.11. RNA tek iplikten oluşur.

RNA; **mesajcı RNA (mRNA)**, **taşıyıcı RNA (tRNA)** ve **ribozomal RNA (rRNA)** olmak üzere üç çeşittir. Bütün RNA çeşitleri, protein sentezinde görev alarak hücredeki yaşamsal olayların yönetiminde DNA ile birlikte görev alır.

a) Mesajcı RNA (mRNA)

DNA ökaryot hücrelerde çekirdekte bulunur. Protein sentezlenebilmesi için DNA' daki bilginin çekirdekten dışarı çıkarılarak ribozoma götürülmesi gerekir. mRNA, DNA' dan aldığı bilgiyi çekirdekten dışarı çıkararak ribozoma götürür. mRNA'nın taşıdığı bilgi, sentezlenecek proteine ait aminoasitlerin çeşidini ve sırasını belirleyen bilgidir.

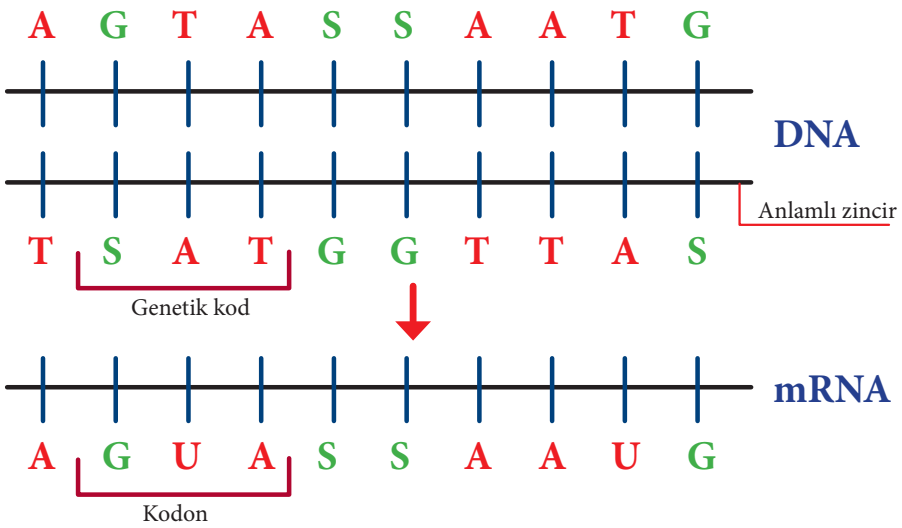


Görsel 1.12. mRNA, DNA'dan aldığı bilgiyi çekirdekten çıkararak ribozoma götürür.

BİLGİ KUTUSU

mRNA bilim insanları tarafından ilk keşfedilen ve hücrede miktarı en az olan RNA çeşidir. mRNA hücredeki toplam RNA'ların %5'ini oluşturur. Bir protein çok miktarda sentezlenecekse mRNA'lar birkaç kez kullanılabilir ya da aynı tip mRNA' dan çok sayıda üretilebilir.

mRNA sentezi sırasında DNA'nın iki zincirinden sadece biri kalıp olarak kullanılır. Kalıp olarak kullanılan zincire **anlamlı zincir** adı verilir. Sentez sırasında DNA' daki adeninin karşısına mRNA'da urasil, DNA' daki guanin karşısına mRNA' da sitozin gelir. Böylece mRNA, DNA' dan genetik bilgiyi almış olur. Sentezlenen mRNA ribozoma bağlanarak protein sentezine kalıplık eder. DNA' nın anlamlı zincirindeki üç nükleotitten oluşan diziye **genetik kod**, buna karşılık gelen mRNA'daki üç nükleotitten oluşan diziye **kodon** denir. Her aminoasit, mRNA' da bir kodona karşılık gelir. Hücrede ihtiyaç duyulan protein sentezlendikten sonra görevi biten mRNA'lar yıkılır. İhtiyaç durumunda DNA' dan ilgili mRNA'lar yeniden sentezlenir.



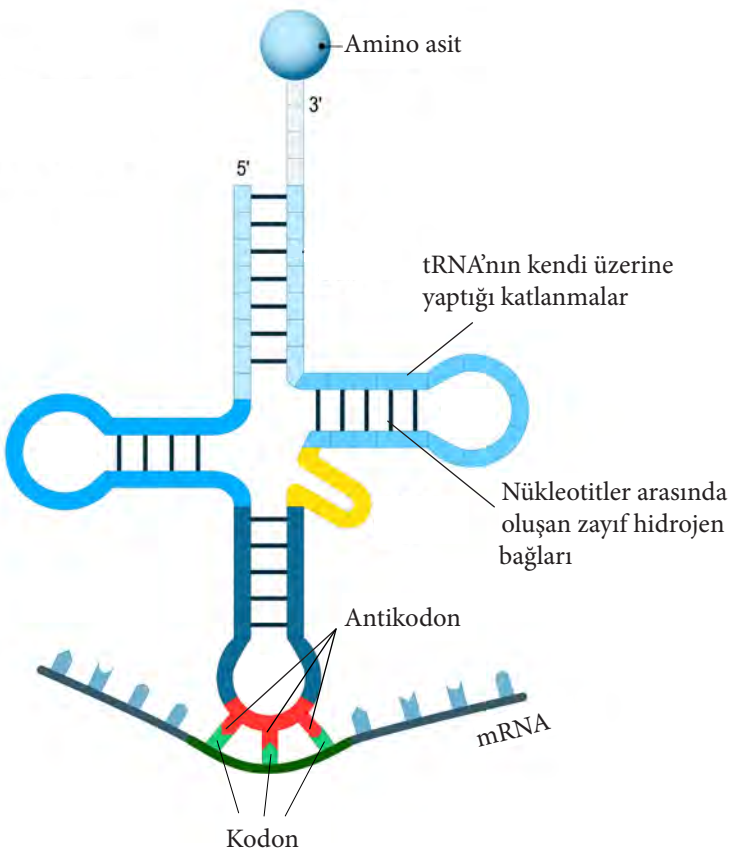
Görsel 1.13. DNA'dan mRNA sentezinin şematik olarak gösterimi

BİLGİ KUTUSU

Proteini oluşturan aminoasitlerin çeşitleri, sayıları ve dizilişleri mRNA' ya dolayısıyla DNA' daki genetik bilgiye bağlıdır.

b) Taşıyıcı RNA (tRNA)

tRNA molekülü çekirdekte DNA üzerinden tek zincir hâlinde sentezlenir. Sentezlenen tRNA sitoplazmaya geçerek protein sentezinde kullanılacak olan aminoasitleri sitoplazmadan alıp ribozoma taşır. tRNA molekülü sitoplazmada kendi üzerine katlanmalar yaparak yonca yaprağına benzer bir şekil alır. Katlanmaların olduğu bölgelerde çift zincir oluştuğu için bu bölgelerde eşleşen nükleotitler arasında hidrojen bağları kurulur. mRNA' daki kodonlara karşılık gelen, tRNA' daki üç nükleotitten oluşan dizilere **antikodon** denir. tRNA' lar protein sentezi sırasında tekrar tekrar kullanılabilir.

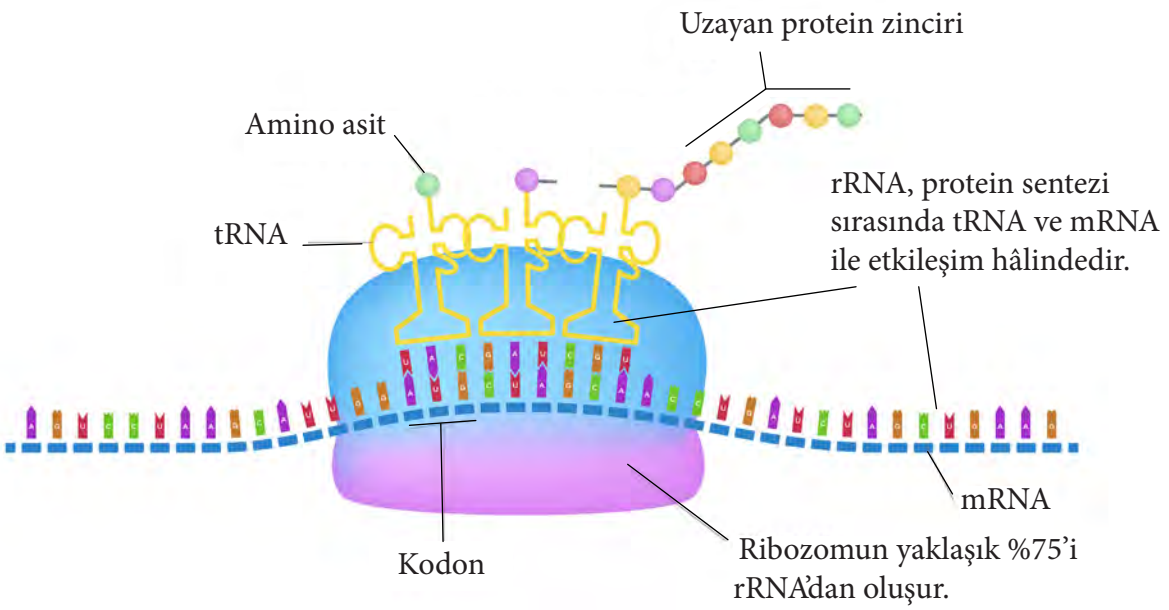


Görsel 1.14. tRNA'nın yapısı

Canlı yapısında bulunan 20 çeşit aminoasit vardır. Her bir aminoasit için en az bir çeşit tRNA bulunur. Bu yüzden protein sentezinde en az 20 çeşit tRNA görev alır. Bir tRNA ancak bir çeşit aminoasit taşır. Aynı aminoasiti taşıyan farklı tRNA çeşitleri olabilir. tRNA'lar hücredeki toplam RNA'ların %15'ini oluşturur.

c) Ribozomal RNA (rRNA)

rRNA, ökaryot hücrelerde çekirdekçikte sentezlenir. Çekirdekçikte sitoplazmadan gelen proteinlerle birleştirilerek ribozomun yapısını oluşturur. Ribozom tüm hücrelerde bulunan protein sentezinden sorumlu organeldir. Bir ribozomun yaklaşık % 75'i rRNA'dan oluştuğu için ve hücrede çok sayıda ribozom olduğu için rRNA, hücrede en çok bulunan RNA çeşididir. rRNA molekülü, hücredeki toplam RNA'ların % 80' ini oluşturur. rRNA ribozom organelinde, mRNA ve tRNA ile etkileşim içindedir. rRNA protein sentezi sırasında enzim gibi davranarak aminoasitler arasında peptit bağı kurulmasını sağlar. Böylece uzayan polipeptit zincirine aminoasitler eklenerek protein sentezi gerçekleşir. Protein sentezinin fazla olduğu hücrelerde rRNA, ribozom ve çekirdekçik sayısı da fazladır.



Görsel 1.15. rRNA ribozomun yapısına katılır ve protein sentezi sırasında tRNA ve mRNA ile etkileşim hâlindedir.

BİLGİ KUTUSU

RNA çeşitleri hücrede bulunma oranlarına göre sıralandığında; hücrede en fazla rRNA, daha az tRNA ve en az mRNA bulunur.

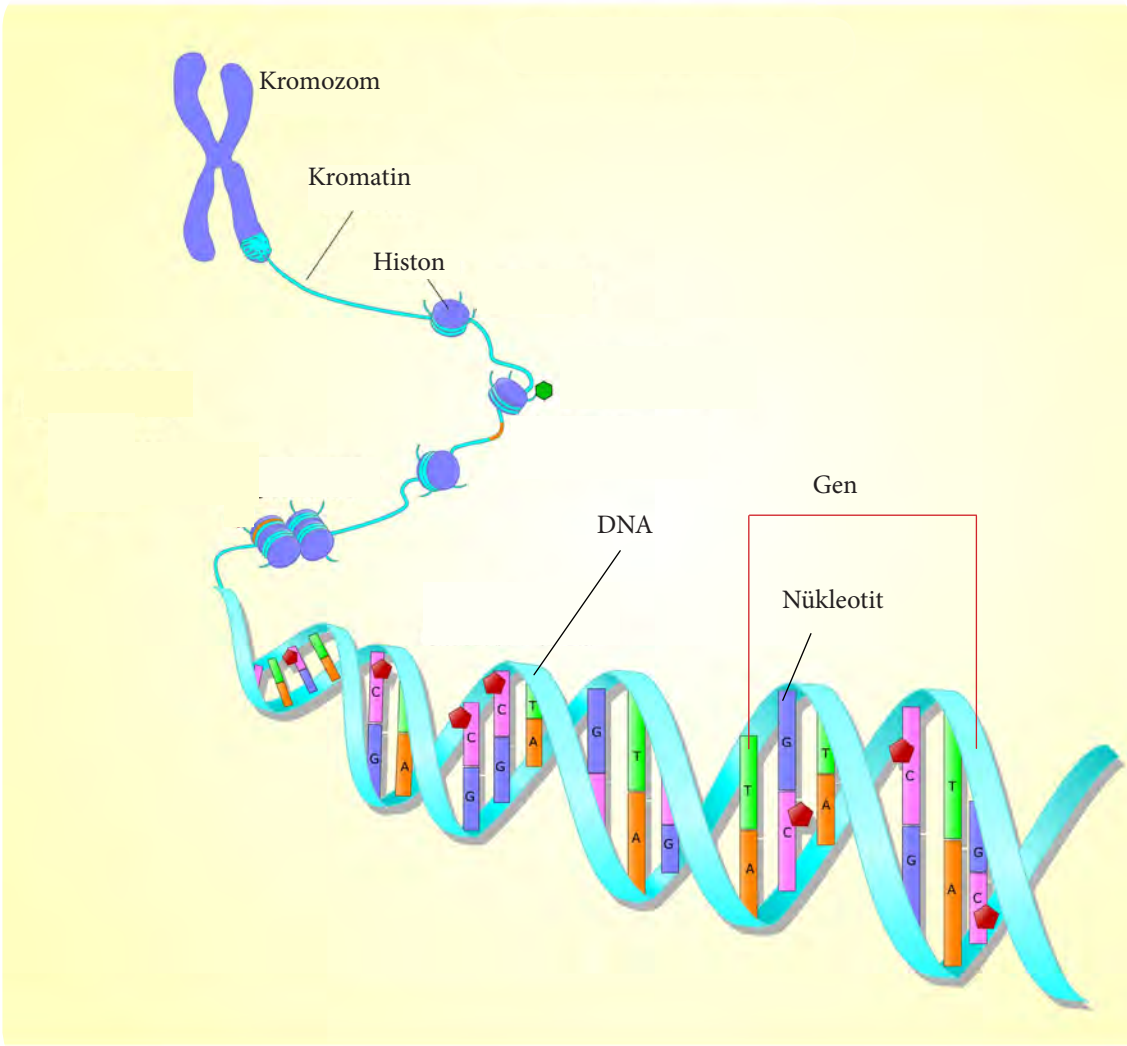
DNA ve RNA'nın karşılaştırılması Tablo 1.1.'deki gibidir.

DNA	RNA
• İki zincirden oluşur. • Deoksiriboz şekeri bulundurur. • Kendini eşleyebilir. • Genetik bilgiyi taşır ve protein sentezinde görev alır. • Özel bazı timindir. • A = T, G = C eşitliği vardır. • Prokaryot hücrede sitoplazmada, ökaryot hücrede çekirdek, mitokondri ve kloroplastta bulunur.	• Tek zincirden oluşur. • Riboz şekeri bulundurur. • Kendini eşleyemez. • Protein sentezinde görev alır. • Özel bazı urasildir. • RNA'daki nükleotitler arasında DNA'dakine benzer bir eşitlik yoktur. • Prokaryot hücrede sitoplazmada ve ribozomda, ökaryot hücrede sitoplazma, çekirdek, mitokondri, kloroplast ve ribozomda bulunur.

Tablo 1. 1. DNA ve RNA'nın özelliklerinin karşılaştırılması

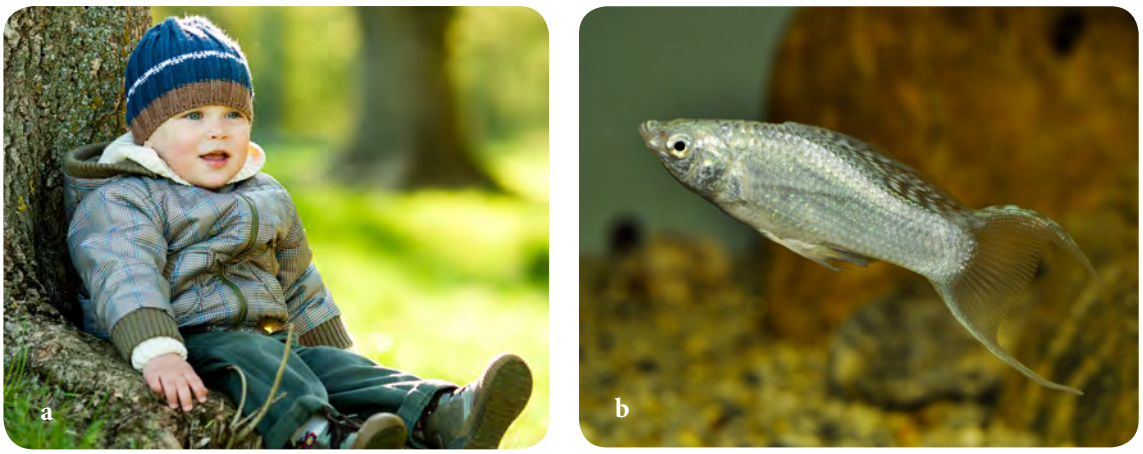
1.1.3. Hücredeki Genetik Materyalin Organizasyonu

Hücredeki genetik materyal DNA' dır. DNA' nın en küçük yapı birimi **nükleotit**'tir. DNA yüzbinlerce nükleotitin birleşmesiyle oluşan bir moleküldür. DNA' daki ortalama 1500 nükleotitten oluşan, belirli bir özelliği ifade eden, belirli bir proteini kodlayan anlamlı nükleotit dizilerine **gen** denir. DNA üzerinde bulunan genlerin ürünleri; protein, mRNA, rRNA ve tRNA'dır. DNA molekülü, gen kısmındaki bilgiyi mRNA, rRNA ve tRNA'yı kullanarak proteine dönüştürür. DNA, sentezlediği bu proteinler ile hücredeki metabolik faaliyetleri kontrol eder.



Görsel 1.16. Ökaryot hücrede genetik materyal organizasyonu.

Hücredeki DNA'nın toplam uzunluğu bir hücrenin çapının yüz bin katı kadardır. DNA'nın çekirdeğe sığabilmesi için yüksek oranda yoğunlaşması ve paketlenmesi gerekir. DNA'nın paketlenmesinde **histon** adı verilen proteinler görev alır. DNA bu proteinlerin etrafına sarılarak sıkıştırılır. Böylece çok az yer kaplar ve hücre çekirdeğine sığar. DNA'nın bu hâli **kromatin iplik** olarak adlandırılır. Kromatin iplik hücre bölünmesi sırasında kısalıp kalınlaşarak **kromozom** hâlini alır. Kromozom canlılarda bulunan en büyük kalıtım birimidir.



Görsel 1.17. İnsan (a) ve moli balığı (b) farklı tür canlılar olmalarına rağmen kromozom sayıları 46'dır.

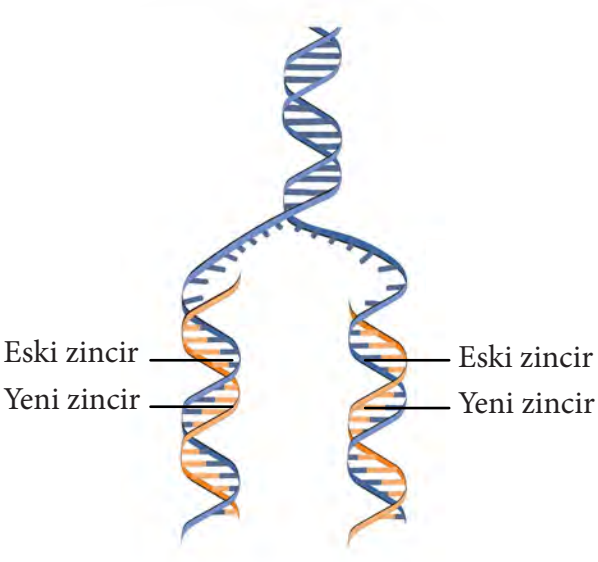
Kromozom sayısı türe özgüdür. Aynı türdeki bireylerin kromozom sayıları aynıdır ancak bu durum kromozom sayıları aynı olan canlıların kesinlikle aynı türden olduğu anlamına gelmez. Farklı türden canlılar da aynı sayıda kromozoma sahip olabilir. Örneğin insan ve moli balığı farklı tür olmalarına rağmen kromozom sayıları 46'dır.

Hücredeki genetik materyal organizasyonunda genel olarak nükleotitler, genleri; genler, DNA'yı; DNA, kromozomları oluşturur.

1.1.4. DNA'nın Kendini Eşlemesi (Replikasyon)

Canlının bütün kalıtsal özellikleri DNA' sında bulunur. Hücre bölünmesi öncesinde DNA kendini eşleyerek kopyasını oluşturur. Böylece bölünme sonrası oluşan hücrelere kalıtım materyali eşit olarak aktarılır. DNA'nın kendini eşleyerek kopyasını oluşturmasına **replikasyon** denir.

DNA molekülü kendini **yarı korunumlu** olarak eşler. Yarı korunumlu eşlemede DNA'nın iki zincirli sarmalı açılarak her bir zincir kalıp görevi görür. Kalıp olarak kullanılan DNA zincirleri kendilerine yeni bir DNA ipliği oluşturur. Yarı korunumlu eşleme tamamlandığında oluşan DNA moleküllerindeki ipliklerden biri eski, diğeri yeni zincirdir.

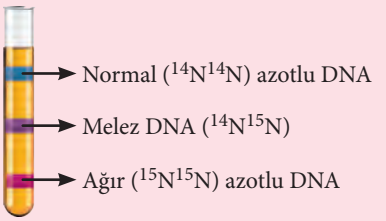


Görsel 1.18. DNA' nın yarı korunumlu olarak kendini eşlemesi

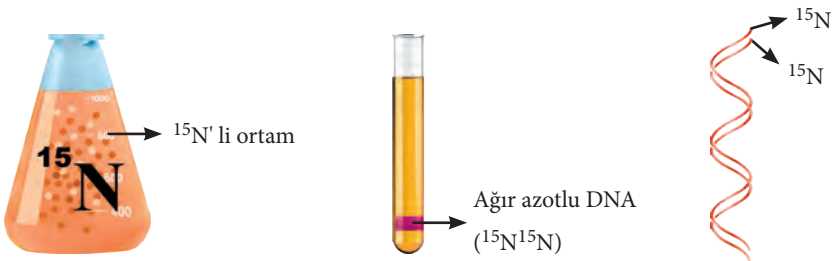
1958 yılında Matthew Meselson (Methiv Meselsın) ve Franklin Stahl (Franklin Sıtal) yaptıkları deneyler sonucunda DNA' nın kendini **yarı korunumlu** eşlediğini ispat ettiler. Bu deneylerde E.coli bakterilerini ağır azot (^{15}N) atomu içeren bir besin ortamında çoğaltarak E. coli kültürünü hazırladılar. Böylece kültürdeki tüm bakterilerin DNA' larının ağır azot içermesini sağladılar. Bakterileri santrifüj ettiklerinde bantlaşmanın tüpün altında oluştuğunu gözlemlediler. Daha sonra bu bakterileri normal azot (^{14}N) içeren ortama koyarak 20 dk. beklediler. Böylece burada bir nesil çoğalmalarını sağladılar. Bakterileri santrifüj ettiklerinde bantlaşmanın tüpün ortasında oluştuğunu gözlemlediler çünkü bakteri DNA' larının bir ipliği ağır azot (^{15}N), diğer ipliği normal azot (^{14}N) içermekteydi yani tüpteki DNA moleküllerinin tamamı melezdi. Daha sonra bu bakterileri aynı ortamda 20 dk. daha bekleterek iki nesil çoğalmalarını sağladılar. Bakterileri santrifüj ettiklerinde hem ortada hem üstte bantlaşma oluştuğunu gözlemlediler. Bunun nedeni ise oluşan bakteri DNA' larının % 50'sinin normal azot ($^{14}N^{14}N$) içermesi, % 50'sinin melez ($^{14}N^{15}N$) olmasıydı. Matthew Meselson ve Franklin Stahl bu sonuçlardan yola çıkarak, DNA' nın kendini eşlerken ipliklerinden birini koruduğunu, korunan ipliğin karşısına ortamdaki maddeleri kullanarak yeni iplik oluşturduğu çıkarımına vardılar.

BİLGİ KUTUSU

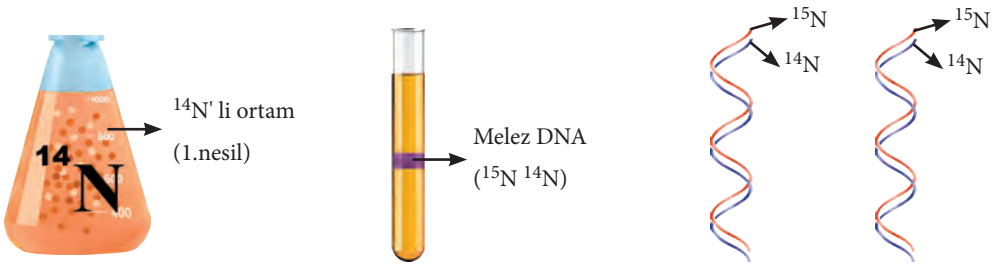
Santrifüj, bir karışımı yüksek hız ve devirle döndürerek karışımın taşıdığı ögeleri yoğunluk farkına göre ayırma işlemidir. Bu işlemde yüksek hız ve devirle döndürülen karışımların içindeki ağır parçalar tüpün alt kısmında, hafif parçalar tüpün üst kısmında toplanır. Santrifüj işlemi DNA molekülünü içeren karışıma uygulandığında ağır ($^{15}N^{15}N$) azotlu DNA'lar deney tüpünün altında, normal azotlu ($^{14}N^{14}N$) DNA'lar deney tüpünün üstünde, hem ağır hem normal azot içeren melez ($^{14}N^{15}N$) DNA'lar deney tüpünün ortasında bantlaşmaya neden olur.



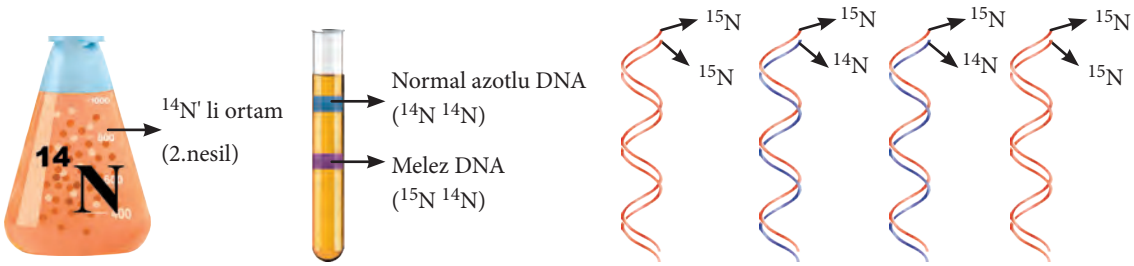
Görsel 1.19. DNA molekülü içeren karışım santrifüj edildiğinde meydana gelen bantlaşmalar



E.coli bakterileri ağır azot (^{15}N) içeren besin ortamında defalarca çoğaltılarak E.coli kültürü hazırlandı. Bu kültürdeki bakteriler santrifüj edildiğinde tüpün altında bantlaşma oluştu. Buna göre kültürdeki bakterilerin DNA'larının iki zincirinin de ağır azot ($^{15}N^{15}N$) içerdiği sonucuna ulaşıldı.



Ağır azot (^{15}N) içeren besin ortamındaki E.coli bakterileri normal azot (^{14}N) içeren ortama konularak bir nesil çoğalmaları sağlandı. Bakteriler santrifüj edildiklerinde bantlaşmanın tüpün ortasında oluştuğu gözlemlendi çünkü bakteri DNA'larının bir ipliği ağır azot (^{15}N), diğer ipliği normal azot (^{14}N) içermekteydi yani tüpteki DNA moleküllerinin tamamı melezdi.



Ağır azot (^{15}N) içeren besin ortamındaki E.coli bakterileri normal azot (^{14}N) içeren ortama konularak iki nesil çoğalmaları sağlandı. Bakteriler santrifüj edildiklerinde bantlaşmanın tüpün hem ortasında hem de üstünde oluştuğu gözlemlendi çünkü bakteri DNA'larının % 50'si normal azot ($^{14}N^{14}N$) içeriyordu, % 50'si melezdi ($^{14}N^{14}N$).

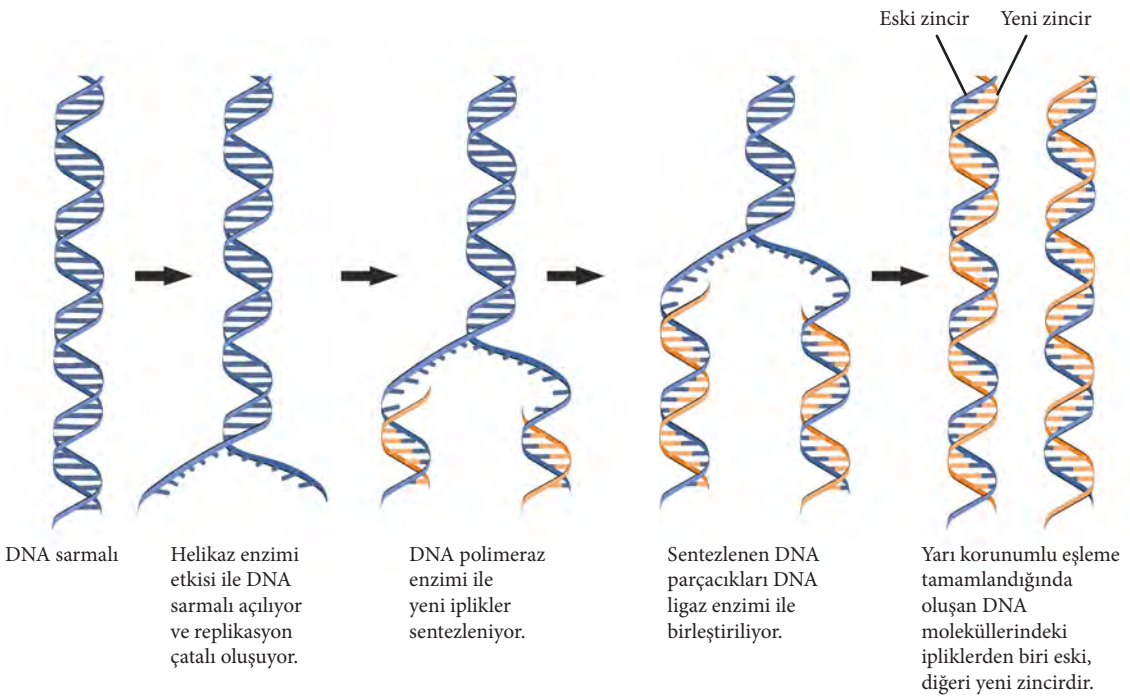
Görsel 1.20. Meselson ve Stahl'ın, DNA'nın kendini yarı korunumlu eşlediğini ispatlayan deneyleri

DNA' nın yarı korunumlu olarak kendini eşlemesinde **helikaz**, **DNA polimeraz** ve **DNA ligaz** adı verilen üç enzim görev alır:

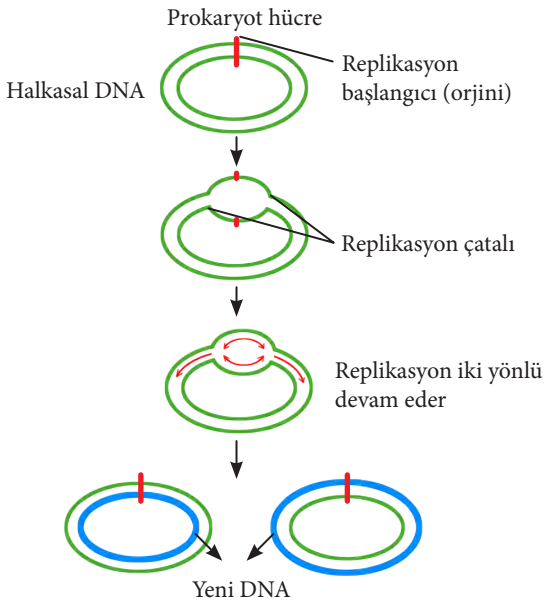
Helikaz enzimi: DNA'nın kendini eşlemesi için çift sarmal zincirlerin açılması gerekir. Helikaz enzimi, replikasyon başlamadan önce DNA sarmalındaki azotlu organik bazlar arasındaki zayıf hidrojen bağlarını koparark sarmal zincirleri birbirinden ayırır. DNA sarmalını oluşturan zincirlerin birbirinden ayrılmış bu hâline **replikasyon çatalı** denir. Ayrılan zincirler replikasyon sırasında kalıp zincir görevi görür.

DNA polimeraz enzimi: Replikasyon sırasında açılan DNA ipliklerinin karşısına uygun nükleotitleri (adeninin karşısına timin, guaninin karşısına sitozin) getirerek yeni ipliklerin sentezlenmesini sağlar. Böylece iki tane çift zincirli DNA molekülü sentezlenmiş olur. DNA polimeraz enzimi, replikasyon dışında DNA ipliğinde meydana gelen hataların onarılmasını da sağlar.

DNA ligaz enzimi: Replikasyon sırasında oluşturulan DNA parçacıklarını fosfodiester bağıyla birleştirerek tam bir zincir oluşumasını sağlar.



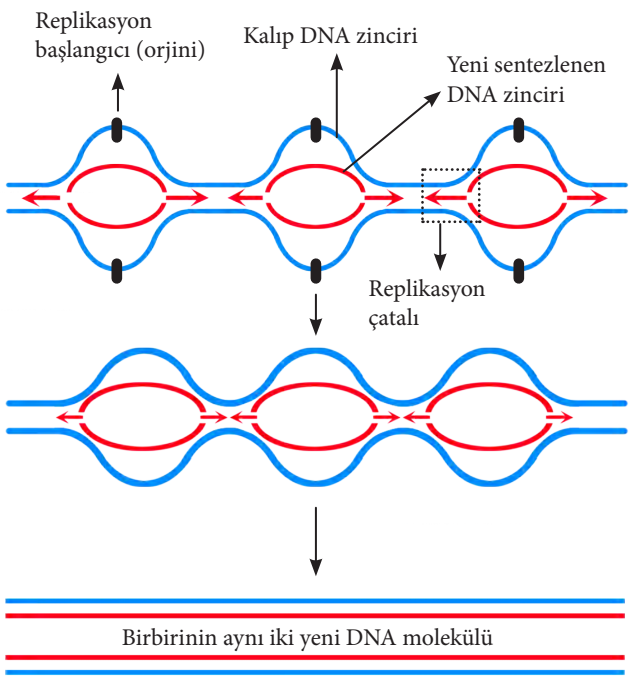
Görsel 1.21. DNA replikasyonu



Görsel 1.22. Prokaryotlarda DNA'nın replikasyonu

DNA'nın replikasyonu genel olarak ökaryot ve prokaryot hücrelerde benzer şekilde gerçekleşir. Prokaryotların DNA'sı halkasal olduğu için replikasyon, **replikasyon orijini** adı verilen özel bölgeden başlar, iki yönde devam ederek tek noktada sonlanır. Sonuçta birbirinin aynısı olan iki halkasal DNA elde edilir.

Ökaryot hücrelerde DNA doğrusaldır ve fazla sayıda replikasyon orijini bulundurur. Ökaryotlarda replikasyon orijinine **helikaz** enzimi bağlanarak DNA'nın sarmal (helix) yapısı açılır. Daha sonra açılan DNA iplikleri kalıp olarak kullanılarak karşılarına **DNA polimeraz enzimi** ile yeni iplikler sentezlenir.



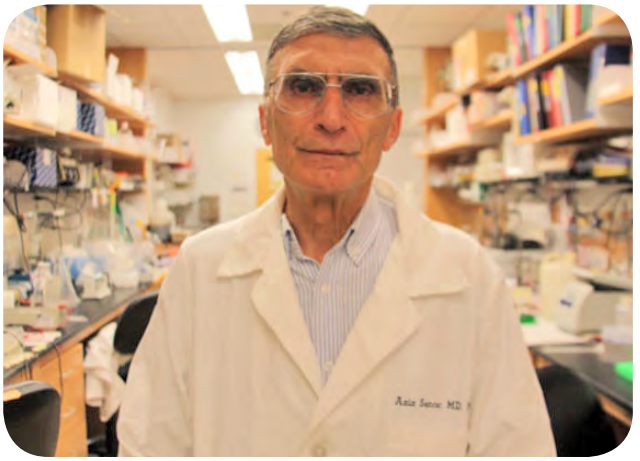
Görsel 1.23. Ökaryotlarda DNA'nın replikasyonu

Aziz Sancar

Aziz Sancar; Mardin'in Savur ilçesinde, çiftçilikle geçinen on çocuklu bir ailenin yedinci çocuğu olarak dünyaya geldi. Her ne kadar kendileri okumamış olsa da okumanın önemine inanan bir aileye sahipti. İlk ve ortaöğrenimini Savur'da tamamladıktan sonra İstanbul Üniversitesi Tıp Fakültesine başladı. Tıp fakültesini başarılı bir şekilde bitirerek doğduğu ilçenin bir köyünde iki yıl hekimlik yaptı.



Görsel 1.24. 1964 yılı Tıp Fakültesi doku bilimi dersinden. Aziz Sancar ortada profesörün yanında.



Görsel 1.25. Aziz Sancar ABD Chapel Hill'de Kuzey Carolina Üniversitesinde biyokimya ve biyofizik alanlarında çalışmalarını yürütmektedir.

1971'de TÜBİTAK bursuyla ABD John Hopkins Üniversitesine gitti, 1977 yılında Texas Dallas Üniversitesinde doktorasını tamamladı. 1997 yılından beri ABD Chapel Hill'de Kuzey Carolina (Karalayna) Üniversitesinde biyokimya ve biyofizik alanlarında önemli çalışmalar yürütmektedir. Bugüne kadar 300'e yakın bilimsel makale ve bu makalelere yapılan otuz binden fazla atıfla eşine az rastlanır bir başarıya imza attı. Bu süre zarfında çok sayıda öğrenci yetiştirdi.

Aziz Sancar 2001 yılında Amerikan Kimya Cemiyeti tarafından verilen Kuzey Carolina Seçkin Kimyager Ödülü' nü almaya hak kazandı. 2005 yılında bilim dünyasının en prestijli üyeliği olan ABD Ulusal Bilimler Akademisine seçilerek bu akademiye seçilen ilk Türk oldu. ABD' de okuyan Türk öğrencilere yardım etmek ve Türk Amerikan ilişkilerini geliştirmek amacıyla eşiyle **Sancar Vakfını** kurdu ve Kuzey Carolina eyaletinde **Carolina Türk Evi**ni açtı. 2006 yılında Türkiye Bilimler Akademisine asli üye olarak seçildi.

Aziz Sancar "DNA Onarımının Moleküler Mekanizmalarının Aydınlatılması ve Biyolojik Saatin Düzenlenmesi" konusunda yaptığı çalışmalar ile 2015 yılı Nobel Kimya Ödülü'ne lâyık görüldü.



Görsel 1.26. Aziz Sancar, İsveç'in başkenti Stockholm'de düzenlenen törende 2015 yılı Nobel Kimya Ödülü'nü alırken.

Aziz Sancar, Nobel Ödülü' nü getiren bu çalışmalarında ultraviyole (uv) ışınlarının DNA' da neden olduğu hasarı tamir etmek için hücrenin kullandığı **nükleotit çıkarımlı** onarım mekanizmasının haritasını çıkardı. Ayrıca sirkadiyen saatin (biyolojik saat) DNA onarımını kontrol ettiğini tespit etti. Buna göre DNA onarımının günün belli saatlerinde artarken, belli saatlerinde azaldığını ortaya koydu. Bu çalışmaların kanser tedavisine de önemli katkıları olacaktır. Kanser tedavisinde hücrelere DNA onarım potansiyelinin en az olduğu zaman ilaç tedavisi uygulanarak, hem ilacın etkisini artırmak hem de yan etkilerini azaltmak mümkün olabilecektir.

Aziz Sancar bilim alanında yaptığı çalışmalar dışında, çalışkanlığı ve vatanseverliği ile de örnek bir kişiliktir. Kişiliğinin bu yönlerini gösteren bazı açıklamaları şu şekildedir:

"Başarılı olmak Nobel almak değildir. Başarılı olmak aileniz, memleketiniz, vatanınız ve insanlık için çalışmaktır."

" Başarının kısa yolu yoktur. Dünyanın en zeki adamı olun, çalışmazsanız ailenize, ülkenize ve dünyaya katkı yapamazsınız. Ben orta zekâlı bir insanım. Aslında zekâya inanmıyorum. Çalışmaya inanıyorum. Emeğe inanıyorum. Ben öğrenci iken günde 18 saat haftada 7 gün çalışıyordum. Şimdi 71 yaşındayım günde 12 saat haftada 6,5 gün çalışıyorum. Bunun için başarının kolay olmadığını biliyorum."

"Tam bağımsızlık, kendi yaratacağımız bilim ve teknoloji ile mümkün olabilir."

" Ben bu ödülü memleketime ve cumhuriyet devrinin başlattığı eğitime borçluyum. Türkiye Cumhuriyeti bizim için olağanüstü imkânlar yarattı. Benim bütün eğitimim parasızdı. İstanbul Tıp Fakültesinde dünyanın en güzel öğrenimini gördüm. Başarımın kaynağı ülkemde aldığım eğitimdir. Bunun için önce vatanıma çok minnettarım. Bu ödülü kazandığıma en çok memleketim için sevindim. Tekrar söylüyorum beni bu noktaya getiren ülkemde aldığım eğitimdir. Yaptığım araştırmalar, verdiğim onca emek için kuşkusuz büyük memnuniyet verici bu ödül, ailem için de çok sevindim fakat en çok memleketim için sevindim."

Aziz Sancar, 2015 Yılı Nobel Kimya Ödülü'nün madalya ve sertifikasını, Cumhurbaşkanı Recep Tayyip Erdoğan'ın da katıldığı törenle, Anıtkabir Komutanlığına takdim etti. Törende Cumhurbaşkanı Erdoğan, Sancar'a Anıtkabir'de dalgalanan Türk bayrağını hediye etti.



Görsel 1.27. Cumhurbaşkanı Recep Tayyip Erdoğan, Sancar' a Anıtkabir' de dalgalanan Türk bayrağını hediye ederken.

Törende Cumhurbaşkanı Recep Tayyip Erdoğan, "Bu madalyanın Anıtkabir'de sergilenmesini, gençliğimiz için geleceğe yönelik bir işaret fişeği olarak görüyorum ve daha nice Nobel ödüllerini alma noktasında inanıyorum ki bu âdeta bir yol haritasını belirleme olacaktır. Çok teşekkür ediyorum." diye konuştu. Prof. Dr. Aziz Sancar ise çok mutlu olduğunu ifade etti. "Bu madalyayı buraya vermekle, Atatürk'e ve Atatürk'ün silah arkadaşlarına, Türkiye Cumhuriyeti'ni kuranlara vefa borcumu ödedim ve bu fırsatı bana verdiği için Allah'a şükrediyorum." diyen Sancar, millete böyle bir sevinç yaşattığı ve özellikle gençlere bilim yapma ilhamı verdiği için çok mutlu olduğunu kaydetti.



Görsel 1.28. Aziz Sancar'a verilen 2015 Yılı Nobel Kimya Ödülü'nün madalya ve sertifikasının Anıtkabir'de sergilendiği köşe.

Prof. Dr. Aziz Sancar, bilim insanında bulunması gereken sabırlı, kararlı, azimli, çalışkan, araştırmacı ve iyi bir gözlemci olması gibi özellikleriyle, Mardin'den başlayıp Nobel Ödülü'ne kadar uzanan yaşam öyküsüyle ve vatanına olan sevgisiyle örnek kişiliğini ortaya koymaktadır.



2. BÖLÜM
GENETİK ŞİFRE VE PROTEİN SENTEZİ

NELER ÖĞRENECEĞİZ ?

Bu bölümü tamamladığınızda;

1. Protein sentezinin mekanizmasını,
2. Genetik mühendisliği ve biyoteknoloji kavramlarını ve uygulamalarını,
3. Genetik mühendisliği ve biyoteknoloji uygulamalarının insan hayatına etkisini öğreneceksiniz.

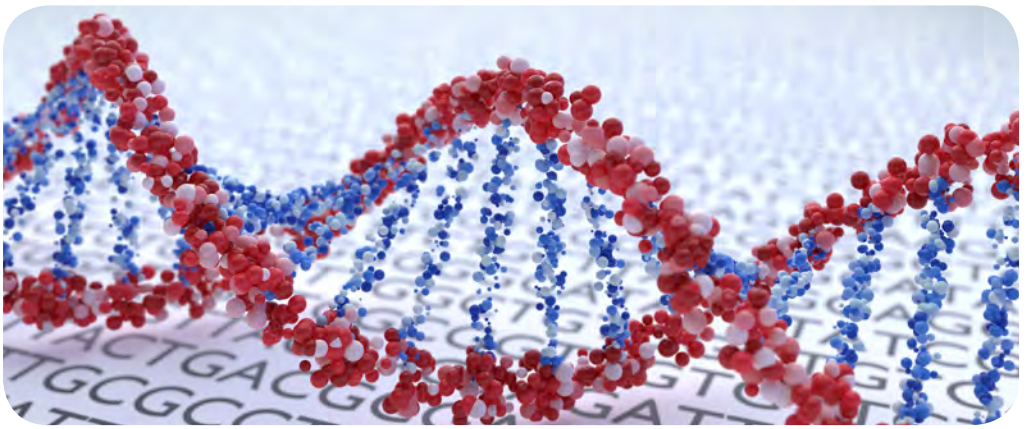
ANAHTAR KAVRAMLAR

- Antibiyotik
- Antikodon
- Biyoetik
- Biyogüvenlik
- Biyoteknoloji
- DNA parmak izi
- Gen terapisi
- Genetik şifre
- Genetik danışmanlık
- Genetik mühendisliği
- İnsülin
- Klonlama
- Kod
- Kodon
- Kök Hücre
- Model organizma
- RNA polimeraz
- Protein sentezi
- Transkripsiyon
- Translasyon
- Yapay doku/organ

1.2. GENETİK ŞİFRE VE PROTEİN SENTEZİ

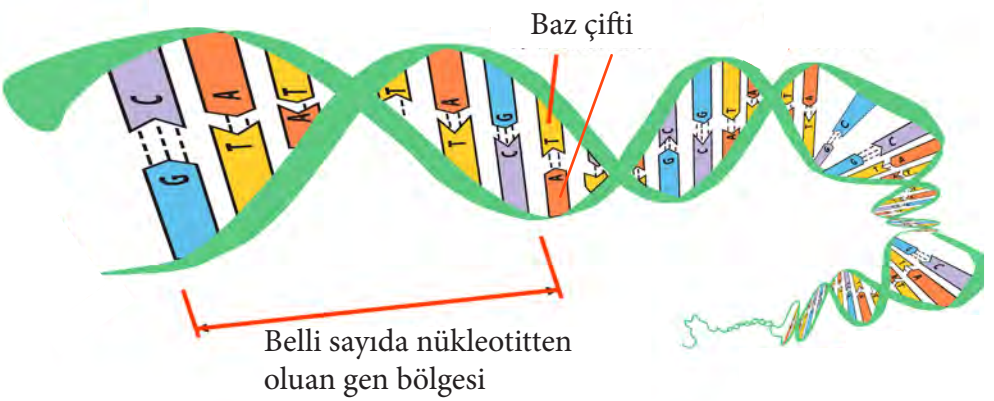
1.2.1. Genetik Şifre

Hücredeki yaşamsal faaliyetlerin gerçekleşmesini sağlayan bilgi DNA' da yazılıdır. Bilgilerin yazımında A, G, S ve T' den oluşan dört harfli bir alfabe kullanılır. A harfi adenin nükleotitini, G harfi guanin nükleotitini, S harfi sitozin nükleotitini, T harfi timin nükleotitini ifade eder. Harflerle ifade edilen DNA' daki bu nükleotit dizisine **genetik şifre (genetik kod)** denir.



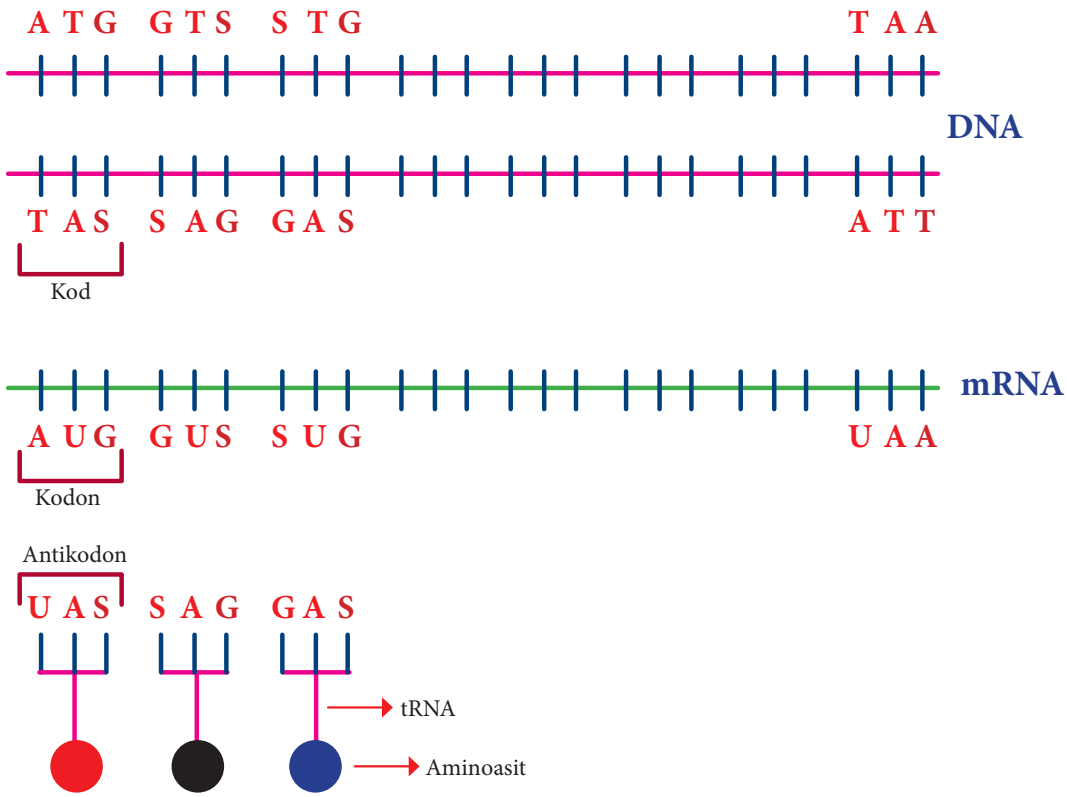
Görsel 1.29. A, G, S ve T harfleriyle ifade edilen DNA'daki nükleotit dizisine genetik şifre (genetik kod) denir.

Genetik kod, bir canlının ne olacağını, neye benzeyeceğini, yapılarının nasıl oluşup, nasıl görev yapacağını belirleyen kimyasal bir koddur. DNA' da kodlanmış olan bilginin proteinlere (aminoasit dizilerine) çevrilmesini genetik kod sağlar. DNA' daki protein veya RNA kodlayan nükleotit dizilerine **gen** adı verilir.



Görsel 1.30. Protein veya RNA kodlayan DNA' daki nükleotit dizilerine gen adı verilir.

Genler çok sayıda üçlü nükleotit dizilerinden oluşur. DNA' daki üçlü nükleotit dizilerine **kod**, kod' a karşılık gelen mRNA' daki üçlü nükleotit dizilerine **kodon**, kodon' a karşılık gelen tRNA' daki üçlü nükleotit dizilerine **antikodon** adı verilir.



Görsel 1.31. DNA' daki üçlü nükleotit dizilerine kod, koda' a karşılık gelen mRNA' daki üçlü nükleotit dizilerine kodon, kodon' a karşılık gelen tRNA'daki üçlü nükleotit dizilerine antikodon denir.

BİLGİ KUTUSU

Genetik şifre neden üçlü nükleotit dizlerinden oluşur?

Genetik şifre bir nükleotitten oluşsaydı 4 (4^1=4) çeşit aminoasiti, iki nükleotitten oluşsaydı 16 (4^2=16) çeşit aminoasiti sentezleyen şifre oluşurdu. 4 ya da 16 çeşit şifre canlıdaki 20 çeşit aminoasiti şifrelemek için yeterli olmazdı. Bu yüzden genetik şifrenin canlıdaki 20 çeşit aminoasidi şifreleyebilmesi için 3 çeşit nükleotitten oluşması gerekir. Böylece oluşan 64 (4^3=64) çeşit şifre 20 çeşit aminoasiti şifrelemek için yeterli olur.

Canlıda bulunan 20 çeşit aminoasiti şifreleyen 64 çeşit kodon vardır. Bu 64 çeşit kodondan üç çeşidi aminoasit kodlamadığı için protein sentezini durdurur. **UAA**, **UAG**, **UGA** şeklinde olan bu kodonlara **durdurucu (sonlandırıcı) kodon** denir. Geriye kalan 61 çeşit kodon 20 farklı aminoasidi şifreler. Tüm canlılarda protein sentezi metiyonin aminoasidini şifreleyen **AUG** kodonu ile başlar. Bu yüzden bu kodona **başlama kodonu** denir.

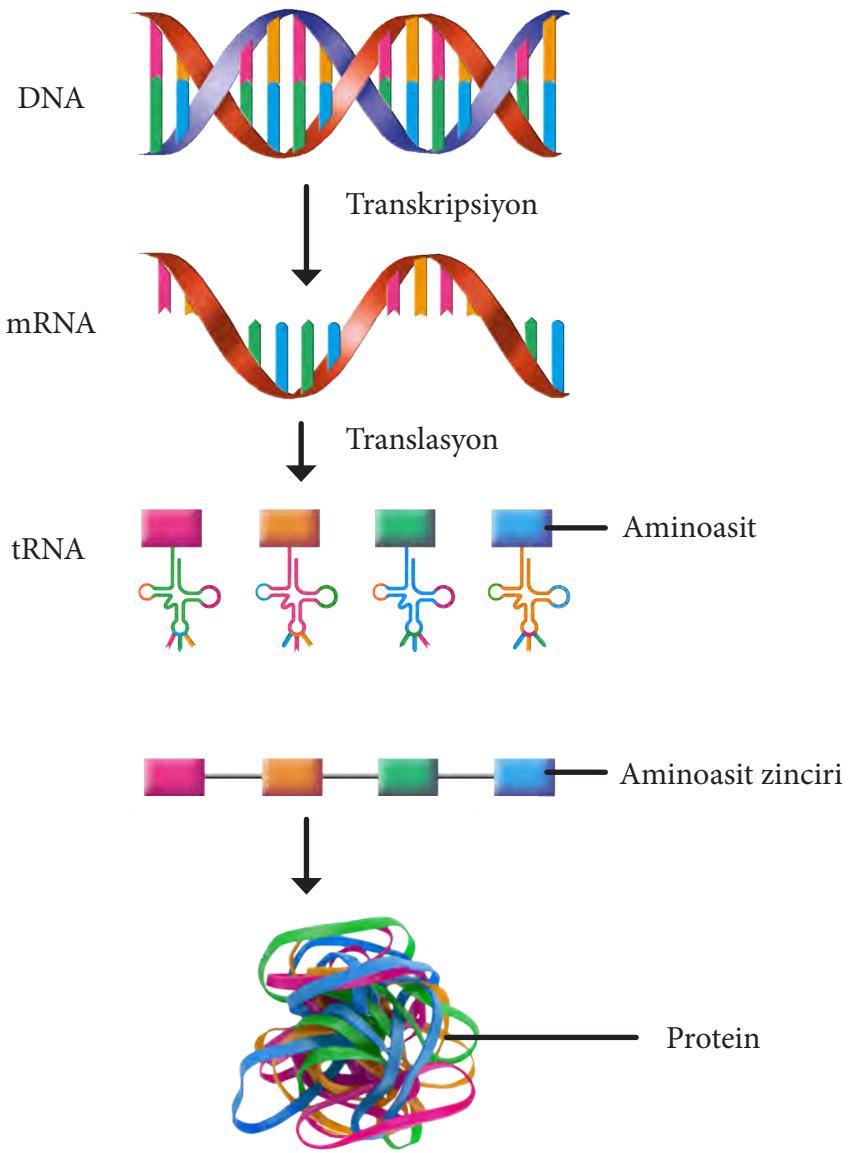
Her kodon bir aminoasidi şifreler ancak herhangi bir aminoasiti şifreleyen birden fazla kodon olabilir. Örneğin; sistein aminoasitini şifreleyen UGU ve UGC olmak üzere iki çeşit kodon vardır. UGU ve UGC kodonları ise sedece sistein aminoasitini şifreler, başka aminoasit şifrelemez. Bu durum canlının bazı mutasyonlardan korunmasını sağlar. Örneğin sistein aminoasitini şifreleyen UGU kodonu mutasyona uğradığında, UGC kodonu sistein aminoasitini şifrelemeye devam eder. mRNA' daki kodonlar ve kodonların şifrelediği aminoasitler Tablo 1.2' deki gibidir.

Birinci Baz Sırası	İkinci Baz Sırası: U (Urasil)	İkinci Baz Sırası: C (Sitozin)	İkinci Baz Sırası: A (Adenin)	İkinci Baz Sırası: G (Guanin)	Üçüncü Baz Sırası
U	UUU Fenilalanin	UCU Serin	UAU Tirozin	UGU Sistein	U
	UUC Fenilalanin	UCC Serin	UAC Tirozin	UGC Sistein	C
	UUA Lösin	UCA Serin	UAA Durdurma kodonları	UGA Durdurma kodonu	A
	UUG Lösin	UCG Serin	UAG Durdurma kodonları	UGG Triptofan	G
C	CUU Lösin	CCU Prolin	CAU Histidin	CGU Arjinin	U
	CUC Lösin	CCC Prolin	CAC Histidin	CGC Arjinin	C
	CUA Lösin	CCA Prolin	CAA Glutamin	CGA Arjinin	A
	CUG Lösin	CCG Prolin	CAG Glutamin	CGG Arjinin	G
A	AUU İzolösin	ACU Treonin	AAU Asparajin	AGU Serin	U
	AUC İzolösin	ACC Treonin	AAC Asparajin	AGC Serin	C
	AUA İzolösin	ACA Treonin	AAA Lizin	AGA Arjinin	A
	AUG Metiyonin Başlama kodonu	ACG Treonin	AAG Lizin	AGG Arjinin	G
G	GUU Valin	GCU Alanin	GAU Aspartik asit	GGU Glisin	U
	GUC Valin	GCC Alanin	GAC Aspartik asit	GGC Glisin	C
	GUA Valin	GCA Alanin	GAA Glutamik asit	GGA Glisin	A
	GUG Valin	GCG Alanin	GAG Glutamik asit	GGG Glisin	G

Tablo 1.2. Kodonlar ve kodonların şifrelediği aminoasitler

1.2.2. Protein Sentezi

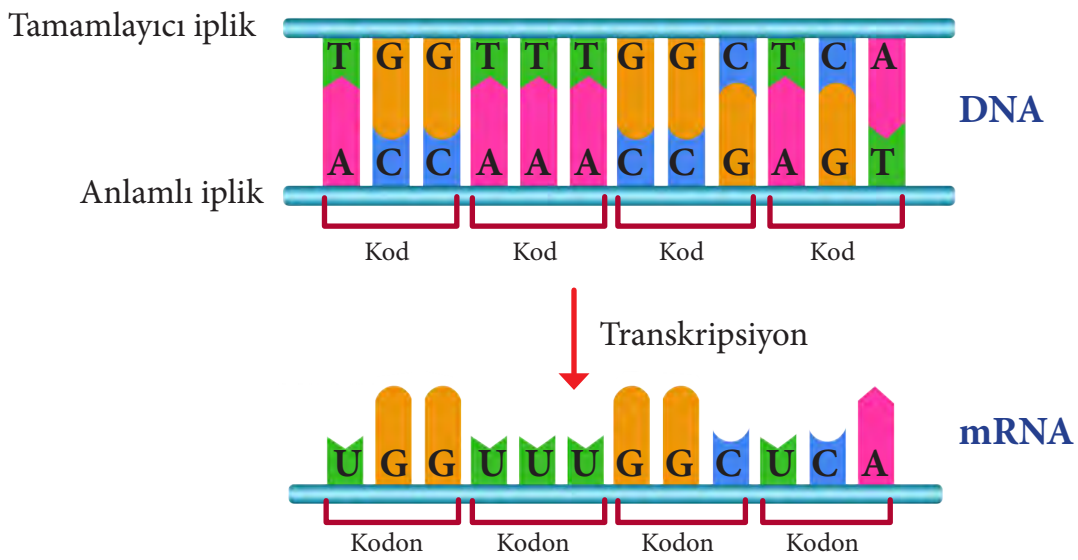
Protein sentezi, DNA' daki bilginin proteine dönüşmesidir. Protein sentezi tüm hücrelerde gerçekleşen bir olaydır. Ökaryot hücrelerde çekirdekte başlayıp sitoplazmada devam ederken, prokaryot hücrelerde çekirdek zarı olmadığı için sitoplazmada başlayıp sitoplazmada biter. Protein sentezinde DNA, RNA ve ribozom görev alır. Protein sentezi **transkripsiyon** (yazılma) ve **translasyon** (okuma) olmak üzere iki aşamada gerçekleşir.



Görsel 1.32. Protein sentezi, DNA' daki bilginin proteine dönüşmesidir.

a. Transkripsiyon (Yazılma)

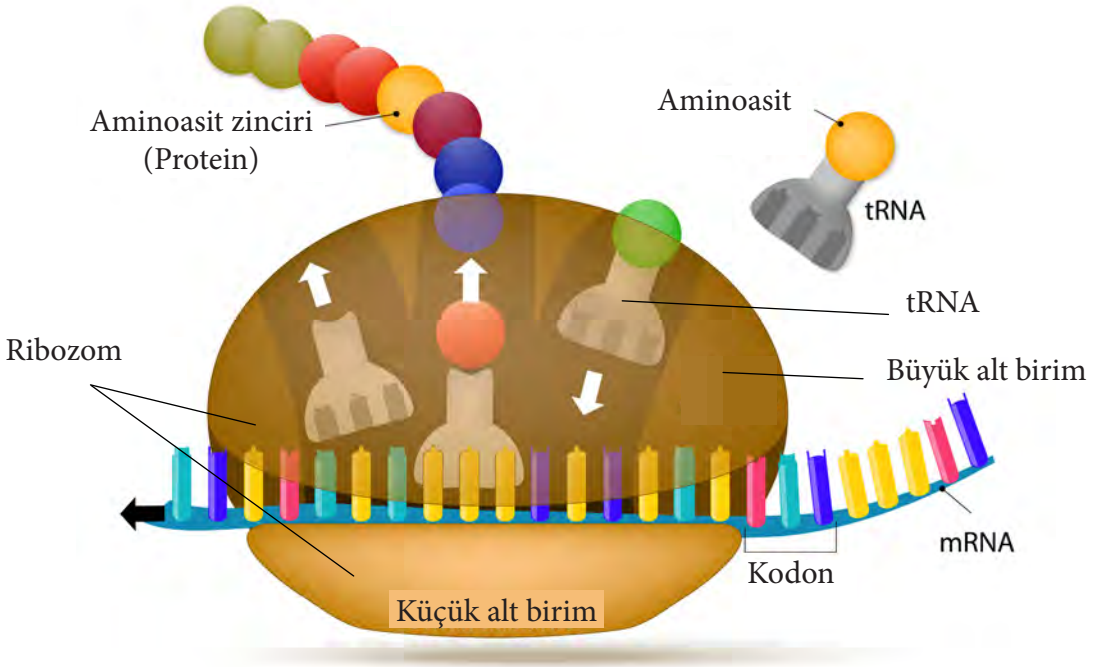
Transkripsiyon, DNA' daki bilgiye göre mRNA sentezlenmesidir. Transkripsiyon sırasında DNA sarmalının protein sentezinde kullanılacak bölümü RNA polimeraz enzimi ile açılır. Açılan bölgede DNA' nın bir ipliği üzerindeki nükleotit dizilimine göre mRNA sentezlenir. DNA' nın mRNA sentezine kalıplık eden ipliğine **anlamlı iplik**, diğer ipliğine **tamamlayıcı iplik** denir. mRNA' da timin nükleotiti olmadığı için timin gelmesi gereken yerlere urasil nükleotiti gelir. mRNA sentezlendikten sonra çekirdekten çıkarak sitoplazmaya geçer ve ribozoma bağlanır. Böylece mRNA, çekirdekte bulunan DNA' daki bilginin bir kopyasını sitoplazmada bulunan ribozoma taşımış olur.



Görsel 1.33. Transkripsiyon

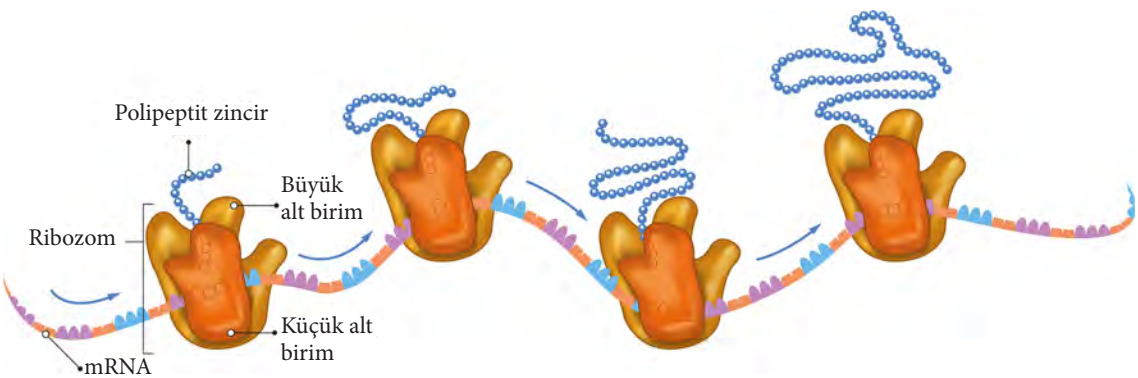
a. Translasyon (Okuma)

Translayon, mRNA' daki nükleotit dizilimine göre ribozomda protein sentezlenmesidir. mRNA ribozoma bağlandığında başlama kodonuna karşılık gelen antikodona sahip olan tRNA, sitoplazmadaki metiyonin amino asidini ribozoma getirir. Böylece protein sentezi başlar. mRNA'nın getirdiği kodonlar ribozomda okundukça kodonlara karşılık gelen anikodonları taşıyan tRNA' lar aminoasitleri ribozoma getirmeye devam eder. Aminoasitler arasında peptit bağları kurularak birbirine eklenir. Böylece uzayan bir aminoasit zinciri oluşur. Bu işlem ribozomun mRNA' nın üzerinde kayarak durdurma kodonuna gelmesine kadar devam eder. Durdurma kodonuna karşılık gelen antikodona sahip tRNA olmadığı için aminoasit getirilemez. Sentezlenmiş olan aminoasit zinciri, tRNA' dan koparak serbest kalır ve kullanılacağı yere gider.



Görsel 1.34. Translasyon

Bir protein çeşidinden fazla miktarda üretilmesi gerektiğinde aynı mRNA üzerine çok sayıda ribozom bağlanmasıyla oluşan yapıya **poliribozom (polizom)** denir. Polizom sayesinde aynı proteinden kısa sürede, çok miktarda üretilir. Üretilen protein, hücre yapısında ve hücre faaliyetlerinde kullanılır.



Görsel 1.35. Poliribozom (Polizom)

1.2.3. Genetik Mühendisiliği ve Biyoteknoloji

Genetik mühendisliği ve biyoteknoloji kavramları çoğu zaman karıştırılsa da birbirinden farklı kavramlardır. **Genetik mühendisliği**, canlıların kalıtsal özelliklerinin değiştirilerek onlara yeni işlevler kazandırılmasına yönelik araştırmalar yapan bilim dalıdır. Genetik mühendisliğinde genlerin izolasyonu ve çoğaltılması, nükleotit dizilişlerinin belirlenmesi, bir canlıdan diğerine gen aktarılması gibi çalışmalar yapılır.



Görsel 1.36. Genetik mühendisliğinde genlerin izolasyonu, çoğaltılması, nükleotit dizilişlerinin belirlenmesi, gen aktarılması gibi çalışmalar yapılır.

Biyoteknoloji genetik mühendisliğinin sağladığı bilgileri kullanarak canlılardan ekonomik değeri yüksek ürünler elde etmeyi amaçlar. Örneğin; insanda büyüme hormonu üreten geni izole edip, bu geni bakterilere aktarmak ve bu bakterileri çoğaltmak genetik mühendisliğinin çalışmalarıdır. Bu bakterilerden çok miktarda ve ucuza büyüme hormonunu üretmek ise biyoteknolojinin çalışma alanıdır. Biyoteknoloji ile tarım, hayvancılık, endüstri, tıp ve eczacılık gibi çeşitli alanlarda ekonomik değeri yüksek ürünler elde edilir. Bu amaçla biyoteknoloji; mikrobiyoloji, biyokimya, moleküler biyoloji gibi bilim dallarıyla ortak çalışır.

Biyoteknolojik yöntemlerle protein, antibiyotik, hormon, antikor gibi maddeler, yeni özelliklere sahip sebze ve meyveler, tıbbi bitkiler, çiftlik hayvanları, yapay organ ve dokuların üretimi yapılabilmektedir. Biyoteknolojik yöntemlerle üretilen bazı özel mikroorganizmalar ise organik atıklara bağlı oluşan çevre kirliliğine karşı kullanılmaktadır.



Görsel 1.37. Biyoteknolojik yöntemlerle protein, antibiyotik, hormon, antikor gibi maddeler ve çeşitli ilaçlar üretilmektedir.

1.2.4. Genetik Mühendisliği ve Biyoteknoloji Uygulamaları

Genetik mühendisliğinin ve biyoteknolojinin çok çeşitli uygulamaları vardır. Bunlardan bazıları; **gen teknolojileri**, **DNA parmak izi** ve **kök hücre teknolojileri**dir.

a) Gen Teknolojileri

Bir canlı türüne başka bir canlı türünden gen aktarılarak ya da var olan genetik yapıya müdahale edilerek canlının yeni genetik özellikler kazanmasını sağlayan biyoteknolojik yöntemlere **gen teknolojisi** denir. Bu yöntemle genetiği değiştirilen canlılara **genetiği değiştirilmiş organizma (GDO)** veya **transgenik organizma** adı verilir.

A vitaminin sentezlenmesi için **beta karoten** adı verilen bir moleküle ihtiyaç vardır. Beta karoteni sentezleyen gen, pirinçte olmadığı için pirinç A vitamini sentezleyemez. Gen teknolojisi yöntemleri ile pirince nergis bitkisinden alınan beta karoten geni aktarılır. Böylece A vitamini sentezleyen **transgenik** bir pirinç üretilir. Böylece pirincin besin değeri artırılır.

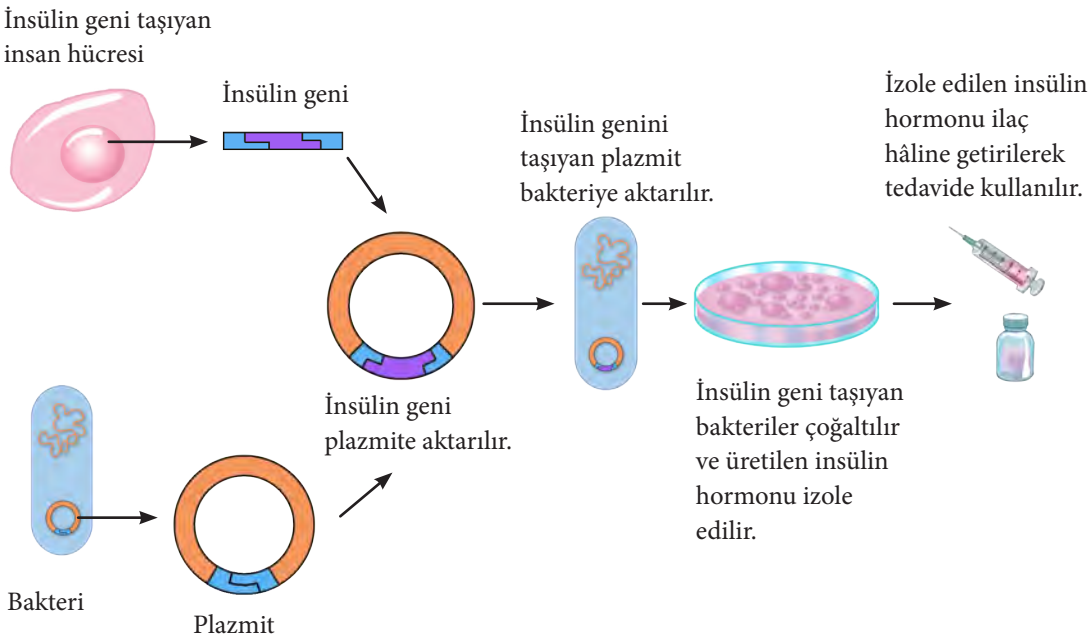


Görsel 1.38. Beta karoten geni olmadığı için A vitamini sentezleyemeyen beyaz pirinç.



Görsel 1.39. Beta karoten geni eklenerek A vitamini sentezleyebilir duruma getirilen kırmızı pirinç.

Bir başka gen teknolojisi yöntemi **gen klonlaması**dır. Gen klonlaması yönteminde önce istenen gen, bakteriye aktarılır. Sonra bu bakteri çoğaltılır. Böylece genin kopyaları oluşturulur. Kopyası oluşturulan genler bakteride de çalışmaya devam ettiği için genin ürettiği proteini bakteri de üretir. Şeker hastalığının tedavisinde kullanılan insülin hormonu bu şekilde üretilir. İnsülin üreten gen, insan DNA'sından izole edilerek bakteriye aktarılır. Bakteri çoğaltılarak genin kopyaları oluşturulur. Bakteri DNA'sı içerdiği insülin geni sayesinde insülin hormonu üretir. Üretilen insülin hormonu bakteriden izole edilerek tedavide kullanılır. Böylece geçmiş yıllarda kadavradan (ölü insan bedeni) ve çeşitli memeli canlılardan çok az miktarda ve güçlükle elde edilen bu hormon, günümüzde gen klonlaması yöntemiyle daha kolay ve ucuza üretilir hâle gelmiştir.



Görsel 1.40. Bakterilere gen klonlaması yöntemi ile insülin hormonu ürettirilir.

BİLGİ KUTUSU

Bakteri hücresinde bulunan çift iplikli halkasal DNA'ya plazmit denir. Plazmit; antibiyotik dirençliliği gibi genleri taşır, kendini eşleme yeteneğine sahiptir, genetik mühendisliği çalışmalarında diğer canlılara gen aktarımında vektör (taşıyıcı) olarak kullanılır.

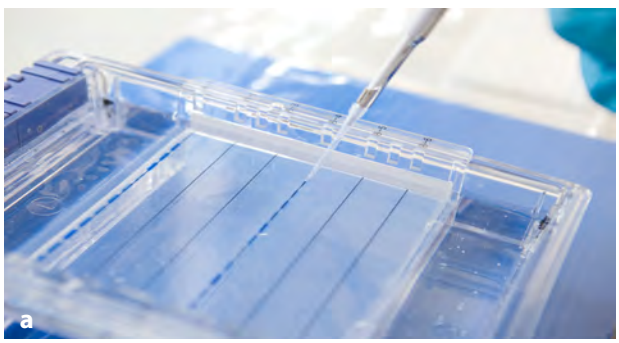
Bir canlı türünden izole edilen genin bir başka canlı türünün DNA' sına eklenmesi ile elde edilen DNA' ya **rekombinant DNA** denir. Rekombinant DNA teknolojisi çeşitli hastalıkların tedavisi için gerekli olan hormon, antibiyotik ve antikor üretiminde, bitkilerde ürün verimini ve kalitesini artırmada kullanılmaktadır. Örneğin rekombinant DNA teknolojisi ile soğuğa, kuraklığa, virüslere ve tarım ilaçlarına (herbisit) karşı dirençli bitkiler üretilmektedir.

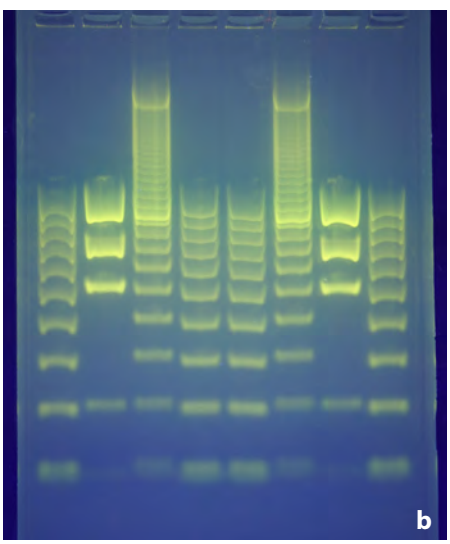


Görsel 1.41. Rekombinant DNA teknolojisi ile üretilen bitkiler

b) DNA Parmak İzi

Tek yumurta ikizleri hariç tüm insanların DNA baz dizilimleri birbirinden farklıdır. Bu yüzden genetik yapıları da farklıdır. İnsan DNA' sında anlamlı ve anlamsız baz dizileri vardır. Anlamlı diziler protein kodlarken, anlamsız diziler herhangi bir protein kodlamaz ve çoğunluğu tekrar eden DNA dizilerinden oluşur. Bir canlının DNA' sındaki tekrar eden anlamsız baz dizilerinin jel üzerinde oluşturdukları bantlı yapıya **DNA parmak izi** denir.





Görsel 1.42. (a) DNA parçalarının jele yüklenmesi. (b) DNA parçalarının elektroforez yöntemiyle jelde yürütülmesi sonucu oluşan bantlaşmalar, DNA parmak izi.

DNA parmak izi elde etmek için DNA, uygun restriksiyon enzimi ile kesilir. Tekrar eden anlamsız baz dizileri **PCR (Polimeraz Zincir Reaksiyonu)** adı verilen yöntem ile çoğaltılır. Elde edilen DNA parçaları özel bir jelde **elektroforez** adı verilen bir yöntemle uzunluklarına göre birbirinden ayrılır. DNA parçaları büyüklüklerine göre jel üzerinde belirli uzaklıklarda bantlar oluşturur. Bu bantlı yapılar **DNA parmak izi** olarak adlandırılır.



BİLGİ KUTUSU

Elektroforez yöntemi moleküllerin jel yapılı ortamda elektrik akımının etkisiyle göç etmeleri prensibine dayanır. Bu yöntemde büyük moleküller jel üzerinde yürümekte zorluk çektiği için geride kalan bantlaşmalar oluştururken, küçük moleküller hızlı ve rahat hareket ettiği için ileride olan bantlaşmalar oluşturur.

PCR; Polimeraz Zincir Reaksiyonu'nun kısaltmasıdır. PCR yöntemi; uygun enzim ile kesilen DNA parçalarının çoğaltılmasını sağlayan DNA sentez yöntemidir. Bu yöntem ile belirli DNA parçalarının büyük miktarlarda kopyası üretilir. Aynı DNA'nın çok miktarda kopyasının olması araştırmacıların genler üzerindeki çalışmalarını kolaylaştırır.

DNA parmak izi tek yumurta ikizleri hariç tüm bireylerde farklı olduğu için suçluların tespitinde sıkça kullanır. Olay yerinde bulunan kan, sindirim atığı, tükürük, kıl, tırnak, doku kalıntıları gibi örnekler toplanır. Bu örneklerin DNA baz dizilimleri çıkarılarak şüphelilerinki ile karşılaştırılır. Böylece suçlunun bulunması sağlanır.

DNA parmak izi yöntemi sadece suçlu tespitinde değil safkan hayvan ırklarının tespitinde, babalık davalarında, bitki ve hayvan türlerinin korunması çalışmalarında da kullanılan bir yöntemdir.

c) Kök Hücre Teknolojileri

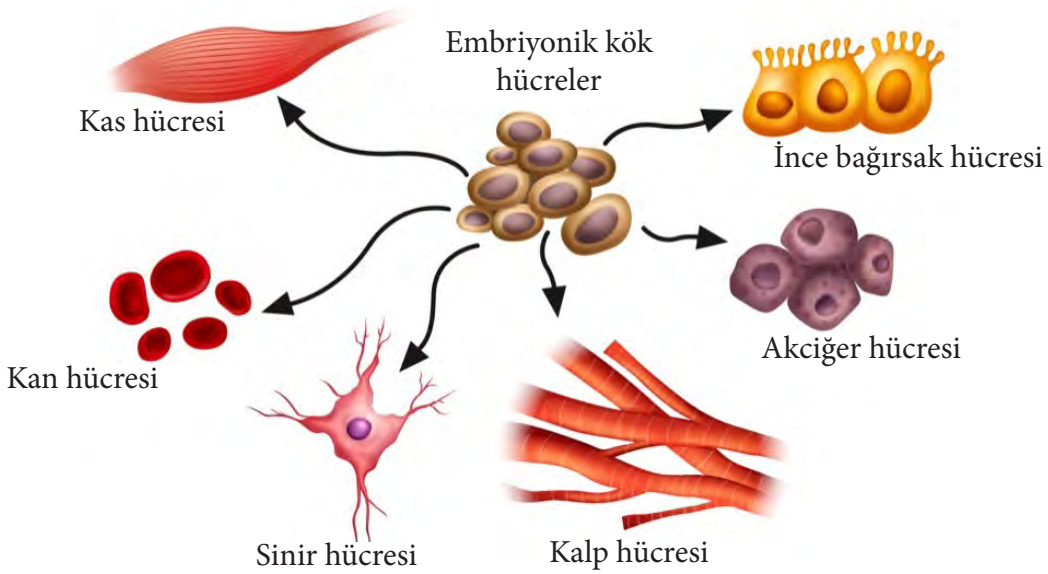
Kök hücreler; yenilenme gücü yüksek olan, vücut içinde veya laboratuvar ortamında uygun koşullar sağlandığında sürekli bölünebilen ve birçok hücre tipine dönüşebilen farklılaşmamış hücrelerdir. Kök hücreler; kan, kordon (göbek bağı) kanı, kemik iliği, embriyo gibi yapılardan elde edilir. **Yetişkin kök hücreler**, **kordon kanından elde edilen kök hücreler** ve **embriyonik kök hücreler** olmak üzere 3 tip kök hücre bulunur.

Kök hücre çeşitleri ve özellikleri Tablo 1.3'te verilmiştir.

Yetişkin Kök Hücreler	Kordon Kanından Elde Edilen Kök Hücreler	Embriyonik Kök Hücreler
• Her yaştan insanda bulunur. • Doku ve organlarda bulunan farklılaşmamış hücrelerdir. • Deride, kemik iliğinde ve yağ dokusunda bol miktarda bulunur. • İşlevselliği bozulan veya ölen hücrelerin yerini alabilir. • Diğer doku hücrelerine dönüşme gücü azdır.	• Doğum sırasında göbek kordonundan elde edilir. • En kolay elde edilen kök hücre çeşididir. • Bu kök hücreler özel yöntemlerle dondurularak saklanmakta, gerektiğinde hasar gören doku ve organların tedavisinde kullanılmaktadır.	• Embriyonun erken evrelerinde elde edilir. • Bu kök hücreleri kültür ortamında yetiştirmek daha kolaydır. • Daha hızlı çoğalma ve daha fazla hücre tipine dönüşebilme yetenekleri vardır. • Kanser, omurilik zedelenmeleri, alzheimer (alzaymır) ve parkinson gibi hastalıkların tedavileri için umut olmaktadır.

Tablo 1.3. Kök hücre çeşitleri

Embriyonik kök hücreler; kas, kan, sinir, kalp, akciğer, bağırsak gibi pek çok hücre tipine dönüşebilme yeteneğine sahiptir.



Görsel 1.43. Embriyonik kök hücreler çok fazla hücre tipine dönüşebilme yeteneğine sahiptir.

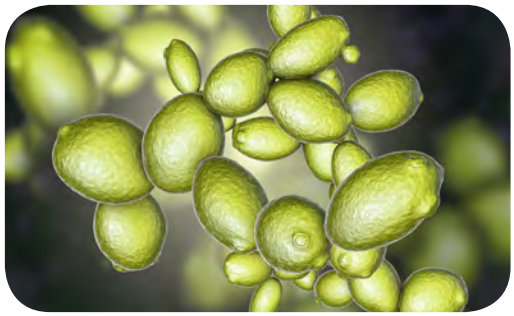
Kök hücrelerle ilgili yapılan bilimsel çalışmalar, ilerleyen zamanlarda doku ve organ üretiminde kullanılabileceğine dair öngörüler oluşturmaktadır. Ayrıca kök hücre teknolojisinde yapılan araştırmalarla omurilik yaralanmaları, kanser, sinir sistemi hastalıkları (parkinson, alzheimer, vb.) ve hasarları, diyabet, kalp hastalıkları, organ yetmezlikleri, kemik hastalıkları gibi günümüzde tedavisi olmayan ya da sınırlı olan hastalıklara da çözüm aranmaktadır.

Model Organizmalar

Deney ve araştırmalarda kullanılmak için uygun özellikleri taşıyan canlılara **model organizma** denir. İnsanlar üzerinde yapılamayan ya da yapılması etik olmayan deneylerde yaygın olarak model organizmalar kullanılır. Ayrıca ilaçların etkinlik ve güvenilirliğini araştırmak, hastalık genlerini tanımlamak gibi çalışmalarda da model organizmalar tercih edilir. Genetik çalışmalarda kullanılmak istenen iyi bir model organizmanın kolay büyüyebilmesi, kısa sürede nesil verebilmesi, çok sayıda yavru üretebilmesi, kolayca mutasyona uğratılabilmesi ve çaprazlanabilmesi gibi özelliklere sahip olması gerekir. Meyve sineği *(Drosophila melanogaster)*, maya mantarı *(Saccharomyces cerevisiae)*, zebra balığı *(Danio rerio)* gibi canlılar sıkça kullanılan model organizmalardır.



Görsel 1.44. Meyve sineği (*Drosophila melanogaster*)



Görsel 1.45. Maya mantarı (*Saccharomyces cerevisiae*)



Görsel 1.46. Zebra balığı (*Danio rerio*)

Model organizmalar seçilirken dikkat edilen temel konular şunlardır:

1.Seçilen model organizma deneysel uygulamalar için uygun olmalıdır. Örneğin; meyve sineği *(Drosophila melanogaster)*, genomunda değişiklik yapılması kolay olduğu için moleküler biyoloji ve genetik alanlarındaki araştırmalarda en çok kullanılan model organizmalardan biridir.

2.Deneylerin daha kısa sürede sonuca ulaşması ve daha fazla yeni nesil üzerinde gözlem yapılabilmesi için seçilen model organizmanın yaşam döngüsünün kısa olması gerekir.

3.Model organizmalar laboratuvar ortamında kolayca yetiştirilebilen canlılardan seçilmelidir. Bu seçimde canlının boyutu, beslenme biçimi, yaşadığı sıcaklık gibi faktörlere dikkat edilmelidir. Örneğin ***Mus musculus*** adı verilen fare türü yetiştirilmesi ve bakımı kolay, üreme hızı yüksek olduğu için araştırmalarda en çok kullanılan model organizmadır.



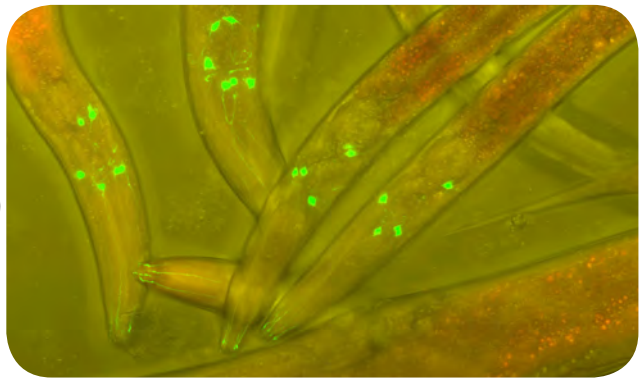
Görsel 1.47. Fare *(Mus musculus)*

4. Seçilen model organizmanın genom büyüklüğü çalışmaya uygun olmalıdır. Örneğin hardal bitkisi *(Arabidopsis thaliana)* çok küçük bir genoma sahip olması ve genom haritası çıkarılmış ilk bitki olması nedeniyle bitkisel araştırmalarda en çok kullanılan model organizmadır.



Görsel 1.48. Hardal bitkisi (*Arabidopsis thaliana*)

5. Seçilen model organizmanın genom haritasının çıkarılmış olması özellikle genetik alanındaki araştırmalar için önemlidir. Örneğin yuvarlak solucan *(Caenorhabditis elegans)* genom dizilimi haritalanmış bir canlı olduğu için genetik araştırmalarda tercih edilen bir model organizmadır.



Görsel 1.49. Yuvarlak solucan (*Caenorhabditis elegans*)

6. Seçilen model organizmanın ucuz ve kolay bulunabilir olması tercih nedenidir. Örneğin ekmek mayası *(Saccharomyces cerevisiae)* kolay ve ucuz bir şekilde temin edilebildiği için bilim insanlarının sıkça tercih ettiği model organizmalardan biridir.

1.2.4. Genetik Mühendisliği ve Biyoteknoloji Uygulamalarının İnsan Hayatına Etkisi

Genetik mühendisliği ve biyoteknoloji uygulamaları insan hayatını sosyo-ekonomik ve kültürel anlamda etkilemektedir. Kalıtsal hastalıkların ve diğer hastalıkların teşhis ve tedavisinde, ilaç endüstrisinde, adli tıp kanıtları ile suçluların tespitinde, babalık davalarının çözülmesinde genetik mühendisliği ve biyoteknoloji uygulamalarından yararlanılır. Genetik mühendisliği ve biyoteknolojinin belli başlı uygulamaları; aşı, antibiyotik, insülin, interferon üretimi, kanser tedavisi ve gen terapisidir.

Aşı

Enfeksiyona neden olan mikrorganizmaları bağışıklık sistemine tanıtarak hastalıklardan korunmayı sağlayan maddelere **aşı** denir. Bağışıklık sisteminin hastalık etkeniyle karşılaşması savunma hücreleri üretmesini sağlar. Böylece kişide hastalığa karşı bağışıklık gelişir.



Görsel 1.50. Aşı sayesinde kişide hastalığa karşı bağışıklık gelişir.

Aşılar canlı veya ölü mikroorganizmaların tamamı veya bir kısmından, bakteri toksinlerinden ya da genetik mühendisliği ve biyoteknoloji uygulamalarından üretilir. Genetik mühendisliği ve biyoteknoloji uygulamaları sayesinde daha önce üretilemeyen aşıları üretmek mümkündür. Bu yöntemde mikroorganizmaların hastalığa neden olan genleri kullanılır. Bu genler mikroorganizmalardan izole edilerek taşıyıcı bir hücreye aktarılır. Bu hücrede hastalığa neden olan proteinler üretilir. Bu proteinler hücreden izole edilerek aşı yapımında kullanılır.

Antibiyotik

Bakterilerin çoğalmasını engelleyen ya da onları öldüren maddelere **antibiyotik** denir. Antibiyotikler bakteri kaynaklı olan hastalıkların tedavisinde kullanılır. Bu yüzden insan sağlığı açısından çok büyük öneme sahiptir. Bazı mantarlar, bakteriler ya da bitkiler tarafından üretilen antibiyotikler kimyasal yolla da üretilir. Antibiyotiklerin kimyasal yolla üretimi zor ve pahalıdır ancak genetik mühendisliği ve biyoteknoloji uygulamaları ile daha kolay, ucuz ve çok miktarda antibiyotik üretimi mümkündür. Genetik mühendisliği ve biyoteknoloji uygulamaları ile antibiyotik üretilirken mikroorganizmaların antibiyotik üretiminden sorumlu geni izole edilir ve taşıyıcı bir hücreye aktarılır. Taşıyıcı hücrede genin sentezlediği protein çok miktarda üretilir. Taşıyıcı hücreden izole edilen bu proteinler antibiyotik üretiminde kullanılır.



Görsel 1.51. Antibiyotikler bakteri kaynaklı hastalıkların tedavisinde kullanılan ilaçlardır.

İnsülin

İnsülin, pankreas tarafından üretilen bir hormondur. Glukagon hormonuyla beraber kandaki glikoz düzeyini ayarlar. Kandaki glikoz düzeyinin normal değerlerde tutulması hayati önem taşır. İnsülin üretiminde sorun yaşayan kişilerde kandaki glikoz dengesi sağlanamadığı için şeker hastalığı oluşur. Şeker hastalarında kandaki glikoz dengesi sağlanamazsa ölüme kadar giden sonuçlar ortaya çıkabilir. İnsülin hormonu 1980'li yıllara kadar domuz ve sığırdan elde edilerek şeker hastalarında kullanılmıştır. Bu şekilde üretimi hem zor hem de oldukça pahalıdır. Günümüzde genetik mühendisliği ve biyoteknoloji uygulamaları ile insülin hormonu çok daha ucuz ve kolay bir şekilde üretilmektedir. Bu teknoloji ile sağlıklı bireylerden izole edilen insülin üreten genler, E.coli adı verilen bakterilerin genomuna aktarılır. E.coli'de üretilen insülin izole edilerek ilaç şekline getirilir ve şeker hastalarının tedavisinde kullanılır. İnsülin hormonu genetik mühendisliği ve biyoteknoloji uygulamaları ile elde edilen ilk ürün olması açısından da önemlidir.



Görsel 1.52. Kandaki glikoz düzeyinin dengede tutulmasında görev alan insülin hormonunun şeker hastalarında ilaç olarak dışardan alınması gerekir.

BİLGİ KUTUSU

Kalp, böbrek, akciğer, pankreas gibi hayati organların yetmezliğinde, hastaya organ nakli yapılması gerekir. Aksi hâlde bu durum hastanın ölümüne neden olur. Organ nakli ya başka bir insanın organından ya da insan yapımı yapay organdan sağlanır. **Yapay organ**; işlevini yitirmiş veya yitirmekte olan, organların yerine bu organların işlevlerinin bir kısmını ya da tamamını geri kazandırmak amacıyla tasarlanan mekanik malzemelerden veya doku mühendisliği yoluyla üretilen organlardır. Yapay organlar genel olarak doğal organların işlevlerinin bir kısmını karşılayabilir. Kök hücre araştırmaları, doku mühendisliğindeki gelişmeler ve malzeme bilimindeki ilerlemeler yapay organların geleceği hakkında umut vermektedir. Hayati organlar dışındaki deri, kulak, göz, burun, gırtlak gibi organların onarımı da yapay organ yoluyla yapılmaktadır. Son 30 yıldır yapay organlar insan vücudunun yaklaşık 40 farklı kısmına rutin olarak nakil edilmektedir.

İnterferon

İnterferonlar; bakteri, virüs, parazit ve tümör hücrelerine karşı bağışıklık sistemi tarafından üretilen proteinlerdir. Genetik mühendisliği ve biyoteknoloji uygulamaları ile interferon üreten gen insan hücresinden izole edilerek E.coli bakterisinin genomuna aktarılır. E.coli'de üretilen interferonlar izole edilerek ilaç hâline getirilir. İnterferonlardan kanser tedavilerinde de yararlanılır.



Görsel 1.53. Genetik mühendisliği ve biyoteknoloji uygulamaları ile üretilen interferonlar ilaç olarak kullanılır.

Kanser Tedavisi

Günümüzde kanser tedavisi cerrahi işlem (ameliyat), kemoterapi (ilaç) ve radyoterapi (ışın) gibi yöntemlerle yapılmaktadır. Son yıllarda bilim insanları genetik mühendisliği ve biyoteknoloji uygulamaları üzerine önemli çalışmalar yapmaktadır. Bu çalışmalarda kanser tedavisinde **gen terapisi**nin kullanılması denenmiş ve önemli sonuçlar elde edilmiştir. Gen terapisi yöntemi ile bağışıklık sistemi hücreleri, kanserle mücadele eden hücrelere dönüştürülmeye çalışılmaktadır. Özellikle kan kanseri, akciğer kanseri, prostat kanseri ve cilt kanserleri gibi kanser türlerinin tedavisi hedeflenmektedir.



Görsel 1.54. Genetik mühendisliği ve biyoteknoloji uygulamaları ile kanser tedavisinde hastaya özel ilaç geliştirmek hedeflenmektedir.

Genetik mühendisliği ve biyoteknoloji uygulamaları ile kanser tedavisinde hastaya özel ilaç geliştirmek hedeflenmektedir. Böylece kullanılan ilaçlar sadece kanserli hücrelere etki edecek, sağlam hücrelere zarar vermesi engellenecektir.

Genetik Mühendisliği ve biyoteknoloji uygulamaları ile elde edilen aşılar günümüzde bazı kanser türlerinin tedavisinde kullanılmaktadır. Rahim ağzı kanserinin oluşumunu engellemek için üretilen aşılar buna örnektir. Genetik mühendisliği ve biyoteknoloji uygulamalarından biri olan kök hücre yöntemi de kanser tedavisinde kullanılabilmektedir.

Gen terapisi



Görsel 1.55. Gen terapisi çalışmalarında eksik veya yanlış çalışan genlerin düzeltilmesi ve bu genlerin neden olduğu hastalıkların tedavi edilmesi hedeflenir.

Gen terapisi, genetik mühendisliğin temelinde yapılan çalışmalardır. Bu çalışmalarda eksik veya yanlış çalışan genlerin düzeltilmesi ve bu genlerin neden olduğu hastalıkların tedavi edilmesi hedeflenir. Sadece hastalıkların tedavisi değil istenmeyen kalıtsal özelliklerin yeni nesillere aktarılmasının önlenmesi ve istenen özelliklere ait genlerin eklenmesi de amaçlanmaktadır. Gen terapisi; kanser, kalp, diyabet, hemofili, parkinson, alzheimer gibi hastalıkların tedavisi için umut vermektedir.

BİLGİ KUTUSU

Kalıtsal hastalığı olan veya taşıyıcılık riski bulunan kişilere tanı testlerinin uygulanması, hastalığın seyri, tekrarlama riskleri, olası sonuçları, varsa tedavisi ve diğer çözüm yolları hakkında bilgi verilmesi işlemine genetik danışmanlık denir. Genetik danışmanlık tıbbi genetik konusunda uzman kişiler tarafından verilir. Ailesinde kalıtsal hastalık görülen bireylere, 35 yaş üstü gebelere, akraba evliliği yapanlara, doğum öncesi genetik risklerini bilmek isteyen çiftlere genetik danışmanlık almaları önerilir.

Klonlama

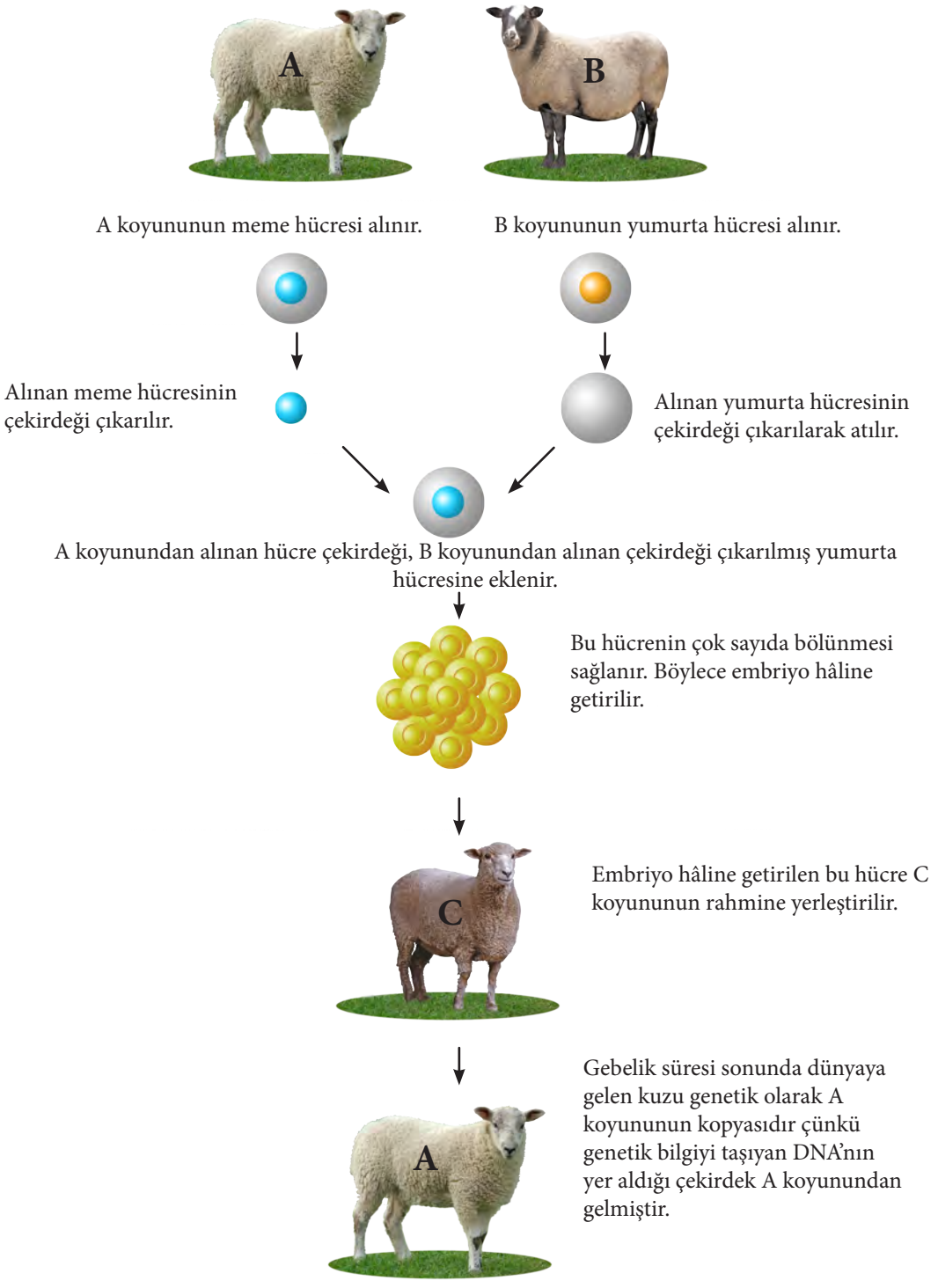
Genetik bilginin tamamının kopyalanmasıyla aynı genetik bilgiye sahip canlılar elde edilebilmesine **klonlama** denir. Klonlama bir canlının genetik ikizinin oluşturulması olarak da tanımlanabilir. Klonlama çalışmalarının ilk denemeleri 1952'de kurbağalarda yapılmıştır. Bu çalışmalar 1979'da farelerde, 1984'te koyunlarda ve 1986'da sığır embriyolarında devam etmiştir. 1997 yılında İskoç bilim insanı Dr. Ian Wilmut (İyan Vilmut) ve ekibinin koyunlarda yaptığı klonlama çalışmalarında Dolly (Doli) adını verdikleri koyunu üretmeleri dünyada ses getiren bir çalışma olmuştur.



Görsel 1.56. Dr. Ian Wilmut ve ekibinin klonlamayı başardığı ilk memeli hayvan Dolly.

Dr. Ian Wilmut ve ekibi yetişkin dişi bir koyunun bedeninden aldıkları bir hücrenin (meme hücresi) çekirdeğini çıkararak başka bir koyuna ait çekirdeği çıkarılan yumurta hücresine enjekte ettiler. Bu yumurta hücresinin defalarca bölünmesini sağlayarak embriyo hâline getirdiler. Embriyo hâline getirdikleri bu hücre topluluğunu üçüncü bir koyunun rahmine (taşıyıcı dişi koyun) yerleştirdiler. Bu embriyo üçüncü koyunun rahminde gelişimini tamamlayıp dünyaya geldiğinde genetik olarak çekirdeği alınan koyunun aynısı oldu.

Klonlama çalışmalarına Dolly'den sonra da devam edilmiştir. Elde edilen sonuçlar pek çok çalışmada kullanılmıştır. Ülkemizde klonlama çalışmaları ilk kez İstanbul Üniversitesi Veteriner Fakültesi hocalarından olan Prof. Dr. Sema Birler başkanlığındaki ekip tarafından yapılmıştır. Oyalı adını verdikleri koyun, 21 Kasım 2007 tarihinde dünyaya gelmiştir. Oyalı Türkiye'nin ilk klonlanan canlısıdır. Türkiye'nin ilk klon buzağısı ise Efe adını almıştır. Efe 19 Ağustos 2009 tarihinde dünyaya gelmiştir ve dünyada ilk klonlanan Anadolu yerli sığırı olarak literatüre girmiştir.



Görsel 1.57. Dolly'nin klonlanma aşamaları

Klonlama Çalışmalarının ve Organizmaların Genetiğinin Değiştirilmesinin Olası Sonuçları



Görsel 1.58. Klonlama çalışmaları etik tartışmaları da beraberinde getirmiştir.

Klonlama çalışmaları üretim amaçlı ve tedavi amaçlı olmak üzere iki gruba toplanabilir. Üretim amaçlı klonlama çalışmaları ile bireyin genetik ikizi yapılabilir, üreme yeteneği olmayan bireylerin çocuk sahibi olması sağlanabilir. Tedavi amaçlı klonlama çalışmaları ile oluşturulan embriyolardan kök hücre elde edilerek yeni organ ve doku üretimi sağlanabilir, üretilen doku ve organlar, hastalıklı organ ve dokuların tamiri veya değiştirilmesinde kullanılabilir. Klonlama bu ve benzeri çalışmalara kapı açsa da beraberinde ciddi tartışmalar getirmiştir. Bu tartışmalar genellikle üretim amaçlı klonlamanın ve buna bağlı olarak bu amaca hizmet edecek embriyolojik kök hücre üretiminin meşruluğu ile ilgilidir. Dünyada genel olarak tedavi amaçlı klonlama yasaklanmazken üretim amaçlı klonlamayı yasaklayan düzenlemeler vardır. Tedavi amaçlı yapılan klonlama çalışmalarında ise oluşturulan embriyoların bir şekilde öldürülmüş olması başka tartışmalara neden olmuştur. Bir insanın sağlığını düzeltmek amacı ile başka bir canlı insan modelinin yok edilmesinin etik olmadığı savunulmaktadır. Bilim dünyası faydalı amaçlar için kullanılabilecek yönleri olan bir buluş ile etik değerler arasında kalmakta ve çözüm üretmeye çalışmaktadır.



Görsel 1.59. Genetiği değiştirilmiş organizmaların gıda olarak kullanımı pek çok tartışmaya neden olmaktadır.

Organizmaların genetiğinin değiştirilmesinin çeşitli faydaları olsa da çok fazla tartışılan yönü vardır. Bu tartışmaların başında gıda güvenliği gelir çünkü bu organizmaların gıda olarak tüketiminin vücutta alerjen etkilere neden olduğu ile ilgili sonuçlar vardır. Bir başka tartışma konusu da genetiği değiştirilmiş tohumların tarlalara ekilmesidir çünkü bu tohumlardan tozlaşma yoluyla civardaki bitkilere gen kaçışları olmaktadır. Bu durum ekolojik denge açısından riskler oluşturmaktadır. Genetiği değiştirilmiş organizmalardan elde edilen çeşitli gıda ürünlerinin insan ve çiftlik hayvanlarında kullanılması ise bu canlılarda antibiyotik direncinin artmasına neden olduğu için tehlikelidir. Genetiği değiştirilmiş tohumların ticareti, sahipliği ve kontrolü ile ilgili yapılması gereken düzenlenmeler ise ortaya çıkan diğer sonuçlardır.

Biyogüvenlik

Genetiği değiştirilmiş organizmalar GDO olarak ifade edilir. GDO'lu ürünlerin gıda olarak kullanılması tartışma konusudur. Bu konudaki en yoğun tartışmalardan biri insan sağlığına olan etkileridir. GDO'lu ürünlerin bazı insanlarda alerjik reaksiyonlara neden olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca GDO'lu ürünlerin kanser gibi daha ciddi hastalıklara neden olduğu da tartışılmaktadır. GDO'ların insan sağlığı dışında ekolojik zararlara da yol açabileceği düşünülmektedir. Genetik yapısı değiştirilmiş organizmaların ve bunlara ait ürünlerin kısa ve uzun vadede insan sağlığına ve çevreye ne gibi etkilerinin olacağı tam olarak bilinememektedir. Bu kapsamda 24 Mayıs 2000 tarihinde Türkiye'nin de dâhil olduğu 130 ülke **Biyogüvenlik Protokolü** üzerinde anlaşmıştır. Bu protokole göre GDO'lu ürünler riskli kabul edilmiştir. **Biyogüvenlik**; biyoteknolojik uygulamalardan elde edilen ürünlerin insan ve hayvan sağlığı ile çevre üzerinde oluşturabileceği olumsuz etkilerin belirlenmesi, belirlenen risklerin ortadan kaldırılması ya da risklerin ortaya çıkması durumunda oluşacak zararların kontrol altında tutulması için alınacak önlemleri kapsar. Örneğin; alerjik özelliği olan Brezilya fındığından alınan bir gen, besin içeriğini zenginleştirmek için soya fasulyesine aktarılarak soya fasulyeleri üretilmiştir. Zamanla bu soya fasulyelerinin alerjiye neden olduğu anlaşılmıştır. Bunun üzerine biyogüvenlik gereği bu geni taşıyan soya fasulyelerinin üretilmesine son verilmiştir.



Görsel 1.60. GDO'lu ürünlerin kısa ve uzun vadede insan sağlığına etkisi tam olarak bilinememektedir.



Görsel 1.61. Alerjik etkiye neden olan genetiği ile oynanmış soya fasulyelerinin üretimine biyogüvenlik gereği son verilmiştir.

Ülkemizde 18 Mart 2010 tarihinde, 5977 Sayılı Biyogüvenlik Yasası çıkarılmıştır. Bu yasaya göre biyogüvenlik; insan, hayvan ve bitki sağlığı ile çevre ve biyolojik çeşitliliği korumak için GDO ve ürünleri ile ilgili faaliyetlerin güvenli bir şekilde yapılması olarak tarif edilmiştir.

Biyoetik

Biyoetik kavramı bilimdeki hızlı değişimlerin ahlaki değerlere uygun olması gerektiği düşüncesinden doğmuştur. Biyoetik canlı organizma üzerinde yapılan çalışmalarda ortaya çıkan ahlaki değer sorunlarının konu edildiği, tartışıldığı, araştırıldığı disiplinler arası alandır. Disiplinler arası bir alan olduğu için hukuk, tıp, felsefe, ilahiyat, biyoloji, genetik gibi bilim dallarından etkilenir.



Görsel 1.62. Gen teknolojisi, klonlama, kök hücre, insan üzerinde yapılan deneyler, ilaç araştırmaları, yapay döllenme, biyolojik silah, GDO gibi başlıklar biyoetiğin konusunu oluşturur.

Biyoetiğin konusuna gen teknolojisi, hücre, doku ve organ bağışı, klonlama, embriyolojik çalışmalar, kök hücre tedavileri, insan üzerinde yapılan deneyler, ilaç araştırmaları, yapay döllenme, biyolojik silah üretimi, GDO'lu ürünler gibi konularda yapılan araştırmalar girer. Bu alanlarda yapılan çalışmalarda öngörülemeyen zararlar ya da canlılar için tehdit oluşturabilecek sonuçlar ortaya çıkabilir. Örneğin genetiği değiştirilen mikroorganizmaların denetimsizce serbest bırakılması veya gen teknolojisinin askerî amaçlarla kullanılması gibi durumlar tehdit oluşturabilir. Biyoetik alanında yapılan çalışmalar bu olumsuz etkileri ortadan kaldırmak için standartlar geliştirilmesini hedefler. Bilimsel araştırmalarda nelere izin verilip nelerin yasaklanması gerektiği gibi sorulara yanıt arar. Ülkelerin kültürel, hukuksal ve felsefi yaklaşımları farklıdır. Bu yüzden biyoetiğin tüm ülkelerde standart olması çok zordur ancak ülkeler kendi bünyelerinde oluşturdukları biyoetik kurulları ile bilim ve teknoloji politikalarının üretilme süreçlerini belirler.

İnsan Genom Projesi ile insanın gen haritasını çıkarmaya yönelik çalışmalar yapılmıştır. Böylece insandaki genlerin işlevi anlaşılmaya çalışılmıştır. Bu çalışmaların birçok faydası olsa da etik açıdan bazı sorunlara neden olabileceği düşünülmektedir. Örneğin bir kişinin bir hastalığa karşı yatkınlığını öğrenmesi kişiyi ve yakınlarını psikolojik açıdan olumsuz etkileyebilir, işverenler o kişiyi işe almak istemeyebilir, sigorta şirketleri sağlık sigortası yapmayabilir. Bu yüzden kişilerin genetik bilgilerinin gizliliğine biyoetik gereği dikkat edilmelidir.

Biyoetik gereği genetik mühendisliği ve biyoteknoloji alanlarında yapılan çalışmalara getirilen bazı sınırlamalar şöyledir:

- UNESCO'nun 1997 yılında yayınladığı İnsan Genomu ve İnsan Hakları Bildirgesi'nde üreme amaçlı klonlama insan onuruna aykırı bulunduğu için yasaklanmıştır.
- Avrupa Konseyi İnsan Hakları ve Biyotıp Sözleşmesi'ne göre canlı veya ölü insanların kopyalarının oluşturulması yasaklanmıştır.
- Bilimsel çalışmalarda embriyonik kök hücre kullanımı ülkelerin iç hukuk kuralarına bırakılmıştır. Örneğin ülkemizde araştırma amaçlı insan embriyosu oluşturmak ve kullanmak iç hukuk ile yasaklanmıştır.

ÖZET

1.1. GENDEN PROTEİNE

1.1.1. Nükleik Asitlerin Keşfi

Nükleik asitler, İsviçreli Biyokimyacı Friedrich Miescher (Fredrik Mişher) tarafından 1869 yılında keşfedilmiştir. Miescher çekirdek içinde asit özelliği gösteren moleküllere **nüklein** adını vermiştir. Daha sonraları nüklein, **nükleik asit** olarak adlandırılmıştır. 1940'lardan sonra yapılan çalışmalarla genetik bilginin DNA ile taşındığı ispatlanmıştır. 1950'li yıllarda Rosalind Franklin, DNA'nın zincirlerini X-ışınlarına maruz bırakarak molekülün saçtığı ışınları belirlemiş ve DNA'nın X-ışını kırınımı fotoğrafını çekmiştir. Böylece DNA'nın belirli aralıklarla tekrarlayan sarmal bir yapıya sahip olduğunu göstermiştir. 1953 yılında ise James Watson (Ceyms Vatsın) ve Francis Crick (Frensis Krik) DNA'nın çift sarmal modelini ortaya koymuştur. Watson ve Crick bu çalışmalarından dolayı 1962 yılında Nobel Ödülü almışlardır. DNA'nın yapısı ile ilgili bu model hâlâ geçerlidir.

1.1.2. Nükleik Asitlerin Çeşitleri ve Görevleri

Nükleik asitler; **deoksiribonükleik asit (DNA)** ve **ribonükleik asit (RNA)** olmak üzere iki çeşittir. Nükleik asitler **nükleotit** adı verilen moleküllerden oluşur. Nükleotit **azotlu organik baz**, **beş karbonlu şeker** ve **fosfat grubu**ndan oluşur. Nükleotitin yapısında bulunan azotlu organik bazlar; adenin (A), guanin (G), sitozin (C), timin (T) ve urasil (U)'dir. Azotlu organik bazlar çift halkalı **(pürin)** ve tek halkalı **(pirimidin)** bazlar olmak üzere iki grupta incelenir. Adenin (A) ve guanin (G) pürin bazlara; timin (T), sitozin (S veya C) ve urasil (U) pirimidin bazlara örnektir. Pirimidin bazlardan timin (T) sadece DNA'da bulunurken, urasil (U) sadece RNA'da bulunur. Nükleotitin yapısında bulunan beş karbonlu şekerler riboz ve deoksiriboz şekerleridir. Deoksiriboz DNA'nın yapısına, riboz RNA'nın yapısına katılan şeker çeşididir. Nükleotitin yapısında bulunan fosfat grubu tüm nükleotit çeşitlerinde aynı yapıdadır.

Deoksiribonükleik asit (DNA)

DNA molekülü; kalıtsal bilgiyi taşır ve kalıtsal bilginin ana hücreden yavru hücrelere aktarılmasını sağlar. Ayrıca protein sentezini ve hücredeki diğer metabolik olayları yönetir. DNA ökaryot hücrelerde çekirdekte, mitokondride ve kloroplastta bulunurken, prokaryot hücrelerde sitoplazma içinde serbest hâlde bulunur. DNA çift iplikli ve sarmal yapılı bir moleküldür. İplikler çok sayıda nükleotitin birleşmesiyle oluşur. DNA'yı oluşturan nükleotitlerdeki azotlu organik bazlar; adenin (A), guanin (G), sitozin (C) ve timin (T) dir. DNA'yı oluşturan nükleotitlerdeki şeker çeşidi **deoksiribozdur**. Taşıdığı deoksiriboz şekerinden dolayı **deoksiribonükleik asit (DNA)** adını alır. DNA molekülünün ortalama 1.500 nükleotitten oluşan ve canlının kalıtsal özelliklerinden herhangi birini taşıyan parçasına **gen** denir. Kalıtsal karakterler sonraki nesillere genlerle aktarılır. DNA molekülü kendini eşleyebilir.

Ribonükleik asit (RNA)

RNA; ökaryot hücrelerde çekirdekte, sitoplazmada, ribozomda, mitokondride ve kloroplastta bulunurken, prokaryot hücrelerde sitoplazma ve ribozomda bulunur. Tek iplikten oluşur, yapısında riboz şekeri vardır ve RNA'ya özgü azotlu baz urasildir. RNA'da bulunan diğer bazlar ise; adenin, guanin ve sitozin'dir. RNA'yı oluşturan nükleotitler **fosfodiester** bağıyla birbirine bağlanır. RNA, tek nükleotit zincirinden oluştuğu için kendini eşleyemez. Bu yüzden RNA molekülü, DNA üzerinden sentezlenir.

RNA; **mesajcı RNA (mRNA)**, **taşıyıcı RNA (tRNA)** ve **ribozomal RNA (rRNA)** olmak üzere üç çeşittir. Bütün RNA çeşitleri, protein sentezinde görev alarak hücredeki yaşamsal olayların yönetiminde DNA ile birlikte görev alır.

1.1.3. Hücredeki Genetik Materyalin Organizasyonu

Hücredeki genetik materyal organizasyonunda genel olarak nükleotitler genleri, genler DNA'yı; DNA, kromozomları oluşturur.

1.1.4. DNA'nın Kendini Eşlemesi (Replikasyon)

DNA'nın kendini eşleyerek kopyasını oluşturmasına **replikasyon** denir. DNA molekülü kendini **yarı korunumlu** olarak eşler. Yarı korunumlu eşlemede DNA'nın iki zincirli sarmalı açılarak her bir zincir kalıp görevi görür. Kalıp olarak kullanılan DNA zincirleri kendilerine yeni bir DNA ipliği oluşturur. Yarı korunumlu eşleme tamamlandığında oluşan DNA moleküllerindeki ipliklerden biri eski, diğeri yeni zincirdir. DNA'nın yarı korunumlu olarak kendini eşlemesinde **helikaz**, **DNA polimeraz** ve **DNA ligaz** adı verilen üç enzim görev alır.

Aziz Sancar "DNA Onarımının Moleküler Mekanizmalarının Aydınlatılması ve Biyolojik Saatin Düzenlenmesi" konusunda yaptığı çalışmalar ile 2015 yılı Nobel Kimya Ödülü' ne lâyık görüldü.

1.2. GENETİK ŞİFRE VE PROTEİN SENTEZİ

Hücredeki yaşamsal faaliyetlerin gerçekleşmesini sağlayan bilgi DNA'da yazılıdır. Bilgilerin yazımında A, G, S ve T'den oluşan dört harfli bir alfabe kullanılır. Harflerle ifade edilen DNA'daki bu nükleotit dizisine **genetik şifre (genetik kod)** denir. DNA'daki üçlü nükleotit dizilerine **kod**, kod'a karşılık gelen mRNA'daki üçlü nükleotit dizilerine **kodon**, kodon'a karşılık gelen tRNA'daki üçlü nükleotit dizilerine **antikodon** adı verilir. Canlıda bulunan 20 çeşit aminoasiti şifreleyen 64 çeşit kodon vardır. Bu 64 çeşit kodondan üç çeşidi aminoasit kodlamadığı için protein sentezini durdurur. **UAA**, **UAG**, **UGA** şeklinde olan bu kodonlara **durdurucu (sonlandırıcı) kodon** denir. Geriye kalan 61 çeşit kodon 20 farklı amino asidi şifreler. Tüm canlılarda protein sentezi, metiyonin amino asidini şifreleyen **AUG** kodonu ile başlar. Bu yüzden bu kodona **başlama kodonu** denir.

1.2.2. Protein Sentezi

Protein sentezi, DNA'daki bilginin DNA'dan proteine aktarılmasıdır. Protein sentezi tüm hücrelerde gerçekleşen bir olaydır. Ökaryot hücrelerde çekirdekte başlayıp sitoplazmada devam ederken, prokaryot hücrelerde çekirdek zarı olmadığı için sitoplazmada başlayıp sitoplazmada biter. Protein sentezinde DNA, RNA ve ribozom görev alır. Protein sentezi **transkripsiyon** (yazılma) ve **translasyon** (okuma) olmak üzere iki aşamada gerçekleşir.

Bir protein çeşidinden fazla miktarda üretilmesi gerektiğinde aynı mRNA üzerine çok sayıda ribozom bağlanmasıyla oluşan yapıya **poliribozom** (polizom) denir.

1.2.3. Genetik Mühendisiliği ve Biyoteknoloji

Genetik mühendisliği, canlıların kalıtsal özelliklerinin değiştirilerek onlara yeni işlevler kazandırılmasına yönelik araştırmalar yapan bilim dalıdır. Genetik mühendisliğinde genlerin izolasyonu ve çoğaltılması, nükleotit dizilişlerinin belirlenmesi, bir canlıdan diğerine gen aktarılması gibi çalışmalar yapılır. **Biyoteknoloji**, genetik mühendisliğinin sağladığı bilgileri kullanarak canlılardan ekonomik değeri yüksek ürünler elde etmeyi amaçlar.

Biyoteknolojik yöntemlerle protein, antibiyotik, hormon, antikor gibi maddeler, yeni özelliklere sahip sebze ve meyveler, tıbbi bitkiler, çiftlik hayvanları, yapay organ ve dokuların üretimi yapılabilmektedir. Biyoteknolojik yöntemlerle üretilen bazı özel mikroorganizmalar ise organik atıklara bağlı oluşan çevre kirliliğine karşı kullanılmaktadır.

1.2.4. Genetik Mühendisliği ve Biyoteknoloji Uygulamaları

Genetik mühendisliğinin ve biyoteknolojinin çok çeşitli uygulamaları vardır. Bunlardan bazıları; **gen teknolojileri**, **DNA parmak izi** ve **kök hücre** teknolojileridir.

Model Organizmalar

Deney ve araştırmalarda kullanılmak için uygun özellikleri taşıyan canlılara **model organizma** denir. İnsanlar üzerinde yapılamayan ya da yapılması etik olmayan deneylerde yaygın olarak model organizmalar kullanılır. Ayrıca ilaçların etkinlik ve güvenilirliğini araştırmak, hastalık genlerini tanımlamak gibi çalışmalarda da model organizmalar tercih edilir.

1.2.4. Genetik Mühendisliği ve Biyoteknoloji Uygulamalarının İnsan Hayatına Etkisi

Genetik mühendisliği ve biyoteknoloji uygulamaları insan hayatını sosyo-ekonomik ve kültürel anlamda etkilemektedir. Kalıtsal hastalıkların ve diğer hastalıkların teşhis ve tedavisinde, ilaç endüstrisinde, adli tıp kanıtları ile suçluların tespitinde, babalık davalarının çözülmesinde genetik mühendisliği ve biyoteknoloji uygulamalarından yararlanılır. Genetik mühendisliği ve biyoteknolojinin belli başlı uygulamaları; aşı, antibiyotik, insülin, interferon üretimi, kanser tedavisi ve gen terapisidir.

Klonlama

Genetik bilginin tamamının kopyalanmasıyla aynı genetik bilgiye sahip canlılar elde edilebilmesine **klonlama** denir. Klonlama bir canlının genetik ikizinin oluşturulması olarak da tanımlanabilir. Klonlama çalışmalarının ilk denemeleri 1952'de kurbağalarda yapılmıştır. 1997 yılında İskoç bilim insanı Dr. Ian Wilmut (İyan Vilmut) ve ekibi dişi bir koyunun bedeninden aldıkları bir hücrenin (meme hücresi) çekirdeğini çıkararak başka bir koyuna ait çekirdeği çıkarılan yumurta hücresine enjekte ettiler. Bu yumurta hücresinin defalarca bölünmesini sağlayarak embriyo hâline getirdiler. Embriyo hâline getirdikleri bu hücre topluluğunu üçüncü bir koyunun rahmine (taşıyıcı dişi koyun) yerleştirdiler. Bu embriyo üçüncü koyunun rahminde gelişimini tamamlayıp dünyaya geldiğinde genetik olarak çekirdeği alınan koyunun aynısı oldu.

Klonlama Çalışmalarının ve Organizmaların Genetiğinin Değiştirilmesinin Olası Sonuçları

Klonlama ciddi tartışmalar getirmiştir. Dünyada genel olarak tedavi amaçlı klonlama yasaklanmazken üretim amaçlı klonlamayı yasaklayan düzenlemeler vardır. Tedavi amaçlı yapılan klonlama çalışmalarında oluşturulan embriyoların bir şekilde öldürülmüş olması başka tartışmalarına neden olmuştur. Bir insanın sağlığını düzeltmek amacı ile başka bir canlı insan modelinin yok edilmesinin etik olmadığı savunulmaktadır.

Genetiği değiştirilmiş organizmaların gıda olarak tüketimi vücutta alerjen etkilere neden olur. Genetiği değiştirilmiş tohumların tarlalara ekilmesi tozlaşma yoluyla civardaki bitkilere gen kaçışlarına neden olur. Bu durumda ekolojik denge açısından riskler oluşturur. Genetiği değiştirilmiş organizmalardan elde edilen çeşitli gıda ürünlerinin insan ve çiftlik hayvanlarında kullanılması ise bu canlılarda antibiyotik direncinin artmasına neden olduğu için tehlikelidir. Genetiği değiştirilmiş tohumların ticareti, sahipliği ve kontrolü ile ilgili yapılması gereken düzenlenmeler ise ortaya çıkan diğer sonuçlardır.

Biyogüvenlik

Genetik yapısı değiştirilmiş organizmaların ve bunlara ait ürünlerin kısa ve uzun vadede insan sağlığına ve çevreye ne gibi etkilerinin olacağı tam olarak bilinememektedir. Bu kapsamda 24 Mayıs 2000 tarihinde Türkiye' nin de dâhil olduğu 130 ülke, **Biyogüvenlik Protokolü** üzerinde anlaşmıştır. Bu protokole göre GDO'lu ürünler riskli kabul edilmiştir. **Biyogüvenlik**; biyoteknolojik uygulamalardan elde edilen ürünlerin insan ve hayvan sağlığı ile çevre üzerinde oluşturabileceği olumsuz etkilerin belirlenmesi, belirlenen risklerin ortadan kaldırılması ya da risklerin ortaya çıkması durumunda oluşacak zararların kontrol altında tutulması için alınacak önlemleri kapsar.

Ülkemizde 18 Mart 2010 tarihinde, 5977 sayılı Biyogüvenlik Yasası çıkarılmıştır. Bu yasaya göre biyogüvenlik; insan, hayvan ve bitki sağlığı ile çevre ve biyolojik çeşitliliği korumak için GDO ve ürünleri ile ilgili faaliyetlerin güvenli bir şekilde yapılması olarak tarif edilmiştir.

Biyoetik

Biyoetik kavramı bilimdeki hızlı değişimlerin ahlaki değerlere uygun olması gerektiği düşüncesinden doğmuştur. Biyoetik canlı organizma üzerinde yapılan çalışmalarda ortaya çıkan ahlaki değer sorunlarının konu edildiği, tartışıldığı, araştırıldığı disiplinler arası alandır. Disiplinler arası bir alan olduğu için hukuk, tıp, felsefe, ilahiyat, biyoloji, genetik gibi bilim dallarından etkilenir.

Ülkelerin kültürel, hukuksal ve felsefi yaklaşımları farklıdır. Bu yüzden biyoetiğin tüm ülkelerde standart olması çok zordur ancak ülkeler kendi bünyelerinde oluşturdukları biyoetik kurulları ile bilim ve teknoloji politikalarının üretilme süreçlerini belirler.

Biyoetik gereği genetik mühendisliği ve biyoteknoloji alanlarında yapılan çalışmalara getirilen bazı sınırlamalar şöyledir:

- UNESCO'nun 1997 yılında yayınladığı İnsan Genomu ve İnsan Hakları Bildirgesi'nde üreme amaçlı klonlama insan onuruna aykırı bulunduğu için yasaklanmıştır.
- Avrupa Konseyi İnsan Hakları ve Biyotıp Sözleşmesi'ne göre canlı veya ölü insanların kopyalarının oluşturulması yasaklanmıştır.
- Bilimsel çalışmalarda embriyonik kök hücre kullanımı ülkelerin iç hukuk kurallarına bırakılmıştır. Örneğin ülkemizde araştırma amaçlı insan embriyosu oluşturmak ve kullanmak iç hukuk ile yasaklanmıştır.

NOTLARIM

1.ÜNİTE
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME SORULARI

1. **1869 yılında nükleik asitlerin varlığını ilk kez keşfeden İsviçreli biyokimyacı aşağıdakilerden hangisidir?**

A) Friedrich Miescher

B) Rosalind Franklin

C) James Watson

D) Francis Crick

2. **DNA'nın X-ışını kırınımı fotoğrafını çekerek DNA'nın belirli aralıklarla tekrarlayan sarmal bir yapıya sahip olduğunu gösteren bilim insanı hangisidir?**

A) Friedrich Miescher

B) Rosalind Franklin

C) James Watson

D) Francis Crick

3. **DNA'nın çift sarmal modelini ortaya koyarak 1962 yılında Nobel Ödülü'nü alan bilim insanları hangisidir?**

A) James Watson- Friedrich Miescher

B) Francis Crick -Rosalind Franklin

C) James Watson- Francis Crick

D) Francis Crick- Friedrich Miescher

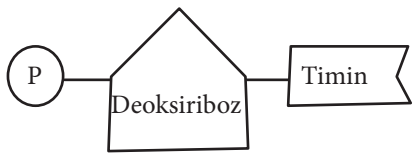
HAYAT BOYU ÖĞRENME

4. **Aşağıdakilerden hangisi hem DNA'da hem de RNA'da bulunan bir moleküldür?**

A) Riboz B) Adenin

C) Deoksiriboz D) Timin

5.



Yukarıda verilen nükleotit aşağıdaki moleküllerden hangisinin yapısında bulunur?

A) DNA B) ATP

C) RNA D) FAD

6. **Aşağıdaki organik bazlardan hangileri pirimidin bazlarına örnektir?**

I- Adenin

II- Timin

III- Guanin

A) Yalnız I B) Yalnız II

C) I ve III D) II ve III

7. **DNA'nın kendini eşlemesi olayına ne ad verilir?**

A) Translasyon B) Mutasyon

C) Transkripsiyon D) Replikasyon

8. **Protein sentezi sırasında DNA'dan aldığı bilgiyi çekirdekten çıkararak ribozoma götüren RNA çeşidi hangisidir?**

I- mRNA

II- tRNA

III- rRNA

A) Yalnız I B) Yalnız II

C) Yalnız III D) I, II ve III

9. **Canlılarda mRNA, rRNA ve tRNA olmak üzere üç çeşit RNA molekülü vardır. Bu RNA molekülleriyle ilgili verilen özelliklerden hangisi tRNA'ya aittir?**

A) DNA'dan aldığı bilgiyi ribozoma götürür.

B) Ribozomun yapısına katılır.

C) Üzerindeki üç nükleotitten oluşan dizilere kodon denir.

D) Protein sentezinde kullanılacak olan aminoasitleri ribozoma taşır.

HAYAT BOYU ÖĞRENME

10. **Hücredeki genetik materyalin küçükten büyüğe doğru sıralanışı hangisinde doğru verilmiştir?**

A) Gen, DNA, Nükleotit, Kromozom

B) Gen, Nükleotit, DNA, Kromozom

C) Nükleotit, Gen, DNA, Kromozom

D) Nükleotit, Gen, Kromozom, DNA

11. **DNA'nın replikasyonunda çeşitli enzimler görev alır. Bu enzimlerden hangisi DNA sarmalındaki azotlu organik bazlar arasındaki zayıf hidrojen bağlarını koparak sarmal zincirlerin birbirinden ayrılmasını sağlar?**

A) DNA polimeraz

B) RNA polimeraz

C) DNA Ligaz

D) Helikaz

12. **"DNA Onarımının Moleküler Mekanizmalarının Aydınlatılması ve Biyolojik Saatin Düzenlenmesi" konusunda yaptığı çalışmalar ile 2015 yılı Nobel Kimya Ödülü'ne lâyık görülen bilim insanı hangisidir?**

A) Francis Crick

B) Aziz Sancar

C) James Watson

D) Rosalind Franklin

13. **Belirli sayıda nükleotit içeren ve en az bir protein ya da RNA'nın sentezinden sorumlu olan DNA parçasına ne ad verilir?**

A) Gen
B) Kromozom
C) Ribozom
D) Çekirdek

14. **Aynı mRNA üzerine çok sayıda ribozom bağlanmasıyla oluşan yapıya ne ad verilir?**

A) Aminoasit
B) tRNA
C) Kodon
D) Polizom

15. **Protein sentezinde DNA'daki genetik şifreye göre mRNA sentezlenmesine ne ad verilir?**

A) Transkripsiyon
B) Translasyon
C) Antikodon
D) Kodon

16. **Bir DNA'nın tek ipliği üzerindeki nükleotit dizilişi C-C-A-T-G-G-A-A-T şeklinde ise bundan sentezlenen tRNA'daki nükleotidlerinin dizilişi hangisi gibi olur?**

A) C-C-A-U-G-G-A-A-U
B) G-G-U-A-C-C-U-U-A
C) C-C-A-T-G-G-A-A-T
D) C-G-A-T-G-G-A-A-T

HAYAT BOYU ÖĞRENME

17. **Doğada canlı yapısına katılan 20 çeşit aminoasit vardır. Buna göre sindirimde görevli bir enzimin yapısında 100 tane aminoasit varsa bu enzimin sentezinde en fazla kaç çeşit aminoasit kullanılmıştır?**

A) 100
B) 20
C) 99
D) 19

18. **Canlıda bulunan 20 çeşit aminoasiti şifreleyen 64 çeşit kodon vardır. Bu 64 çeşit kodondan üç çeşidi aminoasit kodlamadığı için protein sentezini durdururken bir tanesi tüm canlılarda protein sentezini başlatır. Buna göre canlılarda protein sentezini başlatan kodon hangisidir?**

A) UAA
B) UAG
C) AUG
D) UGA

19. **İnsanda büyüme hormonu üreten geni izole edip, bu geni bakterilere aktarmak ve bu bakterileri çoğaltmak, aşağıdakilerden hangisinin çalışma alanına girer?**

A) Genetik mühendisliği
B) Mikrobiyoloji
C) Biyoteknoloji
D) Kalıtım

20. **Suçlu tespitinde, safkan hayvan ırklarının tespitinde, babalık davalarında, bitki ve hayvan türlerinin korunması çalışmalarında kullanılan genetik mühendisliği uygulaması hangisidir?**

A) DNA parmak izi

B) Kök hücre

C) Klonlama

D) Gen teknolojisi

21. **Model organizmalar seçilirken hangisi dikkat edilen konulardan biri <u>değildir</u>?**

A) Deneysel uygulamalar için uygun olması

B) Yaşam döngüsünün kısa olması

C) Laboratuvar ortamında kolayca yetiştirilebilen canlılardan olması

D) Pahalı ve zor bulunabilen bir canlı olması

22. **Enfeksiyona neden olan mikrorganizmaları bağışıklık sistemine tanıtarak hastalıklardan korunmayı sağlayan maddelere ne ad verilir?**

A) İnterferon B) İnsülin

C) Aşı D) Antibiyotik

HAYAT BOYU ÖĞRENME

23. **Klonlama üzerine çalışmalar yapan bir bilim insanı ve ekibi, A koyununun bedeninden aldıkları bir hücrenin (meme hücresini) çekirdeğini, çekirdeği çıkarılan B koyununa ait yumurta hücresine enjekte ediyorlar. Laboratuvar ortamında bu yumurta hücresinin defalarca bölünmesini sağlayarak embriyo hâline getiriyorlar. Embriyoyu C koyununun rahmine yerleştiriyorlar. Embriyo C koyununun rahminde gelişimini tamamlayarak dünyaya geliyor. Dünyaya gelen bu koyuna D koyunu dersek, D koyunu ile ilgili olarak aşağıdakilerden hangisi doğrudur?**

I- A koyununun genetik ikizidir.

II- C koyunu ile aynı kalıtsal yapıya sahiptir.

III- B koyununa ait genetik bilgileri taşır.

A) Yalnız I B) Yalnız II

C) Yalnız III D) I ve II

24. **Embriyonun erken evrelerinden elde edilen, daha hızlı çoğalma ve daha fazla hücre tipine dönüşebilme yetenekleri olan kök hücre çeşidi aşağıdakilerden hangisidir?**

I- Yetişkin kök hücre

II- Kordon kanından elde edilen kök hücre

III- Embriyonik kök hücre

A) Yalnız I B) Yalnız II

C) Yalnız III D) I, II ve III



2. ÜNİTE
CANLILARDA ENERJİ DÖNÜŞÜMLERİ



ÜNİTE KONULARI

1. BÖLÜM: CANLILIK VE ENERJİ
2. BÖLÜM: FOTOSENTEZ
3. BÖLÜM: KEMOSENTEZ
4. BÖLÜM: HÜCRESEL SOLUNUM



1. BÖLÜM
CANLILIK VE ENERJİ

NELER ÖĞRENECEĞİZ ?

Bu bölümü tamamladığınızda;

1. Canlılığın devamı için enerjinin gerekliliğini,
2. ATP molekülünün yapısını,
3. Fosforilasyon çeşitlerini öğreneceksiniz.

ANAHTAR KAVRAMLAR

- ATP
- Enerji
- Enerji dönüşümü
- Fosforilasyon
- Fotosentez
- Hücresel solunum
- Kemosentez

2.1. Canlılık ve Enerji

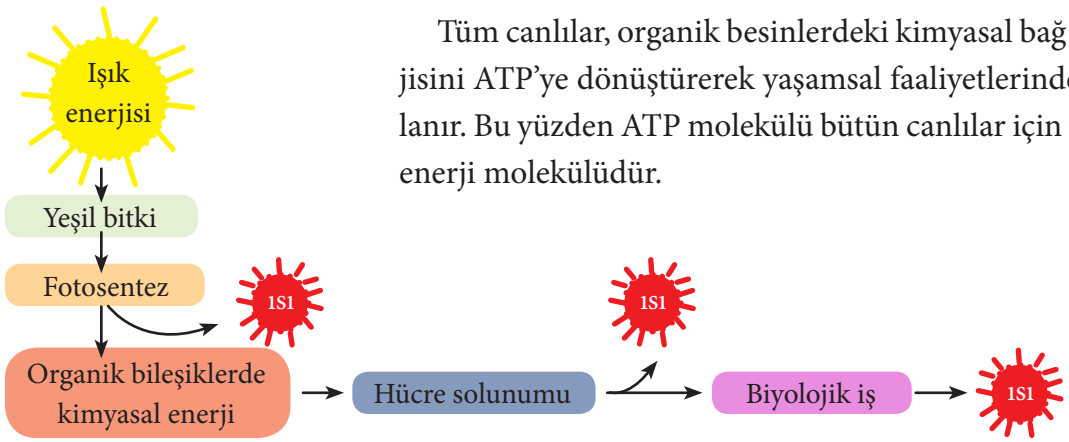
Canlının en küçük yapı birimi olan hücre; solunum yapmak, büyümek, çoğalmak, hareket etmek, gerekli maddeleri sentezlemek ve çevreyle madde alışverişi yapmak gibi yaşamsal faaliyetleri gerçekleştirmek zorundadır. Hücre bu faaliyetler için **enerjiye** ihtiyaç duyar. **Enerji**; iş yapabilme yeteneğidir. Enerjinin; ışık enerjisi, elektrik enerjisi, potansiyel enerji ve kinetik enerji gibi çeşitli biçimleri vardır. Enerji yok olmaz, bir formdan başka bir forma dönüşür. Yeryüzünde yaşam, canlının enerjiyi bir biçimden diğerine dönüştürme yeteneği sayesinde devam eder. Örneğin yeşil bitkiler güneş enerjisini besinlerdeki kimyasal bağ enerjisine dönüştürerek kendileri ve diğer canlılar için besin üretir.

2.1.1. Canlılığın Devamı için Enerjinin Gerekliliği

Canlılar için yeryüzündeki en önemli enerji kaynağı **Güneş**'tir. Fotosentez yapan canlılar, güneşin ışık enerjisini hücrenin kullanabileceği enerji biçimi olan besinlerdeki kimyasal bağ enerjisine dönüştürür. Böylece güneşin ışık enerjisi, besinlerdeki kimyasal bağlarda depolanır. Besin moleküllerindeki bu enerjiyi hücreler doğrudan kullanamaz. Hücrelerin bu enerjiyi kullanabilmesi için besinlerin yapı taşlarına kadar parçalanması (sindirim) gerekir. Besinlerin sindirimi sonucu oluşan yapıtaşları, hücrede **oksijenli** ya da **oksijensiz solunumla** parçalanarak **ATP (Adenozin trifosfat)** molekülü üretilir. Oluşan ATP molekülü tüm hücrelerde canlılığın devamı için gerekli olan yaşamsal faaliyetlerin gerçekleştirilmesinde enerji molekülü olarak kullanılır.

Hücrede gerçekleşen enerji dönüşümlerinde serbest kalan enerjinin bir kısmı ısı enerjisi olarak çevreye verilir.

Tüm canlılar, organik besinlerdeki kimyasal bağ enerjisini ATP'ye dönüştürerek yaşamsal faaliyetlerinde kullanır. Bu yüzden ATP molekülü bütün canlılar için temel enerji molekülüdür.

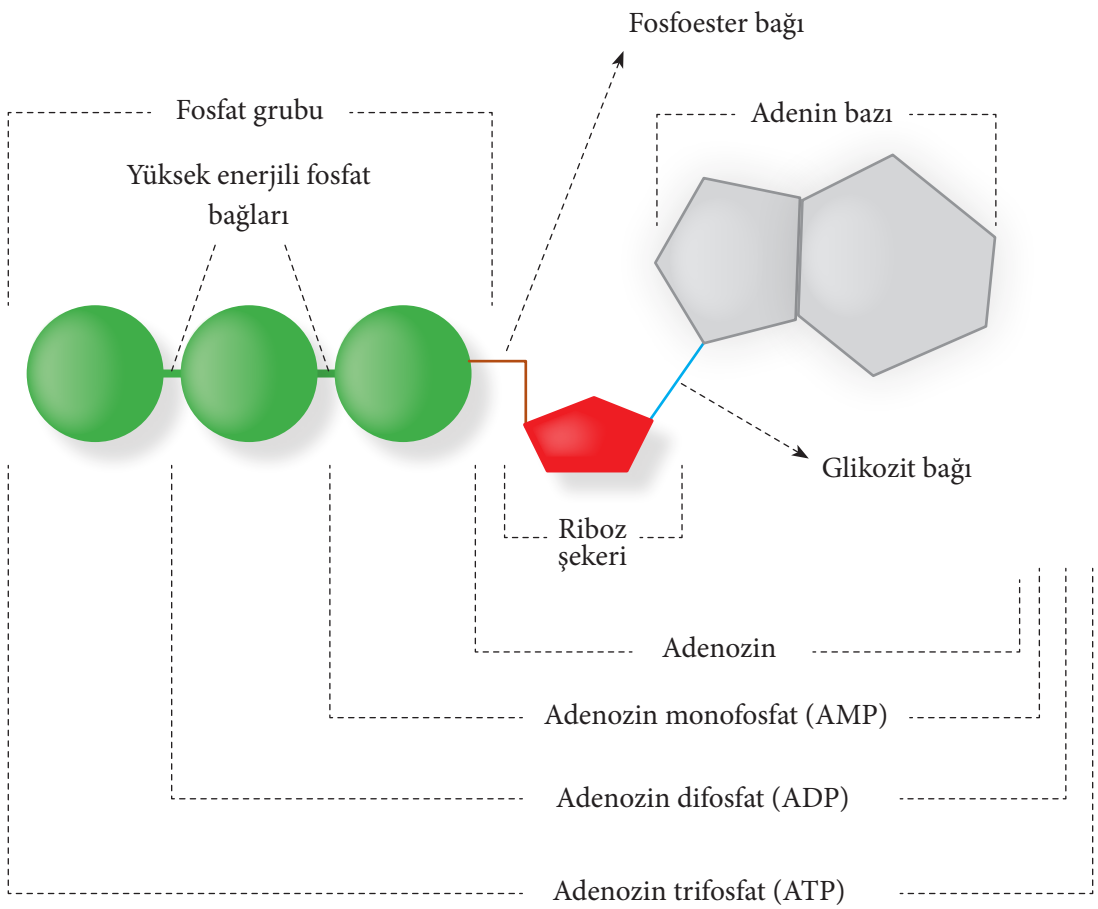


Görsel 2.1. Canlılarda enerji dönüşümü

2.1.2. Enerjinin Temel Molekülü ATP (Adenozin trifosfat)

ATP, hücrede gerçekleşen bütün yaşamsal faaliyetlerde kullanılan temel enerji molekülüdür. Her hücre ihtiyacı olan ATP'yi kendisi sentezler. ATP molekülü hücre içinde sentezlenir ve hücre içinde kullanılır, bir hücreden diğerine aktarılamaz, depolanamaz, anlık olarak hücre tarafından üretilir ve tüketilir. ATP; elektrik enerjisi, ısı enerjisi, kimyasal enerji gibi başka formlara kolayca dönüşebilir. Örneğin sinir hücrelerinde uyarının ilerlemesi için ATP' deki enerji, elektrik enerjisine dönüştürülür.

ATP molekülünün yapısında; **adenin bazı**, beş karbonlu **riboz şekeri** ve üç tane **fosfat** grubu bulunur. Adenin bazı ile riboz şekeri arasında **glikozit bağı** kurulmasıyla **adenozin** adı verilen yapı oluşur. Adenozin molekülüne **fosfoester bağıyla** fosfat grubu bağlanmasıyla **AMP (adenozin monofosfat)** oluşur. AMP'ye bir fosfat grubunun eklenmesiyle **ADP (adenozin difosfat)** oluşur. ADP'ye bir fosfat grubunun eklenmesiyle **ATP (adenozin trifosfat)** oluşur. ATP molekülünde fosfat grupları arasındaki bağlara **yüksek enerjili fosfat bağları** denir.



Görsel 2.2. ATP'nin yapısı

Organik maddelere fosfat grubu **(P_i)** eklenmesine **fosforilasyon**; organik maddelerden fosfat grubu koparılmasına **defosforilasyon** denir. Örneğin ADP molekülüne bir fosfat grubu eklenerek ATP sentezlenmesi fosforilasyondur. ATP'den bir fosfat grubu koparılarak ADP elde edilmesi ise defosforilasyondur.

$$ADP + P_i + Enerji \underset{\text{Defosforilasyon}}{\overset{\text{Fosforilasyon}}{\rightleftharpoons}} ATP + H_2O$$

Görsel 2.3. Fosforilasyon ve defosforilasyon

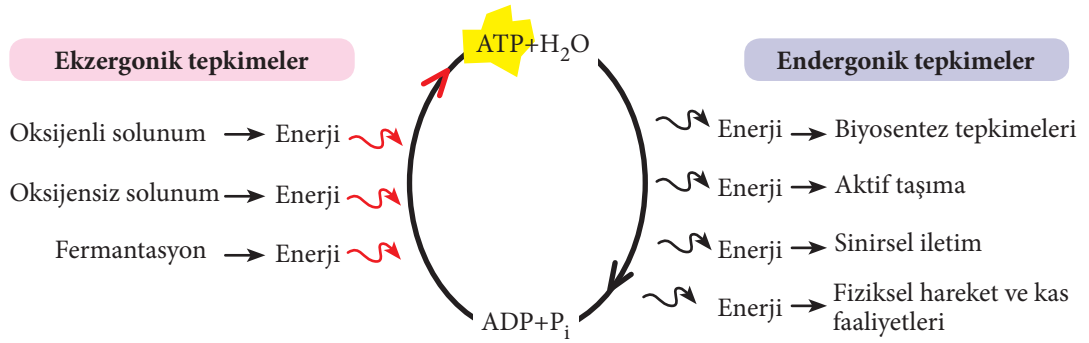
ATP'nin tüketilip yeniden üretilmesi **ATP döngüsü** olarak ifade edilir. Hücrelerde ATP döngüsü, oldukça hızlı gerçekleşir. Örneğin çizgili kas hücresi, bir saniyede yaklaşık on milyon ATP molekülünü tüketir ve yeniden üretir. ATP enerji gerektiren metabolizma olaylarının kesintisiz devam etmesini sağlar.

Hücrede gerçekleşen yapım ve yıkım tepkimelerinin tümüne **metabolizma** denir. Metabolizma faaliyetleri için gerçekleşen tepkimeler **ekzergonik (enerji açığa çıkaran)** ve **endergonik (enerjiye ihtiyaç duyan)** tepkimeler olarak iki grupta incelenir.

BİLGİ KUTUSU

Basit moleküllerden karmaşık yapılı moleküllerin sentezlenmesine anabolizma (yapım), karmaşık yapılı moleküllerin basit moleküllere parçalanmasına katabolizma (yıkım) denir. Yapım tepkimeleri enerji gerektiren endergonik, yıkım tepkimeleri ise genellikle enerji açığa çıkaran ekzergonik tepkimelerdir.

Ekzergonik tepkimeler sonucu enerji açığa çıkar. Örneğin solunum tepkimeleri sonucu ATP üretildiği için solunum tepkimeleri ekzergonik tepkimedir. Endergonik tepkimelerin gerçekleşmesi için enerji gerekir. Örneğin hücrede gerçekleşen aktif taşıma ya da sinir hücresinde uyarı iletimi endergonik tepkimedir. Hücre endergonik tepkimeler için gerekli olan enerjiyi ekzergonik tepkimelerden sağlar.



Görsel 2.4. Hücre endergonik tepkimeler için gerekli olan enerjiyi ekzergonik tepkimelerden sağlar.

2.1.3. Fosforilasyon Çeşitleri

ADP molekülüne bir fosfat grubunun eklenmesiyle ATP sentezlenmesine **fosforilasyon** denir. Fosforilasyon, kullanılan enerjinin kaynağına göre **substrat düzeyinde fosforilasyon, oksidatif fosforilasyon** ve **fotofosforilasyon** olmak üzere üç grupta incelenir.

a. Substrat Düzeyinde Fosforilasyon

Hücrelerde enzimler yardımıyla çeşitli organik maddelerden (substrat) ayrılan fosfat grubunun ADP'ye eklenerek ATP sentezlenmesine **substrat düzeyinde fosforilasyon** denir. Oksijenli solunum, oksijensiz solunum ve fermantasyon yapan tüm canlılarda substrat düzeyinde fosforilasyonla ATP sentezi görülür.

b. Oksidatif Fosforilasyon

Organik moleküllerin yıkımıyla ya da inorganik moleküllerin oksitlenmesiyle açığa çıkan elektronların, **elektron taşıma sistemi (ETS)** ile taşınması sırasında oluşan enerjiden ATP üretilmesine **oksidatif fosforilasyon** denir. Oksijenli solunum ve oksijensiz solunum yapan canlılar ile kemosentez ve fotosentez yapan canlılarda oksidatif fosforilasyon gerçekleşir.

Oksidatif fosforilasyon; prokaryot canlılarda hücre zarının sitoplazmaya doğru oluşturduğu kıvrımlarda, ökaryot canlılarda mitokondride gerçekleşir.

BİLGİ KUTUSU

- Bir atomdan ya da molekülden elektron ayrılmasını sağlayan kimyasal tepkimelere oksitlenme (oksidasyon) denir.
- Fotosentez, kemosentez, oksijenli solunum ve oksijensiz solunum yapan canlılarda bulunan, molekül gruplarından oluşan sisteme elektron taşıma sistemi (ETS) denir. Yüksek enerjili elektronlar ETS'deki molekül gruplarının brinden diğerine aktarılırken açığa çıkan enerjiden ATP üretilir.

c. Fotofosforilasyon

Klorofil molekülü ve ışık enerjisi kullanılarak ADP'ye inorganik fosfat (Pi) eklenmesiyle ATP sentezlenmesine **fotofosforilasyon** denir. Fotofosforilasyon, fotosentez yapan canlıların klorofil bulunduran hücrelerinde ışık varlığında gerçekleşir. Fotofosforilasyonla sentezlenen ATP molekülü, fotosentez olayında kullanılır.

BİLGİ KUTUSU

- Klorofil taşıyan canlıların ışık enerjisini kullanarak inorganik maddelerden organik madde sentezlemesine fotosentez denir.
- Fotosentez olayında güneş enerjisini kimyasal enerjiye çeviren yeşil pigment maddesine klorofil denir.



2. BÖLÜM
FOTOSENTEZ

NELER ÖĞRENECEĞİZ ?

Bu bölümü tamamladığınızda;

1. Fotosentezin canlılar açısından önemini,
2. Fotosentez sürecinin anlaşılmasına katkı sağlayan bilim insanlarını ve çalışmalarını,
3. Fotosentez reaksiyonlarını,
4. Fotosentez hızını etkileyen faktörleri,
5. Tarımsal ürün miktarını artırmada yapay ışıklandırma uygulamalarını öğreneceksiniz.

ANAHTAR KAVRAMLAR

- Fotosentez
- Fotoliz
- Işık
- Klorofil
- Kloroplast

2.2. Fotosentez

2.2.1. Fotosentezin Canlılar için Önemi

Yeryüzündeki yaşam, güneşten gelen enerjiye bağlıdır. Bu enerji canlılar tarafından doğrudan kullanılamaz ya da depolanamaz. Bu enerji başka enerji şekillerine dönüştürülerek kullanılır. Canlılar güneşin ışık enerjisini, **fotosentez** olayı ile besinlerdeki kimyasal enerjiye dönüştürerek kullanır.



Görsel 2.5. Güneş'in ışık enerjisi fotosentez yapan canlılar tarafından besinlerdeki kimyasal enerjiye dönüştürülür.

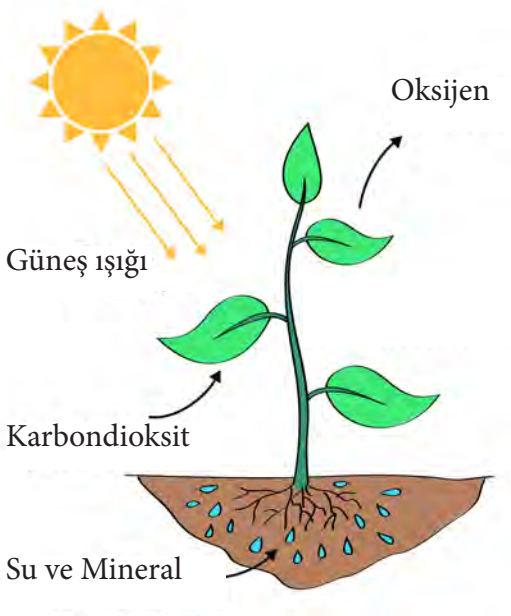
Besinlerini sentezlerken enerji kaynağı olarak ışık enerjisini kullanan canlılara **fotootototrof** veya **fotosentetik canlılar** denir. Bitkiler, bazı bakteriler, öglena ve algler fotootototrof canlılara örnektir.

Fotosentez; **klorofil** adı verilen renk maddesini taşıyan canlıların ışık enerjisini kullanarak inorganik maddelerden organik madde sentezlemesidir. Fotosentez olayında klorofilin ışık enerjisini tutmasıyla CO_2 ve H_2O gibi inorganik maddelerden organik madde üretilir. Bu sırada atmosfere O_2 verilir.

Bütün canlılar yaşamak için ihtiyaç duydukları enerjiyi fotosentezle üretilen organik moleküllerden karşılar. Bu yüzden yeryüzündeki en önemli enerji dönüşümü fotosentez olayı ile gerçekleşir.

Atmosferdeki oksijenin ana kaynağı fotosentez yapan canlıların ürettiği oksijen olduğu için fotosentez olayı sadece besin kaynağı değil oksijenli solunum yapan canlılar için de oksijen kaynağıdır.

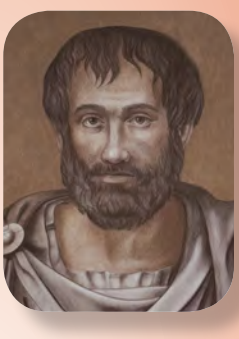
Canlıların yapısına katılan protein, yağ, karbonhidrat gibi organik bileşikler de fotosentezle üretilen organik moleküllerden sentezlenir.



Görsel 2.6. Fotosentez

Fotosentez Sürecinin Anlaşılmasına Katkı Sağlayan Bilim İnsanları ve Çalışmaları

Aristo (MÖ 384-322)



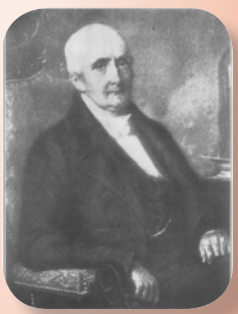
Bitkilerin besin maddelerini kökleri aracılığıyla topraktan ve sudan hazır aldıklarını ileri sürmüştür.

Joseph Priestley (Cozıf Prizley)



1775 yılında yaptığı çalışmalarda bitkiler tarafından üretilen oksijenin hayvanlar tarafından kirletilen havayı temizlediğini keşfetmiştir.

Theodore De Saussure (Teodor Dö Sosü)



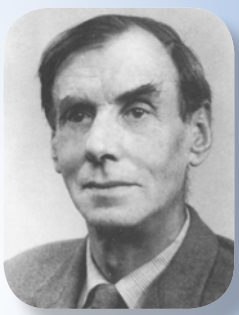
1820'li yıllarda yaptığı çalışmalarla bitkilerin ışık varlığında aldığı karbondioksit ve verdiği oksijen miktarını ölçmeyi başarmış, bitkilerin azotu havadan değil topraktan suda çözünmüş tuzlarla aldığını ileri sürmüştür.

Cournelius Bernardus Van Niel (Kornelyüs Bernardus Van Niyıl)



1930'larda yaptığı çalışmalar ile fotosentezde hidrojen kaynağı olarak suyun kullanıldığını ispatlamıştır.

Robert Hill (Rabırt Hill)



1937 yılında fotosentezin ışığa bağımlı reaksiyonları üzerinde çalışmalar yapmıştır. Bu çalışmalarında fotosentezde açığa çıkan oksijenin kaynağının karbondioksit değil su olduğunu ispatlamıştır.

Melvin Calvin (Melvin Kalvin)



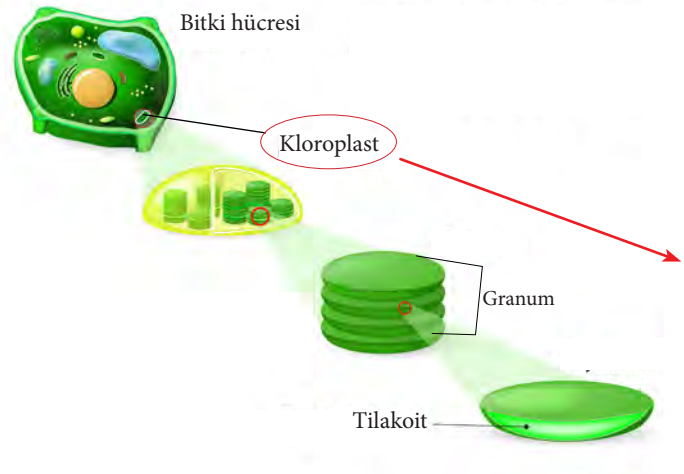
1946 yılından itibaren fotosentezin ışıktan bağımsız reaksiyonları üzerinde çalışmalar yapmıştır. Bu çalışmaları sayesinde karbon metabolizmasını tüm ayrıntılarıyla Kelvin Döngüsü olarak açıklamıştır. Bu çalışmaları Melvin Calvin'e 1961 yılı Nobel Ödülü'nü kazandırmıştır.

2.2.2. Fotosentez Reaksiyonları

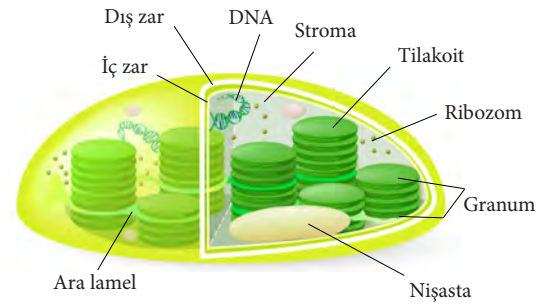
Bitkilerde fotosentez, yaprak hücrelerinde bulunan **kloroplast** adı verilen organelde gerçekleşir.

Kloroplastın Yapısı

Bitkinin yeşil kısımlarında bulunan kloroplast, bol miktarda klorofil içerdiği için yeşil renkte görülür. Kloroplast; **dış zar** ve **iç zar** olmak üzere çift katlı zara sahiptir. Kloroplastın iç kısmı **stroma** adı verilen sıvı ile doludur. Bu sıvıda; DNA, RNA, ribozom ve fotosentez için gerekli enzimler yer alır. Kloroplast; DNA, RNA ve ribozomlar sayesinde hem metabolik işlevler için gerekli olan proteinleri üretir hem de çekirdek kontrolünde kendini eşleyerek sayısını artırır. Stroma içinde **tilakoit** adı verilen özel bir zar sistemi vardır. Bu zar sistemi keselerden oluşur. Bitkiye yeşil rengini veren ve ışığı absorbe etme (emme) özelliğine sahip klorofil pigmenti, tilakoit zarların içinde yer alır. Tilakoitler üst üste gelerek **granum** adı verilen yapıyı oluşturur. Granumlar da ara lamellerle birbirine tutunarak **granaları** oluşturur.



Görsel 2. 8. Kloroplastta tilakoit organizasyonu

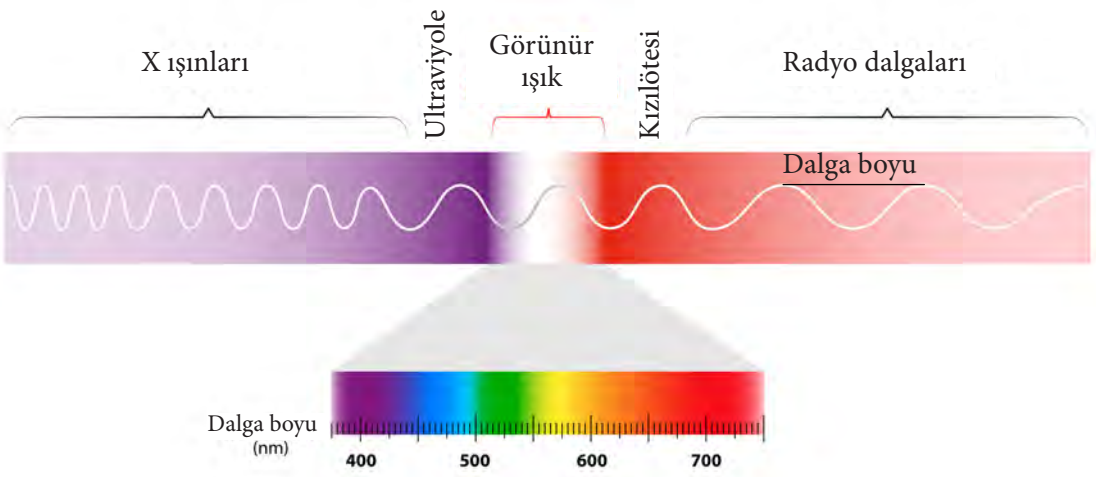


Görsel 2. 7. Kloroplastın yapısı

Fotosentez reaksiyonları **ışığa bağımlı reaksiyonlar** ve **ışıktan bağımsız reaksiyonlar** olmak üzere iki aşamada gerçekleşir. Işığa bağımlı reaksiyonlar tilakoitlerde gerçekleşirken ışıktan bağımsız reaksiyonlar stromada gerçekleşir.

Işık Enerjisi ve Fotosentez

Işık enerjisi dalgalar hâlinde yayılır. Işık dalgasının iki ardışık tepe noktası arasındaki mesafesine **dalga boyu** denir. Işığın dalga boylarına göre sıralanmasıyla **elektromanyetik spektrum** elde edilir. Doğada, gördüğümüz veya göremediğimiz farklı dalga boylarına sahip ışıklar vardır. Elektromanyetik spektrumda 380 nm (nanometre) ile 750 nm (nanometre) arasındaki dalga boyuna sahip ışıklar insan gözüyle görülebildiğinden **görünür ışık** olarak isimlendirilir.



Görsel 2. 9. Elektromanyetik spektrum



Görsel 2. 10. Klorofil yeşil dalga boyundaki ışığı yansıtıp diğer dalga boylarındaki ışığı soğurur.

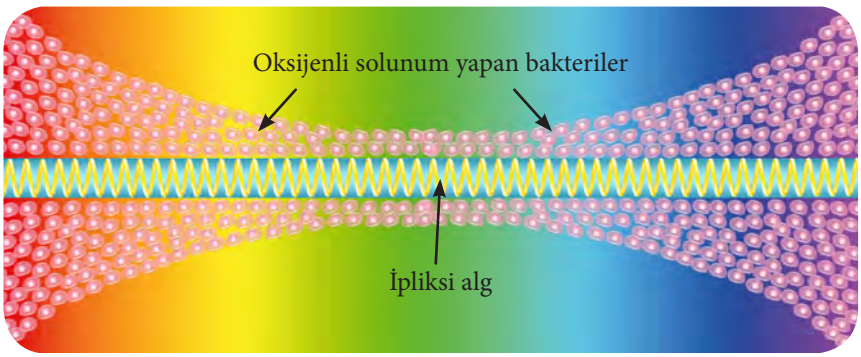
Görünür ışık, aynı zamanda fotosentezde kullanılan ışıktır. Fotosentezde görünür ışığı soğuran (emen) ve renk veren maddelere **pigment** denir. Farklı pigmentler, farklı dalga boylarındaki ışığı soğurur. Soğurulamayan ışıklar ya yansıtılır ya da geçirilir. Kloroplastta bulunan klorofil pigmenti; mor ve kırmızı ışığı soğururken, yeşil ışığı yansıtır. Klorofil, yansıttığı yeşil ışık nedeniyle yeşil renkte görülür. Klorofilin soğurduğu ışıklar fotosentezde kullanılır. Klorofil pigmenti soğurduğu ışık enerjisini yapısındaki elektronlar ile ETS (elektron taşıma sistemi) elemanlarına aktararak, ışık enerjisini kimyasal enerjiye dönüştürür.

Bitkilerde klorofil dışında başka pigmentler de bulunur. Bu pigmentlerin turuncu renkli olanlarına **karoten**, sarı renkli olanlarına **ksantofil**, kırmızı renkli olanlarına **likopen** denir. Sarı, turuncu ve kırmızı renk veren bu pigmentlerin hepsi birden **karotenoit** olarak adlandırılır. Karotenoitler hem çiçek ve meyvelere renklerini verir hem de klorofilin soğuramadığı farklı dalga boylarındaki ışıkları soğurur. Soğurulan bu ışıklar klorofile aktarılarak fotosentezde kullanılır. Bazı karotenoitler de klorofile zarar verecek olan aşırı ışığı soğurarak yayar.



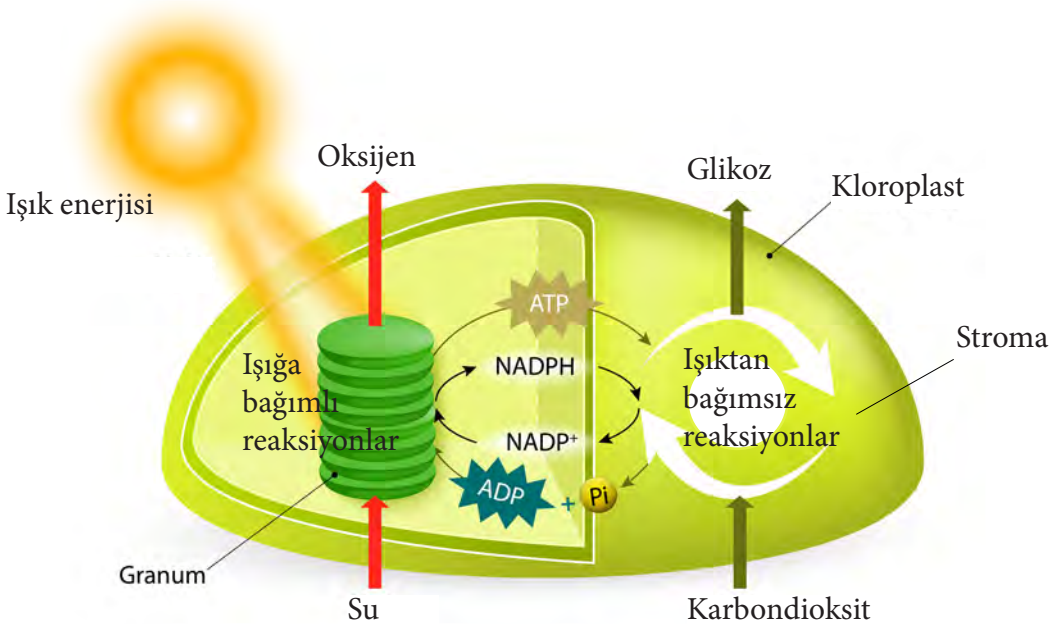
Görsel 2.11. Karoten havuçta, ksantofil limonda, likopen domateste çokça bulunan karotenoitlerdendir.

Fotosentez hızı ile ışığın dalga boyu arasındaki ilişki 1883 yılında Theodore Engelmann (Teodor Engılmın) tarafından yapılan bir deneyle gösterilmiştir. Bu deneyde Engelmann, ipliksi alg kullanmıştır. Engelmann, ipliksi algin farklı kısımlarını farklı dalga boyunda ışığa maruz bırakarak, hangi dalga boyundaki ışıkta daha çok fotosentez yapıldığını tespit etmeye çalışmıştır. Bunu tespit etmek için oksijenli solunum yapan bakterileri kullanmıştır çünkü fotosentez hızı arttıkça, ortamdaki oksijen miktarı artacağı için o bölgede toplanan bakteri sayısı da artacaktır. Engelmann deney sonucunda algin, mor ve kırmızı ışığa maruz bırakılan bölümlerinde toplanan bakteri sayısının çok olduğunu, yeşil ışığa maruz bırakılan bölümlerinde toplanan bakteri sayısının oldukça az olduğunu gözlemlemiştir. Bu deney Engelmann'ı şu sonuca götürmüştür: Fotosentez hızı mor ve kırmızı ışıkta artarken, yeşil ışıkta oldukça azalır.



Görsel 2.11. Fotosentez hızı mor ve kırmızı ışıkta artarken, yeşil ışıkta oldukça azalır.

Fotosentez reaksiyonları, **ışığa bağımlı reaksiyonlar** ve **ışıktan bağımsız reaksiyonlar** olmak üzere iki aşamada gerçekleşir.

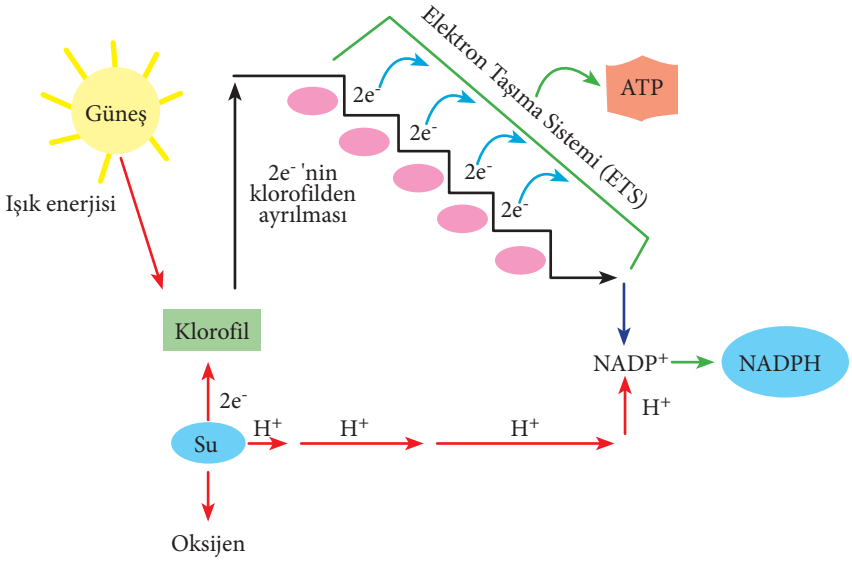


Görsel 2.13. Fotosentezin ışığa bağımlı ve ışıktan bağımsız reaksiyonları

Fotosentezin ışığa bağımlı reaksiyonlarında ışık enerjisi kullanılarak ATP ve NADPH üretilir. Böylece ışık enerjisi hücrenin doğrudan kullanabileceği kimyasal enerji olarak ATP'de depolanır. Işıktan bağımsız reaksiyonlarda ise karbondioksit ve ışığa bağımlı reaksiyonlarda üretilen ATP ve NADPH molekülleri kullanılarak organik madde olan glikoz sentezlenir.

1. Işığa Bağımlı Reaksiyonlar

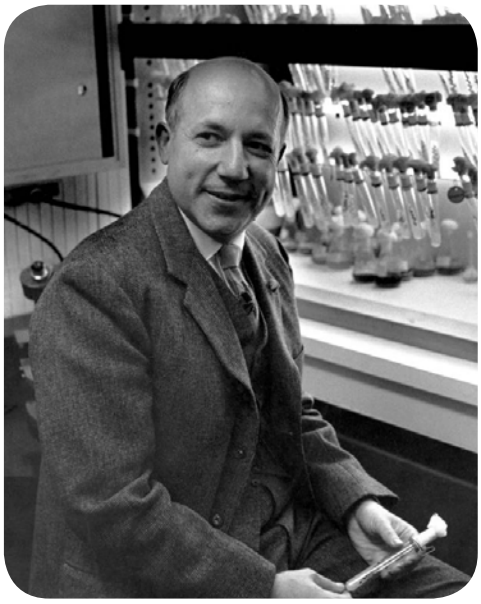
Işığa bağımlı reaksiyonlar, kloroplastın granalarında gerçekleşir. Klorofil molekülünün ışık enerjisini soğurmasıyla klorofildeki elektron serbest kalır. Serbest kalan bu elektron kloroplasttaki granumda bulunan **elektron taşıma sistemi (ETS)**'ni oluşturan elemanların birinden diğerine aktarılır. Bu aktarım sırasında elektronun kaybettiği enerji ile ATP sentezlenir. Bu olaya **fotofosforilasyon** denir. Bir taraftan da soğurulan ışık enerjisi ile su molekülleri elektron (e^-), proton (H^+) ve oksijene (O_2) ayrıştırılır. Bu olaya **fotoliz** denir. Fotoliz sonucu açığa çıkan hidrojenler $NADP^+$ (Nikotinamid Adenin Dinükleotit Fosfat) molekülüne aktarılarak NADPH molekülü üretilir. Fotoliz sonucu açığa çıkan elektronlar klorofile aktarılırken, oksijen (O_2) molekülü atmosfere verilir.



Görsel 2.14. Fotosentezin ışığa bağımlı reaksiyonları

Işığa bağımlı reaksiyonlarda üretilen ATP ve NADPH molekülleri ışıktan bağımsız reaksiyonlarda kullanılır.

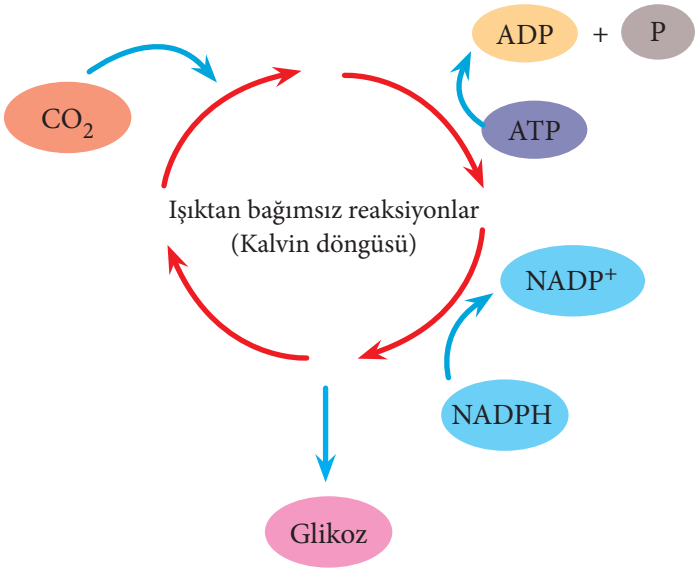
2. Işıktan Bağımsız Reaksiyonlar



Görsel 2.15. Melvin Calvin

Işıktan bağımsız reaksiyonlar Melvin Calvin'in çalışmaları sonucu açıklandığı için bu reaksiyonlar **Kalvin Döngüsü** olarak da adlandırılır. Bu çalışmaları Melvin Calvin'e 1961 yılı Nobel Ödülü'nü kazandırmıştır.

Işıktan bağımsız reaksiyonlar; kloroplastın stromasında gerçekleşir. Bu evrede ışık doğrudan kullanılmasa da ışığa bağlı reaksiyonlarda üretilen **ATP** ve **NADPH** kullanılır. Bu yüzden ışıktan bağımsız tepkimeler de ışığın varlığında gerçekleşir.



Görsel 2.16. Fotosentezin ışıktan bağımsız reaksiyonları

Işıktan bağımsız reaksiyonlarda Kalvin Döngüsü altı kez tekrarlanır. Böylece ortamdan alınan CO_2'ten enzimler yardımıyla başta altı karbonlu glikoz olmak üzere yağ asidi, gliserol, aminoasit, vitamin, nükleotit, hormon gibi organik maddeler üretilebilir. Enzimlerin kullanıldığı bu tepkimelerde klorofil ve ETS kullanılmaz.

Fotosentezin ışığa bağımlı ve ışıktan bağımsız reaksiyonlarının karşılaştırılması Tablo 2.1.'de verilmiştir.

Işığa bağımlı reaksiyonlar	Işıktan bağımsız reaksiyonlar (Kalvin Döngüsü)
• Kloroplastın granasında gerçekleşir. • Işık enerjisi kullanılır. • ATP ve NADPH üretilir. • ETS görev yapar. • Enzim kullanılmaz. • Gündüz gerçekleşir. • H_2O parçalanarak H^+, e^- ve O_2 açığa çıkar.	• Kloroplastın stromasında gerçekleşir. • Işık enerjisi kullanılmaz. • ATP ve NADPH tüketilir. • ETS görev yapmaz. • Enzim kullanılır. • Gündüz gerçekleşir. • Organik bileşikler üretilir.

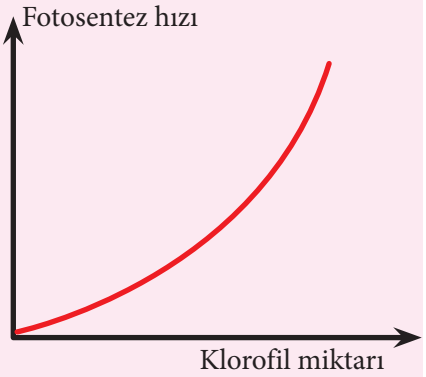
Tablo 2.1. Fotosentezin ışığa bağımlı ve ışıktan bağımsız reaksiyonlarının karşılaştırılması

2.2.2. Fotosentez Hızını Etkileyen Faktörler

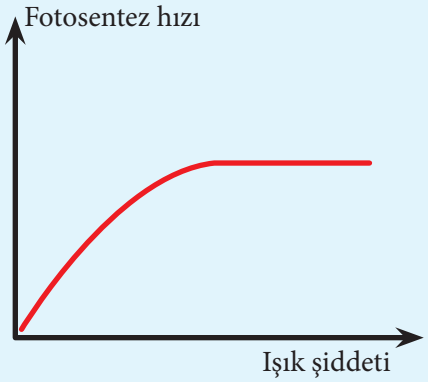
Fotosentez hızını; ışık şiddeti, ışığın dalga boyu, sıcaklık, CO_2 yoğunluğu ve klorofil miktarı gibi faktörler etkiler. Bu faktörlerden birinin yetersiz olması fotosentezin yavaşlamasına ya da durmasına neden olur. Fotosentez hızını, miktarı en düşük olan faktör belirler. Buna **minimum kuralı** denir.

Klorofil Miktarı

Fotosentez hızını etkileyen diğer faktörler ideal seviyelerdeyse klorofil miktarı arttıkça fotosentez hızı artar. Yaprak genişliği çok olan bitkilerde kloroplast sayısı çok olacağı için klorofil miktarı da çok olur, dolayısıyla fotosentez hızı da artar.



Grafik 2.1. Klorofil miktarının fotosentez hızına etkisi



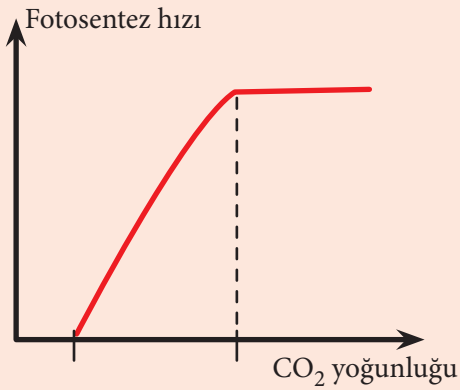
Grafik 2.2. Işık şiddetinin fotosentez hızına etkisi

Işık Şiddeti

Fotosentez olayı için ışık gereklidir. Bu yüzden ışık şiddetinin artışı fotosentez hızını da artırır ancak ışık şiddetinin sürekli artışı, fotosentezi belirli bir seviyeye kadar hızlandırır. Daha sonra fotosentez sabit bir hızla gerçekleşmeye devam eder çünkü minimum kuralına göre, fotosentez hızına etki eden diğer faktörlerin miktarının sabit olması fotosentez hızını sınırlandırır.

CO_2 Yoğunluğu

CO_2, fotosentezin ışıktan bağımsız tepkimelerinin başlaması için gerekli olan bir bileşiktir. CO_2 miktarı arttığında fotosentez hızı belirli bir değere kadar artar. Sonra sabit kalır çünkü minimum kuralı gereği fotosentez hızına etki eden diğer faktörler fotosentezi sınırlandırır.

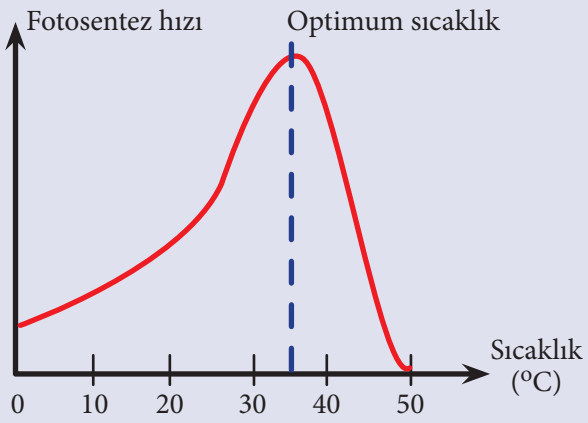


Grafik 2.3. *CO_2 yoğunluğunun fotosentez hızına etkisi*

Havadaki CO_2 yoğunluğu belirli bir sınırın altına düşerse bitki CO_2 bağlayamadığı için fotosentez durur. Örneğin kireç suyu, KOH (potasyum hidroksit) veya $Ba(OH)_2$ (Baryum hidroksit) gibi maddeler **karbondioksit tutucu maddeler**dir. Bu maddeler bitkinin fotosentez yaptığı ortama konulursa ortamdaki karbondioksiti tutarak bitkinin kullanmasını engeller. Bu durumda bitki fotosentez yapamaz.

Sıcaklık

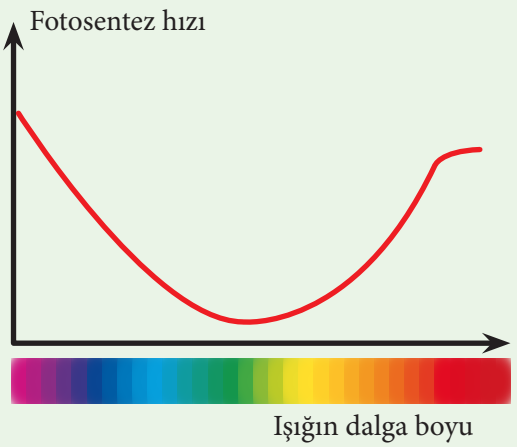
Fotosentez reaksiyonlarında enzimler kullanılır. Sıcaklık değişimleri enzimlerin çalışmasını etkileyeceği için fotosentez tepkimelerinin hızını da etkiler. Enzimlerin en iyi görev yaptığı sıcaklık değerine **optimum sıcaklık** denir. Optimum sıcaklığa kadar olan sıcaklık artışları fotosentez hızını artırır. Optimum sıcaklığın altında veya üstünde olan sıcaklık değerlerinde fotosentez hızı yavaşlar. Çok yüksek sıcaklıklarda enzimin yapısı bozulduğu için fotosentez durur.



Grafik 2.4. Sıcaklığın fotosentez hızına etkisi

Işığın Dalga Boyu

Fotosentez elektromanyetik spektrumda 380-750 nm dalga boyu aralığındaki görünür ışıkta gerçekleşir. Klorofil pigmenti bu dalga boyu aralığındaki mor, mavi ve kırmızı ışıkları daha çok soğurduğu için bu ışıklarda fotosentez daha hızlı gerçekleşir. Klorofil pigmenti yeşil ışığı çok az soğurup, çoğunu yansıttığı için bu ışıkta fotosentez en düşük hızda gerçekleşir.



Grafik 2.5. Işığın dalga boyunun fotosentez hızına etkisi

1. ETKİNLİK

Etkinliğin Adı : Işık kaynağının uzaklığının fotosentez hızına etkisi

Etkinliğin Amacı : Bilimsel yöntem basamaklarını kullanarak farklı ışık şiddetlerinin fotosentez hızı üzerindeki etkisini kavramak

Araç Gereç : Elodea (akvaryum bitkisi), beherglas, deney tüpü, ışık kaynağı, cetvel, makas, pens, saat



Elodea (akvaryum bitkisi)



Beherglas



Deney tüpü



Işık kaynağı



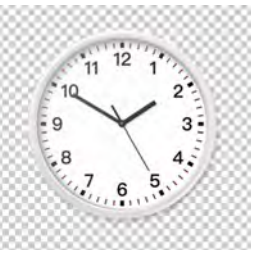
Cetvel



Makas



Pens



Saat

Uygulama

Problem : Işık şiddetinin fotosentez hızına etkisi nedir?

Problem ile ilgili veriler : Uzun ağaçların sık yerleştiği bir ormanda bir ağacın alt dallarındaki yaprakların, üst dallarındaki yapraklara göre daha küçük olması.

Hipotez : Düşük ışık şiddetinde fotosentez hızı düşer.

Hipoteze dayalı tahmin : Düşük ışık şiddetinde fotosentez hızı düşerse açığa çıkan oksijen miktarı azalır.

Hipotezin test edilmesi : Hipotezi test etmek için kontrollü deney yapılır.

Elodea bitkisi, içi su dolu deney tüpüne yerleştirilir. Deney tüpü ağzı aşağı gelecek şekilde içi su dolu beherglasın içine konur. Işık kaynağı görevini üstlenecek olan beyaz ışık lambası bitkinin 10 cm uzağına konur. Bitkinin ışık şiddetine alışması için 8-10 dakika beklendikten sonra 3 dakika boyunca bitkiden çıkan gaz kabarcıkları sayılarak not edilir. Işık kaynağı, bitkinin 20 cm uzağına yerleştirilir. Bitkinin ışık şiddetine alışması için 8-10 dakika beklendikten sonra oluşan gaz kabarcıkları 3 dakika boyunca sayılarak kaydedilir. Aynı işlem, ışık kaynağı bitkinin 40 cm uzağına yerleştirilerek tekrarlanır. Elde edilen sonuçlar, aşağıda verilen tabloya yazılır.



Deney düzeneği görseldeki gibi oluşturulur.

Işık kaynağının bitkiye olan uzaklığı	3 dakika boyunca çıkan kabarcık sayısı
10 cm	
20 cm	
40 cm	

Deney sonucunda ışık kaynağı bitkiden uzaklaştırıldıkça açığa çıkan kabarcık sayısının azaldığı gözlenmiştir. Bunun nedeni; ışık kaynağının bitkiden uzaklaştırılmasının ışık şiddetini düşürmesi buna bağlı olarak da fotosentez hızının düşmesidir. Fotosentez hızı düştükçe açığa çıkan oksijen miktarı azaldığı için açığa çıkan kabarcık sayısı da azalmıştır.

2.2.4. Tarımsal Ürün Miktarını Artırmada Yapay Işıklandırma Uygulamaları

Işık seviyesi bitkilerin gelişimini etkiler. Kışın ışık seviyesinin düşük olduğu dönemlerde, bulutlu hava koşullarında, bitkilerin büyümesi ve gelişimi olumsuz yönde etkilenir. Bunun nedeni ışık seviyesi düştüğünde fotosentez hızının ve buna bağlı olarak bitki gelişiminin yavaşlamasıdır. Aynı durum seralardaki bitkiler için de geçerlidir çünkü sera içerisindeki ışık seviyesi; gün uzunluğu, güneş ışığının gelme açısı, atmosferin bulutlu olması, bitki yoğunluğu, sera yapısı ve örtü malzemesi gibi faktörlerden etkilenir. Bu faktörlere bağlı olarak sera içindeki ışık seviyesi azaldığında ürün verimi de düşer. Bu yüzden seralarda yapay aydınlatma sistemleri kullanılır. Yapay aydınlatma güneş ışığına destek amaçlıdır. Böylece fotosentez artırılarak bitki verimi yükseltilir.



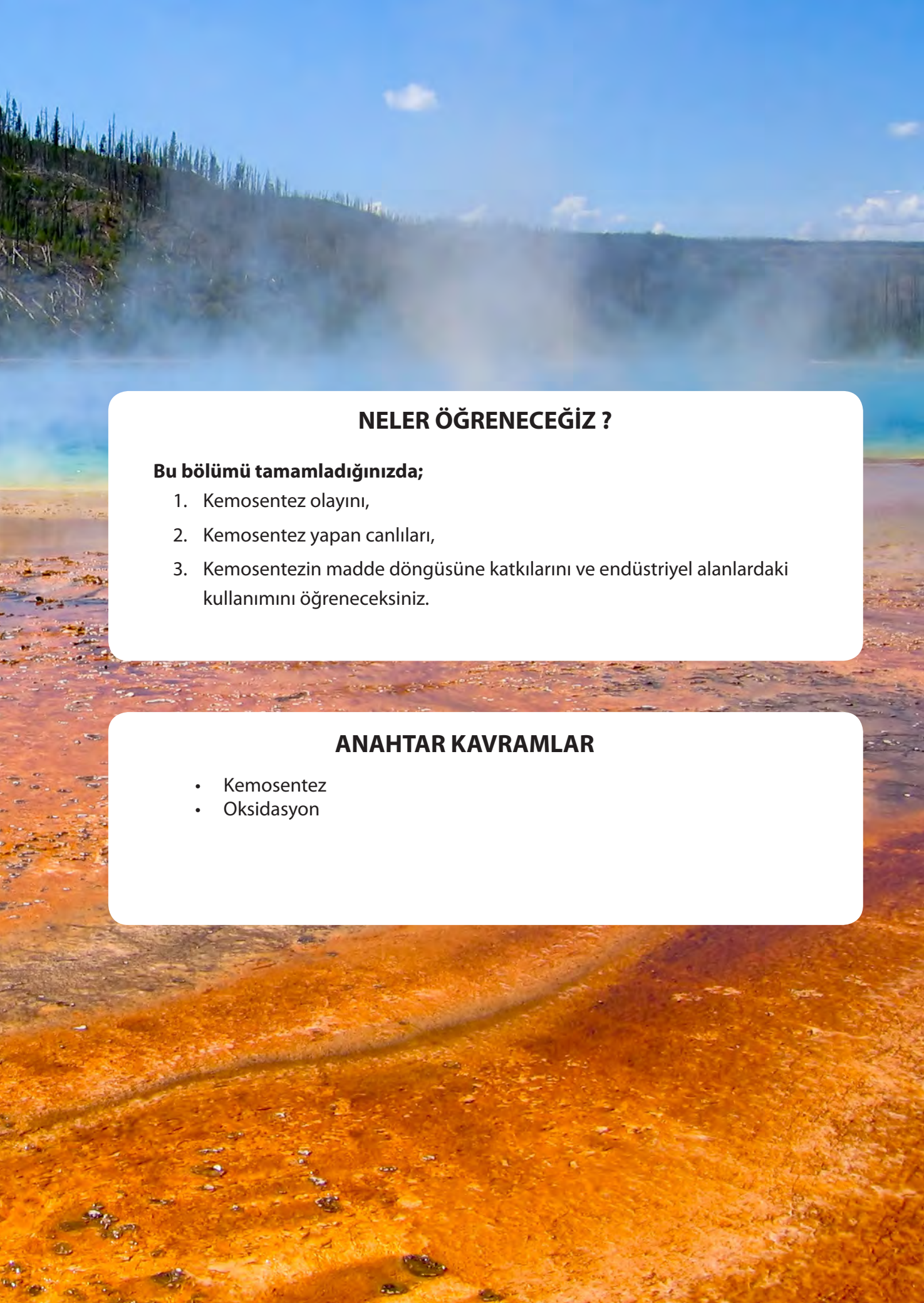
Görsel 2.17. Seralarda yapay aydınlatma güneş ışığına destek amaçlı yapılır. Böylece fotosentez artırılarak bitki verimi yükseltilir.

SIRA SENDE

Sen de tarımsal ürün miktarını artırmada kullanılan diğer yapay ışıklandırma uygulamalarını araştırarak öğrendiklerini ailenle ve arkadaşlarınla paylaşabilirsin.



3. BÖLÜM
KEMOSENTEZ



NELER ÖĞRENECEĞİZ ?

Bu bölümü tamamladığınızda;

1. Kemosentez olayını,
2. Kemosentez yapan canlıları,
3. Kemosentezin madde döngüsüne katkılarını ve endüstriyel alanlardaki kullanımını öğreneceksiniz.

ANAHTAR KAVRAMLAR

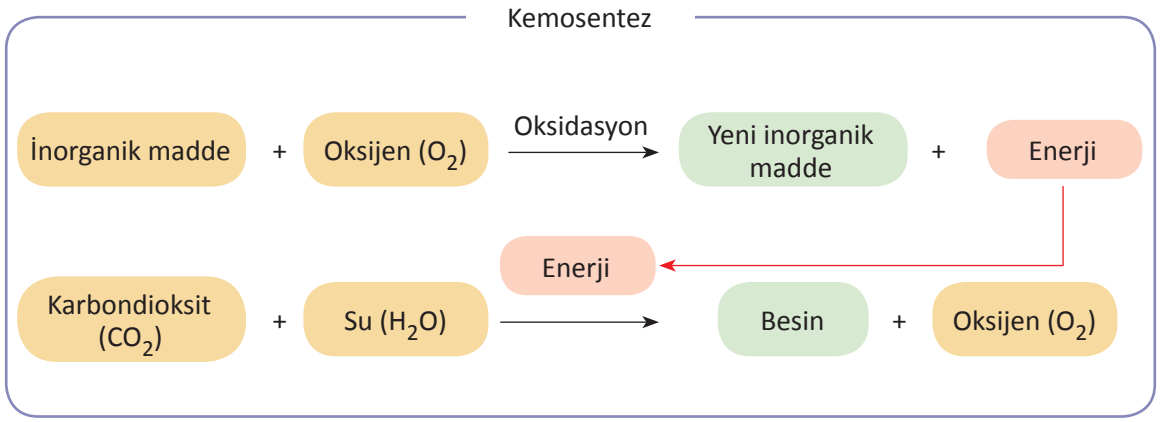
- Kemosentez
- Oksidasyon

2.3. Kemosentez

Önceleri, doğadaki üretici canlıların sadece ışık enerjisini kullanarak besin üreten yani fotosentez yapan canlılar olduğu sanılıyordu ancak gelişen teknoloji sayesinde okyanus derinliklerinin hiç ışık almayan bölgelerinde bile canlıların yaşadığı keşfedildi. Bu yaşam ortamındaki üretici canlıların ışık kullanmadan inorganik maddeden organik madde sentezlediği anlaşıldı. Bu olaya **kemosentez** adı verildi.

2.3.1. Kemosentez Reaksiyonları

Kemosentez reaksiyonları iki aşamada gerçekleşir. İlk aşamada inorganik maddelerin oksidasyonu ile enerji elde edilir. İkinci aşamada ise oksidasyondan elde edilen bu enerji ile karbondioksit ve sudan besin ve oksijen üretilir.



Görsel 2.18. Kemosentezin şematik olarak gösterimi

Oksitleme ya da **oksidasyon** bir atom ya da molekülden elektronun ayrılmasıdır. Elektronun ayrılması sırasında enerji açığa çıkar. Kemosentez yapan canlılar açığa çıkan bu enerjiyi inorganik maddelerden organik madde sentezlemede kullanır. Bazı bakteri ve arkeler, kemosentez yapan canlılardır. Örneğin metan, hidrojen, demir, kükürt, nitrit ve nitrat bakterileri kemosentez yapar.

BİLGİ KUTUSU

Fotosentezde açığa çıkan oksijen atmosfere verilirken kemosentezde açığa çıkan oksijen atmosfere verilmez. Kemosentez yapan canlı, ürettiği bu oksijeni kendisi için gerekli olan tepkimelerde kullanır. Dolayısıyla kemosentez olayı atmosfer için oksijen kaynağı değildir.

Fotosentez ile kemosentezin benzer ve farklı yönleri Tablo 2.2.' de verilmiştir.

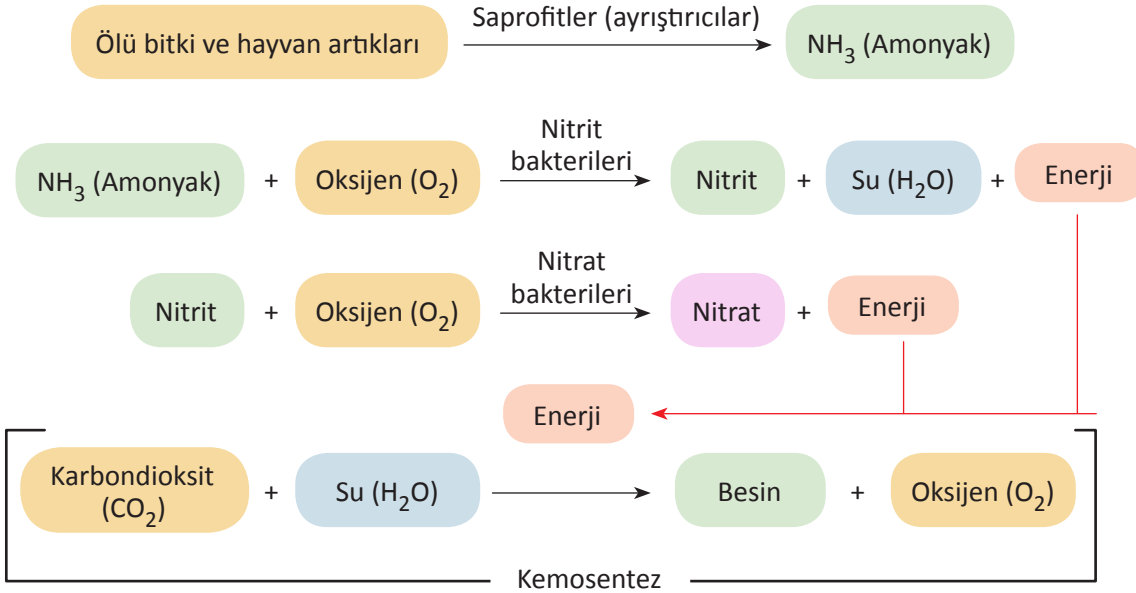
Fotosentez	Kemosentez
İnorganik maddeden organik madde üretilir.	İnorganik maddeden organik madde üretilir.
Klorofil gereklidir.	Klorofile gerek yoktur.
Işık enerjisi kullanılır.	Kimyasal enerji kullanılır.
Karbon kaynağı olarak CO_2 (karbondioksit) kullanılır.	Karbon kaynağı olarak CO_2 (karbondioksit) kullanılır.
Hidrojen kaynağı olarak H_2S (hidrojen sülfür), H_2O (su), H_2 (hidrojen) kullanılır.	Hidrojen kaynağı olarak H_2O (su) kullanılır.
Gündüz gerçekleşir.	Gündüz ve gece gerçekleşir.
Oksijen üretilir ve üretilen oksijen atmosfere verilir.	Oksijen üretilir ancak üretilen oksijen atmosfere verilmez.

Tablo 2.2. Fotosentez ve kemosentezin karşılaştırılması

2.3.2. Kemosentezin Madde Döngüsüne Katkıları ve Endüstriyel Alanlarda Kullanımı

a. Kemosentezin Madde Döngüsüne Katkıları

Hayatın devamı için gerekli olan oksijen, su, azot, karbon, fosfor, kükürt gibi maddelerin ekosistem içindeki dolaşımına **madde döngüsü** denir. Madde döngülerinde en önemli rolü **saprofitler (ayrıştırıcılar)** ve **kemosentetik bakteriler** üstlenir. Saprofitler doğadaki ölü hayvan ve bitki gibi organik artıkları ayrıştırarak inorganik maddelere dönüştürür. Kemosentetik bakteriler ise bu inorganik maddeleri organik maddeye dönüştürür. Böylece doğada hiçbir zaman madde kaybı olmaz ve bu maddeler canlılar tarafından tekrar tekrar kullanılır. Örneğin; ölü bitki ve hayvanların yapısındaki azotlu bileşikler saprofitler (ayrıştırıcılar) tarafından NH_3 (amanyok)'e dönüştürülür. Bitkiler NH_3'ün yapısındaki azotu doğrudan kullanamaz. Kemosentez yapabilen bakterilerden olan **nitrit** ve **nitrat bakterileri** amonyağı iki aşamada gerçekleşen kimyasal reaksiyonlar sonucu nitrata dönüştürerek bitkiler tarafından kullanılmasını sağlar. Birinci aşamada nitrit bakterileri amonyağı oksitleyerek nitrite dönüştürür. İkinci aşamada nitrat bakterileri nitriti **oksitleyerek** nitrata dönüştürür. Bu dönüşümlerde açığa çıkan enerji de kemosentez olayında kullanılır.



Görsel 2.19. Amonyağın nitrata dönüşüm tepkimeleri ve kemosentez olayı

Kemosentetik bakterilerden **demir bakterileri** demir iyonlarını, **hidrojen bakterileri** hidrojeni, **kükürt bakterileri** ise hidrojen sülfürü oksitleyerek enerji açığa çıkarır ve madde döngüsüne katkı sağlar. Kemosentetik canlılar madde döngülerini sağlayarak çevre kirliliğini önlemede ve biyolojik dengenin korunmasında etkili olur.

b. Kemosentezin Endüstriyel Alanlarda Kullanımı



Görsel 2.20. Metallerin kirlettiği sular, kemosentetik canlılardan elde edilen enzimlerle kullanılabilir hâle getirilir.

Kemosentetik arkelerin büyük bir bölümü; yüksek tuzluluk, düşük oksijen yoğunluğu, yüksek sıcaklık, yüksek ya da düşük pH gibi zor koşullara karşı dayanıklıdır. Bu canlıların zor koşullara karşı dayanıklı olmalarını sağlayan enzimleridir. Bu enzimler, metallerin kirlettiği suların kullanılabilir hâle getirilmesinde, boya endüstrisinde, arıtma tesislerindeki atık suların temizlenmesinde, kalitesi düşük metal cevherlerin zenginleştirilmesinde kullanılır. Bu yüzden bu enzimler biyolojik ve ekonomik açıdan çok önemlidir.



Görsel 2.21. Kemosentetik arkelerden olan metanojenlerin ürettiği metan gazı arıtma sistemlerinde ve sanayide enerji kaynağı olarak kullanılır.

Kemosentez çöplerin ayrıştırılmasında, biyoyakıt ve biyogaz üretilmesinde de etkilidir. Örneğin kemosentetik arkelerden olan metanojenlerin ürettiği metan gazı arıtma sistemlerinde ve sanayide enerji kaynağı olarak kullanılır. Metan gazının sıvılaştırılmasıyla elde edilen yakıt, seraların ısıtılmasında kullanılır. Biyogaz üretimi sırasında oluşan amonyak ve fosfatlı bileşikler gübre ve hayvan yemi olarak kullanılır.



4. BÖLÜM
HÜCRESEL SOLUNUM



NELER ÖĞRENECEĞİZ ?

Bu bölümü tamamladığınızda;

1. Hücresel solunumu,
2. Oksijenli solunumu,
3. Oksijensiz solunumu,
4. Fermantasyonu,
5. Fotosentez ve solunum ilişkisini,
6. Kemiosmotik görüşü öğreneceksiniz.

ANAHTAR KAVRAMLAR

- Fermantasyon
- Glikoz
- Mitokondri
- Oksijenli solunum
- Hücresel solunum
- Krebs döngüsü
- Oksijensiz solunum

2.4. Hücresel Solunum

Hücreler, canlılığını devam ettirmek ve çoğalmak için enerjiye ihtiyaç duyar. Fotosentezle üretilen glikoz, yağ asidi, gliserol, aminoasit gibi organik besinler, solunum olayında hücreler tarafından kullanılarak enerji (ATP) elde edilir. Bu olaya **hücresel solunum** denir. Canlının metabolik faaliyetleri için ihtiyaç duyduğu enerjinin tamamı hücresel solunumla üretilen ATP molekülünden karşılanır. ATP, dış ortamdan veya diğer hücrelerden alınamaz. Hücrede üretilen ATP, yine aynı hücre tarafından kullanılır. Canlılık hücresel solunumun kesintisiz bir şekilde devam etmesine bağlıdır.

Hücresel solunum; **oksijenli solunum**, **oksijensiz solunum** ve **fermantasyon** olmak üzere üç şekilde gerçekleşir.

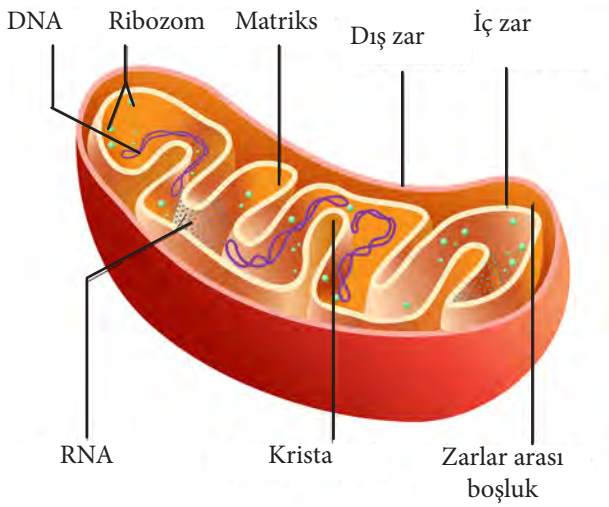
- **Oksijenli solunumda;** glikoz, oksijen kullanılarak H_2O ve CO_2'ye kadar parçalanır.
- **Oksijensiz solunumda;** glikoz, oksijensiz ortamda H_2O ve CO_2'ye kadar parçalanır.
- **Fermantasyonda;** besinler oksijen kullanılmadan etil alkol veya laktik asit gibi organik moleküllere dönüştürülür.

Oksijenli solunum, oksijensiz solunum ve fermantasyon sonucu hücrenin ihtiyacı olan enerji (ATP) üretilir.

2.4.1. Oksijenli Solunum

Oksijenli solunumda organik besinler oksijen varlığında karbondioksit ve suya kadar parçalanır. Oksijenli solunum, bazı prokaryot canlılarda ve ökaryotlarda görülen solunum şeklidir. Prokaryot canlılarda sitoplazmada, ökaryot canlılarda sitoplazmada ve mitokondride gerçekleşir.

Mitokondri



Görsel 2.22. Mitokondrinin yapısı

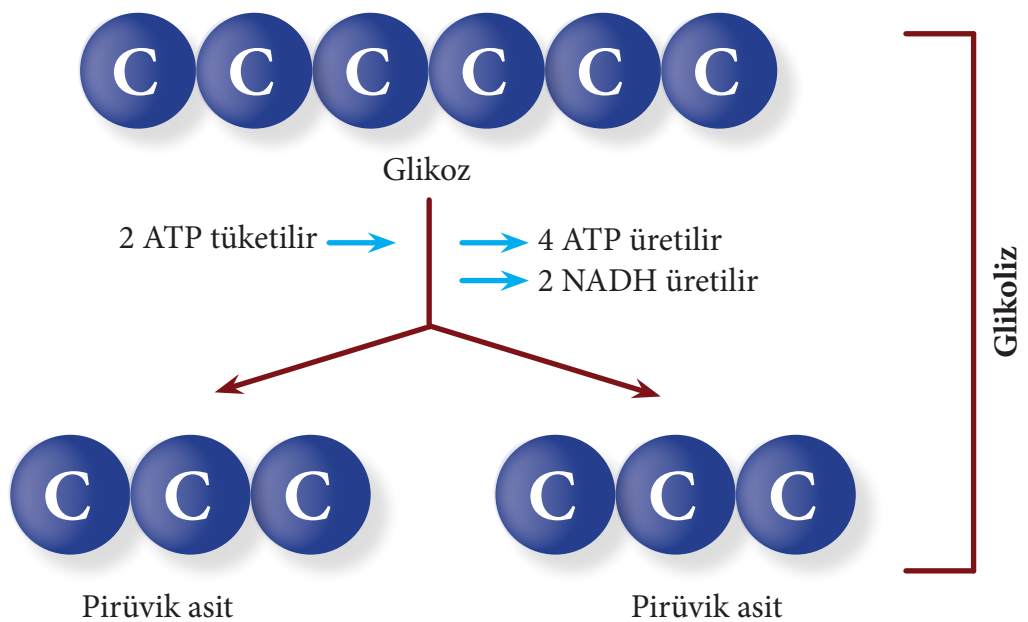
Ökaryot canlılarda oksijenli solunum **mitokondri** adı verilen organelde gerçekleşir. Oksijenli solunumda üretilen enerji hücrenin tüm metabolik faaliyetlerinde kullanılır. Mitokondri, çift katlı zarla çevrili bir organeldir. Dıştaki zar düz, içteki zarı kıvrımlı bir yapıya sahiptir. Bu kıvrımlar solunum yüzeyini artırarak daha fazla enerji üretilmesini sağlar. İç zarın kıvrımlarına **krista** denir. Kloroplastın içini dolduran sıvıya **matriks** adı verilir.

Oksijenli solunumda görev alan enzimler krista ve matrikste bulunur. Ayrıca matriks-te; mitokondriye özgü olan **DNA**, **RNA** ve **ribozomlar** vardır. Bu sayede mitokondri, hücrenin kontrolünde çoğalabilir ve protein sentezleyebilir.

Hücredeki mitokondri sayısı, hücrenin yapısına ve enerji ihtiyacına göre değişir. Örneğin çizgili kas hücrelerinin enerji ihtiyacı çok olduğu için mitokondri sayısı çoktur.

Oksijenli solunum; **glikoliz**, **pirüvik asidin asetil-CoA'ya dönüşümü**, **Krebs döngüsü** ve **ETS** aşamalarından oluşur.

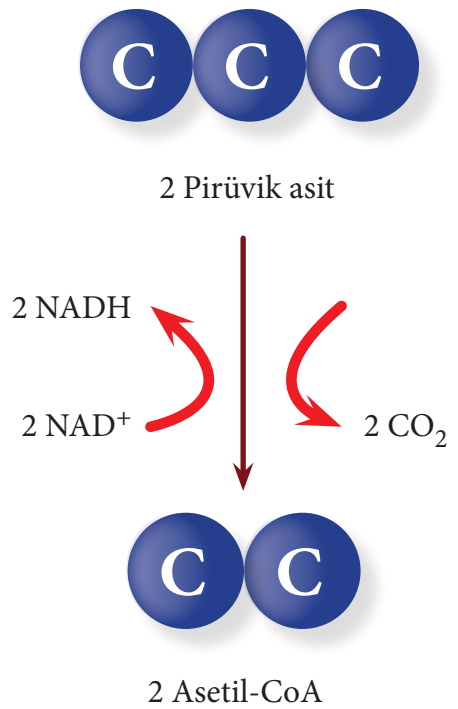
a. Glikoliz: Glikoz molekülü, tüm canlılarda çeşitli tepkimeler zinciri ile pirüvik asite parçalanır. Bu olaya **glikoliz** denir. Glikoliz olayı hücrenin sitoplazmasında enzimler kullanılarak gerçekleşir. Glikoliz olayını kontrol eden enzimler tüm canlılarda ortak olduğu için glikoliz sonucunda tüm canlılarda pirüvik asit oluşur.



Görsel 2.23. Glikoliz evresi

Glikoliz sırasında ATP, kararlı olan glikoz molekülünü kararsız hâle getirmek için kullanılır. Böylece glikoz molekülünün pirüvik asite parçalanması kolaylaşır. Glikolizde üretilen ATP'ler ise substrat düzeyinde fosforilasyonla üretilir. Glikolizde üretilen NADH ise ETS'ye aktarılarak oksidatif fosforilasyonla ATP üretmek için kullanılır.

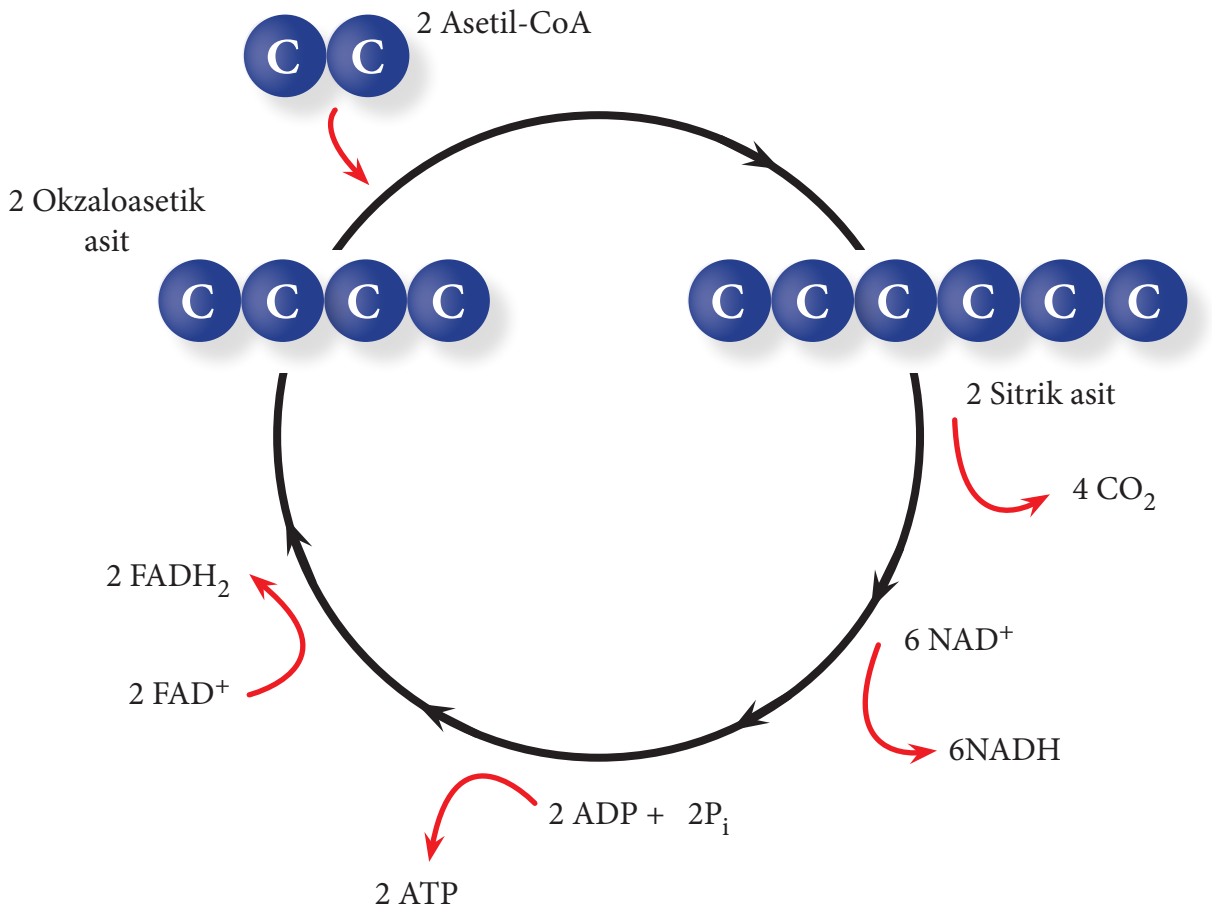
b. Pirüvik Asidin Asetil-CoA'ya Dönüşümü: Ökaryot hücrelerde glikoliz sonucunda oluşan pirüvik asit ve NADH ortamda oksijen varsa mitokondriye geçer. Mitokondriye giren pirüvik asit, enzimler yardımıyla asetil-CoA molekülüne dönüştürülür. Bu aşamada CO_2 açığa çıkar.



Görsel 2.24. Pirüvik asidin asetil-CoA'ya dönüşümü

Ortamda yeteri kadar oksijen yoksa pirüvik asit asetil-CoA'ya dönüşemez. Bu durumda glikoliz sonucu oluşan pirüvik asit fermantasyon tepkimelerine katılır. Bu yüzden asetil-CoA oluşumu, hücre içerisinde yeterli miktarda oksijen bulunduğunu gösteren önemli bir ölçüttür.

c. Krebs Döngüsü: Bu reaksiyonlar ilk defa İngiliz bilim insanı Hans Krebs (Hans Kırebs) tarafından gözlenmiştir. Bu yüzden bu reaksiyonlara **Krebs Döngüsü** adı verilir. Krebs döngüsü, 2C'lu **asetil - CoA** molekülünün mitokondri matriksinde bulunan 4C'lu **okzaloasetik asit** ile enzim kontrolünde birleşerek 6C'lu **sitrik asit** molekülünü oluşturmasıyla başlar. Mitokondrinin matriksinde gerçekleşen bu döngü, sitrik asittin tekrar okzaloasetik asite dönüşmesiyle tamamlanır. Krebs Döngüsü tamamlana kadar CO_2, NADH, ATP ve $FADH_2$ oluşur.



Görsel 2.25. Krebs Döngüsü

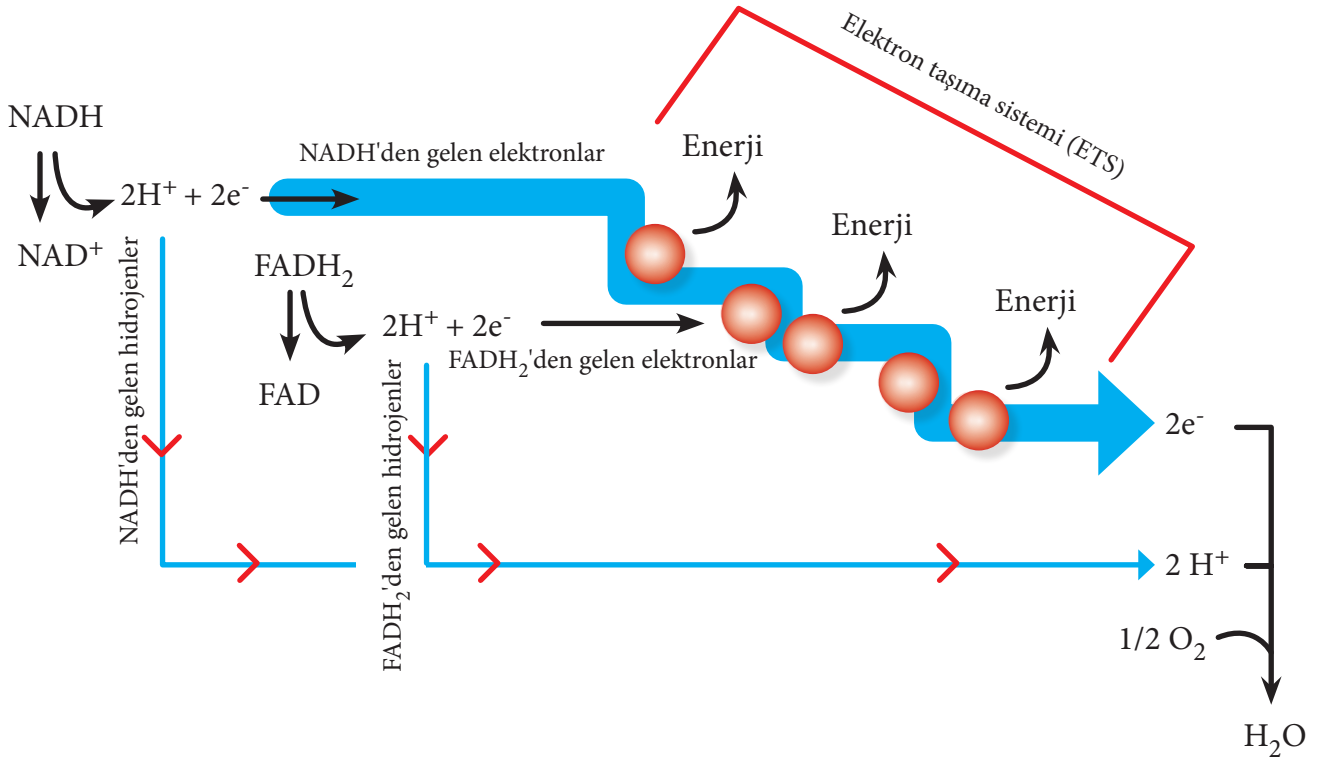
Bir molekül glikoz parçalandığında iki molekül pirüvik asit oluştuğu için Krebs Döngüsü iki kez gerçekleşir.

Krebs Döngüsü' nde;

- Üretilen 2 ATP molekülü, substrat düzeyinde fosforilasyonla sentezlenir.
- Üretilen 6 NADH ve 2 $FADH_2$ molekülleri elektron taşıma sistemine (ETS) aktarılır.
- Açığa çıkan toplam dört molekül CO_2 atmosfere verilir.

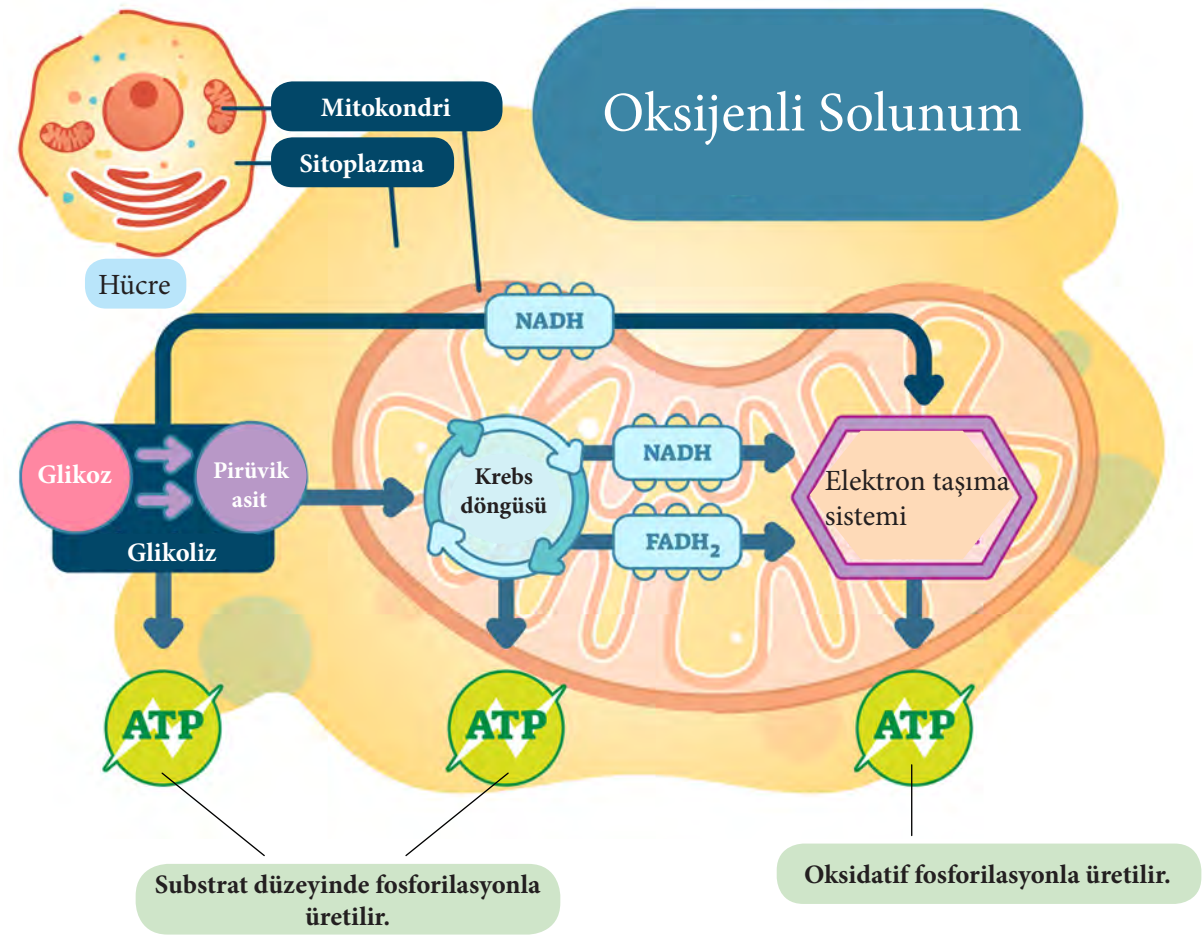
d. Elektron Taşıma Sistemi (ETS): Hücresel solunumun son aşaması elektronların ETS'de taşınmasıdır. Elektron taşıma sistemini oluşturan moleküller, ökaryot hücrelerde mitokondrinin kristasında, prokaryot hücrelerde ise hücre zarı kıvrımlarında bulunur.

ETS molekülleri, oksijenli solunumun önceki evrelerinde oluşan NADH ve $FADH_2$'nin getirdiği yüksek enerjili elektronları tutar. Elektronlar bir dizi indirgenme ve yükseltgenme tepkimesi ile oksijene kadar sistem boyunca taşınır. Bu sırada oksidatif fosforilasyonla ATP (enerji) üretilir. Elektron kazanmış oksijen bir çift hidrojen molekülü ile birleşerek suyu oluşturur. ETS, oksijenli solunumun en çok enerji elde edilen aşamasıdır.



Görsel 2.26. Elektron taşıma sistemi

Görsel 2.27' de, oksijenli solunum tepkimeleri bir arada gösterilmektedir. Görsel incelendiğinde, glikoliz ve Krebs Döngüsü' nde üretilen ATP' lerin substrat düzeyinde fosforilasyonla, ETS' de üretilen ATP'lerin oksidatif fosforilasyonla üretildiği görülür.



Görsel 2.27. Oksijenli solunum tepkimeleri

2.4.2. Oksijensiz Solunum

Oksijensiz solunum, oksijenli solunumda olduğu gibi glikoliz, Krebs Döngüsü ve ETS aşamalarından oluşur. Oksijensiz solunumun oksijenli solunumdan farkı oksijen yokluğunda gerçekleşmesidir. Ayrıca oksijensiz solunumda kullanılan ETS elemanları, oksijenli solunumdaki ETS elemanlarından farklıdır. Oksijenli solunumda son elektron alıcısı olarak görev yapan oksijenin (O_2) yerine oksijensiz solunumda; sülfat, nitrat, karbonat veya demir gibi inorganik moleküller son elektron alıcısı olarak kullanılır. Son elektron alıcısı olarak görev alan bu inorganik moleküllerin elektron çekim güçleri zayıf olduğu için oksijensiz solunumda üretilen ATP miktarı, oksijenli solunuma göre daha azdır.

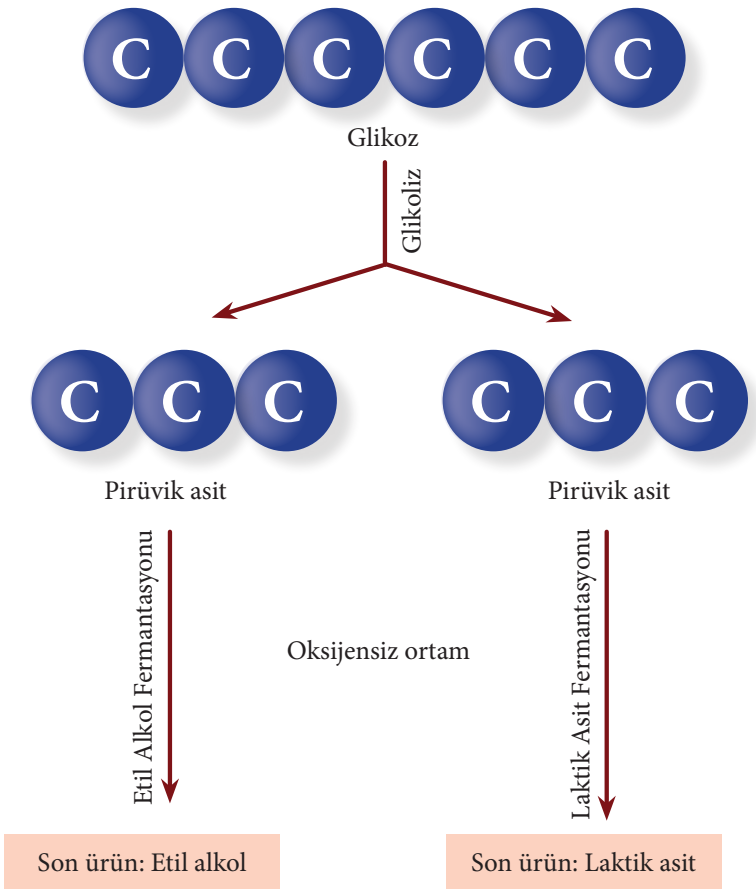
Bataklıkta yaşayan bazı bakteriler oksijensiz solunum yapar. Bu bakteriler besin moleküllerinden kopardıkları elektronları sülfat iyonuna aktarır. Elektron alan sülfat, hidrojen sülfüre dönüşür. Bataklıklardan gelen kötü kokunun sebebi de oksijensiz solunum yapan bu bakterilerin ürettiği hidrojen sülfürdür.

Toprakta yaşayan ve oksijensiz solunum yapan bazı bakteriler ETS'de son elektron alıcısı olarak nitrat kullanır. Elektron alan nitrat, moleküler azota (N_2) dönüşür. Denitrifikasyon adı verilen bu olay, biyosferdeki azot döngüsüne katkı sağlar.



Görsel 2.28. Bataklıklardan gelen kötü kokunun sebebi oksijensiz solunum yapan bakterilerin ürettiği hidrojen sülfürdür.

2.4.3. Fermantasyon



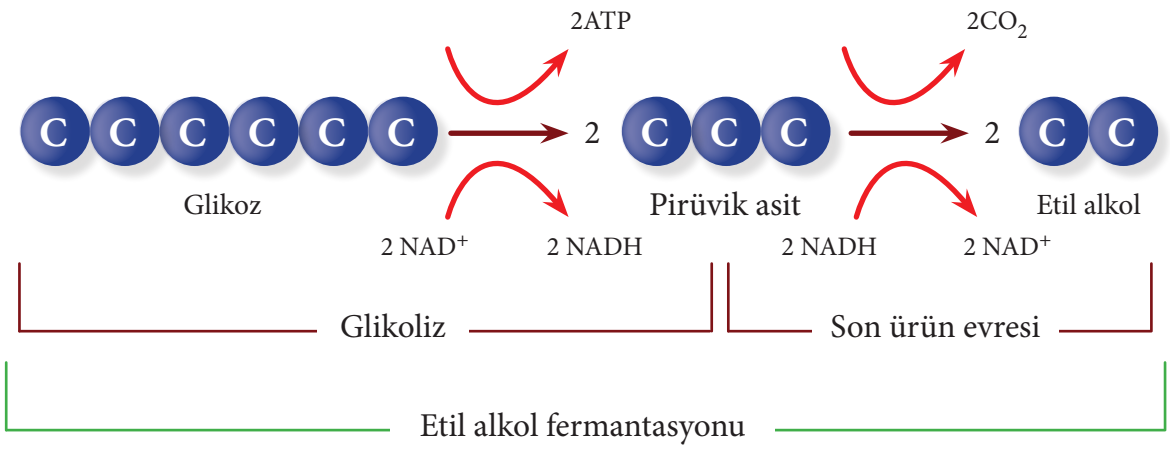
Görsel 2.29. Fermantasyon

Fermantasyonda glikoz molekülü, glikoliz olayı ile pirüvik asite kadar parçalandıktan sonra oksijensiz ortamda **etil alkol** veya **laktik asit** gibi organik yapılı son ürünlere dönüşür. Fermantasyon, hücre sitoplazmasında gerçekleşir. Bazı maya mantarları, bazı bakteriler, omurgalıların çizgili kas hücreleri fermantasyon yapar.

Fermantasyon, tepkime sonucu oluşan son ürüne göre isimlendirilir. Son ürün etil alkolse **etil alkol fermantasyonu**, laktik asitse **laktik asit fermantasyonu** adını alır.

a. Etil Alkol Fermantasyonu

Etil alkol fermantasyonu, glikoliz ve son ürün evresi olmak üzere iki aşamada gerçekleşir. Glikoliz evresinde glikoz molekülü pirüvik asite parçalanır. Son ürün evresinde ise pirüvik asitten CO_2 çıkışı ve glikolizden gelen NADH molekülündeki hidrojenlerin tepkimeye katılması gerçekleşir. Bu işlemler sonucu etil alkol oluşur.



Görsel 2.30. Etil alkol oluşumu

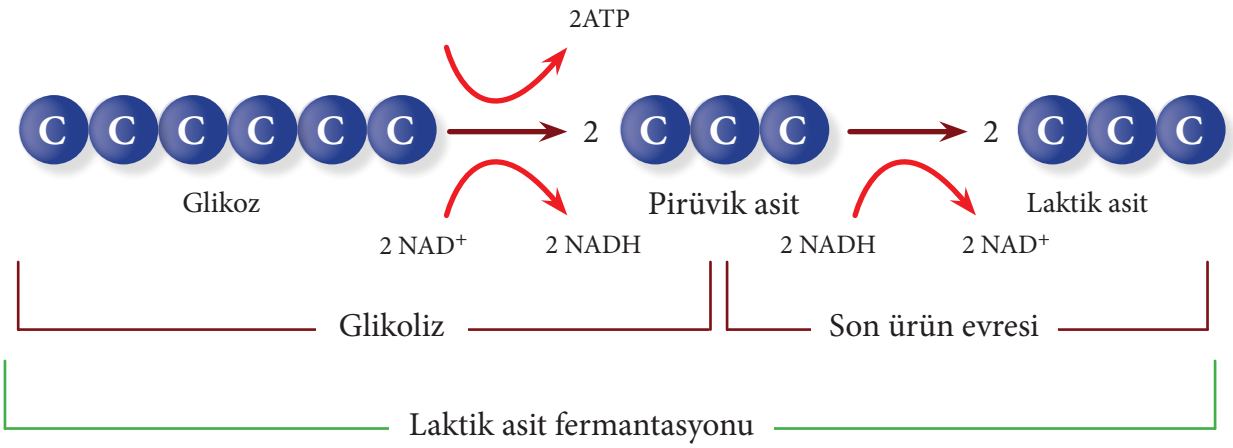


Görsel 2.31. Etil alkol fermantasyonu sırasında açığa çıkan karbondioksit gazı, hamurun kabarmasını sağlar.

Maya hücrelerinde, bakterilerin çoğunda ve bazı bitki tohumlarında etil alkol fermantasyonu gerçekleşir. Örneğin; ekmek yaparken hamurun mayalanmasını, etil alkol fermantasyonu yapan maya mantarları sağlar. Etil alkol fermantasyonu sırasında açığa çıkan karbondioksit (CO_2) gazı da mayalanan hamurun kabarmasında etkilidir.

b. Laktik Asit Fermantasyonu

Laktik asit fermantasyonu, **glikoliz** ve **son ürün** evresi olmak üzere iki aşamada gerçekleşir. Glikoliz evresinde glikoz molekülü pirüvik asite parçalanır. Son ürün evresinde ise glikolizden gelen NADH molekülündeki hidrojenler pirüvik asite eklenerek **laktik asit** üretilir. Etil alkol fermantasyonundan farklı olarak laktik asit fermantasyonunda karbondioksit (CO_2) çıkışı olmaz.



Görsel 2.32. Laktik asit oluşumu

Laktik asit fermantasyonu bazı bakteriler tarafından gerçekleştirilir. Örneğin; sütün yoğurt ya da peynire dönüşümünü laktik asit fermantasyonu yapan bakteriler sağlar. İnsanların çizgili kas hücreleri de yeterli oksijenin olmadığı durumlarda laktik asit fermantasyonu yapar. Böylece ATP üreterek enerji ihtiyacını karşılar.

İnsanlarda çizgili kas hücrelerinin ürettiği az miktardaki laktik asit, yeterli oksijen sağlandığında kasların daha iyi çalışmasını sağlar. Bu yüzden yoğun kas egzersizlerinden önce ısınma hareketleri yapmak faydalıdır ancak kas aktivitesinin aşırı artması, kas hücrelerinde laktik asit birikmesine neden olduğu için kas kramplarını oluşturur.

Hücrelerde biriken laktik asit, kanla beyne taşınarak beyindeki ağrı, uyku ve yorgunluk merkezlerini de uyarır. Bu yüzden çok yorulduğumuzda uykumuzu gelir ya da vücudumuzda ağrılar oluşur.



Görsel 2.33. Laktik asit birikimine bağlı kas krampı

Çizgili kaslarda oluşan laktik asidin çoğu, karaciğere taşınır. Vücut dinlenmeye geçtiğinde yeterli oksijen alındıkça, karaciğer hücreleri laktik asidi, pirüvik asit ve glikoza dönüştürür. Pirüvik asit, oksijenli solunumda tüketilirken; glikozun fazlası glikojene dönüştürülerek karaciğerde depo edilir.

Fermantasyon gıda üretiminde ve gıdaların bozulmadan saklanmasında uzun yıllardan beri kullanılan bir yöntemdir. Fermantasyonla üretilen gıdalara **fermente ürün** denir. Sütten elde edilen yoğurt ve kefir, tahıllardan elde edilen tarhana ve boza, et ürünlerinden elde edilen sucuk ve pastırma, çeşitli meyve ve sebzelerden elde edilen sirke ve turşular, fermente ürünlere örnektir. Fermente ürünlerin tüketimi bağışıklığı güçlendirdiği için insan sağlığı açısından oldukça faydalıdır.



Görsel 2.34. Yoğurt, sucuk ve turşu fermente ürünlere örnektir.

2.4.4. Hücresel Solunumda Enerji Verimliliği

Hücresel solunumda enerji verimliliği en fazla oksijenli solunumda, daha az oksijensiz solunumda en az ise fermantasyondadır. Fermantasyonda enerji verimi oksijenli solunuma göre daha azdır çünkü fermantasyonda glikoz molekülü, CO_2 ve H_2O'ya kadar yıkılmaz. Fermantasyonda enerjinin büyük bir kısmı, oluşan son üründe kalır. Ayrıca fermantasyonda ETS'nin olmaması da enerji verimini düşürür. Oksijenli solunumda ise glikoz, H_2O ve CO_2 gibi inorganik bileşiklere kadar yıkılır. Ayrıca oksijenli solumda elektronların ETS'ye aktarılmasıyla en yüksek seviyede enerji elde edilir. Oksijensiz solunumda, son elektron alıcısı olarak görev alan inorganik moleküllerin elektron çekim güçleri zayıf olduğu için oksijensiz solunumda üretilen ATP miktarı, oksijenli solunuma göre daha azdır.

2. ETKİNLİK

Etkinliğin Adı : Oksijenli solunumda karbondioksit (CO_2) gazının açığa çıkması

Etkinliğin Amacı : Oksijenli solunumda karbondioksit (CO_2) gazının açığa çıktığının tespit edilmesi

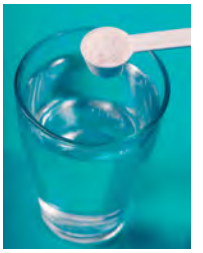
Araç Gereç : Saksı bitkisi, cam fanus, kireç suyu ($CaCO_3$ (kalsiyum karbonat))



Saksı bitkisi



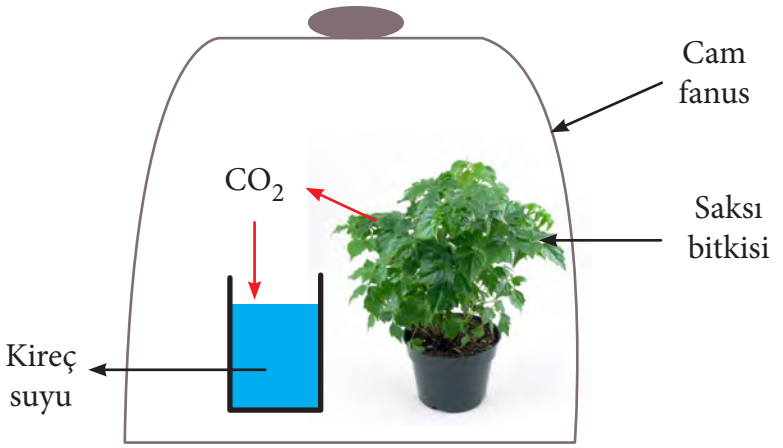
Cam fanus



Kireç suyu

Uygulama

- Bir bardak suya toz hâlindeki kireç eklenip karıştırılarak kireç suyu elde edilir.
- Kireç suyu ve saksı bitkisinin üzerine cam fanus kapatılarak karanlık ortamda bir süre bekletilir.
- Kireç suyunda meydana gelen değişimler gözlenir.



Deney sonucunda kireç suyunun renginin bulanıklaştığı görülür çünkü deney düzeneği karanlıkta bekletilerek bitkinin sadece solunum yapması sağlanır. Solunum sonucu açığa çıkan karbondioksit gazı da kireç suyunu bulanıklaştırır.

2.4.5. Fotosentez ve Solunum Arasındaki İlişki

Fotosentezin ve solunumun doğadaki madde ve enerji dengesinin sağlanmasında büyük önemi vardır. Örneğin; fotosentez ile güneş enerjisi, besinlerin yapısında kimyasal enerji olarak depo edilir. Canlılar besinlerde depolanmış kimyasal enerjiyi hücresel solunumla açığa çıkararak güneş enerjisinden dolaylı olarak yararlanmış olur.

Fotosentez ve solunum tepkimeleri arasında birbirlerini tamamlayan bir ilişki vardır. Fotosentezde oluşan glikoz ve O_2 solunumda kullanılırken, solunumda oluşan CO_2 ve H_2O fotosentezde kullanılır. Fotosentez ürünleri olmadan solunum, solunum ürünleri olmadan da fotosentez gerçekleşemez. Bu durum atmosferdeki O_2 ve CO_2 dengesinin korunmasını sağlar.

3. ETKİNLİK

Etkinliğin Adı : Fotosentez solunum ilişkisi

Etkinliğin Amacı : Fotosentez solunum ilişkisini kavramak

Araç Gereç : 2 adet cam fanus, 2 adet özdeş mum, 1 adet saksı bitkisi



Saksı bitkisi



Cam fanus



Mum

Uygulama

İki tane deney düzeneği hazırlanır. I. deney düzeneğindeki cam fanusun içerisine sadece yanan mum, II. deney düzeneğindeki cam fanusun içerisine yanan mum ve saksı bitkisi hava almayacak şekilde konur. Mumların yanma süreleri gözlemlenerek not edilir.

Deney sonucunda I. deney düzeneğindeki mum daha kısa süre yanar. II. deney düzeneğindeki mumun yanma süresi çok daha uzundur. I.deney düzeneğinde cam fanusun içinde sadece yanan mum vardır. Mum yanmak için fanusun içindeki oksijeni kullanacaktır. Oksijen de bitince mum sönecektir. II. deney düzeneğinde ise cam fanusun içinde mum ve saksı bitkisi vardır. Saksı bitkisi fotosentez yaptığı için oksijen üretecektir. Fanusun içindeki oksijeni mum yanarak azaltsa da saksı bitkisi fotosentezle ürettiği oksijen ile takviye edecektir. Bu da mumun yanma süresini uzatacaktır.



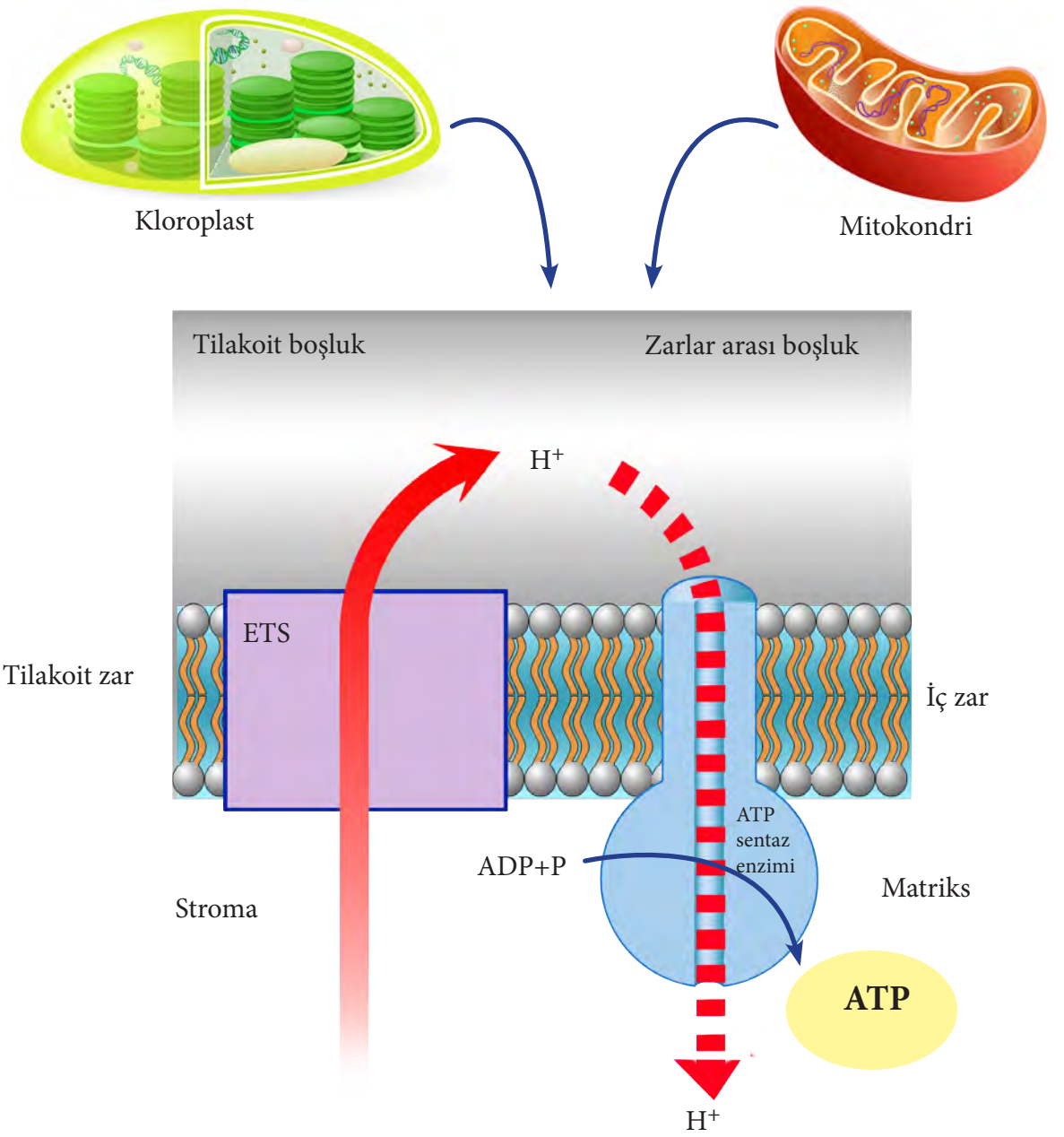
1. deney düzeneği



2. deney düzeneği

2.4.6. Kemiosmotik Görüş

Kemiosmotik görüş; mitokondri ve kloroplastlarda, zarın iki tarafındaki H^+ yoğunluk farkına bağlı olarak ortaya çıkan potansiyel farkın (proton itici gücün) ATP sentezlenmesinde kullanılmasını açıklar.



Görsel 2.35. Kloroplast ve mitokondride kemiosmotik görüş ile ATP sentezi

a. Fotosentezde Kemiosmotik Görüş

Fotosentezin ışığa bağımlı reaksiyonlarında açığa çıkan H^+ iyonları, tilakoit zarlarda bulunan ETS elemanları tarafından, tilakoit boşluğa pompalanır. Tilakoit boşluktaki H^+ iyonlarının artmasıyla, tilakoit boşluk tarafı pozitif, stroma tarafı negatif yüklenir. Böylece zarın içi ile dışı arasında potansiyel fark oluşur. Bu potansiyel fark ATP sentezinde bir pil görevi yapar. Tilakoit boşlukta bulunan H^+ iyonları stromaya geçme eğilimindedir. H^+ iyonları, özel proteinler ile stroma sıvısına gönderilirken, zarda bulunan **ATP sentaz** enzimi ile ATP sentezlenir.

b. Oksijenli Solunumda Kemiosmotik Görüş

Mitokondri iç zarında (krista) ETS bulunur. Oksijenli solunumda açığa çıkan H^+ iyonları, krista zarındaki ETS elemanları tarafından yakalanarak dış zar ile krista zarı arasındaki boşluğa pompalanır. Bunun sonucunda kristanın dış zara bakan tarafı pozitif, matriks sıvısına bakan tarafı negatif yüklenir. Bu durum kristanın iç tarafı ile dış tarafı arasında bir potansiyel fark oluşmasına neden olur. Bu potansiyel fark ATP sentezinde bir pil gibi görev yapar. Kristanın dış tarafındaki H^+ iyonları matrikse geri dönme eğilimindedir. H^+ iyonları, krista zarındaki özel bir protein ile matrikse gönderilirken, zarda bulunan **ATP sentaz** enzimi ile ATP sentezlenir.

ÖZET

Canlılarda Enerji Dönüşümleri

Enerji; iş yapabilme yeteneğidir. Enerjinin; ışık enerjisi, elektrik enerjisi, potansiyel enerji ve kinetik enerji gibi çeşitli biçimleri vardır. Enerji yok olmaz, bir formdan başka bir forma dönüşür. Yeryüzünde yaşam, canlının enerjiyi bir biçimden diğerine dönüştürme yeteneği sayesinde devam eder. Örneğin yeşil bitkiler güneş enerjisini besinlerdeki kimyasal bağ enerjisine dönüştürerek kendileri ve diğer canlılar için besin üretir.

Canlılar için yeryüzündeki en önemli enerji kaynağı **Güneş**'tir. Fotosentez yapan canlılar güneşin ışık enerjisini hücrenin kullanabileceği enerji biçimi olan besinlerdeki kimyasal bağ enerjisine dönüştürür. Besinlerin sindirimi sonucu oluşan yapıtaşları, hücrede **solunum**la parçalanarak **ATP (Adenozin trifosfat)** molekülü üretilir. Oluşan ATP molekülü tüm hücrelerde canlılığın devamı için gerekli olan yaşamsal faaliyetlerin gerçekleştirilmesinde enerji molekülü olarak kullanılır.

Enerjinin Temel Molekülü ATP (Adenozin trifosfat)

ATP molekülünün yapısında; **adenin bazı**, beş karbonlu **riboz şekeri** ve üç tane **fosfat** grubu bulunur. Adenin bazı ile riboz şekeri arasında **glikozit bağı** kurulmasıyla **adenozin** adı verilen yapı oluşur. Adenozin molekülüne **fosfoester bağıyla** fosfat grubu bağlanmasıyla **AMP (adenozin monofosfat)** oluşur. AMP'ye bir fosfat grubunun eklenmesiyle **ADP (adenozin difosfat)** oluşur. ADP'ye bir fosfat grubunun eklenmesiyle **ATP (adenozin trifosfat)** oluşur. ATP molekülünde fosfat grupları arasındaki bağlara **yüksek enerjili fosfat bağları** denir.

ADP molekülüne bir fosfat grubunun eklenmesiyle ATP sentezlenmesine **fosforilasyon** denir. Fosforilasyon, kullanılan enerjinin kaynağına göre **substrat düzeyinde fosforilasyon**, **oksidatif fosforilasyon** ve **fotofosforilasyon** olmak üzere üç grupta incelenir.

Fotosentez

Fotosentez olayında klorofilin güneşin ışık enerjisini tutmasıyla CO_2 ve H_2O gibi inorganik maddelerden organik madde üretilir. Bu sırada da atmosfere O_2 verilir. Bütün canlılar yaşamak için ihtiyaç duydukları enerjiyi fotosentezle üretilen organik moleküllerden karşılar. Bu yüzden yeryüzündeki en önemli enerji dönüşümü fotosentezdir. Atmosferdeki oksijenin ana kaynağı fotosentez yapan canlıların ürettiği oksijen olduğu için fotosentez olayı sadece besin kaynağı değil oksijenli solunum yapan canlılar için de oksijen kaynağıdır. Canlıların yapısına katılan protein, yağ, karbonhidrat gibi organik bileşikler de fotosentezle üretilen organik moleküllerden sentezlenir.

Fotosentez Sürecinin Anlaşılmasına Katkı Sağlayan Bilim İnsanları ve Çalışmaları

Aristo (MÖ 384-322), bitkilerin besin maddelerini kökleri aracılığıyla topraktan ve sudan hazır aldıklarını ileri sürmüştür. **Joseph Priestley (Cozıf Prizley)**, 1775 yılında yaptığı çalışmalarda bitkiler tarafından üretilen oksijenin hayvanlar tarafından kirletilen havayı temizlediğini keşfetmiştir. **Theodore De Saussure (Teodor Dö Sosü)**, 1820'li yıllarda yaptığı çalışmalarla bitkilerin ışık varlığında aldığı karbondioksit ve verdiği oksijen miktarını ölçmeyi başarmış, bitkilerin azotu havadan değil topraktan suda çözünmüş tuzlarla aldığını ileri sürmüştür. **Cournelius Bernardus Van Niel (Kornelyüs Bernardus Van Niyıl)**, 1930'larda yaptığı çalışmalar ile fotosentezde hidrojen kaynağı olarak suyun kullanıldığını ispatlamıştır. **Robert Hill (Rabırt Hill)**, 1937 yılında fotosentezin ışığa bağımlı reaksiyonları üzerinde çalışmalar yapmıştır. Bu çalışmalarında fotosentezde açığa çıkan oksijenin kaynağının karbondioksit değil su olduğunu ispatlamıştır. **Melvin Calvin (Melvin Kalvin)**, 1946 yılından itibaren fotosentezin ışıktan bağımsız reaksiyonları üzerinde çalışmalar yapmıştır. Bu çalışmaları sayesinde karbon metabolizmasını tüm ayrıntılarıyla **Kelvin Döngüsü** olarak açıklamıştır. Bu çalışmaları Melvin Calvin'e 1961 yılı Nobel Ödülü' nü kazandırmıştır.

Kloroplastın Yapısı

Bitkilerde fotosentez yaprak hücrelerinde bulunan **kloroplast** adı verilen organelde gerçekleşir. Kloroplast; **dış zar** ve **iç zar** olmak üzere çift katlı zara sahiptir. Kloroplastın iç kısmı **stroma** adı verilen sıvı ile doludur. Bu sıvıda; DNA, RNA, ribozom ve fotosentez için gerekli enzimler yer alır. Kloroplast; DNA, RNA ve ribozomlar sayesinde hem metabolik işlevler için gerekli olan proteinleri üretir hem de çekirdek kontrolünde kendini eşleyerek sayısını artırır. Stroma içinde **tilakoit** adı verilen özel bir zar sistemi vardır. Bu zar sistemi keselerden oluşur. Bitkiye yeşil rengini veren ve ışığı absorbe etme (emme) özelliğine sahip klorofil pigmenti tilakoit zarların içinde yer alır. Tilakoitler üst üste gelerek **granum** adı verilen yapıyı oluşturur. Granumlar da ara lamellerle birbirine tutunarak **granaları** oluşturur.

Işık Enerjisi ve Fotosentez

Işık enerjisi dalgalar hâlinde yayılır. Işık dalgasının iki ardışık tepe noktası arasındaki mesafesine **dalga boyu** denir. Işığın dalga boylarına göre sıralanmasıyla **elektromanyetik spektrum** elde edilir. Elektromanyetik spektrumda 380 nm (nanometre) ile 750 nm arasındaki dalga boyuna sahip ışıklar insan gözüyle görülebildiğinden **görünür ışık** olarak isimlendirilir. Görünür ışık, aynı zamanda fotosentezde kullanılan ışıktır. Fotosentezde görünür ışığı soğuran (emen) ve renk veren maddelere **pigment** denir. Kloroplastta bulunan klorofil pigmenti; mor ve kırmızı ışığı soğururken, yeşil ışığı yansıtır. Bitkilerde klorofil dışında başka pigmentler de bulunur. Bu pigmentlerin turuncu renkli olanlarına **karoten**, sarı renkli olanlarına **ksantofil**, kırmızı renkli olanlarına **likopen** denir. Sarı, turuncu ve kırmızı renk veren bu pigmentlerin hepsi birden **karotenoit** olarak adlandırılır.

Fotosentez Reaksiyonları

Fotosentez reaksiyonları **ışığa bağımlı reaksiyonlar** ve **ışıktan bağımsız reaksiyonlar** olmak üzere iki aşamada gerçekleşir. Işığa bağımlı reaksiyonlar tilakoitlerde gerçekleşirken ışıktan bağımsız reaksiyonlar stromada gerçekleşir. Fotosentezin ışığa bağımlı reaksiyonlarında ışık enerjisi kullanılarak ATP ve NADPH üretilir. Böylece ışık enerjisi hücrenin doğrudan kullanabileceği kimyasal enerji olarak ATP'de depolanır. Işıktan bağımsız reaksiyonlarda ise karbondioksit ve ışığa bağımlı reaksiyonlarda üretilen ATP ve NADPH molekülleri kullanılarak organik madde olan glikoz sentezlenir.

Fotosentez Hızını Etkileyen Faktörler

Fotosentez hızını; ışık şiddeti, ışığın dalga boyu, sıcaklık, CO_2 yoğunluğu ve klorofil miktarı gibi faktörler etkiler. Bu faktörlerden birinin yetersiz olması fotosentezin yavaşlamasına ya da durmasına neden olur. Fotosentez hızını, miktarı en düşük olan faktör belirler. Buna **minimum kuralı** denir.

Seralarda tarımsal ürün miktarını artırmak için yapay aydınlatma sistemleri kullanılır. Yapay aydınlatma güneş ışığına destek amaçlıdır. Böylece fotosentez artırılarak bitki verimi yükseltilir.

Kemosentez

Bazı üretici canlılar ışık kullanmadan inorganik maddeden organik madde sentezler. Bu olaya **kemosentez** adı verilir. Kemosentez yapan canlılar inorganik maddeleri oksitleyerek enerji elde ederler. Bu enerjiyi kullanarak inorganik maddeden organik madde üretirler. Bazı bakteri ve arkeler kemosentez yapan canlılardır. Örneğin metan, hidrojen, demir, kükürt, nitrit ve nitrat bakterileri kemosentez yapar.

Hayatın devamı için gerekli olan oksijen, su, azot, karbon, fosfor, kükürt gibi maddelerin ekosistem içindeki dolaşımına **madde döngüsü** denir. Kemosentetik bakteriler inorganik maddeleri organik maddeye dönüştürür. Böylece doğada hiçbir zaman madde kaybı olmaz ve bu maddeler canlılar tarafından tekrar tekrar kullanılır. Kemosentetik bakterilerden **demir bakterileri,** demir iyonlarını; **hidrojen bakterileri,** hidrojeni; **kükürt bakterileri** ise hidrojen sülfürü oksitleyerek enerji açığa çıkarır ve madde döngüsüne katkı sağlar. Kemosentetik canlılar madde döngülerini sağlayarak çevre kirliliğini önlemede ve biyolojik dengenin korunmasında etkili olur. Kemosentetik canlılardan elde edilen enzimler, metallerin kirlettiği suların kullanılabilir hâle getirilmesinde, boya endüstrisinde, arıtma tesislerindeki atık suların temizlenmesinde, kalitesi düşük metal cevherlerin zenginleştirilmesinde kullanılır. Kemosentez çöplerin ayrıştırılmasında, biyoyakıt ve biyogaz üretilmesinde de etkilidir.

Hücresel Solunum

Fotosentezle üretilen glikoz, yağ asidi, gliserol, aminoasit gibi organik besinler, solunum olayında hücreler tarafından kullanılarak enerji (ATP) elde edilmesine **hücresel solunum** denir. Canlının metabolik faaliyetleri için ihtiyaç duyduğu enerjinin tamamı hücresel solunumla üretilen ATP molekülünden karşılanır.

Mitokondrinin Yapısı

Ökaryot canlılarda oksijenli solunum **mitokondri** adı verilen organelde gerçekleşir. Mitokondri, çift katlı zarla çevrili bir organeldir. Dıştaki zar düz, içteki zarı kıvrımlı bir yapıya sahiptir. Bu kıvrımlar solunum yüzeyini artırarak daha fazla enerji üretilmesini sağlar. İç zarın kıvrımlarına **krista** denir. Kloroplastın içini dolduran sıvıya **matriks** adı verilir. Oksijenli solunumda görev alan enzimler krista ve matrikste bulunur. Ayrıca matrikste; mitokondriye özgü olan **DNA**, **RNA** ve **ribozomlar** vardır. Bu sayede mitokondri, hücrenin kontrolünde çoğalabilir ve protein sentezleyebilir.

Hücresel solunum; **oksijenli solunum**, **oksijensiz solunum** ve **fermantasyon** olmak üzere üç şekilde gerçekleşir.

Oksijenli solunum; **glikoliz**, **pirüvik asidin asetil-CoA'ya dönüşümü**, **Krebs Döngüsü** ve **ETS** aşamalarından oluşur.

a. Glikoliz: Glikoz molekülü, tüm canlılarda çeşitli tepkimeler zinciri ile pirüvik asite parçalanır. Bu olaya **glikoliz** denir. Glikoliz olayını kontrol eden enzimler tüm canlılarda ortak olduğu için glikoliz sonucunda tüm canlılarda pirüvik asit oluşur. Glikolizde üretilen ATP'ler ise substrat düzeyinde fosforilasyonla üretilir. Glikolizde üretilen NADH ise ETS'ye aktarılarak oksidatif fosforilasyonla ATP üretmek için kullanılır.

b. Pirüvik Asidin Asetil-CoA'ya Dönüşümü: Ökaryot hücrelerde glikoliz sonucunda oluşan pirüvik asit ve NADH ortamda oksijen varsa mitokondriye geçer. Mitokondriye giren pirüvik asit, enzimler yardımıyla asetil-CoA molekülüne dönüştürülür. Bu aşamada CO_2 açığa çıkar.

c. Krebs Döngüsü: 2C'lu **asetil - CoA** molekülünün mitokondri matriksinde bulunan 4C'lu **okzaloasetik asit** ile enzim kontrolünde birleşerek 6C'lu sitrik asidi oluşturmasıyla başlar. Mitokondrinin matriksinde gerçekleşen bu döngü sitrik asittin tekrar okzaloasetik asite dönüşmesiyle tamamlanır. Krebs Döngüsü tamamlana kadar CO_2, NADH, ATP ve $FADH_2$ oluşur.

d. Elektron Taşıma Sistemi (ETS): ETS molekülleri, oksijenli solunumun önceki evrelerinde oluşan NADH ve $FADH_2$ ile gelen yüksek enerjili elektronları tutar. Elektronlar bir dizi indirgenme ve yükseltgenme tepkimesi ile oksijene kadar sistem boyunca taşınır. Bu sırada oksidatif fosforilasyonla ATP (enerji) üretilir. Elektron kazanmış oksijen bir çift hidrojen molekülü ile birleşerek suyu oluşturur. ETS, oksijenli solunumun en çok enerji elde edilen aşamasıdır.

Oksijensiz Solunum

Oksijensiz solunum, oksijenli solunumda olduğu gibi glikoliz, Krebs Döngüsü ve ETS aşamalarından oluşur. Oksijen yokluğunda gerçekleşir. Oksijensiz solunumda; sülfat, nitrat, karbonat veya demir gibi inorganik moleküller son elektron alıcısı olarak kullanılır.

Fermantasyon

Fermantasyonda glikoz molekülü, glikoliz olayı ile pirüvik asite kadar parçalandıktan sonra oksijensiz ortamda **etil alkol** veya **laktik asit** gibi organik yapılı son ürünlere dönüşür. Bazı maya mantarları, bazı bakteriler, omurgalıların çizgili kas hücreleri fermantasyon yapar. Fermantasyon, tepkime sonucu oluşan son ürüne göre isimlendirilir. Son ürün etil alkolse **etil alkol fermantasyonu**, laktik asitse **laktik asit fermantasyonu** adını alır.

Hücresel solunumda enerji verimliliği en fazla oksijenli solunumda, daha az oksijensiz solunumda en az ise fermantasyondadır.

Fotosentez ve Solunum Arasındaki İlişki

Fotosentezin ve solunumun doğadaki madde ve enerji dengesinin sağlanmasında büyük önemi vardır. Fotosentez ile güneş enerjisi, besinlerin yapısında kimyasal enerji olarak depo edilir. Canlılar besinlerde depolanmış kimyasal enerjiyi hücresel solunumla açığa çıkararak güneş enerjisinden dolaylı olarak yararlanmış olur. Fotosentezde oluşan glikoz ve O_2 solunumda kullanılırken, solunumda oluşan CO_2 ve H_2O fotosentezde kullanılır. Bu durum atmosferdeki O_2 ve CO_2 dengesinin korunmasını sağlar.

Kemiosmotik Görüş

Kemiosmotik görüş; mitokondri ve kloroplastlarda, zarın iki tarafındaki proton konsantrasyonu (yoğunluk) farkına bağlı olarak ortaya çıkan proton itici gücün ATP sentezlenmesinde kullanılmasını açıklar.

NOTLARIM

2.ÜNİTE
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME SORULARI

1. **Aşağıda verilenlerden hangisi ekzergonik tepkime değildir?**

A) Oksijenli solunum

B) Oksijensiz solunum

C) Fermantasyon

D) Sinirsel iletim

2. ADP molekülüne bir fosfat grubunun eklenmesiyle ATP sentezlenmesine fosforilasyon denir.

Fosforilasyon çeşitleri ile ilgili aşağıda verilenlerden hangisi doğrudur?

I. Çeşitli organik maddelerden (substrat) ayrılan fosfat grubunun ADP'ye eklenerek ATP sentezlenmesine oksidatif fosforilasyon denir.

II. Organik moleküllerin yıkımıyla ya da inorganik moleküllerin oksitlenmesi sonucu açığa çıkan elektronların, elektron taşıma sistemi (ETS) ile taşınması sırasında oluşan enerjiden ATP üretilmesine substrat düzeyinde fosforilasyon denir.

III. Klorofil molekülü ve ışık enerjisi kullanılarak ADP'ye inorganik fosfat (P_i) eklenmesiyle ATP sentezlenmesine fotofosforilasyon denir.

A) Yalnız I

B) Yalnız II

C) Yalnız III

D) I ve II.

HAYAT BOYU ÖĞRENME

3. **1930'larda yaptığı çalışmalar ile fotosentezde hidrojen kaynağı olarak suyun kullanıldığını ispatlayan bilim insanı aşağıdakilerden hangisidir?**

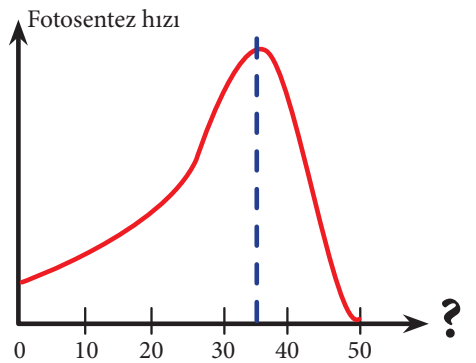
A) Robert Hill

B) Cournelius Bernardus Van Niel

C) Joseph Priestley

D) Melvin Calvin

4. **Fotosentez hızını; ışık şiddeti, ışığın dalga boyu, sıcaklık, CO_2 yoğunluğu ve klorofil miktarı gibi faktörler etkiler.**



Yukarıda verilen grafik bu faktörlerden hangisinin fotosentez hızına etkisini göstermektedir?

A) Işık şiddeti

B) Klorofil miktarı

C) Sıcaklık

D) CO_2 yoğunluğu

5. **Fotosentezin ışıktan bağımsız reaksiyonları ile ilgili hangisi doğrudur?**

I. Kloroplastın stromasında gerçekleşir.
II. ATP ve NADPH kullanılır.
III. ETS görev alır.

A) Yalnız I
B) I ve II.
C) Yalnız II
D) I, II ve III.

6. **DNA, RNA, ribozom ve fotosentez enzimlerinin bulunduğu kloroplast bölümü aşağıdakilerden hangisidir?**

A) Stroma
B) Tilakoit zar
C) Grana
D) Matriks

7. **Ökaryot canlılarda oksijenli solunumun gerçekleştiği organel aşağıdakilerden hangisidir?**

A) Golgi aygıtı
B) Kloroplast
C) Ribozom
D) Mitokondri

HAYAT BOYU ÖĞRENME

8. **Oksijenli solunumda glikoz molekülü aşağıdakilerden hangisine kadar parçalanır?**

A) Pirüvik asit
B) Su
C) Asetil Co-A
D) Oksaloasetik asit

9. Oksijenli solunum tepkimelerinde Krebs Döngüsü 2 C'lu asetil CoA molekülünün oluşmasıyla başlar.

Asetil CoA oluşması ortamda hangi molekülün olduğunu gösterir?

A) Hidrojen
B) Oksijen
C) Karbondioksit
D) FAD

10. **Aşağıdakilerden hangisi fotosentez ve oksijenli solunumun ortak yönlerindendir?**

A) ATP sentezlenmesi
B) Oksijen üretilmesi
C) Klorofilli hücrelerde gerçekleşmesi
D) Ham madde olarak CO_2 ve H_2O kullanılması

11. **Aşağıdakilerden hangisi fotosentez hızını etkileyen faktörlerden biri değildir?**

A) Sıcaklık

B) Klorofil miktarı

C) Işığın dalga boyu

D) Glikoliz

12. **Metallerin kirlettiği suların temizlenmesinde kullanılan canlı grubu hangisidir?**

A) Fotosentetik canlılar

B) Kemosentetik canlılar

C) Oksijensiz solunum yapan canlılar

D) Fermantasyon yapan canlılar

13. **Fotosentezin ışığa bağımlı reaksiyonları ile ilgili hangisi doğru değildir?**

A) Kloroplastın granalarında gerçekleşir.

B) ETS görev alır.

C) ATP üretilir.

D) Karbondioksit kullanılır.

HAYAT BOYU ÖĞRENME

14. **Oksijenli solunum tepkimelerini oluşturan aşamalar hangisinde doğru olarak verilmiştir?**

A) Glikoliz, Krebs Döngüsü, ETS

B) Glikoliz, Pirüvik asidin asetil-CoA'ya dönüşümü, Krebs Döngüsü, ETS

C) Glikoliz, pirüvik asidin asetil-CoA'ya dönüşümü, ETS

D) Glikoliz, Laktik asit oluşumu, Krebs Döngüsü, ETS

15. **Oksijenli solunum tepkimelerinin hangi evresinde karbondioksit çıkışı olur?**

I. Glikoliz

II. Pirüvik asidin asetil-CoA'ya dönüşümü

III. Krebs Döngüsü

IV. ETS

A) I ve II. B) II ve III.

C) III ve IV. D) I ve IV.

16. **Oksijenli solunum tepkimelerinin hangi evresinde oksidatif fosforilasyonla ATP üretilir?**

A) Glikoliz evresinde

B) Pirüvik asidin asetil-CoA'ya dönüşümü sırasında

C) Krebs evresinde

D) ETS evresinde

17. **Bataklıklardan gelen kötü kokunun sebebi hangi canlı grubudur?**

I. Oksijenli solunum yapan canlılar

II. Oksijensiz solunum yapan canlılar

III. Fotosentez yapan canlılar

A) Yalnız I B) Yalnız II

C) Yalnız III D) I ve II.

18. **Oksijensiz solunumda hangi molekül son elektron alıcısı olarak <u>kullanılmaz</u>?**

A) NAD B) Nitrat

C) Karbonat D) Demir

19. **Aşağıdakilerden hangisi, kloroplast ile mitokondri arasındaki benzerliklerden biri <u>değildir</u>?**

A) Çift zarla çevrili olma

B) Klorofil pigmenti içerme

C) Kendilerine özgü DNA'ların olması

D) Enerji dönüşümü gerçekleştirme

HAYAT BOYU ÖĞRENME

20. **Hücrenin temel enerji molekülü ATP'dir. ATP ile ilgili aşağıdaki ifadelerinden hangileri doğrudur?**

I. Adenin bazı içerir.

II. Fosfoester bağı bulundurur.

III. Yapısında Riboz şekeri vardır.

A) Yalnız I B) Yalnız II

C) Yalnız III D) I, II ve III.

21. **Glikoz molekülünün glikoliz olayı ile pirüvik aside kadar parçalandıktan sonra oksijensiz ortamda etil alkol veya laktik aside dönüşmesine fermantasyon denir.**

I. Sütten yoğurt elde edilmesi

II. Limonun küflenmesi

III. Hamurun mayalanması

IV. Üzüm suyundan sirke elde edilmesi

olaylarından hangileri fermantasyona örnek olarak <u>verilemez</u>?

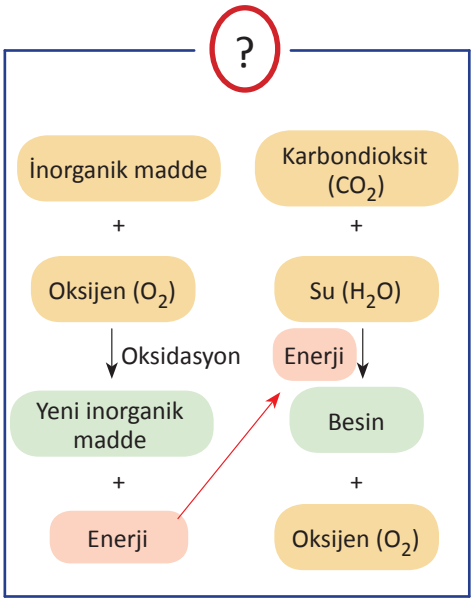
A) Yalnız I

B) Yalnız II

C) Yalnız III

D) Yalnız IV

22.



Yukarıdaki şekilde soru işareti yerine hangisi yazılmalıdır?

A) Kemosentez

B) Fotosentez

C) Solunum

D) Fermantasyon

23. Glikoliz olayında aşağıdaki moleküllerden hangisi oluşmaz?

A) Su

B) ATP

C) NADH

D) Pirüvik asit

HAYAT BOYU ÖĞRENME

24. Klorofil taşıyan canlıların ışık enerjisini kullanarak inorganik maddelerden organik madde sentezlemesine ne ad verilir?

A) Kemosentez

B) Solunum

C) Fermantasyon

D) Fotosentez

25. ADP molekülüne bir fosfat grubunun eklenmesiyle ATP sentezlenmesine fosforilasyon denir. En çok ATP'nin üretildiği fosforlisayon çeşidi hangisidir?

I. Fotofosforilasyon

II. Substrat düzeyinde fosforilasyon

III. Oksidatif fosforilasyon

A) Yalnız I B) Yalnız II

C) Yalnız III D) I ve II.

26. Aşağıda verilen metabolik olaylardan hangisinde karbondioksit gazı oluşur?

I. Etil alkol fermantasyonu

II. Laktik asit fermantasyonu

III. Oksijenli solunum

A) Yalnız I B) Yalnız II

C) I ve II. D) I ve III.

CEVAP ANAHTARI

1. ÜNİTE

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	B	C	B	A	B	D	A	D	C

11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
D	B	A	D	A	A	B	C	A	A

21	22	23	24
D	C	A	C

DOĞRU SAYISI ☐ YANLIŞ SAYISI ☐

2. ÜNİTE

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
D	C	B	C	B	A	D	B	B	A

11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
D	B	D	B	B	D	B	A	B	D

21	22	23	24	25	26
B	A	A	D	C	D

DOĞRU SAYISI ☐ YANLIŞ SAYISI ☐

SÖZLÜK

A

aerobik: Oksijene ihtiyaç duyan.

absorpsiyon: Su, ışık ve diğer moleküllerin emilimi.

adenin : DNA, RNA, ATP, NAD ve FAD gibi bileşiklerde bulunan bir çeşit azotlu organik baz.

adenozin trifosfat (ATP): Canlıların doğrudan kullandığı hücresel enerji molekülü, biyolojik enerji. Adenin, riboz ve üç tane fosfat grubu bulunduran, enerji depolayan bileşik.

aktif taşıma : Bir maddenin hücre zarından enerji harcanarak taşınması.

algler : Tek ya da çok hücreli türleri olan ve fotosentez yapabilen protistalar

alkolik fermantasyon : Glikozun oksijensiz ortamda mikroorganizmalar tarafından etil alkole kadar yıkılarak enerji açığa çıkarılan metabolik yol.

aminoasit : Proteinlerin yapı taşıdır. Yapısında amino ve karboksil grubu bulunduran organik molekül.

anaerobik : Oksijene ihtiyaç duymayan.

antikodon : mRNA üzerindeki kodonun tRNA' daki tamamlayıcısı olan üçlü nükleotit grubu.

antibiyotik : Bakterilerin üremesini engelleyen kimyasal madde.

B

biyosentez: Canlı organizmada büyük moleküllerin sentezlenmesi için küçük moleküllerin enzimler aracılığıyla birleştirilmesi.

biyoteknoloji: Canlı mikroorganizmalar ve/veya enzimleri kullanılarak yapılan endüstriyel uygulama.

D

deoksiribonükleik asit (DNA): Canlılardaki yönetici molekül. Genetik bilgileri içeren ve hücre çekirdeğinde yer alan ikili sarmal molekül.

deoksiribonükleotit: DNA'nın yapı taşı olan molekül.

deoksiriboz: DNA'nın yapısında bulunan beş karbonlu şeker.

difüzyon: Moleküllerin ya da iyonların yüksek konsantrasyonlu bir alandan düşük konsantrasyonlu alana geçişleri.

DNA ligaz: DNA dizisinde nükleotitleri birbirine bağlayan bir enzim.

DNA polimeraz: DNA replikasyonunda, yeni sentezlenen zincirin ucuna nükleotitleri ekleyerek zincirin uzamasını sağlayan bir enzim.

doku : Bitki ve hayvan organlarını meydana getiren, aynı görevi yapmak üzere bir arada bulunan, benzer hücre topluluklarının hücreler arası maddeyle beraber oluşturdukları yapı.

döllenme : Yumurta ve spermin birleşerek zigot oluşturması.

E

ekoloji : Çevre bilimi.

ekosistem: Bir alandaki canlı birliklerin ve cansız varlıkların hepsinin oluşturduğu sistem.

elektroforez : Moleküllerin elektrik yüklerine göre ayrılması tekniği.

elektromanyetik dalga : Işık hızıyla yayılan elektrik ve manyetik alan değişimlerinin oluşturduğu dalga.

embriyo: Zigotun gelişerek oluşturduğu, gelişmenin erken evrelerindeki genç organizma.

enerji : İş yapabilme ya da bir değişikliğe neden olma yeteneği.

enfeksiyon: Bakteri, virüs, mantar ya da protozoonların organizmaya girerek çoğalmasıyla, hastalık yapma durumu.

enzim: Bir kimyasal tepkimeyi gerçekleştiren ve onu hızlandıran, çoğunlukla protein yapısında olan organik madde.

F

fermantasyon: Bazı mikroorganizmaların ürettiği enzimlerin etkisiyle organik maddelerin enerji elde etmek amacıyla laktik asit ve etil alkole kadar parçalanması, mayalanma.

fosforilasyon: Bir moleküle fosfat grubu eklenmesi.

fotoliz : Çözelti içindeki bir maddenin ışık etkisi altında kimyasal aktif hâle gelmesi veya bozulması.

fotootrof : Işık enerjisi kullanarak organik bileşik üretebilen organizma.

G

gen: Kromozom üzerinde belirli bir yer işgal eden kalıtımın temel birimi.

genetik: Kalıtım bilimi.

genetik mühendisliği : Canlıların kalıtsal özelliklerini değiştirerek, onlara yeni işlevler kazandırılmasına yönelik araştırmalar yapan bilim alanı.

glikoliz : Sitoplazmada glikozun pirüvik asite kadar parçalanması sırasında gerçekleşen tepkimeler ve bu tepkimeler sırasında ATP elde edilmesi.

glikojen : Karaciğer ve kaslarda bulunan, hidrolizle şeker veren karbonhidrat.

H

heterotrof: Karbon ve azot kaynağı olarak organik maddeleri kullanabilen herhangi bir organizma.

hormon: Çok hücreli organizmalarda bir yerde çok az miktarlarda üretilen ve etki ettiği hedef hücrelerin bulunduğu başka bir yere taşınan bir kimyasal sinyal.

I-İ

ıslah: Bitki ya da hayvanlarda türün iyileştirilmesi işlemi.

iklim: Bir bölgedeki uzun süreli ortalama atmosferik koşullar.

inorganik fosfat: Organik maddelere bağlanmamış serbest hâlde bulunan fosfat.

insülin: Omurgalı hayvanlarda kandaki glikoz seviyesini düşüren, karaciğerde glikojen sentezini ve depolanmasını artıran bir hormon.

interferon: Virüslere karşı üretilen, bağışıklık sağlayan kimyasal madde.

K

klon: Bir hücreden çoğaltılan hücreler topluluğu.

klorofil: Fotosentez olayında güneş enerjisini kimyasal enerjiye çeviren yeşil pigment maddesi.

kloroplast: Yeşil renkli klorofil pigmentini taşıyan plastitler.

kodon: Protein sentezi için gerekli bilgiyi taşıyan mRNA'da bir amino asidi temsil eden peş peşe üç nükleotitten oluşan grup.

kromatin: İntefaz hâlindeki ökaryot hücrelerin çekirdeklerinde bulunan nükleoprotein yumakları

kromozom: Prokaryot ve ökaryot hücrelerde üzerlerinde genleri taşıyan DNA ve nükleoproteinden oluşmuş yapı.

M

mikroenjeksiyon: Camdan elde edilmiş bir mikropipetle hücre zarından mikroskobik boyutta madde ekleme yöntemi.

mutasyon: Genlerde kendiliğinden ya da çevre (radyasyon, zararlı kimyasal maddeler vb.) şartlarının etkisiyle meydana gelen, dölden döle aktarılabilen, kalıtsal olan değişim.

N

nanometre: "nm" ile gösterilen, SI birim sisteminde 10-9 m' ye karşılık gelen ve milimikron olarak kullanılan uzunluk birimi.

nükleotit: DNA ya da RNA'nın tekrarlanan birimleri; riboz ya da deoksiriboz şekerine bağlı bir pürin ya da pirimidin bazından oluşan nükleozitin fosfor esteri.

O-Ö

ototrof: Işık enerjisi veya kimyasal enerji kullanarak inorganik maddelerden kendi organik besinini üretebilen canlılar.

ovaryum: Yumurtalık.

ökaryot hücre: Zarla çevrili gerçek çekirdeği ve organelleri bulunan hücre çeşidi.

P

patojen: Hastalık yapıcı özelliği olan mikroorganizma veya madde.

plazmit: Bakterilerde kendini eşleme yeteneği olan, genetik mühendisliği çalışmalarında diğer canlılara gen aktarmada taşıyıcı olarak kullanılan ana DNA' dan farklı halkasal DNA parçaları.

pigment: Bitki ve hayvanlarda renk maddesi.

polipeptit: Aminoasitlerin birbirine peptit bağlarıyla bağlanmasıyla oluşan aminoasit zinciri.

prokaryot hücre: Zarla çevrili gerçek çekirdeği bulunmayan hücre.

R

rekombinant DNA: Bir DNA parçasının halkasal vektöre bağlanması sonucu oluşan molekül.

rekombinasyon: İki veya daha fazla gen dizisinin kombinasyonu ile yeni DNA molekülleri oluşturuması.

replikasyon: DNA'nın kendini eşlemesi.

restriksiyon enzimi: Bakterilerden elde edilen, doğal olarak oluşmuş, DNA baz sırasını belirli baz dizilimlerinin olduğu kendilerine özgül bölgelerden tanıyarak kesen enzimler.

ribonükleotit: RNA'nın yapı taşı olan molekül.

ribozom: Hücrede protein sentezinin yapıldığı organel.

S

substrat: Enzimin etki ettiği madde.

T

toksin: Canlı organizmalar üzerinde etkili olan zehirli madde.

transgenik canlı: Genetik mühendisliği metotlarıyla kendine ait olmayan genler (trans gen) nakledilmiş herhangi bir bitki ya da hayvan.

transkripsiyon: DNA zinciri üzerinden mRNA'nın sentezlenmesi.

translasyon: mRNA molekülü üzerinde kodlanmış genetik bilgiyi kullanarak bir polipeptit sentezlenmesi.

U-Ü

üretici canlı: Işık enerjisini veya kimyasal bağ enerjisini kullanarak inorganik maddelerden kendi besinini kendisi üreten canlı, ototrof.

V

varyasyon: Aynı türün bireylerindeki aynı karakterin farklı şekilleri, değişiklik, çeşitlilik.

virüs: Bir protein kılıf ve nükleik asite sahip, tamamı hastalık yapıcı, elektron mikroskobunda görülebilen parazit.

Y

yaprak: Bitkilerde gövde ve dallar üzerinde meydana gelen, çeşitli şekil ve renklerde, genellikle yeşil renkli, içlerindeki kloroplastlar sayesinde fotosentez ile madde sentezleyen yan uzantı.

Z

zigot: Yumurta ve spermin döllenmesiyle oluşmuş olan hücre.

KAYNAKÇA

Afyon, A., Kaya, M. A.,Yağız, D.(2011).Genel Biyoloji (4. Baskı). Ankara: Nobel Yayıncılık.
Aktümsek, A. ve Konuk, M. (2010). Genel Biyoloji. Ankara: Nobel Yayın Dağıtım.
Başaran, N. (1996). Tıbbi Genetik (6. Baskı). Eskişehir: Bilim Teknik Yayınevi.
Demirsoy, A. (2011). Yaşamın Temel Kuralları (Genel Biyoloji/Genel Zooloji 22. Baskı). Cilt 1/ Kısım 1, Ankara: Meteksan A.Ş.
Demirsoy, A. (2007). Yaşamın Temel Kuralları (Genel Biyoloji/Genel Zooloji 15. Baskı). Cilt 1/ Kısım 2, Ankara: Meteksan A.Ş.
Deniz, E. (1992). Tıbbi Biyoloji (4. Baskı). Ankara: Özkan Matbaacılık.
Doğan, A., Dökme, İ., Yılmaz, M., Timur, B., Mıhladız, G., Timur, S. (2013). Fen Öğretimi Laboratuvar Uygulamaları I-II (2. Baskı). Ankara: Palme Yayıncılık.
Edelson, E. (2006). Gregor Mendel, Genetiğin Temelleri (5. Baskı). Ankara: TUBİTAK.
Fried, H. G., Hademenos, G. J. (2015). Biyoloji (4. Baskı). (Çeviri Editörleri: Karataş, M., Gökhan, S.). Ankara: Nobel Yayıncılık.
Hall, J. E. (2013). Guyton ve Hall Tıbbi Fizyoloji (12. Baskı). (Çeviri Editörleri: Yeğen, B., Alican, İ., Solakoğlu, Z.). İstanbul: Nobel Tıp Kitabevi.
Kaya, M., Afyon, A. ve Yağız, D. (2011). Genel Biyoloji. Ankara: Nobel Yayın Dağıtım.
Karol, S., Ayvalı, C., Suludere, Z. (2000). Hücre Biyolojisi. Ankara: Öğün Matbaacılık.
Karol, S., Ayvalı, C., Suludere, Z. (2010). Biyoloji Terimleri Sözlüğü (5. Baskı). Ankara: TDK.
KEETON/ GOULD. (1999). Genel Biyoloji (5.Baskıdan Çeviri), Çeviri Editörleri: A. DEMİRSOY, İ. TÜRKAN, E. GÜNDÜZ. Ankara: Palme Yayıncılık.
Koç, C., Koç, A. B. ve Vatandaş, M. (2009). LED Aydınlatma Teknolojisi ve Tarımda Kullanımı. ANKARA: Ankara Üniversitesi Zıraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü.
Kuru, M., Ergene, S. (2011). Genetik (3. Baskı). Ankara: Palme Yayıncılık.
Özel, D., Bahar, P. ve Arslan, P. (2015). Genel Biyoloji Laboratuvar Klavuzu. Ankara: Palme Yayıncılık.
Öztekin, M., Atik, A., Selvi, D. ve Sarıkaya, D. (2010). Biyoloji Labortuvarının Temelleri. Ankara: Palme Yayıncılık.
Reece, J. B., Uury, L. A., Cain, M. L., Wasserman, S. A., Minorsky, P. V., Jackson, R. B. (2013). Campbell Biyoloji (9. Baskı). (Çeviri Editörleri: Gündüz, E., Türkan, İ.). Ankara: Palme Yayıncılık.
Sadava, D., Hıllıs, D. M., Heller, C. H., Berenbaum, M. R. (2014). Yaşam Biyoloji Bilimi (9. Baskı). (Çeviri Editörleri: Gündüz, E., Türkan, İ.). Ankara: Palme Yayıncılık.

Topaktaş, M. (2014). Genetik (1. Baskı). Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık Eğitim Danışmanlık Tic. Ltd. Şti.
T.C. MEB Ortaöğretim Biyoloji Dersi (2018). (9, 10, 11, 12. Sınıflar) Öğretim Programı.
Türkçe Sözlük. (2012). Ankara: TDK Yayınları.
Yazım Kılavuzu. (2012). Ankara: TDK Yayınları.
Somma, M. ve Querci, M. (2006). Agaroz jel Elektroforezi. Gıda Örneklerinde Genetiği Değiştirilmiş Organizma Analizleri Kurs kitabı Luksemburg.

Genel Ağ Adresleri

http://kitaplar.ankara.edu.tr/index.php?cat=33 (Erişim tarihi: 19.12.2018)
https://www.nobelprize.org/prizes/chemistry/2015/sancar/lecture/ (Erişim tarihi: 19.12.2018)
http://sancarlab.unc.edu/research (Erişim tarihi: 19.12.2018)
http://turchemsoc.org/tr/TKD_Kimya_ve_Sanayi/1-5/TKD_2015-1-5.pdf (Erişim tarihi: 19.12.2018)
https://www.trthaber.com/haber/bilim-teknoloji/prof-dr-aziz-sancar-tam-bagimsizlik-kendi-yaratacagimiz-bilim-ve-teknoloji-ile-mumkun-361771.html (Erişim tarihi: 19.12.2018)
https://www.cnnturk.com/turkiye/aziz-sancar-nobel-odulunu-anitkabire-armagan-etti (Erişim tarihi: 19.12.2018)
http://pharmacy.gazi.edu.tr/posts/view/title/prof.dr.aziz-sancar-ve-anitkabir%27deki-kosesi-162270 (Erişim tarihi: 19.12.2018)
http://bilimgenc.tubitak.gov.tr/makale/genetik-kod-nedir (Erişim tarihi: 19.12.2018)

Görsellerle İlgili Genel Ağ Adresleri

Görsel 1.1: https://www.britannica.com/biography/Friedrich-Miescher/media/381756/158797 (Erişim tarihi: 19.12.2018)
Görsel 1.2. (a): https://www.britannica.com/biography/Rosalind-Franklin/media/217394/99712 (Erişim tarihi: 19.12.2018)
Görsel 1.2. (b): https://undsci.berkeley.edu/article/0_0_0/dna_06 (Erişim tarihi: 19.12.2018)
Görsel 1.3 :https://www.npg.org.uk/collections/search/portrait/mw13740/James-Dewey-Watson-Francis-Harry-Compton-Crick? (Erişim tarihi: 19.12.2018)
Görsel 1.24: https://www.nobelprize.org/prizes/chemistry/2015/sancar/lecture/ (Erişim tarihi: 19.12.2018)
Görsel 1.25: http://www.hurriyet.com.tr/gundem/aziz-sancar-kimdir-nerelidir-40890746 (Erişim tarihi: 19.12.2018)

Görsel 1.26: https://www.ntv.com.tr/teknoloji/aziz-sancar-nobel-kimya-odulunu-aldi,F10C10YMBEaCIMqnra3I2w (Erişim tarihi: 19.12.2018)
Görsel 1.27: https://www.tccb.gov.tr/haberler/410/43976/cumhurbaskani-erdogan-nobel-odulunun-anitkabir-komutanligina-takdim-torenine-katildi.html
Görsel 1.28: http://pharmacy.gazi.edu.tr/posts/view/title/prof.dr.aziz-sancar-ve-anitkabir%27deki-kosesi-162270 (Erişim tarihi: 19.12.2018)
Görsel 1.56: https://cdn.britannica.com/s:700x450/29/72029-004-773DAA7A.jpg (Erişim tarihi: 19.12.2018)
Görsel 2.15: https://commons.wikimedia.org/wiki/Category:Melvin_Calvin#/media/File:Melvin_calvin.jpg (Erişim tarihi: 19.12.2018)
Cournelius Bernardus Van Niel : https://www.nap.edu/read/1652/chapter/19
Theodore De Saussure : https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC440232/figure/F4/
Melvin Calvin : https://www.britannica.com/biography/Melvin-Calvin
Robert Hill :https://www.bioc.cam.ac.uk/about-us/history/members-of-the-department/robert-robin-hill/view
Etkinlik-1'deki deney görseli: http://www.eba.gov.tr/video/izle/8744b059d2097abc543cc944962e67256f53958c24003

Kitaptaki tüm görseller yüklenici firma tarafından temin edilmiştir.