

# 12.SINIF BİYOLOJİ DERS NOTU

## 1.ÜNİTE : GENDEN PROTEİNE

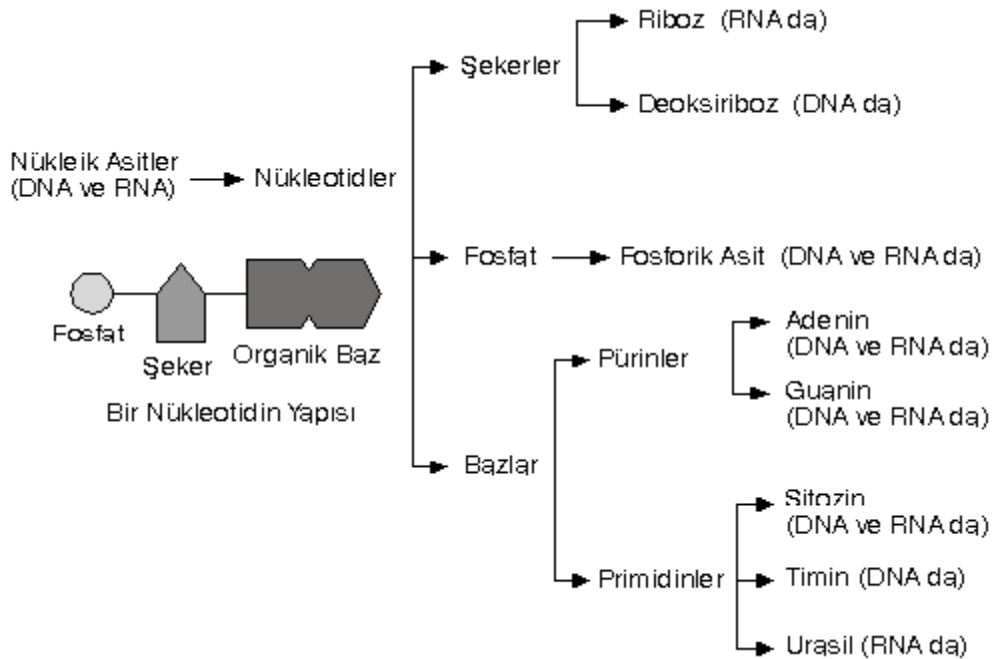
### Yönetici Moleküller ve Protein Sentezi

#### YÖNETİCİ MOLEKÜLLER

DNA ve RNA olarak iki çeşidi bulunan nükleik asitler, hücrelerin en önemli ve en büyük molekülleridir.

#### A. NÜKLEİK ASİTLERİN YAPISI

Yönetici moleküllerin temel yapı birimine **nükleotit** denir. Bir nükleotid ise üç farklı molekülün bağlanmasıyla meydana gelmiştir. Bu moleküller; beş karbonlu şeker (pentoz), azotlu **organik baz** ve **fosforik asit** dir.



Nükleotidler alt alta bağlanarak nükleotid zincirlerini meydana getirirler. Bu bağlanma “şeker-fosfat” bağlarıyla sağlanır.

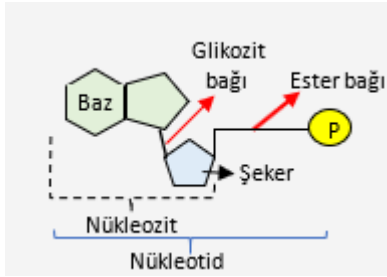
-Nükleik asitler, **nükleotid** adı verilen yapı birimlerinden meydana gelir.

**-Bir nükleotidin yapısında ;**

1. Azotlu organik bir baz,
2. Beş karbonlu bir şeker,
3. Fosfat grubu (fosforik asit=  $H_3PO_4$ ) bulunur.

-Baz ve şekerin glikozit bağı ile bağlanarak oluşturduğu yapıya **nükleozit** denir.

-Nükleozite bir fosfat, fosfoester bağı ile bağlanarak nükleotid oluşur.



**Şekil: Yanda nükleik asitlerin yapı birimi olan bir nükleotidin yapısını oluşturan moleküller ve bağlar gösterilmiştir.**

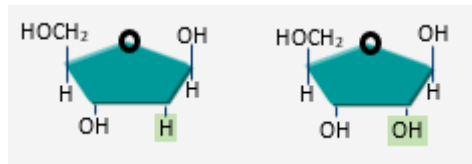
**1. Beş karbonlu şekerler:**

-Riboz ve deoksiriboz olmak üzere iki çeşittir.

-Riboz, RNA'nın, Deoksiriboz ise DNA'nın yapısında bulunur.

- Deoksiribozda, riboz göre bir oksijen atomu eksiktir.

Nükleik asitlerin isimlendirilmesi yapılarındaki 5 C'lu bu şekerlere (pentozlara) göre yapılır



**Deoksiriboz (DNA'da)**

**Riboz (RNA'da)**

**2. Azotlu organik bazlar:**-Azot ve karbon atomlarının halka şeklinde birleşmesi ile meydana gelir. İki çeşittir.

**a. Pürinler :** Çift halkalı, büyük moleküllerdir. Adenin (A) ve Guanin (G) olmak üzere iki çeşittir.

**b. Pirimidinler :** Tek halkalı olup, küçük moleküllerdir. Timin (T), Sitozin (S veya C) ve Urasil (U) olmak üzere üç çeşittir.

-DNA'daki bazlar: A,T,G,C; RNA'daki bazlar: A,U,G,C

DNA'ya özgü baz Timin, RNA'ya özgü baz ise Urasil'dir.

**3. Fosforik asit (fosfat grubu=  $H_3PO_4$ ):** DNA ve RNA'da ortak bulunan inorganiktir. Kompleks moleküllerin yapısına girdiği zaman fosfat grubu adını alır.

Nükleik asitlerin yapısında aminoasit ve peptid bağları bulunmaz.

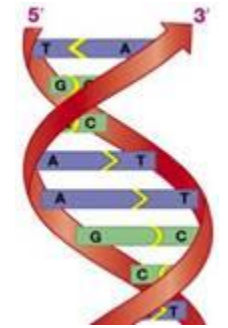
\*Canlılarda; DNA (Deoksiribo Nükleik Asit) ve RNA (Ribonükleik Asit) olmak üzere iki çeşit nükleik asit bulunur.

## B. DNA MOLEKÜLÜ VE ÖZELLİKLERİ

- Hücrelerin yönetimini ve kalıtımını sağlayan dev moleküllerdir.
- İki nükleotid zincirinin HELİX (sarmal) yapıda bağlanmasıyla oluşur.
- Yapısında azotlu baz olarak Adenin (A), Guanin (G), Sitozin (S) ve Timin (T) bulunur.
- Çift zincirinde Adenin sayısı Timin sayısına, Guanin sayısında Sitozin sayısına eşittir.

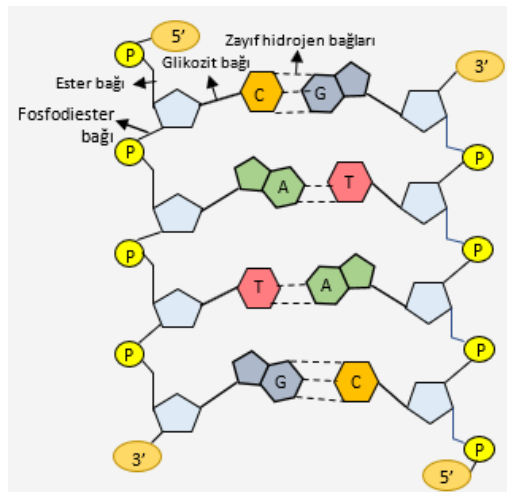
Çift zincirdeki Adenin ile Timin arasında iki, Guanin ile Sitozin arasında üç tane zayıf hidrojen bağı bulunur.

-Bugün geçerli olan DNA modeli Watson-Crick modelidir.



**DNA molekülünün  
ikili sarmal yapısı**

- zayıf hidrojen bağları DNA çift sarmalını bir arada tutar.
- Her zaman A karşısına T, G karşısına C gelir.
- DNA'da nükleotidlerden birinin fosfatı diğerinin şekeri ile özel bir bağ yapar. Bu bağa **3-5 fosfo-diester bağı** denir.
- Bir zincirdeki nükleotidler, fosfodiester bağları ile birbirine bağlıdır.
- Çift sarmalda bir iplikteki nükleotitlerin birbirine bağlanma yönü, öbür ipliktekilerin yönünün tersidir. DNA ipliklerinin bu düzenine antiparalel denir.
- DNA ipliklerin asimetric olan uçları 5' (beş üssü) ve 3' (üç üssü) olarak adlandırılır, 5' uç bir fosfat grubu, 3' uç ise bir hidroksil grubu taşır.



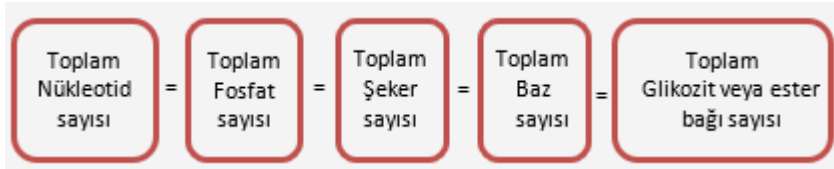
**Şekil: DNA molekülünde karşılıklı iki zincirdeki bazların eşleşmesi**

### -Bütün DNA'larda;

- $A = T$  ve  $G = C$  ise  $A/T = G/C = 1$
- $A+C = G+T$
- $A+G = T+C$  (pürin bazları = pirimidin bazları)
- $A+G/T+C = A+C/G+T = 1$
- Toplam nükleotit sayısı =  $(A+T)+(G+C)$
- H bağı sayısı = Toplam Nükleotit sayısı + Guanin (Sitozin) sayısı
- $3G + 2T$  veya  $3C + 2A$  = Toplam H bağı sayısı
- $A+T/G+C$  oranı türe özgüdür.

DNA da RNA'dan farklı olarak deoksiriboz şekeri ve Timin bazı vardır.

- Ökaryotlarda Çekirdekte, kloroplastta, mitokondride - prokaryot hücrelerde sitoplazmada bulunur.



### DNA'nın Eşlenmesi (Replikasyon)

DNA'nın kendini eşlemesi, hücre bölüneceği zaman gerçekleşir. Bunun için, iki ipliği bir arada tutan zayıf hidrojen bağları bir fermuar gibi açılmaya başlar ve iki nükleotid dizisi birbirinden ayrılır. Sonra hücre sitoplazmasında bulunan nükleotidlerden uygun olanlar açılan noktalardan yerlerini alırlar. Replikasyon olayında nükleotidlerin bağlanması DNA polimeraz enzimiyle sağlanır.

- DNA eşlenmesinin başladığı özel bölgelere **replikasyon orijini** adı verilir.

- Prokaryotlarda çembersel DNA da bir başlangıç ve bir bitiş noktası, ökaryotik hücrede ise çok sayıda başlangıç ve bitiş noktaları vardır.
- Ökaryotlardaki DNA moleküllerinin çok uzun olması ve DNA polimerazlarının nükleotit ekleme hızının prokaryot hücrelerdekinden daha düşük olması fazla sayıda replikasyon orijininin oluşturulmasına neden olur. Bu farklılık, DNA'nın kısa zamanda replikasyonunu sağlar.

### DNA replikasyonunda görev yapan enzimler ve görevleri:

**Helikaz:** DNA çift sarmalını replikasyon orijinleri bölgelerinden iki kolu tersine büküp açan enzim.

**DNA polimeraz:** Açılan DNA zincirlerini kalıp olarak kullanarak yeni DNA zincirinin oluşumunu sağlayan enzim.

**DNA ligaz:** DNA parçalarını birleştiren (yapıştıran) enzim.

## Prokaryotlarda DNA replikasyonu

-Prokaryotlarda DNA çembersel olduğu için bir noktadan başlayan replikasyon, iki yönde ve her iki iplikte birden devam ederek DNA tamamen kopyalanıncaya kadar sürer.



**Şekil: Prokaryotlarda DNA replikasyonu**

DNA eşlenmesini sitoplazmada gerçekleştiren bir hücre kesinlikle prokaryot yapısına sahip bir hücredir. Çünkü ökaryotik hücrelerin sitoplazmasında DNA yoktur.

## Ökaryotlarda DNA replikasyonu

-Ökaryotların DNA'ları doğrusaldır ve çok daha uzundur. Ökaryot DNA'larında replikasyon sırasında yüzlerce replikasyon orijini oluşur. **Böylece DNA eşlenmesi daha kısa sürede tamamlanır.**

-DNA eşlenmesi sırasında **helikaz** adı verilen enzim, çift sarmalın replikasyon orijinleri bölgelerine gelerek iki kolu tersine büküp açar. Arkasından **DNA polimeraz** enzimi, ayrılmış olan her DNA ipliğinin karşısına uygun yeni nükleotitleri sıralayarak kalıp DNA ipliklerine uygun birer DNA ipliği daha oluşmasını sağlar.

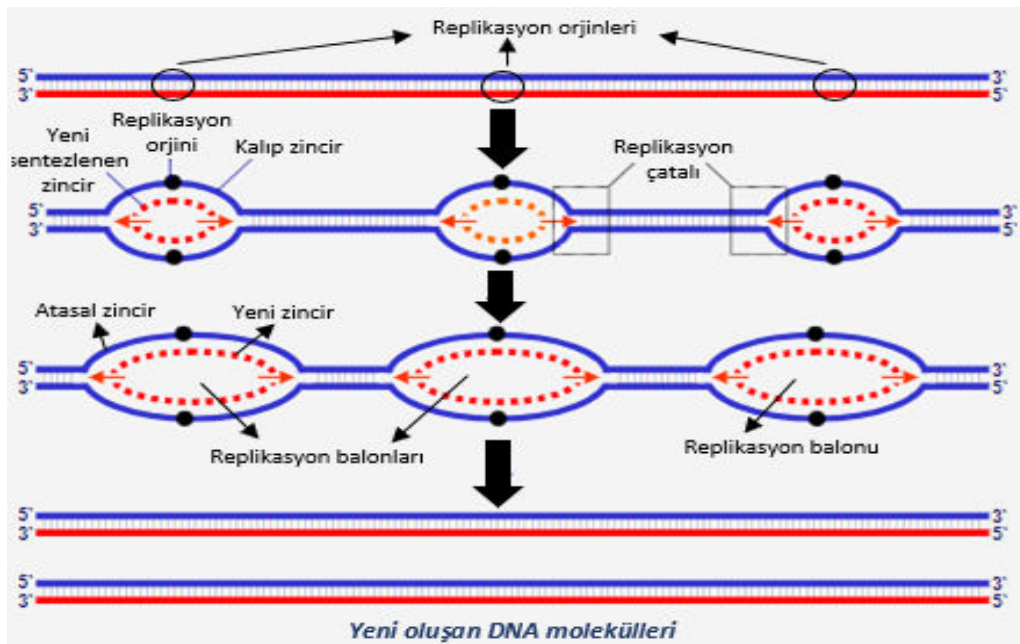
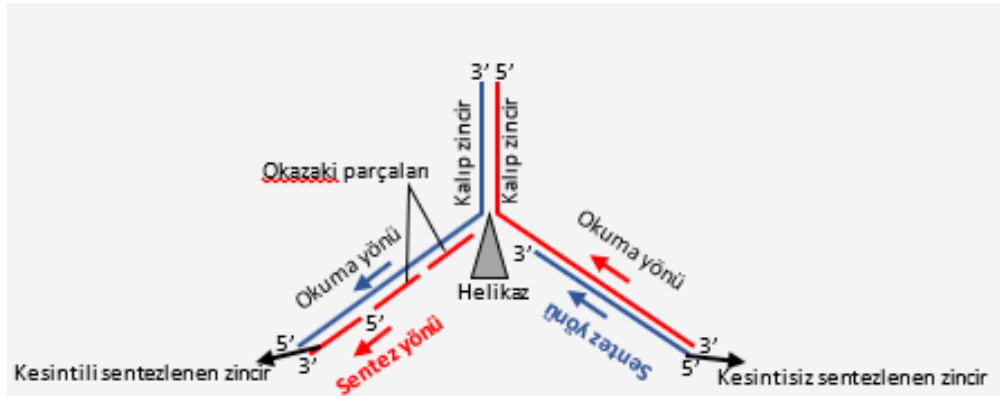
-Sentezlenen yeni iplikler farklı şekillerde uzar. **DNA polimeraz** enzimi, uzayan bir ipliğin sadece **3' ucundaki nükleotidin karşısına yeni nükleotit ekleyebilir.**

Bunun için DNA replikasyonu,  $5' \rightarrow 3'$  yönünde ilerler; Kalıp olarak görev gören zincir  $3' \rightarrow 5'$  yönünde okunur.  $3' \rightarrow 5'$  yönünde uzanan kalıp ipliğin karşısına gelecek olan yeni iplik,  $5'$  ucundan  $3'$  ucuna doğru kesintisiz olarak sentezlenir.

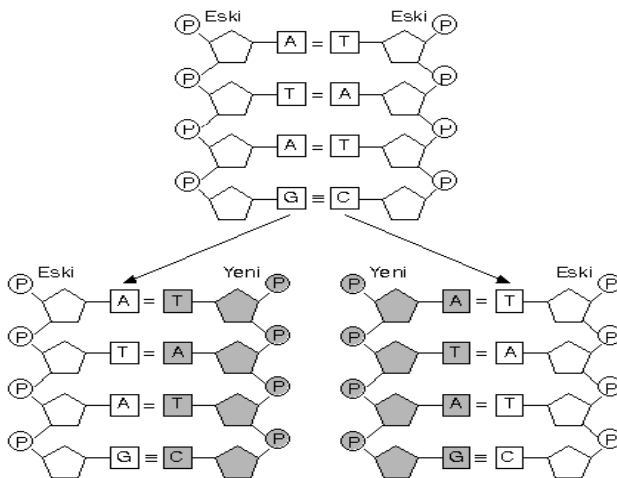
-Diğer kalıp DNA ipliği ise  $5' \rightarrow 3'$  yönünde uzanır. Bu nedenle karşısındaki ipliğin kesintisiz bir şekilde sentezlenmesi mümkün olmaz. Replikasyon çatallı açıldıkça yeni iplik,  $5'$  ucundan  $3'$  ucuna doğru uzanan parçalar hâlinde sentezlenir. Oluşan parçaların bir süre sonra **ligaz enzimi** ile birbirine bağlanmasıyla kesintisiz bir iplik oluşur.

-Bu durumda yeni sentezlenen ipliklerden biri, ileriye doğru kesintisiz bir şekilde sentezlenirken diğeri parçalar hâlinde geriye doğru sentezlenmiş olur. Bu parçalara **Okazaki parçaları** adı verilmiştir

DNA replikasyonu (sentezi),  $5' \rightarrow 3'$  yönünde ilerler. Çünkü DNA polimeraz enzimi, uzayan bir ipliğin sadece  $3'$  ucundaki nükleotidin karşısına yeni nükleotit ekleyebilir. Kalıp zincir  $3' \rightarrow 5'$  yönünde okunur.



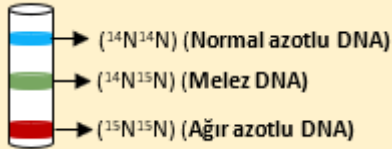
Şekil: Ökaryotlarda DNA replikasyonu



ŞEKİL: DNA'nın kendini eşlemesi

Böylece fermuarın sonuna gelindiğinde başlangıçtaki DNA'nın aynısı olan iki yeni DNA meydana gelir. Bu şekilde DNA'nın kendini eşlemesi olayına **yarı korunumlu eşlenme** denir.

**NOT:-** Bir DNA'nın her iki ipliğindeki azotların kütle numaraları 14 olursa ( $^{14}\text{N}^{14}\text{N}$ ) buna **normal azotlu DNA** denir. Her iki ipliğindeki azotların kütle numaraları 15 olursa ( $^{15}\text{N}^{15}\text{N}$ ) buna **ağır azotlu DNA** denir. Eğer bir zincirindeki azotun kütle numarası 14 diğer zincirindeki azotun kütle numarası 15 olursa buna da **melez DNA** denir. Bu DNA'lar, santrifüj edildiğinde deney tüpünde farklı bantlaşmalar gösterirler. Ağır DNA'lar dibе çöker, melez DNA'lar ortada, hafif DNA'lar ise en üstte bantlaşma gösterirler.



## C. RNA ve ÇEŞİTLERİ

Bir nükleotid zincirinden oluşurlar. Yapılarında DNA dan farklı olarak Riboz şekeri ve Urasil bazı bulunur. Kendilerini eşleyemezler.

RNA'ların DNA üzerinden sentezine **transkripsiyon** denir.

Transkripsiyon yapılırken DNA nükleotidlerinin karşlarına onların eşi olan nükleotidler gelerek bağlanır. Sadece Timin yerine Urasil bağlanır.

Görevlerinin farklı olmasına bağlı olarak, her hücrede üç eşit RNA bulunur.

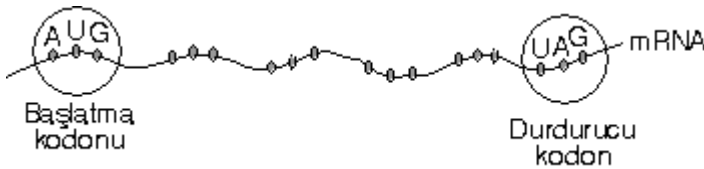


Şekil: DNA dan RNA Sentezi

### 1. mRNA (elçi RNA)

Sentezlenecek olan proteinin şifresini DNA'dan alarak ribozoma getirir. Ribozom birimlerini aktifleştirir ve ribozomda **protein sentezine kalıplık** yapar.

mRNA üzerindeki nükleotidlerin üçerli olarak oluşturdukları gruplara **kodon** (şifre kelime) denir.



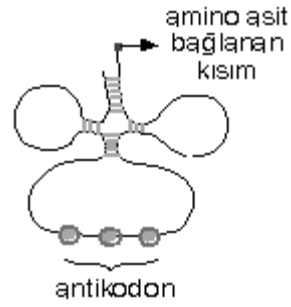
Şekil : mRNA ve Kodonlar

Başlangıç kodonu belli ve sabittir. Bu bütün canlılarda ve her protein sentezinde aynı olup AUG nükleotidlerinden oluşur. Durdurucu kodon üç çeşit olup, her mRNA da bunlardan birisi bulunur. Bunlar UAG, UGA ve UAA kodonlarıdır.

## 2. tRNA (Taşıyıcı RNA)

Protein sentezi sırasında, sitoplazmadaki amino asitleri, kendine uygun olarak bağlayıp ribozomlara taşır. Proteinlerin yapısında 20 çeşit amino asit bulunduğundan, canlılarda en az 20 çeşit de tRNA vardır.

\*Zayıf H bağı içeren tek RNA çeşididir.



Şekil: tRNA ların Genel Yapısı

## 3. rRNA (Ribozomal RNA)

Proteinlerle birlikte ribozomların yapısını oluşturur. Hücredeki RNA'ların en çoğu rRNA'dır.

### -RNA çeşitlerinin ortak özellikleri:

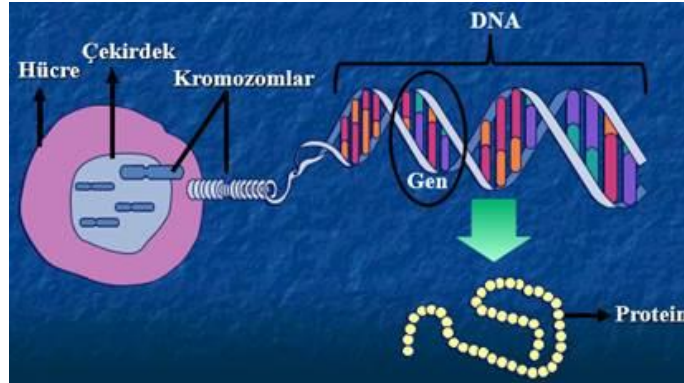
- Protein sentezinde görev yaparlar.
- Kendilerini eşleyemezler, DNA tarafından üretilirler.
- Tekrar tekrar kullanılabilirler.
- Yapılarında organik yapıda olan adenin, urasil, guanin sitozin bazları ile riboz şekeri, inorganik yapıda olan fosfat (fosforik asit) bulunur.

DNA	RNA
Çekirdek, mitokondri ve kloroplastta bulunur.	Çekirdek, çekirdekçik, sitoplazma, ribozom, mitokondri ve kloroplastta bulunur.
Yapısında <b>deoksiriboz</b> şekeri bulunur.	Yapısında <b>riboz</b> şekeri bulunur.
A, G, S, T nükleotidlerinden oluşur.	A, G, S, U nükleotidlerinden oluşur.
Kendine özgü bazı Timindir.	Kendine özgü bazı Urasildir.
Kalıtımı sağlar. Protein sentezinde emir verir.	Protein sentezinde görevi vardır.
Çift sarmallı yapıya sahiptir.	Tek sarmallı yapıya sahiptir.
Hidroliz enzimi <b>DNA</b> azdır.	Hidroliz enzimi <b>RNA</b> azdır.
Kendini eşler.	Kendini eşleyemez. DNA tarafından yapılır.
<b>DNA polimeraz</b> enzimi tarafından sentezlenir.	<b>RNA polimeraz</b> enzimi tarafından sentezlenir.



## Gen ve DNA ilişkisi- Kalıtımı sağlayan materyalin küçükten büyüğe doğru sıralanması;

Azotlu organik baz < Nükleozit < Nükleotit < Gen < DNA < Kromozom



## PROTEİN SENTEZİ

Bir hücrenin hangi proteinleri sentezleyebileceğine ait bilgi DNA larda saklıdır.

(DNA :prokaryot canlılarda sitoplazmada bulunurken , ökaryot canlılarda ise çekirdekte bulunur.)

\*Doğada en fazla 20 çeşit amino asit vardır fakat sonsuz çeşitte protein sentezlenir..

Proteinlerin bu denli çeşitli olması; bir proteinde bulunan

1) amino asitlerin sayısına

2)amino asit çeşidine

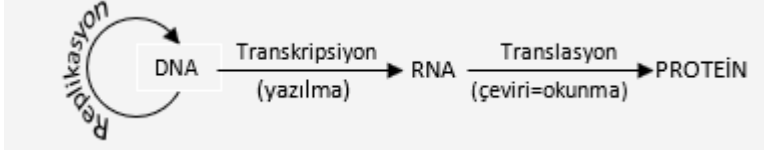
3)amino asit diziliş biçimine bağlıdır.

### Protein sentez basamaklarını şöyle özetleyebiliriz:

- Çekirdekdeki DNA molekülünün anlamlı zinciri üzerinden mRNA sentezlenir. Bu sırada DNA daki genetik bilgiler mRNA'ya aktarılır. Bu olaya **transkripsiyon** (yazılma) denir.
- Sentezlenen mRNA sitoplazmaya geçerek ribozomun küçük alt birimine bağlanır ve protein sentezi sırasında kalıp olarak görev yapar.
- ATP ve enzimlerle aktifleştirilmiş olan tRNA'lar kendilerine ait amino asitleri ribozoma taşırlar.
- Protein sentezine başlama sinyalini mRNA'daki AUG kodonu verir. Bu kodon metionin amino asitini şifreler.
- tRNA'nın antikodonları ile mRNA'nın kodonları geçici olarak birleşir ve bu esnada mRNA'daki bilgilerin tRNA'daki antikodona uygun olarak okunması başlar. Buna **translasyon** denir.
- Protein sentezi mRNA üzerinde durdurucu kodonlar gelinceye kadar devam eder. UAG, UAA ve UGA kodonları protein sentezini durduran kodonlardır.
- Durdurucu kodondan sonra sentezlenen polipeptid (protein) ribozomdan ayrılıp gerekli olan yerlerde kullanılır.

## SANTRAL DOGMA

- 1958 yılında Francis Crick hücre içindeki genetik bilgi akışının DNA'dan RNA'ya ve RNA'dan da proteine doğru olduğunu ifade etmek için santral dogma kavramını kullanmıştır.
- DNA'daki genetik bilgiden RNA aracılığı ile ribozomlarda protein sentezlenmesine santral dogma denir.



**Şekil: Santral dogma olayında DNA'dan proteine bilgi akışı**

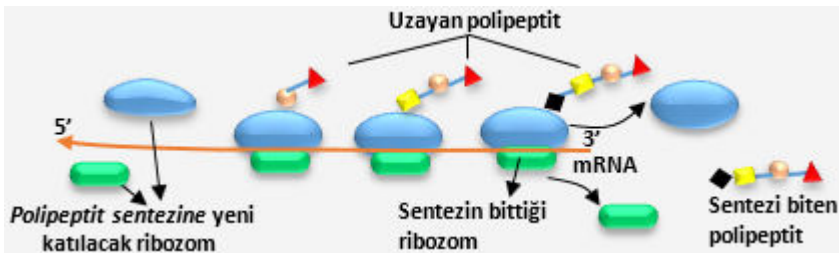
- Santral dogma tek yönlü gerçekleşir. DNA'dan protein sentezlenir. Ancak proteinden RNA, RNA'dan da DNA sentezi olmaz.(İstisnalar hariç)
- Buna göre santral dogma DNA'dan DNA'ya ya da RNA'ya ve oradan proteine bilgi aktarımıdır. Replikasyon, transkripsiyon ve translasyon olaylarını kapsar.
- Prokaryot hücrelerde replikasyon ve transkripsiyon olayları sitoplazmada, translasyon olayı ise ribozomda gerçekleşir.
- Ökaryot hücrelerde replikasyon ve transkripsiyon olayları çekirdekte, mitokondri ve kloroplastlarda, translasyon olayı ise ribozomda gerçekleşir.
- Replikasyon olayı hücrenin bölüneceğini kanıtlar.
- Transkripsiyon ve translasyon olayları ise protein sentezi sırasında meydana gelir. (Protein sentezinde replikasyona gerek yoktur.)

- Replikasyon olayında A, G, C ve T nükleotitleri;
- Transkripsiyon olayında A, G, C ve U nükleotitleri;
- Translasyon olayında ise amino asitler kullanılır.

- Replikasyon olayı bölünemeyen hücrelerde (örneğin sinir hücrelerinde) gerçekleşmez. Transkripsiyon ve translasyon olayları protein sentezi yapan tüm hücrelerde gerçekleşir.
- Replikasyon sırasında oluşabilecek bir hata kalıtsal olabilir.
- Transkripsiyon ve translasyon olaylarındaki hatalar kalıtsal olmaz, fakat farklı bir proteinin üretimine neden olabilir.

## POLİRİBOZOM (POLİZOM)

- Bir mRNA'nın birden fazla ribozoma tutunması ile oluşan çoklu yapıya denir.
- Ribozomlardan biri başlama kodonunu geçince, başka bir ribozom mRNA'ya bağlanarak oluşur.
- Bu yapılar hücrenin aynı proteinin çok sayıda kopyasını kısa bir süre içinde üretmesine yardımcı olur.



**Şekil: Bir mRNA'nın çok ribozom tarafından okunması (polizom)**

**BİR GEN BİR POLİPEPTİT HİPOTEZİ**

-Hücredeki yaşamsal olaylarda görev alan enzimler protein yapısındaki moleküllerdir. Bu moleküllerin sentezinden sorumlu DNA parçasına **gen** adı verilir.

-Genler protein sentezinden sorumlu olduklarından enzim sentezinden de sorumludur. Enzimler, canlılardaki yaşamsal olaylarda görevli moleküllerdir. Bu nedenle enzimlerin sentezinden sorumlu genlerin yapısının bozulması, canlının yaşamını önemli ölçüde etkiler.

-Canlılardaki her bir polipeptit zincirinin dolayısıyla her bir enzimin bir gen tarafından şifrelenmesine **bir gen bir polipeptit** hipotezi denir.

-Polipeptid ve protein terimleri tam olarak eş anlamlı değildirler.  
- Proteinler 20 çeşit amino asitten oluşturulan polimerlerdir. Amino asit polimerleri polipeptidler olarak adlandırılırlar. Bir protein bir ya da birden fazla polipeptitten oluşmuş kendine özgü üç boyutlu yapıya sahip polimerlerdir.  
-Polipeptidi bir ip yumağına benzetirsek protein, bu ip yumağı ile örülmüş hırka gibidir diyebiliriz.

## GENETİK MÜHENDİSLİĞİ BİYOTEKNOLOJİ

**Genetik mühendisliği:** Genlerin izolasyonu, çoğaltılması, nükleotit dizilişlerinin belirlenmesi, farklı canlıların genlerinin birleştirilmesi ya da bir canlıdan başka bir canlıya gen aktarılması gibi çalışmalarla uğraşan bilim dalıdır.

**-Biyoteknoloji:** Doğa bilimleri ve çeşitli mühendislik dallarından yararlanarak DNA teknolojisiyle yeni bir organizma elde etmek veya var olan bir organizmanın genetik yapısında arzu edilen yönde değişiklikler meydana getirmek amacıyla kullanılan yöntemlerin tamamını kapsayan bir bilim dalıdır.  
-Genetik mühendisliği ile elde edilen bilgiler sayesinde biyoteknolojik yöntemler kullanılarak daha ucuz, daha kolay veya daha verimli ürünler günlük hayatımıza kazandırılır

**-Gen Aktarımı:** Günümüzde bilim insanları, istenen genlerin bitki, hayvan ya da mikroorganizmalara aktarımını kontrol edebilmekte ve canlıya yeni özellikler kazandırabilmektedirler. Farklı bir türden gen aktarılarak belirli özellikleri değiştirilmiş Örneğin; doğal yollarla üretilen pirinçte bulunmayan ve A vitamini öncüsü olan beta karoten maddesinin oluşumundan sorumlu gen, nergis bitkisinden *Agrobacterium tumefaciens* (Agrobakteriyum tumefasiyens) bakterisi aracılığıyla çeltiğe aktarılmıştır. Böylece pirinç beta-karoten üretme yeteneği kazandırılmıştır. Altın pirinç olarak adlandırılan bu pirincin üretimi ile A vitamini eksikliğinin giderilmesi amaçlanmaktadır.

**Gen Klonlaması:** Bir genin kopyasını oluşturmak için kullanılan yöntemleri kapsar. Tek bir hücreden çoğaltılan ve genetik yapısı aynı olan hücrelere **klon** denir.

## Gen Terapisi

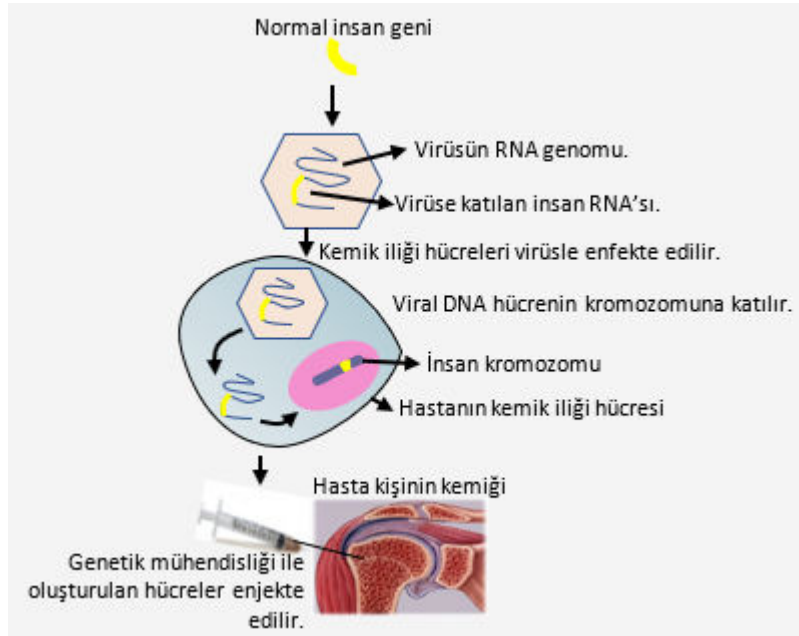
-Bozuk olan genlerin sađlam olanları ile yer değiştirilmesi tekniđe **gen terapisi** denir.

- Gen terapisi istenmeyen genleri örneğin kısa boyluluk, renk körlüğu, göz bozukluğu eğer varsa kalıtsal hastalıklar gibi genleri bulup kontrol altına alabilecek, istenilenleri ekleyip istenilmeyen genleri pasif hale getirebilecektir.

-**Gen terapisi**; kanser, kalp hastalığı, diyabet ve hemofili dâhil birçok hastalığın tedavisi için umut vermektedir.

### -Gen terapisinde uygulanan basamaklar:

1. Normal bireyden alınan bir gen klonlanır. RNA versiyonuna çevrilir. Zararsız bir virüsün RNA genomuna sokulur.
2. Hastanın kemik iliğinden alınan hücreler rekombinant virüs ile enfekte edilir.
3. Virüs normal insan genini içeren kendi genomunun bir bir DNA kopyasını hastanın hücrelerindeki DNA'ya katar.
4. Bu hücreler hastaya enjekte edilir.



**şekil: İnsan gen terapisi**

## -DNA Parmak İzi Analizi

-DNA parmak izi yöntemi, bir insanın DNA'sını oluşturan baz sırasının diğer insanların DNA baz sıralarından farklı olmasına dayanır.

-Her bireyin DNA dizilimi, tek yumurta ikizleri hariç, kendine özgüdür.

-İki kişinin aynı DNA parmak izine sahip olma olasılığı oldukça düşük (milyarda bir) olduğuından birçok adli vakada bu yöntemden faydalanılır.

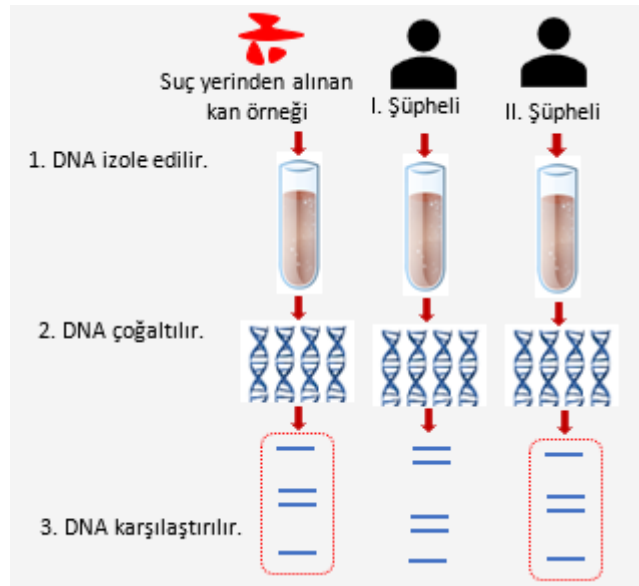
-İnsan genomunda anlamlı ve anlamsız baz dizileri bulunmaktadır. Anlamsız diziler; herhangi bir proteini kodlamayan, büyük çoğunluğu tekrar eden DNA dizilerinden oluşmaktadır. Bir canlıya ait hücredeki DNA baz diziliminde tekrar eden anlamsız baz dizilerinin jel üzerinde oluşturdukları bantlı yapılara DNA parmak izi denir.

-DNA parmak izi elde etmek için DNA, uygun restriksiyon enzimi ile kesilir. Tekrar eden anlamsız baz dizileri PCR (Polimeraz Zincir Reaksiyonu) yöntemiyle çoğaltılır. Temel olarak PCR mekanizmasının amacı, yüksek sıcaklıkta yapısı bozulmayan bir DNA polimeraz kullanılarak DNA replikasyonunu ve çoğaltılmasını sağlamaktır. Elde edilen DNA'lar özel bir jele yüklenir. Elektroforez adı verilen bir yöntemle farklı uzunluktaki DNA parçaları birbirinden ayrılır. DNA parçaları jel üzerinde büyüklüklerine göre belirli uzaklıklarda bantlar oluşturur. Bu bantlı yapılar, bireylere özgüdür ve DNA parmak izi olarak adlandırılır.

-Bu yöntemle sperm, kan, tırnak, kıl gibi canlı kalıntıları kriminal çalışmalarla incelenerek, bir çocuğun anne babasının tesbiti ya da suçlu ve masum insanların bulunması sağlanır.

#### **DNA parmak izi yönteminin basamakları:**

1. Bireyden alınan DNA örneği uygun restriksiyon enzimleri ile kesilir.
2. Tekrar edilen DNA parçaları PCR (polimeraz zincir reaksiyonu) yöntemiyle çoğaltılır.
3. Elde edilen DNA parçaları jele yüklenir ve elektroforez tekniği ile DNA'lar büyüklüklerine göre değişik uzaklıkta bantlar oluşturulur.
4. DNA'ya bağlanan bir boyanın ilave edilmesinden sonra oluşan bantlar ultraviyole ışık altında floresan pembe renkli bir bant oluşturur.
5. Oluşan bant profiline **DNA parmak izi** denir.



**Şekil: DNA parmak izi oluşturma basamakları**

#### **DNA parmak izinin kullanıldığı alanlar:**

- Suçluların ortaya çıkarılmasında,
- Babalık davalarında,
- Bulaşıcı hastalıkların teşhis edilmesinde,
- Göçmen sorunlarında,
- Bitki ve hayvan türlerinin korunması gibi alanlarda kullanılır.

## GENETİK MÜHENDİSLİĞİ VE BİYOTEKNOLOJİ UYGULAMALARI

### 1. Tarım Alanındaki Uygulamalar

Rekombinant DNA teknolojisi kullanılarak bitkilerde ürün kalitesi ve verimlilik artırılabilir; bitkinin böceklerle, soğuğa, kuraklığa, tuza, herbisitlere (yabancı ot öldürücüler), virüslere vb. karşı dirençli olması sağlanabilmektedir.

-Ayrıca pek çok bitkinin tek bir doku hücresi, kültür ortamında geliştirilerek olgun bitki oluşturulabilmektedir. Bütün bunlar, tarımda DNA teknolojisinin kullanımını oldukça kolaylaştırmaktadır. Genetiği değiştirilmiş tek bir hücreden; istenen özellikleri taşıyan, verimli bitki türleri elde edilebilmektedir. Oluşan türler, kazandıkları yeni özellikleri, sonraki nesillere tohumla taşımaktadır.

#### Bitkilerde Klonlama basamakları

1. *Agrobacterium*'un plazmitlerinden birine (A plazmiti) rekombinant DNA tekniğiyle antibiyotik direnç geni ve böceklerle karşı direnç geni aktarılır.
2. Bitki yaprağı kesilerek yaralanma bölgesine *Agrobacterium* bakterisi bulaştırılır.
3. Yaralanan bitki hücrelerinden salgılanan özel bir madde, bakterideki diğer plazmiti (B plazmiti) aktif hâle geçirir. B plazmiti, rekombinant A plazmitin bitki hücresine geçmesini sağlar.
4. Böylece istenilen gen bitkilere aktarılmış olur. Genetiği değiştirilmiş bitki hücreleri antibiyotik ve büyüme hormonu içeren kültür ortamına taşınır.
5. Oluşan yeni bitki hem antibiyotiğe hem de böceklerle karşı dirençli olur.



Şekil 2.40: Bitkide gen klonlaması

#### -Hayvanlarda Klonlama

İnsanlardan izole edilen büyüme hormonu geninin fare embriyolarına aktarımı sonucu normale göre daha iri fareler elde edilmiştir.

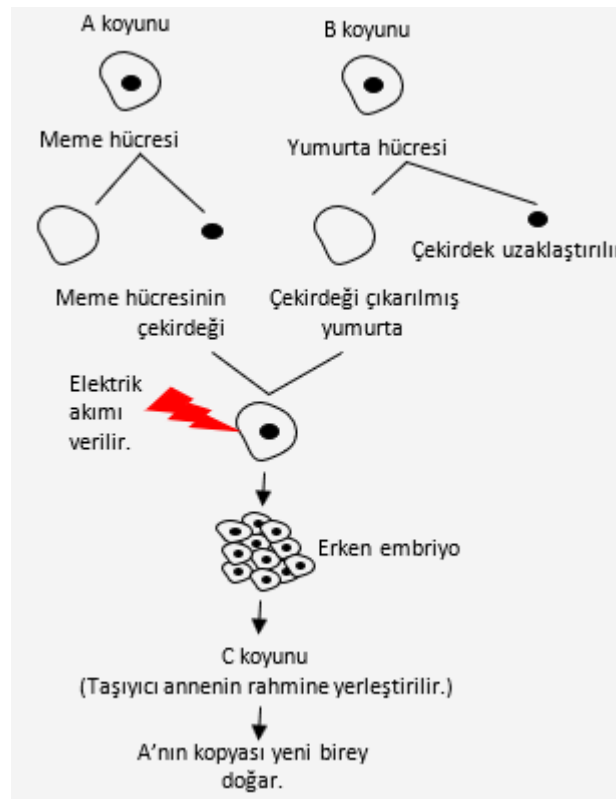
-Bir sığır ırkından fazla kas üretimine neden olan bir geni izole ederek farklı ırktaki sığırlara hatta koyunlara aktarmış ve daha fazla et üreten transgenik organizmalar elde etmişlerdir.

-Klonlama yöntemi ile bitki ve hayvanlarda ata canlı ile aynı genetik özelliklere sahip canlılar da elde edebiliriz. Memeli canlılardaki ilk klonlama 1997 yılında gerçekleştirilmiştir.

Klonlama sonucu oluşan ilk memeli olan Dolly, DNA'sını aldığı koyunun genetik olarak ikizidir.

### Dolly'nin klonlanma basamakları:

1. Ergin bir koyunun memesinden bir hücre alınır. Bu somatik hücre genetik olarak bir koyunun oluşması için gerekli bütün genleri içermektedir. Fakat bu genlerden sadece bir kısmı aktif durumdadır.
2. Meme hücresi besin bakımından fakir bir ortama alınarak hücre döngüsü durdurulur. G0 evresine giren hücrenin bütün genleri aktifleşmiş durumdayken çekirdeği çıkarılır.
3. Başka bir koyundan alınan yumurta hücresinin çekirdeği çıkarılır.
4. İlk koyundan alınan meme hücresinin çekirdeği, boşaltılmış yumurta hücresinin içine yerleştirilip, elektrik akımı yardımıyla kaynaştırılır.
5. Elektrik akımı aynı zamanda yumurta hücresinin bölünmeye başlamasını uyarır. Mitoz bölünmeler sonucunda altı günlük olan erken embriyo oluşur.
6. Erken embriyo taşıyıcı anne görevini yapacak olan üçüncü bir koyunun rahmine yerleştirilir.
7. Embriyonik gelişimin tamamlanması ile bir kuzu (Dolly) dünyaya gelir. Bu kuzu genetik olarak meme hücresinin çekirdeği alınan koyunla özdeşir.



**Şema: Dolly'nin klonlanmasının basamakları**

## GDO (Genetiği Değiştirilmiş Organizmalar)

-Bir canlının gen diziliminin değiştirilmesi ya da ona kendi doğasında bulunmayan bambaşka bir karakter kazandırılması yoluyla elde edilen canlı organizmalara “ Genetiği Değiştirilmiş Organizmalar” veya kısaca GDO adı verilmektedir.

### GDO ile ilgili kaygıların bazıları şunlardır:

- GDO'lar öldürücü alerjilere neden olabilir.
- GDO'lu yemler, hayvanlarda antibiyotik direncini artırır, antibiyotiklerin etkisini azaltır.
- Çoğu GDO'nun içerdiği böcek öldüren toksinlere hamile kadınların kanında ve fetusunda rastlandı.
- GDO ekim tarlalarında kullanılan yabancı ot ilaçları, memeliler için toksik etki ve insanlarda hormonal dengeyi bozma riski taşıyor.
- Vienna Üniversitesi'nde fareler üzerinde yapılan araştırmalarda, GDO'lu domatesleri yiyen farelerin, üç nesil sonra kısırlaştığı görülmüş.
- Fareler üzerinde yapılan deneylerde kanserojen etkisi tespit edilmiştir.
- İstenmeden de olsa insanlığa zarar verecek ve belki de insan türünün ortadan kalkmasına neden olacak bir mikroorganizma ya da başka bir tür yaratılabilir.
- Biyolojik savaşlarda insanlığın zararına kullanılabilir.
- Genetik yapının değiştirilmesi suretiyle insanlarda yeni bir hastalığa yol açan bakteri, vücudu savunmasız yakalayacağı için ciddi hastalıklara neden olabilir.
- Transgenik bitkilerde bulunan bazı toksinler, zararlı olmayan böcek türlerini öldürücü etki yapabilir.
- İnsanların besin kaynaklarını sadece bazı dev anonim şirketleri kontrol edebilir.

### GDO'nun olası yararları nelerdir?

- Gen aktarımı sayesinde besinler daha cazip ve kaliteli hale getirilebilir ve daha çok ürün alınabilir.
- Bu organizmalar bazı hastalıklara karşı daha dirençli kılınarak, verim artışı yoluyla dünyada açlıkla mücadele edilebilir.
- Meyvelerin olgunlaşma süreci değiştirilebilir,
- Besin öğeleri zenginleştirilebilir,
- Depolama ve raf ömrü uzatılabilir, besinlerin tatları arttırılabilir.

#### Örnek:

- Kutupta yaşayan bir balıktan alınan anti-freeze geni çileğe aktarıldığında çileğin soğukta yetiştirilmesi sağlanmıştır.
- Yapısında A vitamini bulunmayan beyaz pirinç, A vitamini sentezi yapan bir bakterinin aktarılmasıyla pirinç türlerinin A vitamini ürettiği görülmüştür.

## BIYOGÜVENLİK VE BİYOETİK

**-Biyogüvenlik:** İnsan ve diğer canlıların sağlığını, çevre ve biyolojik çeşitliliği korumak için GDO ve ürünleri ile ilgili faaliyetlerin güvenli bir şekilde yapılmasını ifade eder.

**-Biyoetik;** Biyoteknoloji ve gen teknolojisinde yaşanan gelişmeler, insan ve diğer canlıların yaşamları, insanın özgürlük ve onuru açısından etik anlamda meydana getirdiği sorunların irdelenmesi ve çözüm önerilerinin geliştirilmesi üzerinde çalışan bir disiplindir.

-Biyoetik çalışmaları, yüksek teknoloji ile gerçekleştirilen bilimsel araştırmalarda nelere izin verilip nelerin yasaklanması gerektiği; neye, ne kadar izin verilmesinin etik anlamda doğru kabul edilebileceği gibi sorulara yanıt arar ve bu konuda standartlar geliştirilmesini hedefler



## 2.ÜNİTE: CANLILARDA ENERJİ DÖNÜŞÜMLERİ

### METABOLİZMA

Hücrelerde gerçekleşen yapım, yıkım ve dönüşüm olaylarının bütününe metabolizma denir.

#### A. ÖZÜMLEME (ANABOLİZMA)

Metabolizmanın yapım reaksiyonlarıdır. Bu tür olaylara anabolizma, asimilasyon ve sentez gibi isimler de verilir.

Fotosentez, protein sentezi, nükleik asit sentezi, yağ sentezi ve kompleks şekerlerin sentezi önemli özümleme olaylarıdır.

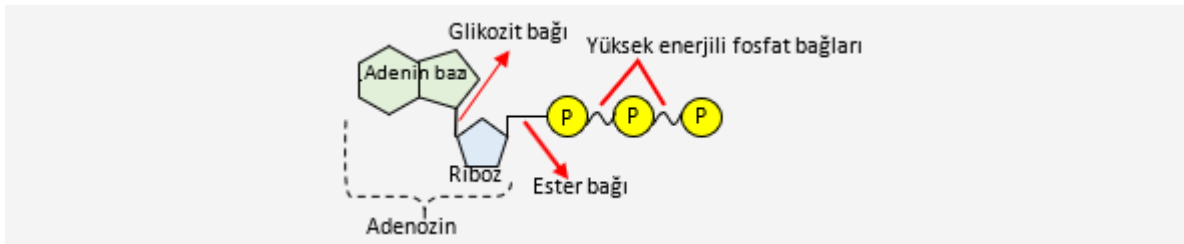
#### B. YADIMLAMA (KATABOLİZMA)

Metabolizmanın yıkım reaksiyonlarıdır. Bu tür olaylara katabolizma, disimilasyon gibi isimlerde verilir. Her çeşit sindirim, fermentasyon ve solunum en önemli yadımlama olaylarıdır.

#### C. ATP VE SENTEZ YOLLARI

Bir enerji molekülü olan ATP üç çeşit molekülden meydana gelmiştir. Bunlar;

1. Adenin (azotlu organik baz)
2. Riboz (5 karbonlu şeker)
3. Fosforik asit ( $H_3PO_4$ ) tir.



**Şekil: ATP molekülünün yapısı**

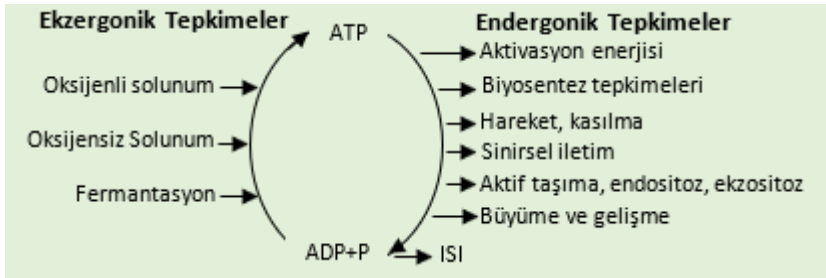
ATP sentezine **fosforilasyon** denir. ATP tüketimi ise **defosforilasyondur**.

-Tüm canlılar tarafından sentezlenir.

-ATP enerji depolar ancak kendisi hücrede depo edilemez.

-ATP, hücreler arası boşluklara çıkamaz. Hücre içinde sentezlenir ve hücre içinde harcanır.

- ATP ihtiyaç durumunda hücreden hücreye transfer edilebilir. Örneğin; bitkilerde arkadaş hücrelerden kalburlu hücelere ATP geçi olur.
- Sitoplazma, mitokondri ve kloroplastlarda sentezlenir.



**Şekil: ATP Döngüsü**

Tüm canlı sistemlerde enerjinin ATP yapısında tutulması dört yolla olur

### 1. Substrat Düzeyinde Fosforilasyon

ADP molekülü yüksek enerji potansiyeline sahip molekülle direkt ilişkiye girer. Glikoliz olayında ve mitokondrideki krebs devrinde gerçekleşir. Tüm canlılarda ortaktır.

### 2. Oksidatif Fosforilasyon

Enerji verici besin maddelerinin yıkımından oluşan yüksek enerjili elektronların enerjileri, mitokondrilerde ETS'den oksijene iletilirken ATP'nin sentezlenmesidir. Oksijenli solunumda görülür.

### 3. Fotofosforilasyon

Işık yardımıyla ADP'ye fosfat bağlanmasına denir. Klorofile sahip hücrelerde, fotosentez sırasında meydana gelir. ETS kullanılır.

### 4. Kemosentetik Fosforilasyon

Kemosentez reaksiyonlarında açığa çıkan enerji ile ATP sentezi yapılmasıdır. Sadece bazı bakteri türlerinde gerçekleştirilir.

## CANLILARDA ENERJİ DÖNÜŞÜMLERİ KONUSU:

### 1)FOTOSENTEZ

### 2)KEMOSENTEZ

### 3)HÜCRESEL SOLUNUM

#### 1)FOTOSENTEZ

Klorofil taşıyan canlıların ışık enerjisini kullanarak inorganik maddelerden organik madde sentezlemelerine fotosentez denir. Mor kükürt bakterileri gibi fotosentetik bakteriler, siyanobakteriler, bazı arkeler, öglena ve alg gibi protistler ve bitkiler fotosentez yapan canlılardır. Yeryüzündeki canlıların büyük bir kısmı, enerji ihtiyaçlarını karşılamak için doğrudan ya da dolaylı olarak fotosenteze bağımlıdır. İnorganik maddelerden organik madde sentezleyen canlılara ototrof canlılar denir.

Organik madde sentezi sırasında ışık enerjisini kullanan ototroflara ifotoototroflar denir. Organik besinleri sentezleyemeyen ve dışardan hazır olarak alan canlılara heterotrof canlılar denir. Heterotrof canlılar, besin ihtiyaçlarını ototroflardan ya da diğer heterotroflardan karşılar. Dolayısıyla fotosentez, ekosistemlerde besin ve enerji akışının temelini oluşturan en önemli biyolojik olaydır. Bitkiler fotosentez için gerekli olan su ve mineralleri, kökleri ile topraktan alırken CO<sub>2</sub> 'yi ise atmosferden alır. Fotosentezde oluşan O<sub>2</sub>'nin fazlası atmosfere verilir.

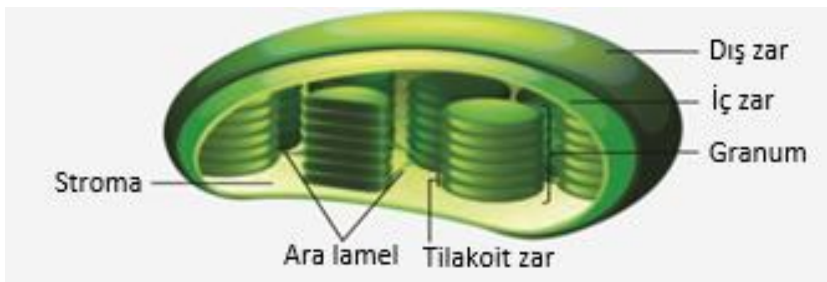
Fotosentez büyük oranda okyanus, deniz, akarsu ve göllerde yaşayan milyonlarca fitoplankton tarafından gerçekleştirilmektedir.

Yeşil bitkilerin havadan aldıkları CO<sub>2</sub> yi topraktan aldıkları su ile birleştirip glikoz yapmaları ve oksijen vermeleri olayına fotosentez denir. Olay sadece klorofilli hücrelerde ve ışıklı ortamlarda gerçekleşir.

\*Klorofil pigmenti ;prokaryot canlılarda sitoplazmada bulunurken ,ökaryot canlılarda ise kloroplast organelinde bulunur

Klorofil pigmenti yapısında C,H,O,N,Mg elementleri bulunur .Fe elementi ise yapısında bulunmaz ..fakat sentezi için şarttır çünkü enzim çalışmasında kofaktör olarak görev yapar.

\*Kloroplastın dışında seçici geçirgen yapılı ve çift katlı zar bulunur. İç kısmı ise stroma adı verilen sıvı ile doludur. Bu sıvıda; DNA, RNA,ribozom ve fotosentez için gerekli enzimler yer alır.Fotosentez sonucu üretilen glikoz molekülleri, geçici olarak kloroplastlarda depolanır. Kloroplast; stromada yer alan DNA, RNA ve ribozomlar sayesinde metabolik işlevler için gerekli olan proteinleri üretir,çekirdek kontrolünde kendini eşleyerek sayısını artırabilir. **(kloroplast yapısı ÖNEMLİ)**



**Şekil: Kloroplastın yapısı**

**NOT:** Kloroplastların kendilerine ait DNA'sı olduğundan gerektiğinde DNA'sını eşleyerek çoğalabilir. -Kloroplast içerisinde gerçekleşecek tepkimelerde görevli enzimlerin üretim yeri kloroplast stromasında bulunan ribozomlardır. Hücre sitoplazmasındaki ribozomlar değil. -Kloroplastlarda fotosentezin ışığa bağımlı reaksiyonlarında fotofosforilasyon ile üretilen ATP'ler yine fotosentezin ışıktan bağımsız reaksiyonlarında besin sentezi için harcanır. Kloroplast dışında başka bir metabolik olayda harcanmaz.

## BİTKİLERDE FOTOSENTEZİN GERÇEKLEŞTİĞİ YAPILAR

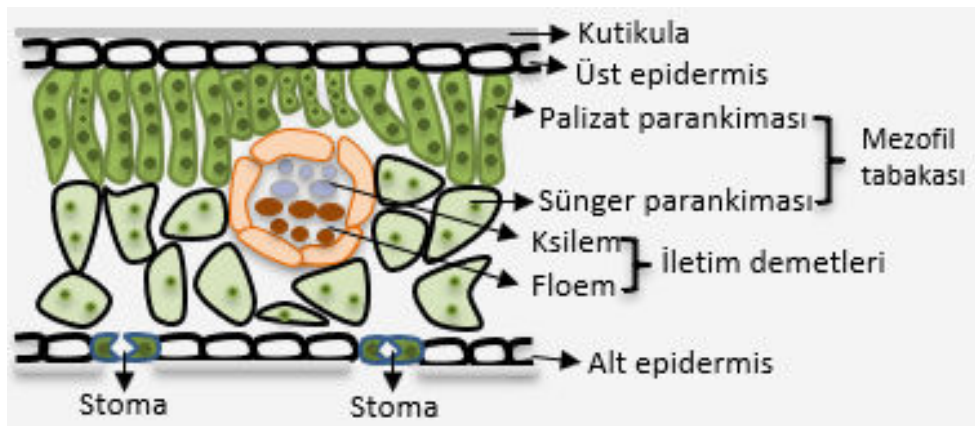
**Yaprak:** Bitkilerin çoğunda fotosentez yapraklarda gerçekleşir. Yaprak, **epidermis, iletim dokusu ve mezofil tabakası** olmak üzere üç ana bölümden oluşur.

**-Üst ve alt epidermis:** Tek sıralı bir hücre katmanı hâlinde koruyucu bir dokudur. Epidermis hücreleri kloroplast taşımaz, fotosentez yapmaz. Epidermis hücrelerinin farklılaşması ile oluşan, epidermis hücreleri arasında terleme ve gaz alış verişini sağlayan **stomalar** bulunur. **Stomalarda kloroplast bulunur. Dolayısı ile fotosentez gerçekleşir.**

**-İletim dokusu:** Bitkilerde su, mineral ve besin maddelerinin taşındığı yapılardır. Fotosentez gerçekleştirmezler.

**- Mezofil tabakası:** Yapraklarda kloroplast içeren hücreler, yaprağın iç kısmındaki mezofil tabakasında bulunur. Bu bölüm palizat ve sünger parankiması olmak üzere ikiye ayrılır. Yapraklarda en fazla kloroplast palizat parankiması hücrelerinde bulunur. Dolayısı ile en fazla fotosentez de burada gerçekleşir.

-Bir bitkinin bütün yeşil kısımları kloroplasta sahip olduğundan fotosentez yapabilir.Yaprakta, mezofil tabakasında (Palizat ve sünger parankiması hücrelerinde) ve epidermis hücreleri arasındaki stomalarda fotosentez gerçekleşir.

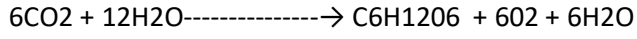


ŞEKİL: Bir yaprağın enine kesiti

**Canlılarda üç tip fotosentez türü vardır:**

**1) Bitkilerde, siyanobakterilerde ve alglerde**

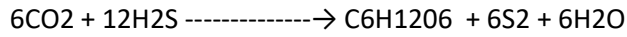
Işık enerjisi



klorofil

**2) Kükürt bakterilerinde**

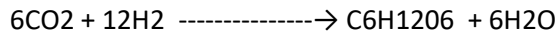
Işık enerjisi



klorofil

**3) Hidrojen bakterilerinde**

Işık enerjisi

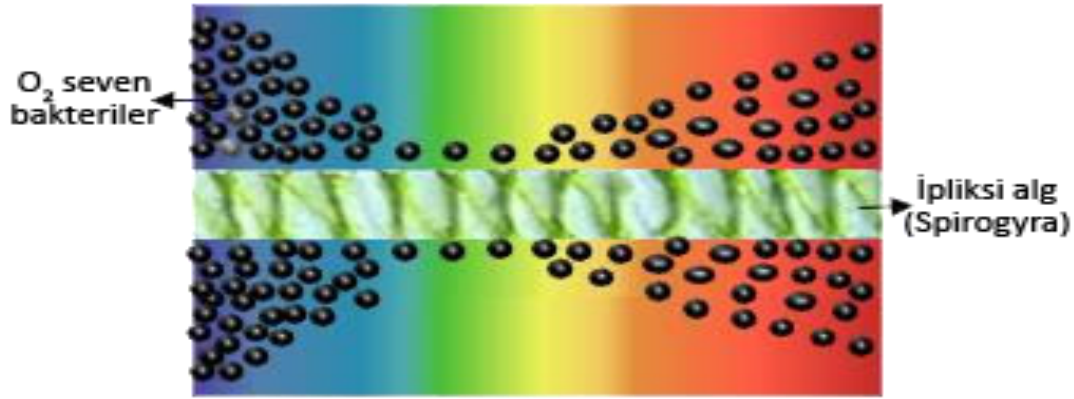


klorofil

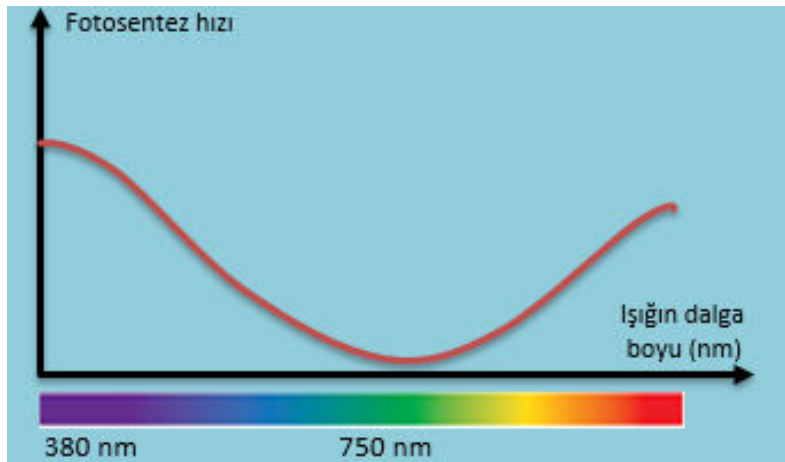
**Fotosentezde karbon kaynağı, sadece CO<sub>2</sub>'dir. Ancak hidrojen kaynakları, farklılık gösterebilir. Bitkiler ve bazı bakteriler, H<sub>2</sub>O'yu hidrojen kaynağı olarak kullanırken; bazı fotosentetik bakteriler, H<sub>2</sub>S (Hidrojen sülfür) yi ya da H<sub>2</sub>'yi hidrojen kaynağı olarak kullanmaktadır. Hidrojen kaynağı değiştikçe atmosfere verilen yan ürünler de değişmektedir.**

Fotosentez hızı ile görünür ışık spektrumu arasındaki ilişki, 1883 yılında Theodore Engelmann (Teodor Engilmin) tarafından yapılan bir deneyle gösterilmiştir. Engelmann, ipliksi alg kullanarak yaptığı deneyde algin farklı kısımlarının farklı dalga boyunda ışığa maruz kalmasını sağlamıştır. Algin hangi kısımda daha çok fotosentez yaparak oksijen çıkardığını saptamak için oksijenli solunum yapan bakteriler kullanmıştır. Algin mor, mavi ve kırmızı dalga boylu ışığın düştüğü bölgelerinde bakterilerin daha çok kümeleştiğini görmüştür. Engelmann yaptığı bu deneyle; klorofilin en çok mor, mavi ve kırmızı dalga boylu ışığı soğurduğunu ve fotosentezin bu ışıkların düştüğü kısımlarda daha hızlı gerçekleştiğini ispatlamıştır ..

**BU DENEY SONUCUNA GÖRE; fotosentez hızı en yüksekten en düşüğe göre renk sıralaması MOR-MAVİ-KIRMIZI-TURUNCU-SARI-YEŞİL dir.**



*Şekil: Engelman deneyi düzeneği*



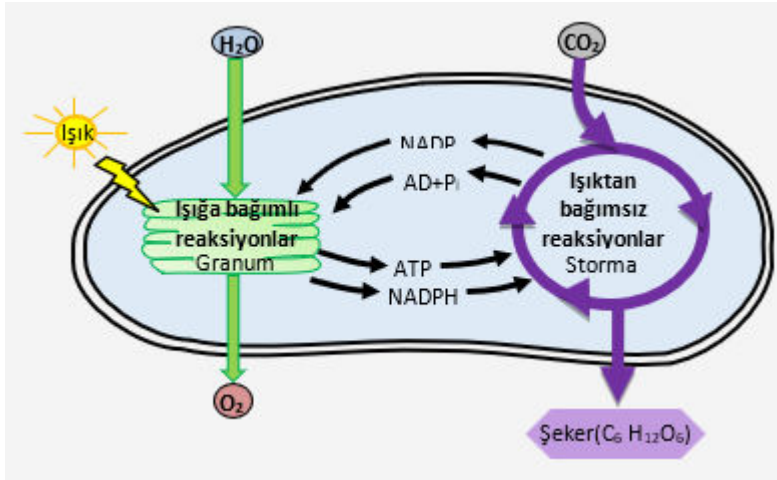
*Grafik : Işığın dalga boyunun fotosentez*

## A. FOTOSENTEZ REAKSİYONLARI

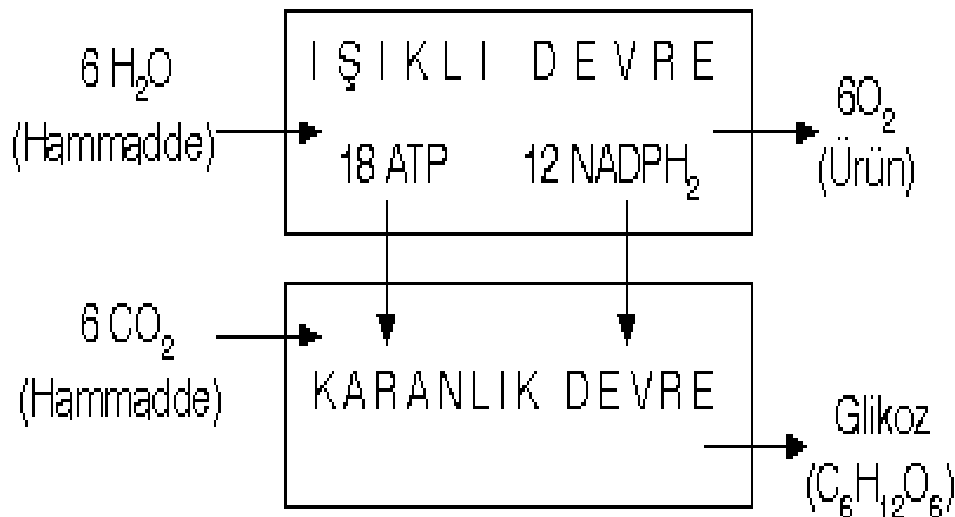
Fotosentez, iki ana basamakta gerçekleşir.

-Birinci basamakta ışık enerjisi, hücrenin doğrudan kullanabileceği kimyasal enerjiye dönüştürülür. Dönüşüm sırasında mutlaka ışık enerjisi kullanıldığından bu olaya **ışığa bağımlı reaksiyonlar** denir.

-İkinci basamakta  $\text{CO}_2$  kullanılarak birinci basamaktan gelen ATP ve NADPH molekülleri yardımıyla organik madde sentezlenir. Bir dizi kimyasal tepkimelerin gerçekleştiği bu basamağa **ışıkta bağımsız reaksiyonlar** denir. **Özetle birinci kademe ışık kullanılarak, ikinci kademe için gerekli olan ATP ve NADPH2 ler üretilir.**



*Şekil: Fotosenteze genel bir bakış: Işığa bağımlı reaksiyonlar ve ışıktan bağımsız (Kalvin döngüsü) reaksiyonlar arasındaki iş birliği*



## 1. Işığa bağımlı evre Reaksiyonları

Bu devre kloroplastın zar katmanları içinde yani granalar'da gerçekleşir. Işık mutlaka gereklidir ve iki şekilde meydana gelir.

**Amaç; ışıktan bağımsız tepkimeler için gerekli ATP ve NADPH üretmektir.**

-Işık ve klorofil olmadan gerçekleşmez.

-Kloroplastların granumlarını oluşturan tilakoit zarlarda gerçekleşir.

- Sıcaklıktan çok ışık şiddeti önemlidir. (Kullanılan enzimler koenzim olduğu için)

-İlk gerçekleşen olay FS II ve FS I'in klorofil a moleküllerinin ışığı soğurması ve elektron kaybederek yükseltgenmesidir.

-İkinci sırada gerçekleşen olay, suyun fotolizidir

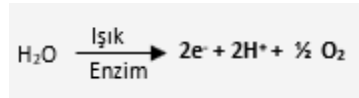
-Daha sonra fotofosforilasyon ile ATP üretilir.

-En son gerçekleşen olay NADP'nin indirgenmesidir. Yani NADPH+H<sup>+</sup> üretimidir.

**- FS I ve FS II'nin ortak amacı NADPH üretilmesini sağlamaktır.**

**- Bu evrede gerçekleşen en önemli olay suyun fotolizidir.**

**-Suyun fotolizi (suyun oksidasyonu):** Işık enerjisi ve enzimlerle su moleküllerinin iyonlarına ayrışması olayıdır.



### Fotosentezde kullanılan suyun 3 önemli işlevi vardır:

1. NADP<sup>+</sup> için hidrojen kaynağıdır.
2. Atmosfer için oksijen kaynağıdır.
3. FS II (klorofil) için elektron kaynağıdır.

-Klorofil molekülünün ışığı soğurmasıyla serbest kalan elektronları tutabilen elektron taşıma sistemleri (ETS) vardır.

-Bu sistemde klorofilden ayrılan elektronlar, yükseltgenme-indirgenme kurallarına göre hareket ederek bir molekülden diğerine aktarılır.

-Bu sırada açığa çıkan enerji ile stromada var olan protonlar, tilakoit boşluğa pompalanır. Böylece tilakoit boşlukta protonların yoğunluğu artar.

-FS I'den ayrılan elektron NADP tarafından tutulur.

-FS I kaybettiği elektronunu FS II'den gelen elektronlarla tamamlar. FS II'nin kaybetmiş olduğu elektronlar ise ortamda bulunan suyun fotolizinden oluşan elektron ile tamamlanır.

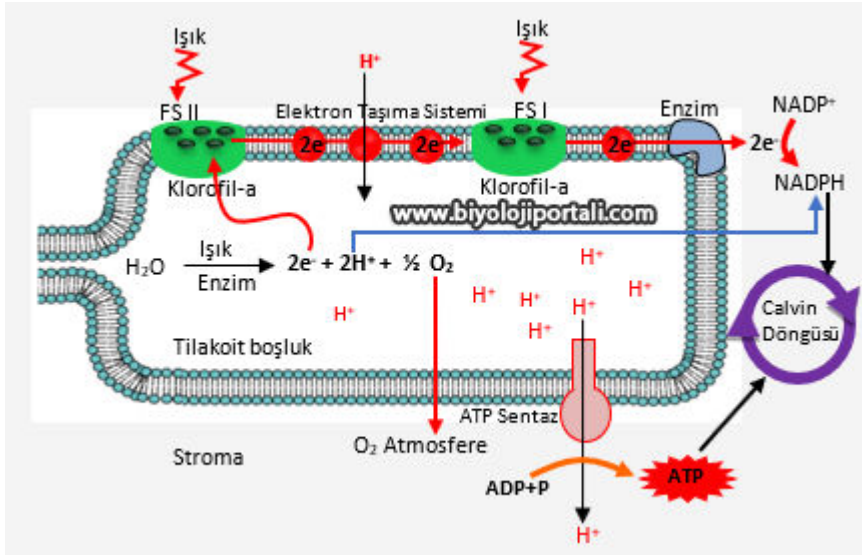
**-Işığa bağımlı reaksiyonlarındaki elektron akışı; H<sub>2</sub>O → FS II → FS I → NADPH şeklindedir.**



## KEMİOZMOTİK HİPOTEZ

-Işığa bağımlı reaksiyonlarda gerçekleşen fotofosforilasyon ile ATP sentezi **kemiozmotik hipoteze** göre açıklanır. Kemiozmotik hipotez, "Zar yüzeyleri arasındaki proton derişimi farkı ATP sentezini sağlar" şeklinde ifade edilebilir.

.Tilakoit zarda biriken protonlar yoğun oldukları tilakoit boşluktan stromaya geçerken tilakoit zardaki ATP sentaz enzimi aktif hale gelir ve ADP'ye fosfat eklenerek ATP üretilmesini sağlar.



Şekil: Işığa bağımlı reaksiyonlar sonucu kloroplastlarda ATP ve NADPH üretilmesi

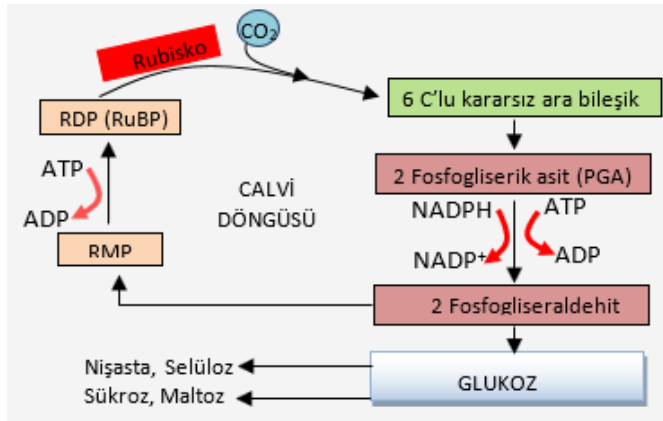
## 2. Işıktan bağımsız evre reaksiyonları (calvin döngüsü evresi = enzimatik evre = karbon tutma reaksiyonları)

Işığın kullanılmadığı, enzimatik reaksiyonlar evresidir. Bundan dolayı karanlık devre denir. Ama olayları yine ışıklı ortamda olur. Çünkü ışıklı devreye bağlıdır.

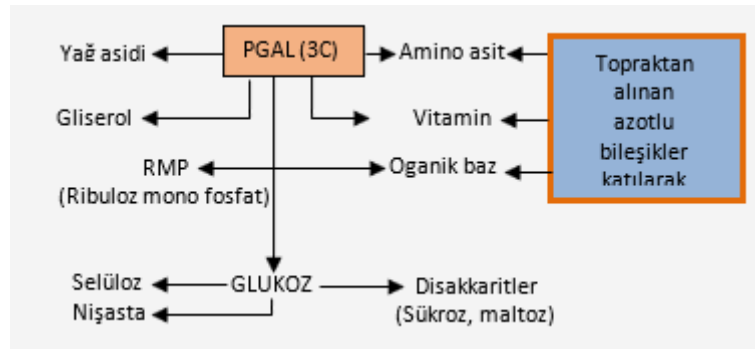
Kloroplastın sıvı kısmında gerçekleşen bir karbon döngüsüdür. Işıklı devreden getirilen hidrojenlerle CO<sub>2</sub> indirgenir ve organik bileşikler sentezlenir. Gerekli aktivasyon enerjisi ise, yine ışıklı devreden gelen ATP lerle sağlanır.

Karanlık devre reaksiyonlarında mutlaka CO<sub>2</sub> gerekli olup, bu safha sıcaklık değişmelerine karşı hassastır. Çünkü enzimler katalizör olarak görev yapar.

Bir molekül glikozun sentezlenebilmesi için 6 molekül CO<sub>2</sub> nin tutulması gerekir. 1 CO<sub>2</sub> için 3 ATP ve 2 NADPH<sub>2</sub> gerekli olduğuna göre; 1 glikoz için 18 ATP ve 12 NADPH<sub>2</sub> gerekir. Bunun için ise, ışıklı devre olaylarının 6 defa tekrarlanması gerekir



**NOT: PGAL, glikozun yanı sıra amino asit, yağ asidi, gliserol gibi organik moleküllerin sentezine de katılır.**



**Şekil: PGAL'den organik moleküllerin sentez basamakları**

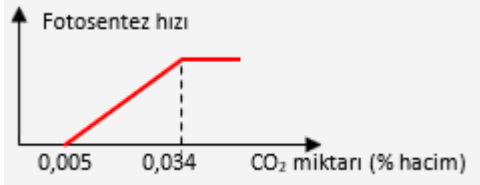
### **Fotosentezin ışığa bağımlı ve ışıktan bağımsız reaksiyonlarının karşılaştırılması**

<b>İşığa bağımlı reaksiyonlar</b>	<b>İşıktan bağımsız reaksiyonlar</b>
Kloroplastın granaları oluşturan tilakoit zarında gerçekleşir.	Kloroplastın stromasında gerçekleşir.
Işık, klorofil (FS I ve FS II), ETS görev yapar.	Işık, klorofil (FS I ve FS II), ETS görev yapmaz.
ADP+P <sub>i</sub> , su harcanır.	CO <sub>2</sub> , ATP, NADPH harcanır.
ATP, NADPH, O <sub>2</sub> üretilir.	Organik monomerler, organik bazlar, vitaminler... üretilir.
Suyun fotolizi gerçekleşir.	Fotoliz görülmez.
ETS görev yapar.	ETS görev yapmaz.
Fotofosforilasyon ile ATP üretilir.	Fotofosforilasyon görülmez, tersine defosforilasyon gerçekleşir.
NADP indirgenir.	NADPH yükseltgenir.
Sıcaklıktan çok ışık şiddeti etkidir.	Işık şiddetinden çok sıcaklık değişimleri etkilidir.
Gerçekleşmesi için ışık ve klorofil şarttır.	Gerçekleşmesi için ışık ve klorofil şart değildir. Ancak ışığa bağımlı reaksiyonlarda üretilen ATP ve NADPH şarttır.
ATP sentaz enzimi görev yapar.	ATP sentaz enzimi görev yapmaz.
Gündüz gerçekleşir.	Gündüz gerçekleşir.

## B. FOTOSENTEZ HIZINI ETKİLEYEN FAKTÖRLER

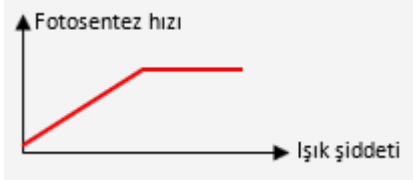
### 1. Çevresel Faktörler

**1. CO<sub>2</sub> miktarı:** CO<sub>2</sub>, fotosentezin ışıktan bağımsız tepkimelerinin başlaması için gereklidir. CO<sub>2</sub> miktarı arttığında fotosentez hızı belirli bir değere kadar artar. Sonra da sabit kalır. Havadaki CO<sub>2</sub> yoğunluğu belirli bir sınırın altına düşerse bitki CO<sub>2</sub> bağlayamaz ve fotosentez durur. Bu sınır yaklaşık %0,005'tir. -Kalsiyum hidroksit Ca(OH)<sub>2</sub> veya potasyum hidroksit (KOH), Na(OH), Ba(OH)<sub>2</sub> gibi CO<sub>2</sub> bağlayan bileşiklerin ortamda bulunması fotosentez hızını düşürür. Sodada ve gazozda CO<sub>2</sub> ve mineral fazla olduğu için fotosentez hızını olumlu etkiler.



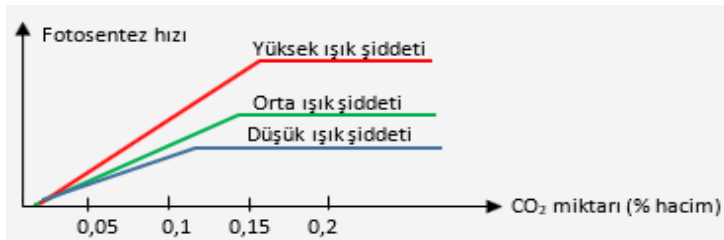
**Grafik: CO<sub>2</sub> Miktarının Fotosentez Hızına Etkisi**

**2. Işık şiddeti:** Bitkiler ışıksız ortamda fotosentez yapamaz. Işık, fotosentezin ışığa bağımlı tepkimelerinde ATP ve NADPH+H<sup>+</sup> sentezlenmesinde kullanılır. Işık şiddeti arttıkça fotosentez hızı belirli bir seviyeye kadar artar, sonra sabit kalır.



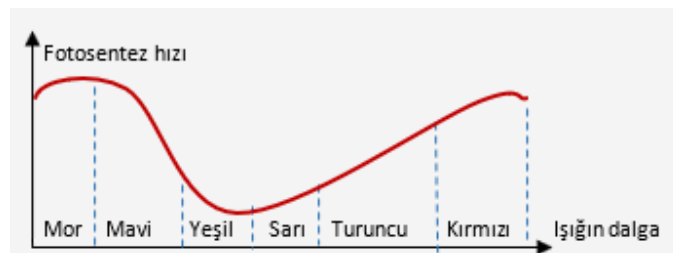
**Grafik: Işık Şiddetinin Fotosentez Hızına Etkisi**

**3. CO<sub>2</sub> ve ışık şiddetinin birlikte etkisi:** CO<sub>2</sub> ve ışık şiddeti bir arada düşünülürse, CO<sub>2</sub> miktarı arttıkça fotosentez hızı da artmakta, ancak sonra sabit kalmaktadır. Işık şiddeti artırıldıkça CO<sub>2</sub> miktarındaki artış ile birlikte fotosentez hızı biraz daha artmakta, ancak sonra yine sabit kalmaktadır. Doyma noktasına kadar fotosentez hızını CO<sub>2</sub> belirlerken doyma noktasından itibaren ışık şiddeti belirleyici faktör olmaktadır.



**Grafik: Işık Şiddeti ve CO<sub>2</sub> Miktarının Fotosentez Hızına Birlikte Etkisi**

**4. Işığın dalga boyu:** Fotosentez, 350-780 nm dalga boyu aralığındaki görünür ışıktaki gerçekleşir. Canlıların fotosentez yapabilmesi için öncelikle ışığın soğurulması gerekir. Klorofil mor, mavi ve kırmızı dalga boylarındaki ışığı en iyi soğurduğu için fotosentez bu dalga boylarında daha hızlıdır. Fotosentez hızının en düşük olduğu dalga boyu ise klorofil tarafından yansıtılan yeşil renge karşılık gelmektedir.

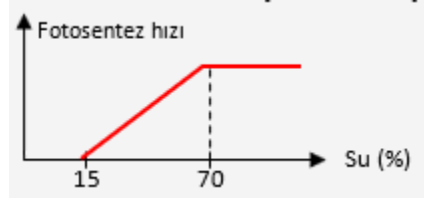


**5. Ortam sıcaklığı:** Fotosentezin ışıktan bağımsız tepkimeleri üzerinde daha çok etkilidir. Çünkü bu tepkimelerde bir çok enzim görev yapmaktadır. Sıcaklık artışı tepkimelerin hızını da artırır; belirli bir noktadan sonra ise bu artış tepkimeleri durdurabilir. Fotosentezin ideal sıcaklık (optimum sıcaklık) derecesi 25-35°C arasındır. 35°C'un üstüne çıktığında genellikle enzim yapısı bozulacağından fotosentez hızı düşer ve durur.



**Grafik: Sıcaklığın Fotosentez Hızına Etkisi**

**6. Su miktarı:** Fotosentezin ışığa bağımlı tepkimelerinde su, iyonlarına ayrılarak FS II için elektron, NADP+ için hidrojen ve atmosfer için oksijen kaynağı olur. Fotosentezde kullanılan CO<sub>2</sub> bitkiye stomalardan girer. Stomaların açılması da bitkideki su oranına bağlıdır. Ayrıca fotosentez enzimlerinin çalışması için su oranının belirli bir değerde olması gerekir. Bitkide su miktarı %15'in altına düşerse enzimler çalışmayacağı için fotosentez durur.



**Grafik: Su Miktarının Fotosentez Hızına Etkisi**

**7. Mineraller:** Mineraller hem biyokimyasal süreçlerde görev yapar hem de fotosentez elemanlarının yapısına katılır. Örneğin Fe, ETS elemanlarından ferrodoksinin ve klorofil sentezini katalizyen bir enzimin yapısına katılır. Mg klorofilin yapısında bulunur. Mn, Ca, K ise fotosentezde rol oynayan bazı enzimlerin kofaktörüdür. Minimum yasasına göre fotosentez hızını miktarı en düşük olan mineral belirler.

**8. Ortamın pH değeri:** Fotosentez, özellikle ışığa bağımlı olmayan reaksiyonların enzimatik yönü yüksek olduğundan, enzimler de belirli pH aralıklarında çalıştıklarından dolayı ortam pH'ı fotosentez hızını etkiler.

## 2. Genetik Faktörler

**1. Kloroplast Sayısı:** Fotosentez, kloroplastlarda gerçekleşir. Yapraktaki kloroplast ve klorofil miktarı arttıkça fotosentez hızı da artar.

-Koyu yeşil yapraklı bitkilerde kloroplast miktarı fazladır.

-Yaprakta fotosentezin en yoğun gerçekleştiği bölüm kloroplast ve klorofil miktarı en fazla olan palizat parankimasıdır.

**2. Yaprak yapısı ve sayısı:** Bitkideki yaprakların yüzey genişliği ve sayısı arttıkça fotosentez hızı da artar.

-Ayrıca yaprak konumu da fotosentez hızını etkiler. Aynı bitkinin doğrudan ışık alabilen yaprakları, ışığı tam alamayan alt kısımdaki yapraklara oranla daha hızlı fotosentez yapar.

**3. Stoma sayısı, konumu ve büyüklüğü:** Stoma yaprakta gaz alışverişini sağlar. Stoma sayısı ne kadar fazla olursa bitki CO<sub>2</sub> den daha çok faydalanır. Bu durum da fotosentez hızını olumlu yönde etkiler. Ayrıca stomaların yapısı, büyüklüğü ve dağılışı da fotosentez hızı üzerinde etkilidir. Stomalar yüzeye yaklaştıkça gaz difüzyonu kolaylaşacağı için fotosentez hızını arttıracaktır. Nemli ortam bitkileri böyledir.

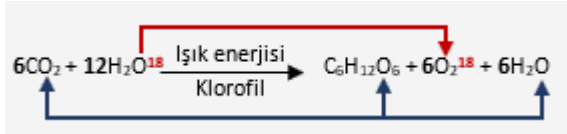
**4. Epidermis ve kutikula kalınlığı:** Yaprakların yüzeyini örten, epidermis hücreleri tarafından salgılanan mumsu tabakaya **kutikula** denir.

-Epidermis ve kutikula kalınlaştıkça güneş ışığını daha az geçireceğinden fotosentez hızı yavaşlar.

-Kurak ortam bitkilerinde yaprak yüzeyi dar, stoma sayısı az ve kutikula tabakası kalındır.

**5. Enzim miktarı:** Fotosentezde özellikle ışığa bağımlı olmayan tepkimelerinde pek çok enzim görev yapmaktadır. Fotosentez enzimleri ne kadar fazla ise fotosentez de o derece hızlı gerçekleşir.

## ÖNEMLİ NOTLAR:



### Bütün fotosentez tepkimelerinin ortak özellikleri:

-Işık enerjisi kullanılır.

-Klorofil görev yapar.

-CO<sub>2</sub> indirgenir (=özümленir, =kullanılır.)

-İnorganiklerden organik besin sentezlenir.

-Glikoz ve su oluşur.

-Enzimatik tepkimelerdir.

-Fotofosforilasyon ile ATP üretilir.

-ETS görev yapar.

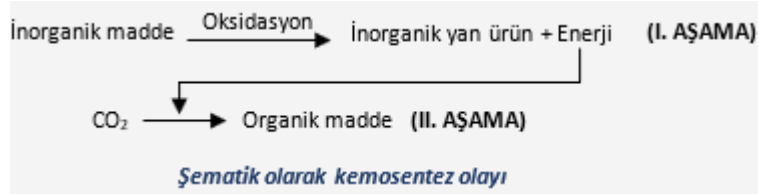
-Hidrojen ve elektron kaynağı kullanılır.

### Bakteri fotosentezi ile bitki fotosentezinin farkları

Bakteri fotosentezi	Bitki fotosentezi
-Hidrojen ve elektron kaynağı olarak H <sub>2</sub> O ve H <sub>2</sub> S kullanılır.	-Hidrojen ve elektron kaynağı olarak H <sub>2</sub> O kullanılır.
-Fotosentetik pigmentler, sitoplazmik zarın içeriye doğru girinti yapmasıyla oluşan iç zar sistemlerine kaynaşırlar.	Fotosentetik pigmentlerin tamamı, tilakoit zarında bulunur
-Yan ürün olarak O <sub>2</sub> , S oluşur.	-Yan ürün olarak sadece O <sub>2</sub> oluşur.
-ETS elemanları hücre zarında bulunur.	-ETS elemanları kloroplastların tilakoit zarlarında bulunur.

## 2) KEMOSENTEZ

Bazı bakterilerin klorofil gibi yapıları bulunmadığından güneş enerjisinden faydalanamazlar. Dışarıdan organik besin de almazlar.



Bu organizmalar yaşadıkları ortamdaki inorganik maddeleri oksitleyerek enerji kazanırlar.

$\text{NH}_3 + \text{O}_2 \rightarrow \text{NO}_2(\text{Nitrit}) + \text{H}_2\text{O} + \text{K.cal.}$  (**Enerji Eldesi**)

Bu enerjiyi su ve karbondioksitin birleştirilmesinde kullanır, kendilerine lazım olan organik besin maddelerini yaparlar veya doğrudan ATP sentezlerler. İşte kimyasal enerjiden faydalanarak organik besinler yapılması olayına kemosentez adı verilir.

Her türün oksitlediği madde farklı olabilir. Buna göre bakteri isimleri oluşturulmuştur. En çok oksitlenen maddeler,  $\text{NH}_3$ , S,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{N}_2$  dir.

$\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 + \text{K.cal.} \rightarrow \text{Glikoz} + \text{O}_2$  (**Besin Sentezi**)

$\text{ADP} + \text{Pi} + \text{K.cal.} \rightarrow \text{ATP} + \text{H}_2\text{O}$  (**Kemosentetik Fosf.**)

Bu tür bakteriler yaşadıkları ekosisteme oksijen bakımından katkıda bulunmazlar. Çünkü ürettikleri kadarını tüketirler.

### KEMOSENTEZİN ÖNEMİ

1. Kemosentez, amonyak ( $\text{NH}_3$ ) , hidrojen sülfür ( $\text{H}_2\text{S}$ ) gibi işe yaramaz gibi görünen, biriktiğinde çevre kirliliğine neden olan zararlı zehirli maddeleri işe yarar ve hale getirir.
2. Azotlu bileşikleri bitkilerin alabileceği azot tuzlarına dönüştürür.
3. Başta azot döngüsü olmak üzere doğadaki madde döngülerinde önemli bir role sahiptir.
4. Kemosentetik bakteriler kemosentez ile kendi besinini üretirken azotlu bileşiklerin toprakta tutulmasını sağlar.
5. Doğadaki biyolojik dengenin korunmasında önemli bir role sahiptir.

### KEMOSENTEZİN ENDÜSTRÜYEL ALANDA KULLANIMI

1. Kemosentetik mikroorganizmalar uranyum, altın ve bakır gibi madenlerin cevherlerinden ayrıştırılması (biyomadencilik) işlemlerinde de kullanılmaktadır
2. Atık suların arıtılması sürecinde açığa çıkan çamura kemosentetik bakteriler ve arkeler ilave edilerek bu atıkların gübre olarak kullanılabilir düzeyde parçalanması sağlanır.
3. Petrol ile kirlenen su kıyılarına gübre püskürtülerek kemosentetik bakterilerin çoğalması, dolayısıyla petrolün parçalanması hızlandırılabilir.
4. Altın, özel tanklar içerisinde kemosentetik bakteriler yardımıyla cevherlerinden ayrıştırılır.

### FOTOSENTEZ ve KEMOSENTEZİN ORTAK ÖZELLİKLERİ

1. İnorganik maddelerden organik madde sentezlenir.
2. CO<sub>2</sub> tüketilir. (CO<sub>2</sub> özümlemesi yapılır.)
3. ATP sentezlenir, harcanır.
4. Enzimatik reaksiyonlarla gerçekleşir.
5. ETS görev yapar. NADP<sup>+</sup> indirgenir.
6. Oksijensiz ortamlarda gerçekleşebilirler.
7. Hidrojen kaynağı kullanılır.

### FOTOSENTEZ-KEMOSENTEZ KARŞILAŞTIRMASI

FOTOSENTEZ	KEMOSENTEZ
Klorofili bulunan canlılar yapar.	Sadece bazı bakteriler ve arkebakteriler yapar.
Prokaryot ve ökaryot canlılar yapabilir.	Sadece prokaryot canlılardan bazıları yapar.
Işık enerjisi kullanılır	Kimyasal enerji kullanılır.
Enerji kaynağı güneş	Enerji kaynağı Fe <sup>2+</sup> , NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , H <sub>2</sub> S ve S <sub>2</sub> gibi inorganiklerdir.
Fotofosforilasyon ile ATP üretilir.	Oksidatif fosforilasyon ile ATP üretilir.
Doğal şartlarda gündüz gerçekleşir.	Doğal şartlarda gece ve gündüz gerçekleşebilir.
Klorofil gereklidir.	Klorofile gerek yoktur.
O <sub>2</sub> üretilebilir.	O <sub>2</sub> tüketilebilir.

### 3) HÜCRESEL SOLUNUM

Hücreler, canlılığını devam ettirmek ve çoğalmak için enerjiye ihtiyaç duyar. Fotosentezle üretilen organik besinler ve oksijen, solunum olayında kullanılarak enerji elde edilir. Hücrelerde; glikoz, yağ asidi, gliserol, amino asit gibi moleküllerin yapısındaki kimyasal bağ enerjisi ile ATP sentezlenmesine **hücresel solunum** denir.

Tek hücreli ve çok hücreli canlıların her bir hücresinde birçok yapım ve yıkım tepkimeleri gerçekleşir. Canlıların beslenme yoluyla aldıkları bileşiklerin kimyasal bağlarındaki enerjiyi açığa çıkarmaları ve çıkardıkları enerjiyle yeni bileşikler sentezledikleri tepkimelerin tümü metabolizmadır.

Metabolik faaliyetlerin büyük bir bölümünde enerji harcanır. Bu enerji hücresel solunumla üretilen ATP molekülünden karşılanır. ATP, dış ortamdan veya diğer hücrelerden alınamaz. Hücrelerin dolayısıyla canlıların varlığını sürdürmesi, hücresel solunumun kesintisiz bir şekilde devam etmesine bağlıdır.

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

Oksijen ve enzimler yardımıyla enerji verici organik moleküllerin H<sub>2</sub>O ve CO<sub>2</sub>'ye kadar parçalanması sırasında açığa çıkan enerji ile ATP sentezlenmesine **oksijenli solunum** denir. Glikozun hücre sitoplazmasında oksijensiz olarak yıkılıp enerji elde edilmesine **oksijensiz solunum** denir.

**Fermantasyon** ise besinlerin yapı taşlarının oksijen kullanmadan kısmi olarak yıkılıp ATP elde edilmesi olayıdır.

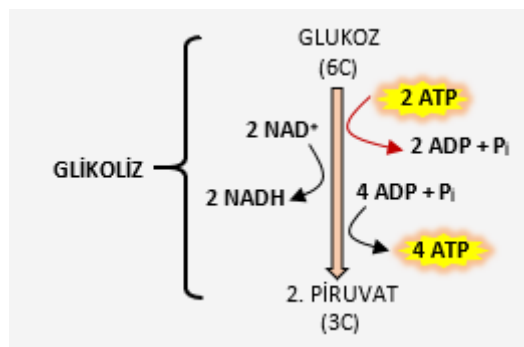
NOT: \* Her üç solunumda da amaç enerji üretmektir.

\*Her üç solunumun da ilk evresi glikoliz dir..

**\*GLİKOLİZ EVRESİ:** Tüm canlı hücrelerde ortak olarak gerçekleşir . Sitoplazmada olur. 1glikoz 2 pürivat a kadar parçalanır. SDF ile toplam 4ATP ,net 2 ATP SENTEZLENİR.. NAD koenzimi hidrojen alarak indirgenir ve NADH<sub>2</sub> ye dönüşür.

-Glikoliz, hemen hemen tüm canlılarda sitoplazmada aynı enzimlerle gerçekleşir. Bunun nedeni her aşamada görev alan enzimlerin tüm canlılarda bulunmasıdır.

-Glikoliz enzimlerinin tüm canlı hücrelerde ortak olması tüm canlı hücrelerde ortak ya da benzer genlerin bulunduğunu kanıtlar.



**Şema: Glikoliz evresi**

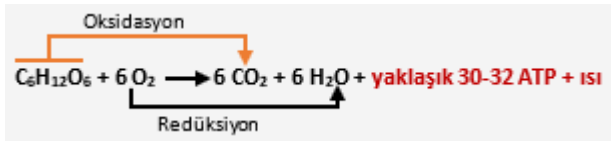


## OKSİJENLİ SOLUNUM (AEROBİK SOLUNUM)

-Enerji verici organik besin monomerlerinin oksijen kullanılarak inorganik moleküllere (CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O veya bunlarla beraber NH<sub>3</sub>) kadar parçalanması ile açığa çıkan enerjiyle ATP sentezlenmesine oksijenli solunum denir.

-Prokaryot canlıların sitoplazmalarında başlar hücre zarı kıvrımlarında (mezozom), ökaryot canlılarda ise yine sitoplazmada başlar mitokondride devam eder.

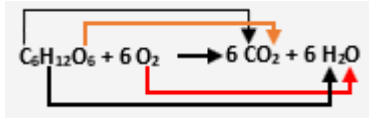
-Genel denklemi:



Glikoz, oksijenli solunumda CO<sub>2</sub> ve H<sub>2</sub>O'ya kadar parçalanır. Bu sırada glikoz elektron kaybederek okside olurken oksijen de elektron alarak indirgenir.

-Glikozun yapısına katılan atomların radyoaktif izotopları kullanılarak oksijenli solunum reaksiyonlarında oluşan ürünlerin kaynağı belirlenebilmiştir.

Buna göre glikozun atomlarının ve oksijenin oluşan ürünlere geçişini şöyle gösterebiliriz:



### Mitokondri

-Prokaryot canlılar ve memeli olgun alyuvarlarının dışında oksijenli solunum yapan tüm hücrelerde bulunur.

-Mitokondriler hücrenin enerji santralleridir. Oksijenli solunum ile ATP üretir.

-Substrat düzeyinde fosforilasyon ve oksidatif fosforilasyon ile ATP sentezlenir.

-Çift zarlıdır.

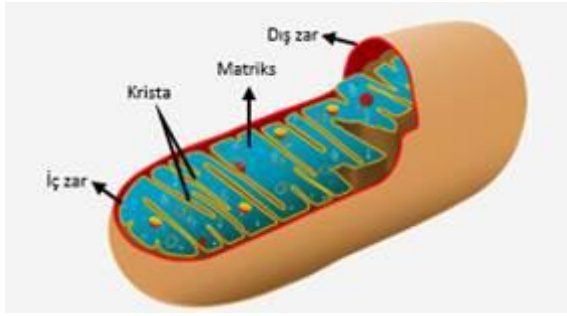
-Dış zar düz, iç zar kıvrımlıdır. Kıvrımlı bu yapıya krista denir.

-Krista üzerinde ETS enzimleri (enerji üretiminde görev alan enzimler) vardır.

-Kristadaki kıvrımlar mitokondrinin yüzeyini genişletir. Böylece daha fazla ATP üretilir.

-Kendisine ait DNA, RNA ve ribozomu vardır.

-Kıvrımların arasını matriks adı verilen sıvı doldurur. DNA, RNA, ribozom ve solunum enzimleri matriks içinde bulunur.



--Mitokondride oksijenli solunum ile ATP üretildiğine göre, mitokondri etkinliği artan bir hücrede;

-O<sub>2</sub> tüketimi artar. Enerji verici olarak kullanılan glikoz, yağ asidi ve gliserol gibi monomerlerin miktarı azalır. Yoğunluk azalır. CO<sub>2</sub> artar. pH düşer. Asitlik artar. Üretilen ATP artar. Isı artışı olur. H<sub>2</sub>O miktarı artar. Osmotik basınç azalır. Turgor basıncı artar.

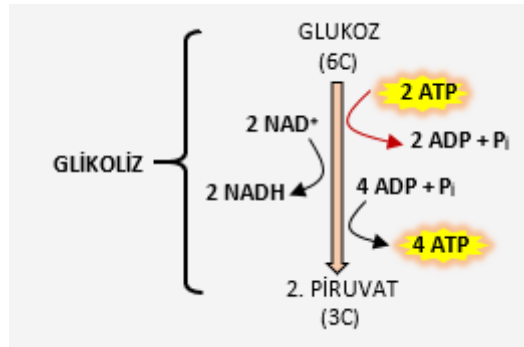
-Oksijenli solunum, glikoliz, krebs döngüsü ve ETS olmak üzere üç aşamada tamamlanır.

**1. Glikoliz:** Bütün hücresel solunum tepkimeleri glikoliz ile başlar. Glikoliz, glukozun hücrenin sitoplazmasında enzimlerle 2 molekül piruvata (pirüvik aside) yıkıldığı evredir..

-Glukozun aktifleşmesi ve reaksiyonun başlayabilmesi için aktivasyon enerjisi olarak 2 ATP harcanır.

-Bir glukoz molekülü başına, substrat düzeyinde fosforilasyon ile toplam 4 ATP üretilir. Net kazanç 2 ATP'dir.

-2 NAD<sup>+</sup> indirgenir yani 2 NADH+H<sup>+</sup> oluşur.



**Şema: Glikoliz evresi**

-Glikolizin son ürünü olan piruvatlar ve NADH'lar ortamda oksijen varsa, mitokondri matriksine (mitokondri iç sıvısına) geçer. (Oksijenin dolaylı etkisi)

Oksijenli solunum sırasında glukoz mitokondri içine girmez. Glikolizde 2 molekül piruvata parçalanır ve piruvatlar mitokondri içine alınır. Ancak piruvatlar krebs döngüsüne girmek için tam hazır değildirler. Önce Krebs döngüsüne hazırlık (pirüvik asit oksidasyonu) aşaması gerçekleşir.

-Bu sırada;

-2 piruvattan birer molekül  $\text{CO}_2$  ayrılır. ( $\text{CO}_2$ , glukozun şimdiye kadarki yıkımında oluşan ilk atık üründür). Birer çift hidrojenin elektron ve protonları  $\text{NAD}^+$  tarafından tutulur. Yani  $\text{NAD}^+$ , indirgenerek 2 tane  $\text{NADH}$  oluşur. Sonunda her bir asetik asit, koenzim A (CoA)'ya tutunur. Böylece krebsi başlatacak molekül olan 2 tane Asetil koenzim A (Asetil Co A) oluşur.

**Asetil Co A, krebs döngüsünü başlatan temel moleküldür.**

**-Piruvatın asetil Co A'ya dönüşümü ortamda oksijen olduğunu gösterir**



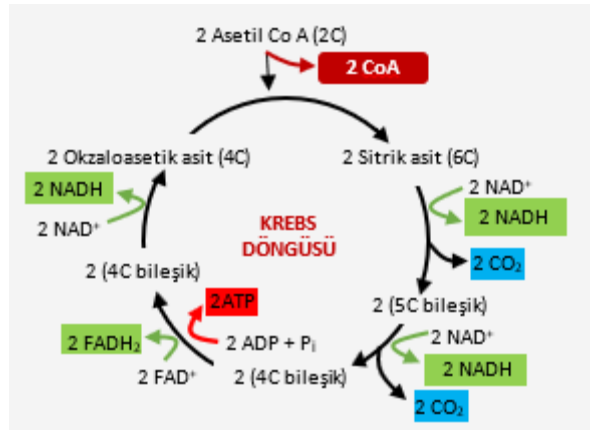
*Şekil: Krebs döngüsüne hazırlık (pirüvik asit oksidasyonu)*

## 2. Krebs döngüsü (Sitrik asit döngüsü=karbon yolu):

-İlk oluşan ürün sitrik asit olduğundan dolayı sitrik asit döngüsü de denilmektedir.

-Krebs döngüsü prokaryotların sitoplazmasında, ökaryotların mitokondri matriksinde gerçekleşir.

**-Krebste gerçekleşen olaylar: [Rakamlar 1 molekül glikoz (2 asetil Co A içindir. 2 asetil Co A için iki tur döner.)]**



**Sonuç olarak krebs 1 glukoz (2 asetil Co A) kullanılarak;**

- 6  $\text{NADH}$  ve 2  $\text{FADH}_2$ , substrat düzeyinde fosforilasyon ile 2 ATP, 4  $\text{CO}_2$  üretilir. 6 Molekül  $\text{H}_2\text{O}$  harcanır.

## 3. Elektron Taşıma Sistemi (ETS):

- Prokaryotların mezozom adı verilen zar kıvrımlarında, ökaryotların mitokondri kristalarında gerçekleşir.

-Oksijen doğrudan görev yapar.  $\text{H}^+$  ve elektronları ile birleşerek su oluşturur.

-Tepkimeler sırasında  $\text{NADH}$  ve  $\text{FADH}_2$  yükseltgenir. Tekrar elektron taşıyıcı olarak kullanılır.

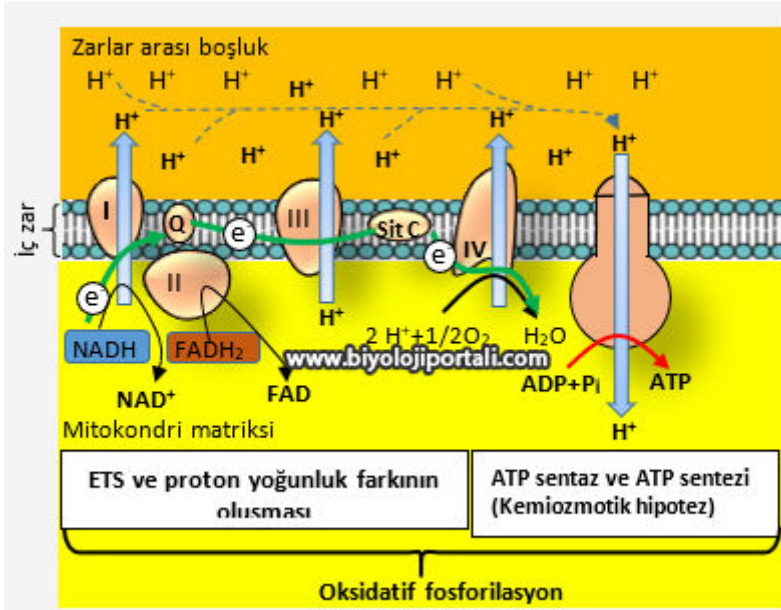
-En fazla ATP oksidatif fosforilasyon ile bu evrede üretilir.

- ETS:** Enerji verici organik moleküllerdeki hidrojenlerin proton ( $H^+$ ) ve elektronlarına ( $e^-$ ) ayrıldıktan sonra ETS elemanlarınca oksijene kadar taşınarak ATP sentezlediği evredir.
- Mitokondrinin iç zarında yer alan protein ve proteine bağlı protein olmayan moleküllerden oluşur.
- ETS'nin bu elektron tutucu elemanları elektron çekme gücüne göre en zayıf olandan kuvvetli olana göre I ve IV arası numaralarla sıralanır.
- ETS elemanları, bu aşamaya kadar oluşturulan NADH ve  $FADH_2$  moleküllerinin getirdiği elektronları alır.
- ETS'de taşınan elektronların enerjisi kademe kademe sisteme aktığı için elektronları enerji düzeyi azalır.
- Enerjisi en yüksek olan elektron ETS'nin I. elemanı tarafından tutulur. Daha sonra indirgenme yükseltgenme tepkimeleri ile III. ve IV. elemanlara doğru akar. Bu sırada enerjilerini sisteme bırakır. Bir kısım enerji de ısı olarak ortama verilir.
- Bu enerji ile matriksteki hidrojen iyonları (proton veya  $H^+$ ) ETS'nin I-III ve IV. elemanları üzerinden zarlar arası boşluğa pompalanır. Hidrojen iyonlarının geçişiyle de matriks ile zarlar arası boşluk arasında proton derişimi farklılığı oluşturulur.
- Enerjisi en az olan en zayıf elektronu ETS'nin IV. elemanından elektron ilgisi en yüksek olan (bir başka ifade ile elektronegatifliği en yüksek olan) **son elektron tutucu oksijen** alır, ATP sentaz enziminin oluşturduğu kanaldan matrikse pompalanan  $H^+$ 'ları ile birleşerek su oluşur.
- ETS molekülleri aracılığı ile elektronların oksijene taşınması ve ATP'nin sentezlenmesine **oksidatif fosforilasyon** denir.
- Oksidatif fosforilasyonla ATP üretimi, 1960 yılında **Peter Mitchell** tarafından ileri sürülen Kemiozmozis hipotezine dayandırılarak açıklanmaktadır.

### Kemiozmozis hipotezi

- “Zar yüzeyleri arasındaki proton derişim farkı ATP sentezini sağlar” şeklinde ifade edilir.
- Yüksek enerjili elektronların ETS'de aktarımı sırasında açığa çıkan serbest enerjinin bir kısmı ısı olarak ortama verilirken büyük bir kısmı matriksteki protonları ETS molekülleri aracılığı ile iç ve dış zar arasındaki boşluğa pompalamada kullanılır. Mitokondrinin iç zarı protonlara geçirgen olmadığından bu olaylar zarlar arası boşlukta proton yoğunluğunu artırır. Ayrıca protonlar, elektrik yükü taşıdıklarından zarlar arasındaki boşluk ile matriks arasında elektriksel yük farkının oluşmasına neden olur.
- Bu derişim ve elektriksel yük farkı bir potansiyel enerji oluşturur.
- Oluşan bu enerji (proton hareket kuvveti),  $H^+$  iyonlarının ATP Sentaz'ın içine girerek enzimin bir değirmen gibi dönmesini sağlar. ATP Sentaz'ın matrikste bulunan alt birimi dönme kuvveti ile ATP sentezi gerçekleştirir.
- Kemiozmotik modele göre organik moleküllerdeki bir çift elektron ETS'ye NADH ile girerse, toplam 2,5 ATP,  $FADH_2$  ile girerse 1,5 ATP sentezi gerçekleşmektedir. Böylece bir glikoz molekülünün  $CO_2$ 'ye kadar indirgenmesi ile sonuçlanan yıkım tepkimelerinde toplam 30-32 ATP sentezi gerçekleşmektedir.

ATP sayısındaki bu farklılık, sitoplazmada glikolizle oluşturulan NADH moleküllerinin değişik dokularda ETS'ye farklı mekanizmalarla katılmalarından kaynaklanmaktadır. Örneğin iskelet kası ve beyin hücrelerinde 30; karaciğer, böbrek ve kalp hücrelerinde 32 ATP üretilir.



**Kemiozmotik hipoteze göre mitokondrilerde ATP üretiminin şematik gösterimi**

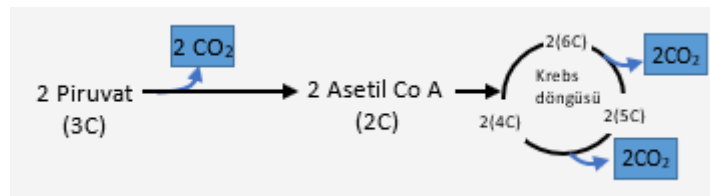
-Mitokondride protonlar zarlar arası boşluğa ATP harcanmadan elektronların enerjisi ile pompalanırken, kloroplastlarda tilakoit boşluğa pompalanır.  
Oksijenli solunumda ETS elemanlarının görev alması ve organik moleküllerin inorganik birimlerine kadar ayrıştırılabilmesi nedeniyle elde edilen enerji miktarı fermantasyona oranla çok daha fazladır (yaklaşık 15 kat).  
-Hücre içi enerji fazlalığı olduğunda (ATP/ADP oranı yükseldiğinde) hücrelerin solunum tepkimeleri yavaşlar, enerji yetersizliğinde (ATP/ADP oranı düştüğünde) ise enzimlerin etkinliği arttırılarak enerji üretimi hızlanabilmektedir.

### Oksijenli solunumda suyun oluşumu

Bir çift hidrojen atomunun ETS'de son elektron tutucu molekül olan  $O_2$  ile birleşmesi sonucu bir molekül su oluşur. Glikolizden başlayarak krebs sonuna kadar 10 NADH ve 2  $FADH_2$ 'nin getirdiği  $H^+$ lerin elektron ve protonları ile birleşen  $O_2$ , 12 molekül su oluşturur. Bunların 6 tanesi krepste harcadığından kalan 6 molekül su ortama verilir.

### Oksijenli solunumda $CO_2$ oluşumu

Bir molekül glukozdan krebse hazırlık (pirüvik asit oksidasyonu) evresinde 2  $CO_2$ , krebs döngüsünde de 4  $CO_2$  olmak üzere 6  $CO_2$  oluşur ve dışarıya verilir.



**Şema: Oksijenli solunumda  $CO_2$  oluşumu**

## Oksijenli solunumda ATP üretim şekilleri

### 1. Substrat düzeyinde fosforilasyon ile bir molekül glukozdan;

-Glikolizde toplam 4 ATP, NET 2 ATP üretilir.

-Kres döngüsünde TOPLAM ve NET 2 ATP üretilir.

O halde substrat düzeyinde fosforilasyon ile TOPLAM 6 ATP, NET 4 ATP üretilmiş oldu.

### 2. Oksidatif fosforilasyon ile bir molekül glukozdan;

-NAD ile ETS'ye taşınan bir çift H atomundan 2,5, FAD ile taşınan bir çift hidrojen atomundan 1,5 ATP üretilir.

-Buna göre; 10 NADH oluştuğuna göre  $10 \times 2,5 = 25$  ATP,

-2 FADH<sub>2</sub> oluştuğuna göre  $2 \times 1,5 = 3$  ATP,

TOPLAM 28 ATP üretilmiş olur.

### Sonuç olarak 1 molekül glukozdan;

TOPLAM:  $6 + 28 = 34$  ATP üretilir. NET :  $4 + 28 = 32$  ATP üretilir.

## FARKLI BESİNLERİN OKSİJENLİ SOLUNUMA KATILIM BASAMAKLARI

-Canlıların enerji elde etmek için kullandığı organik besinler sırasıyla karbonhidratlar, yağlar ve proteinlerdir.

- Bu besin maddelerinin solunum reaksiyonlarıyla yıkımı (oksidasyonu) sonucu, ortak olarak CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, ATP ve ısı oluşurken, amonyak (NH<sub>3</sub>) sadece aminoasitlerin yıkımı sırasında oluşur. Şayet kullanılan amino asit kükürtlü ise kükürtlü bir bileşik de oluşabilir.

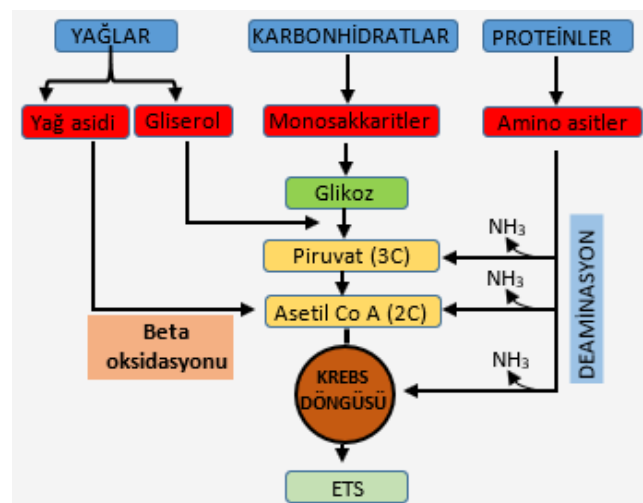
-Eğer bir enerji metabolizmasında NH<sub>3</sub> oluşmuş ise besin maddesi kesinlikle protein (amino asit) dir.

-Enerji verici polimerler enerji metabolizması sırasında öncelikle hidroliz ile monomerlerine ayrılırlar.

-Karbonhidrat monomerleri glikoliz evresinden tepkimeye girer, asetil Co A'ya dönüşür, krebs ve ETS evrelerinden geçer.

-Protein monomerlerinden (amino asitlerden) ilk olarak amino grubu NH<sub>3</sub> olarak ayrılır. Buna deaminasyon da denir. Daha sonra karbon sayılarına göre 2 C'lu amino asitler Asetil Co A'ya, 3C'lu amino asitler piruvata, 4 ve daha fazla C'lu amino asitler ise krebs döngüsündeki ara moleküllere dönüşerek tepkimeye katılırlar.

-Yağların sindirim ürünleri olan gliserol, glikolizin ara basamaklarından (PGAL' dönüşerek) katılır, yağ asitleri ise mitokondride **beta oksidasyonu** adı verilen tepkimelerle 2C'lu asetil-CoA moleküllerine dönüştürüldükten sonra tepkimeye katılır.



## Oksijensiz Solunum

Glikozun oksijen kullanılmadan yıkılması sırasında ETS yardımıyla ATP üretilmesine oksijensiz solunum denir. Oksijensiz solunumda son elektron alıcısı, O<sub>2</sub> dışında bir inorganik moleküldür. Oksijensiz solunumda ETS'deki son elektron alıcısı olan inorganik maddelerin elektron çekim güçleri zayıftır. Bu nedenle oksijensiz solunumda üretilen ATP miktarı azdır. Bazı bakteriler, besin moleküllerinden kopardıkları elektronları SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> (sülfat), S (kükürt), NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (nitrat), CO<sub>2</sub> (karbondioksit) ve Fe<sup>3+</sup> (demir) gibi inorganik yapıları son elektron alıcılarına aktarır ve enerji elde eder. Bataklık gibi oksijensiz ortamda yaşayan bazı bakteriler, besin moleküllerinden kopardıkları elektronları ETS üzerinden SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> iyonuna aktarır. Elektronların ETS'de taşınması sırasında açığa çıkan enerji ile de ATP sentezlenir. Toprak ve suda bulunan NO<sub>3</sub><sup>-</sup> oksijensiz solunum yapan bakteriler tarafından N<sub>2</sub>'ye (moleküler azot) dönüştürülür. Bu bakteriler oksijensiz ortamda ETS'lerinde son elektron alıcısı olarak NO<sub>3</sub><sup>-</sup> kullanır. NO<sub>3</sub><sup>-</sup> elektron alarak birkaç basamakta moleküler azota dönüşür. Denitrifikasyon adı verilen bu olay, biyosferdeki azot döngüsünün korunmasına katkı sağlar. –

Besin moleküllerinin hücrede oksijen kullanılmadan daha küçük birimlere parçalanarak enerji elde edilmesine **oksijensiz solunum** denir.

- Sadece bazı bakterilerde görülür.

- Oksijensiz solunumla elde edilen enerji miktarı oksijenli solunuma göre daha azdır. Çünkü, burada glikoz, CO<sub>2</sub> ve H<sub>2</sub>O'ya kadar parçalanamaz, yani tamamen okside olmaz.

- En belirgin özelliği son elektron alıcı molekülün oksijen olmayıp, oksijen dışında bir başka inorganik olmasıdır.

**-Oksijensiz solunumda son elektron alıcısı olarak kullanılan inorganik moleküller:**

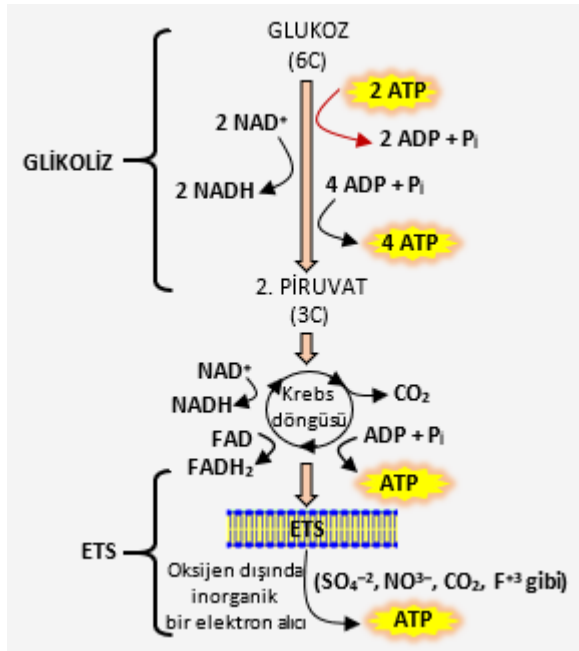
Sülfat (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>), kükürt (S<sup>0</sup>), Nitrat (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), CO<sub>2</sub> ve F<sup>+</sup> molekülleridir.

- Oksijensiz solunumda glikoliz, krebs ve ETS basamakları gerçekleşir.

- Oksijensiz solunumda substrat düzeyinde fosforilasyon (SDF) ve oksidatif fosforilasyon ile ATP üretilir.

- NAD<sup>+</sup> ve FAD önce indirgenir sonra yükseltgenir.

(Glikoliz olayı oksijenli solunum konusunda anlatılmıştır)



### Şema: Oksijensiz solunum evreleri

-Toprakta ve suda bulunan nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ), oksijensiz solunum yapan bakteriler tarafından moleküler azota ( $\text{N}_2$ ) dönüştürülür. Bu bakteriler oksijensiz ortamda ETS'lerinde son elektron alıcısı olarak nitratı kullanır. Nitrat elektron alarak birkaç basamakta moleküler azota dönüşür. **Denitrifikasyon** adı verilen bu olay biyosferdeki azot dengesinin korunmasına katkı sağlar.

## Fermantasyon

Fermantasyon, oksijen kullanılmadan sadece glikoliz yolu ile ATP üretilen metabolik bir süreçtir. Oksijensiz ortamda glikoliz sonucu oluşan pirüvik asit, etil alkol veya laktik asit gibi organik yapıları son ürünlere dönüşebilir.

Solunumun ilk evresi olan glikolizde kullanılan enzim çeşitleri, tüm canlılarda ortaktır ve bu nedenle her canlı, glikoliz sonunda pirüvik asit üretir. Ancak glikolizden sonraki basamaklarda kullanılan enzimler, canlı türüne göre farklılık gösterebildiğinden pirüvik asit, oksijensiz ortamda etil alkol veya laktik asit gibi farklı organik yapıları maddelere dönüşür.

Sitoplazmada glikoliz tamamlandıktan sonra mayalanma olarak da bilinen fermantasyon reaksiyonları meydana gelir. Fermantasyon, glikoliz ve son ürünler evresinden oluşur. Glikoliz evresinde oluşan 2 NADH molekülündeki hidrojenlerin organik yapıları maddelere aktarılarak yeniden  $\text{NAD}^+$  oluşması, glikolizin ve ATP üretiminin devamlılığı açısından oldukça önemlidir.

Fermantasyon, oluşan son ürün çeşidine göre isimlendirilir. Bunlardan en önemlileri etil alkol ve laktik asit fermantasyonudur.



Günlük hayatımızda tükettiğimiz ekmek, yoğurt, sirke, boza, şalgam suyu ve kefir gibi besin maddelerinin üretiminde fermentasyondan yararlanılır. Fermentasyon, çok eski yıllardan beri besinlerin bozulmadan saklanması için uygulanan bir yöntemdir. Fermentasyon ürünleri, probiyotik açıdan oldukça zengin olduğu için insan sağlığı için faydalıdır.

**A. Etil alkol fermentasyonu:** Glikolizin son ürünü olan piruvatlardan etil alkolün oluştuğu fermentasyondur.

-Başta bira mayası olmak üzere maya mantarlarında ve şarap bakterilerinde gerçekleşir.

-Bira mayası oksijen varlığında oksijenli solunum, oksijen yokluğunda ise etil alkol fermentasyonu yapabilir.

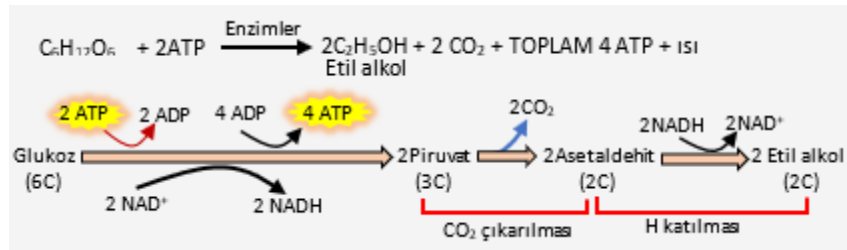
-Hamurun kabarmasını, bira ve şampanyanın köpüklenmesini bu fermentasyonda çıkan CO<sub>2</sub> sağlar.

-Sitoplazmada başlar, sitoplazmada biter. ETS görev yapmaz.

-Etil alkol fermentasyonunda ilk önce piruvattan CO<sub>2</sub> ayrılarak asetaldehit oluşur. **Asetaldehit oluşması etil alkol fermentasyona özgüdür.** Sonrasında asetaldehit NADH<sup>+</sup>ın hidrojenlerini tutarak etil alkole dönüşür. Böylece NADH'da yükseltgenerek serbest kalmış olur. Glikolizde tekrar kullanılır.

-Sonuçta 1 molekül glikozdan 2 Etil alkol, 2 molekül CO<sub>2</sub> ve toplam 4 molekül ATP (NET, 2 ATP) oluşurken bir miktar da ısı açığa çıkar.

**Genel denklemi:**



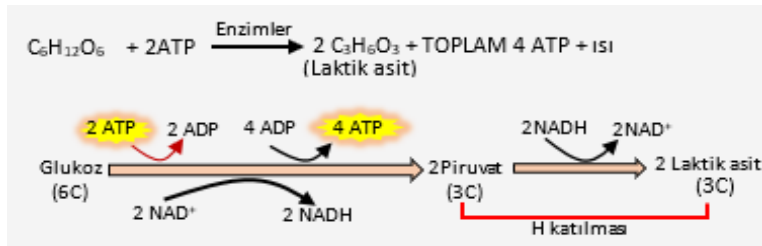
**Şekil: Etil alkol fermentasyonu**

**B. Laktik asit fermentasyonu:** Glikolizin son ürünü olan piruvattan laktik asit oluşmasıdır. Yoğurt bakterilerinde, bazı funguslarda, yeterli O<sub>2</sub> gelmediği durumlarda omurgalıların kas hücrelerinde gerçekleşir.

-Turşu ve salamura zeytin üretiminde de laktik asit fermentasyonundan yararlanılır. Bazı sucuk ve salamlar da laktik asit fermentasyonu ile olgunlaştırılır.

-Laktik asit fermentasyonu sonucunda 1 molekül glikozdan 2 molekül laktik asit oluşur. Toplam 4 ATP (net 2 ATP) sentezlenirken bir miktar ısı açığa çıkar.

**- Genel denklemi:**



**Şekil: Laktik asit fermentasyonu**

-Önceleri son ürün olan laktatın (laktik asidin iyonize formudur.) kasta birikimi yorgunluk ve ağrılara neden olur denildi. Ancak son yapılan çalışmalar laktatın değil artan potasyumun buna neden olabileceği düşünülmektedir. Çünkü laktatın kas performansını artırdığı ortaya çıkmıştır.

-Dinlenme ile kaslarımıza yeterli oksijen geldiğinde laktik asit karaciğerde piruvata dönüştürülür. O<sub>2</sub>'li solunumda kullanılır.

-Etil alkol fermentasyonu insan ve hayvan vücudunda gerçekleşmez. Laktik asit fermentasyonu ise bitkilerde gerçekleşmez.

**-Etil alkol fermentasyonunda son elektron tutucu Asetaldihit, laktik asit fermentasyonunda ise piruvattır.**

-Laktik asit oksidatif kapasitesi yüksek dokular (kalp ve iskelet kası) için iyi bir enerji kaynağı, böbrek ve karaciğer gibi dokularda ise glikoz sentezi için bir ön maddedir.

-Kalp kası oksijen düzeyi çok düşük şartlarda laktik asit üretici, normal şartlarda ise önemli bir oksitleyici dokudur.

**ETİL ALKOL ve LAKTİK ASİT FERMENTASYONLARININ ORTAK ÖZELLİKLERİ**

1. Ökaryot ve prokaryot hücrelerin sitoplazmalarında gerçekleşir.
2. Substrat düzeyinde fosforilasyon (SDF) ile toplam 4 ATP, net 2 ATP üretilir.
3. NAD<sup>+</sup> koenzimi görev yapar.
4. Isı çıkışı olur. Ekzergonik reaksiyonlardır.
5. Hücrenin PH'ını düşürür.
6. Enzimatik reaksiyonlardır.
7. Glikoliz evresinden sonra ATP üretimi ve tüketimi olmaz.
8. NAD<sup>+</sup> önce indirgenir sonra yükseltgenir.
9. Organik yapıda son ürünler oluşur. (Etil alkol-Laktik asit)

ETİL ALKOL FERMENTASYONU	LAKTİK ASİT FERMENTASYONU
Maya mantarlarında, bazı bakterilerde, bitki tohumlarında görülür.	Yoğurt bakterisinde, bazı funguslarda, yeterli O <sub>2</sub> gelmediğinde çizgili kas hücrelerinde, insanda olgun alyuvarlarda görülür.
Son ürün etil alkoldür.	Son ürün laktik asittir.
Son ürün 2C'ludur.	Son ürün 3C'ludur.
Son ürünleri organik (etil alkol) ve inorganiktir.(CO <sub>2</sub> )	Son ürünleri organiktir.
CO <sub>2</sub> oluşur.	CO <sub>2</sub> oluşmaz.
Kapalı ortamın gaz basıncını artırır.	Kapalı ortamın gaz basıncını değiştirmez.
Asetaldehit oluşur.	Asetaldehit oluşmaz.
Son elektron (H <sup>+</sup> ) alıcı asetaldehittir.	Son elektron (H <sup>+</sup> ) alıcı piruvattır.

**ÖNEMLİ NOT:**

- 1.Fermentasyonda farklı maddelerin oluşma sebebi son ürün oluşumu evresinde (glikolizden sonra) görev yapan enzimlerin farklı olmasıdır.
2. Gerek etil alkol gerekse laktik asit fermentasyonlarında glikolizden sonraki aşama olan son ürün oluşumlarında ATP üretimi olmamasına rağmen bu evrenin gerçekleşmesi, piruvat birikiminin önlenmesini, NADH+H<sup>+</sup>'ların serbest kalarak tekrar kullanılmasını ve glikoliz olayının dolayısı ile ATP üretiminin sürekliliğini sağlar.
3. Fermentasyonda glikoz tam parçalanamadığı için enerjinin büyük kısmı son ürün olan etil alkol ve ya laktik asit gibi organik maddelerin yapısında kalır. Bunun için enerji verimi düşüktür.

**-Canlılarda fermentasyon ile üretilebilen ürünler;**

-Sütün yoğurt ya da peynir haline dönüşmesi,

-Hamurun mayalanması, boza yapımı,

-Meyve sularının alkollü içkiye dönüşmesi, etil alkol, asetik asit, laktik asit, sitrik sit, aseton ve bütanol gibi faklı maddeler bakterilerin fermentasyonu sonucu üretilir. Bu nedenle bakteri fermentasyonunun endüstride önemi büyüktür.

**-Endüstriyel fermentasyon:** Mikroorganizmalar yardımıyla endüstride kullanılacak gliserin, etanol, yağ asidi, süt asidi (laktik asit), süt ve alkol ürünleri gibi maddelerin üretilmesidir. Bunun için fermentasyon tankı kullanılır.

Karşılaştırılan özellikler	ATP ELDE EDİLEN SÜREÇLER			
	Aerobik (oksijenli) solunum	Anaerobik (oksijensiz) solunum	Fermentasyon	
			Etil alkol F.	Laktik asit F.
O <sub>2</sub> kullanımı	Kullanılır	Kullanılmaz	Kullanılmaz	Kullanılmaz
ETS'nin görev durumu	Görev yapar	Görev yapar	Görev yapmaz	Görev yapmaz
Son elektron tutucu molekül çeşidi	İnorganik	İnorganik	Organik	Organik
Son elektron tutucu molekül adı	O <sub>2</sub>	(SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> , S <sup>0</sup> , Fe <sup>+3</sup> NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , CO <sub>2</sub> ,	Asetaldehit	Piruvat
Fosforilasyon çeşitleri	SDF ve Oksidatif F.	SDF ve Oksidatif F.	Sadece SDF	Sadece SDF
Üretilen net ATP miktarı	En çok (30-32 ATP)	O <sub>2</sub> 'liden az, fermentasyondan çok	2 ATP	2 ATP

#### FERMENTASYON VE OKSİJENLİ SOLUNUMUN ORTAK ÖZELLİKLERİ

1. Substrat düzeyinde fosforilasyon ile ATP sentezlenir.
2. Glikoliz evresi gerçekleşir.
3. Enzimler görev yapar.
4. Isı açığa çıkar. (Ekzergoniktir)
5. Laktik asit fermaantasyonu hariç CO<sub>2</sub> açığa çıkar.
6. Hücre pH'sını düşürür.
7. NAD<sup>+</sup> koenzimi hem indirgenir hem yükseltgenir.
8. Organik maddelerden H koparılır.
9. Yadımlama (katabolizma=yıkım) olaylarıdır.
10. Canlının biyokütlesini azaltır.

## FERMENTASYON VE OKSİJENLİ SOLUNUM ARASINDAKİ FARKLAR

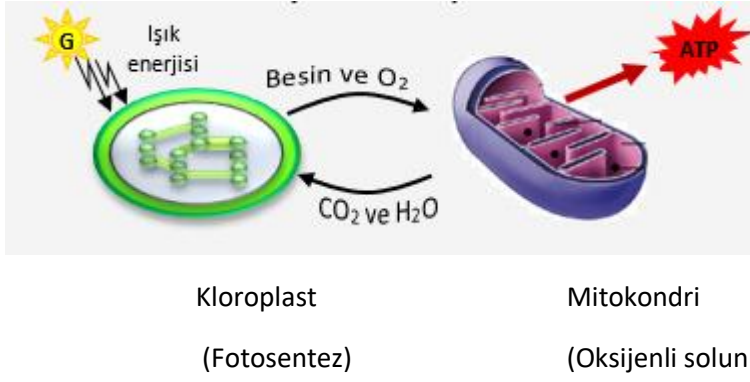
Fermentasyon	Oksijenli Solunum
Maya hücrelerinde, bazı bakterilerde ve yeterli O <sub>2</sub> olmadığı zaman kas hücrelerinde görülür.	Canlıları çoğunda görülür. (Enerji ihtiyacı fazla olan canlılar)
Oksijen kullanılmaz.	Oksijen kullanılır.
ETS görev yapmaz.	ETS görev yapar.
Tamamı sitoplazmada gerçekleşir.	Sitoplazma ve mitokondride gerçekleşir.
1molekül glukozdan toplam 4 ATP, net 2ATP üretilir.	1molekül glukozdan net 32 ATP üretilir.
Sadece substrat düzeyinde fosforilasyonla ATP üretilir.	Hem substrat düzeyinde hem de oksidatif fosforilasyon ile ATP üretilir.
ETS görev yapmaz	ETS görev yapar
Glukoz; etil alkol ve laktik asit gibi organik bileşiklere parçalanır. Etil alkolde CO <sub>2</sub> çıkar.	Glukoz, su ve CO <sub>2</sub> gibi inorganiklere kadar parçalanır.
Son hidrojen alıcı bir organdır.	Son hidrojen alıcı oksijendir.
Enerji verimi % 2-10 arasındadır.	Enerji verimi yaklaşık %40dır
Sadece NAD koenzimi görevlidir.	NAD ve FAD koenzimleri görevlidir.

## CANLILARDA FOTOSENTEZ İLE SOLUNUM İLİŞKİSİ

-Canlı organizmalardaki bütün biyokimyasal olaylar için enerji gereklidir. Enerjinin kaynağı vücudumuza aldığımız besinlerdir. Besinlerin yapısında bulunan enerjinin kaynağı ise güneş enerjisidir.

-Fotosentetik canlılar, güneş enerjisi yardımı ile yaşamın devamı için gerekli enerjiyi besinlerin yapısında depo ederler.

-Fotosentez ve solunum tepkimeleri arasında birbirlerini tamamlayıcı döngüsel bir ilişki bulunmaktadır. Oksijenli solunum tepkimelerinin son ürünü olan su ve CO<sub>2</sub> fotosentezin hammaddesidir. Fotosentezde oluşan besin ve oksijen de solunumun hammaddesidir.



**Şekil: Fotosentez ile solunum arasındaki ilişki**

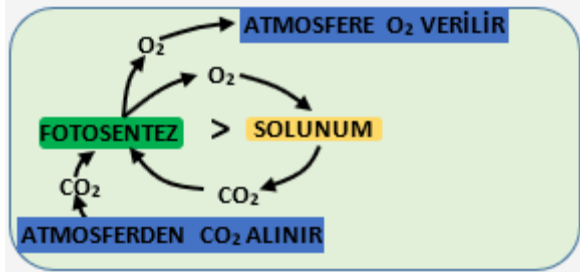
### Solunum-Fotosentez hızları arasındaki ilişki

#### 1. Fotosentez hızı > Solunum hızı olursa; (Normal şartlar altında gündüz)

-Solunumda üretilen  $\text{CO}_2$  atmosfere verilmez, tekrar fotosentezde kullanılır. Ancak  $\text{CO}_2$  yeterli gelmediği için atmosferden  $\text{CO}_2$  alınır.

-Fotosentezde üretilen  $\text{O}_2$ 'nin bir kısmı  $\text{O}_2$ 'li solunumda tüketilir,  $\text{O}_2$ 'nin büyük bir kısmı atmosfere verilir.

-Fotosentezde üretilen besinin bir kısmı solunumda tüketilir, geriye kalan besin yapıya katılır ve depo edilir. Bundan dolayı bitkide ağırlık artışı olur.



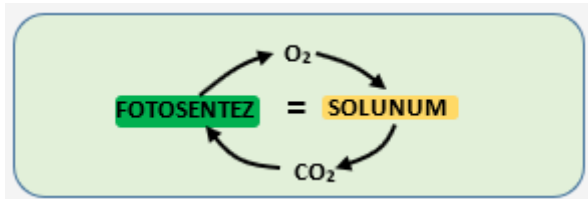
**Şekil: Fotosentez hızı > Solunum hızı olursa;**

#### 2. Fotosentez hızı = Solunum hızı olursa;

-Solunumda üretilen  $\text{CO}_2$  atmosfere verilmez, atmosferden de  $\text{CO}_2$  alınmaz.

-Fotosentezde üretilen  $\text{O}_2$  atmosfere verilmez, atmosferden de  $\text{O}_2$  alınmaz.

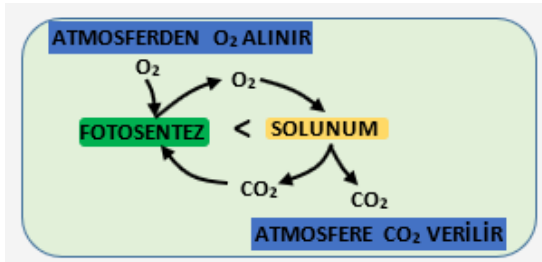
-Bitkide ağırlığın değişmesi beklenmez.



**Şekil: Fotosentez hızı = Solunum hızı olursa;**

### 3. Fotosentez hızı < Solunum hızı şeklinde olursa;

-Solunumda üretilen CO<sub>2</sub> fotosentez için fazla gelir, bir kısmı da atmosfere verilir. Fotosentezde üretilen O<sub>2</sub> yeterli gelmez, atmosferden O<sub>2</sub> alınır. Ağırlık azalmaya başlar.



**Şekil: Fotosentez hızı < Solunum hızı olursa;**

-Bitkiler gündüz hem fotosentez hem de solunum yapar. Gece doğal ortamlarda fotosentez durur, solunum devam eder. Yani ortama CO<sub>2</sub> verirler. Bunun için yatak odalarında fazla bitki bulundurmamak doğru değildir.

#### Bitkinin köklerinde üretilen CO<sub>2</sub>'nin durumu:

-Bildiğiniz gibi kök hücrelerinde fotosentez gerçekleşmez. Köklerde üretilen CO<sub>2</sub> gece ve gündüz sürekli atmosfere verilir.

**-Köklerde üretilen CO<sub>2</sub>'nin fotosentezde kullanılabilmesi için izlemesi gereken yol:**

**-Kök → CO<sub>2</sub> → Toprak → CO<sub>2</sub> → Atmosfer → Bitki**

#### Tohumdaki durum:

-Kuru tohum canlıdır, ancak kabuktan dolayı atmosferden O<sub>2</sub> alamaz. Bu nedenle de etil alkol fermentasyonu ile gerekli ATP üretilir.

-Çimlenme sürecindeki tohum oksijenli solunum yapar.

-Tohumlarda çimlenme tamamlanıncaya kadar fotosentez yapılmadığı için kuru ağırlık azalır.

-Çimlenmiş tohum hem oksijenli solunum hem de fotosentez yapar.

-Çimlenme tamamlandıktan sonra fotosentez yapılmaya başlandığı için kuru ağırlık artar.

-Gece ve gündüz **fotosentez** durumunu grafikte ifade edelim:



-Gece ve gündüz **solunum** durumunu grafikte ifadeEDELİM ;

