

## CANLILARDA ENERJİ DÖNÜŞÜMÜ

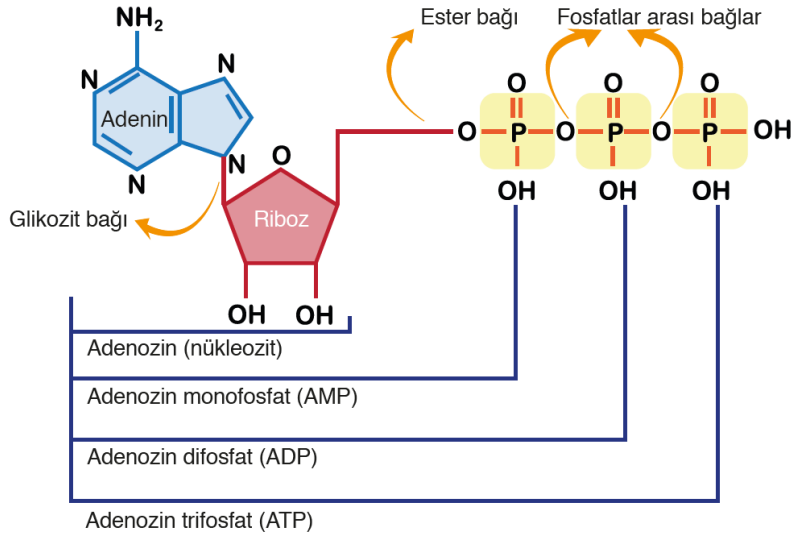
Hücrede meydana gelen tepkimelerin tamamına **metabolizma** denir. Metabolizma anabolizma ve katabolizma olmak üzere ikiye ayrılır.

Basit moleküllerin birleştirilerek daha karmaşık moleküllerin sentezlenmesine **anabolizma** denir. Bu olaylar sırasında ATP harcanır. Protein sentezi, fotosentez ve glikojen sentezi gibi reaksiyonlar anabolik reaksiyonlardır.

Kompleks moleküllerin daha basit moleküllere yıkılarak enerjinin sağlandığı olaylara **katabolizma** denir. Oksijenli solunum ve fermantasyon katabolik tepkimelerdir. Hücrelerde enerji üretimi ve üretilen enerjinin başka formlara dönüşerek diğer canlılara aktarımı ekosistemlerin devamlılığı açısından önemlidir. Enerji yok olmaz ancak bir formdan başka bir forma dönüşebilir.

### Enerjinin Temel Molekülü ATP:

Enerji iş yapabilme yeteneğidir. ATP, hücrenin enerji gerektiren hemen her reaksiyonunda, enerji kaynağı olarak kullanılır. Kimyasal enerjinin transferini sağlayan çeşitli enzimatik reaksiyonlarda, fosfatlar arası bağlar hidroliz ile kırılır ve enerji açığa çıkar.

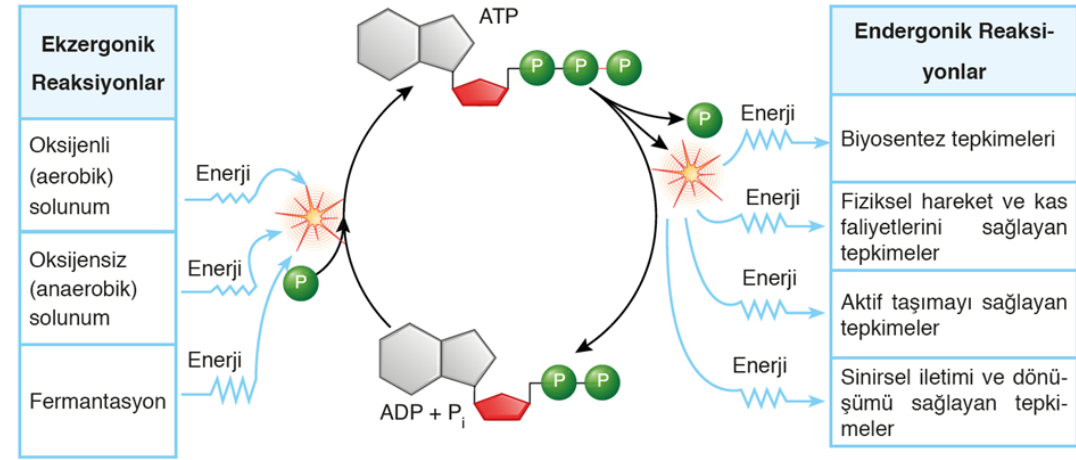


ATP molekülündeki fosfat grupları arasındaki bağlar yüksek enerjilidir.



DP'ye bir fosfat grubu bağlanarak ATP sentezlenmesi olayına **fosforilasyon**, yıkımına ise **defosforilasyon** denir.

Enerji açığa çıkaran tepkimelere ekzergonik (enerji veren) tepkime denir. Gerçekleşmesi için enerjiye ihtiyaç duyulan tepkimelere endergonik tepkime denir. Hücre, endergonik reaksiyonlar için gerekli olan ATP'yi ekzergonik reaksiyonlardan sağlar. Başka bir ifade ile ATP ekzergonik tepkimeler ile endergonik tepkimeler arasında bir köprü gibi görev yapar.



ATP'nin bazı özelliklerini şöyle sıralayabiliriz:

- Her hücre ihtiyaç duyduğu ATP'yi kendi sentezler. Hücreler arası ATP alış veriş yapılamaz.
- ATP sentezi hücrede sitoplazma, mitokondri ve kloroplast gibi yapılarda gerçekleşir.
- ATP hücrede depolanamaz. Üretildiği kadarı harcanır. Fazlası ısıya dönüştürülür.
- ATP enerji taşıyıcı olarak görev yapar.
- ATP oluşumu dehidrasyon tepkimesiyle, parçalanması hidroliz tepkimesiyle olur.

ATP sentezi, fosforilasyon olayıdır. Fosforilasyon üç şekilde gerçekleşir:

**1-Substrat düzeyinde fosforilasyon:** Yapısında fosfat bulunan bir substrattan enzim yardımıyla ADP'ye bir fosfat grubu aktararak ATP sentezlenmesidir. Oksijensiz solunum, oksijenli solunum ve fermantasyon yapan canlıların hepsinde görülür.

**2-Oksidatif fosforilasyon:** Organik molekülden ayrılan hidrojenlerin indirgenme-yükseltgenme olayları sayesinde elektronların taşınması sırasında açığa çıkan enerji ile ATP sentezlenmesidir. Oksijenli solunumun elektron taşıma sistemi evresinde gözlenir. Ayrıca inorganik madde oksitlenmesine bağlı organik madde üretiminde açığa çıkan enerjiden ATP üretimi de oksidatif fosforilasyondur. Dolayısıyla kemosentez olayında da oksidatif fosforilasyon gerçekleşir.

**3-Fotofosforilasyon:** Işık enerjisi ile ATP sentezlenmesidir. Klorofilli canlılarda fotosentez olayında gerçekleşir.

**Substrat seviyesinde fosforilasyon tüm canlı hücrelerde ortak olarak gerçekleşir.**

**Oksidatif fosforilasyon ile fotofosforilasyon bazı canlılarda gerçekleşir.**

### Canlıların Enerji İhtiyacı:

Canlılar enerjiye

1. Sentez reaksiyonları için
2. Organizasyon için
3. Organizasyonun devamlılığı için
4. Üreme için ihtiyaç duyarlar.

## FOTOSENTEZ

Fotosentez, ışık enerjisinin kimyasal enerjiye dönüşümü ile organik besin üretimini sağlayan mekanizmadır. Hücrelerimiz tarafından yapı ve enerji ham maddesi olarak kullanılan besinler, güneş enerjisi ile üretilir. İnorganik maddelerden organik maddeleri sentezleyen canlılara **ototrof (üretici) canlılar** denir. Bu canlılar kemosentetik ya da fotosentetik olabilir. Organik madde sentezi için ışık enerjisi kullanan canlılara **fotosentetik canlılar (fotosentetik ototrof canlılar)** denir. Fotosentez bir yapım faaliyetidir ve bu yüzden özümleme olarak da ifade edilir.

Organik besin üretebilen ototrof canlıların büyük bir kısmını fotosentetik canlılar oluşturur. Bitkiler, algler, öglena ve siyanobakteriler ve mor kükürt bakterileri fotosentetik ototrof canlılar grubundandır.

Bilim insanlarının fotosentezin bilim tarihindeki gelişimi ile ilgili çalışmalarını şöyle sıralayabiliriz:

Joseph Priestley (1773 1804) bitkilerin kirlenen havayı temizlediğini bulmuştur.

Günümüzde fotosentez hakkındaki bilgilerimizle bu durumu "bitkilerin havaya oksijen verdiği" şeklinde yorumlayabiliriz.

Jan Ingenhousz (1730 — 1799) Priestley'in ulaştığı bu bilgiyi doğrulamış ve bu olayda ışığın görev yaptığını keşfetmiştir.

Jean Senebier 1782 yılında bitkilerin havaya oksijen verirken CO<sub>2</sub> kullandığını belirtmiştir. Karanlıkta bitkiler ve hayvanlar tarafından oluşturulan CO<sub>2</sub> bileşiğinin, ışık altında bitkiler tarafından O<sub>2</sub> üretimini teşvik ettiğini ve bitkiler tarafından meydana getirilen O<sub>2</sub> miktarının tamamen ortamdaki CO<sub>2</sub> miktarına bağlı olduğunu belirtmiştir.

Nicolas Theadore De Saussure 1804 yılında fotosentezde suyun kullanıldığını kontrollü deneyler ile ispatlamış ve fotosentezin günümüzde bilinen denklemini ortaya koymuştur. Theodor Wilhelm Engelmann,1883 yılında fotosentez hızının ışığın dalga boyuna göre değiştiğini keşfetmiştir.

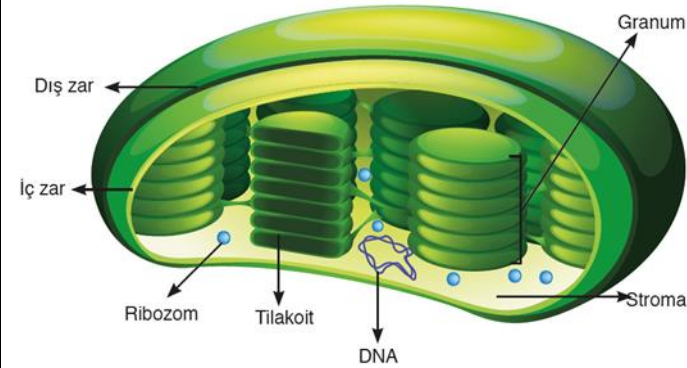
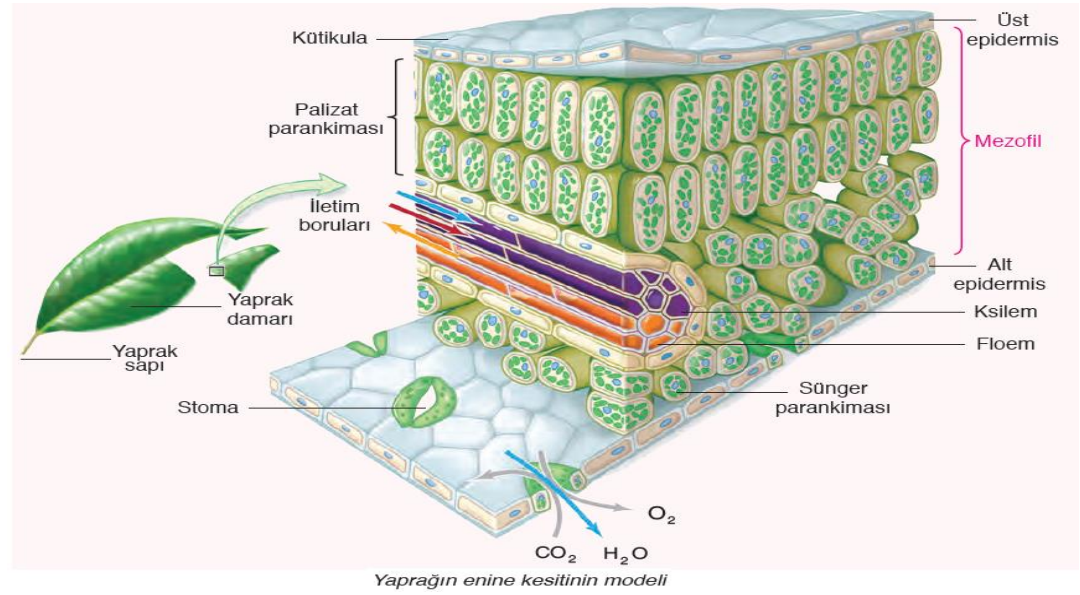
Cornelis Bernardus Van Niel,1930 yılında fotosentez sırasında oluşan oksijenin karbondioksitten değil, sudan geldiğini ileri sürmüştür.

Niel'in hipotezi 1937'de Robert Hill tarafından ağır oksijen izotopu kullanılarak kanıtlanmıştır. Hill, bitkiye normal karbondioksit ve ağır oksijen içeren su verildiğinde, ağır oksijenin moleküler oksijen olarak açığa çıktığını göstermiştir. Böylece fotosentezde üretilen oksijenin sudan geldiği anlaşılmıştır.

Melvin Calvin ve arkadaşları 1951 yılında fotosentezin ışıktan bağımsız tepkimelerini (Calvin döngüsü) detaylı bir şekilde açıklamışlar ve bu çalışmaları ile 1961 yılında Nobel ödülü almışlardır.

### Kloroplastın Yapısı

Alt ve üst epidermis arasında bulunan tabakalardaki bazı hücreler yeşil renklidir. Bu hücreler palizat ve sünger parankimasi olarak adlandırılır. Parankima hücreleri, kloroplast organeli bulundurmaktadır. İşte, bitkilerde fotosentez reaksiyonları, bu kloroplast organeli tarafından gerçekleştirilmektedir. Kütikula tabakası ve kütikulaı oluşturan epidermis dokusu, koruyucu özelliktedir. İki epidermis arasında kalan bölgeye mezofil tabakası denir.



Kloroplast; bazı protistlerde, bitkilerin yeşil yapraklarında, olgunlaşmamış meyvelerinde, genç dallarında, bazı köklerde ve çiçek kısımlarında bulunur. Kloroplast organeli, çift zarlı bir yapıya sahiptir.

Kloroplastların iç kısmı bir zar ağı ile örülmüştür. Bu yapı; tilakoitler denilen ince, yassı ve tabak benzeri kesecikler-

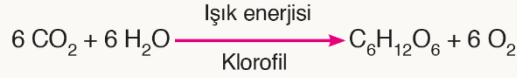
den oluşur. Tilakoitlerin üzerinde ışığın emilimini sağlayan pigmentler yer alır.

Tilakoitlerin sütunlar hâlinde üst üste dizilmesi ile de granum denilen yapılar oluşur.

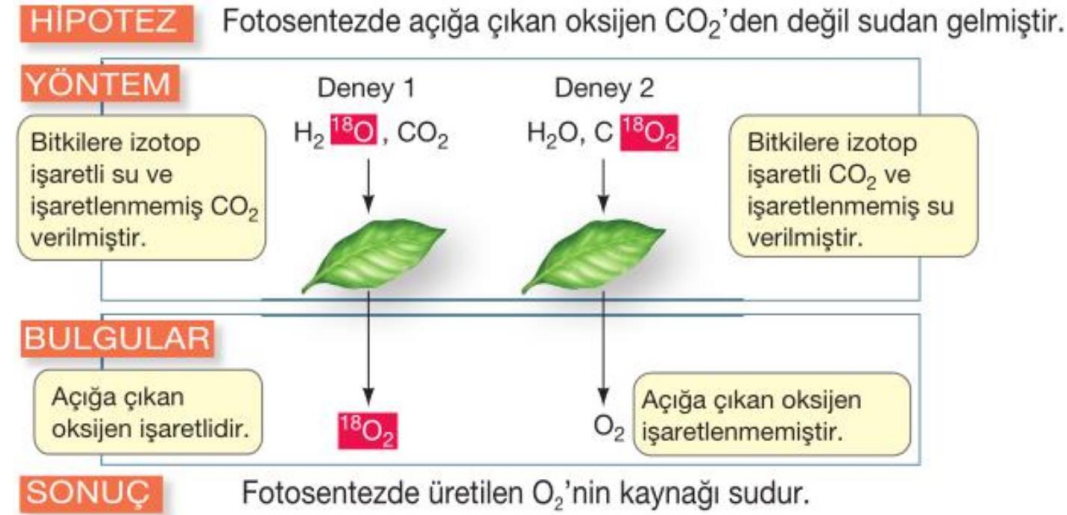
Granumlar ara lameller ile birbirlerine bağlıdır. Granumlarda bol miktarda klorofil pigmenti ve elektron taşıma sistemi (ETS) molekülleri bulunur. Granumların meydana getirdiği bütün yapıya grana denir. Tilakoitler, stroma denilen yapışkan bir sıvı içerisine gömülmüştür. Bu sıvının içinde ışıktan bağımsız reaksiyonlarda görev alan enzimler ile kloroplastın kendine ait DNA, RNA, ribozom, amino asitler, bazı proteinler, lipid ve nişasta bulunur. Kloroplast, kendisine ait DNA'sı olduğundan belli bir büyüklüğe geldiğinde veya ihtiyaç duyulduğunda hücre çekirdeği kontrolünde kendini eşleyerek çoğalabilir.

Kloroplast içerisinde gerçekleşen tepkimelerde görevli enzimlerin üretimini stroma içindeki ribozomlar yapar. Kloroplastlarda üretilen ATP'ler, fotosentez tepkimelerinde kullanılır. Tilakoitler ve stroma, fotosentez olayının farklı evrelerinin meydana geldiği yerlerdir. Tilakoitlerde güneş enerjisi kimyasal enerjiye dönüştürülür. Stromada ise güneşten alınan bu enerji, karbondioksiti basit şekere indirgemek için kullanılır.

Karmaşık reaksiyonlardan oluşan fotosentez, genel bir kimyasal formülle aşağıdaki gibi özetlenebilir:



Robert Hill'in fotosentezde açığa çıkan O<sub>2</sub> molekülünün kaynağının su olduğunu ispatladı. İlerleyen zamanda yapılan deneyler de Robert Hill'in görüşlerini ispatlar niteliktedir.



### Fotosentezde Çeşitlilik:

Fotosentez tepkimeleri kullanılan hidrojen (elektron) kaynağına göre üç farklı biçimde gerçekleşebilir.

Bitkiler, siyanobakteriler ve öglena fotosentez sırasında hidrojen kaynağı olarak H<sub>2</sub>O kullanır ve yan ürün olarak oksijen üretirler.



Mor sülfür bakterileri fotosentez sırasında hidrojen kaynağı olarak H<sub>2</sub>S kullanır ve yan ürün olarak kükürt üretirler.



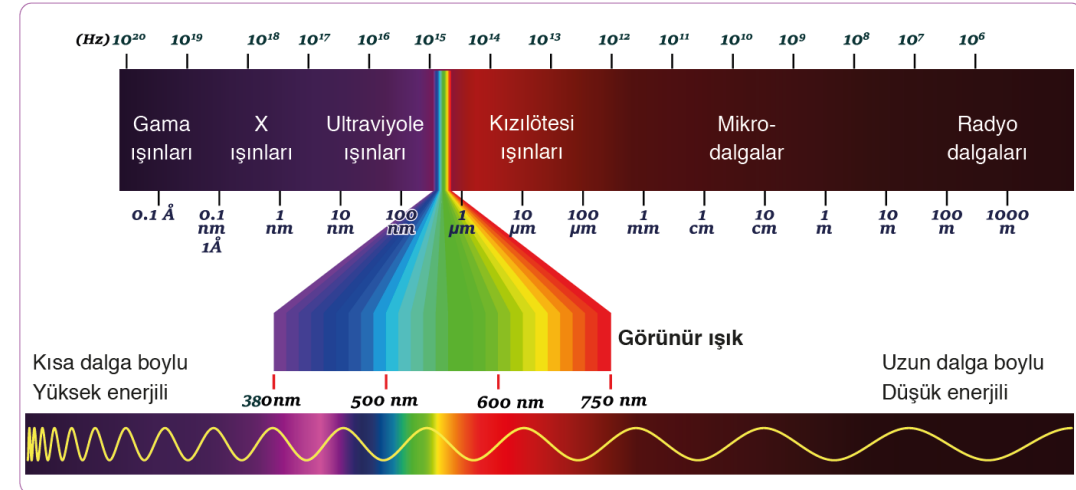
Hidrojen bakterileri fotosentez sırasında hidrojen kaynağı olarak H<sub>2</sub> kullanır ve yan ürün olarak oksijen ya da kükürt üretmezler.



### Fotosentez ve Işık:

Işık enerjisi, fotosentez olayında klorofilden elektronun kopması ve fotoliz olayının gerçekleşmesi şeklinde çok önemli bir role sahiptir.

Işık, elektromanyetik olarak bilinen bir enerji biçimidir. Elektromanyetik dalgaların tepe noktaları arasındaki uzaklık, dalga boyu olarak bilinir. Işığın dalga boylarına göre sıralanmasına elektromanyetik spektrum adı verilir. Bu spektrumun fotosentez için önemli kısmı, 380-750 nm arasında olan bölümdür. Bu dalga boyu, insan gözü tarafından çeşitli renklerde algılandığı için görünür ışık (beyaz ışık) olarak da bilinir. Bitkiler de fotosentezde spektrumdaki görünür ışığı kullanır.



Fotonlar, yüksek hızla hareket eden ve enerji taşıyan parçacıklardır. Görünür ışık spektrumunda dalga boyu en kısa olan mor ışık, en uzun olan ise kırmızı ışıktır. Bu nedenle mor ışığın bir fotonunun enerjisi, kırmızı ışığınkinden daha fazladır.

Işık, bir cisme çarptığında ya cisimden geçer ya yansıtılır ya da cisim tarafından absorbe (emilim-soğurma) edilir. Her üç olay aynı anda da gerçekleşebilir. Gelen ışık, cisim tarafından tutulursa ışık olmaktan çıkıp başka bir enerji şekline dönüşür. Fotosentezde ışık, absorbe edilerek kimyasal enerjiye dönüştürülür. Işığın bitkiler tarafından absorbe (emilim-soğurma) edilmesinin, bitkiye yeşil rengi veren klorofil pigmenti sayesinde olur.

Klorofiller, absorbe ettiği enerjiyi bir molekülden diğerine aktararak fotosentez reaksiyonlarında katalizör görevi de yapar.

Klorofil çeşitli dalga boyundaki ışınları emerek bitkide fotosentez olayının gerçekleşmesini sağlayan yeşil renkli bir pigmenttir. Yapısında C, H, O, N ve Mg atomları bulunur. Sentezi için güneş ışığı ve Fe gereklidir.

Prokaryot hücrelerin hücre zarı kıvrımlarında; ökaryot hücrelerin kloroplast organelinin tilakoit zarında bulunur.

Klorofil pigmenti ışığın bir bölümünü soğurur, bir bölümünü ise yansıtır ya da geçirir. Fotosentez soğurulan ışıkta gerçekleşir.

Klorofilin birçok çeşidi bulunup en yaygın çok bilinenleri klorofil a ve klorofil b'dir. Klorofil a, yeşil bitkilerin hepsinde bulunurken klorofil b ise bazı yeşil bitki ve alglerde bulunur. Ayrıca bazı bitkilerde fotosentezde etkili karoten, ksantofil, likopen gibi pigmentler de bulunur. Bitkilerde, plastitlerde bulunan, turuncu, kırmızı ve sarı renk veren pigment kümesine **karotenoit** denir.

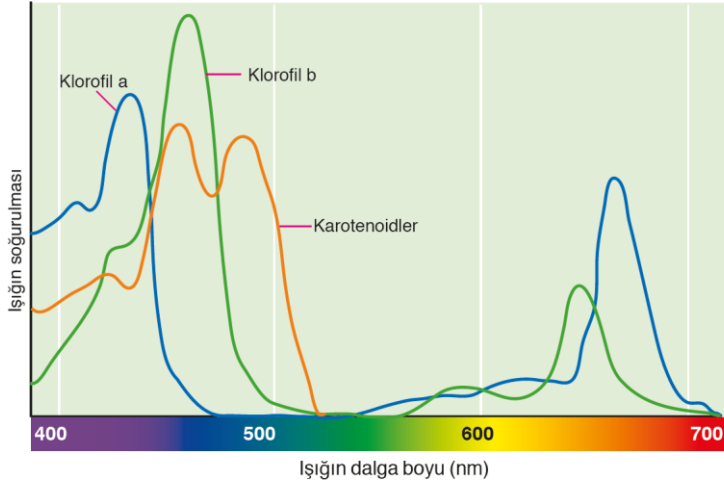
Karotenoitlerin görevleri:

Klorofilin soğuramadığı farklı dalga boylarındaki ışınları soğurarak klorofile aktarırlar.

Böylece fotosentez olayına yardımcı olurlar.

Klorofile zarar verecek olan aşırı ışığı da emerek yayarlar. Böylece klorofil pigmentinin zarar görmesini engellerler.

Çiçek ve meyvelere renk verirler.

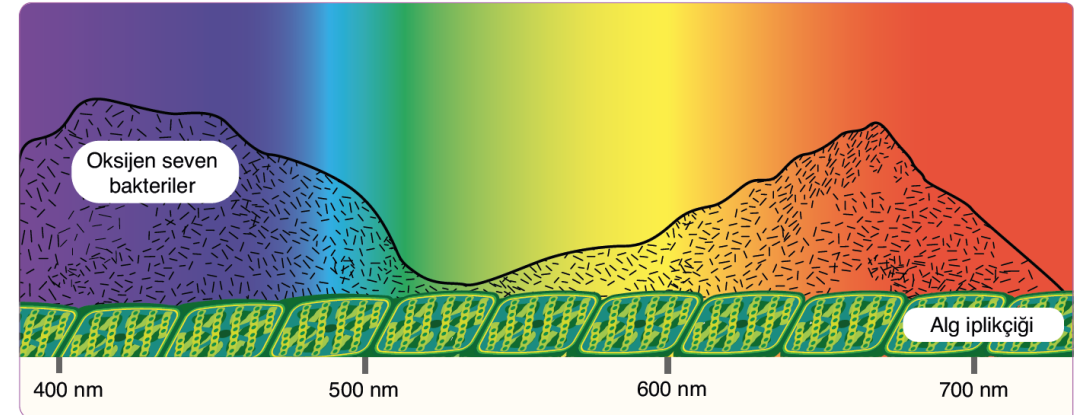


Fotosentez hızı ile görünür ışık spektrumu arasındaki ilişki, 1883 yılında Theodore Engelmann tarafından yapılan bir deneyle gösterilmiştir.

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.**

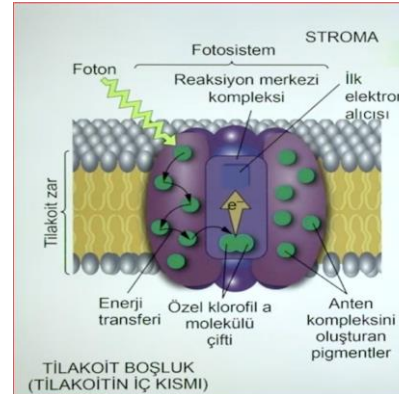


### Klorofilin Işık Tarafından Etkinleştirilmesi:

Klorofil pigmenti ile oluşturulan çözeltiliye ışık gönderilirse çözelti kırmızı-turuncu renk alır. Gözlenen bu durum, yörüngesinden ayrılan elektronların yörüngelerine tekrar dönerken çevrelerine yaydıkları ısı ve ışık enerjisinden kaynaklanan bir olaydır. Klorofil molekülündeki bir elektronun en düşük enerjili durumuna, temel durum denir. Işık soğurulduğunda ışık enerjisi, elektronu daha yüksek enerji seviyesine taşır. Klorofil molekülü temel durumdan uyarılmış duruma geçer. Uyarılmış durumdaki elektron, kazandığı enerjiyi dışa vererek eski hâline döner. Başka bir elektron bu enerjiyle aynı olayı tekrar eder. Başka bir elektron alıcısı yoksa uyarılmış elektron ısı ve ışığı dışarı verir. Bu ışık yayılması floresans olarak isimlendirilir.

Işığı emen pigmentler, tilakoit zarda fotosistem denilen birimler hâlinindedir.

Fotosistemler, tilakoit zarın ışığı toplamasını ve ışığın kimyasal enerjiye dönüşmesini sağlayan birimlerdir. Tilakoit zarda bu birimler fotosistem I (P700) ve fotosistem II (P680) olmak üzere sıralanmıştır. Fotosistem, proteinler ve diğer moleküller içerip birkaç yüz pigment molekülünden oluşan bir anten kompleksi ile aynı zamanda klorofil a ve ilk elektron alıcı molekülün yer aldığı tepkime merkezini içerir.



- Anten kompleksinde protein molekülleri ile çok sayıda klorofil ve karotenoit pigmenti içerir.
- Bu kompleksdeki pigmentler güneşten gelen foton enerjisini soğurur ve kademeli bir şekilde tepkime merkezi kompleksindeki klorofil a molekülüne aktarırlar.
- Tepkime merkezi kompleksinde bir çift klorofil a molekülü ve primer (ilk) elektron alıcısı bulunur. Foton enerjisi yardımıyla klorofil a molekülünden ayrılan elektronlar ilk elektron alıcısı yardımıyla ETS'ye aktarılır.

Işığın temel birimi olan foton, anten kompleksindeki bir pigment molekülüne çarptığı zaman, fotonun enerjisi tepkime merkezine ulaşıncaya kadar bir molekülden diğerine bir önceki sayfadaki şekilde gösterildiği gibi geçer.

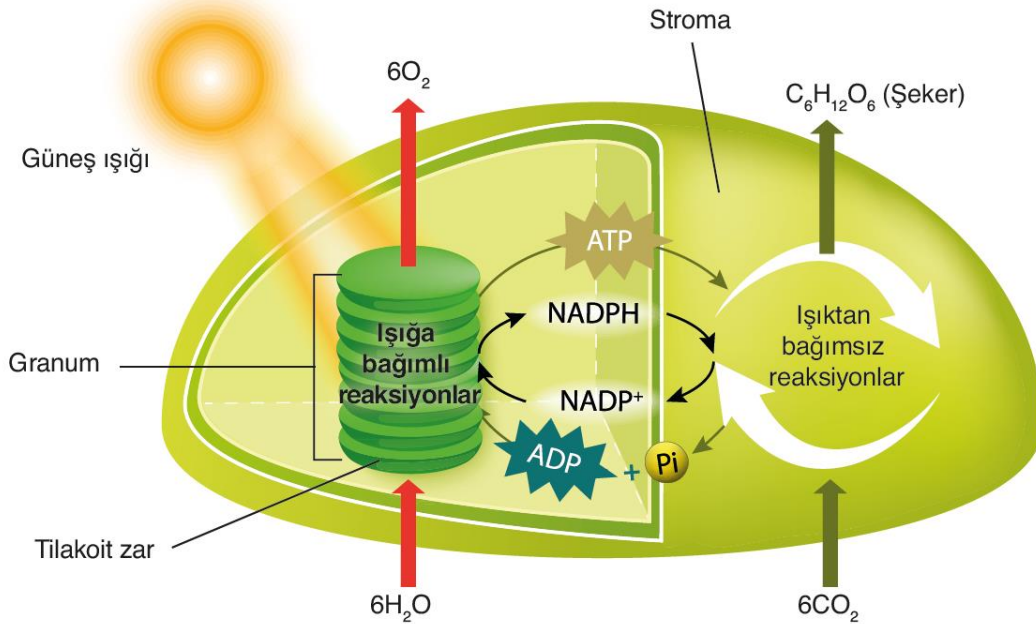
Tepkime merkezinde toplanan bu enerji, tepkime merkezinde bulunan klorofil pigmentine ait bir elektronun enerji seviyesini artırır.

Klorofilden ayrılan bu elektron ilk elektron alıcına aktarılır.

Enerji kazanan elektronlar tilakoit zar üzerinde bulunan, ETS birimleri aracılığı ile ya klorofil molekülüne döner ya da son alıcı olan NADP+ koenzimine aktarılır.

Bu süreçte elektronlar tarafından salınan enerjinin kullanımı ile kemiozmotik hipoteze göre ATP sentezlenir.

Fotosentez; ışık reaksiyonları ve karbon tutma reaksiyonları (ışıkta bağımsız reaksiyonları) olmak üzere iki aşamada gerçekleşir.

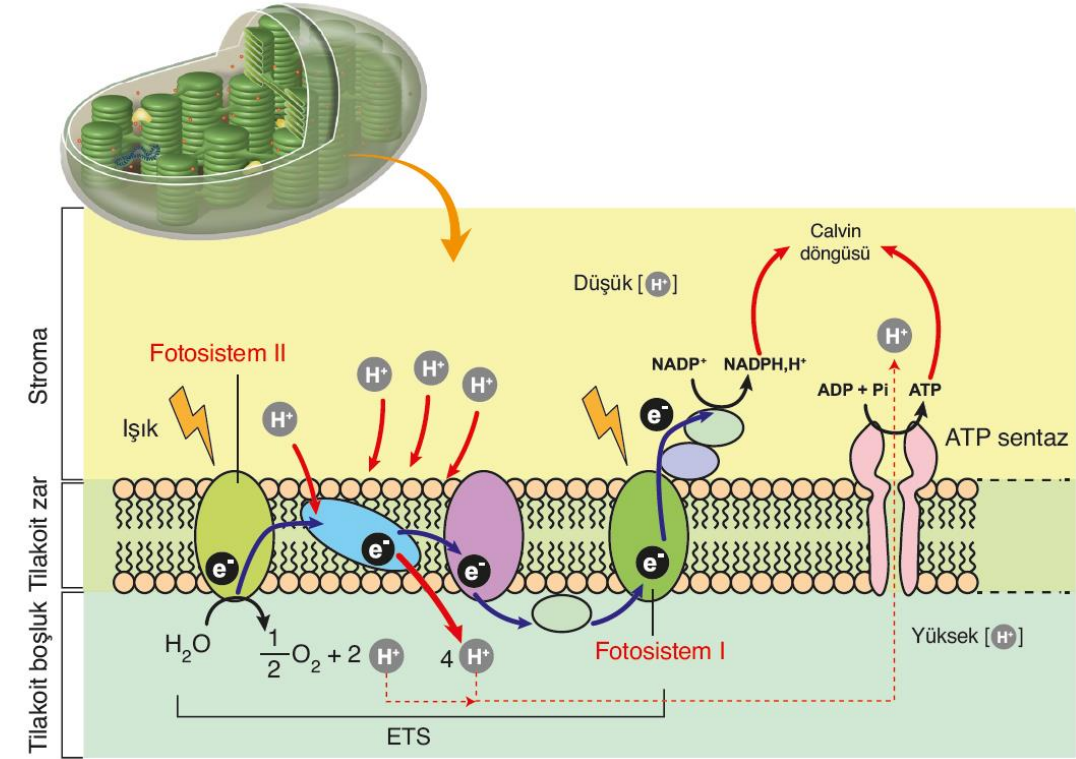


### A- Fotosentezin Işığa Bağımlı Reaksiyonları:

Işığa bağımlı reaksiyonlar, kloroplastların granularında gerçekleşir. Fotosentezde besin sentezlenebilmesi için ATP üretilmesi gerekir. Klorofilin ışığı soğurarak enerji kazanmasıyla ATP sentezi gerçekleşir. Işığı soğuran ve kimyasal enerjiye dönüştürülmesini sağlayan birimlere **fotosistem** denir. Fotosistemler tilakoit zarda bulunur. Fotosistemde bulunan klorofil molekülünün ışık enerjisini soğurmasıyla elektronlar serbest kalır. Serbest kalan bu elektronu tutabilecek bir sistem gereklidir. Bu sistem, kloroplastlardaki granumda bulunan elektron taşıma sistemi (ETS)'dir.

Klorofilden ayrılan elektronlar, indirgenme (redüksiyon) ve yükseltgenme (oksidasyon) kurallarına göre ETS'yi oluşturan bir molekülden diğer moleküle doğru aktarılır. Bu aktarım sırasında elektronun kaybettiği enerji ile ATP üretilir. (**fotofosforilasyon**). Işık enerjisi yardımıyla su moleküllerinin elektron (e-), proton (H+) ve O<sub>2</sub>'e ayrışması

olayına **fotoliz** denir. Açığa çıkan hidrojenler ve elektronlar NADP+ (Nikotinamid Adenin Dinükleotit Fosfat) molekülüne aktarılır ve NADPH molekülü üretilir.



**Sonuç olarak; fotosentezin ışığa bağımlı reaksiyonlarında, ışıktan bağımsız reaksiyonlarında kullanılmak üzere ATP ve NADPH üretilir. Yan ürün olarak da suyun fotolizi sonucu oluşan O<sub>2</sub> atmosfere verilir.**

**Fotofosforilasyonla üretilen ATP, sadece fotosentezde organik madde sentezi için tüketilir.**

**Fotosentezin ışıktan bağımsız tepkimelerinde bir molekül CO<sub>2</sub> bileşiğinin kullanılması için ışığa bağımlı reaksiyonlarda 3 ATP ve 2 NADPH üretilir, O<sub>2</sub> ise yan ürün olarak açığa çıkar.**

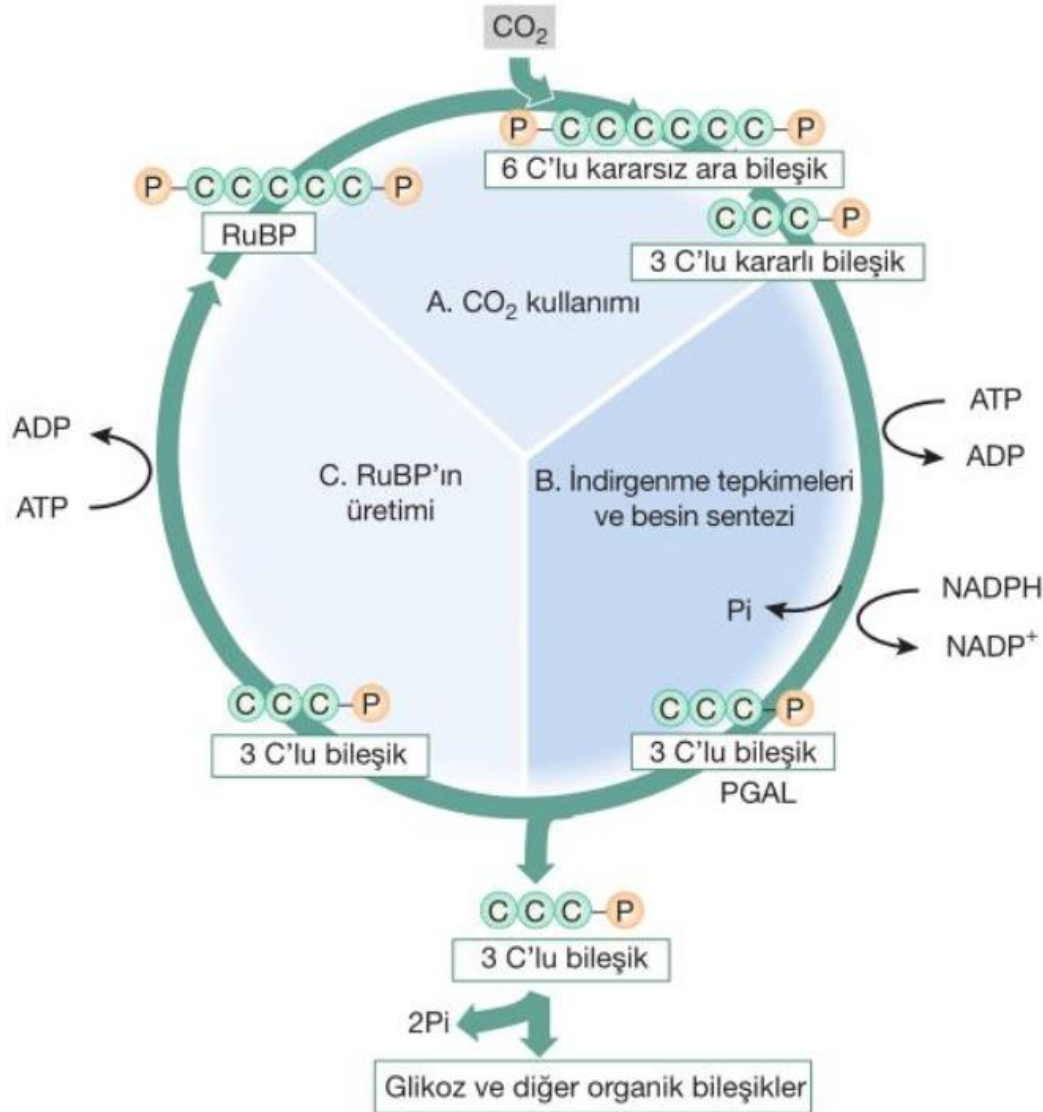
### B- Fotosentezin Işıktan Bağımsız Reaksiyonları:

Işıktan bağımsız reaksiyonlar, ökaryot canlılarda kloroplastların stromasında gerçekleşir. Bu reaksiyonlar enzimatik tepkimeler olduğu için sıcaklık değişimlerine karşı hassastır. Melvin Calvin (Melvin Calvin), 1961'de ışıkta bağımsız reaksiyonlar üzerine yaptığı araştırmaların sonucunu açıklamış ve bu reaksiyonlara **Kalvin Döngüsü** adı verilmiştir. Bu evrede CO<sub>2</sub> kullanılarak başta glikoz olmak üzere tüm organik maddeler üretilebilir.

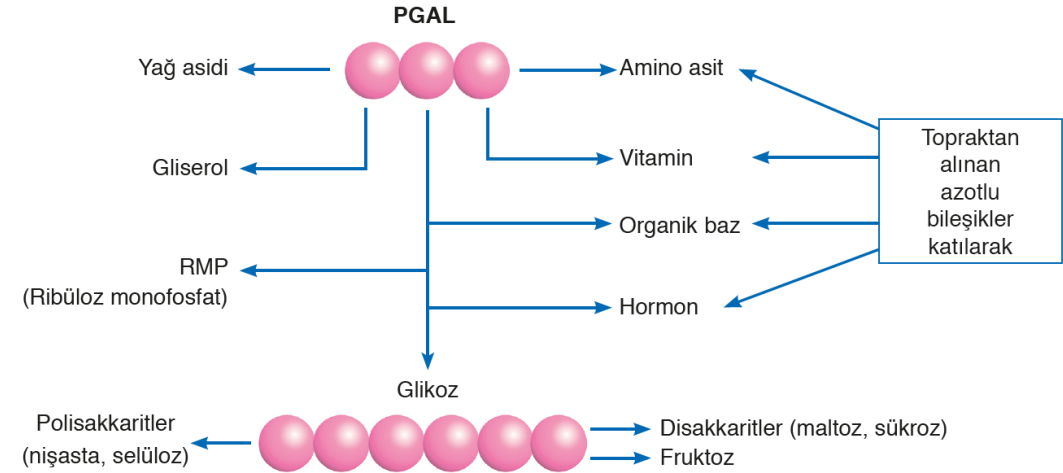
**Işıktan bağımsız tepkimeler sırasında ışık, doğrudan gerekli olmasa da ışığa bağımlı tepkimelerde açığa çıkan ATP ve NADPH'a ihtiyaç duyulur. O nedenle ışıktan bağımsız tepkimeler de ışığın varlığında gerçekleşmek zorundadır.** Enzimlerin kullanıldığı bu tepkimelerde klorofil ve ETS kullanılmaz. Calvin döngüsü'nün altı kez tekrarlanmasıyla

6C'lu karbonhidrat veya diğer organik bileşikler üretilir.

Işıktan bağımsız reaksiyonlar için mutlaka CO<sub>2</sub> gereklidir. Bu reaksiyonlar; **karbon bağlama, indirgenme ve CO<sub>2</sub> alıcısının yenilenmesi** şeklinde üç aşamada gerçekleşir. Işıktan bağımsız reaksiyonların gerçekleştiği Calvin döngüsünde, 5C'lu ribuloz bifosfat (RuBP) molekülüne CO<sub>2</sub> bağlanması ile ATP ve NADPH kullanılır ve 3C'lu fosfogliseraldehit (PGAL) oluşur. Bu metabolik yollarla glikoz ve diğer karbohidratlar sentezlenir. Reaksiyonlar, CO<sub>2</sub> bileşiğinin ribuloz bifosfata bağlanması ile başlar. 1 mol CO<sub>2</sub> bileşiğinin organik madde oluşumuna katılabilmesi için 3 ATP ve 2 NADPH gereklidir. Bir glikozun yapısında 6C olduğundan bu olay altı defa tekrarlanır. Sonuçta 1 molekül glikoz sentezi ışığa bağımlı evreden ışıktan bağımsız evreye toplam 18 ATP, 12 NADPH aktarılır.



Fotosentez reaksiyonları sonucunda üretilen 3C'lu bileşiğin bir kısmı, bir dizi aşamayla glikoza dönüşürken bir kısmı da yağ asidi, gliserol, amino asit, vitamin, nükleotit, hormon vb. organik bileşiklere dönüşür.



Genel olarak fotosentez ürünü olan glikoz bitkide nişastaya dönüştürülerek depo edilir. Bu durumun amacı, bitki hücresinin osmotik basıncını dengelemektir. Eğer glikoz şeklinde kalmış olsa suda çözünen glikozlar osmotik basıncı arttıracığından hücre çok fazla su alacak ve bu da aşırı şişmeye neden olacaktır. Nişasta suda çözünmediğinden osmotik basıncı artırmaz.

Işığa Bağımlı Reaksiyonlar	Işıktan Bağımsız Reaksiyonlar
Ökaryot hücrelerde kloroplastın granalarında, prokaryotlarda hücre zarı kıvrımlarında gerçekleşir.	Ökaryot hücrelerde kloroplastın stromasında, prokaryotlarda ise sitoplazmada gerçekleşir.
Işık kullanılır.	Işık doğrudan kullanılmaz.
Su kullanılır.	Su kullanılır.
ETS görev yapar.	ETS görev yapmaz.
ATP üretilir.	ATP tüketilir.
Suyun fotolizi ile oluşturulan hidrojenler NADP <sup>+</sup> tarafından tutulur ve NADPH oluşturulur.	NADPH'in hidrojenleri glikoz sentezinde kullanılır.
Oksijen oluşur, CO <sub>2</sub> tüketilmez.	CO <sub>2</sub> tüketilir. O <sub>2</sub> oluşmaz ve kullanılmaz.
İlk elektron yakalayıcısı görev alır.	Organik besinler üretilir.
Enzimler etkindir.	Enzimler etkindir.
Sıcaklıktan etkilenir.	Sıcaklıktan etkilenir.

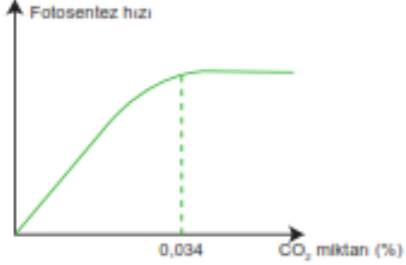
## FOTOSENTEZİN HIZINI ETKİLEYEN FAKTÖRLER

Fotosentez hızını etkileyen faktörler çevresel ve genetik olmak üzere ikiye ayrılır.

### 1. Çevresel Faktörler:

CO<sub>2</sub> miktarı, ışık şiddeti, ışığın dalga boyu, sıcaklık, su miktarı, mineral ve pH çevresel faktörleri oluşturur.

#### Karbon dioksit miktarı:



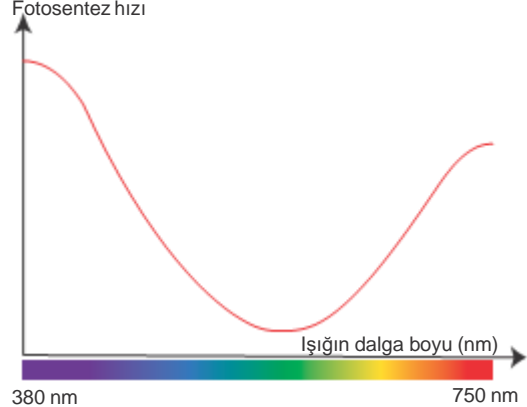
#### Işık Şiddeti:



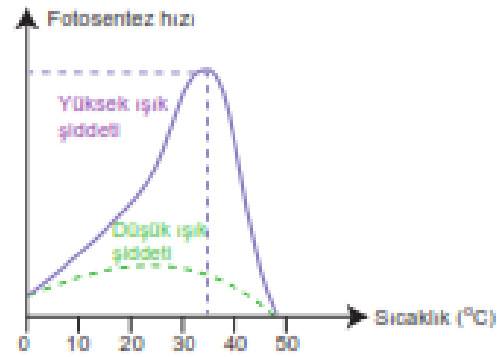
CO<sub>2</sub> ve ışık şiddeti bir arada düşünülürse CO<sub>2</sub> miktarı arttıkça ışığın şiddetine bağlı olarak fotosentez hızında değişiklikler gözlenir. Işık şiddeti arttıkça fotosentez hızı da artar. CO<sub>2</sub> miktarı artsa bile fotosentezin hızını ışık şiddeti belirler. ( **Minimum kuralı** )



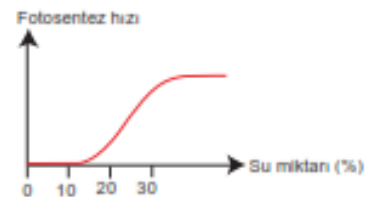
#### Işık Dalga Boyu:



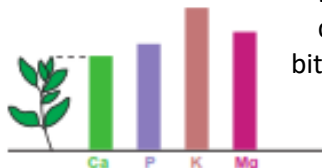
#### Sıcaklık:



#### Su Miktarı:



#### Mineraller:



Bitkilerin fotosentez hızı dolayısıyla büyüme hızı, bitkinin bulunduğu topraktaki minerallerden miktarı en az olana göre belirlenir.

**Ortamın pH'si:** Fotosentezdeki biyokimyasal tepkimelerin gerçekleşebilmesi için bitkinin pH'sinin belirli bir düzeyde tutulması gerekir.

### 2. Genetik Faktörler:

Kloroplast sayısı, yaprak yapısı ve sayısı, stomaların sayısı, kütikula kalınlığı ve enzim miktarı genetik faktörlerin etkisiyle belirlenir.

**Kloroplast sayısı:** Bitkide kloroplast sayısı az ise fotosentez yavaş, kloroplast sayısı fazla ise fotosentez hızlı gerçekleşir.

**Yaprak yapısı ve sayısı:** Bitkilerde yaprak genişliği arttıkça yaprakta bulunan kloroplast sayısı arttığından fotosentez hızı da artar. Buna bağlı olarak sentezlenen besin miktarında da artış görülür. Bitkide yaprak sayısı ne kadar fazlaysa fotosentez hızı da o kadar fazladır. Yaprak konumu da fotosentez hızını etkiler. Örneğin, aynı bitkinin doğrudan ışık gören yaprakları ile alt kısımda ışığı tam olarak alamayan yaprakları aynı hızda fotosentez yapamaz.

**Stoma sayısı:** Stomalar yapraktaki gaz alışverişini sağlayan yapılardır. Açılıp kapanabilirler. Bu nedenle yaprakta sayıları ne kadar fazla olursa bitkinin karbon dioksitten yararlanma oranı o kadar artacağından stoma sayısı fotosentez hızını etkileyecektir.

**Kütikula kalınlığı:** Kütikula yaprak yüzeyinde bulunan koruyucu tabakadır. Bitkilerde su kaybı bu tabakanın kalınlığına bağlı olarak önlenir. Su bitkilerinde kütikula ince, kurak bölge bitkilerinde ise kalındır.

**Enzim miktarı:** Fotosentez tepkimeleri enzimlerin denetiminde gerçekleşir. Bu nedenle fotosentezde görev yapan enzimlerin miktarı fotosentezin hızını etkiler.

### TARIMSAL ÜRÜN MİKTARINI ARTIRMADA FOTOSENTEZİN ETKİSİ

İnsan nüfusunun hızla artmasına rağmen tarım yapılabilecek alan miktarı sınırlıdır. Hızla artan insan nüfusunun besin ihtiyacını karşılayabilmek amacıyla var olan tarım alanlarının daha iyi değerlendirilmesi gerekmektedir.

Günümüzde uygulanan karbondioksit zenginleştirme ve yapay ışıklandırma gibi uygulamalar ile belirli bir alandan alınan ürün miktarı artırılabilir.

Ortamdaki CO<sub>2</sub> miktarı fotosentez hızını etkileyen en önemli faktörlerden biridir. Bu nedenle farklı yöntemlerle ortamdaki CO<sub>2</sub> miktarını artırmak hem bitki gelişimi hızlandırılır hem de alınan ürün miktarını artırır. Aşağıda bu amaca yönelik seralarda yapılan bazı uygulamalar verilmiştir:

- Seralarda organik gübre kullanımı ortamdaki CO<sub>2</sub> miktarını artırır. Organik gübrelerin topraktaki mikroorganizmalar tarafından parçalanması sonucunda sera havasındaki CO<sub>2</sub> oranı artar.
- Sera içinde bütan, propan gazı ve parafin yakılması ile de CO<sub>2</sub> oranı artırılabilir. Ancak bu süreçte açığa çıkan kükürt ve sıcaklık artışı bitkiler için zararlı olabilir.
- Tarımsal ürün miktarını artırmada kullanılan diğer bir yöntem ise yapay ışıklandırma. Özellikle de mevsime bağlı olarak ışık yoğunluğunun azaldığı dönemlerde yapay ışıklandırma yapmanın önemi çok büyüktür.

## BİLİMSEL ÇALIŞMA YÖNTEMİ BASAMAKLARI

- 1-PROBLEM BELİRLENMESİ
  - 2-VERİLERİN TOPLANMASI
  - 3-HİPOTEZİN KURULMASI
  - 4-TAHMİNLERİN YAPILMASI
  - 5-KONTROLLÜ DENEYLERİN YAPILMASI
  - 6-SONUÇ ÇIKARMA
- TEORİ VE KANUN

### 1- PROBLEMİN BELİRLENMESİ

İnsan, karşılaştığı veya gözlemlediği olaylarla ilgili olarak “Neden?” ve “Nasıl?” sorularını sorar.

Herhangi bir olayın nasıl ve neden olduğunu açıklayamıyorsak bu bir problemdir.

Bilimsel problem, doğru ve net bir şekilde ortaya konulmalıdır. Bilimsel problem olarak soruların doğru sorulması ve denenebilir olması gerekir. Bunun için bilim adamı önce gözlemler yapar.

#### Gözlemlerin Yapılması

Bir problemi daha iyi anlamak ve her yönüyle incelemek için gözlemler yapılır. Gözlemler yapılsı şekline göre nitel ve nicel olmak üzere ikiye ayrılır.

**Nitel gözlem:** Herhangi bir doğa olayının bilimsel ölçme araçları yardımı olmadan duyu organlarıyla incelenmesidir.

Örneğin “Bugün hava çok soğuk.” denildiğinde bir başkası “Hava ılık.” diyebilir.

**Nicel gözlem:** Duyu organlarının yanında bilimsel ölçme araçlarının kullanılmasıyla yapılan ve sayısal olarak ifade edilebilen gözlemlerdir. Nicel gözlemler nesneldir ve kesin sonuçlar içerir.

Örneğin

“Bugün hava sıcaklığı -5°C veya 14°C’dir.” kesin bir sonuçtur.

### 2-VERİLERİN TOPLANMASI

Probleme yönelik veriler ve gerçekler toplanır. Bilim insanlarının deney ve gözlem gibi yöntemleri kullanarak problemler ile ilgili topladıkları bilgilere veri denir. Herkes tarafından aynı koşullarda ve aynı sonuçlarla tekrarlanan gözlemlere de gerçek denir.

### 3-HİPOTEZİN KURULMASI

**Hipotez:** Eldeki gerçeklerle probleme getirilen geçici çözüm yoludur.

Araştırılacak olan bilimsel sorunların çözümü için önce veriler toplanır. Sonra veriler arasında ilişki kurulup problem için geçici bir çözüm yolu ortaya konur. Araştırmacının kendi görüşlerini de ifade eden ve verilere dayalı olan bu geçici çözüme hipotez denir. Hipotez henüz doğruluğu kanıtlanmamış varsayımdır.

İyi bir hipotezin 5 önemli özelliği vardır.

- 1.Hipotez problemle ilgili tüm verileri kapsamalı.
- 2.Eldeki verilere uygun düşmelidir.
- 3.Hipotez yeni gerçeklerin tahmin edilmesine olanak sağlamalıdır.
- 4-Problemi çözmeye yönelik olmalı.
- 5-Gerektiğinde değiştirilebilir olmalıdır.

### 4-TAHMİNLERİN YAPILMASI

Hazırlanan hipotezin denenmesinden önce hipotezden akıl yürütme yoluyla sonuçlar çıkarılır. Hipotezden akıl yürütme yoluyla çıkarılan sonuçlara tahmin denir. Tahmin, çalışmalarda zaman kaybını önleyerek araştırmaları kolaylaştırır.

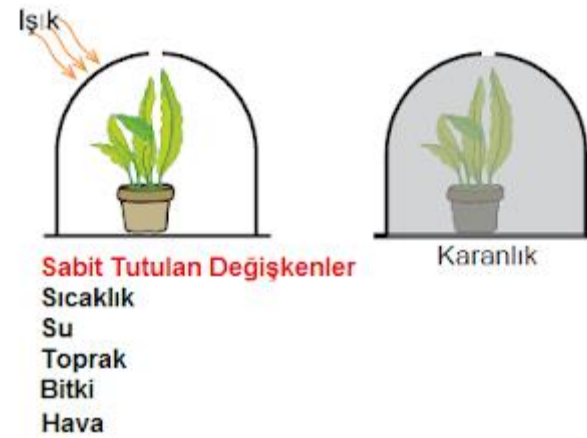
Bu tahminler:“Eğer .....ise .....dir.” kalıbında cümlelerdir.

### 5-KONTROLLÜ DENEYLERİN YAPILMASI

**Deney:** Laboratuvarında uygun koşullarda yapılan kontrollü gözlemlerdir.

**Amprik Deney:** Deneme yanılma yöntemidir. Probleme ilgili yeterli veri bulunmadığında uygulanır. Hipotezlerin denenmesinde kullanılmaz.

**Kontrollü Deney:** Deney sonucunu etkileyecek şartlardan birini değiştirip diğerlerinin sabit tutulması ile yapılan deneylere denir. Kontrollü deneylerde, kontrol ve deney grubu olmak üzere iki grup deney düzeneği hazırlanır. Kontrol gurubu, deney gurubuna uygulanan etkilerin karşılaştırıldığı gruptur. Kontrollü deneylerde değişkenlerden biri hariç diğerleri sabit tutulur. Deneyde değişken olan bu faktöre **bağımsız değişken** denir. Bağımsız değişkene bağlı olarak değişen değişkene **ise bağımlı değişken** denir.



#### ÖRNEK:

**Araştırma Sorusu:** Bitkinin fotosentez yapmasında ışığın etkisi nedir?

#### Bağımsız değişken

Işık

#### Bağımlı değişken

Bitkinin fotosentez yapması

**Sabit tutulan değişken** (Kontrol edilen değişken)

Bitki, toprak, su, hava, sıcaklık

#### Deneyin yapılışı

Aynı özellikte iki saksı bitkisi

alınır. Bunların toprak özellikleri, su ve sıcaklıkları eşitlenir. Bitkilerden bir tanesini ışık alan bir ortama, diğerini de ışık almayan bir ortama yerleştirilir. Bitkilerin gelişimi kontrol edilir.

#### Deneyin sonucu

Işık almayan yerdeki bitkinin fotosentez yapmadığı için zamanla sararıp solduğu, ışık alan bitkinin ise gelişimini devam ettirdiği görülür.

### 6-BULGULARIN DEĞERLENDİRİLMESİ VE SONUÇ ÇIKARMA

Yapılan gözlem ve deneyler tahminleri doğrularsa hipotez kuvvetlenir ve kesinlik kazanır.

Tersine, gözlem ve deneyler tahminleri doğrulamazsa hipotez çürütülmüş olur.

Bu durumda hipotez terk edilir. Var olan bilgi, veri ve sonuçlar tekrar gözden geçirilerek yeni hipotezler kurulur.



Kontrollü deney sonuçları hipotezi destekliyse diğer bilim insanlarının da test etmeleri sağlanır. Test eden bilim insanları da hipotezle ilgili aynı sonuçlara ulaşıyorsa hipotez gerçek hâline dönüşür.

## TEORİ VE KANUN

Teoriler ve kanunlar birbirinden farklıdır.

**Teori:** Doğada gerçekleşen olaylar hakkında yapılan ve arkasında güçlü deliller bulunan açıklamalardır.

Teori, birbiriyle ilişkisiz gibi görünen bir dizi gözlem ve deneysel sonucu birbirine bağlar.

Teoriler kanunları açıklar ve "**neden**" sorusuna cevap vermeye çalışır.

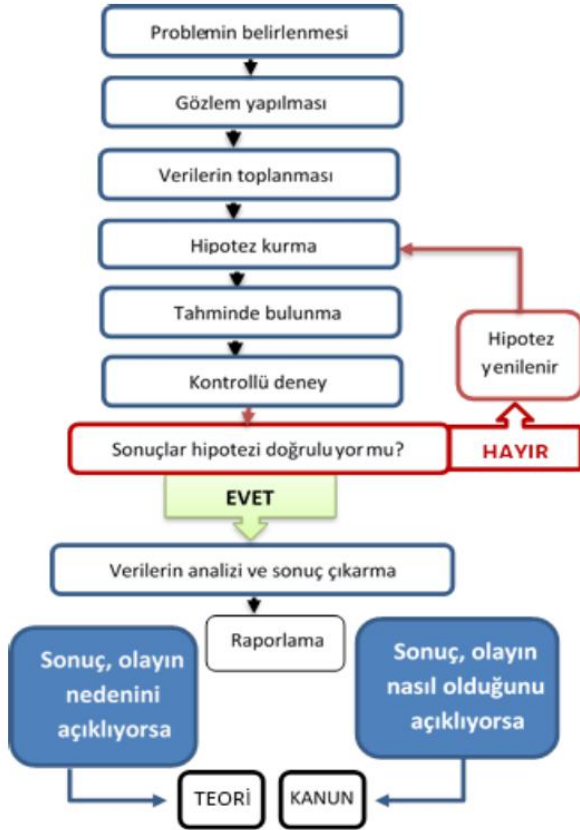
Örnek: "Kıtaların oluşum teorisi", "Evrimsel teori", vb.

**Kanun:** Bir olayın belli şartlar altında nasıl gerçekleştiğini tarif eder.

Kanunlar doğal olayların "nasıl" gerçekleştiği sorusuna cevap verirler.

Örnek: "Yerçekimi Kanunu", "Arşimet Kanunu" ve "Mendel Kanunu", vb.

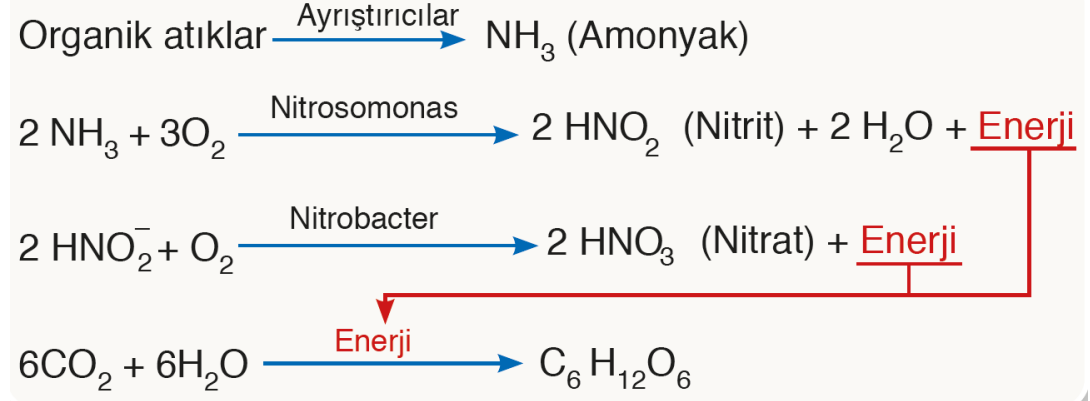
**NOT: Teoriler ve kanunlar arasında bir ilişki yoktur. Teori ve kanun birbirlerinden farklı bilimsel bilgi türleridir. Teoriler hiçbir zaman kanunlara dönüşmez.**



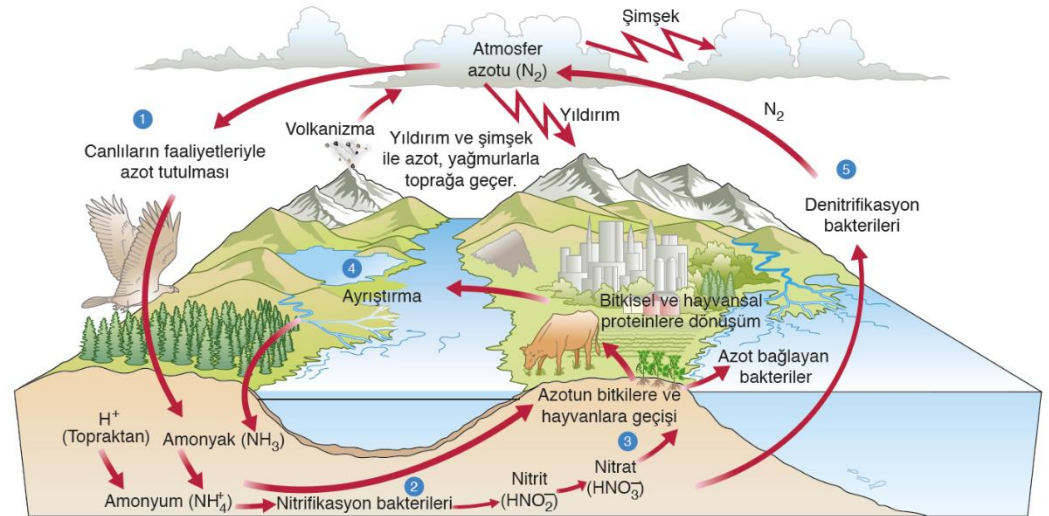
## KEMOSENTEZ

İnorganik maddelerden organik madde sentezini gerçekleştiren ototroflar, kullandıkları enerji kaynakları bakımından farklıdır. Fotosentezde gerekli enerji güneş ışığından

karşılırken, kemosentezde ışık yerine hidrojen sülfür (H<sub>2</sub>S), amonyak (NH<sub>3</sub>), demir (Fe<sup>2+</sup>), nitrit (NO<sub>2</sub>) gibi inorganik maddelerin oksidasyonundan sağlanan kimyasal enerji kullanılır. Oksidasyon elektronlarının bir atom ya da molekülden ayrılmasını sağlayan kimyasal tepkimelerdir. Oksidasyon sonucunda ATP ve NADPH üretirler. Ürettikleri ATP ve NADPH moleküllerini madde üretiminde kullanırlar. Bu olaya kemosentez denir. Kemosentezde ETS ve NADP<sup>+</sup> kullanılır. Ayrıca bazı canlılar ise NAD<sup>+</sup> kullanır. Kemosentetik bakterilere nitrit ve nitrat bakterileri, demir bakterileri, kükürt bakterileri, hidrojen bakterileri ve bazı arkeler örnek verilebilir.



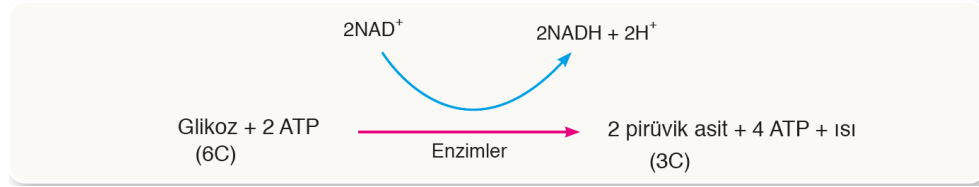
Nitrifikasyon ile azot, bitkilerin kullanabileceği bileşiklere dönüşürken açığa çıkan enerji de nitrifikasyon yapan bakteriler tarafından kemosentez için kullanılır. Kemosentezde de fotosentezde olduğu gibi Calvin döngüsü vardır. Kemosentez yapan canlılar inorganik maddeleri okside ederken bu süreçte ATP ve NADH sentezlenir. Üretilen ATP ve NADH molekülleri Calvin döngüsünde karbon fiksasyonunda kullanılarak organik madde sentezi yapılır.



## HÜCRESEL SOLUNUM

Canlılar, ihtiyaç duydukları enerjiyi organik besinlerden sağlar. Hücrede organik besinlerden enerji oluşturma ile ilgili metabolik olay, hücresel solunumdur. Hücresel solunum, oksijenli solunum ve oksijensiz solunum olmak üzere iki şekilde gerçekleşir. Canlılar oksijenli ve oksijensiz solunum dışında organik maddelerin enzimlerle daha küçük organik maddelere çevrildiği fermantasyon denilen yıkım tepkimeleriyle de ATP üretirler. Organik monomerlerin parçalanmasıyla ATP üretilmesi; oksijensiz solunum, oksijenli solunum ve fermantasyon olarak adlandırılan metabolik yollarla gerçekleştirilir. Fermantasyon besinlerin yapı taşlarının oksijen kullanmadan kısmi olarak yıkılıp ATP elde edilmesi olayıdır. Tüm bu metabolik olaylarda sitoplazmada gerçekleşen glikoliz tepkimeleri ortaktır.

**A-GLİKOLİZ:** Glikozun çeşitli enzimler yardımıyla pirüvik asite kadar yıkımına glikoliz denir. Her basamakta ayrı enzimler kullanılır ve bu enzimler tüm canlılarda aynıdır. Tüm canlılarda sitoplazmada gerçekleşir.



**NOT:** Elektron veren (H) + yüklü ve yükseltgenir, elektron alan (H) - yükle yüklenir ve indirgenir.

Glikoliz olayı sonucunda bir glikozdan toplam 4 ATP, 2 pirüvik asit ve 2 NADH+Holuşur. Başlangıçta glikozun aktivasyonu için 2 ATP harcanır. Net kazanç 2 ATP'dir. Glikolizde ATP sentezi, substrat düzeyde fosforilasyon şeklindedir. Yani reaksiyon sadece enzimlerle yürür. Elektron taşıma sistemi (ETS) yoktur. Glikoliz reaksiyonları, oksijensiz solunum, oksijenli solunum ve fermantasyon yapan hücrelerde ortaktır. Glikolizde açığa çıkan enerji miktarı düşük gibi görünse de dokulara oksijen gitmediği zaman bu yol, ana enerji kaynağı olarak çalışır.

## B-Oksijen Kullanılmadan ATP Üretilmesi (ANAEROBİK SOLUNUM)

Organik besinlerin oksijen kullanmadan enzimler yardımıyla daha küçük moleküllere parçalanması sonucu açığa çıkan enerji yardımıyla ATP sentezlenmesine **fermantasyon** denir. Bazı bakterilerde, maya mantarlarında, omurgalıların çizgili kas hücrelerinde ve bazı tohumlarda gerçekleşir.

Fermantasyon, glikoliz ve son ürün evrelerinden oluşur. Glikoliz reaksiyonlarıyla glikoz, pirüvik aside kadar parçalandıktan sonra, son ürün evresinde pirüvik asit, ürüne dönüştürülür.

Son ürün evresi, glikoliz reaksiyonlarının bir uzantısıdır ve farklı canlılarda, farklı enzimlerle gerçekleştiği için bu evrede, farklı son ürünler oluşur. Bunun sebebi tepkimelerde görev yapan enzim çeşitlerinin bu canlılarda farklı olmasıdır.

Fermantasyonda açığa çıkan enerji, oksijenli solunuma göre daha azdır. Bunun nedeni şudur: Fermantasyon tepkimelerinde besinler, alkol ve laktik asit gibi organik bileşiklere kadar dönüştüğü için enerjinin büyük bir bölümü bu ürünlerin yapısında kalır.

## ETİL ALKOL FERMANTASYONU:

Glikoliz aşamasından sonra pirüvattan etil alkol oluşturulması olayına etil alkol fermantasyonu denir. Maya mantarlarında, bazı bakterilerde ve bazı bitki tohumlarında görülür.



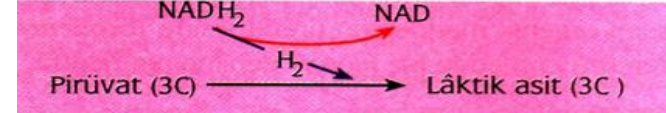
Alkolik fermantasyon sonucu ekmek hamuru, bira, şarap vb. oluşur.

Glikoz çözeltisi ve etil alkol fermantasyonu yapan maya hücrelerinin bulunduğu kapt;

- Hücre sayısı artar. – Glikoz miktarı azalır. – ısı artar.
- Etil alkol ve CO<sub>2</sub> artar.
- Etil alkol miktarı belirli bir düzeyin üzerine çıkarsa (%18) hücreler zarar görür ve hücreler ölür.
- Hücrelerin tamamı ölüncüye kadar CO<sub>2</sub> üretimine bağlı olarak ortamın gaz basıncı artar.

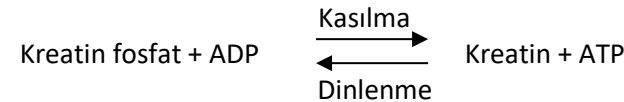
## B- LAKTİK ASİT FERMANTASYONU:

Pirüvatin laktik aside dönüşmesi sonucu oluşan fermantasyondur. Mantarlar, bazı bakteriler ve omurgalıların çizgili kasları ve memelilerin olgun alyuvarı hücrelerinde görülür. Peynir ve yoğurt yapımında kullanılır.



Çizgili kas hücrelerinde sitoplazmalarında üretilen pirüvik asit moleküllerinden laktik asit oluşur. Laktik asitler;

- Beyinde yorgunluk merkezini uyarır.
- Kalp kası ve çizgili kas hücrelerinde yeniden pirüvik asite dönüştürülerek enerji verici olarak tüketilir.
- Hücrelerdeki laktik asitin fazlası karaciğere taşınır , pirüvata ve glikoza dönüştürülür.
- Kaslar hızlı çalıştığı için gerekli ATP kreatin fosfat devrinden elde edilir.



**NOT: Son ürün reaksiyonları sayesinde sitoplazmada serbest NAD<sup>+</sup> koenzimleri bulunur. Son ürün reaksiyonları olmasaydı NADH<sub>2</sub> H'lerini veremeyecek ve sitoplazmada serbest NAD<sup>+</sup> koenzimleri bulunmayacak ve tüm solunum reaksiyonları duracaktı.**

**Oksijensiz solunum:** Organik moloküllerin oksijen kullanılmadan yıkılması esnasında ETS yardımıyla ATP üretilmesine oksijensiz solunum denir. Oksijensiz ortamda yaşayan bazı prokaryot organizmalar elektron taşıma zinciri içermekle birlikte zincirin sonunda

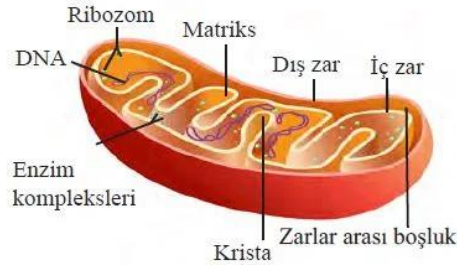
elektron alıcısı olarak oksijen kullanmazlar oksijensiz solunumda ETS deki son elektron alıcısı olan inorganik bileşiklerin sülfür (H<sub>2</sub>S), nitrat (NO<sub>3</sub>), karbondioksit (CO<sub>2</sub>) ve demir (Fe<sub>3</sub>) elektron çekim güçleri oksijene göre zayıftır. Bu nedenle oksijensiz solunumda üretilen ATP miktarı oksijenli solunuma göre azdır. Örneğin denitrifikasyon bakterileri nitrat kullanarak oksijensiz solunum yapar. Ayrıca bataklık gibi oksijensiz ortamda yaşayan bazı bakteriler besin moleküllerinden kopardıkları elektronları elektron taşıma sistemi üzerinden sülfat (SO<sup>-2</sup><sub>4</sub>) iyonuna aktarır. Elektronların elektron taşıma zinciri üzerinden aktarılması sırasında açığa çıkan enerji ile ATP sentezlenir. Ancak yan ürün olarak su yerine hidrojen sülfür (H<sub>2</sub>S) üretilir. Bataklıklardan gelen çürük yumurta kokusunun sebebi üretilen hidrojen sülfürdür. Oksijensiz solunumda ATP kazancı son elektron tutucuya göre değişmektedir.

### C-OKSİJENLİ SOLUNUM: (AEROBİK SOLUNUM)

Organik besinlerin oksijen yardımıyla bir dizi enzimatik reaksiyonla karbondioksit ve suya parçalandığı ve bu sırada açığa çıkan enerjinin ATP'de tutulduğu metabolik olaya oksijenli solunum denir. Mezozoma sahip bakterilerde ve mitokondri bulunan tüm ökaryot hücrelerde görülür.



Mitokondri yapısal olarak çift katlı bir zarla kaplıdır. Mitokondri zarları hücre zarının yapısına benzer. Dış zar düz olarak uzanırken, iç zar içeriye doğru kıvrımlar yaparak uzanır. İç zarın oluşturduğu bu kıvrımlara **krista** adı verilir. Krista zarları üzerinde, (ETS) elektron taşıma sistemine ait enzimler bulunur.



#### Mitokondri DNA Sının Özellikleri

Mitokondri DNA sı mitokondrinin çekirdekten bağımsız fakat çekirdeğin kontrolü altında çoğalmasını ve kendisine has bir metabolizmasının olmasını sağlar. Yalnız, mitokondride bulunan solunum enzimleri ve bazı maddeler çekirdek DNA sı kontrolünde sentezlenir. Mitokondri DNA sı yalnız mitokondriye ait bilgiler taşır. Çekirdek DNA sına göre daha az bilgi içerir. Mitokondri DNA sının kimyasal ve fiziksel etkilerle bozulması, oksijenli solunumda ATP sentezinin azalmasına neden olur. Buna bağlı olarak hücrede yaşlanma ve ölüm görülür. Hücre içi solunum olayını mitokondri yapar. ATP üretilmesi olayına fosforilasyon denir. Mitokondri substrat düzeyinde fosforilasyon ve oksidatif fosforilasyon yöntemi ile enerji üretir.

Oksijenli solunum:

1. Glikoliz
2. Pirüvik Asitten Asetil-CoA Oluşumu
3. Krebs Döngüsü
4. Elektron Taşıma Sistemi (ETS)

**1. GLİKOLİZ:** Glikozun çeşitli enzimler yardımıyla pirüvik asite kadar yıkımına glikoliz denir.

2ATP → 2ADP

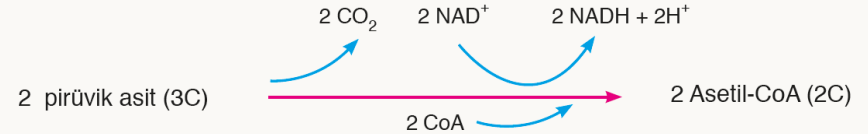


Glikoliz olayı sonucunda bir glikozdan toplam 4 ATP, 2 pirüvik asit ve 2 NADH oluşur.

Başlangıçta glikozun aktivasyonu için 2 ATP harcanır. Net kazanç 2 ATP'dir. Burada üretilen ATP'ler **substrat düzeyinde fosforilasyonla** elde edilir.

Glikoliz hücre sitoplazmasında gerçekleşir.

#### 2. Pirüvik Asitten Asetil-CoA Oluşumu:



**3. KREBS DEVRİ (SİTRİK ASİT ÇEMBERİ):** Mitokondri organelinin matrisinde gerçekleşir.

Glikozun kimyasal bağlarında depolanmış enerjinin ¼ den azı glikoliz aşamasında açığa çıkarılır. Enerjinin büyük bir kısmı ise 2 molekül pirüvatta depolanmış halde kalır. Krebs döngüsüyle, pirüvatin CO<sub>2</sub>'e kadar yıkımı ve pirüvatta depolanmış kimyasal enerjinin açığa çıkmasını sağlar. Krebs döngüsünde, meydana gelen ilk madde 6 karbonlu (6C) sitrik asit olduğundan bu döngüye sitrik asit döngüsü de denir. İki karbonlu asetil grubu 4 C'lu okzaloasetik asitle birleşerek 6 karbonlu sitrik asidi oluşturur.

- 1 Pirüvattan Krebs Devrinde:
- 3 çift H NAD'ye = 3 NADH+H<sup>+</sup>
  - 1 çift H FAD'ye = 1 FADH<sub>2</sub>
  - 2 mol CO<sub>2</sub> çıkar.
  - 1 ATP oluşur.
  - 3 mol H<sub>2</sub>O kullanılır.

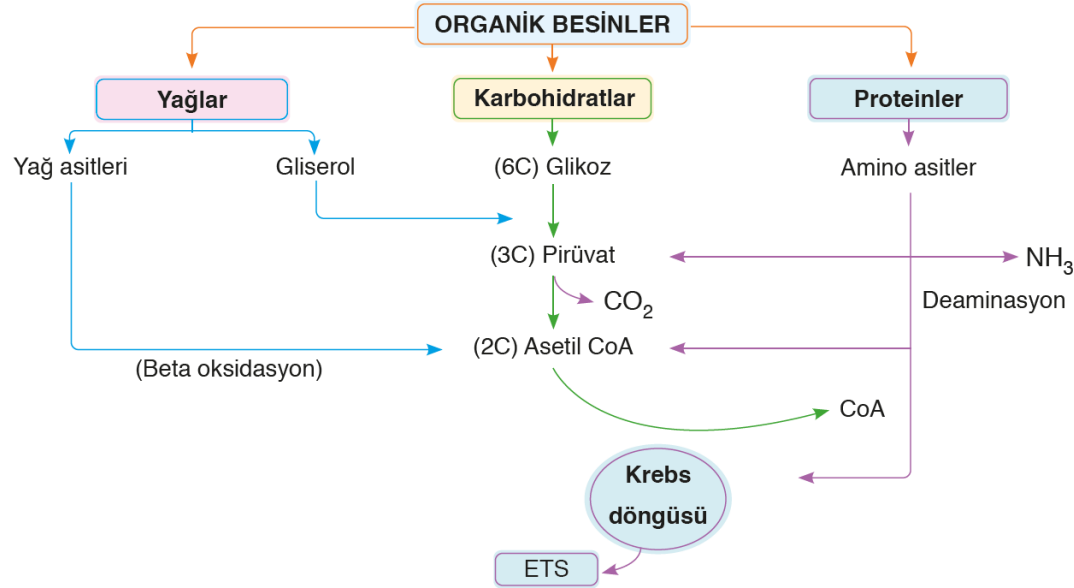
**NOT:** Glikolizde 1 glikozdan 2 pirüvik asit oluşur.

Sonuçta: İki Krebs döngüsünde 2 ATP molekülü substrat düzeyinde fosforilasyonla sentezlenir ve elektronlar, toplam 6 NAD<sup>+</sup> ve 2 FAD<sup>+</sup> tarafından tutularak indirgenir (e<sup>-</sup> alan molekül indirgenir, e<sup>-</sup> veren molekül yükseltgenir.). Bu sırada da toplam 4 molekül CO<sub>2</sub> oluşur. Krebs döngüsü sırasında oluşan 6 NADH+H<sup>+</sup> ve 2 FADH<sub>2</sub> molekülleri de ETS'ye aktarılır.



Bir glikoz molekülünün oksijenli solunum ile parçalanması durumunda hücrenin kazanacağı net ATP miktarı 30 ya da 32 olabilir. ATP sayısındaki bu farklılık, sitoplazmada glikoliz ile oluşan 2 NADH molekülünün farklı hücrelerde ETS'ye farklı mekanizmalar ile aktarılmasından kaynaklanır.

Farklı organik moleküllerin oksijenli solunum tepkimelerine katılım basamakları da farklıdır. Proteinlerin monomerleri pirüvat, asetil CoA ve Krebs basamaklarına katılır.



Karbohidratlar ve lipitler solunum tepkimelerinde kullanıldığında CO<sub>2</sub> ve H<sub>2</sub>O oluşur. Proteinlerin kullanıldığı solunum tepkimelerinde ise CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O ve NH<sub>3</sub> oluşur.

## FOTOSENTEZ VE OKSİJENLİ SOLUNUMUN ORTAK ÖZELLİKLERİ

1. Enzimatik reaksiyonlarla gerçekleşir.
2. Elektron taşıma sistemi (ETS) görev yapar.
3. ATP hem üretilir hem de tüketilir.
4. Prokaryot canlılarda sitoplazmada gerçekleşir.
5. Ökaryot canlılarda çift kat zarlı organellerde gerçekleşir.

## OKSİJENSİZ VE OKSİJENLİ SOLUNUMUN BENZERLİKLERİ

1. Her iki olayda da amaç ATP üretmektir
2. Solunum için en çok kullanılan madde genellikle glikozdur.
3. Başlangıç tepkimelerinde bir mol glikoz için 2 ATP tüketilir.
4. Laktik asit fermantasyonu hariç yan ürün CO<sub>2</sub> açığa çıkar.
5. ATP üretiminin yanı sıra ısı açığa çıkar.
6. Glikozun pirüvata kadar yıkım tepkimeleri aynı şekilde olur.

FOTOSENTEZ	OKSİJENLİ SOLUNUM
Ökaryot canlılarda kloroplastta; prokaryot canlılarda sitoplazmada gerçekleşir.	Ökaryot canlılarda sitoplazma ve mitokondride; prokaryot canlılarda sitoplazmada gerçekleşir.
Yeterli ışık enerjisi varlığında gerçekleşir.	Oksijen varlığında gerçekleşir.
Reaksiyona giren maddeler, CO <sub>2</sub> ve H <sub>2</sub> O/ H <sub>2</sub> S/ H <sub>2</sub> 'dir.	Reaksiyona giren maddeler, organik besinler ve O <sub>2</sub> 'dir.
Güneş enerjisi, kimyasal bağ enerjisine dönüştürülür.	Kimyasal bağ enerjisi, ATP'ye dönüştürülür.
Fotosentez sonunda ağırlık artışı olur.	Solunum sonunda ağırlık azalması olur.
Enzimatik tepkimeler gerçekleşir.	Enzimatik tepkimeler gerçekleşir.
ETS elemanları görev alır.	ETS elemanları görev alır.
İnorganik maddeler kullanılır.	Organik maddeler parçalanır.
ATP üretimi ve tüketimi vardır.	ATP üretimi ve tüketimi vardır.
Fotofosforilasyon görülür.	Substrat düzeyinde fosforilasyon ve oksidatif fosforilasyon görülür.