

# HÜCRESEL SOLUNUM VE ENERJİ

---

# KEMOSENTEZ

Güneş enerjisi yerine enerjiden faydalanılarak  $CO_2$ 'in redüklenip organik madde yapılmasına **kemosentez** denir. Yeşil olmayan bazı ilkel bitkiler gereken enerjiyi buldukları ortamda kimyasal yolla bazı kimyasal bileşikleri oksitleyerek elde ederler. Bu esnada çıkan enerjiden yararlanarak  $CO_2$ 'i redükleyip besinlerini yaparlar.

Kemosentez sayesinde ayrıca tabiattaki zehirli maddeler zehirsiz hale geçer. Doğada erimeden bulunan ve kullanılmayan bazı bileşikler eritilerek yüksek organizmaların kullanabileceği duruma geçer. Böylece tabiatta madde devri tamamlanmış olur örneğin bitki ve hayvanların çürümesiyle oluşan azot  $NH_3$  halinde birikir. Bitki azotu  $NH_3$  halinde değil, nitrit ve nitrat tuzları halinde alabilir.

## Kemosentetik canlılar:

### 1) Nitrifikasyon bakterileri:

Topraktaki nitrit bakterileri  $\text{NH}_3$ 'ü oksitleyerek nitrit haline getirirler. Daha sonra nitrobakterler (nitrat bakterileri) nitriti nitrat haline getirirler. Bu sırada çıkan 158 ve 43 kalorilik enerjiler  $\text{CO}_2$  redüklenmesinde kullanılarak besinlerini yaparlar.

### 2) Renksiz kükürt bakterileri:

$\text{H}_2\text{S}$  de zehirlidir ve kükürt bakterileri tarafından oksitlenerek zehirsiz hale getirilir.

### 3) Demir bakterileri:

Demir bakterileri de ferro demir iyonlarını ( $\text{Fe}^{+2}$ ) oksitleyerek ferri iyonlarına ( $\text{Fe}^{+3}$ ) dönüştürürler, bu sırada açığa çıkan enerjiyle besinlerini yaparlar.

---

Canlı bir hücrede geçen tüm metabolik olaylar enerji gerektirir. ATP hücrenin kullanabileceği bir enerji kaynağıdır. ATP enerji olarak kullanıldıktan sonra ADP şekline döner. Devam eden yaşamsal faaliyetler için, **ADP'den ATP oluşturma** zorunluluğu vardır. Bunun için de enerji gereklidir. Organizmalar bu enerjiyi Glikoz ve diğer organik bileşiklerin C-H bağlarında tutulan kimyasal bağ enerjisinden elde ederler. İşte besinlerin hücre içinde yanarak enerji vermesi olayına "**HÜCRE İÇİ SOLUNUM**" adı verilir.

---

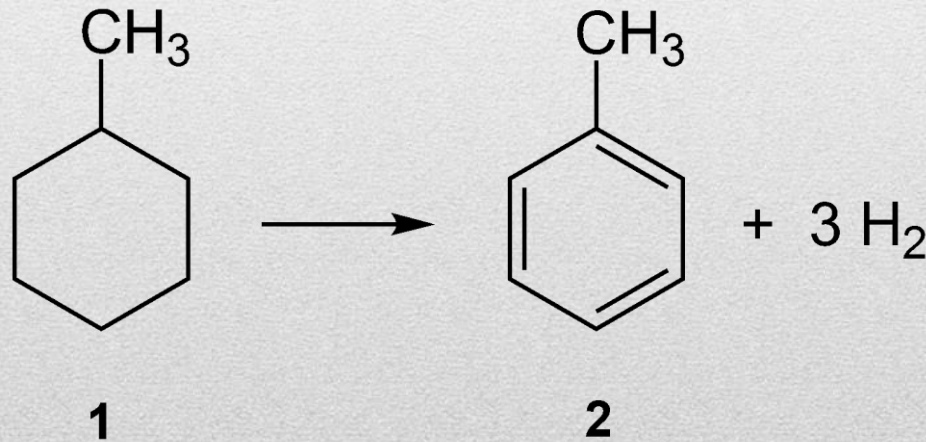
Hayvanlar ve insanlar enerjilerini yedikleri besinlerden sağlarlar. Besinlerdeki enerji, fotosentez reaksiyonları ile güneşten alınan foton (ışınım) enerjisinin, yine fotosentez sonucu oluşan organik maddelerin (karbonhidratların) kimyasal bağlarındaki potansiyel enerjiye çevrilmiş şeklidir. Özetle yeşil bitkilerin tuttuğu güneş enerjisi kimyasal bağ enerjisine dönüştürülerek diğer canlılar için enerji kaynağı olarak kullanılmaktadır.

---

Hücre solunum sırasında hücre gerekli enerji için öncelikle karbonhidratları, sonra yağları, eğer çok mecbur kalırsa proteinleri kullanılır. Karbonhidratlar monosakkaritlere; yağlar yağ asitlerine; proteinler aminoasitlere ve sonuç olarak  $CO_2$  ve  $H_2O$ 'ya parçalanırlarken kimyasal bağ enerjileri açığa çıkarılır. Bu olay hücre sitoplazması ve mitokondrilerde yükseltgenme ve indirgenme reaksiyonlarının arka arkaya oluşmasıyla sağlanır.

---

Her oksidasyon reaksiyonunu elektronların bir başka molekül tarafından alındığı bir indirgenme reaksiyonu takip eder. Reaksiyon sırasında hidrojen çıkarılmasına "dehidrogenasyon (dehidrasyon)" denir.



Canlı hücrede enerji elde etmek için yapılan besin oksidasyonları veya hücresel solunum aşağıdaki şekilde iki tipe ayrılmaktadır:

a) Solunum reaksiyonlarına oksijen katılırsa (oksijen kullanılırsa) "Aerobik Solunum (=Oksijenli Solunum)" adı verilir.

b) Solunum reaksiyonlarına oksijen katılmazsa (oksijen kullanılmazsa) "Anaerobik Solunum (=Oksijensiz Solunum, Fermentasyon)" adı verilir.

Oksijensiz solunum bir çeşit "Alkolik Fermentasyon (mayalanma)"dur.

---



Solunumları **Aerobik (oksijenli)** olan canlılar, oksijen olmayınca kısa bir süre sonra ölürler çünkü bunlar vücutlarında oksijen depo edemezler.

Vücut içine girecek olan oksijen "**dış solunum**" ile sağlanır.

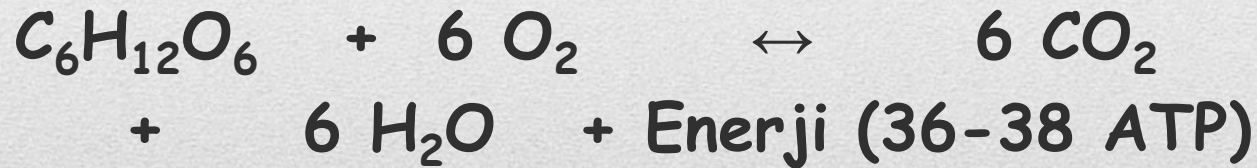
Solunum organları (akciğerler) aracılığı ile kan ve dış ortam (hava ve su) arasında yapılan **Oksijen- $CO_2$**  değişimine "**dış solunum**"; kan ile doku hücreleri arasındaki gaz değişimine ise "**iç solunum**" denir. Gaz değişimi ( $O_2- $CO_2$$ ) her iki halde de difüzyonla gerçekleşir. Tıpta  $CO_2$  ve  $O_2$ 'e "**kan gazları**" adı verilir.

---

# 1. Aerobik Hücre Solunumu (=Oksijenli Solunum) (= Oksidasyon):

Hücrenin aerobik solunum merkezi hücreleri enerji merkezi olan **mitokondrilerdir**. Hücrede yakıt olarak kullanılacak olan hammadde (prekürsör) mitokondrilerin içine girer ve burada bunlardan hücrede kullanılabilen enerji elde edilir. Yapısında kopabilen karbon bağlarını kapsayan bütün organik bileşikler hücre solunumunda hammadde olarak kullanılabilirler. Solunumda genellikle ilk kullanılan bileşik **karbonhidratlardır**. Sonra sırası ile yağlar, proteinler gelir. Bu büyük yapılı moleküller önce sitoplazmada lizozomlarda enzimler aracılığı ile daha küçük moleküllere ayrılırlar. Bundan sonra mitokondrilere girerler.

**Aerobik Solunum (Oksijenli solunum)'un genel formülü şöyledir:**



Bu formülden de görülebileceği gibi oksijenli solunum, hücrede enzimlerin etkisi ile besin maddelerinin  $O_2$  yardımı ile parçalanarak hücresel enerji (ATP) elde edilmesi olayıdır. Oksijenli solunumda besinin enerjisi birdenbire değil, kademeli olarak açığa çıkarılır. Kimyasal bağ enerjisinin serbest enerji haline getirilişi "hidrasyon sentezi" ile yani maddeden hidrojen koparılması ile olur. Serbest H'ler akseptörler tarafından tutularak bir dizi reaksiyonlar sonucu oksijene iletilir, bu esnada kimyasal bağ enerjisi de ortama verilir.

---

# Aerobik Solunum (= Oksijenli Solunum)

## 3 evrede gerçekleşir:

**I. Glikoliz Evresi**

**II. Sitrik Asit Evresi (= Krebs Evresi, TCA= Trikarboksilik Asit Evresi)**

**III. Son Oksidasyon Evresi**  
(= Elektron Taşıma Zinciri)

---

# I. Glikoliz Evresi:

Hans Buchner (bakteriyolog) ve Eduard Buchner (kimyacı, 1907 yılında fermentasyon üzerindeki çalışmaları nedeniyle Kimya dalında Nobel ödülü almıştır) 1897 yılında tamamen rastlantısal olarak maya hücrelerinden elde ettikleri ekstrenin şekeri alkole dönüştürdüğünü gözlemişlerdir. Daha sonra Arthur Harden (biyokimyacı, 1929 yılında şekerin fermentasyonu ve fermentatif enzimler üzerindeki çalışmaları nedeniyle Kimya dalında Nobel almıştır) ve William John Young (biyokimyacı) 1905'te glikozun maya ekstresi ile alkole dönüştüğünü göstermişler ve bu tepkimelerin evrelerini ve şartlarını belirlemişlerdir. Sonraki yıllarda gelişmiş hayvanlarda kas hücre ekstreleri ile de benzer tepkimelerin olduğu saptanmış ve ~~glikozun pirüvata yıkılması ile sonuçlanan reaksiyonlara glikoliz~~ adı verilmiştir.

Glikoliz hücre sitoplazmasında oluşur. Burada 6 C'lu heksoz, 3 C'lu pirüvik aside kadar parçalanır. Solunumda reaksiyona katılan madde glikoz olduğundan sistemde gerekli glikoz yoksa bile nişasta ve glikojen gibi maddeler özel kimyasal reaksiyonlarla glikoza dönüştürülür. Glikozun reaksiyona girebilmesi için aktifleştirilmesi gerekir. Çünkü karbon atomları arasındaki bağların koparılması için enzimler yeterli olmaz. Bunun için gerekli enerji sistemde mevcut ATP'lerden elde edilerek Glikoz 6-fosfat meydana gelir. Burada kullanılan ATP enerjisine "aktivasyon enerjisi" adı verilir.

---

Bir molekül Glikoz'a karşılık meydana gelen 3'er C'lu iki Pirüvik Asit molekülü bundan sonra birer C'larını daha kaybederek 2 C'lu maddeler halinde mitokondrinin sıvı fazında reaksiyona devam ederler.

Sonuç olarak: Glikoliz evresinde her iki koldan toplam:



2 Pirüvik Asit oluşur

---



## II. Sitrik Asit Evresi: (Krebs Evresi, TCA= Trikarboksilik Asit Evresi)

Solunumun bu bölümü hücrede enerji merkezi olarak görev yapan mitokondrinin sıvı fazında oluşur. Mitokondrinin sıvı fazında, özellikle iç zarı ile kristallerinde olduğu gibi solunumla ilgili çok sayı ve çeşitte enzim vardır.

Mitokondri içindeki reaksiyonlarda sitrik asit kullanılır ve sonra döngüyü tamamlamak üzere bu reaksiyonlar sekansı tarafından yeniden oluşturulur. Sitrik asit reaksiyonları 1937 yılında Alman asıllı İngiliz Biyokimyacı Hans Adolf KREBS tarafından açıklandığı için bu evreye Krebs Evresi (Krebs Döngüsü) ismi de verilmiştir. Bu buluşundan dolayı Hans KREBS 1953 yılında Nobel Tıp ödülüne layık görülmüştür.

Sitrik Asit Döngüsü hücrelerdeki enerji oluşturan metabolik kimyasal reaksiyonların önemli bir sekansını oluşturmaktadır.

Sitrik Asit Evresindeki önemli hususlar:

- Pirüvik asitten asetik asit oluşumu.
  - İki C'lu asetik asidin sistemde bulunan Koenzim-A ile birleşerek Asetil-CoA ( $C_2H_3O-CoA$ ) oluşturması. Bu, aktive edilmiş asetik asit molekülüdür. Asetil-CoA bütün maddelerin Krebs Evresine girmesinde kilit madde rolünü oynar.
  - Asetil-CoA sistemde bulunan 4 C'lu oksalo asetik asit ile birleşip, 6 C'lu sitrik asidi oluşturur. Bu nedenle bu evreye "Sitrik Asit Evresi " adı da verilir.
-



Bu evre mitokondrinin iç zarında oluşur ve mitokondrinin sıvı fazında (matriks) sona erer. Mitokondrinin iç zarında ve kristalarında ETZ'nin enzim ve Co-enzimleri ve fosforilasyon olayı ile ATP sentezleten (ör:  $F_0F_1$  ATP sentetaz kompleksi gibi) fosforilasyon enzimleri bulunur.

**III. Son Oksidasyon Evresi**  
(ETZ= Elektron Taşıma Zinciri)  
(ETS=Elektan Taşıma Sistemi)

---

ETZ bir seri ATP sentezleme kabiliyetine sahip olan ve redoks potansiyeline göre dizilmiş olan molekül dizisinden yapılmıştır. Fosforilasyon ile ATP sentezlenir.

**Bu reaksiyonların devam etmesi için sürekli olarak  $O_2$ 'in bulunması,  $CO_2$ 'in dışarı atılması gerekir. Bu ise iç ve dış solunum ile olur.**

---

Sonuç olarak:

**2 ATP**

Glikolizdeki net kazanç

**30 ATP**

Glikoliz ve Krebs evresinde oluşan NADH + H<sup>+</sup>'lardaki elektron çiftinin ETZ'den geçişinde.

**4 ATP**

Her iki Krebs siklusundaki 2FADH<sub>2</sub>'ye karşılık.

**2 ATP**

Her iki Krebs siklusundaki 2GTP yolu ile meydana gelir.

---

**Toplam:**

**36 - 38 ATP** (sitozolde elektronların NADH'dan taşınma şekline göre değişir)

---

# NADH'in önemi

Açık adı **Nikotin Adenin Dinükleotid Hidrür** hücrelerde olan NADH hücrelerde bulunan önemli bir koenzimdir. Elektron taşıyarak indirgenme potansiyelinin moleküller arasında aktarılmasında rol oynar.

NADH,  $\text{NAD}^+$ 'nin indirgenmiş halidir, dolayısıyla  $\text{NAD}^+$  de NADH'nin yükseltgenmiş (okside olmuş) halidir.

---

Bu bileşik fosfat gruplarından bağlanan iki nükleotidden oluşur yani bir dinükleotiddir). Bir nükleotid adenin bazı içerir, diğeri ise nikotinamid.

$\text{NAD}^+$  metaboizmada redoks reaksiyonlarına dahil olmaktadır, bir reaksiyondan diğesine elektron taşır, dolayısıyla bu koenzim hücrelerde iki formda bulunur:  $\text{NAD}^+$  oksitleyici ajandır yani diğere moleküllerden elektron alır ve indirgenir. Bu reaksiyon sonucunda **NADH** oluşur, ancak bundan sonra elektron vermek üzere indirgeyici bir ajan olarak kullanılabilir. Bu elektron transfer reaksiyonları  $\text{NAD}^+$ 'nin başlıca fonksiyonudur. Ancak diğere hücresel proseslerde de kullanılmaktadır.

~~$\text{NAD}^+$  organizmalarda triptofan veya aspartik asit aminoasitlerinden sentezlenebilir~~



NADH hidrojenin biyolojik formudur. Saf hidrojen çok reaktiftir. Örneğin su içine metalik sodyum eklediğinizde saniyenin onda biri kadar süre içinde hidrojen oluşur. Ancak bu reaksiyon sırasında o kadar çok enerji oluşur ki hidrojen anında tutuşur. Eğer hidrojen canlı hücrelerde bu şekilde reaksiyon verirse hücreler patlayacaktır. NAD'ye bağlı olduğunda ise patlayıcı bir davranış göstermeyecektir. Bu nedenle NADH oluşmaktadır.

Hidrojen bu bileşiğin içindeyken de çok reaktiftir ancak anında yanmaz. Bunun yerine hücredeki oksijenle tepkimeye girerek su ve enerji oluşturur.

---

Bu olay her canlı hücrede gerekleŒir. Dolayısıyla hidrojen ve oksijen enerji üretimi için hücrelerimizde bulunan en önemli elementlerdir. Bir hücrede bulunan NADH miktarı o hücrenin enerji ihtiyacına bağlıdır. Kalbimiz ve beynimiz tüm organlarımızın arasında en fazla enerjiye ihtiyaç duyan organlardır.

NADH vücutta yapılabildiği gibi dışarıdan da (yiyecek Œeklinde veya gıda katkısı olarak) alınabilir.

---

## Metabolik Kontrol

Glikoliz ve sitrik asit reaksiyonları çeşitli aşamalarda allosterik enzim kontrolü altındadır (feedback inhibisyon). Hücrenin ATP gereksinimine göre bu reaksiyonlar işler ya da durur. Bu kontrolde hekzokinaz, fosfofruktokinaz, piruvat kinaz enzimleri rol alır. Örneğin, hekzokinaz glikozun ATP'ye bağımlı fosforilasyonunu (glikoz-6-fosfat haline) katalize eden enzimdir. Bu, glikolizdeki yolaktaki ilk adımdır aynı zamanda ilk hızı sınırlayıcı adımdır.

---

# YAĞLARIN ve PROTEİNLERİN OKSİDASYONU

---

## Yağlar hakkında genel bilgiler:

Yağlar ve yağlara benzeyen bir grup organik bileşik genel olarak lipitler adı altında incelenir. Ancak lipitlerin büyük kısmını yağlar oluşturur.

Yağlar da karbonhidratlar gibi C, H ve O elementleri ihtiva ederler. Fakat yağlarda "O" atomlarının "C" atomlarına oranı karbonhidratlarıkinden çok daha azdır. Yağlar enerji kaynağı olarak ve hücre zarında yapı taşı olarak önemlidirler.

---

Ayrıca yağ ve lipitler A, D, E, K vitaminlerinin ve prostaglandinler gibi kas kasılmasını uyaran bileşiklerin yapısında da bulunurlar. Yağlar organizmaya karbohidratlardan iki kat daha fazla enerji sağlarlar. Fakat yapılarındaki oksijen azlığı nedeniyle daha zor yanarlar. Bu nedenle besin ve karbohidratların fazlası enzimler yardımı ile lipide dönüştürülür ve yağ halinde depo edilir. Karbohidratça zengin besinleri fazla yiyenler, diğer bir deyişle beslenmelerini daha çok karbohidratlarca zengin besinlerle yapanlar şişmanlarlar.

Yağların fazlası deri altında bir tabaka halinde yağ dokusu hücrelerinde depo edilir. Böylece yağlar vücut ısısını korumada rol oynar. Yağlar hücre zarının %15-25'ini oluşturur ve hücre zarı geçirgenliğinde önemli rol oynar. Yağlarda polar (suda çözünen) ve apolar (suda çözünmeyen) gruplar bulunur. Fakat polar yani suda çözünmeyen gruplar daha fazla olduğundan suda çözünmezler, ancak eter, kloroform, benzen, aseton, sıcak alkol gibi organik çözücülerde çözünebilirler.

---

Yağlar oda sıcaklığında **kati** ve **sıvı** oluşlarına göre başlıca 2 gruba ayrılırlar:

1) **Kati yağlar:** Erime derecesi yüksek olup oda sıcaklığında ( $20^{\circ}\text{C}$ ) kati halde bulunan yağlardır. Ör: Tereyağı, iç yağı, kuyruk yağı, kakao yağı.

2) **Sıvı yağlar:** Erime derecesi düşük olup oda sıcaklığında ( $20^{\circ}\text{C}$ ) sıvı halde bulunan yağlardır. Ör: zeytinyağı, ay çiçek yağı, mısırözü yağı.

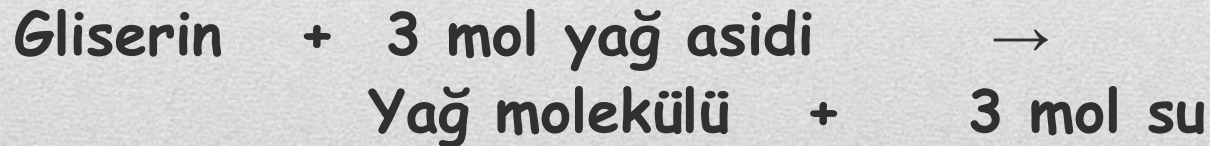
---



Genellikle hayvansal yağlar katıdır, bitkisel yağlar ise sıvıdır. Ancak kakao (*Theobroma cacao*) bitkisinin meyvelerinde bulunan katı yağ ile balık ve balinaların sıvı yağları her iki grup için de istisnadır.

## Yağların kimyasal bileşimi:

Bir yağ molekülü bir gliserol molekülü  $C_3H_5(OH)_3$  ile üç yağ asidinden 3 molekül su ( $H_2O$ ) çıkmasıyla meydana gelir.



**Yağ asitleri:** Yağların çeşitliliğini ve özelliklerini yağ asitleri verir. Bir yağ asidi molekülü kollarına "H atomları bağlanmış, bir ucunda yağ asidine asit özelliği veren bir karboksil grubu (-COOH) bulunan dallanmamış uzun karbon zincirinden meydana gelir. Bitki ve hayvanlarda bulunan yağ asitlerinde en az 4, en fazla 24 karbon atomu bulunursa da, çoğunlukla yağlardaki yağ asitleri 16 veya 18 karbon atomu taşırlar.

Yağ asitleri doymuş yağ asitleri ve doymamış yağ asitleri olmak üzere iki gruba ayrılırlar:

---

a) **Doymuş yağ asitleri:** Bu grup yağ asitlerinde bütün "C" atomlarının bağlarına "H" atomu bağlanmış olup "C" atomunun serbest kalmış bir değeri yoktur.

Örneğin: Stearik asit, Palmitik asit

b) **Doymamış yağ asitleri:** Doymamış yağ asitlerinde uzun karbon zincirleri arasında bir veya daha çok sayıda çifte bağlar bulunur.

Örneğin: Oleik asit, Linoleik asit, Linolenik asit gibi.

---

Yağ asitleri bileşiminde bulunan karboksil gruplarının sayılarına göre ayrıca şu şekilde de sınıflandırılırlar:

- Bir karboksil grubu bulunanlar (**Monokarbon asitleri**)
  - İki karboksil grubu bulunanlar (**Dikarbon asitleri**) gibi gruplandırılırlar.
-

# Yağların bileşiminde bulunan bazı önemli yağ asitleri ve buldukları yerler

## I- Monokarbon asitler:

### A) Doymuş yağ asitleri

1. Karınca asidi  $H-COOH$

2. Sirke asidi  $H_3-COOH$

3. Tereyağ asidi  $C_3H_7-COOH$

4. Palmitik asit  $C_{15}H_{31}-COOH$

5. Stearik asit  $C_{17}H_{35}-COOH$

## Buldukları yerler:

Isırgan otu tüyleri, karınca salgısı

Şarap, sirke gibi.

Bozulmamış tereyağı

Hayvan ve bitki yağlarında

Hayvan ve bitki yağlarında

## B) Doymamış yağ asitleri

1. Oleik asit  $C_{17}H_{33}-COOH$

2. Linoleik asit  $C_{17}H_{31}-COOH$

3. Linolenik asit  $C_{17}H_{29}-COOH$

Zeytinyağı, Pamuk yağı

Soya yağı ve diğer bitki yağları

Sıvı bitki yağları

## II) Dikarbon asitleri:

1. Okzalik asit       $\text{COOH-COOH}$

2. Malonik asit       $\text{COOH-CH}_2\text{-}$   
 $\text{COOH}$

3. Süksinik asit       $\text{COOH-CH}_2\text{-}$   
 $\text{CH}_2\text{-COOH}$

Bitkilerde  
"ca" tuzu halinde  
şeker pancarında

Amber, *Aconitum*  
sp. ve çayda

Bir yağın bileşiminde doymamış yağ asitleri çoğunlukta ise, yağ sıvıdır. Keten yağında %60-75 doymamış yağ asitleri bulunmaktadır. Kakao yağının ise %75'i doymuş yağ asitlerinden meydana gelmiştir. Yağların çoğu bitkilerden elde edilir. Dđnya yemeklik yağ ihtiyacının %60'ı bitkisel yağlardan karşılanır. Yağların besi değerisi yđksektir. Kalorileri karbonhidrat ve proteinlerin iki katıdır.

---



## Yağların önemi:

- Vücutta enerji ve yapı taşı olarak kullanılırlar.
- Besin maddesidirler. Besin değerleri yüksektir.
- Sabun yapımı, aydınlatma, boya sanayiinde vs. kullanımları vardır.

Yağ yönünden zengin çeşitli bitkilerle bunların tohum ve meyvelerinden elde edilen bazı önemli yağ çeşitleri aşağıda listelenmiştir:

---

Bitkinin adı	Yağ çeşidi	Yağ oranı (%)
Zeytin ( <i>Olea europaea</i> )	Zeytinyağı	40-60
Susam ( <i>Sesamum indicum</i> )	Susam yağı	50-60
Ayçiçeği ( <i>Helianthus annuus</i> )	Ayçiçeği yağı	25-35
Haşhaş ( <i>Papaver somniferum</i> )	Haşhaş yağı	-
Keten ( <i>Linum usitatissimum</i> )	Keten (bezir) yağı	40
Hintyağı ( <i>Ricinus communis</i> )	Hintyağı	33-60
Soya ( <i>Soja hispida</i> )	Soya yağı	13-26
Fındık ( <i>Corylus avellana</i> )	Fındık yağı	65
Ceviz ( <i>Juglans regia</i> )	Ceviz yağı	70
Badem ( <i>Amygdalus orientalis</i> )	Badem yağı	56
Yer fıstığı ( <i>Arachys hypogea</i> )	Araşit yağı	38-47
Pamuk ( <i>Gossypium herbaceum</i> )	Pamuk yağı	18-30

## Trans yağ asitleri

Doymamış yağ asitleri iki formda bulunabilirler — "cis" ve "trans." Bu terimler çifte bağdaki hidrojen atomlarının karbon zinciri etrafındaki fiziksel konumlandırılmasını belirtmektedir. cis formu trans formundan daha yaygın bulunur.

---

Besinlerin işlenmesi sırasında yağlar hidrojensasyon denen kimyasal reaksiyona uğrayabilir. Bu durum margarinlerde ve katı yağlarda yaygındır. Bu yağlar kan kolesterolünü yükseltirler. Margarinlerin doymuş yağ içeriği etiketlerinde belirtilmektedir.

*Trans*-yağ asitleri (TFA) et, yağ ve süt gibi çeşitli hayvansal ürünlerde düşük miktarlarda mevcuttur.

---

Bahsi geçen hidrojenasyon, hidrojen ekleme anlamına gelmektedir. Doymamış yağ asitleri hidrojenlendiğinde bazı hidrojen atomları zaten hidrojenin bağlı olduğu molekulün karşı tarafına eklenmektedir. Cis ifte bağlar trans hale dönüşür ve yağ asitleri doymuş hale gelir. Beslenmeyle alınan trans yağ miktarı toplam kalorinin %1'i olacak şekilde sınırlandırılmalıdır. Örneğin, eğer günlük 2000 kaloriye ihtiyacınız varsa o zaman tüketeceğiniz trans yağ miktarı 2 gramdan az olmalıdır.

---

## trans yağ asitleri neden zararlıdır?

TFA veya hidrojene yağların klinik çalışmalarda total kan kolesterol seviyelerini yükseltme eğiliminde oldukları görülmüştür. Bazı bilim adamları bunların kan kolesterol seviyesini doymuş yağlardan daha fazla artırdığına inanmaktadır. TFA, cis yağ asitleri veya doğal yağların yerine kullanıldığında kötü kolesterol denen LDL (low density lipoprotein)'yi yükseltmekte ve iyi kolesterol denen HDL (high density lipoprotein)'yi düşürmektedir. Bu değişiklikler kalp hastalığını riskini artırabilir.

Somut bir örnek vermek gerekirse, öğle yemeğinde patates kızartması yemek 6.8 g TFA alınmasıyla sonuçlanabilir. Bu miktar günlük alınmasına izin verilen miktarın kat kat üzerinde olduğundan dikkatli olunmalıdır.

# Omega 3 ve Omega 6 yağ asitleri nelerdir?

## Omega-3 yağ asitleri

Omega 3 yağ asitlerinde ilk çifte bağ metil kısmından başlamak üzere 3. C atomunda bulunmaktadır. Omega-3 yağ asitleri üç veya daha fazla çifte bağ içeren bir çoklu doymamış yağ asidi (PUFA-polyunsaturated fatty acid) ailesidir. Omega 3 yağ asitlerinde ilk çifte bağ metil kısmından başlamak üzere 3. C atomunda bulunmaktadır. Bunlar esansiyel yağ asidi olarak da bilinirler. İnsan sağlığı için gereklidirler fakat vücut bunları kendisi yapamaz, besinler aracılığıyla dışarıdan almak gerekmektedir. Omega-3 yağ asitleri somon, ton ve kalkan gibi balıklarda, algler gibi diğer deniz besinlerinde, bazı bitkilerde (ör. semizotu) ve ceviz gibi meyvelerin yağında bulunmaktadır. Beyin fonksiyonunda ve aynı zamanda normal gelişim ve büyümede hayati rol oynamaktadırlar. Kalp krizi riskini azalttıkları için de popüler olmuşlardır.

---

Araştırmalar omega-3 yağ asitlerinin iltihabı azalttığını ve kalp hastalığı, kanser ve artrit gibi kronik hastalıkların riskini azaltmaya yardımcı olduğunu göstermektedir. Omega-3- yağ asitleri beyinde yüksek miktarda bulunmaktadır ve bilişsel (hafıza ve beyin performansı) ve davranışsal fonksiyonda önemli olmaktadırlar. Gebelik sırasında annelerinden yeterince omega-3 yağ asidi alamayan bebekler görüş ve sinir problemleri geliştirme riski altındadır. Omega-3 yağ asidi eksikliği semptomları yorgunluk, hafızanın kötüleşmesi, cilt kuruluğu, kalp problemleri, ruh hali dalgalanmaları veya depresyon ve dolaşım bozukluğunu içermektedir.



## Omega 6 yağ asitleri

Omega 6 yağ asitlerinde ilk çift bağ metil kısmından başlamak üzere 6. C atomunda bulunmaktadır.

Omega-6 yağ asitleri de esansiyel yağ asitleri olarak kabul edilmektedir. Bunlar da beyin fonksiyonu ve normal büyüme ve gelişmede önemlidir. Deri ve saç gelişmesini uyarmaya yardımcı olurlar, kemik sağlığını korurlar, metabolizmayı düzenlerler ve üreme sisteminin idame ettirilmesini sağlarlar. Ancak bazı omega-6 yağ asitleri (omega-3 yağ asitlerinin tersine) iltihap oluşumunu artırırlar. Bu yüzden belli bir denge içerisinde alınmaları gerekir.

Omega-6 yağ asitleri evening primrose oil (*Oenothera biennis*) veya kuşüzümü (*Ribes nigrum*) yağında mevcuttur. Spirulina adlı bir mavi-yeşil alg de GLA (gama-linoleik asit) içermektedir.

---

# Obezite

Obezite günümüzde toplumun tümünü ilgilendiren önemli bir sağlık sorunudur. Yaşla beraber gelen aşırı kilo/obezite veya obezitenin ileri yaşlarda da devam etmesi bireyin kalitesiz bir hayat sürdürmesine ve birçok sağlık probleminin ortaya çıkmasına veya var olan sağlık sorunlarının şiddetlenmesine neden olur. Fazla kilo sorununu çözmek için kullanılan bitkisel preparatlar ve gıda destekleyicileri ülkemizde kontrolsüz satışları veya kolay ulaşılabilirlikleri nedeniyle suistimal edilmektedir.

---

Formül olarak Beden Kitle Endeksi  
BKİ= Vücut ağırlığı (kg) / boy<sup>2</sup> (m<sup>2</sup>)  
Örnek olarak boy 1,90 ve kilo 95 olsun  
BKİ=95 / (1,9\*1,9) = 26,315

### Beden Kütle İndeksi Durumu

19-25 arası ise Normal  
25-30 arası ise fazla kilolu  
30-40 arası ise Şişman (Obezite)  
40 dan büyük ise Çok şişman (Morbit OBEZ)

BKİ epidemiyolojide tek başına obezitenin prevalansını ve insidansını belirlemek için kullanılan bir indikatördür. Obezite BKİ dışında bel çevresi ve bel-kalça çevresinin değerlendirilmesi ile de belirlenebilir. İnsanlarda BKİ erişkin hayatı boyunca artar, 50-59 yaş arası hem erkek hem de kadınlarda pik değere ulaşır ve 60 yaş sonrası azalmaya başlar ya da aynı kalır. 65 yaşına kadar kilo artışı hem normal hem obez bireylerde devam eder, 65 yaş civarı erkeklerde, daha sonraki yıllarda kadınlarda kilo alımı durur ve daha ileri yaşlanma ile kilo azalmaya başlar.

---

# Diğer yağlar

**Uçucu yağlar:** Bitkilerin çeşitli organlarında özel salgı hücrelerinde bulunurlar. Bunları diğer yağlardan ayıran önemli özellik kağıt üzerine damlatıldıklarında leke bırakmadan uçmalarıdır. Uçucu yağlar bitki organlarından su buharı distilasyonu ile elde edilirler. Çoğunlukla sıvı ve hoş kokuludurlar. Bu nedenle esans olarak da bilinirler. Parfümeri ve kozmetik sanayinde kullanılırlar.

---

Uçucu yağ yönünden zengin bazı bitki familyalarının listesi aşağıda verilmiştir

1. *Myrtaceae* (Mersingiller)
  2. *Labiatae* (*Lamiaceae*) (Ballıbabagiller)
  3. *Lauraceae* (Defnegiller)
  4. *Rutaceae* (Sedefotugiller)
  5. *Rosaceae* (Gülgiller)
  6. *Geraniaceae* (Turnagagasıgiller)
  7. *Umbelliferae* (*Apiaceae*) (Maydanozgiller)
  8. *Pinaceae* (Çamgiller)
-

Uçucu yağlar bitkilerde yaprak, çiçek, gövde, kök, rizom, meyva kabuğu, tohum gibi organların hücrelerinde, tüylerde, salgı cepleri ve salgı kanallarında bulunur. Uçucu yağların bitkilerdeki görevleri:

- ısıyı ayarlama
  - su kaybını önleme olarak özetlenebilir.
-

**Bir diğer ayrırma göre:**

Yağlar

Trigliseritler

Fosfolipidler

Steroidler olarak 3'e ayrılır.

---

1) Trigliseritler: Hayvan dokularında ana yakıt deposu olarak kullanılan nötral yağlardır. Vücudun ihtiyacından fazla alınan besin maddeleri trigliserit haline çevrilir ve gerektiğinde kullanılmak üzere çeşitli yağ dokularında yağ damlaları halinde saklanırlar. Vücutta belli hormonal uyarım ile gerektiğinde yağ dokusunda bu trigliseritler serbest yağ asitlerine hidrolize olurlar. Bu hidrolize lipitler okside olup kan dolaşımı ile enerji sağlamak üzere karaciğer ve kaslara taşınırlar.

---



2) Fosfolipidler: Hücre zarının yapısına katılırlar ve hücre zarının temel bileşenini oluştururlar. Gliserol ve yağ asidini ek olarak fosforik asit ve bir nitrojen bazı bulunur. Fosfor ve azot içeren kısım fosfolipid molekülünü polar hale getirir. Bu nedenle bu kısım hidrofilik özelliğe sahiptir. Kuyruk kısmı ise hidrofobik olduğundan sudan kaçır ve hücre zarında iki tabakalı lipidin orta kısmında yer alırlar. Bu iki zıt özelliğin aynı molekülde bulunması nedeniyle fosfolipidler hem suda hem de organik çözücülerde çözünürler.

---

3) Steroidler: C, H ve O atomlarından yapılmış ve iç içe girmiş 4 halkadan oluşurlar. Yağda erirler ayrıca yağlar eriten alkol, kloroform ve asetonda da erirler. Bu maddelere örnek olarak D vitamini, erkek ve dişi eşey hormonları, adrenal kortikal hormonlar (böbreküstü bezlerinin korteks hormonlarından), safra tuzları ve kolesterol verilebilir.

**Kolesterol:** Hayvansal hücre zarının yapısında, sinir dokusunda ve diğer dokularda yapı maddesi olarak iş görür. Bitkisel dokularda bulunmazlar. Deri hücrelerinin membranlarında yağlarla birlikte birikerek derinin asitlere ve eritici maddelere karşı direncini artırır, derinin su kaybını da önlerler. Diğer steroidler için de öncü moleküldür.

---

Omurgalılarda besinlerle alınan veya organizmada sentezlenen kolesterol diğer steroid gruplarına çevrilmektedir. Bunlardan biri safra tuzlarıdır, karaciğerde yapılır ve safra kanalları yolu ile bağırsaklara iletilir, orada yağların sindirimi ve absorpsiyonunda rol oynar. Diğer bir sterol oluşumu ise endokrin organlarda meydana gelmektedir. Örneğin adrenal bezde kolesterol kortizol ve aldosteron; overlerde östrojen; testislerde androjen ve korpus luteum'da progesterona çevrilmektedir. Kanda kolesterol seviyesinin yükselmesiyle ateroskleroz denen damar sertliği oluşur. Aterosklerozda damarların iç yüzünde plaklar oluşarak damar çeperi daralır ve esnekliği kaybolur.

---