

LIPIDLER



Başlıca Yararlanılacak Kaynaklar

- 1. Sözbilir NB, Bayşu N. 2008. **Biyokimya**, Öncü Basımevi, Ankara.
- 2. Nelson DL, Cox MM (2017). **Lehninger Principles of Biochemistry**. 7th Ed., W. H. Freeman and Company, New York, USA.
- 3. Murray RK, Bender DA, Botham KM, Kennelly PJ, Rodwell VW, Weil PA (2018). **Harper's Illustrated Biochemistry**, 31th ed. McGraw-Hill Education, New York, USA.
- 4. Harvey,RA, Ferrier DR (2017). **Lippincott's Illustrated Reviews: Biochemistry**. 7th Ed. Lippincott William and Wilkins, Philadelphia, USA.
- 5. Ası T (1996). **Tablolarla biyokimya**. Cilt: 1. Nobel Tıp Kitabevi, Ankara, Türkiye.

Biyokimya hangi sorulara yanıt verir?

- Canlı organizmalarının bileşenlerinin kimyasal yapıları nelerdir?
- Bu bileşenler organize yapıların, hücrelerin, çok hücreli dokuların ve organizmaların oluşabilmesi için nasıl etkileşir
- Canlı hücreler için kimyasal reaksiyonlar nasıl kontrol edilir? vb.

Lipidlerin Tanımı

Genel olarak

- Suda erimeyen; eter, benzen, kloroform ve aseton gibi organik çözücülerde eriyebilen
- **Canlı organizmalar tarafından kullanılabilen**
- Yağ asitlerinin esterleri yada yağ asitleri ile esterleşebilen
- organik biyomoleküllerdir.



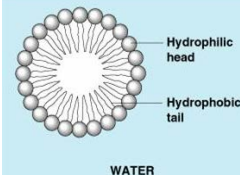
Yağların özellikleri doğrudan doğruya meydana geldiği **yağ asitlerinin** özelliklerine bağlıdır.

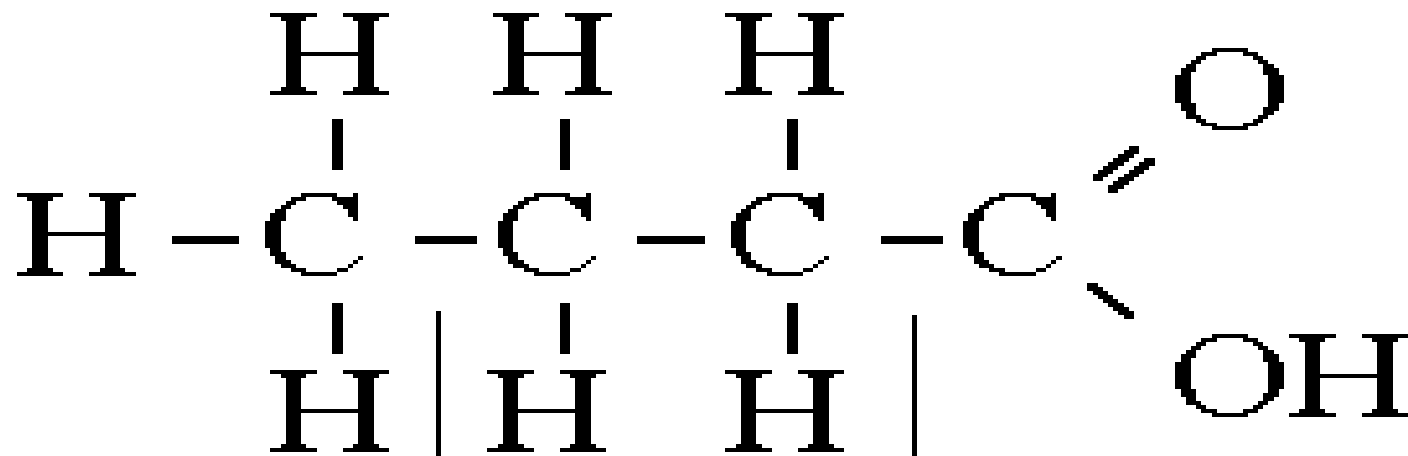
- ❖ Sağlıklı bir erişkin günde yaklaşık **60 gr.** kadar yağ tüketimi yapmalıdır.
- ❖ Yağlar yiyeceklere lezzet verir ve bu yüzden iştahı artırır.



Lipidlerin Yapısı

- Lipidler makromoleküller arasında bir ayrıcalıktır. Çünkü, **polimerleri yoktur.**
- **C, H ve O** içerirler. **O** miktarı, C ve H atomlarına oranla daha azdır.
- ✓ Karbonhidrat ve proteinlerle karşılaştırıldığında **oksijenden yoksundur.**
- Lipidlerin ortak özellikleri suya karşı affinileri ya çok azdır, ya da hiç yoktur.
 - Çünkü, yapıları apolar kovalan bağlardan zengindir.
 - apolar yapıda ve suda çözünmezler. Normal olarak apolar organik çözücülerde çözünürler. Ancak yapılarında hidroksil ($-OH$) ve karboksil ($-COOH$) grupları gibi polaritesi fazla olan **hidrofilik grupları** fazla miktarda içeren lipidler suda kısmen çözünebilirler





Methyl Group
 CH_3
 Omega End

Variable Length
 2 - 22 Carbon
 Chain

Carboxyl Group
 COOH

Fat Soluble, Water Insoluble

Water Soluble,
 Fat Insoluble

← Fatty → ← Acid →

H = Hydrogen Atom C = Carbon Atom O = Oxygen Atom

— = Single bond = = Double bond

Structure of a saturated fatty acid, butyric acid in butter

Soru: Hidrofil ve hidrofob gruplar nedir?

- **Hidrofil gruplar:** heteroatomla bağı hidrojen içeren hidroksil grubu (-OH), karboksilik asit grubu (-COOH), sülfonik asit grubu (-SO₃H), amin grubu (-NH₂), tiyol grubu (-SH) gibi polar gruplardır.
- **Hidrofob gruplar:** alkil, aril, eter, ester, nitro, halojen grupları gibi apolar gruplardır.

LİPİTLERİN SUDAKİ DAVRANIŞLARI

Lipitlerin tanımında suda çözünmedikleri ifadesi yer almaktadır.

ANCAK lipitler su içeren ortamlarda bulunurlar.

BU NEDENLE lipitlerin su bazlı ortamda davranışları biyolojik olarak kritik öneme sahiptir.

SORU: Amfifilik veya amfipatik ne demektir?

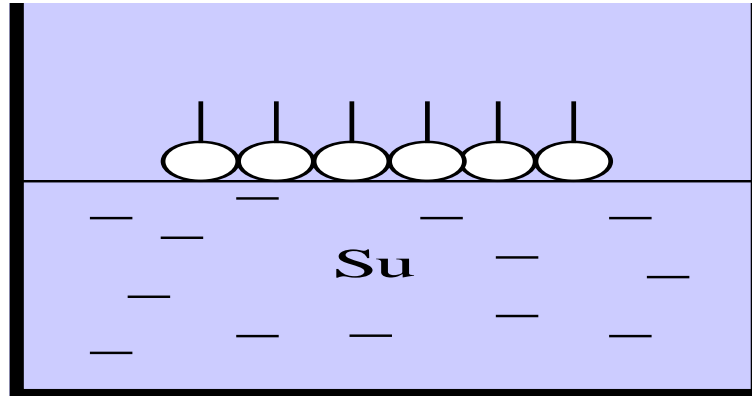
Molekül iki kısımdan oluşmuştur.

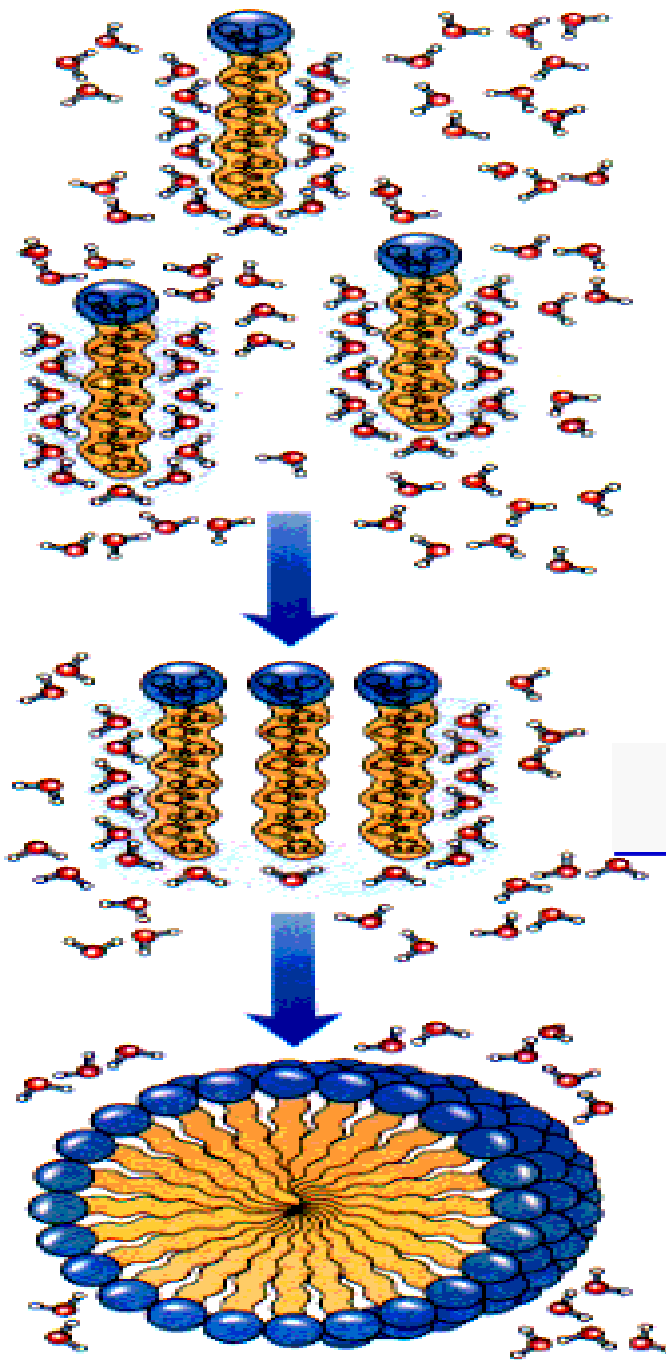
Apolar kısım: Hidrokarbon kısmı

Polar kısım: Polar, iyonik veya polar/iyonik kısım. Bu bileşikler suda miseller oluşturur.

Amfifilik moleküller suda çözüldüğünde, **hidrofobik** kısımları (örneğin hidrokarbon zincirleri) kendiliğinden bir araya toplanma yoluyla çözücüden ayrılır.

Ayrılan ürünler misel (bir araya toplanan moleküllerin su içerisinde dağılmış formu) ve **tek tabaka** (moleküllerin su-hava yüzeyinde toplanması) şeklinde olabilir

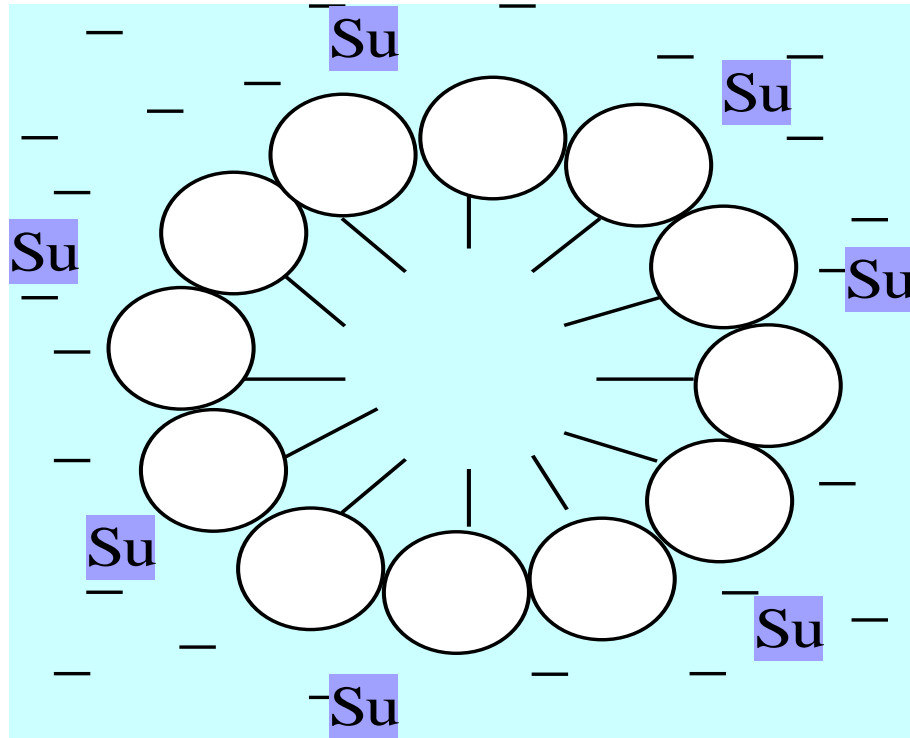




micella



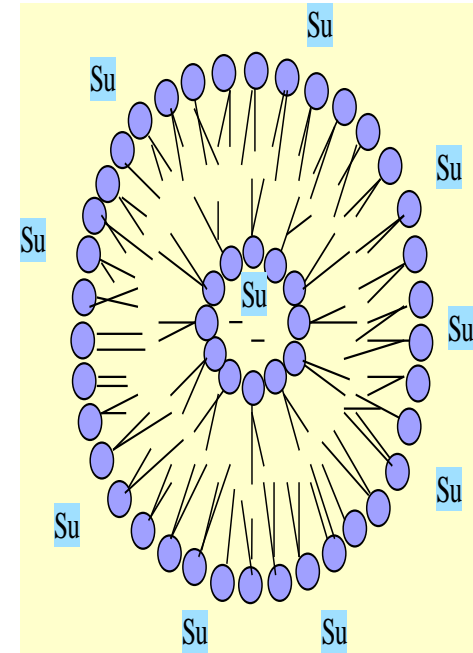
Küresel misel formu



İki tabakalı misel

- ✓ Bu misel **tipi kabarcık (vezikül)** olarak isimlendirilir.
- ✓ Kabarcık tipi miselde ana kavram yapıda hidrokarbon zincirlerinin **zıt yönde olduğu iki lipit** tabakasının bulunmasıdır.
- ✓ Amfifilik lipitlerden büyük ve küçük olmak üzere iki tip misel oluşur. Her iki form iki karşıt gücün etkisiyle oluşur.

Bunlardan ilki **hidrokarbon zincirleri arasındaki çekim kuvveti (van der Waals kuvveti)**, diğeri ise **polar** gruplar arasındaki **itme kuvvetidir**.



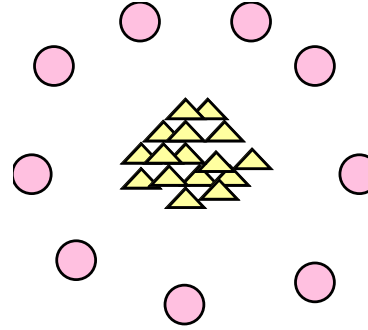
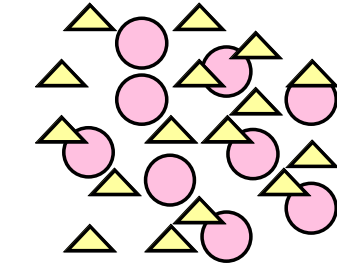
SORU: Miselin alabileceği en küçük boyutu hangi faktör belirler?

Amfifilik lipitlerden küçük ve büyük olmak üzere iki çeşit misel oluşur. Her ikisi de iki zıt kuvvetin etkisiyle olur.

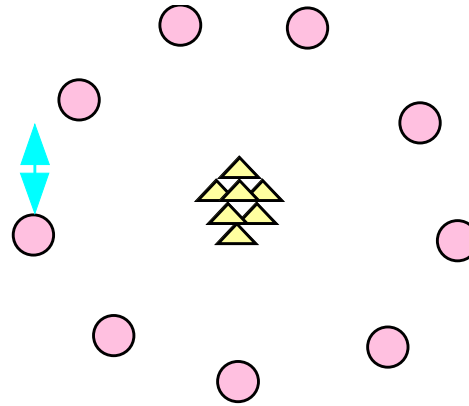
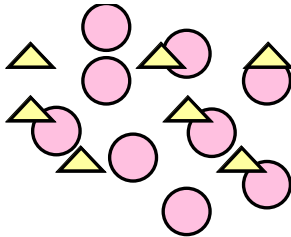
1. **Hidrofobik etki** nedeniyle hidrokarbon zincirleri arasında oluşan **çekim kuvveti** (böylece zincirler bir arada tutulur).
2. **Polar gruplar** arasındaki **itme kuvveti**

SORU: Miselin alacağı en büyük boyutu hangi faktör belirler?

POLAR GRUPLAR ARASINDAKİ İTME KUVVETİ BELİRLER.



Daha **zayıf itme** kuvveti ve daha büyük hidrokarbon hacmi daha **büyük misellerin** oluşmasını sağlar



Daha **büyük itme** kuvveti polar grupların biraraya gelmesini önler ve misel boyutu **küçük kalır.**

SORU: Hangi lipitler küçük miselleri, hangileri ise kabarcık (vezikül) ve çift tabakalı miselleri oluşturur?

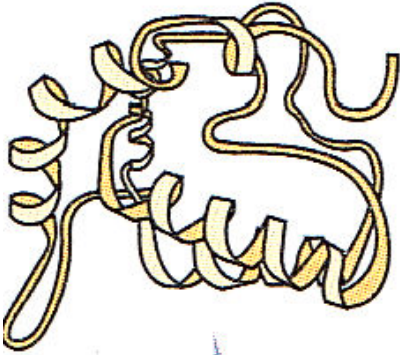
Polar grubun büyüklüğüne oranla hidrokarbon zincirinin uzunluğu miselin tipini belirler.

SORU: Karbon zincirinin uzunluğu, sıvı ortamın iyonik kuvveti ve konsantrasyon küçük misellerin boyutunu nasıl etkiler?

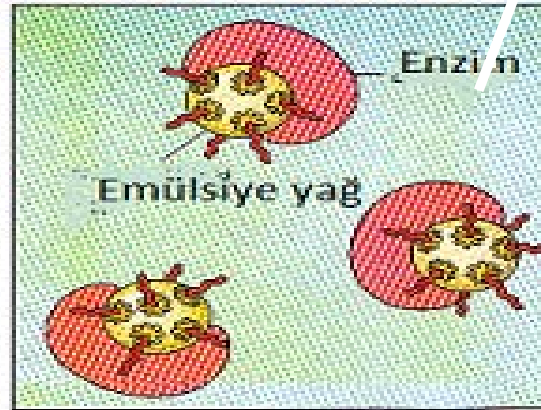
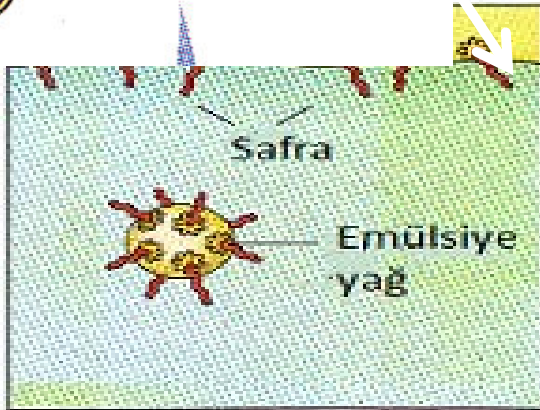
1. Uzun hidrokarbon zincirine sahip lipitlerin misel boyutu daha **büyük olur**. Bunun nedeni hidrokarbon hacmi/polar grup oranının yüksek olması **ve** dolayısıyla **hidrokarbon** kuyruklar arasındaki **çekim gücünün** polar gruplar arasındaki itme kuvvetinden daha **yüksek** olmasıdır.
2. Sıvı ortamın artan **iyonik kuvveti büyük misellerin** oluşmasına olanak sağlar. Çünkü ortamın yüksek iyonik kuvveti polar gruplar arasındaki **iyonik itme kuvvetinin azalmasına ve dolayısıyla daha fazla lipit molekülünün biraraya gelerek paketlenmesine neden olur**.
3. Düşük amfifilik konsantrasyonunda misel oluşmaz. Misel formun oluşumu **kritik misel** konsantrasyonu diye bilinen konsantrasyonda başlar.



Mide: Yağ gıdadaki diğer bileşenlerden ayrılır ve mide özsuğunda en üst kısma geçer.



İnce bağırsak:



1. **Gliserol ve kısa zincirli yağ asitleri** direkt kan dolaşımına geçer.
2. Monogliseritler ve uzun zincirli yağ asitleri bağırsak hücrelerinden geçtikten sonra **trigliseritlere** dönüştürülür ve **şilomikron** yapısında taşınır.

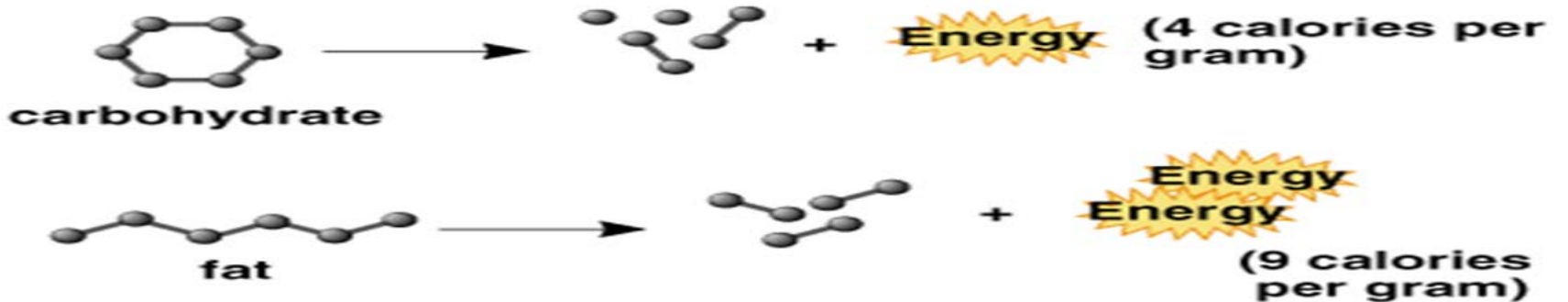
- *Lipidler, **kloroform, eter, benzen, sıcak alkol, aseton** gibi organik çözücülerde çözünebilirler; buldukları **bitkisel ya da hayvansal** dokulardan bu çözücülerle ekstrakte edilebilirler.
- ✓ Lipidlerin enerji değerleri yüksektir; ancak yanma için karbonhidrat ve proteinlerden daha **fazla oksijene** gereksinim gösterirler.
- ✓ Isıya protein ve karbonhidratlara göre daha dayanıklıdır.



Lipitlerin Fonksiyonları

(1) Yağların en büyük görevi enerji deposu olmalarıdır.

- Bir gram yağ bir gram polisakkaridin sahip olduğu enerjiden iki kat daha fazla enerji depolar.
- Bitkilerde enerji deposu nişastadır.
- İnsanlar ve diğer memeliler uzun zaman geçerli enerji rezervi olarak adipoz doku hücrelerinde yağ depolarlar.



Enerji deposu olarak Yağlar

- Yağlar, gram başına yaklaşık 9 kcal verirken karbonhidratlar gram başına 4 kcal verirler.
- * En fazla enerjiyi yağlar verir.

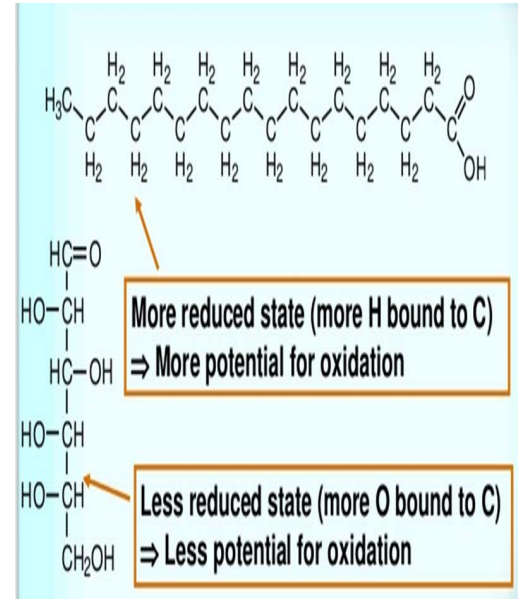
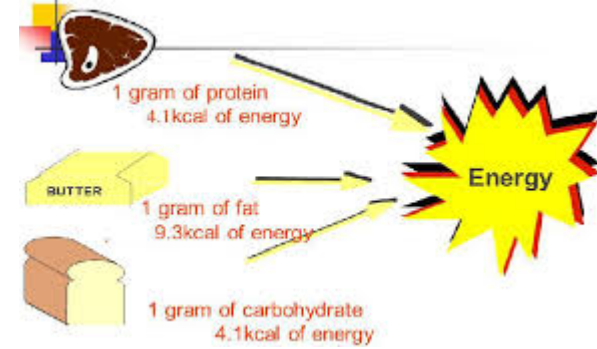
Çünkü:

- İçerdiği Oksijen atomu az, C ve H atomu çoktur.

Buna rağmen vücutta 2. sırada kullanılır.

Çünkü:

- Yağlar az oksijen içerdiğinden yıkılması için çok oksijene ihtiyaç vardır. **Yıkılması zordur**—
- Hayvansal yağlar doymuştur halbuki çoğu bitkisel yağlar doymamıştır.

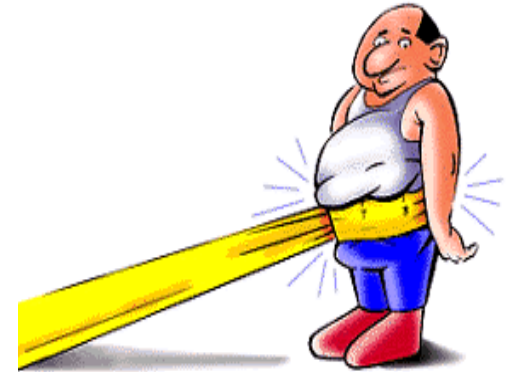


- Vücutta deri altı, karın zarı ve kas lifleri arasında ve böbrekler ile yumurtalıklar çevresinde depolanır.
- (Vücuda gerekenden fazla karbonhidrat girdiğinde fazla miktar hemen karaciğerde trigliserite (yağa) dönüştürülür ve bu biçimiyle yağ dokusunda depolanır. Karbonhidratlardan yağ yapımı çok önemlidir. Çünkü vücuttaki hücrelerin çoğunda fazla miktarda glikojen depolayabilecek yer yoktur. Bir kimse karbonhidrat olarak depolayabileceği miktardan **200 kat fazla** yağ depolayabilir.)



-EGZERSİZ

**-AZ YAĞ
ALIMI**



Neden fazla enerji yağ olarak depolanır?

☀️ Yağ asidi karbon atomları aynı miktar karbonhidrata göre 2 kat fazla enerji sağlar.

☀️ Karbonhidratlar suda çözündükleri için hızlı enerji kaynağıdır.

Açlıkta glikojen depoları en fazla 24 saat yeterli olur. Trigliseridler suda çözünmedikleri için daha uzun süre enerji sağlar. 70 kg bir yetişkinde yaklaşık 15 kg trigliserid depolanır ve bu basal enerji ihtiyacını 12 hafta karşılar.

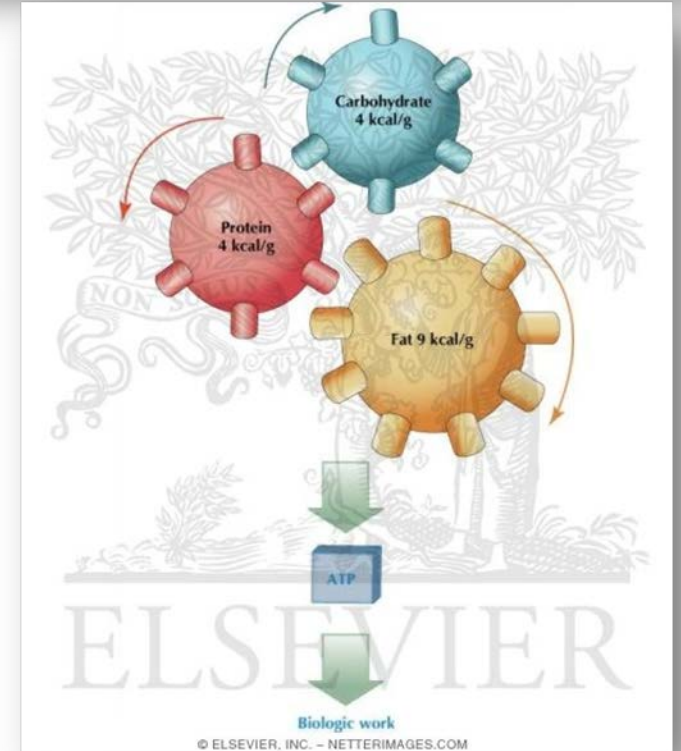
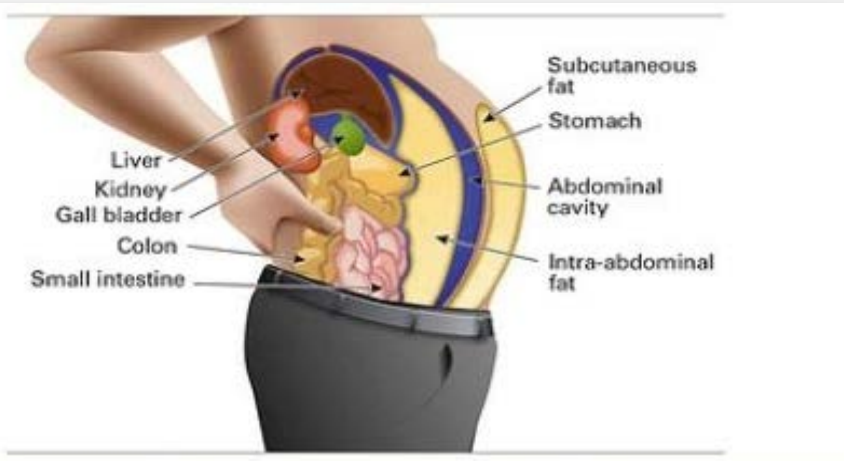
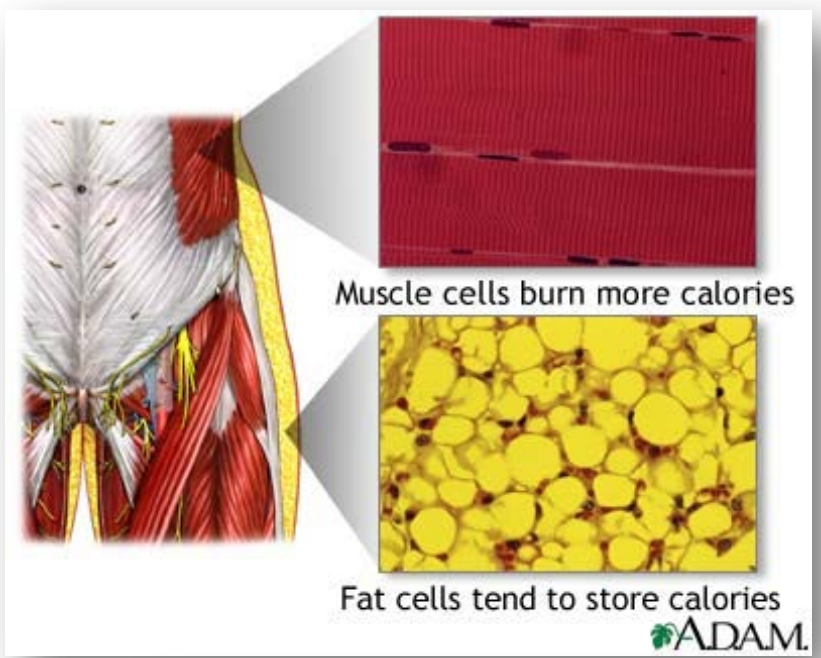
☀️ **Glikojen hidrofildir** ve ağırlığının 2 katı su bağlar.

Metabolik olarak trigliseride eşdeğer bir enerji trigliseridin 4 katı miktardaki glikojende saklanabilir.

Enerji verirler ve enerji deposudurlar

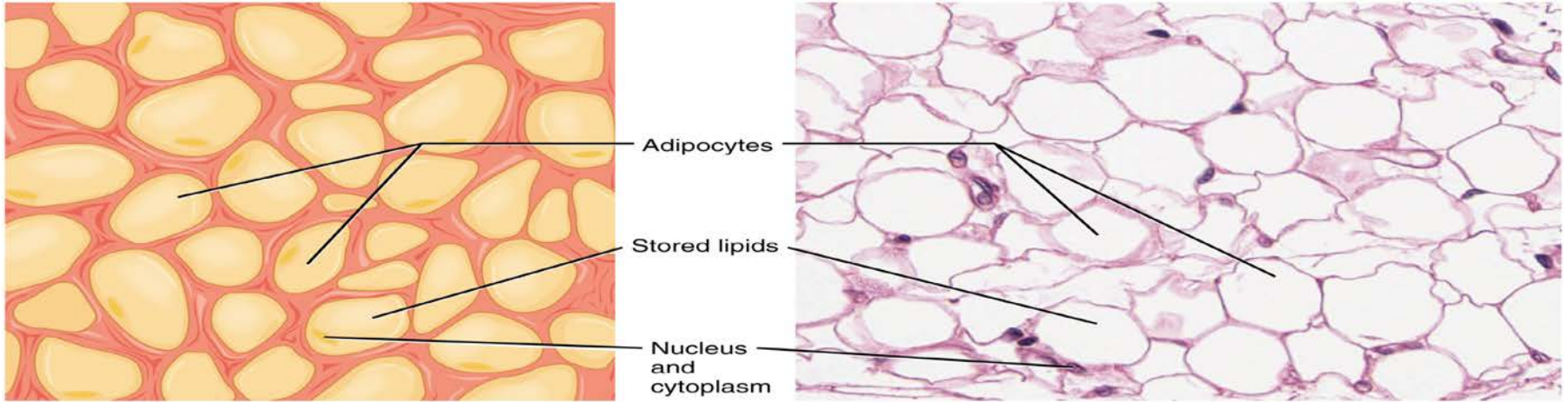
Yağlar vücutta önemli enerji depolarıdır (ATP).

Adipoz dokuda depo edilirler.



Vücuttaki yağ hücreleri

- Yağlar yapılarında *yağ hücreleri* (= adiposit) adı verilen anlı hücreleri bulundurur. Adipositler **adipoz dokuyu** oluşturur.
- Yağ hücreleri yağları depo kabiliyetindedir.
- Önce damlacıklar halinde depolanır daha sonra tüm hücreyi kaplar. Sitoplazma ince bir hat şeklinde yağ damlasını sarar. Hücre organelleriyle kenara itilir.



Yağ dokusu

*Kahverengi yağ dokusu

*Beyaz yağ dokusu

-Visseral yağ (omental yağ)
dokusu

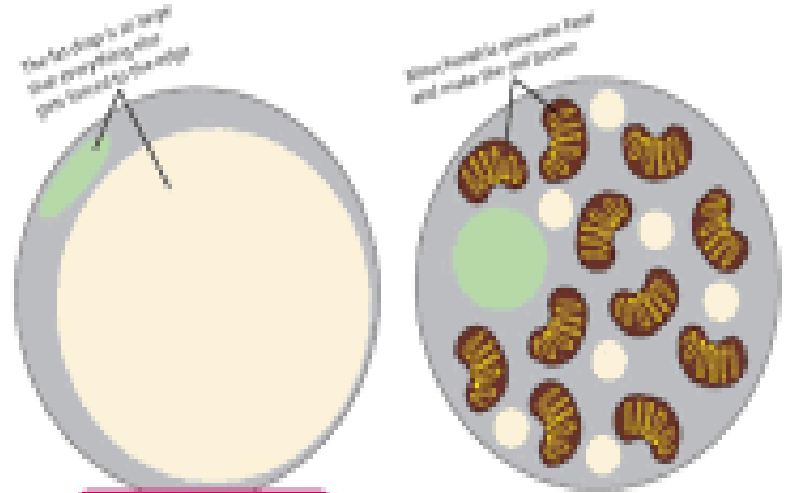
-Deri altı yağ (subkutan)
dokusu

Abdominal deri altı yağ
dokusu

Uyluk (gluteal) deri altı yağ
dokusu

Diğer deri altı yağ dokusu

**beyaz-gri yağ dokusu
artıkça metabolizma
yavaşlar**




**Beyaz Yağ
dokusu**

**Kahverengi
yağ dokusu**

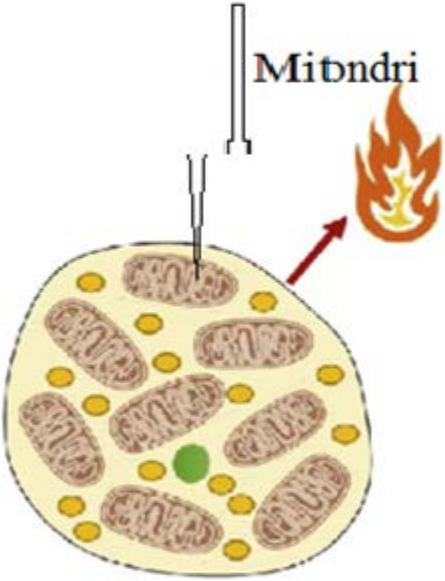
**İştah artar
Bel kalça genişler**

Kahverengi yağlar

- *A, D, E gibi yağda eriyen vitaminler vardır.*
- *Rengi kahverengidir*
- *Mitokondria bulunur*
- *Yağ hücresi içerisinde kılcak kan damarları ve sempatik sinirler bulunur*
- *ATP sentezi olmadan çok yüksek ısı üretirler*
- *Sitogram pigmenti bulunur*
- *Norepinefrin, epinefrin ACTH bu yağların kullanılmasını hızlandırır.*

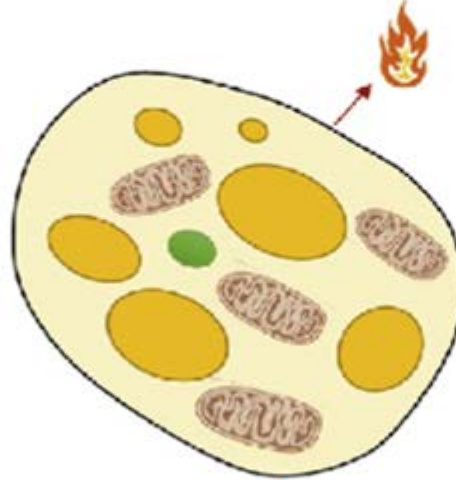
 Kahverengi yağ dokusu içinden geçen kan ısınır ve gittiği yeride ısıtır.

ISI ÜRETME KAPASİTESİ



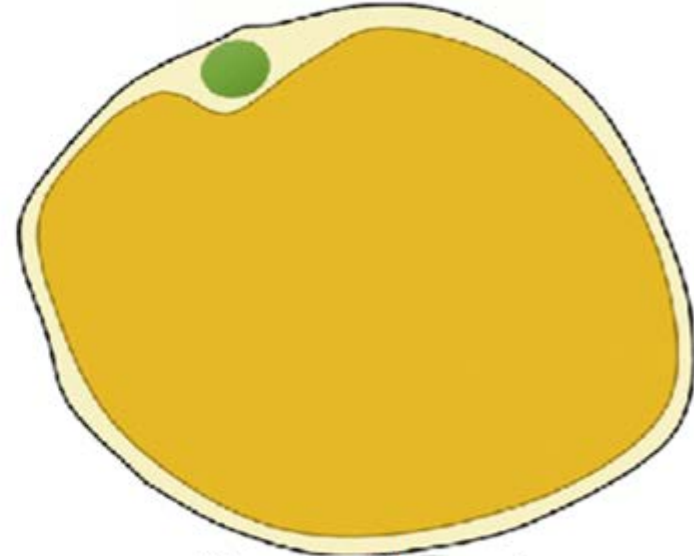
Kahverengi yağ hücresi

**Brown
adipocyte**



Bej yağ hücresi

**Beige
adipocyte**



Beyaz yağ hücresi

**White
adipocyte**

YAĞ HÜCRESİ BÜYÜKLÜĞÜ

Resimde de görüldüğü gibi mitokondri sayısı arttıkça ısı üretimi artıyor, hücre boyutu küçülüyor ve hücrenin rengi koyulaşiyor. Akside söylenebilir. Mitokondri sayısı azaldıkça ısı üretimi azalıyor, hücre boyutu büyüyor (hücre sayısı aynı olsa bile fazla hacimde yer kaplıyor) ve hücrenin de rengi açılıyor.

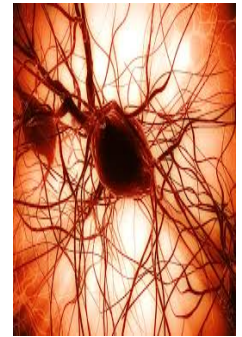
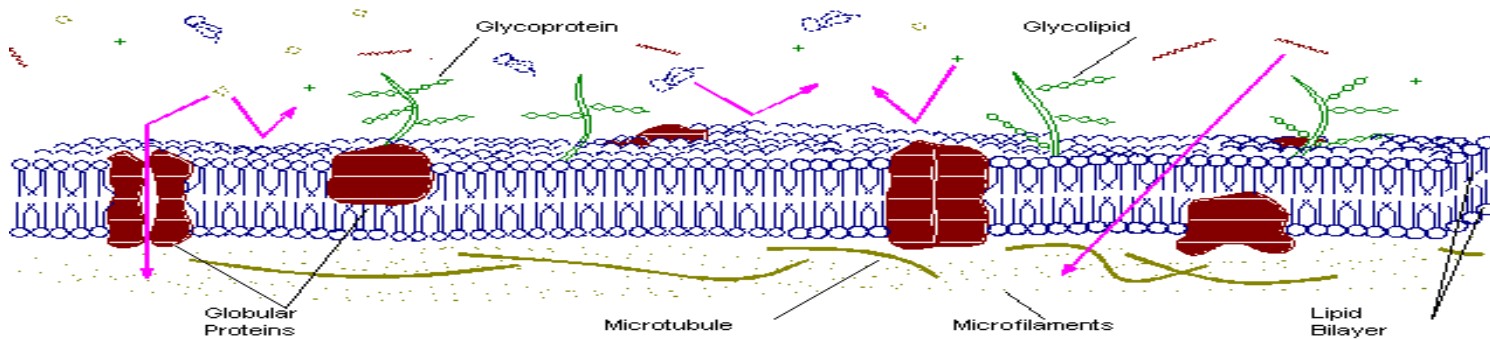
– TAG depolamak neden glikojen ve nişasta gibi CHO'ları depolamaktan daha avantajlı?

- Her iki grup gram bazında kıyaslanınca TAG'daki – C- atomları şekerlere göre X2 daha fazla redükte haldedir; dolayısıyla $> X2$ daha fazla enerji verir.
- Hidrofobik olduklarından su tutamazlar, depolayan organizma fazladan su ağırlığı taşımak zorunda kalmaz.
- Uzun süreli (insanda yaklaşık 1-2 ay) yağ ve Vit E depolarıdır. Glikojen deposu ancak 1 gün gider. CHO'ın avantajı, suda çözüdüğünden hızlı enerji kaynağı.



Lipitlerin Fonksiyonları

(2) Hücre membranı ve sinir hücreleri için gereklidirler.



(3) Vitamin A, D, E, K gibi vücut için gerekli olan vitaminler yağda eridikleri için yağlarla birlikte alınmalıdır.

(4) Deri altında ve bazı organların çevresinde yer alan yağ tabakası ısı yalıtıcısı olarak görev yapar.



(5) Yağlar midenin boşalmasını geciktirerek tokluk hissi verir.

(6) Prostaglandinlerin ön maddesidir.

(7) Kolesterol (sinir sistemi, hormon üretimi, safra tuzları sentezi)

(8) Hücre zarının yapısına katılarak seçici geçirgenlikte rol oynar.

(9) Eklemlerin çalışmasında rol oynar.



(10) Enfeksiyonlardan korumada (immünite), suyun fazla miktarda kaybı ve kazanımında etkilidir.

(11) Birçok bakteri veya yüksek organize bitkilerin yaprak, meyve vb yapıların dış yüzeyi hücre duvarlarının,, böceklerin dış iskeletinin ve omurgaların deri bileşenidir.

(12) Göçmen kuşların, kış uykusuna yatan hayvanların ve çöl hayvanlarının su ihtiyacını karşılarlar

Vücutunda bol yağ depolayan hayvanlar

- Uzun göç yollarını kullanan (Leylek ve kaz),
- Çöl hayvanları (develer) (aşırı sıcağa karşı yalıtım görevi yaparlar).
- Kış uykusuna yatan canlılar (ayı) vücutunda yağ depo ederler.
- Yağlar derinin altında bir tabaka oluşturarak ısı kaybını engeller.
- Vücudu soğuğa karşı korur (örneğin balinalar ve kutup ayıları).



✓ ENERJİ
STOĞU

✓ SICAKTAN
KORUNMA

✓ SOĞUKTAN
KORUNMA

Lipidlerin Organizmada Dağılımı

- Lipidlerin vücutta dağılımı çeşitli hayvansal dokularda farklılık gösterir;
- Yumurta, sperma ve beyinde % 7.5 – 30
- Embriyonal dokuda % 1-2
- Lipid deposu olmayan dokularda % 1-10
- Yağ deposu olan dokularda ve sarı kemik iliğinde % 90 oranında dağılım gösterir.

- ✓ Doğada en çok bulunan yağ asidi, **oleik asittir**;
çoğu yağlarda bulunan yağ asitlerinin yarısından fazlası oleik asittir.
- ✓ Oleik asitten sonra yağlarda en çok bulunan yağ asidi, bir doymuş yağ asidi olan **palmitik asittir**.
Hayvanlarda depo yağlarını çoğunlukla **palmitik ve oleik asitler** oluşturur; daha az olarak da stearik asit bulunur.
- ✓ Suda yaşayan hayvanların yağ asitlerinin çoğunu doymamış yağ asitleri oluşturur; özellikle **palmitoleik asit** en fazla bulunanıdır.

❑ *Meyvalardan elde edilen yağlarda en çok **palmitik ve oleik asitler**, daha az olarak da linolenik asit saptanmıştır.

❑ Tohum yağları, palmitik asit yönünden zengindirler.

❑ İnsan vücudunda en fazla bulunan yağ asitleri de şunlardır:

- %45-50 oleik asit,
- %25-27 palmitik asit,
- %7 palmitoleik asit,
- %8 linoleik asit ve linolenik asit,
- %6 stearik asit,
- %2 araşidonik asit ve daha yüksek poliansatüre yağ asitleri.

GIDA MADDELERİNİN YAĞ ORANLARI

Hayvansal gıdalar	Yağ oranı(%)	Bitkisel Gıdalar	Yağ oranı(%)
Sade yağ	100	Yemeklik sıvı yağ	99.5
Kereyağı	80-84	Margarin	80
Krema	18-60	Ceviz içi	63
Manda sütü	7	Fındık içi	63
Koyun sütü	7	Badem içi	54
Yağsız et	1-7	Yerfıstığı	49
Karaca eti	2.5	Ayçiçeği	28
İnek sütü	3.5	Zeytin	21-25
Karaciğer	4	Soya fasulyesi	18
Yumurta	12	Kakao tozu	10
Yumurta sarısı	5.8	Yulaf ezmesi	6
Dil	16	Beyaz ekmek	0.5
Orta yağlı et	15-35	Taze meyve ve sebzeler	0.3-1
Sucuk	25-45	Tahıllar	1-2
Somon balığı	9		
Yağlı balıklar	3-14	Turp, lahana	0.1
Ringa balığı	12	Elma	0.3



Lipidlerin Sınıflandırılması

1. Yağ asitleri

Doymuş

Doymamış

2. Gliserin taşıyanlar

Nötral yağlar

Fosfogliseroller

3. Gliserin taşımayanlar

Sfingolipidler

Steroidler

Alifatik alkoller ve
mumlar

Terpenler

4. Kompleks Lipidler

Lipoproteinler

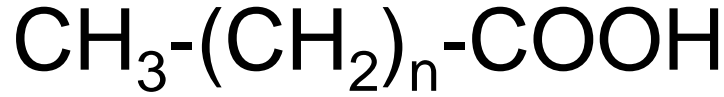
Glikolipidler

Proteolipitler

1.YAĞ ASİTLERİ

Yapısı

- Uzun zincirli **monokarboksilik** asitlerdir.

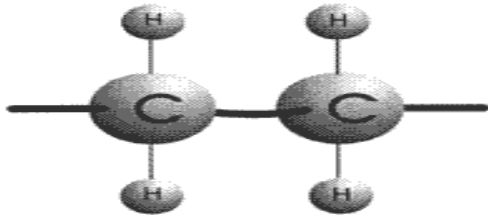


Karbon uzunluğu: $\text{C}_{12} - \text{C}_{24}$

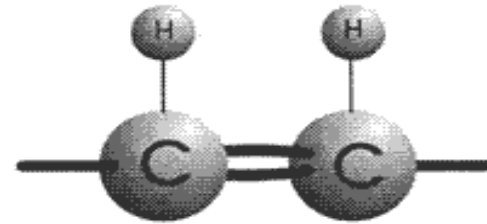
Her zaman çift karbon sayılıdır

Doymuş-Çift bağ yok

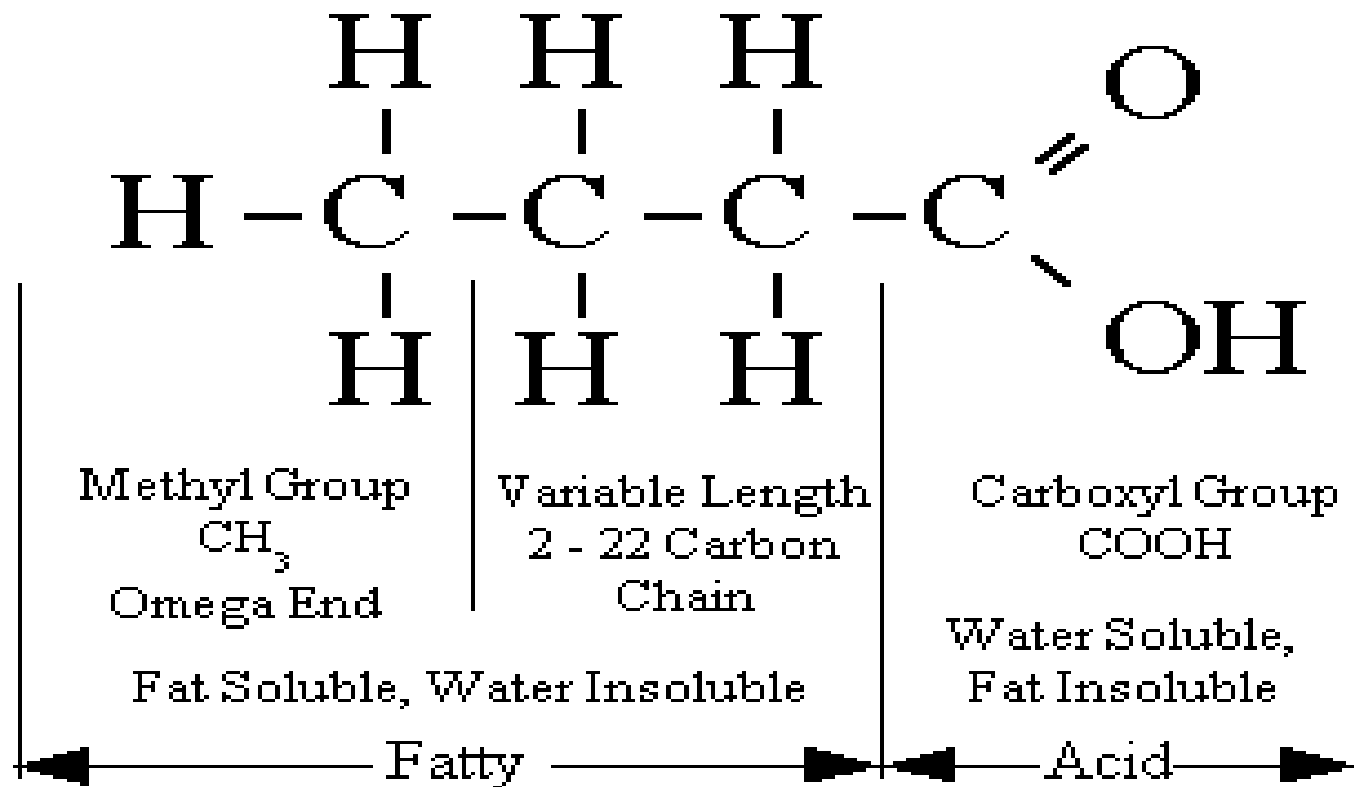
Doymamış-bir yada daha fazla çift bağ var



Doymuş yağ asitlerinin bağı tekli bağ



Doymamış yağ asitlerinin bağı çift bağ



H = Hydrogen Atom C = Carbon Atom O = Oxygen Atom

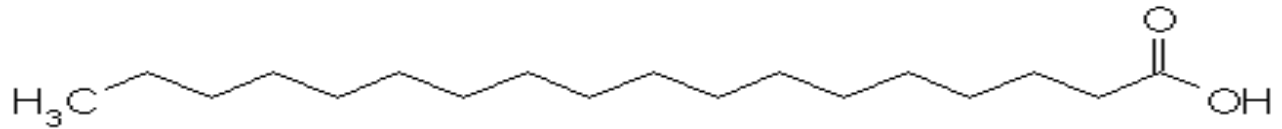
— = Single bond = = Double bond

Structure of a saturated fatty acid, butyric acid in butter

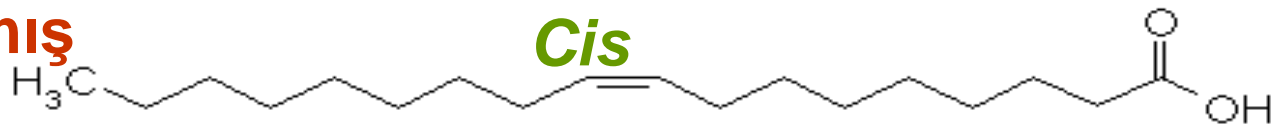
Yağ asitleri

- Yüksek enerjili bileşiklerdir.
- En önemlileri 16-18 karbonludur
- Doymuş ve doymamış olabilir

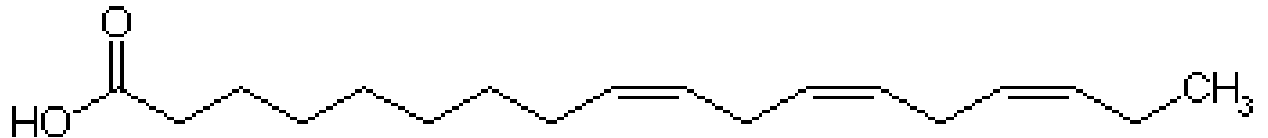
Doymuş



Doymamış



Çok doymamış



**Doymuş yağ asitleri* et, süt vb. hayvansal kaynaklı yağlarda,

palm çekirdeği, hindistan cevizi gibi bitkisel kaynaklı yağlarda

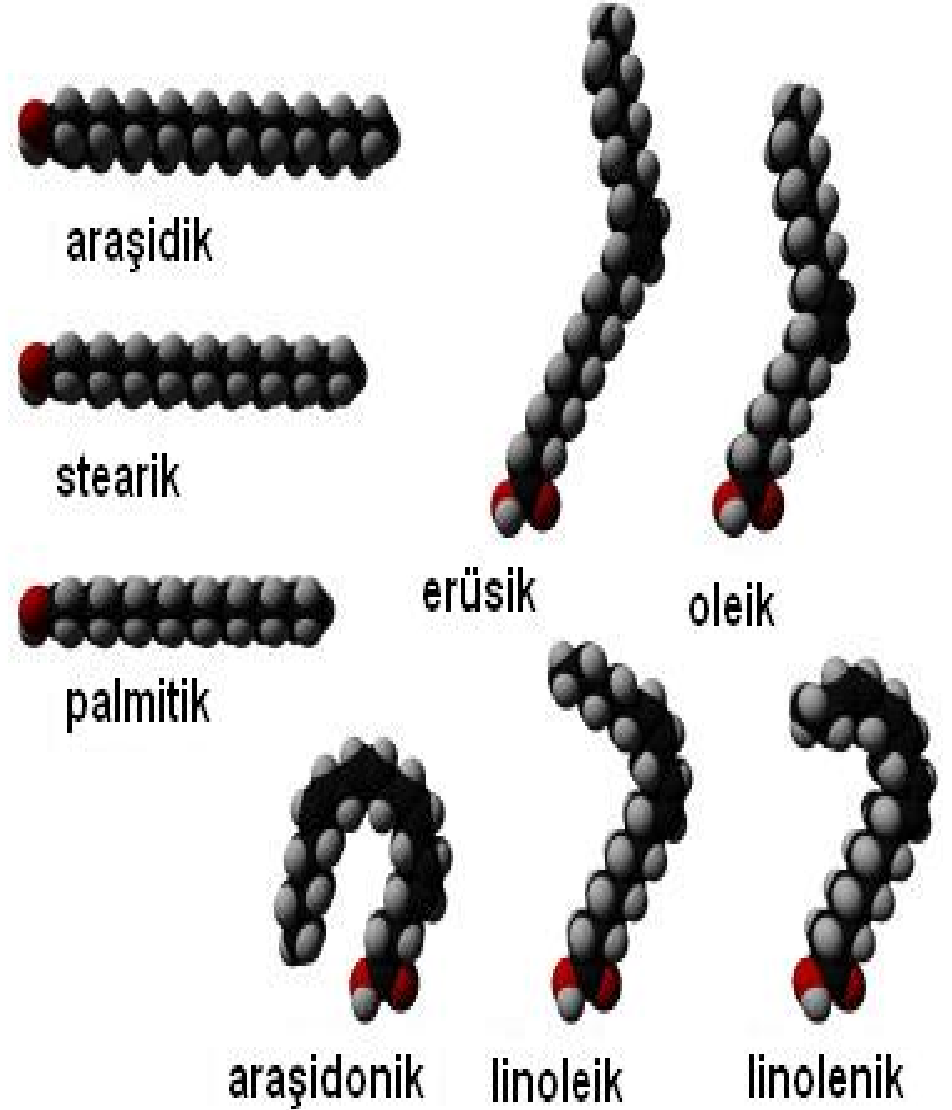
**Doymamış yağ asitleri* zeytinyağı, ayçiçeği, palm, susam, yer fıstığı, aspir, kanola, fındık, ceviz vb. bitkisel kaynaklı yağlarda

balık, deniz ürünleri vb. hayvansal kaynaklı yağlarda

Doymuş yağ asidi hidrokarbonlarında tekli C-C bağları arasında serbest dönme vardır.

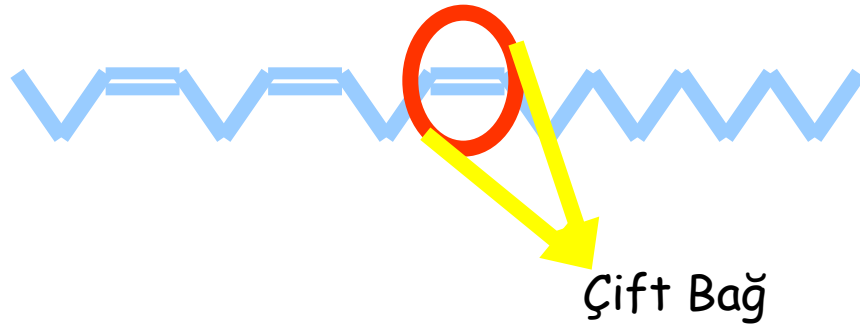
Ancak doymamış yağ asitlerindeki çift bağ karbonlarında bu dönme gerçekleşemez.

Dolayısıyla, her bir çift bağ, molekül zincirinde bir **kırılma-eğilme** ile sonuçlanır.



Yağ Asitleri

Yağ asitlerinde zincir uzunlukları çeşitlilik gösterir.

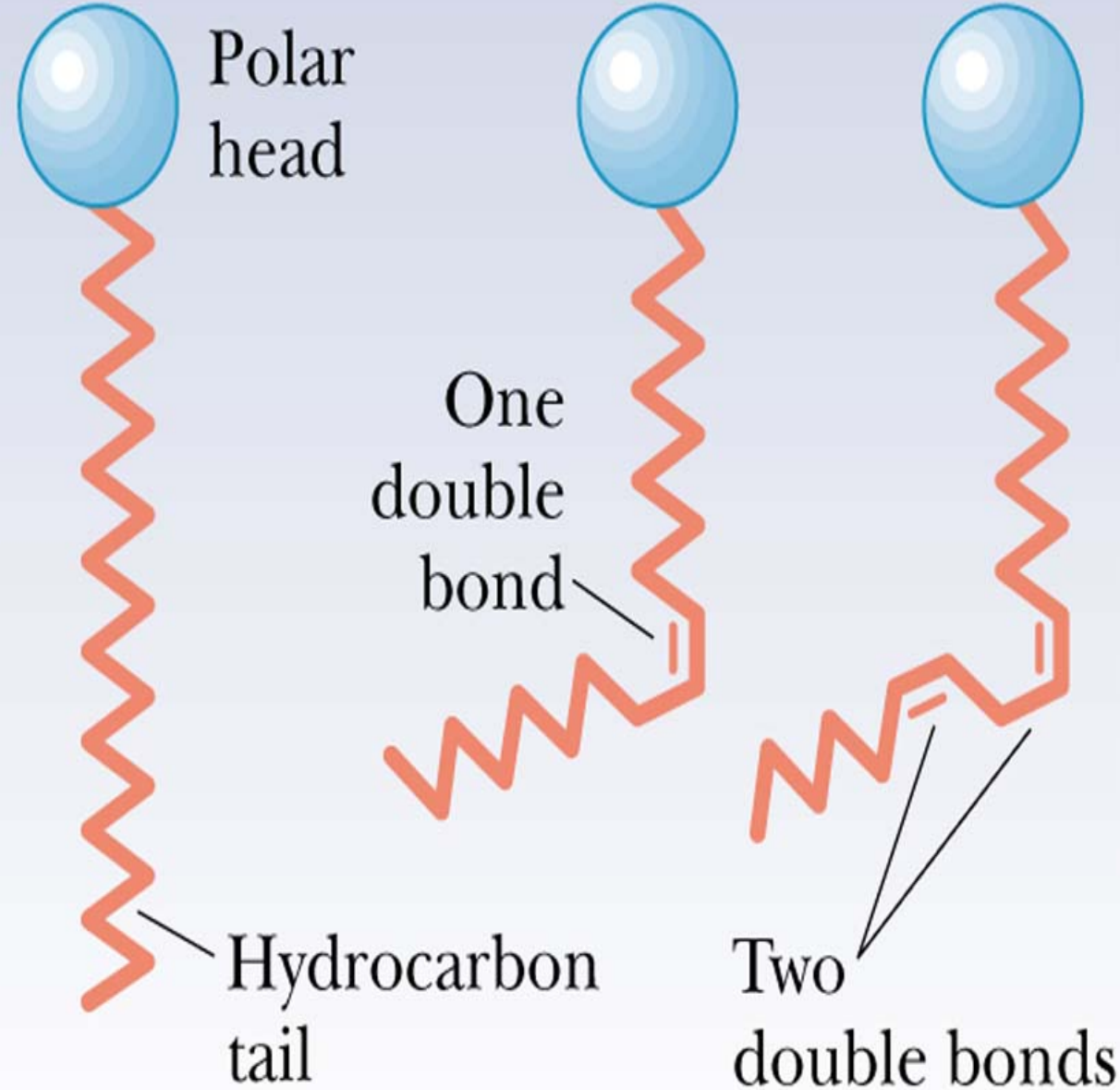


Yağ asitleri çift bağ içeriyorlarsa Doymamış-
Unsature yağ asidi

Çift bağ içermeyenlere Doymuş -Sature
yağ asitleri denir.

Saturated

Unsaturated



**Zincir uzunluğu
arttikca
kaynama noktası**

Artar

**Çift bağ sayısı
arttikca
kaynama noktası**

Düşer

Zincir
Uzunluğu
artıkça

4C
8C
12C

Çözünürlük
düşer

Maksimum
çözünürlük



butanoik asit

çözünür



oktanoik asit

0.0047M



laurik asit

0.0003M

Glukoz

6M

- Yağ asitleri vücutta iki önemli rol üstlenir:

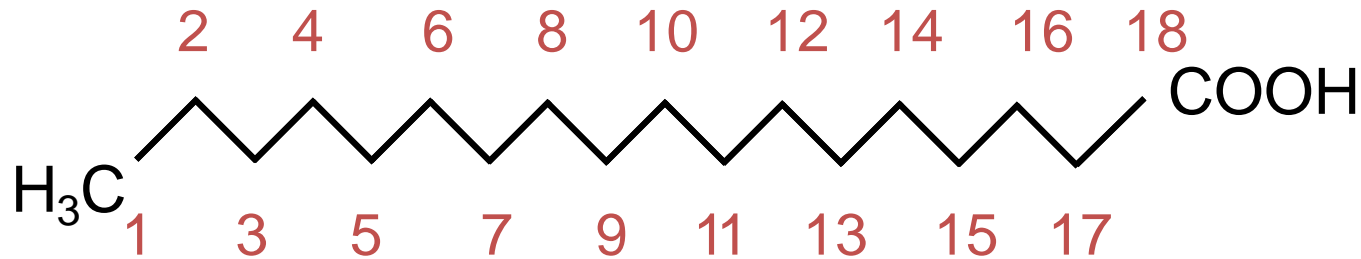
1. Oldukça karmaşık yapıdaki **membran lipidlerinin** bir bileşenleri olarak;

2. Triaçilgliserol şeklinde depolanan yağların en önemli bileşenlerinden biri olarak

Adlandırma

- Yağ asitleri bireysel olarak bir yada iki numerik adlandırma sistemleri ile tanımlanabilir.

ω -tanımlama ya da n-tanımlama
karbon numaralama metil uçtan başlar



KISA GÖSTERİM ve ADLANDIRMA

Yağ asitleri genelde kısa sembollerle ifade edilir:

Örneğin :

16:1 (9) veya 16:1 Δ^9

Karbon
sayısını

Çifte bağ
sayısını

Çifte
bağın
yerini

Çifte bağın konfigürasyonu *cis* ise belirtilmez, ama *trans* ise, Δ^9 'un yanına *trans* yazılarak belirtilir.

gösterir.

Adlandırma

Karbon sayılarına göre;

- Etanoik $\text{CH}_3\text{-COOH}$
 - Propanoik $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-COOH}$
 - Bütanoik $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-COOH}$
 - Hekzanoik $\text{CH}_3\text{-(CH}_2\text{)}_3\text{-COOH}$
 - Dekanoik..... $\text{CH}_3\text{-(CH}_2\text{)}_n\text{-COOH}$
- $\text{C}_n\text{H}_{2n+1} \rightarrow$ doymuş

KISA GÖSTERİM VE ADLANDIRMA

Sistemik adlandırmada karbon sayısının sonuna

- doymuş yağ asitlerinde **-oik eki**,
- doymamışlarda ise **-eoik eki** getirilir.
- Örneğin, 18 karbonlu (C_{18}) doymuş bir yağ asidi olan **stearik asit, oktadekanoik asit** olarak adlandırılır.
- ✓ 18 C'lu, 1 çifte bağ içeren **oleik asit** ise, **oktadekenoik asit** olarak adlandırılır.
- ✓ 18 C'lu, 2 çifte bağ içeren **linoleik asit** ise, **oktadekadienoik asit** olarak adlandırılır.

KISA GÖSTERİM ve ADLANDIRMA



linoleic acid, 18:2 (9Z, 12Z), 18:2 (n-6)
cis-9, *cis*-12-octadecadienoic acid

- ❖ Yaygın adıyla **linoleik asit**, yani *cis*-9, *cis*-12-oktadekadienoik asit kısaca 18:2 (n-6) şeklinde de gösterilir. Bu bileşik 18 karbonludur, 2 çifte bağ içerir ve son çifte bağdan terminal metil grubuna kadar 6 karbon içerir. Geleneksel olarak 18:2w6 şeklinde de gösterilir.

DOYMUŞ YAĞ ASİTLERİ

- Karbon atomları arasında **tek bir kovalent bağ** olan yağ asitleridir.
- Diğer bir ifade ile yapısında **çift bağ bulundurmayan** yağ asitleridir.
- Çift bağ bulundurmazlar ancak moleküllerindeki toplam karbon sayıları **çift sayılıdır** (2 karbondan-26 karbona kadar).
- Tek karbon sayılı istisnai bir doymuş yağ asidi propiyonik asittir ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH}$).
- Kapalı formülleri ($\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{O}_2$) veya $\text{C}_n\text{H}_{2n+1}\text{COOH}$
- Karbon sayısı **artıkça** yağ asidinin **katılığı artmaktadır**.
- Karbon sayısı **artıkça** yağ asidinin **kokusu azalmaktadır**.

Doymuş (satüre) yağ asitleri

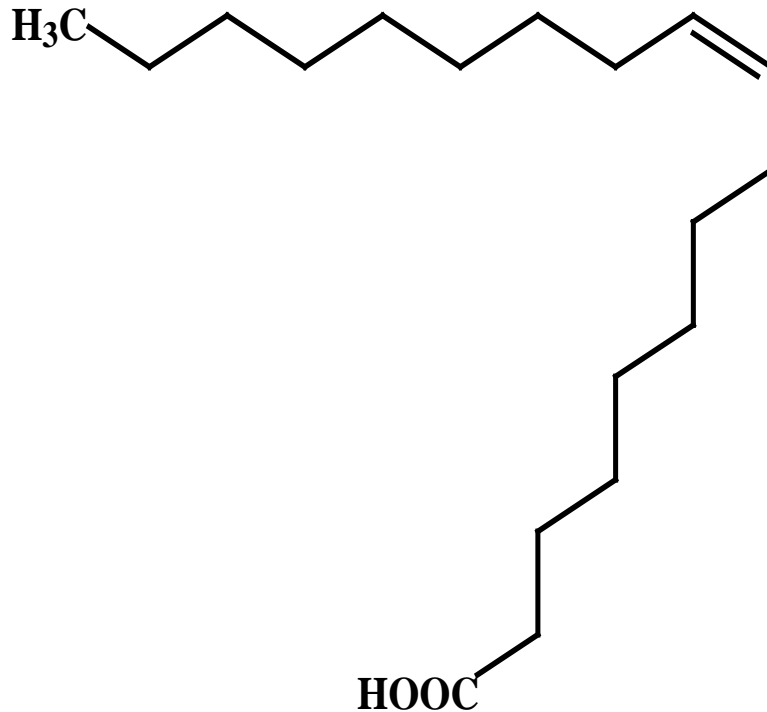


Yağ asidinin adı	Karbon iskeleti	Yapı formülü
Asetik asit	2: 0	CH_3COOH
Propiyonik asit	3: 0	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH}$
Butirik asit	4: 0	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_2\text{COOH}$
Kaproik asit	6: 0	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_4\text{COOH}$
Kaprilik asit	8: 0	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_6\text{COOH}$
Kaprik asit	10: 0	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_8\text{COOH}$
Laurik asit	12: 0	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{10}\text{COOH}$
Miristik asit	14: 0	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{12}\text{COOH}$
Palmitik asit	16: 0	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{COOH}$
Stearik asit	18: 0	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{COOH}$
Araşidik asit	20: 0	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{18}\text{COOH}$

Yağ asitleri	Sistem. Gös.	Kısa Göster	Erime Nok. (°C)	Kaynak
Bütirik	n-butanik	C-4:0	-8	Süt yağı
Kaproik	n-hekzanik	C-6:0	-2	Süt yağı
Kaprilik	n-oktanik	C-8:0	16	Süt ve Palmiye yağı
Kaprik	n-dekanik	C-10:0	31	Süt ve Palmiye yağı
Laurik	n-dodekanik	C-12:0	44	Süt ve Domuz yağı
Miristik	n-tetradekanik	C-14:0	54	Süt ve Domuz yağı
Palmitik	n-hegzadekanik	C-16:0	63	Hayvan ve Bitki yağı.
Stearik	n-oktadekanik	C-18:0	70	Hayvan ve Bitki yağı.
Araşidik	n-aykosanik	C-20:0	76	Yer Fıstığı ve Süt yağı

Doymamış Yağ Asitleri

- Monoenoik asit (monounsaturated-tekli doymamış)



Doğal yağ asitlerinde çift bağ her zaman *cis* konumundadır. Zincirin bu konumundaki kırılması nedeniyle erime noktaları daha düşüktür.

DOYMAMIŞ YAĞ ASİTLERİNİN BAZI ÖZELLİKLERİ

- ✓ Yapılarında karbon atomları arasında en az 1 adet çift bağ bulundurlar.
- ✓ Tüm doymamış yağ asitleri sıvıdır.
- ✓ Sağdan genova soldan omega isimlendirmesi yapılır.
- ✓ Bazı doymamış yağ asitlerini insan sentezleyemez. Bunlara esansiyel yağ asitleri denir. Bunlar linolenikasit, linoleikasit ve arachidonikasittir.
- ✓ Çift bağ içerdikleri için kolay oksidasyona uğrarlar. Bu sebeple yağın bozulması kolay olur.
- ✓ Eğer hidrojenlenirlerse çift bağlar açılır ve bunlara hidrojen katılarak doymuş yağ asitlerine dönüşürler.
- ✓ Çift bağların konumlarının farklı yerlerde olma durumu yani” pozisyon izomerizmi “ gösterebilirler.
- ✓ Çift bağlardaki hidrojen atomlarının konfigürasyonuna göre geometrik izomerizm gösterirler.

SORU: Hayvanlarda depo yağının doymamış yağ içeriği yüksektir. Bu formun avantajı nedir?

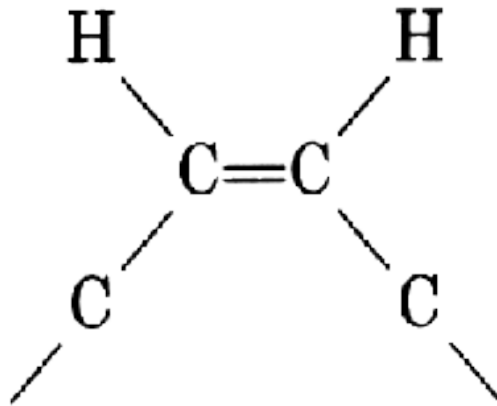
- Bu yağ sıvı formdadır. Yağ katı formda olsaydı enzimlerin çalışması için çok küçük bir yüzey alanı olacaktı.
- Katı formdaki yağ adipoz dokunun mekanik strese karşı yanıtının şiddetli olmasına neden olacaktır.

Doymamış (ansatüre) yağ asitleri

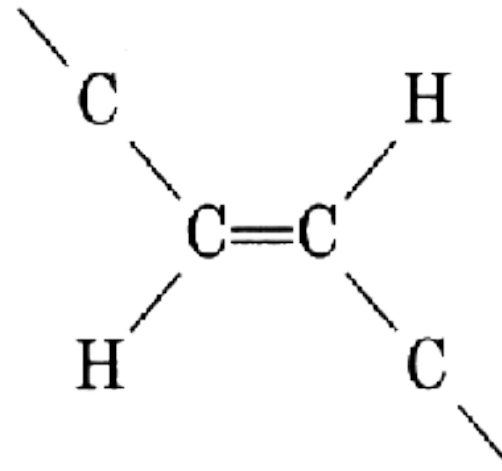
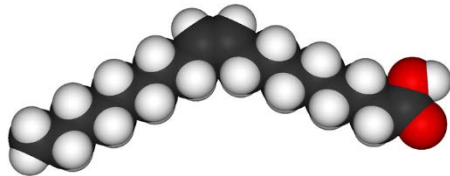
Yağ asidinin adı	Karbon iskeleti	Yapı formülü
Miristoleik asit	14: 1 Δ^9	CH ₃ (CH ₂) ₃ CH=CH(CH ₂) ₇ COOH
Palmitoleik asit	16: 1 Δ^9	CH ₃ (CH ₂) ₅ CH=CH(CH ₂) ₇ COOH
Oleik asit	18: 1 Δ^9	CH ₃ (CH ₂) ₇ CH=CH(CH ₂) ₇ COOH
Vaksenik asit	18: 1 Δ^{11}	CH ₃ (CH ₂) ₅ CH=CH(CH ₂) ₉ COOH
Nervonik asit	24: 1 Δ^{15}	CH ₃ (CH ₂) ₇ CH=CH(CH ₂) ₁₃ COOH
Linoleik asit	18: 2 $\Delta^{9, 12}$	CH ₃ (CH ₂) ₄ CH=CHCH ₂ CH=CH(CH ₂) ₇ COOH
Linolenik asit	18: 3 $\Delta^{9, 12, 15}$	CH ₃ CH ₂ CH=CHCH ₂ CH=CHCH ₂ CH=CH(CH ₂) ₇ COOH
Araşidonik asit	20: 4 $\Delta^{5, 8, 11, 14}$	CH ₃ (CH ₂) ₄ CH=CHCH ₂ CH=CHCH ₂ CH=CHCH ₂ CH=CH(CH ₂) ₃ COOH

DOYMAMIŞ YA' LERİNDE İZOMERİ

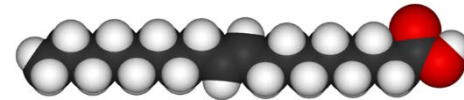
Geometrik İzomeri



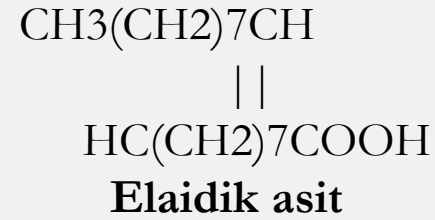
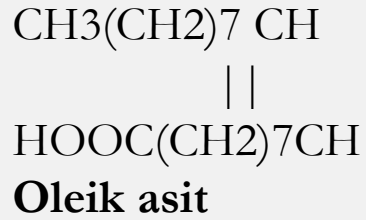
cis
(oleic m.p. = 14°C)



trans
(elaidic m.p. = 43.7°C)

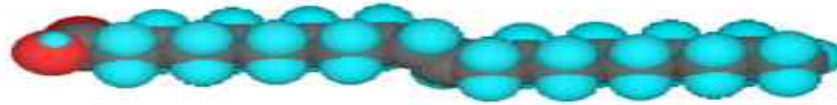


Çift bağıın çevresindeki atom veya atom grupları aynı tarafta ise **cis-izomer**, zıt taraflarda ise **trans -izomer**den sözedilir. Oleik asidin trans şekli, erime noktası 45oC olan **elaidik asittir**:

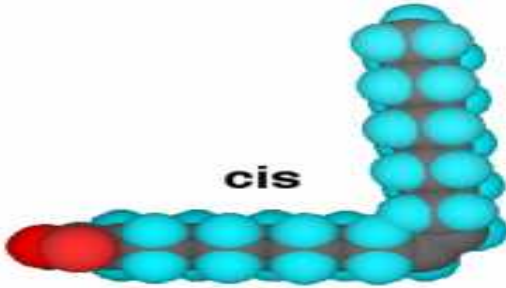


Unsaturated fatty acids

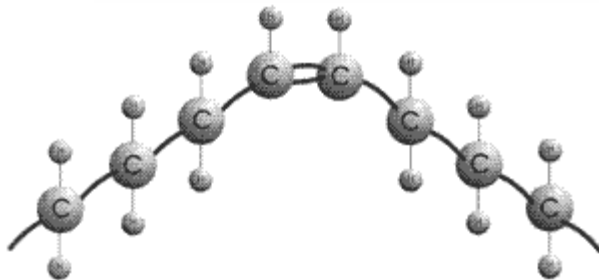
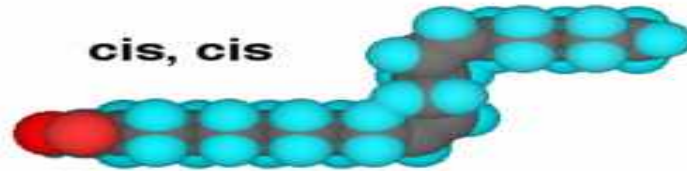
trans



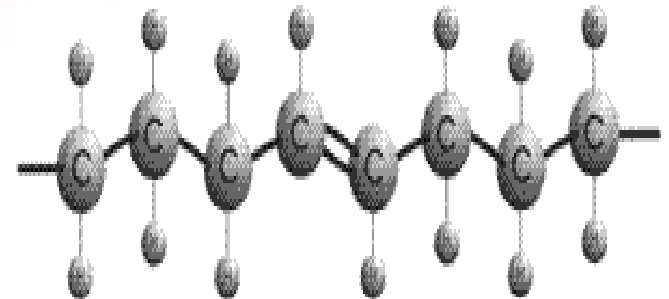
cis



cis, cis

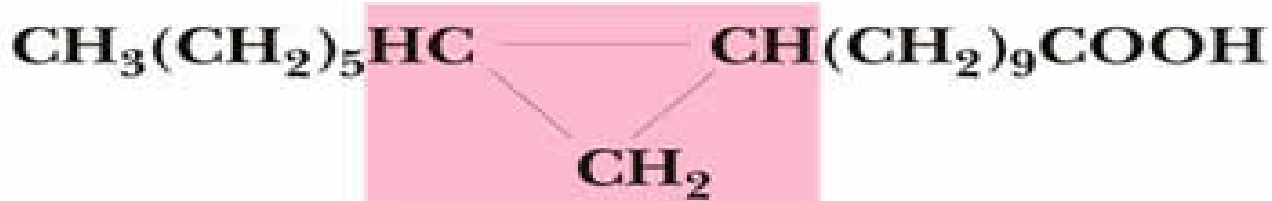


cis



TRANS

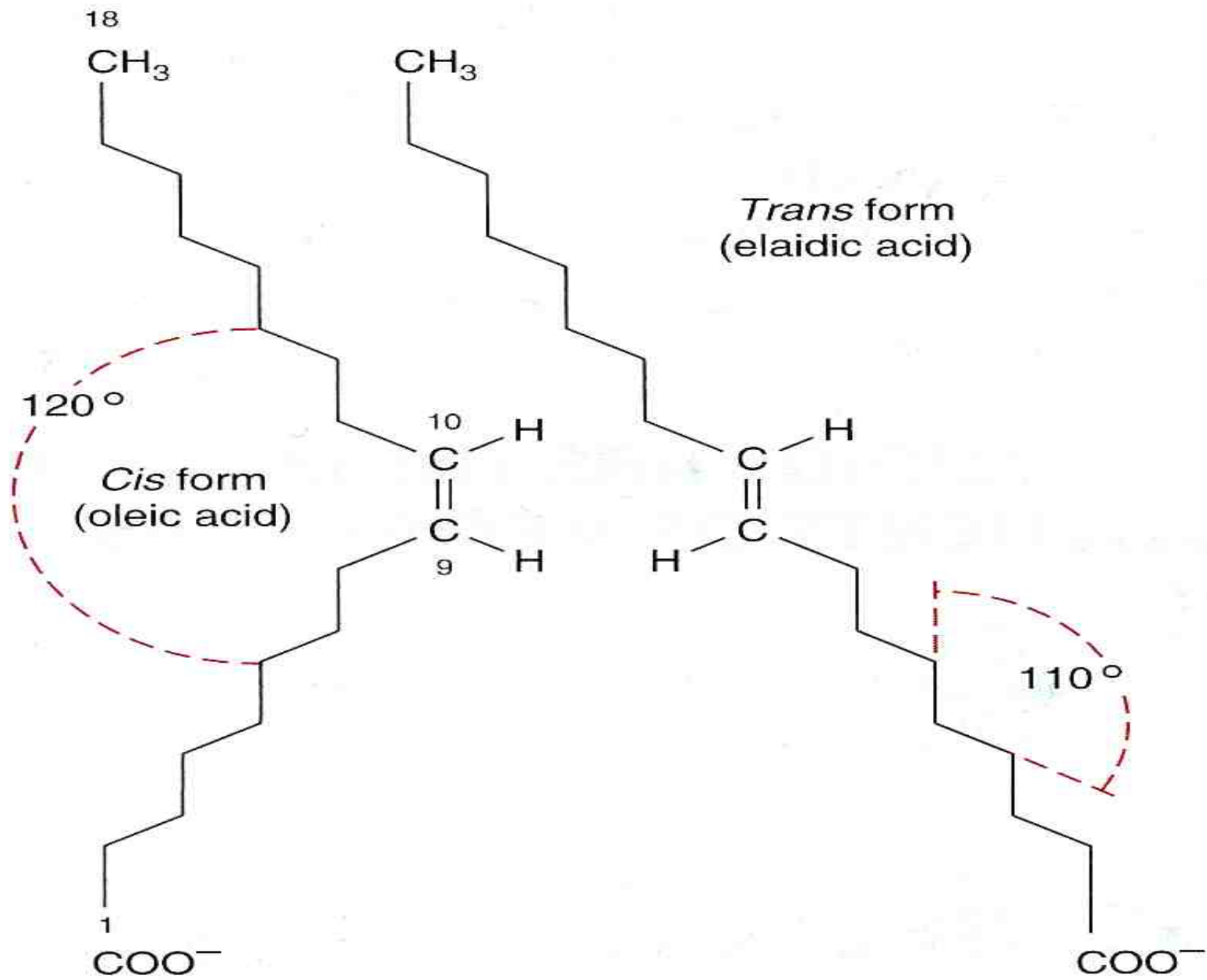
- Az olmakla birlikte doğada trans konfigürasyonda (elaidik asit), tek karbon sayılı (propiyonik asit, valerik asit gibi) ve dallanmış yağ asitleri (tüberkülostearik asit veya laktobasillik asit metil grubu ile dallanma gösteren doymuş yağ asitleridir) ile siklik yağ asitleri (hidnokarpik asit ve şolmugrik asit) yağ asitleri de bulunmaktadır.



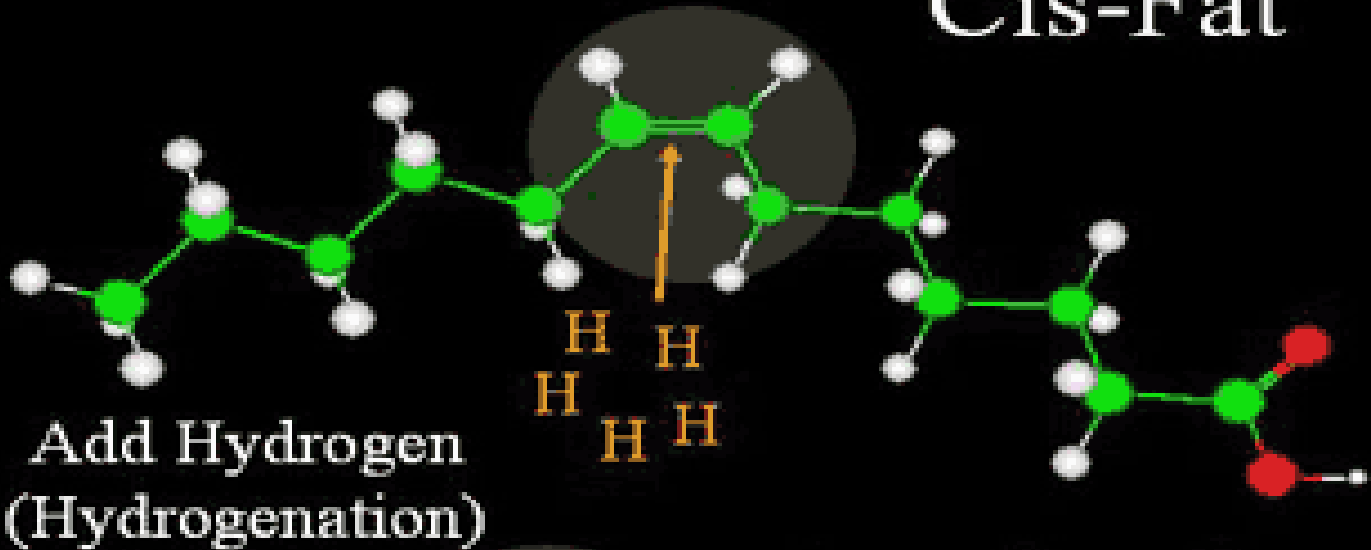
Laktobasillik Asit



Tüberkülostearik Asit

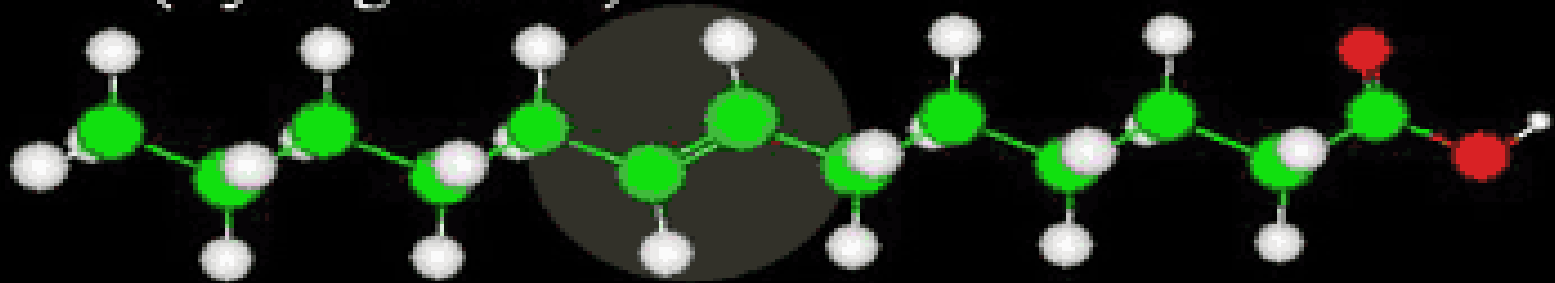


Cis-Fat



Straight and Solid

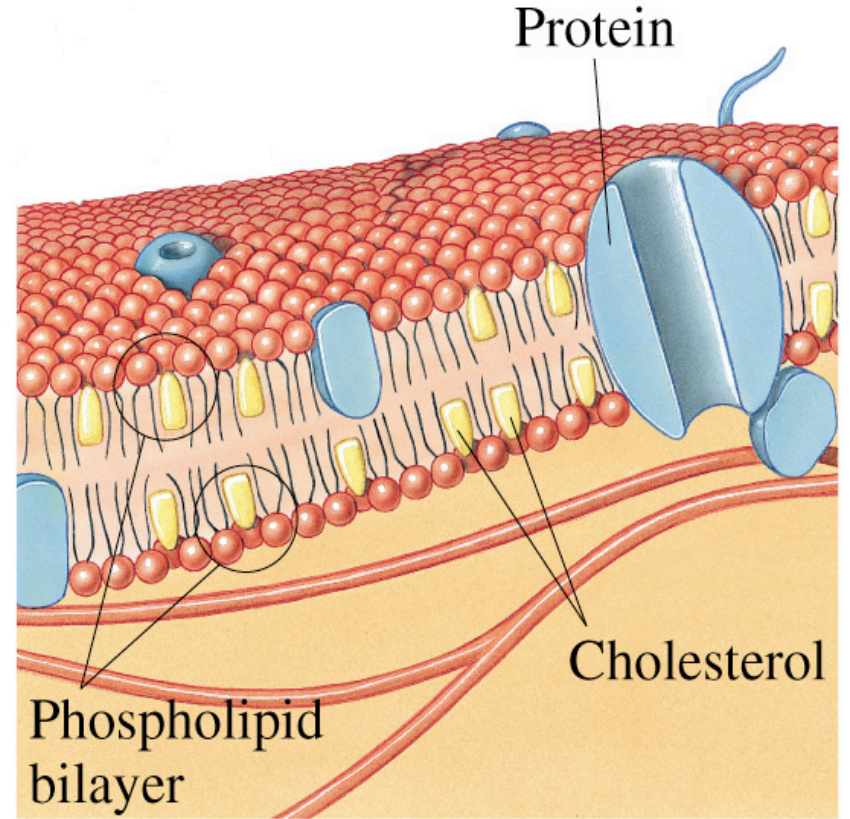
Trans-Fat



Doymamışlık zarların yapısında yer alan lipitler için çok önemli bir özellik!

- Çünkü, *cis* konumundaki çift bağlar molekülde bir burkulmaya yol açar ve zardaki moleküllerin birbirine çok yakın paketlenmesini önler. Bu da zarın **AKIŞKANLIĞINI SAĞLAR.** (Geçirgenlik ve esneklik özelliği kazandırır)

EXTRACELLULAR FLUID



- Çift bağ sayısında artış, molekülde değişik konfigürasyonların oluşumuna yol açar → 4 tane cis çift bağı olan **araşidonik asit U** şeklindedir → Bu durum hücre membranında moleküllerin **paketlenmesi ve fosfolipitlerde yağ asitlerinin pozisyonlarının belirlenmesinde önemlidir.**

- Zeytin yağı ve mısır yağı gibi bitkisel yağlar, büyük miktarlarda doymamış yağ asitli **trigliseridlerden** oluştuklarından oda sıcaklığında **sıvıdırlar**;
- sadece iç yağının esas komponenti olan **tristearin** gibi, doymuş yağ asitlerini içeren trigliseridler oda sıcaklığında **katıdırlar**.

- Genel olarak insan hücresinde doymamış yağ asidi miktarı doymuş yağ asidinin **2 katıdır**.
- Hayvansal katı yağlar:
 - 40%-60 doymuş
 - 30%-50 doymamış tek çift bağlı
- Bitkisel sıvı yağlar:
 - 10%-20 doymuş
 - 80%-90 doymamış

Tablo : Çeşitli Yağlarda Doymuş ve Doymamış Yağ Asidi Düzeyleri

Yağ	Doymuş Yağ Asidi	Doymamış	Doymamış
	%	Tek Çift Bağ Taşıyan Yağ Asidi	Çok Çift Bağ Taşıyan Yağ Asidi
		%	%
Kuyruk Yağı	57	38	5
Tereyağ	66	30	4
Zeytinyağı	14	77	9
Mısırözü Yağı	16	32	52
Soya Yağı	16	22	62
Ayçiçek Yağı	13	21	66
Palmiye Yağı	50	39	11
Balıkyacağı	29	48	23

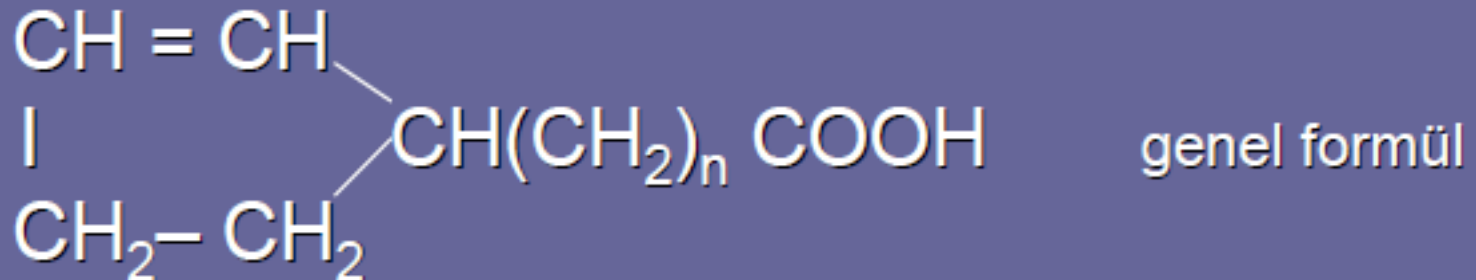
Ek gruplu yağ asitleri

hidrokarbon zincirlerinde hidroksil grubu veya metil grubu gibi ek gruplar içeren yağ asitleridirler

Yağ asidinin adı	Karbon iskeleti
Dioksistearik asit	18: 0(9, 10-dioksi)
Risinoleik asit	18: 1 Δ^9 (12-monooksi)
Serebronik asit	24: 0(2-monooksi)
Oksinervonik asit	24: 1 Δ^{15} (12-monooksi)
Tüberkülostearik asit	18: 0(10-monometil)

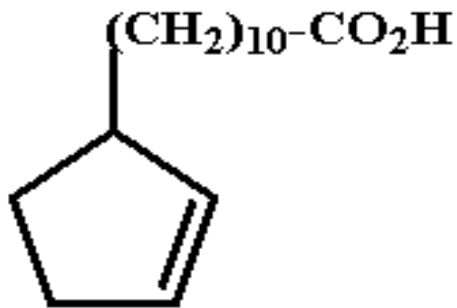
Halka yapılı yağ asitleri

- ✓ Hidrokarbon zincirleri halka yapısı oluşturmuş olan yağ asitleridir.
- ✓ *Flacourtiaceae* familyasındaki bitkilerde bulunurlar.
- ✓ Kemoterapik özelliği vardır. Cüzzam hastalığının iyileştirilmesinde kullanılır. (Koulmogrik asit)

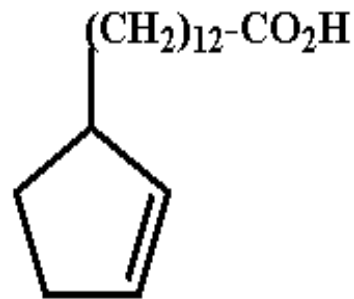


Halka yapılı yağ asitleri

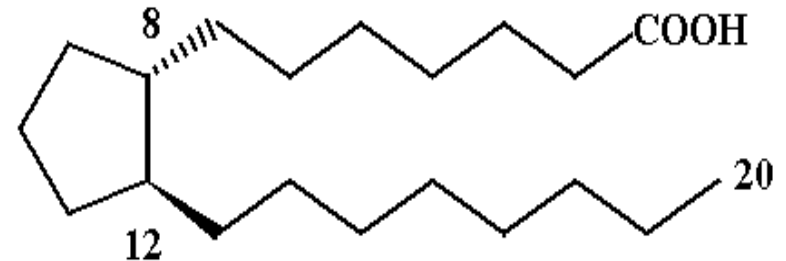
Yağ asidinin adı	Karbon iskeleti
Hidnokarpik asit	16:1 Δ^{13}
Şolmogrik asit	18:1 Δ^{15}
Prostanoik asit	20:0



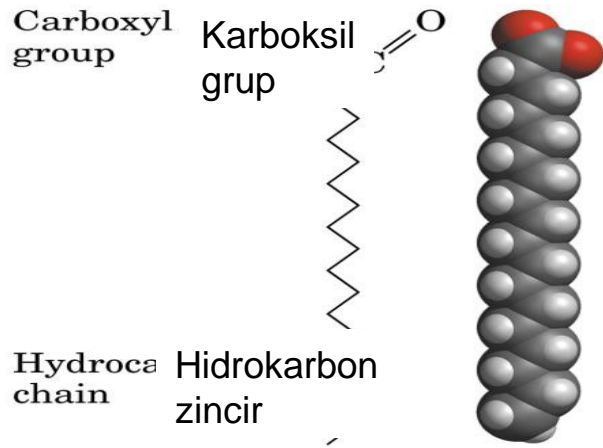
hydnocarpic acid



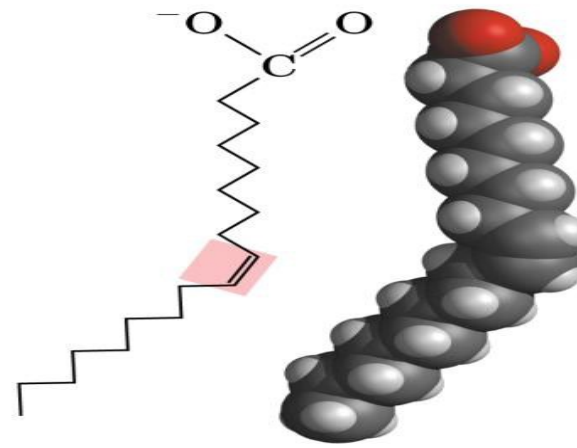
chaulmoogric acid



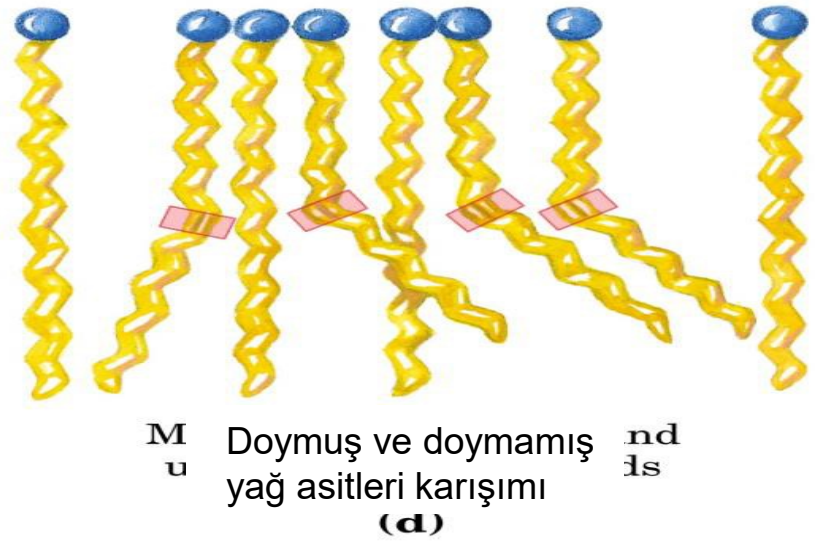
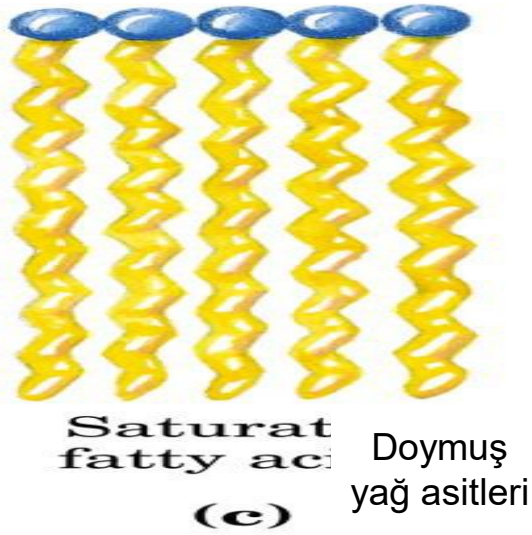
prostanoic acid



(a)



(b)



Trans Yağlar

- Trans yağlar, sıvı bitki yağlarının **hidrojenizasyonu** ile oluşan yağlardır. Yağ ne kadar hidrojene ise oda sıcaklığında o kadar katı olacaktır.
- Trans yağlar bazı
 - ✓ **gevis getiren hayvanların** (koyun kuzu inek gibi) iskembelerinde bakteriler tarafından doğal olarak oluşabilir.
 - ✓ yağların **cok yüksek sıcaklıklarda ısıtılması** ile oluşabilir
 - ✓ yağların **kızartılması veya defalarca kullanılması** sonucu ortaya çıkabilir
 - ✓ bitkisel sıvı yağların kısmen **hidrojenasyonu** ile de oluşabilir.
- **Hidrojenize bitkisel yağlar ile pişirilen yiyeceklerde bulunurlar.** Krakerler, margarinler, patates cipsleri, patlamış mısır, kremalı-karamelli bisküviler, şekerlemelerde bulunur. Trans yağları bazı **et ve mandıra** ürünlerinde de doğal olarak bulunabilir.

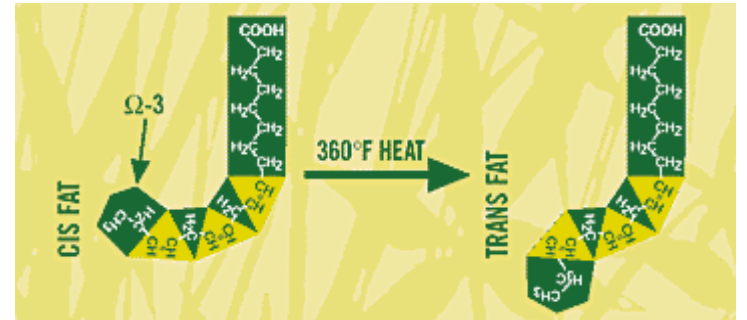


Trans yağlar neden kötüdür?

Endüstriyel olarak üretilen trans yağlar metabolizmada uygun enzimler olmadığı için parçalanamadığından sağlıksızdırlar.

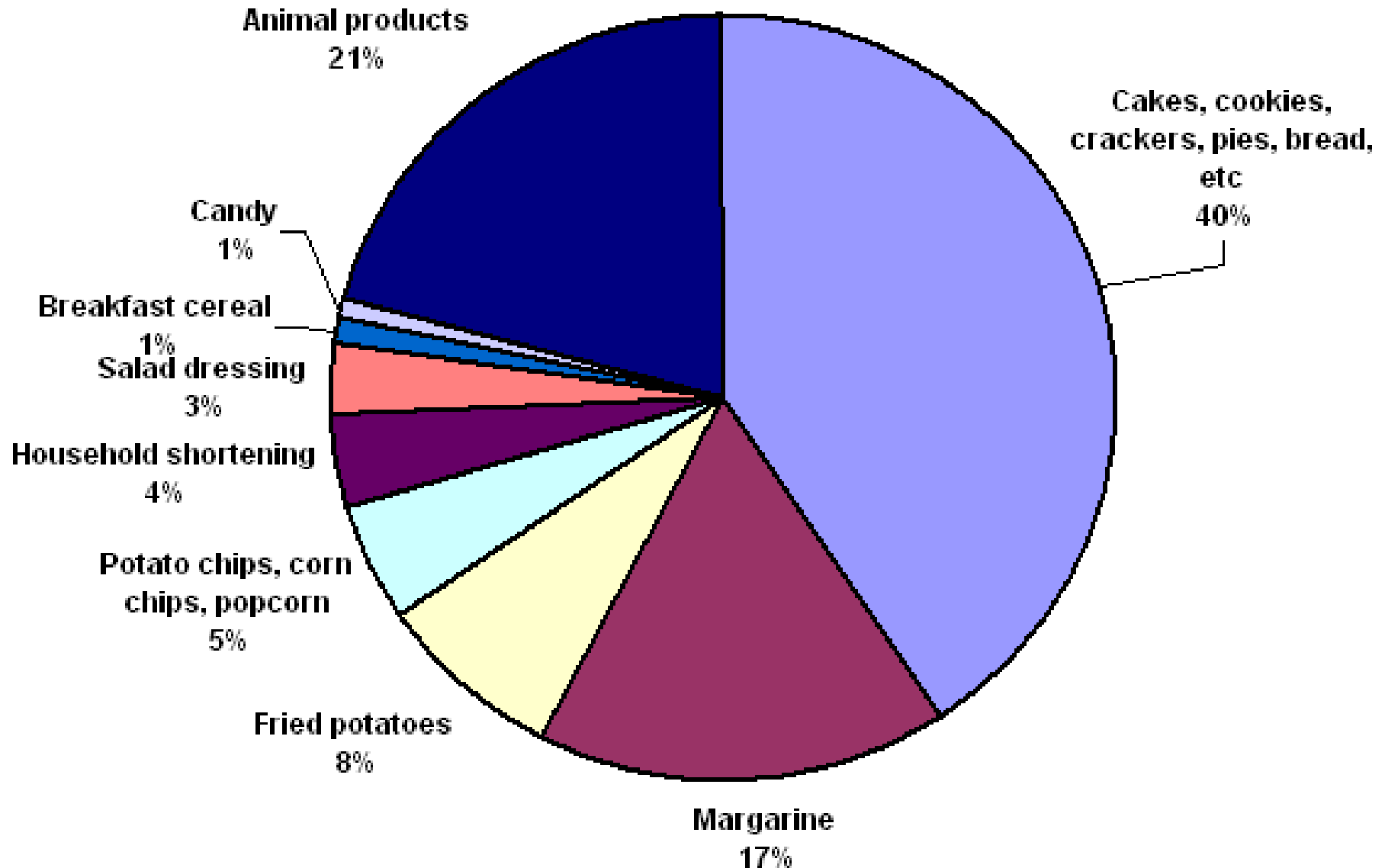
Trans yağlar vücuda ne yaparlar?

Hayvanlarda ve insanlarda yapılan çalışmalar trans yağların HDL (iyi kolesterol)ü düşürdüğü; LDL(kötü kolesterol)ü arttırdığı; kalp krizi riskini ve diyabeti tetiklediğini ve bazı kanser oluşumlarına neden olduğunu göstermiştir.



- ❖ Biz bu tür olaylarla karşılaşmamak için trans yağ tüketimini en aza indirmeliyiz.
- ❖ Bisküvi kek çikolata kraker gofret cips salata sosları gibi etiketinde "**hidrojenize yağ**" içerdiği belirtilen gıdaları tüketmemeliyiz.
- ❖ Yağları birden fazla kızartmada kullanmamalıyız. Kısacası sağlıklı bir yaşam için en az seviyede trans yağ içeren zeytinyağı gibi yağları kullanmalı ve yüksek oranda trans yağ içeren yağları hayatımızdan çıkarmalıyız.

Trans-Yağ Kaynakları



Sadece tek bir çift bağ varsa:
Tekli doymamış yağ asidi
(**M**ono **U**nsaturated **F**atty **A**cid;
MUFA)

Birden fazla sayıda çift bağ
içeriyorsa:

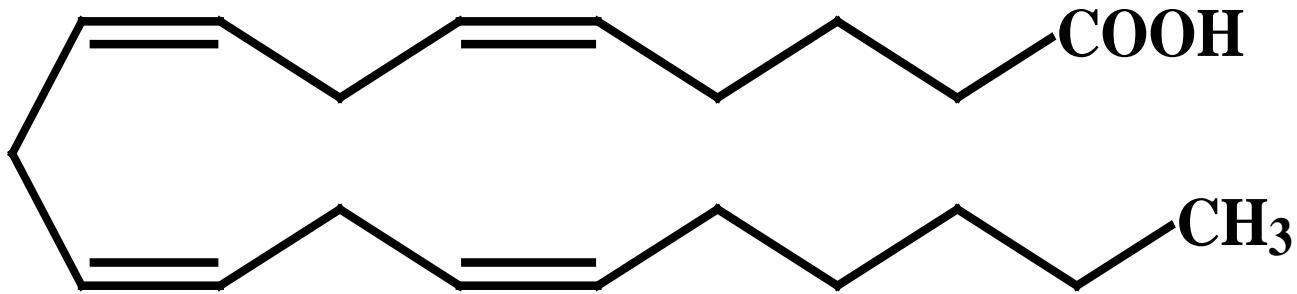
Çoklu doymamış yağ asidi
(**P**oly **U**nsaturated **F**atty **A**cid; **PUFA**)
olarak adlandırılır.

Çift bağların sayısı arttıkça **erime noktası düşer.**

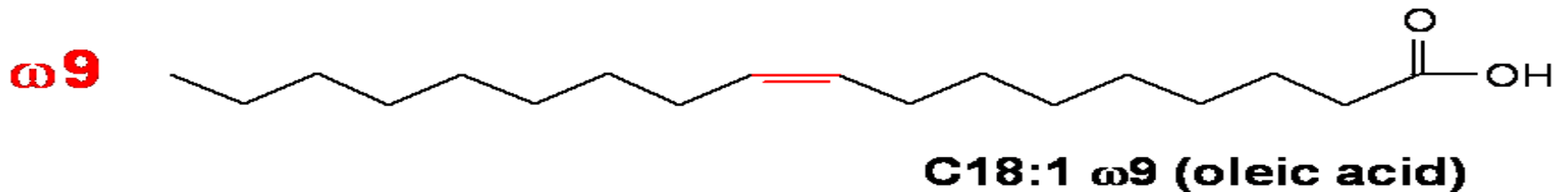
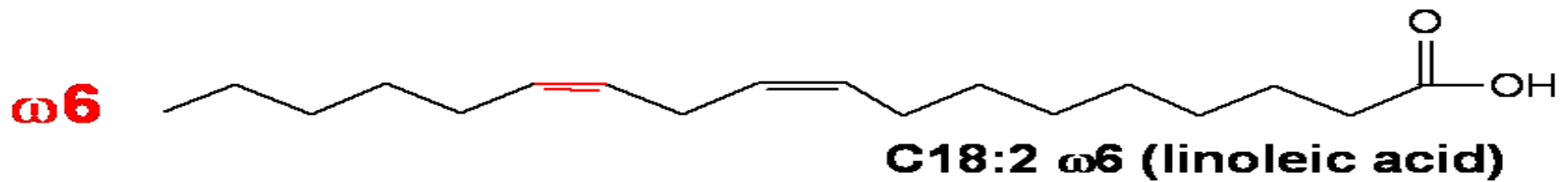
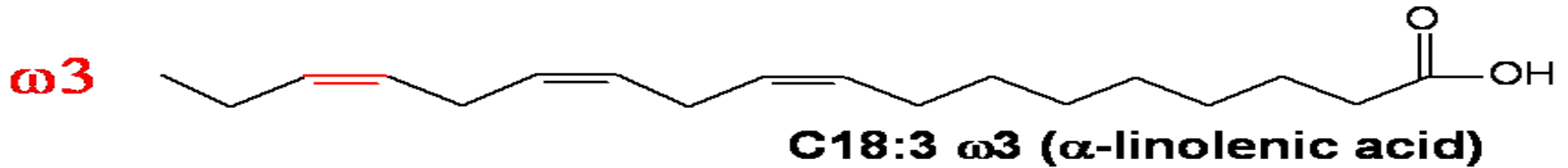
Doğada tüm çift bağlar '**cis**' konumundadır.

Doymamış Yağ Asitleri

- **Polienoik asit** (polyunsaturated-çoklu doymamış)



YAĞ ASİDİ İSİMLENDİRİLMESİ



Omega (ω) yağ asitleri üçe ayrılır.

1) ω - 9 grubu

18 : 1 (9) oleik asit
22 : 1 (13) erusik asit
24 : 1 (15) nervonik asit

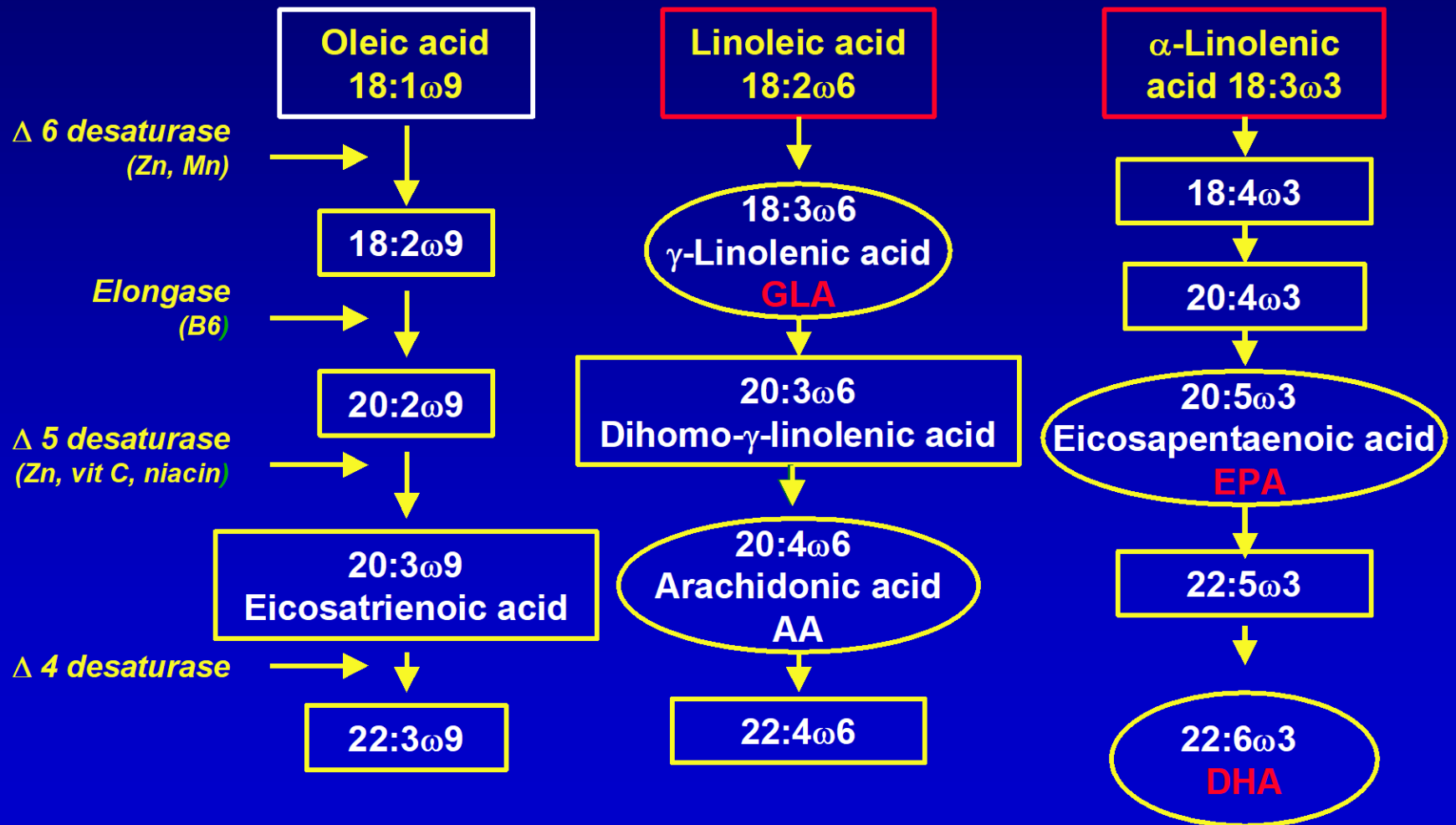
2) ω - 6 grubu

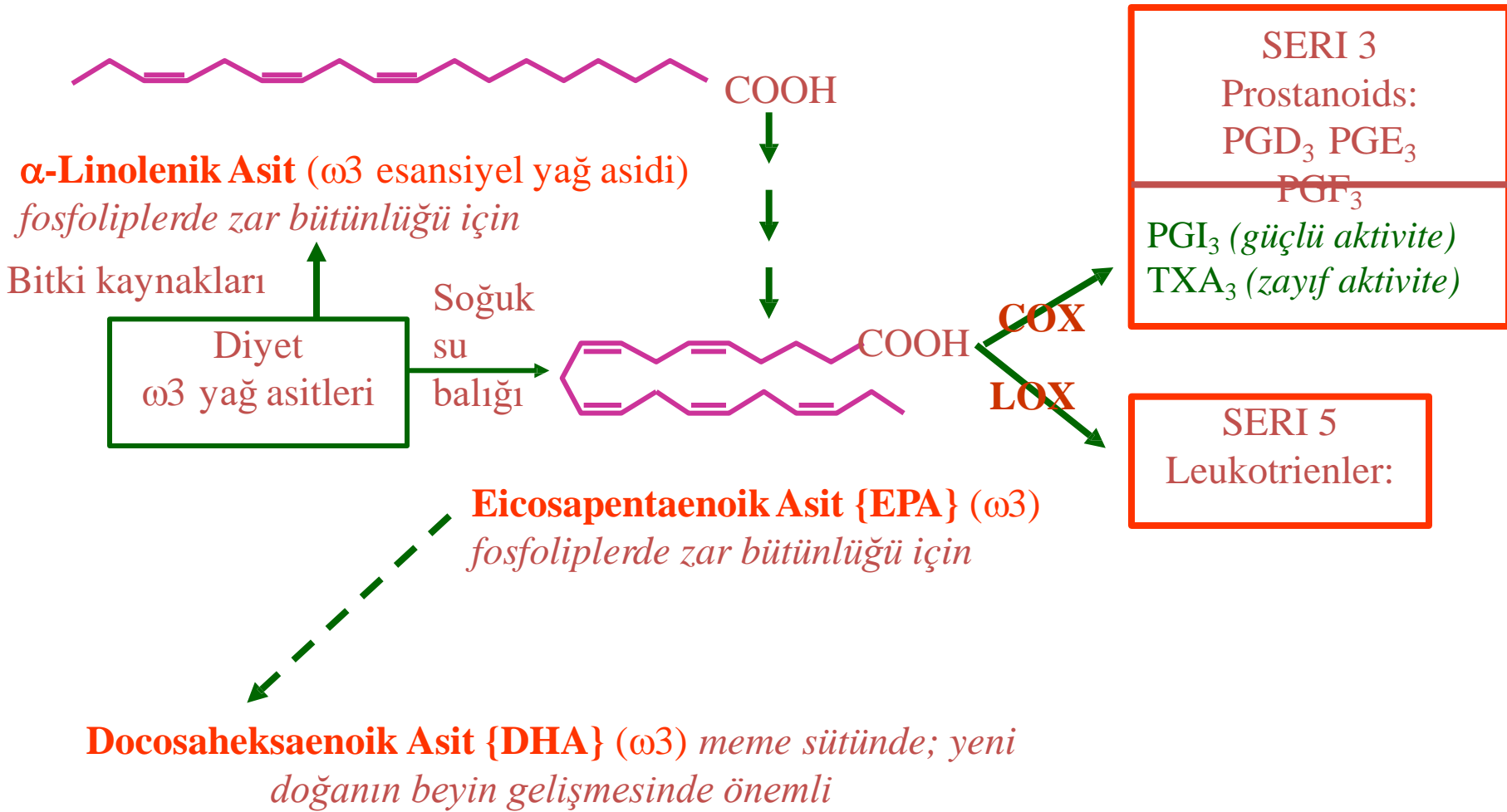
18 : 2 (9,12) linoleik asit
18 : 3 (6,9,12) γ -linolenik asit
20 : 4 (5,8,11,14) araşidonik asit

ω - 3 grubu

18 : 3 (9,12,15) α -linolenik asit
20 : 5 (5,8,11,14,17) EPA (Eicosa pentenoik asit)
22 : 6 (4,7,10,13,16,19) DHA (Dokozahegzenoik asit)

Doymamış yağ asitlerinin sınıflandırılması

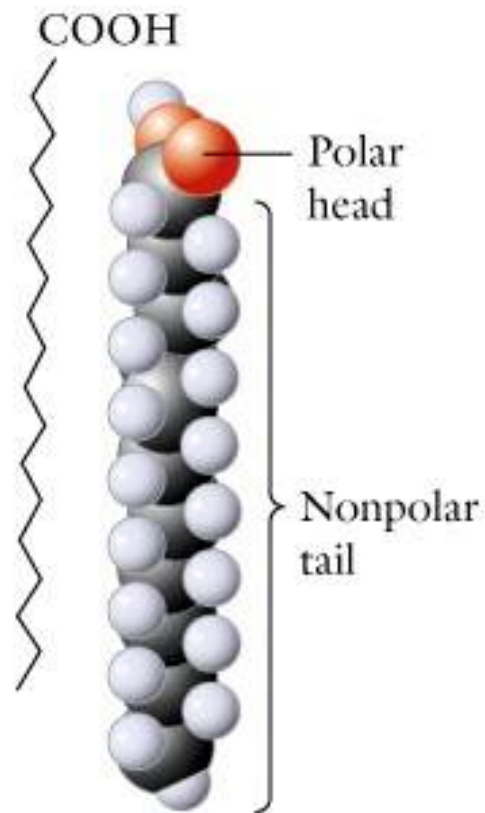




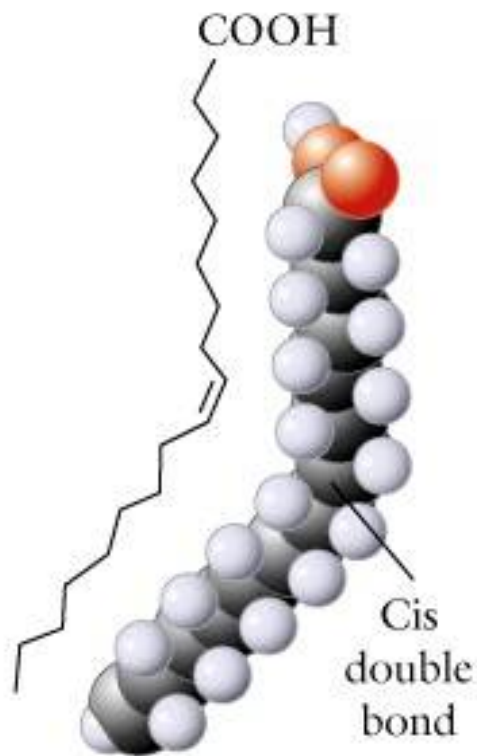
Eicosanoidler ve biyosentetik kaynakları.

$\omega 3$ ön maddelerden sentez

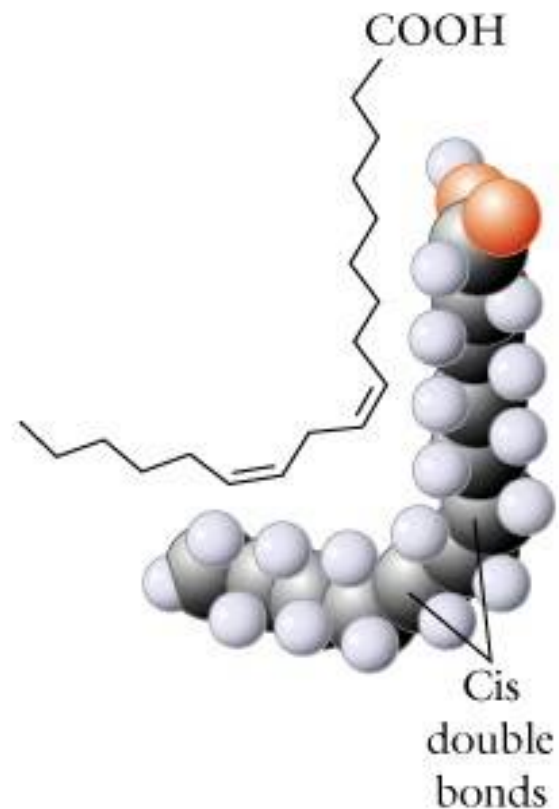
INSIGHT INTO PROPERTIES



Stearic acid
Melting point 69°C



Oleic acid
Melting point 13°C



Linoleic acid
Melting point -5°C



araşidik



stearik



palmitik



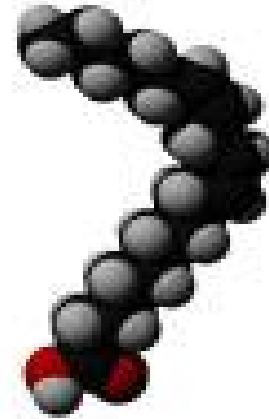
erüsik



oleik



araşidonik



linoleik



linolenik

Yağ asitleri	Kısa Göster.	Erime Nok. (°C)	Kaynak
Palmitoleik	C-16:1	1	Balık ve Hayvansal Yağl.
Oleik	C-18:1	13	Hayvan ve Bitki Yağları
Linoleik*	C-18:2	-6	Soya Yağı
Linolenik*	C-18:3	-11	Keten ve Soya Yağı
Araşidonik*	C-20:4	-50	

Çeşitli tohumların yağ bileşimi

	Doymuş	Tekli doymamış	Çoklu doymamış	W-3	W-6
Kanola	%7.1	%58.9	%29.6	%9.3	%20.3
Keten	%4	%22	%74	%57	%17
Mısır	%12.7	%24.2	%58.7	0.7	%58.0
Fındık	%7.4	%78	%10.2	%0.1	%10.1
Zeytin	%13.5	%73.7	%8.4	%0.6	%7.9
Ayçiçeği	%9.6	%12.6	%73.4	%0.2	%73.2
Susam	%14.2	%39.7	%41.7	%0.3	%41.3
Soya	%14.4	%23.3	%57.9	%6.8	%51.0
Ceviz	%9.1	%22.8	%63.3	%10.4	%52.9