

# BIYOKİMYA

DOÇ. DR. MEHMET KARACA  
(8. BÖLÜM)

# ÇOĞU ENZİM KUATERNER YAPIDADIR

Eğer enzim tek polipeptid zincirden meydana gelmiş ve bir monomerden oluşmuş ise **TERTİER** yapıda aktiftir.

Enzim molekülleri genellikle iki yada daha fazla polipeptid zincirinden ve birkaç monomerlerden oluştukları için kuaterner yapıdadırlar.

Ribonükleaz 1, Hekzokinaz 2, Adenilat Kinaz 3, Laktat Dehidrogenaz 4, Glutamin Sentetaz 12 ve Pirüvat Dehidrogenaz 72 üniteden bulunmaktadır.

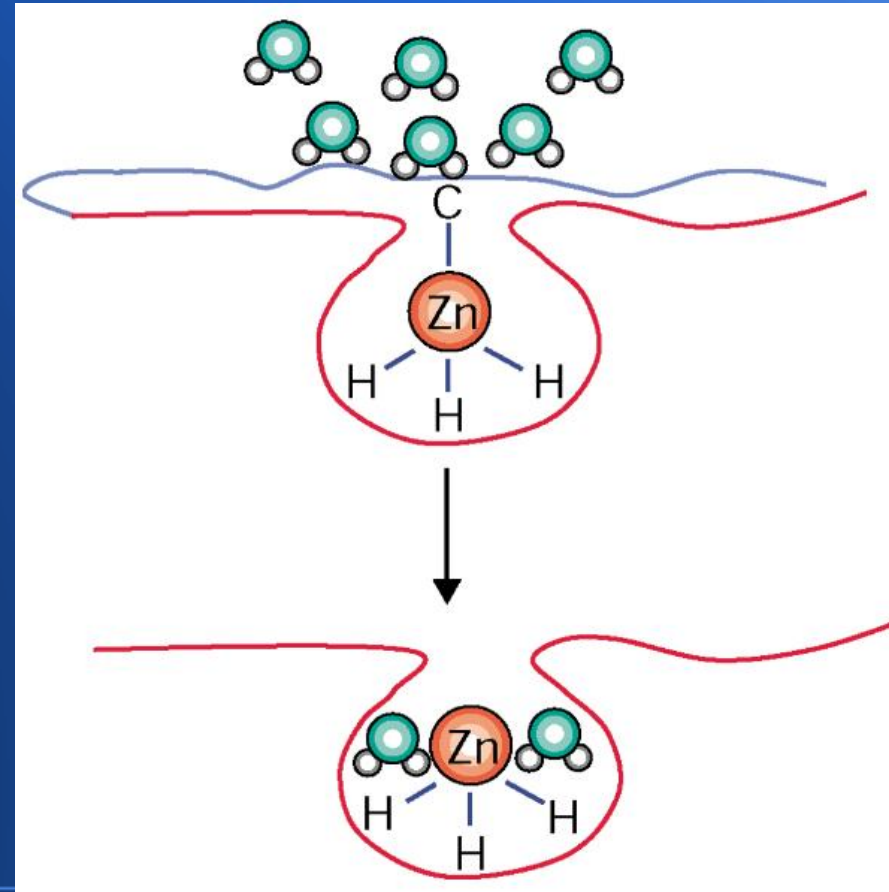
# ZYMOGENLER

Enzimlerin bir kısmı inaktif prekürsörler olarak sentezlenirler.

Daha sonra bu proteinlerin bir veya birkaç peptid bağının koparılması ile aktif enzim haline dönüşmektedir.

Bu inaktif enzimlere “zimogen” (“Proenzim”) denir.

Zimogenleri aktive eden enzimler genellikle Kinaz'lardır.



# “PROSTETİK GRUP”, “KOFAKTÖR”, “KOENZİM”

Bazı enzimler aktivite için yapılarını oluşturan amino asitlerden başka bileşenler gerektirmezler. Örneğin pepsin, tripsin, kemotripsin bu tür enzimlerdir. Bazı enzimler ise bazı bileşenlere ihtiyaç duyarlar. Bileşenler kofaktör, koenzim veya prostetik grup olarak adlandırılır.

Enzimlerin yapısında yer alan ve onların aktivite göstermeleri için gerekli olan, ancak protein yapısında bulunmayan, organik madde dışındaki gruplara “**KOFAKTÖR**”, organik maddelere ise “**KOENZİM**” adı verilmektedir. Kofaktör enzime kovalent bağlar ile bağlı ise “**PROSTETİK GRUP**” olarak adlandırılır.

# HOLOENZİM & APOENZİM

Kofaktörü ile birlikte bütün olan enzimlere holoenzim olarak adlandırılır.

Holoenzimin bir protein kısmı bir de kofaktör/koenzim kısmı vardır.

Holoenzimin protein kısmı **APOENZİM** veya **AOPROTEİN** olarak adlandırılır.

Enzimin özelliği ve spesifikliği apoenzime bağlı olduğundan koenzimi aynı olan fakat etkileri farklı olan pek çok enzim vardır.

**KOFAKTÖRLER/KOENZİMLER FONKSİYONLARINA  
GÖRE GENELLİKLE ÜÇ GRUPTA İNCELENEBİLİRLER:**

# HİDROJEN & ELEKTRON TRANSFER EDEN KOENZİMLER

## YAPISINDA NİKOTİNAMİT İÇERENLER:

NİKOTİNAMİT ADENİN DİNÜKLEOTİT (NAD<sup>+</sup>, NADH)

NİKOTİNAMİT ADENİN DİNÜKLEOTİT FOSFAT  
(NADP<sup>+</sup>, NADPH).

## YAPISINDA FLAVİN İÇERENLER:

FLAVİN ADENİN DİNÜKLEOTİT (FAD, FADH<sub>2</sub>)

FLAVİN MONONÜKLEOTİT (FMN, FMNH<sub>2</sub>)

## UBİKUONİN (KOENZİM Q10):

DEMİR PORFİRİNLER (SİTOKROMLARDA), DEMİR-  
KÜKÜRT PROTEİNLERİ, α-LİPOİK ASİT

# FONKSİYONEL GRUP TRANSFER EDEN KOENZİMLER

PİRİDOKSAL-5-FOSFAT (PLP)

TİYAMİN PİROFOSFAT (TPP)

KOENZİM A (K<sub>o</sub>A·SH)

α-LİPOİK ASİT

BIOTİN (VİTAMİN H)

TETRAHİDROFOLAT (H<sub>4</sub>-FOLAT)

KOENZİM B12 (5'-DEOKSİADENOZİL KOBALAMİN)

# ENZİMLERİN SPESİFİKLİĞİ

**MUTLAK SPESİFİKLİK:** Bir enzimin, yalnızca **SPESİFİK BİR SUBSTRATIN** spesifik bir reaksiyonunu katalize etmesi özelliğidir.

**GRUP SPESİFİKLİĞİ:** Bir enzimin, **BENZER FONKSİYONEL GRUPLARI** içeren substratlarla reaksiyonlaşması özelliğidir.

**BAĞ SPESİFİKLİĞİ:** Bir enzimin **BELLİ BAĞ TIPLERİ** üzerine etkili olması özelliğidir. Proteinlerin peptid bağı, karbonhidratların glikozit, nükleik asitlerin fosfodiester bağı vb.

**STEREO SPESİFİKLİK:** Bir enzimin yalnızca belli **OPTİK İZOMERLERE** etkili olması özelliğidir. Örneğin glikozun D veya L izomerleri gibi.



# ENZİMLERİN ADLANDIRILMASI

Birçok enzim, substratlarının adına veya aktivitelerini tanımlayan bir kelime veya sözcük grubuna “az” soneki ekleyerek adlandırılır.

**SUBSTRATI TANIMLAYAN** isimlendirme: üreaz, amilaz, proteaz ve lipaz.

**TEPKİMEYİ TANIMLAYAN** adlandırmalardır: DNA polimeraz, Laktat dehidrogenaz ve Adenilat sayklaz.

**ENZİMİN KAYNAĞINI** belirten adlandırmalar: Pankreatik lipaz, mide salgısının proteolitik enzimi, mitokondriyel gliseraldehit trifosfat.

# ENZİMLERİN (IUBMB) ADLANDIRILMASI

Uluslararası biyokimya ve moleküler biyoloji birliği (IUBMB) enzim komitesinin önerdiği enzim klasifikasyon veya enzim komisyon numarası 'EC' "**KATALİZLENEN REAKSİYON TANIMLAR**" ve özel bir sayısal kod ile gösterilir.

EC numaraları 1 den 6 kadar sınıflandırılmıştır. Her enzim için özel sayısal kod 4 rakamdan oluşur ve her biri bir nokta ile ayrılır, numaranın önünde "EC" bulunur ("EC 2.6.1.2" gibi).

İlk numara enzimin ilintili olduğu sınıfı belirtir. Tüm enzimler katalizledikleri reaksiyon türü ile belirlenen altı sınıftan birine aittir. Sonraki iki rakam enzimin ilintili olduğu alt sınıfları ve alt-alt sınıfları gösterir. Son sayı her enzim için, enzimin alt-alt sınıfında verilen özgün bir seri numarasıdır.

# ENZİMLERİN (IUBMB) ADLANDIRILMASI

EC 1. OKSİDOREDÜKTAZLAR

EC 2. TRANSFERAZLAR

EC 3. HİDROLAZLAR

EC 4. LİYAZLAR

EC 5. İZOMERAZLAR

EC 6. LİGAZLAR

# ENZİMLERİN (IUBMB) ADLANDIRILMASI

EC 1. OKSİDOREDÜKTAZLAR: REDÜKSİYON-OKSİDASYON REAKSİYONLARINI KATALİZE EDERLER.

ÖRNEĞİN EC 1.1.1.1 ALKOL DEHİDROGENAZ, EC 1.1.1.27 LAKTAT DEHİDROGENAZ, EC 1.1.3.4 GLİKOZ OKSİDAZ VEYA EC 1.11.1.6 KATALAZ

EC 2. TRANSFERAZLAR: FONKSİYONEL GRUPLARIN VEYA ATOMLARIN BİR MOLEKÜLDEN DİĞERİNE TRANSFERİNİ KATALİZE EDERLER.

ÖRNEĞİN EC 2.2.1.1 TRANSKETOLAZ, EC 2.2.1.2 TRANSALDOLAZ, EC 2.6.1.1 ASPARTAT TRANSAMİNAZ, EC 2.6.1.2 ALANİN TRANSAMİNAZ, EC 2.7.1.1 HEKSOKİNAZ VEYA EC 2.7.3.2 KREATİN KİNAZ

# ENZİMLERİN (IUBMB) ADLANDIRILMASI

EC 3. HİDROLAZLAR: SU KATILMASI SURETİYLE BAĞLARIN PARÇALANDIĞI HİDROLİZ REAKSİYONLARINI KATALİZE EDERLER.

ÖRNEĞİN EC 3.1.1.3 TRİASİLGLİSEROL LİPAZ, EC 3.1.1.13 KOLESTEROL ESTERAZ, EC 3.1.1.34 LİPOPROTEİN LİPAZ, EC 3.1.3.1 ALKALİN FOSFATAZ, EC 3.2.1.1  $\alpha$ -AMİLAZ VEYA EC 3.4.21.4 TRİPSİN GİBİ.

EC 4. LİYAZLAR: OKSİDASYON VEYA HİDROLİZDEN BAŞKA YOLLARLA BAĞLARI YIKAR VEYA OLUŞTURURLAR. ÖRNEĞİN EC 4.1.1.1 PİRÜVAT DEKARBOKSİLAZ, EC 4.1.3.7 SİTRAT SENTAZ, EC 4.3.2.1 ARGİNİNOSÜKSİNAT LİYAZ, EC 4.6.1.1 ADENİLAT SAYKLAZ GİBİ

# ENZİMLERİN (IUBMB) ADLANDIRILMASI

EC 5. İZOMERAZLAR: BİR MOLEKÜL İÇİNDEKİ DEĞİŞİKLİKLERİ KATALİZE EDERLER.

ÖRNEĞİN EC 5.3.1.1 TRİOZFOSFATİZOMERAZ, EC 5.3.1.9 GLUKOZ-6-FOSFAT İZOMERAZ, EC 5.4.2.2 FOSFOGLUKOMUTAZ, EC 5.99.1.2 DNA TOPOİZOMERAZ GİBİ

EC 6. LİGAZLAR: ENERJİCE ZENGİN BİR BAĞIN HİDROLİZİ İLE İKİ MOLEKÜLÜN BİRBİRİNE BAĞLANMASINI KATALİZE EDERLER. ÖRNEĞİN EC 6.1.1.N (AMİNO ASİT)-tRNA LİGAZ, EC 6.3.4.5 ARGİNİNOSÜKSİNAT SENTAZ, VEYA EC 6.5.1.1 DNA LİGAZ

# İZOZİMLER

AYNI SUBSTRATA ETKİLİ OLAN FAKAT FARKLI DOKU/ORGAN/ORGANİZMA VEYA TİPTE BULUNAN ENZİMLERDİR. BU ENZİM FORMALARININ TÜMÜ AYNI REAKSİYONU KATALİZ EDERLER.

BUNLAR DEĞİŞİK SARTLARDA BİLE (pH, ISI, IŞIK) AYNI ETKİYİ GÖSTERİRLER. İZOENZİMLERİN PROTEİN YAPISI BİRBİRLERİNDEN KÜÇÜK FARKLAR GÖSTERİR.

DOKU SPESİFİK İZOENZİMLER, DOKU HASARININ YERİNİN BELİRLENMESİNDE TANISAL AMAÇLA KULLANILIR.



# MULTİ-ENZİM KOMPLEKSİ

SIRALI ŞEKİLDE BİRBİRİ ARDISIRA FAALİYET GÖSTEREN ENZİMLER TOPLULUGU MULTİ-ENZİM KOMPLEKSİ ADINI ALIR. BU SİSTEMDE 1. ENZİMİN ÜRÜNÜ 2. ENZİM İÇİN SUBSTRAT, 2. ENZİMİN ÜRÜNÜ 3. ENZİM İÇİN SUBSTRAT OLUR VE REAKSİYONLAR BU ŞEKİLDE BİRBİRLERİNİ TAMAMLAR.

BİRÇOK ENZİM HÜCRE İÇERİSİNDEKİ SPESİFİK ORGANELLERDE LOKALİZEDİR. BU LOKALİZASYON ŞEKLİ BİR REAKSİYONUN SUBSTRAT VEYA ÜRÜNÜNÜN DİĞER REAKSİYONLARDAN AYIRD EDİLMESİNİ SAĞLAR, REAKSİYON İÇİN UYGUN ORTAMI SAĞLAR VE HÜCREDEKİ BİNLERCE ENZİM DEĞİŞİK AMAÇLARA UYGUN BİR ŞEKİLDE ORGANİZE EDİLMİŞ OLUR.



# BAZI ENZİM AKTİVİTE BİRİMLERİ

1 ÜNİTE ENZİM AKTİVİTESİ, OPTİMAL KOŞULLARDA, 1 DAKİKADA **1  $\mu$ MOL SUBSTRATI** DEĞİŞTİREN ENZİM ETKİNLİĞİNİ İFADE EDER Kİ BU DA 1 SANİYEDE 16.67 NMOL SUBSTRATIN ÜRÜNE DÖNÜŞTÜRÜLMESİNE KARŞILIKTIR.

1 KATAL ENZİM AKTİVİTESİ, OPTİMAL KOŞULLARDA, 1 SANİYEDE **1 MOL SUBSTRATI** DEĞİŞTİREN ENZİM ETKİNLİĞİNİ İFADE EDER.

**SPEŞİFİK AKTİVİTE: 1 MİLİGRAM ENZİM PROTEİNİ** BAŞINA DÜŞEN ENZİM ÜNİTESİ (IU/KATAL) SAYISIDIR.

# REAKSİYONUN “HIZINI” ETKİLEYEN FAKTÖRLER

## 1- ENZİM KONSANTRASYONU

Substratın çok bol olduğu bir ortamda optimal şartlarda enzimatik bir reaksiyonun ölçülen ilk hızı ( $V_0$ ), enzim konsantrasyonu  $[E]$  ile doğru orantılıdır.

Enzim reaksiyonunun hızı enzimin substrata doygun olduğu koşullarda enzim konsantrasyonuna bağlı olarak doğrusal olarak artmaktadır.

Ortamda ne kadar çok enzim molekülü varsa, yeterli substrat olduğu sürece reaksiyon da hızla sürecektir.

# REAKSİYONUN HIZINI ETKİLEYEN FAKTÖRLER

## 2- SUBSTRAT KONSANTRASYONU:

Enzim konsantrasyonu ve diğer bütün şartların sabit olduğu bir ortamda reaksiyon hızı ( $V_0$ ), substrat konsantrasyonunun artırılmasıyla başlangıçta doğrusal bir artış gösterir; ancak substrat ilave edildikçe hız giderek daha az artar ve belirli bir maksimum hız ( $V_{MAKS}$ ) düzeyinde sabit kalır.

Aşırı miktarda ortamda var olan substratın enzimi inhibe eder. Ortamda çok fazla miktarlarda substrat bulunması, substrat moleküllerinin enzime bağlanmasını zorlaştırır. Buna “**AŞIRI SUBSTRAT İNHİBİSYONU**” denir.

# REAKSİYONUN HIZINI ETKİLEYEN FAKTÖRLER

## 3- pH:

Her enzimin maksimum “aktivite” gösterdiği bir pH değeri vardır. Bu pH değerine enzimin optimal pH değeri denir.

Belirli bir pH da enzim tamamen etkisiz kalır ve çoğu kez denatüre olur.

Enzimlerin çoğunun optimum pH'sı 4-11 arasında olmakla beraber, istisnalar da mevcuttur.

# REAKSİYONUN HIZINI ETKİLEYEN FAKTÖRLER

## 4- SICAKLIK:

Sıcaklık artışıyla enzimatik reaksiyonun hızındaki artış, sıcaklık belli bir değere yükselinceye kadar devam eder; daha yüksek sıcaklıklarda enzim denatüre olarak aktivitesini kaybeder ve reaksiyon hızı azalır.

Enzimatik reaksiyonun hızının maksimum olduğu sıcaklık derecesine “optimal sıcaklık” denir.

# REAKSİYONUN HIZINI ETKİLEYEN FAKTÖRLER

Sıcaklığın başlangıçta her  $10^{\circ}\text{C}$  artışı enzim aktivitesinin %100 artmasına neden olur.

Her  $10^{\circ}\text{C}$ 'lik sıcaklık artışı için reaksiyon hızında meydana gelen artışa "o reaksiyonun SICAKLIK katsayısı" denir ve  $Q_{10}$  ile gösterilir.

Hayvansal enzimlerin çoğunun optimum sıcaklığı  $40-50^{\circ}\text{C}$  arasındadır.

Bitkisel kaynaklı enzimler daha yüksek sıcaklığa dayanıklıdır, optimum sıcaklıkları  $50-60^{\circ}\text{C}$  arasındadır.

# REAKSİYONUN HIZINI ETKİLEYEN FAKTÖRLER

## 5- SÜRE (ZAMAN):

Bir enzim tarafından katalizlenen bir reaksiyonun hızı, zamanla azalır. Bunun çeşitli nedenleri vardır. Reaksiyon ürünlerinin kendi aralarında birleşerek aksi yönde bir reaksiyon meydana getirmeleri, enzimin zamanla inaktif olması, reaksiyonu önleyen maddelerin oluşması ve substratın tükenmesi bunlara örnektir.

Bu faktörlerin etkilerinin ortadan kaldırılması için enzim çalışmaları çoğunlukla substratın yaklaşık %10'unun sarf edildiği reaksiyonun başlangıç aşamasında gerçekleştirilir.

# REAKSİYONUN HIZINI ETKİLEYEN FAKTÖRLER

## 6- IŞIK VE DİĞER FİZİKSEL FAKTÖRLER

Işık, enzimlerin aktivitesini artırır veya azaltır. Örneğin kırmızı ve mavi ışık tükürük amilazinin etkisini artırır. UV ışık ise ters etki gösterir.

## 7- İYONLAR VE KONSANTRASYONU

Metal iyonlarının enzimatik katalizde oynadıkları rol, beş mekanizma ile özetlenebilir.

a) Metalloenzimlerdeki metal iyonları, katalize doğrudan katılırlar.



# REAKSİYONUN HIZINI ETKİLEYEN FAKTÖRLER

b) Bir metal iyonu, enzimde biçimsel bir değişiklik yapar; aktif olan tertier veya kuaterner yapıyı sürdürmede rol oynar.

c) Bir enzim için esas “metal-substrat kompleksi” (MS) olabilir; enzim ancak MS kompleksine bağlanabilir.

d) Bir enzim, metal ile enzim-metal kompleksi (EM) oluşturduktan sonra substrata bağlanabilir ve EMS kompleksi üzerinden ürün oluşur.

e) Bir metal ürün ile kompleks yapar ve ürünün tekrar substrata dönüşümünü engelleyerek reaksiyonu hızlandırabilir.

# REAKSİYONUN HIZINI ETKİLEYEN FAKTÖRLER

## 8- HORMONLAR & DİĞER BİYOKİMYASAL FAKTÖRLER

Hormonlar, amino asitler ve diğer bazı maddeler enzimin durumunu etkileyerek reaksiyon hızını değiştirebilirler.

Glutamat dehidrogenaz enzimi gevşek olarak bağlanmış 4 alt üniteden oluşur. Bunlar ayrışarak enzimin aktivitesinin kaybolmasına neden olabilirler. Enzim yapısındaki bu değişme çeşitli östrojenik, androgenik ve diğer bazı steroid hormonları tarafından meydana getirilebilir. Bu durum esansiyel amino asitle, ADP, L-lösin, L-metionin ve L-izolösin tarafından geri çevrilebilir.

# REAKSİYONUN HIZINI ETKİLEYEN FAKTÖRLER

## 9- REAKSİYON ÜRÜNLERİ:

Reaksiyon ürünleri oluştuğunda enzimatik reaksiyonun hızı azalır. Bu tür enzimatik reaksiyonlar reversibildir; reaksiyon ürünleri kendi aralarında birleşerek aksi yönde bir reaksiyon meydana getirirler.

Reaksiyon ürünlerinden bir kısmı substrat ile yapısal benzerlik gösterir ve enzimle birleşerek onun aktivitesini azaltabilir.

# ENZİM AKTİVİTESİNİN DÜZENLENMESİ

Düzenleme ALLOSTERİK ETKİ ve GERİ DÖNÜŞÜMLÜ (reversibil) modifikasyon vasıtasıyla gerçekleştirilir.

Diğer bir düzenleme ise enzimi aktivitesinin tamamen ortadan kaldırılması veya yıkımı olup “GERİ DÖNÜŞÜMSÜZ” (“irreversibil”) bir düzenlemedir.

Bu etkiler yardımı ile gereğine göre enzimin aktivitesi artar/azalır veya tamamen ortadan kaldırılabilir.

# ENZİM AKTİVİTESİNİN DÜZENLENMESİ

Bazı enzimlerin aktiviteleri, kendilerine bağlanan ve aktivitelerini etkileyen ayrı kontrol proteinleri vasıtasıyla düzenlenir; gereğine göre enzimin aktivitesi artar veya azalır.

Zimogenler diğer reversibil mekanizmalara benzemeyen proteolitik yıkılım vasıtasıyla aktive edilirler.

Enzim sentezinin indüksiyonu veya represyonu da metabolik sürecin hızının düzenlenmesinde önemli faktördür.

# ALLOSTERİK DÜZENLENME

Allosterik enzimler aktif veya inaktif olarak bulunurlar. Bu tür enzimler allosterik alanlara sahip olup bu alanlara “substrat dışı” moleküller bağlanır.

Allosterik aktivatörler enzimlere bağlandığında aktif, allosterik inhibitörler bağlandığında enzimler inaktif olurlar.

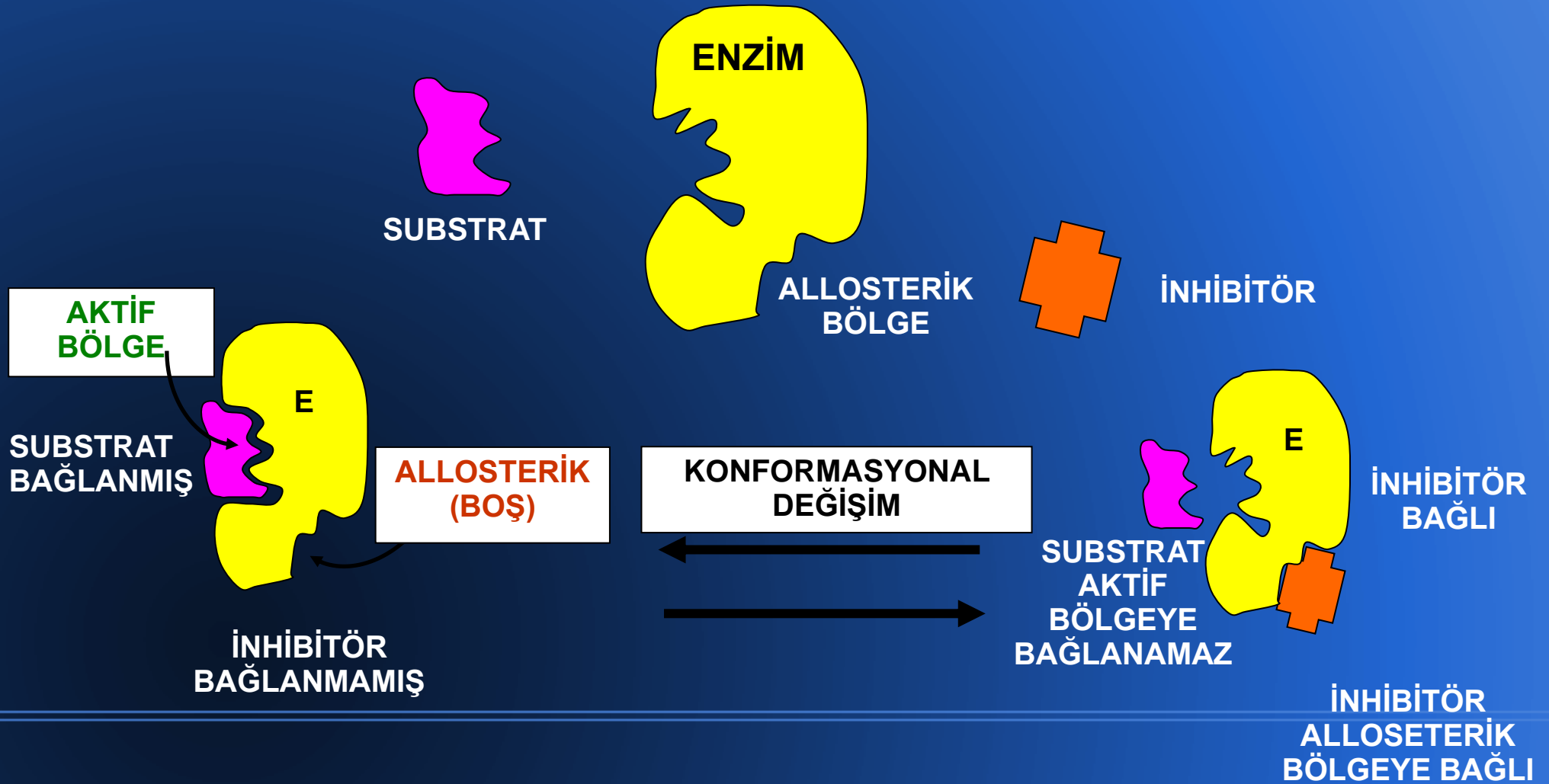
Bazı multienzim sistemlerinde düzenleyici enzim, son ürün gerektiğinden aşırı fazla olduğunda yolun son ürünü tarafından spesifik olarak inhibe edilir. Enzim aktivitesinin bu tür düzenlenmesi, “allosterik geribeslemeli” inhibisyon olarak adlandırılır.

# ALLOSTERİK ETKİ

Allosterik yere bağlanan madde enzimin etkili bölgesinde biçimsel bir değişiklik meydana getirebilir. Bunun sonucu olarak enzim proteininin şeklinin değişmesi nedeniyle enzimin substratla birleşmesi, substratın yapısına ve konsantrasyonuna bağlı olarak inhibisyona sebep olabileceği gibi aktivasyona da sebep olabilir. Bu etkiye allosterik etki denir.

Eğer inhibisyon oluşuyorsa bu inhibisyon şekline allosterik inhibisyon veya son ürün inhibisyonu, son ürün tarafından inhibe edilen enzime de allosterik enzim denir.

# ALLOSTERİK DÜZENLENME





# GERİ DÖNÜŞÜMLÜ KOVALENT MODİFİKASYONLARLA DÜZENLEME

BAZI ÇOKLU ENZİM SİSTEMLERİNDE DÜZENLEYİCİ  
ENZİMİN AKTİVİTESİ,

FOSFAT (P),

ADENOZİN MONOFOSFAT (AMP),

URİDİN MONOFOSFAT (UMP),

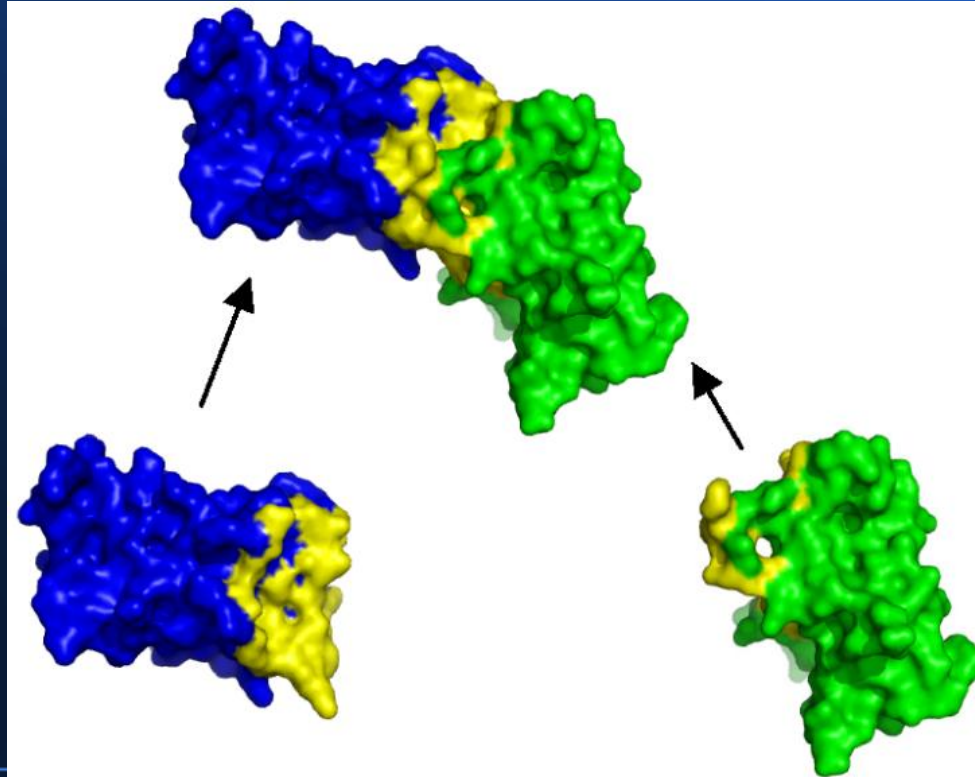
ADENOZİN DİFOSFAT RİBOZ (ADP-RİBOZ),

METİL ( $-CH_3$ ) GRUPLARI

GİBİ KOVALENT MODİFİYE EDİCİ GRUPLARIN GERİ  
DÖNÜŞÜMLÜ OLARAK BAĞLANMASI-AYRILMASI  
SURETİYLE DÜZENLENİR

# PROTEİN-PROTEİN ETKİLEŞİMİYLE ENZİM AKTİVİTESİNİN DÜZENLENMESİ

BAZI ENZİMLERİN AKTİVİTELERİ, AYRI KONTROL PROTEİNLERİ VASITASIYLA DÜZENLENİR VE BÖYLECE HÜCREDE FARKLI YANITLAR ORTAYA ÇIKAR.



# PROTEOLİTİK YIKILIM VASITASIYLA ENZİM AKTİVİTESİNİN DÜZENLENMESİ

BAZI ENZİMLER ZİMOGEN OLARAK ADLANDIRILAN İNAKTİF ÖNCÜL MADDELER HALİNDE SENTEZ EDİLİRLER.

ZİMOGEN, PROTEOLİTİK YIKILIM SONUNDA AKTİF FORMA DÖNÜŞÜR. SPESİFİK YIKILIM, ENZİMİN AKTİF YERİNDE KONFORMASYONEL DEĞİŞİKLİKLERE NEDEN OLUR.

MİDE VE PANKREASIN BİRÇOK ENZİMİ İNAKTİF PREKÜRSÖRLERİNİN PROTEOLİTİK YIKILIMI SONUNDA AKTİF FORMA DÖNÜŞÜRLER.

# ENZİM KİNETİĞİ

Enzim kinetikleri, deneysel parametrelerdeki değişmelerle enzimatik reaksiyonların hızları arasındaki ilişkileri ifade eder.

Bir enzimatik reaksiyonun hızı ( $V$ ), enzim etkisiyle zaman birimi başına (1 dakikada veya 1 saniyede) oluşan ürünün veya ürüne dönüşen substratın miktarının  $[S]$   $\mu\text{mol}$  veya  $\text{mmol}$  cinsine göre ifade edilir.

Optimal pH,  $25^\circ\text{C}$  sıcaklık ve doyurucu  $[S]$  enzim molekülü tarafından birim zamanda ürüne dönüştürülen substrat molekülü sayısına, enzime ait dönüştürme sayısı (“turnover”) denir ve kısaca  $K_{\text{cat}}$  sembolü ile gösterilir.

# ENZİM AKTİVİTESİ

**BİR ENZİMİN AKTİVİTESİ (ENZİM ETKİNLİĞİ) , O ENZİM TARAFINDAN BİRİM ZAMANDA BE OPTİMUM KOŞULLARDA ÜRÜNE DÖNÜŞTÜRÜLEN SUBSTRAT MİKTARINU İFADE EDER.**

**ETKİNLİĞİ VEYA AKTİVİTESİ FAZLA OLAN BİR ENZİM, BELİRLİ BİR SÜREDE DAHA FAZLA SUBSTRAT MOLEKÜLÜNÜ ÜRÜN HALİNE DÖNÜŞTÜRÜR.**

# MICHAELIS-MENTEN DENKLEMİ

ENZİMATİK BİR REAKSİYON İÇİN  $V_0$ ,  $V_{MAKS}$ ,  $K_M$  VE  $[S]$  ARASINDAKİ İLİŞKİ, “MICHAELIS-MENTEN DENKLEMİ” DENEN EŞİTLİKLE İFADE EDİLİR.

MICHAELIS-MENTEN DENKLEMİ, ENZİMATİK BİR REAKSİYON İÇİN BAŞLANGIÇ HIZINI ( $V_0$ ) SUBSTRAT KONSANTRASYONUNUN ( $[S]$ ) BİR FONKSİYONU KABUL EDEREK ÇİZİLEN HİPERBOLİK EĞRİNİN MATEMATİKSEL İFADESİDİR.

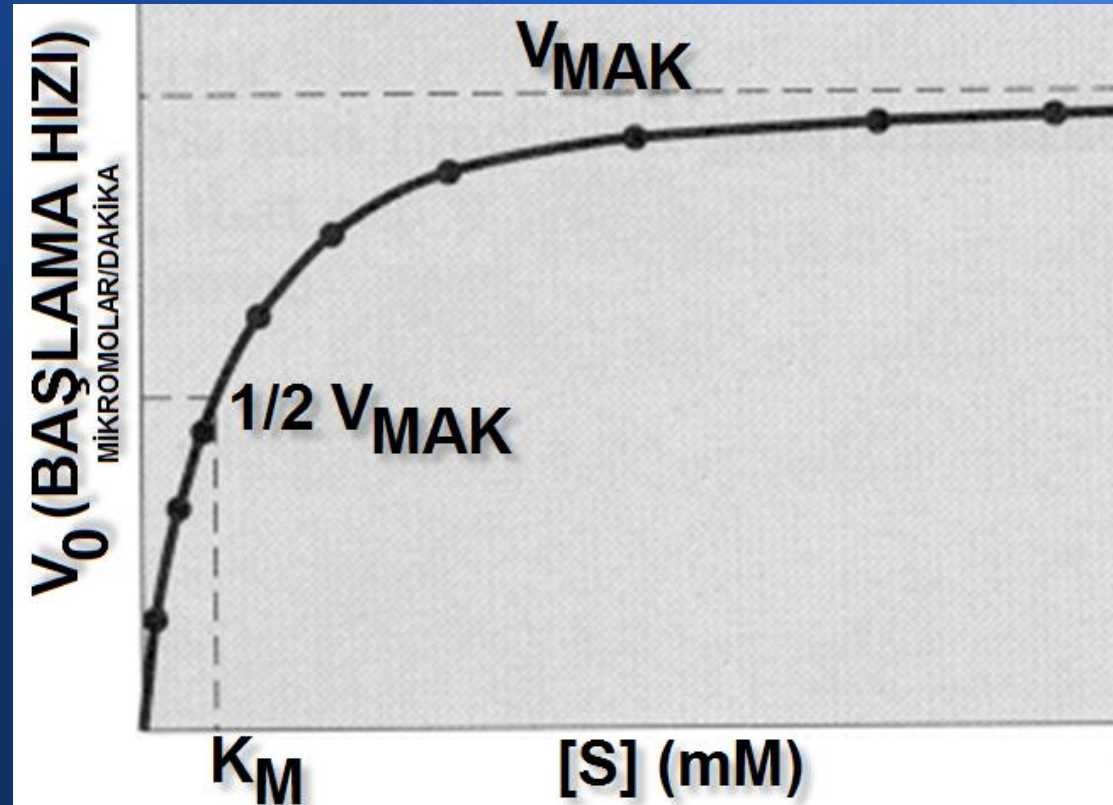
“MM DENKLEMİ REAKSİYONUN HIZINI SUBSTRAT KONSANTRASYONU CİNSİNDEN İFADE EDER”

# MICHAELIS-MENTEN DENKLEMİ

$$V_0 = \frac{V_{\text{MAKS}}[S]}{K_M + [S]}$$

$V_{\text{MAKS}}$ 'İN YARISINA DENK GELECEK ÖLÇÜMLER YAPILIR.

REAKSİYON HIZININ  $1/2 V_{\text{MAKS}}$  ULAŞTIĞI ZAMAN SUBSTRAT DEĞERİ  $K_M$  İLE GÖSTERİLİR.





# MICHAELIS-MENTEN SABİTİ ( $K_M$ )

Bir enzimatik reaksiyonda enzim moleküllerinin yarısının substrata doydugu ve böylece yarı maksimal hızın gözleendiği noktadaki “substrat konsantrasyonuna” “MICHAELIS-MENTEN sabiti” olup  $K_M$  ile gösterilir.

$K_M$  değeri küçük olan enzim, substratı için yüksek bir afinite (bağlanma eğilimi) gösterir; enzim düşük bir substrat konsantrasyonunda doyararak maksimal hız sağlar.

$K_M$  değeri  $10^{-3}$  mM ve daha düşük olan enzimler yüksek afiniteli enzimlerdir.

$K_M$  değeri büyük olan enzim, doygunluğa ulaşması için daha fazla substrat konsantrasyonu gerekmektedir.



# MICHAELIS-MENTEN SABİTİ ( $K_M$ )

Enzimlerin  $K_M$  değerleri çok değişiktir. Bir enzimin  $K_M$  değeri özel substrat(larına) bağlı olabildiği gibi, sıcaklık, pH, iyonlar vb gibi faktörlerde önemlidir.

$K_M$  enzimin bir karakteristiğidir ancak birden fazla enzim aynı  $K_M$ 'ye sahip olabilir.

$K_M$  bize substrat için enzim afinitesi hakkında fikir verir.

“Bir enzim düşük  $K_M$ 'e sahip ise substrat için yüksek afiniteye sahiptir”

# MICHAELIS-MENTEN SABİTİ ( $K_M$ )

Metabolizmada düşük  $K_m$ 'ye sahip enzimler büyük önem taşır.

“Düşük  $K_M$  değerleri  $10^{-6}$  M olarak verilir”

Yüksek  $K_M$ 'ye sahip enzimler metabolizma için az önemlidir.

“Yüksek  $K_M$  değerleri  $10^{-2}$  veya  $10^{-1}$  M olarak verilir”

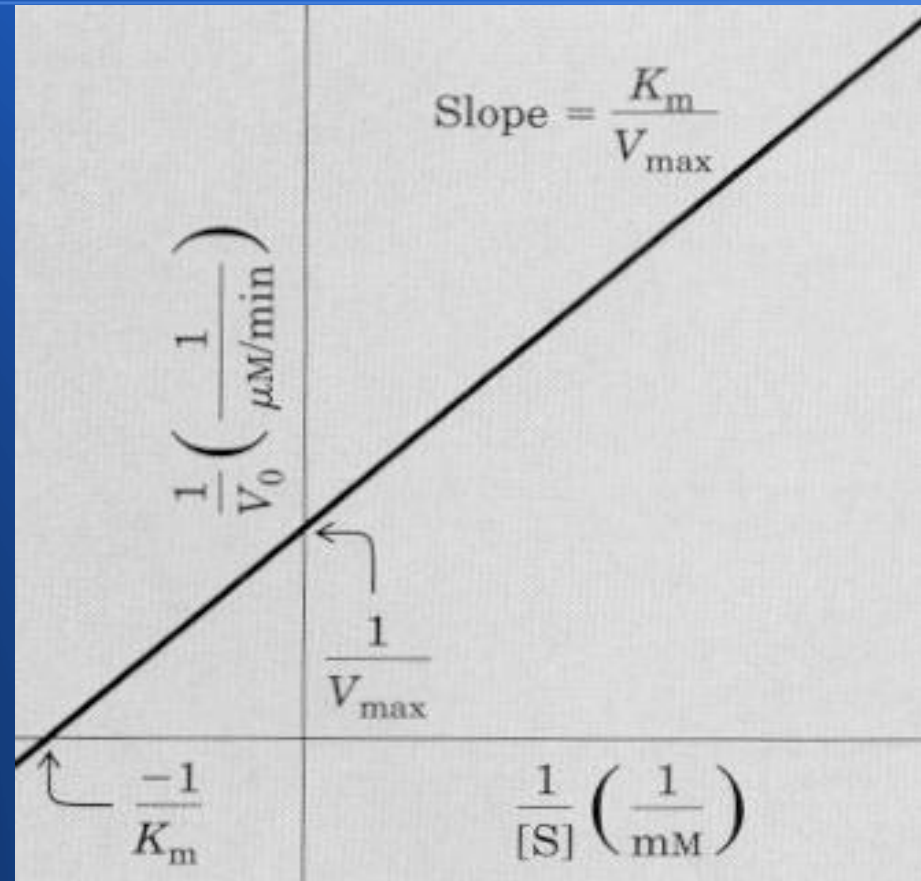
Enzim üzerine bir inhibitör etki ediyorsa  $K_M$  etki tarzı hakkında bilgi verir.

# LINEWEAVER-BURK DENKLEMİ

MICHAELIS-MENTEN DENKLEMİ BİR HİPERBOLİK EĞRİNİN DENKLEMİ OLUP EĞRİNİN KARAKTERİSTİK NOKTALARINI BELİRLEMEK ZORDUR.

MICHAELIS-MENTEN DENKLEMİNİ TERSİNE ÇEVİRİP ÇARPANLARINA AYIRMAKLA ELDE EDİLEN "LINEWEAVER-BURK" DENKLEMİDİR.

DEĞİŞEN SUBSTRAT KONSANTRASYONU ARACILIĞI İLE MAKSİMAL HIZ VE  $K_M$  TAYİN EDİLEBİLİR.



# ENZİMATİK SÜRECİN İNDÜKLENMESİ VEYA BASKILANMASI

Enzimatik süreçlerin hızı, düzenleyici enzim sentezinin indüksiyonu veya represyonu ile de ayarlanabilmektedir.

Bir enzimin etkisini artıran maddelere o enzimin aktivatörleri veya akselatörleri denir (indüksiyonu).

Bu aktivatör veya akselatörler çok defa inorganik iyonlar ve bazen de organik gruplardır.

Enzim inhibisyonu, enzimatik bir tepkimenin hızının enzim inhibitörü adı verilen bazı maddeler tarafından azaltılması veya tamamen durdurulmasıdır.

# İNHİBİSYON

İnhibitörler bir enzimin etkisini azaltan maddelerdir. Enzim ürünlerinden başka enzimleri “durduran” birçok madde vardır.

Enzim inhibitörleri ile enzim inhibisyonu geriye dönüşümlü (“REVERSIBLE”) veya geriye dönüşümsüz (“IRREVERSIBLE”) olabilir.

**GERİYE DÖNÜŞEBİLİR** enzim inhibisyonları: **YARIŞMACI** (kompetitif), **YARIŞMA DIŞI** (nonkompetitif) ve **YARIŞMACI OLMAYAN** (unkompetitif) olarak üç şekilde incelenmektedir.

# İNHİBİTÖRLER

Enzimsel reaksiyonların hızını azaltan veya tamamen durduran kimyasallar maddeler inhibitörlerdir. Genellikle spesifik ve düşük konsantrasyonda etkilidirler. Enzimleri bloke ederler ve genellikle enzimleri parçalamazlar.

Bazı ilaçlar geri dönüşümlü inhibitörlere ve bazı zehirler ise geri dönüşümsüz inhibitörlere örnektir.

Geriye dönüşümsüz inhibisyonda inhibitör enzimin aktif bölgesine amino asitlerin fonksiyonel gruplarına KOVALENT BAĞLARLA bağlanırlar. Sinir gazları, pestisitler spesifik örneklerdir.

# YARIŞMACI (“COMPETITIVE”) İNHİBİSYON

İnhibitörün yapısı substrata benzer ve enzimin aktif merkezi için inhibitör ve substrat birbirleriyle yarışır. Aşırı substrat ve aşırı ürün inhibisyonu bir tür kompetitif inhibisyonudur.

Kompetitif inhibisyon MICHAELIS-MENTEN denklemi ile kantitatif olarak tayin edilebilir.

Kompetitif inhibisyonda enzimin inhibitör ile bağlanması reversibildir, substrat konsantrasyonunun artması ile bu ilişki kopabilir.

# YARIŞMACI (“COMPETITIVE”) İNHİBASYON

Kompetitif enzim inhibisyonunda, *inhibitör*, enzimin aktif yeri için substrat ile yarışır.

Enzimin aktif yerine inhibitör bağlanınca reaksiyon gerçekleşmez; inhibitör aktif yeri işgal ederken substratın enzime bağlanmasını önler.

Kompetitif enzim inhibisyonunda inhibitör madde, enzimin substratına olan ilgisini azaltır;  $K_M$  değeri büyür, reaksiyon az çok normal bir  $V_{MAKS}$  değeri gösterir.



# YARIŞMA DIŞI (“NONCOMPETITIVE”) İNHİBİSYON

İnhibitörün yapısı substrata benzemez. İnhibitör, enzim üzerinde substratın bağlandığı aktif yerden ayrı bir yere geriye dönüşümlü olarak bağlanır.

Enzime yarışma dışı inhibitörün (I) bağlanması substrat bağlanmasını bloke etmez, ancak “ESI” kompleksi ürün vermek üzere “ES” kompleksinden daha yavaş parçalandığı için tepkimenin hızı yavaşlamaktadır.

Bu tür inhibisyon ile tepkimenin  $V_{MAKS}$  değeri azaldığı halde  $K_M$  değeri değişmez.

# YARIŞMACI OLMAYAN ("UNCOMPETITIVE") İNHİBİSYON

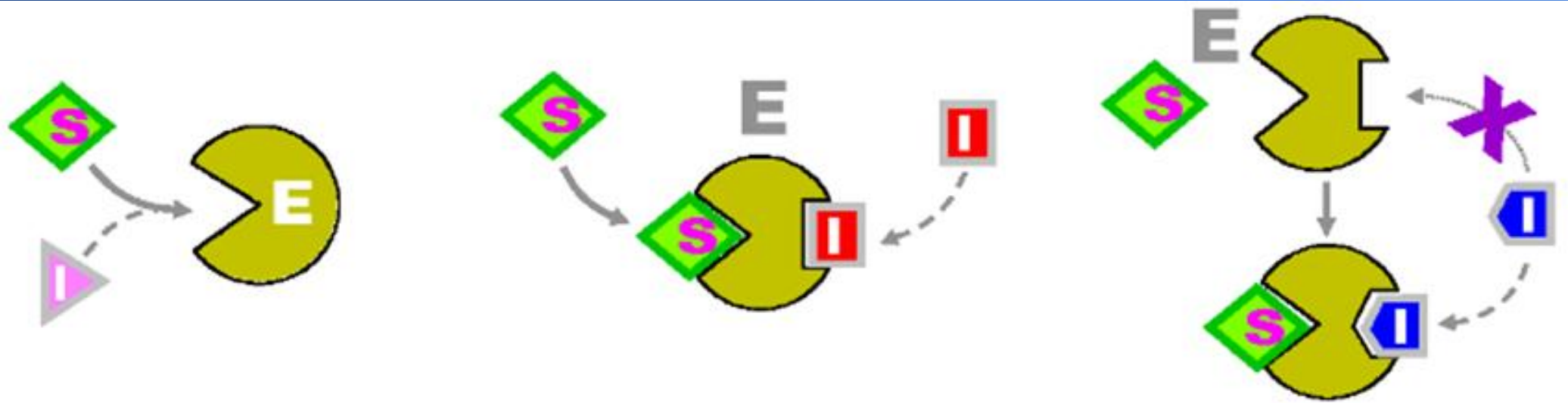
İnhibitör serbest enzime değil enzim-substrat (ES) kompleksine bağlanır.

İnhibitör yalnızca ES kompleksi oluşuktan sonra enzimin substratın bağlı olduğu aktif yerden başka bir yerine geri dönüşümlü olarak bağlanarak enzimi inaktif hale getirir.

Yarışmacı olmayan inhibisyonda hem  $V_{MAKS}$  hem de  $K_M$  değişmektedir.

Yarışmacı olmayan inhibisyon sonucu  $V_{MAKS}$  degeri ve  $K_M$  değeri küçölür.

# GERİ DÖNÜŞÜMLÜ İNHİBİSYON



**YARIŞMACI**

**YARIŞMA DIŞI**

**YARIŞMACI  
OLMAYAN**

$V_{MAKS}$ : DEĞİŞMEZ  
 $K_M$ : ARTAR

$V_{MAKS}$ : AZALIR  
 $K_M$ : DEĞİŞMEZ

$V_{MAKS}$ : AZALIR  
 $K_M$ : AZALIR

# GERİ DÖNÜŞÜMSÜZ İNHİBİSYON

Enzim üzerinde bulunan ve aktivite için esas olan bir fonksiyonel grubun yıkılması veya onunla geriye dönüşümsüz olarak inhibitörün birleşmesi sonucu enzim fonksiyonunun yok olması durumudur.

Bu tür (irreversibil) inhibisyonda inhibitör, enzim molekülünün katalitik aktivitesi için gerekli fonksiyonel grubuna bağlanır ve fonksiyonel grubu bozar.

Enzim inhibitör ile genellikle kovalent bağ ile birleşmiştir ve bağlar kolaylıkla kırılmaz. Enzim-inhibitör kompleksi kalıcı olarak inaktiftir ve enzim zehirlenmiştir.

# GERİ DÖNÜŞÜMSÜZ İNHİBİSYON

Geri dönüşümü olmayan inhibisyon çoğu kez enzimin normal kinetik reaksiyonuna göre daha yavaş olarak başlar. İnhibisyon başlangıçta tam değildir. Ancak zamanla devamlı olarak artar. Çünkü enzimin kimyasal modifikasyona uğrayan kısımları devamlı olarak artmaktadır.

<b>İNHİBİTÖR</b>	<b>OLUŞAN KOVALENT BAĞ</b>
<b>SİYANÜR</b>	<b>Fe, Cu, Zn VE DİĞER METALLER</b>
<b>İYODOASETAT</b>	<b>SÜLFİHİDRİL, İMİDAZOL, KARBOKSİL</b>
<b>Dİ-İZOPROPİLFLOROFOSFAT</b>	<b>SERİN HİDROKSİL</b>
<b>MERKURİBENZOAT</b>	<b>SÜLFİHİDRİL</b>

# LİPİTLER

Lipit, canlıların yapısında bulunan temel organik bileşiklerden biridir. Temel olarak karbon, hidrojen ve oksijenden oluşurlar. Yapılarında fosfor ve azot elementleri de bulunabilir.

Nükleik asitler, polisakkaritler ve proteinler gibi monomerlerden oluşmaz. Lipitler, organizmanın başlıca besin kaynağını oluştururlar, enerji verme ve depolanma yönünden karbohidratlardan daha üstün özelliklere sahiptirler.

İçerdikleri karbon miktarı oksijen miktarına göre daha fazla olduğundan, karbohidrat ve proteinlere göre daha çok enerji verir.

# LİPİTLERİN SINIFLANDIRILMASI

Lipitlerin canlı vücudunda çeşitli görevleri vardır. Lipit çeşitlerinden olan fosfolipitler, hücredeki membranların önemli bir bileşenini oluşturur.

Lipitler glikozla birleşerek glikolipitleri, proteinlerle birleşerek lipoproteinleri oluşturur.

Lipit metabolizmasında çok miktarda su çıkar.

Kış uykusuna yatan, uzun yolları kullanan hayvanların vücudunda depo ettikleri yağın yakılması sonucu enerji sağlanırken, açığa çıkan metabolik su da ihtiyaç duyulduğunda kullanılır.

# LİPİTLER

Lipitler hiçbir zaman tek ve saf maddeden oluşmuş biyolojik moleküller değildir.

Birbirine kimyasal olarak yakın maddeler karışımıdır.

Bitkisel lipitlerin bileşiminde gliseritlerden başka fosfogliseritler, yağ alkolleri ve türevleri, pigmentler, yağda çözünen A, D, E, K vitaminler, doğal antioksidanlar, steroidler, terpenler, tat ve aroma maddeleri bulunur.



# LİPİTLERİN SINIFLANMASI

- 1- Basit Lipitler
- 2- Bileşik Lipitler
- 3- Türev Lipitler olarak sınıflandırılır.

**BASİT LİPİTLER [TRİASİLGLİSERİTLER (GLİSEROL & YAĞ ASİTLERİ), MUMLAR]**

**BİLEŞİK LİPİTLER (FOSFOLİPİTLER, GLİKOLİPİTLER, LİPOPROTEİNLER, SFİNGOLİPİTLER)**

**TÜREV LİPİTLER: TERPENLER, STEROİTLER, PİGMENTLER, SAFRA ASİTLERİ**

# BASİT LİPİTLER

Yalnızca C, H, O'dan meydana gelmiş olup, yağ asitlerinin çeşitli alkollerle oluşturdukları esterlerdir. “Trigliseritler (Yağlar) ve mumlar” bu sınıfta yer alırlar.

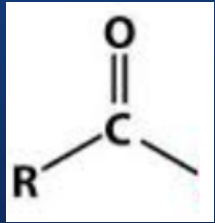
**Trigliseritler (veya triasilgliseroller):** Bitkisel ve hayvansal hücrelerin başlıca depo lipitleridir. Serbest olarak asidik veya bazik gruplar içermediği için bunlara nötral yağlar da denir.

**Triasilgliserol (TAG):** Gliserol ve yağ asitlerinin dehidrasyon tepkimeleriyle bir araya gelmesiyle oluşur.

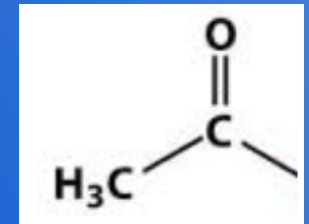
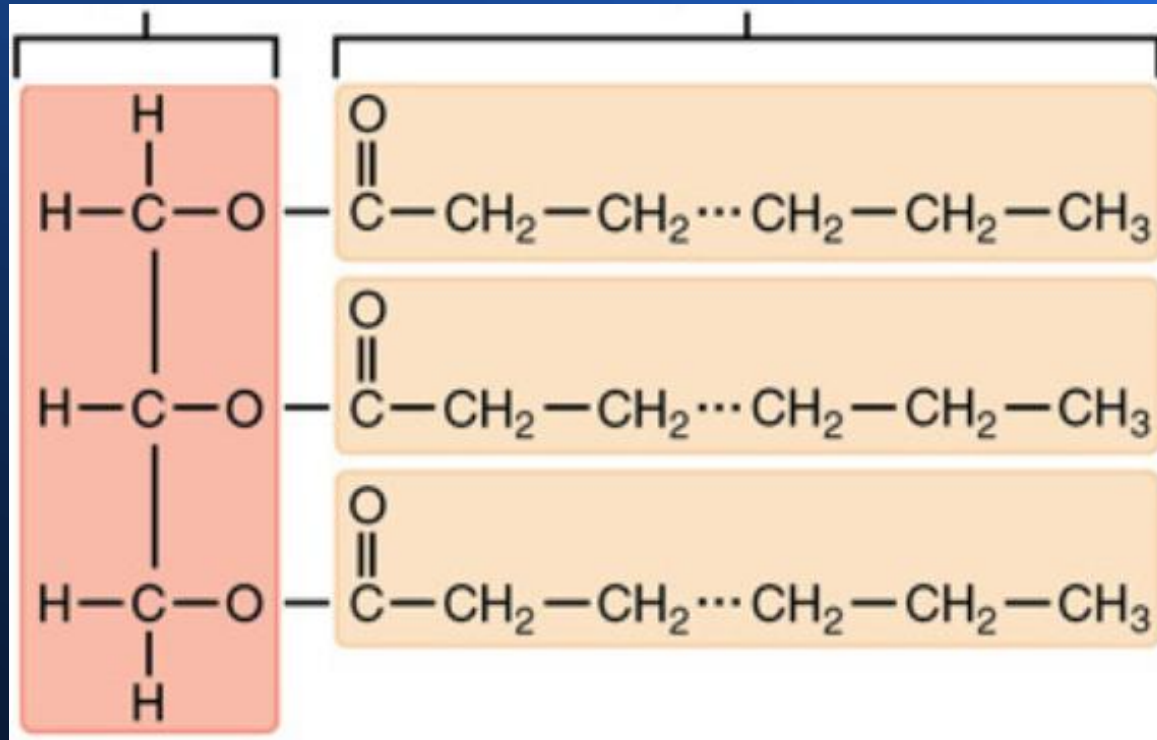
# TRİASİLGLİSEROL

GLİSEROL

YAĞ ASİTİ

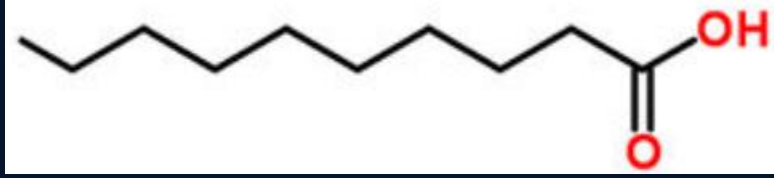


ASİL



ASETİL

Gliserol üç karbonlu bir alkol olup, suda çözünür, organik çözücülerin büyük kısmında çözünmez. Nem çekici, renksiz, kıvamlı bir sıvıdır. Donma sıcaklığı oldukça düşüktür.



# YAĞ ASİTLERİ

Yağ asitleri bir metil uç ile bir karboksil grubu arasında karbon zinciri içeren organik asitlerdir. Molekülün yağ asidi olarak adlandırılması, içerdiği bu fonksiyonel gruptan kaynaklanır. Karboksil grubuna bağlı bir hidrokarbon zinciri vardır.

Bu tanıma göre asetik asit ( $\text{CH}_3\text{-COOH}$ ) ilk yağ asididir. Fakat yağların yapısında bulunmaz. Bu nedenle tereyağında bulunan bütirik asit ( $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-COOH}$ ) ilk yağ asidi kabul edilir.

Yağ asitlerinin hidrokarbon zincirlerindeki polar olmayan C–H bağları yağların hidrofobik olmalarının nedenidir.

# YAĞ ASİTLERİNİN SINIFLANDIRMASI

- 1) Çift bağ içerip içermemesi,
- 2) Çift bağ sayısı,
- 3) Çift bağların cis (bağlı olan grupların aynı yönde olması) ve trans (çift bağlı olan grupların ters yönde olması)
- 4) Zincir uzunluğu,
- 5) Zincire bağlı fonksiyonel grupların bulunup bulunmaması,
- 6) Çift bağın konjuge (yağ asidi zincirinde bir atlayarak çift bağ bulunması) olup olmaması,
- 7) Trigliseridin özelliklerine,
- 8) İnsanda sentezlenip sentezlenmemelerine göre gruplandırılmaktadır.

# YAĞ ASİTLERİ

Bitkisel yağlar genellikle doymamış (satüre olmamış) yağ asitlerinden oluşur ve bir ya da birkaç çeşit doymamış yağ asidinden yapılmışlardır.

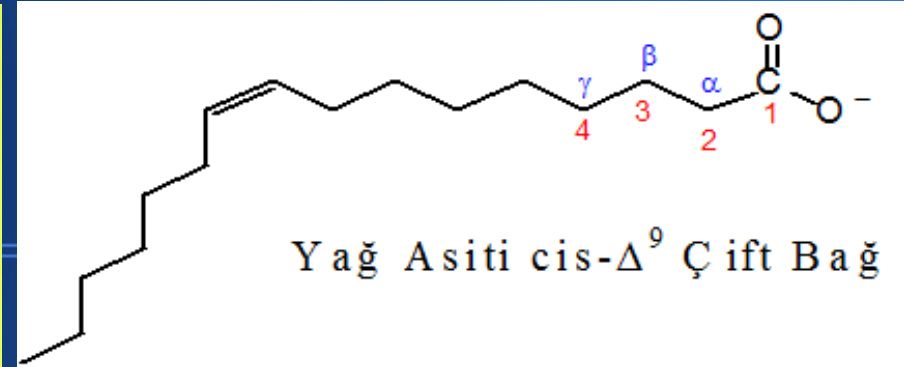
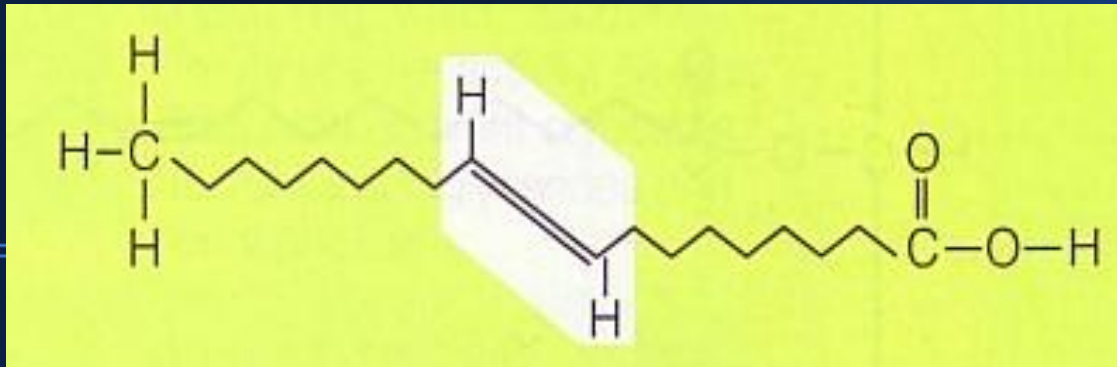
Doymamış yağlar oda sıcaklığında genellikle sıvı haldedir. Çift bağların yer aldığı dirsek bölgeleri moleküllerin birbirlerine yaklaşarak, paketlenmelerini ve oda sıcaklığında katılaşmalarını önler.

Başta margarin olmak üzere fıstık ezmesi ve diğer birçok ürün içlerindeki doymamış yağlara hidrojen eklenmesiyle sentetik olarak doymuş yağlara dönüştürüldüğü ürünlerdir (“Hidrogenasyon”)

# YAĞ ASİTLERİNİN NUMARALANDIRILMASI

Yağ asitleri zinciri içindeki karbon atomlarının numaralandırılması “arap rakamları” veya “latin alfabesine” göre yapılır. Arabik numaralandırma sisteminde karboksil grubundaki karbondan 1, 2, 3 diye numaralanır. Latin harflerine göre karboksil grubundaki karbon atomundan sonra  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  şeklinde belirtilir.

Doymamış yağ asitlerinin adlandırılmasında çift bağların bulunduğu numaralar gözönüne alınır.





# DOYMUŞ & DOYMAMIŞ YAĞ ASİTLERİ

Yağ asidinin hidrokarbon zincirini oluşturan karbon atomları arasında hiç çift bağ yoksa (hidrojen ile doymuşsa) bu yağ asidi DOYMUŞ YAĞ ASİDİ olarak adlandırılır.

DOYMAMIŞ YAĞ ASİDİ ise hidrokarbon zincirinde bir ya da daha fazla çift bağ içerir.

Çift bağın bulunduğu noktada yağ asidi kuyruğu dirsek şeklinde kıvrılır.

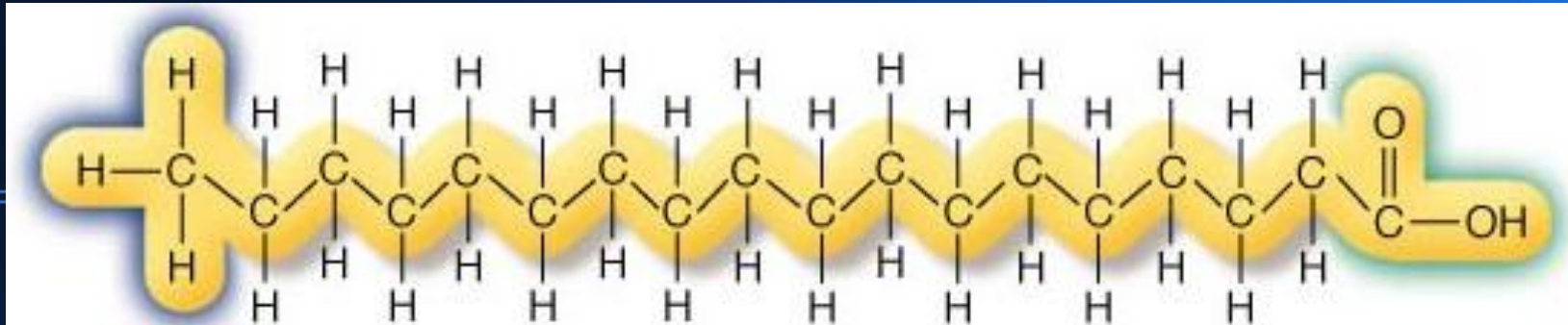
Kıvrımlar ve dirsekler yağın sıvı kalmasına katkı sunar.



# YAĞ ASİTLERİ

Lipit molekülündeki karbon sayısı genellikle 4-32 arasında değişir. **SEKİZ** karbonluya kadar olanları oda sıcaklığında sıvıdır ve su buharı ile uçarlar. Bu yağ asitlerine **UÇUCU YAĞ** asitleri denir. Daha fazla karbonlu olanlar ise genellikle katıdır.

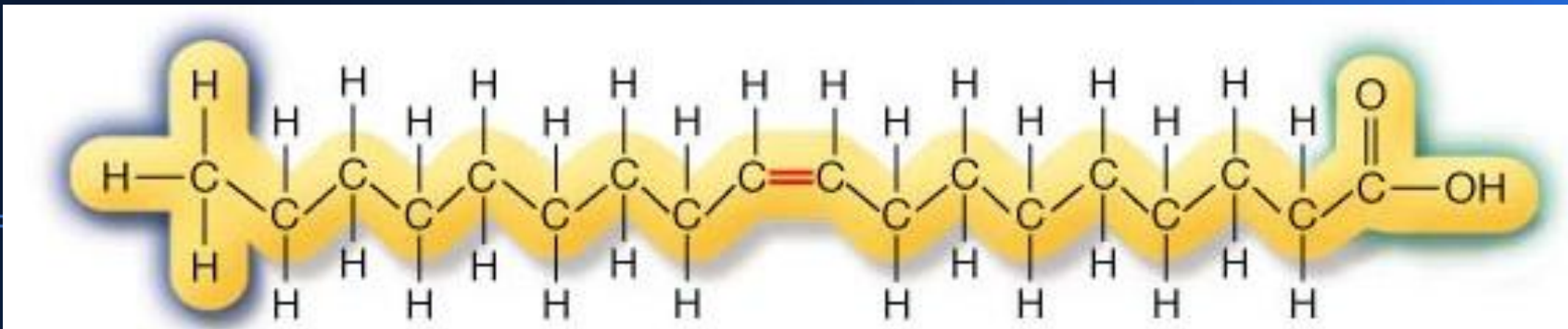
Yaklaşık bütün lipitler doymuş yağ asidi esterlerini içerir. Bazı önemli doymuş yağ asitleri: “Bütirik asit”  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$ , “Palmitik asit”  $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{COOH}$ , “Stearik asit”  $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{COOH}$  örnektir.



# YAĞ ASİTLERİ

Yapılarında bir çift (İKİ) bağ içeren yağ asitlerine **MONOANSATÜRE** yağ asidi denir. Birden fazla çift bağ içeren yağ asitlerine **POLİANSATÜRE** yağ asidi denir. Doymamış yağ asitlerinde yediye kadar çift bağa rastlanmıştır.

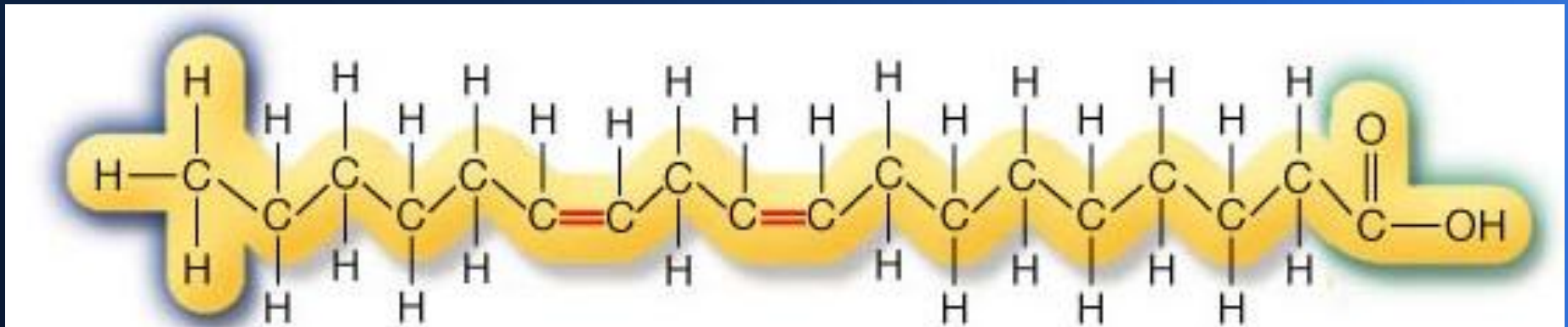
**Oleik asit:** Bir çift bağlıdır (9 ve 10. karbonlar arasında). Zeytinyağında %60-80 arasında bulunur. On sekiz karbonludur. Oleik asit n-9 veya omega 9 olarak da bilinir.



# YAĞ ASİTLERİ

**Linoleik asit: İki çift bağıdır (9-10 ve 12-13 karbonlar arasında). On sekiz karbonludur.**

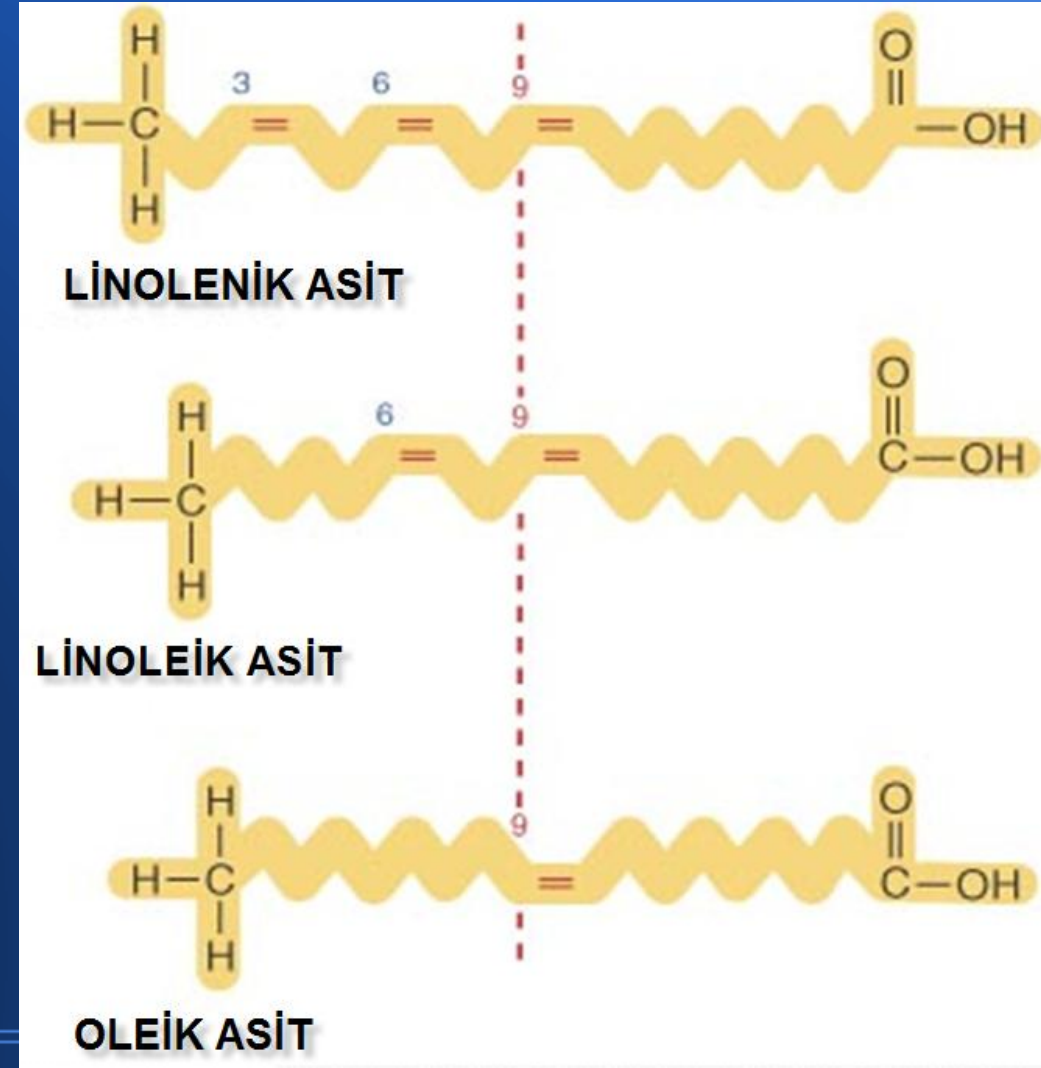
**Linoleik asit n-6 veya omega 6 olarak da bilinir. Bitkilerde örneğin safran, ayçiçeği, mısır, pamuk, soya, susam, kabak çekirdeği, buğdayda bulunur.**



# OMEGA NUMARALANDIRMASI

Poliansatura lipitler METİL (CH<sub>3</sub>) ucuna en yakın çift bağlarına göre tanımlanırlar. Bu omega numarası olarak nitelendirilir.

Metil ucundan sonra 9 karbona kadar çift bağ içeren yağ asitleri insan vücudunda YAPILAMAZ ve esensiyele yağ asitleri olarak adlandırılır.



# ESENSİYEL YAĞ ASİTLERİ

Organizma tarafından sentezlenemeyen diyetle alınması gereken yağ asitlerine esansiyel yağ asitleri denir. Örneğin “linoleik”, “linolenik” ve “arasidonik” asitlerdir. Eksiklikleri halinde cilt ve büyüme üzerinde önemli lezyonlar görülür.

## FONKSİYONLARI:

1. Yağların damar içinde akıcılığını sağlar,
2. Kolesterol metabolizmasında görev alır,
3. Hücre zarının dayanıklılığı ve işlevinde etkindir,
4. Retina ve beyin gelişiminde etkilidir,
5. Hücrelerin hormonlara karşı cevaplarını ayarlayan hormon benzeri bileşikler olan prostaglandinlerin sentezinde görev alır.





# MUMLAR

**MUMLAR:** Yağ asitlerinin uzun zincirli doymuş monoalkoller (bir hidroksil gruplu) ile yaptıkları esterlerdir. Yapılarında yağ asidi olarak “serotin asit” ( $\text{CH}_3\text{-(CH}_2\text{)}_{24}\text{-COOH}$ ) ve alkol olarak 16 karbonlu “setil”, 18 karbonlu “oktandesil” veya 20 karbonlu “seril” alkol bulunur

**Spermeset balinasının:**  $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{CO}_2\text{-(CH}_2\text{)}_{15}\text{CH}_3$

**Bal peteği:**  $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{24}\text{CO}_2\text{-(CH}_2\text{)}_{29}\text{CH}_3$

**Brezilya mum palmiyesi:**  $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{30}\text{CO}_2\text{-(CH}_2\text{)}_{33}\text{CH}_3$

Mumlar yağlar gibi kolay hidrolize olmaz ve sabunlaşmaz. Lipaz enzimleri mumları çok yavaş hidrolize edebildiğinden mumların besinsel değeri fazla değildir.

# MUMLARIN BİYOLOJİK ÖNEMİ

Birçok bitkinin yaprakları ve meyveleri mumsu örtüyle kaplıdır. Bu örtü onların su kaybetmesini engeller ve küçük otçul hayvanların zararından korur.

Kuşların tüyleri ve bazı hayvanların kürkleri (postları) de mumsu örtü içerir; bu onları su geçirmez yapar, yani ıslanmaktan korur.

Böceklerin dış iskeletindeki mumlar böceğin su kaybetmesini engeller.

Ağaç kurbağaları salgıladıkları mumlarla kurak havalarda derilerinin kurummasını önler.

# MUMLARIN BİYOLOJİK ÖNEMİ

Bal peteğindeki mum, peteğin suda erimesini önler ve yüksek erime sıcaklığı ile peteğin normal hava sıcaklığında katı kalmasını sağlar.

İşitme (kulak) kanalını döşeyen hücreler tarafından salınan mum (serumen) kanalı yağlar, böylece kulak zarına zarar verebilecek parçacıkları yakalar.

Mumlar endüstride krem ve kozmetik üretiminde kullanılır.

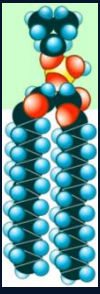


# BİLEŞİK LİPİTLER

Yağ asitleri ve gliserole ek olarak başka gruplar içeren lipitlerdir. Bu gruplar fosforik asit, karbonhidrat ve protein gibi moleküllerdir.

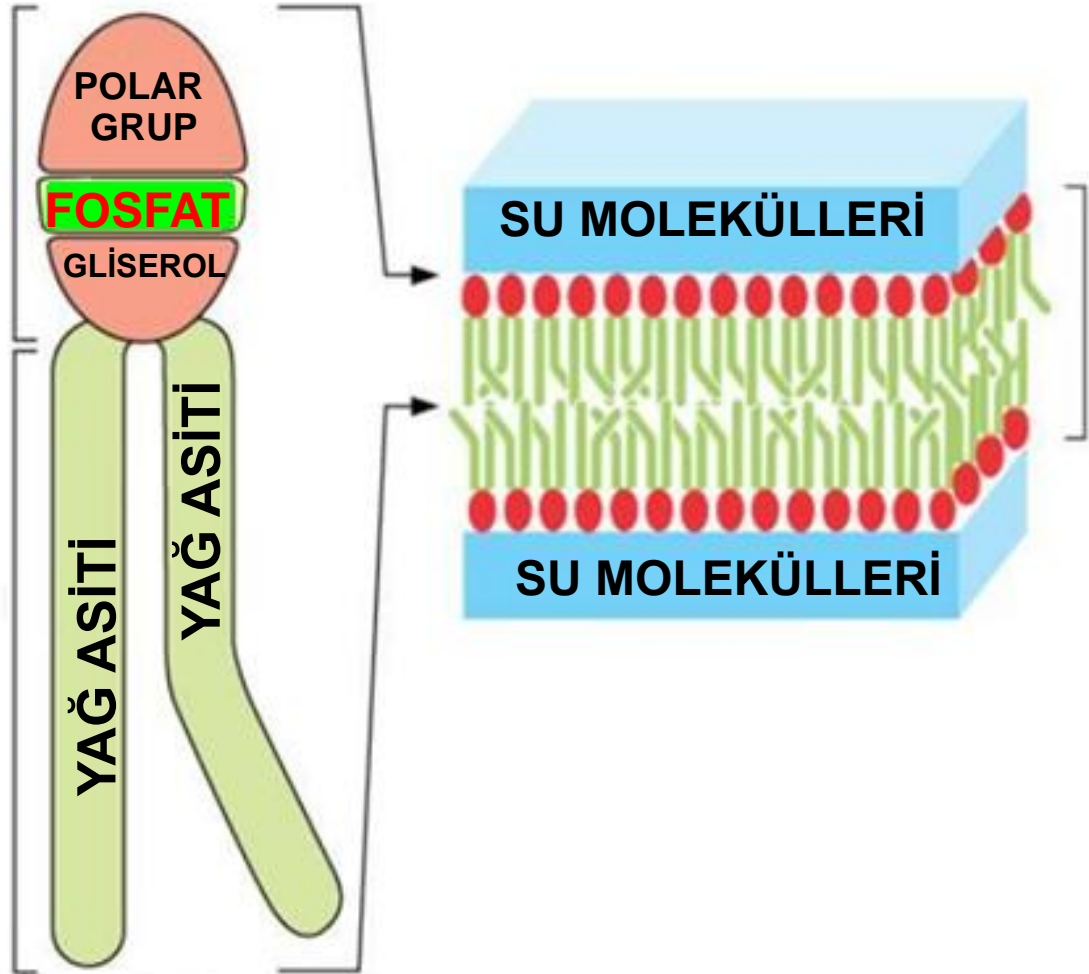
**FOSFOLİPİTLER:** Lipitlerin yağlardan sonraki en önemli grubudur. Fosforik asidin ( $H_3PO_4$ ) diesteridir.

Gliseroldeki üçüncü hidroksil grubu, eksi elektrik yükü taşıyan bir fosfat grubuna bağlanmıştır; bu fosfat grubuna genellikle yüklü ya da polar ek grupların bağlanmasıyla farklı fosfolipit grupları ortaya çıkar. Olgun eritrositler hariç tüm hücreler fosfolipit sentezler.



# FOSFOLİPİTLER

HİDROFİLİK  
BAŞ



ÇİFT  
MEMBRAN TABAKASI

HİDROFOBİK  
KUYRUK

# GLİKOLİPİTLER

Karbonhidrat içeren yağlardır. Monosakkarit galaktolipitlere “SEREBROZİTLER” ve oligosakkarit içerenlere “GANGLİOZİTLER”.

Galaktoserebrositlere bir sülfürik asit eklenmesi ile SULFOGALAKTROSEROBİRİSTLER oluşturulur.

GLOBOSİTLER iki veya daha fazla şeker içerenler: Örneğin “LAKTOSİLSERAMİT”.

Bu lipitler hücre membranlarının dış yüzeyinde bulunurlar ve hücreler arası iletişimi sağlarlar. Bu tür lipitler “reseptör” olarak görev yapar. Örneğin “N-asetilneuraminik asit”.

# LİPOPROTEİNLER

Proteinlerin lipitlerle yaptıkları bileşiklerdir. Bu proteinler bir bütünün parçası olmalarından dolayı “apolipoprotein” olarak adlandırılırlar.

Kan plazmasındaki lipoproteinler, suda çözünürlüğü düşük olan lipit moleküllerini kan dolaşım sistemi aracılığıyla vücut içinde taşırlar.

Taşıyıcı özelliklerinin yanı sıra, lipit metabolizmasında yer alan çeşitli enzimlerin fonksiyonlarında da önemlilik göstermektedir.

VLDL (çok düşük yoğunluklu lipoproteinler), LDL (düşük yoğunluklu lipoproteinler), HDL (yüksek yoğunluklu lipoproteinler).

# TÜREV LİPİTLER

Steroidler, karotenoitler, A, D, E ve K vitaminleri, aldehitler, alkoller, gliserol, mono ve digliseritler, ketonlar, safra tuzlarıdır.

**Steroid:** birbiriyle kaynaşmış dört halkadan oluşmuş karbon iskeletli bir lipittir. Steroidler asetil KoA biosentez yolundan oluşurlar. En önemli steroid kolesteroldür. Kolesteroller safra asitleri, adrenalin ve cinsiyet hormonları, Vitamin D2'nin ön maddesi, hücre membranının elastikiyetinin korunması hücre entegrasyonu vb. görev alır.

Safra asitleri, hormonlar ve vitaminlerin bir bölümü bu gruba girerler.

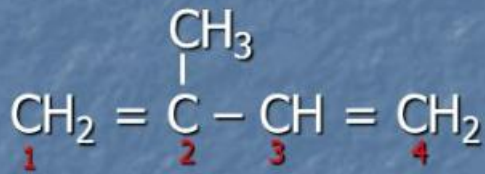
# SAFRA ASİTLERİ

Safra asitleri yapı olarak kolesterole benzerler. Steroit çekirdek içerirler. İnsan organizmasında karaciğerde kolesterolden sentezlenirler.

Vücuda alınan kolesterolün %85'den fazlası karaciğer tarafından safra asitlerine dönüştürülür.

İnsan safirasındaki safra asitlerinin %80'i glisine, %20'si taurine bağlıdır.

En çok bulunan safra asitleri, kolik asit, dezoksikolik asit, kenodezoksi kolik asittir.



2 – metil, 1, 3 – butadien = izopren

# TERPENLER

Yağ asiti içermeyen lipitlerdir. İki veya daha fazla 2-metil-1,3-butadien (izopren) oluşur. “2 izopren” ünitesinden monoterpenler (C-10) oluşur.

Monoterpenler: tat ve koku maddeleridir. Örneğin limonda “limonen”, gülde “sitronellal”, nanede “mentol”.

Triterpenler (C-30) örneğin “skualen” kolesterol ve diğer steroidlerin öncül maddeleridir.

Tetraterpenler (C-40) “karotenler” ve “likopenleri” içerir, genellikle renk oluşumunda görev alırlar

Diğer terpenler (8 – 22) vitamin K, E ve Koenzim Q’nün yan zincirlerini oluşturur.



# TERPENLER



**ALFA PİNEN (ÇAM İĞNELERİ)**  
**LİNELOOL (LAVANTA ÇİÇEĞİ)**  
**BETA KARYOFİLEN (SİYAH BİBER)**  
**MİRESEN (ŞERBETÇİ OTU)**  
**LİMONEN (LİMON)**