

Enzimler

Yrd. Doç. Dr. Serkan SAYINER

Yakın Doęu Üniversitesi, Veteriner Fakóltesi, Biyokimya Anabilim Dalı

serkan.sayiner@neu.edu.tr

Tanımı ve Tarihçesi

- Biyokimyasal reaksiyonların çoğu protein yapısındaki organik maddeler tarafından katalize edilirler. Bu biyolojik katalizörlere **enzim** adı verilir.
- **Enzimler**, biyokimyasal tepkimelerin olağan koşullarda hızla gerçekleşebilmelerine olanak veren ve canlı dokunun temel karakteristiğini oluşturan biyokatalistik maddeler olarak tanımlanır.
- **Enzimler**, kendisi parçalanmadan veya değişikliğe uğramadan kimyasal reaksiyonu katalizleyen moleküllerdir; biyolojik sistemlerin reaksiyon katalizörleri, biyokimyasal olayların vücutta yaşam ile uyumlu bir şekilde gerçekleşmesini sağlayan kimyasal ajanlardır.

Tanımı ve Tarihçesi

- Enzim kelimesi ilk kez **Wilhelm Kühne** tarafından kullanılmıştır ve yunancada «mayalanmış» anlamına gelmektedir.
- Enzimler ve bunlarla uğraşan Biyokimya dalı «**Enzimoloji**» olarak isimlendirilmektedir.
- Günümüzde biyokimyanın halen ilgilendiği önemli bir konudur.



28 Mart 1837 - 10 Haziran 1900

Tanımı ve Tarihçesi

- Serum, plazma, idrar veya diğer vücut sıvılarında enzim aktivitesinin ölçülmek suretiyle,
 - Hastalıkların teşhis ve ayırıcı teşhisine,
 - Prognozunun ortaya konmasına,
 - Tedavi sürecinin izlenmesine ve normal olmayan organ fonksiyonlarının izlenmesi ile ilgili çalışmaları ve testleri kapsayan bilim dalı **KLİNİK ENZİMOLOJİ** olarak adlandırılmaktadır.

ALP
ALT
AST
CK
GLDH
GGT
LDH
Amilaz
Lipaz
PLI
...

Yapısı

- Katalitik RNA moleküllerinin küçük bir grubu hariç **enzimler** protein yapısındadır.
- Enzimler yapılarında sadece proteinleri içerebileceği gibi, ilaveten bir metal iyonuda (Kofaktör) içerebilirler.
 - Ör. *GPx Se, Karbonik anhidraz Zn, Katalaz ve Sitokrom Fe, Tirozinaz Cu, ksantin oksidaz Mo, Sitokrom c oksidaz Cu* gibi.
- Enzimin protein yapısı etki yapacağı maddeyi ve katalize edeceği reaksiyonun şeklini tayin eder.

Terminoloji

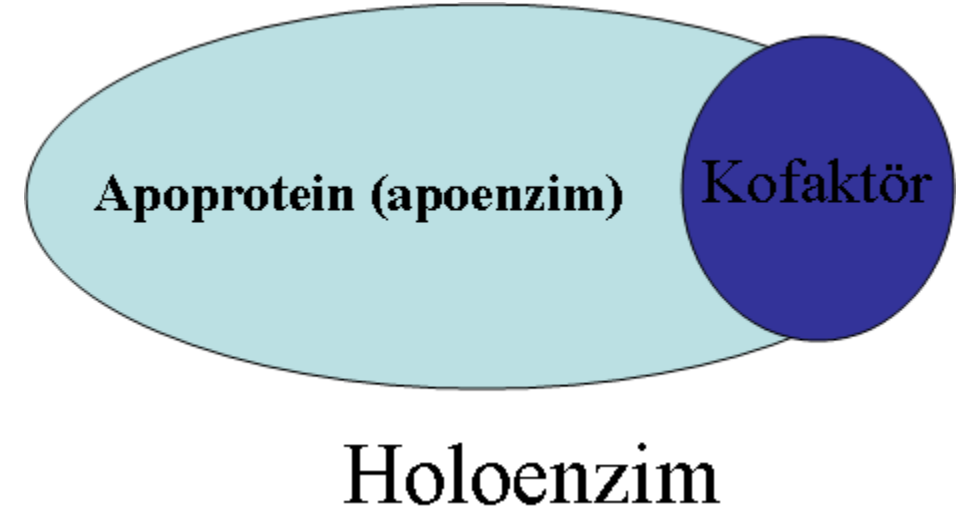
- Çoğunlukla enzimlerin etkili hale geçebilmeleri için aktive edici bir ek maddeye gereksinimleri vardır.
- Enzim adı verilen ve proteinden yapılmış olan kısma **apoenzim** denir.
- Apoenzimi aktive eden faktöre **koenzim/kofaktör** denir.
- Tam bir enzim olan holoenzim, apoenzim ile koenzimden kuruludur.

Terminoloji

- Eğer bir kofaktör apoenzim'le kolay parçalanmayacak bir bütün oluşturmuşsa o takdirde bu kofaktöre **prostetik grup** adı verilir.
 - Ör. *Peroksidazda porfirin kısmı.*
- Enzimlerin inaktif halde bulunan protein'den ibaret olan ön maddesine **preeenzim/proenzim/zimojen** denir.
 - Ör. *Şimotripsin'in ön maddesi şimotripsinojendir.*

Terminoloji

- Holoenzimin kofaktör kısmı,
 - Bazı enzimler için Fe^{2+} , Mg^{2+} , Mn^{2+} , Zn^{2+} gibi bir veya daha fazla *inorganik iyon*;
 - Bazı enzimler için ise *koenzim* denen bir organik veya metalloorganik kompleks bir moleküldür.



Terminoloji

- Bazen bir enzimin zimojen biçiminden aktif enzim durumuna geçebilmesi için başka bir enzime ihtiyaç vardır. Bu çeşit aktive edici enzimlere **kinaz**' lar denir.
 - Ör. Heksozların fosforilasyonu sağlayan heksokinaz veya glikokinaz.
- Bazı enzimlerin aynı organizmada aynı reaksiyonları katalize eden multi-moleküler değişik biçimleri vardır. Bu çeşit aynı reaksiyonu katalize eden fakat moleküler değişiklik gösteren enzimlere **izozim/izoenzim** denir.

Terminoloji

- Enzimin spesifik olarak etki ettiđi maddeye **substrat** denir.
- Enzimatik bir reaksiyon sonrası substrattan oluşan maddeye **ürün** denir.
- Bir hücre içerisinde yapıldıktan sonra görev yapacağı hücre dışı ortama salınan enzimlere **ekzoenzimler**, üretildikleri hücrede kalarak yani hücre dışına salınmayarak katalitik etkisini hücre içerisinde sürdüren enzimlere **endoenzimler** denilir.

Enzimlerin Buldukları Yerler

- Enzimler hücre içinde sentezlenirler ve büyük çoğunluğu hücre içi amaçlarla kullanılırlar.
 - Sindirim sisteminde yer alan pepsin, şimotripsin ve tripsin gibi enzimler sentezlendikleri hücreden dışarı salınır.
- Enzimlerin hücre içi lokasyonları farklılık göstermektedir.
 - **Mitokdri:** TCA siklusu enzimleri, Beta-oksidasyon enzimleri
 - **Çekirdek:** *Pirofosforilazlar*
 - **Eritrosit:** *Karbonik anhidraz*
 - **Sitoplazma:** Glikolitik enzimler
 - **Kan:** ???

	Fonksiyonel Plazma Enzimleri	Fonksiyonel Olmayan Plazma Enzimleri
Plazma Konsantrasyonları	Dokula göre plazmada daha yüksek konsantrasyonda bulunurlar.	Dokulara kıyasla plazmada çok düşük konsantrasyonda bulunurlar.
Fonksiyonları	Bilinen fonksiyonları var.	Bilinen fonksiyonları yoktur.
Substratları	Her zaman plazmada bulunur.	Kanda substratları bulunmaz.
Sentez yerleri	Karaciğer	Farklı organ veya dokular
Hastalıkların etkisi	Karaciğer hastalıklarında konsantrasyonları azalır.	Farklı doku veya organ hastalıklarına bağlı olarak farklı enzimlerin konsantrasyonları artar.
Örnekler	Pıhtılaşma faktörler (Protrombin), <i>Lipoprotein lipaz, bütirilkolinesteraz</i>	ALT, AST, CK, LDH, ALP, GLDH, Amilaz...

Enzimlerin Spesifitesi

- Enzimler son derece spesifik maddelerdir.
 - Spesifite farklılık gösterebilir.
- Bir çok enzim sadece tek bir substrata etki etmektedir. Bir substratın stereoizomerine dahi etki etmezler.
 - Ör. *Laktat dehidrojenaz* sadece L-Laktat' a etki eder, *D-amino oksidaz* sadece D- form aminoasitlere etki eder.

Enzimlerin Spesifitesi

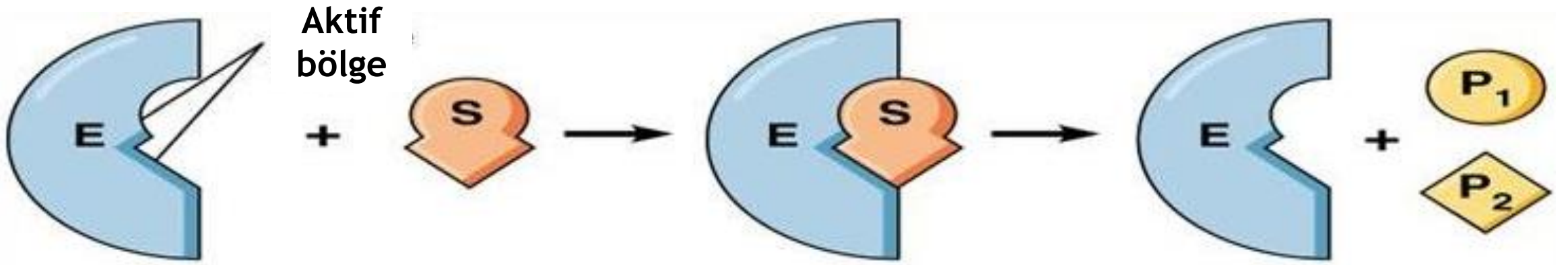
- Bazen enzimler grup spesifitesi gösterirler.
 - Ör. *Hekzokinaz*, heksozların fosforilasyonu sağlar.
- Bazı enzimler ise kesinlikle bir substrat için spesifiktirler.
 - Ör. Sadece glikozu fosforilize eden ise *glikokinaz*.
- Enzimlerin bir kısmı ise belirli sınıftan tüm maddelere etki yaparlar.
 - Ör. *Pepsin* tüm proteinlere etkir.

Enzim Katalizi

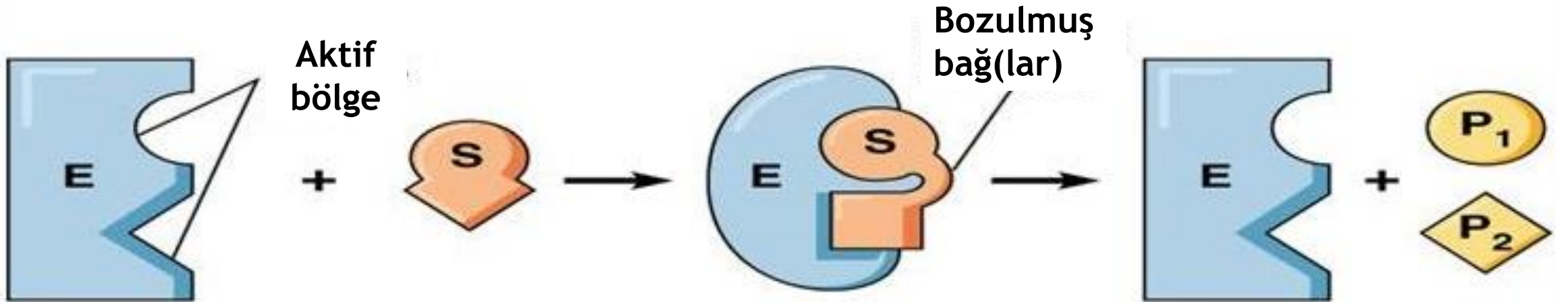
- **Katalizör olarak bir enzimin fonksiyonu, aktivasyon enerjisini düşürmek suretiyle bir reaksiyonun hızını artırmaktır.**
 - Enzimle katalizlenen bir reaksiyonun ayırt edici özelliği, enzim üzerinde aktif merkez denen bir cep sınırları içinde meydana gelmesidir.
 - Aktif merkez, enzim molekülü üzerinde, substrat bağlama özelliğine sahip özel bölgedir; substratı tutar ve enzim-substrat kompleksi oluşur, substratın ürüne dönüşmesiyle oluşan enzim-ürün kompleksinden enzimin ayrılmasıyla ürün serbestleşir.

Enzim Katalizi

- Aktif merkez için, enzim-substrat bağlanmasını açıklayan iki model ileri sürülmüştür.
 1. Emil Fischer'in anahtar-kilit modelinde, substrat ve enzimin aktif yerinin birbirine uyacak şekilde önceden belirlenmiş olduğu varsayılır.
 2. Daniel Koshland'ın uyum oluşturma modeline göre aktif merkez esnek yapıdadır; substrat varlığında, proteinin tersiyer yapısında oluşan bir değişiklik, enzim substratını katalize uygun en doğru biçimde bağlayacak biçimsel bir değişikliğe uğrar.



1- Anahtar-kilit modeli



2- Uyum oluşturma modeli

Copyright © 2003 Pearson Education, Inc., publishing as Benjamin Cummings.

Enzimlerin Sınıflandırılması

1. Oksidoredüktazlar: Biyolojik oksidasyonla ilgili enzimlerdir.

- i. Dehidrojenazlar (Redüktazlar): Uygun bir H alıcısının varlığında substrattan H'i alırlar.
- ii. Oksidazlar: H alıcı olarak oksijene sahiptirler.

2. Transferazlar: Belirli grupların bir bileşikten diğerine transferini katalize ederler.

- i. 1 C' lu grupları transfer edenler
- ii. Aldehit veya keton gruplarını transfer edenler
- iii. Asil gruplarını transfer edenler
- iv. Şeker gruplarını transfer edenler
- v. Diğer transferazlar

Enzimlerin Sınıflandırılması

- 3. Hidrolazlar:** Substrata su ekleyerek hidrolize neden olurlar.
- i. Basit esterazlar
 - ii. Lipazlar: Yağları yağ asitlerine ve gliserola parçalar.
 - iii. Fosfatazlar: Fosforik asit esterlerini kendilerini kuran yapılara parçalarlar.
 - iv. Kolinesterazlar: Kolinin esterlerini hidrolize ederler.
 - v. Peptid hidrolazlar: Peptid bağınyı parçalarlar.
 - vi. Nükleazlar: Nükleik asitleri kendilerini kuran maddelere hidrolize ederler.
 - vii. Karbonhidratlara etkileyen enzimler: Amilaz, Sellülaz, İnülaz, Glikozidaz.
 - viii. Karbon azot bağınyı koparan, amino içeren grupları ayıran enzimler: Üreaz, asparajinaz, glutaminaz, nüklein deaminaz, arjinaz

Enzimlerin Sınıflandırılması

4. **Liyazlar:** Bağları kopararak yada tersine ekleyerek substrattan grupları ayıran enzimlerdir.
 - i. Dekarboksilazlar
 - ii. Karbonik anhidraz: Karbonik asidi H_2O ve CO_2 ' e parçalar.
 - iii. Aspartat amonyak liyaz: Aspartat' ı fumarat ve NH_3 ' e parçalar.
 - iv. Sistein desülfhidraz: Sistein' i piruvat ve amonyağa parçalar.
5. **İzomerazlar:** Molekül içinde yeniden yapılanmayı katalize ederler.
 - i. Rasemazlar ve epimerazlar: L- bileşikleri D-' ye veya α - bileşikleri β - bileşiklere çevirir.
 - ii. Cis-Trans izomerazlar: Cis- ve trans- şekillerini birbirine çevirir.
 - iii. İnamoleküler oksidoredüktazlar: Aldehitleri ketonlara çeviriler.
 - iv. İnamoleküler transferazlar: Bir grubu bir bileşğin bir karbonundan ötekine nakleder.
6. **Ligazlar:** C-O, C-S, C-N veya C-C bağlarını kurarlar.

Enzim Kinetikleri

- **Enzim kinetikleri**, deneysel parametrelerdeki değişmelerle enzimatik reaksiyonların hızları arasındaki ilişkileri ifade eder.
- **Bir enzimatik reaksiyonun hızı**, enzim etkisiyle zaman birimi başına (1 dakikada veya 1 saniyede) oluşan ürünün veya ürüne dönüşen substratın miktarına göre ifade edilir.
 - Optimal pH, 25°C sıcaklık ve doyurucu substrat konsantrasyonunda bir tek enzim molekölü tarafından birim zamanda ürüne dönüştürölen substrat molekölü sayısına, enzime ait dönüşüm sayısı denir ve kısaca kcat sembolü ile gösterilir.

Enzim Aktivitesi

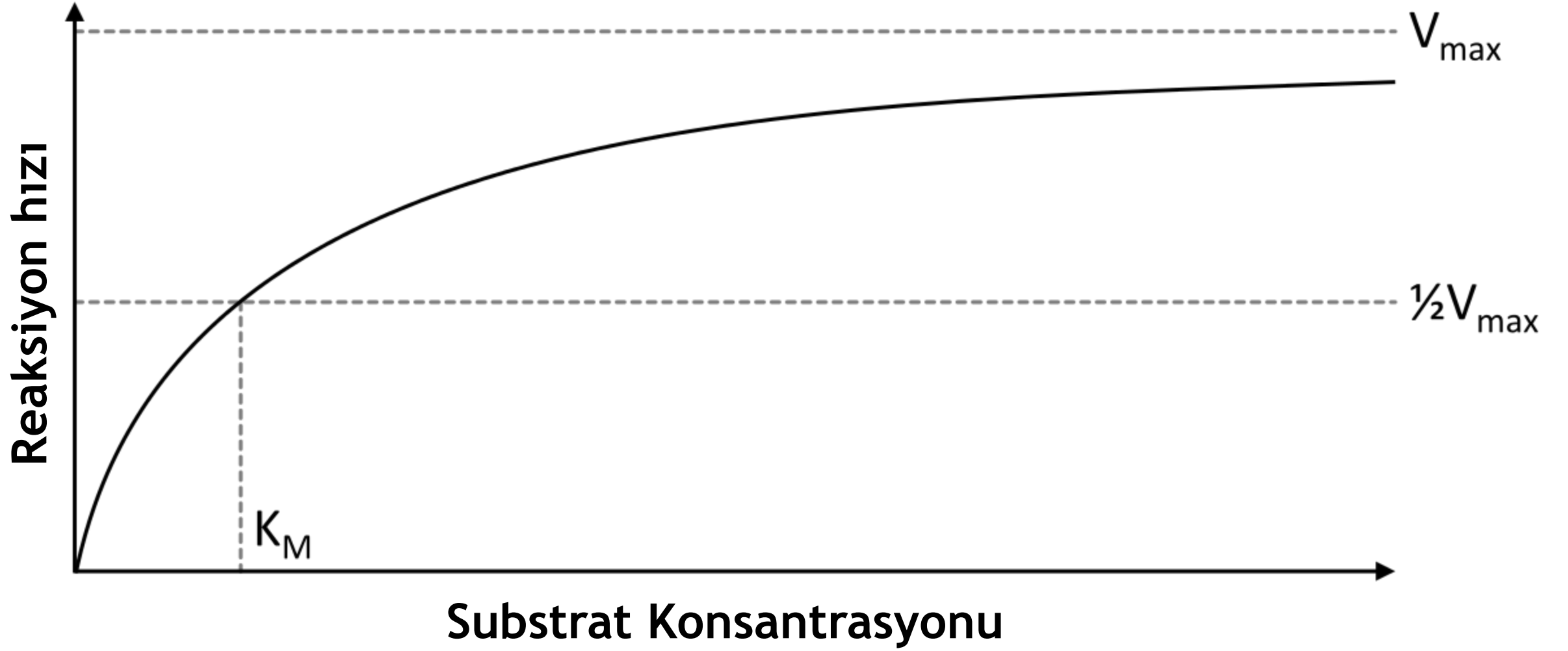
- Bir enzimatik reaksiyonun hızı, enzimin etkinliği veya enzimin aktivitesi ile ilişkilidir.
 - Bir enzimin aktivitesi, o enzim tarafından katalizlenen enzimatik reaksiyonun hızının, enzim etkisiyle optimal koşullarda belirli sürede ürüne dönüştürülen substrat miktarına göre ifadesidir.
 - Etkinliği veya aktivitesi fazla olan bir enzim, belirli bir sürede daha fazla substrat molekülünü ürün haline dönüştürür.
 - **En çok kullanılan enzim aktivitesi birimi, IU'dir fakat SI birimi katal (Kat)' dır.**
 - **1 katal = 1mol/saniye; 1 IU = 1 µmol/dakika; 1 IU = 16,67 nanokatal**

Enzim reaksiyonlarını etkileyen faktörler

1. Enzim Konsantrasyonu
2. Substrat Konsantrasyonu
3. Hidrojen İyon Konsantrasyonu (pH)
4. Sıcaklık
5. Reaksiyon Ürünleri
6. Işık ve Diğer Fiziksel Faktörler
7. Zaman
8. İyonların Yapısı ve Konsantrasyonu
9. Allosterik Etki
10. Hormonlar ve Diğer Biyokimyasal Faktörlerin Etkisi

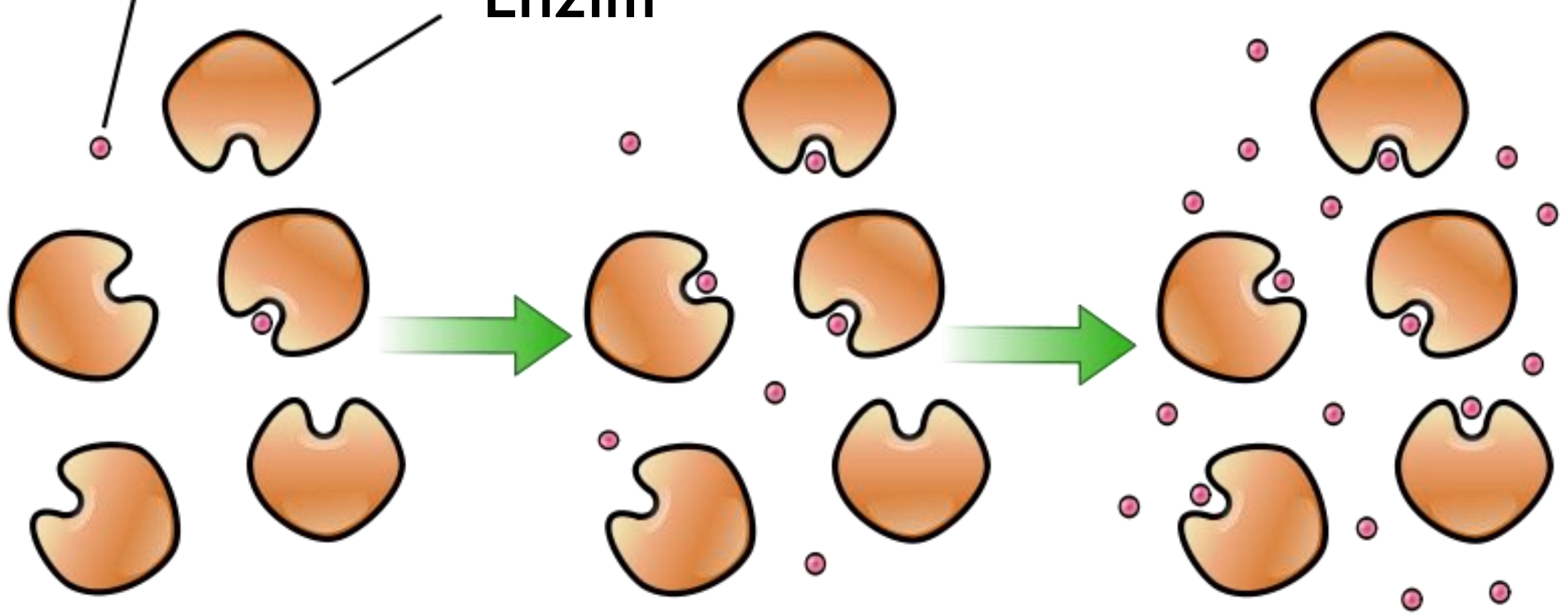
Enzim reaksiyonlarını etkileyen faktörler

- 1. Enzim Konsantrasyonu:** Substratın bol olduğu ortamda optimal şartlarda enzim reaksiyonunun hızı enzim konsantrasyonu ile doğru orantılıdır.
- 2. Substrat Konsantrasyonu:** Substrat konsantrasyonu arttıkça enzim reaksiyonunun hızı da artar. Substrat hızının artırılması ile reaksiyon hızında önce hızlı bir artış görülür. Fakat substrat ilavesi devam edildikçe bu hızlı artış gittikçe yavaşlayarak sonuçta belirli bir düzeyde sabit kalır.
- 3. Hidrojen İyon Konsantrasyonu:** Enzimler belirli bir pH derecesinde en yüksek aktiviteyi gösterirler. Her enzim için bu değışse de genel olarak 5-9 arasındadır.



Substrat

Enzim



Düşük substrat konsantrasyonu

Yüksek substrat konsantrasyonu

Enzim reaksiyonlarını etkileyen faktörler

- 4. Sıcaklık:** Diğer kimyasal reaksiyonlarda olduğu gibi enzimle katalize edilen bir reaksiyonda da belirli bir ısıya kadar, ısı artması enzimatik reaksiyonu hızlandırır.
 - Genellikle her 10°C'lik artış enzimatik reaksiyonu 2 kat artırır. Ancak belli bir ısı üzerine çıkınca (45°C) reaksiyonun yavaşlamasına neden olur; denatüre olurlar.
- 5. Reaksiyon Ürünleri:** Bir enzim reaksiyonunun hızı, zamanla reaksiyon ürünlerinin artmasından dolayı azalır. Çünkü enzim reaksiyonu geri döner özelliindedir.

Enzim reaksiyonlarını etkileyen faktörler

- 6. Işık ve Diğer Fiziksel Faktörler:** Enzimlerin aktiviteleri ışığın etkisi ile artırılabilir veya inhibe edilebilir. Kırmızı ve mavi ışık, tükürük amilazının ve diğer bir kısım enzimlerin aktivitelerini artırır. UV ışınları ile aksi yönde etki eder.
- 7. Zaman:** Bir enzim tarafından katalize edilen bir reaksiyon, cereyan ederken zamanla hız düşer.
 - Bunun nedeni, meydana gelen ürünlerin aralarında birleşerek aksi yönde bir reaksiyon oluşturmaları, enzimin zamanla inaktive olması, reaksiyonu önleyen maddelerin meydana gelmesi, substratın tükenmesi gibi faktörlerdir.

Enzim reaksiyonlarını etkileyen faktörler

8. **İyonların Yapısı ve Konsantrasyonu:** Enzimatik reaksiyonların hızı, ortamda bulunan iyonların yapısı ve konsantrasyonlarında önemli ölçüde etkilidir.
9. **Allosterik Etki:** Birçok enzim reaksiyonlarının son ürünü feed-back mekanizması ile enzimin etkisini inhibe eder.
 - Böyle bir inhibisyon biçimine feed-back inhibisyon, retro-inhibisyon, allosterik inhibisyon, veya son ürün inhibisyonu denir. Son ürün tarafından inhibe edilen ilk enzime de **allosterik enzim** adı verilir

Enzim reaksiyonlarını etkileyen faktörler

10. Hormonlar ve diğer biyokimyasal faktörlerin etkisi:

Hormonlar, amino asitler ve diğer maddeler enzimin durumunu etkileyebilirler.

- Enzimin yapısındaki bu değişme, çeşitli östrojenik, androjenik ve bazı steroid gebelik hormonları tarafından meydana getirilebilir.
- Steroid hormonlar aynı zamanda hücrelerin enzim sentez etme yeteneğini ayarlama kapasitesine sahiptir.

Enzimatik reaksiyonların inhibitör ve aktivatörleri

■ İnhibitörler

- Reaksiyon ürünlerinden başka enzim reaksiyonlarını inhibe eden maddeler de vardır. Bu maddelere **enzim zehirleri** denir.
- Çok iyi tanınan bazı maddeler, örneğin, siyanid, arsenik ve antimon hücre için kuvvetli zehir etkisine sahiptirler.
- **Kompetitif İnhibitörler**
 - Bunlar substrat ile yarışa girerler. Çünkü kimyasal yapıları substrata benzer.
 - Gerçekte, reaksiyon hızı olarak ölçülen kompetitif derecesi, substrat konsantrasyonuna, inhibitör konsantrasyonuna ve enzim ile substratın inhibitöre karşı relatif ilgisine bağlıdır.

Enzimatik reaksiyonların inhibitör ve aktivatörleri

- **Kompetitif olmayan İnhibitörler**

- Bunlar enzimi direkt olarak etkilerler ve onunla birleşirler.
- Bunların bir kısmı enzimin prostetik grubunu etkilerler. Bir kısmı kompetitif olmayan inhibitörler de enzimin protein kısmı ile reaksiyona girerler.
- Bu grupta özellikle ağır metaller bulunur. Bunlar çoğu enzimlerin, protein kısımlarının -SH grupları ile reaksiyona girerler ve enzimlerin fonksiyonel aktivitelerini bozarlar.

- **Diğer İnhibitörler**

- Bazı proteinlerin, bazı enzimleri inhibe ederler. ,
- Soya ve baklagillerde bulunan globulinler tripsini inhibe ederler.
- Sindirimi zor sert ve katı yağlar, sindirimi kolay yağların lipazlar tarafından parçalanmasını inhibe ederler.

Enzimatik reaksiyonların inhibitör ve aktivatörleri

■ Aktivatörler

- Enzim aktivatörlerine akseleratörler (hızlandırıcılar) da denir.
- Birçok enzimler hücrelerde veya salgılarda inaktif biçimde bulunurlar. Bunların özel reaksiyonları katalize edebilmeleri için önce aktif hale geçmeleri gerekir.
- Bazı zimojenler oto-katalitik olarak aktifleşirler veya bir enzim diğer bir enzimin inaktif biçimi üzerine etkiyerek onu aktif hale getirir. Bunlar çoğunlukla anorganik bazen de organik tuzlardır.
- Fonksiyonlar için moleküllerindeki serbest sülfhidril gruplarının bulunmasına gereksinim gösteren enzimler, KCN, H₂S, glutatyon veya sistein gibi indirgen maddeler tarafından aktive edilirler.

Koenzimler

- Koenzim haloenzim'in aktif kısmıdır ve enzim katalizine direkt olarak katılır.
- Birçok vitaminler özellikle **B grubu vitaminleri** veya bunların yapılarında yer aldıkları organik bileşikler, esasında protein yapısında olan enzimlerin koenzimi, yani aktivatörü olarak görev yaparlar.
- Koenzimler, transfer ettikleri gruplara göre sınıflandırılırlar.

Koenzimler

■ Enerjiden Zengin Trifosfatlar

- **Adenozin Trifosfat (ATP):** Tüm hücrelerde bulunur. Enerjiden zengin 2 adet fosfat taşır. Birçok reaksiyonlar için enerji kaynağıdır.
- **Aktif Sülfat (3'-fosfoadenozin-5'-fosfosülfat=PAPS):** Sülfat esterleri içeren bileşiklerin biyosentezinde önde anorganik sülfatın aktive olması gereklidir.
- **Üridin trifosfat (UTP):** KH metabolizmasında, monosakkaritlerin epimerlerinin oluşumunda ve glikozidlerin nakli gibi görevleri yapar. RNA transkripsiyonunda görev alır.
- **Sitidin trifosfat (CTP):** Mitokondrial gliserinfosfatid biyosentezinde ve karbonhidrat metabolizmasında nöyraminik asit içeren glikoprotein sentezinde rol oynar. RNA sentezinde görev alır.
- **Guanozin trifosfat (GTP):** Transkripsiyon işlemi sırasında RNA'nın sentezi ve DNA replikasyonu sırasında DNA'nın sentezi için bir substrat görevi görür. Metabolik reaksiyonlarda bir enerji kaynağı veya substrat aktivatörü rolü de vardır.

Koenzimler

■ Grup taşıyan koenzimler

- **Pridoksal fosfat (PLP):** B₆ vitamininin aktif şekli, çeşitli enzimatik reaksiyonlarda bir koenzim olarak görev alır. PLP, tüm transaminasyon reaksiyonlarında ve amino asitlerin belirli dekarboksilasyon, deaminasyon ve rasemizasyon reaksiyonlarına katılır.
- **Tiyamin pirofosfat (TPP):** Bir tiamin (vitamin B₁) türevi koenzimdir. Tüm canlı sistemlerde bulunan ve birkaç biyokimyasal reaksiyonu katalize eden bir koenzimdir. Sitozolde sentezlenir ve transketolaz aktivitesi ve mitokondride piruvat, oksoglutarat ve dallanmış zincirli keto asit dehidrojenaz aktivitesi için gereklidir.

Koenzimler

- **Koenzim A (KoA):** CoA yapısı sistein, pantotenat (B₅ vit.) ve ATP'den oluşmaktadır. Yağ asitlerinin sentezi ve oksidasyonundaki rolü ve sitrik asit döngüsü içindeki piruvatın oksidasyonu bakımından dikkate değerdir.
- **Tetrahidrofolik asit:** Bir folik asit (B₉ vit.) türevidir. Birçok reaksiyonda, özellikle amino asitlerin ve nükleik asitlerin sentezinde (veya anabolizmasında) bir koenzimdir. Bir karbon atomlu bir grubun donörü olarak hareket eder.
- **Biyotin:** Ayrıca vit. B₇ veya vit. H. olarak da adlandırılır. Biotin, yağ asitleri, izolösin ve valinin sentezinde ve karboksilaz enzimlerinin yapısında ve glikoneojenezde yer alan bir koenzimdir.
- **Kobalamin (B₁₂ vit.):** Metilkobalamin ve Asenosilkobalamin olan iki aktif koenzim formu vardır.
- **Lipoik Asit (α -lipoik asit-ALA):** Lipoik asit en az beş enzim sistemi için bir koenzimdir. Bunlardan ikisi sitrik asit döngüsündedir.

Koenzimler

- **Hidrojen, elektron ve oksijen taşıyan Koenzimler**
 - **Nikotinamid Adenin Dinükleotid (NAD) ve Nikotinamid Adenin Dinükleotid fosfat (NADP)**
 - Özel substratların H⁺ alıcısı olarak görev alır.
 - TCA siklüsünde görev yapan *dehidrojenazlardan izositrik dehidrojenaz, alfa-ketoglutarik dehidrojenaz ve malik dehidrojenaz*'ın koenzimleridir.
 - Bir çok oksido-redüksiyon reaksiyonlarını katalize ederler.
 - **Flavin Adenin Dinükleotid (FAD) ve Flavin Mononükleotid (FMN)**
 - FAD'li enzimlerin de TCA siklusunda, suksinik asidin fumarik aside dönüşümünde rolleri vardır.

Koenzimler

- D-amino asitlerin alfa-keto asitlere, aldehidlerin karboksilik aside, ksantin'in ürik aside, indirgenmiş lipoik asidin oksitlenmiş lipoik aside dönüşlerinde de FAD'li dehidrojenazlar görev yaparlar.
- Genel olarak, solunum zincirinde (respiratuvar zinciri) FAD, NAD'li dehidrojenazlardan aldığı elektronu koenzim Q'ya naklede.
- **Koenzim Q (Ubikinon)**
 - Hayvanlarda, bitkilerde ve mikroorganizmalarda bulunur. Oksidasyon sisteminde elektron taşınmasında görev alır.

Koenzimler

- **Demirli porfirinler**
 - Oksijen veya elektron taşıyıcı enzimlerin prostetik grubudur.
 - Sitokromlar ve sitokrom oksidazlar porfirin halka sistemine bağlı demir sayesinde elektron alma ve verme yeteneğine sahiptirler.
- **Kofaktör olarak bakır**
 - Birçok enzimlerin fonksiyonel kısmı olup prostetik grubunu oluşturur.

Kaynaklar

- Ası. T. 1999. Tablolarla Biyokimya, Cilt 1
- Sözbilir Bayşu N, Bayşu N. 2008. Biyokimya. Güneş Tıp Kitapevleri, Ankara

Soru 1

- Katalitik RNA moleküllerinin küçük bir grubu hariç Enzimler yapısındadır.
 - a) Lipid
 - b) Karbonhidrat
 - c) Protein
 - d) Nükleik asit
 - e) Azotlu baz

Sorularınız ?

Bir sonraki konu;

Vitaminler