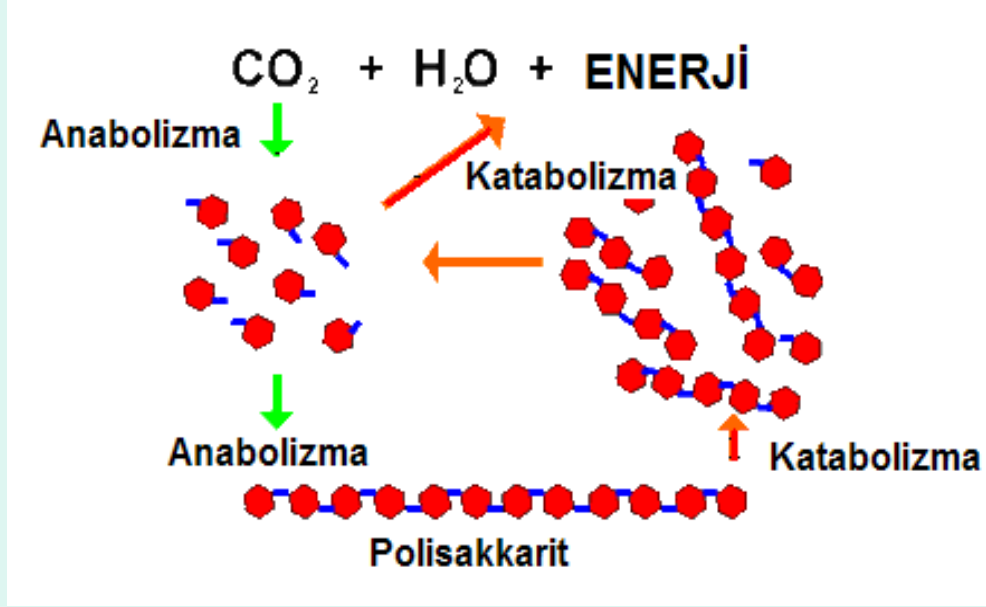


- Mikroorganizmalar gelişme dönemlerinde ya da canlılıklarını sürdürebilmeleri için sürekli **enerjiye** ihtiyaç duyar
- enerjinin kaynağı ortamdan alınan maddelerdir
- alınan maddeler dengeli ve düzenli bir şekilde, ardarda meydana gelen zincirleme enzim reaksiyonlarıyla belirli bir dönüşüm veya parçalama yolu takip edilerek değişikliğe uğratılır
- bu olayların gerçekleşmesi **metabolizma** yoluyla sağlanır

# Metabolizma:

- organizmada meydana gelen bütün kimyasal süreçler
- hücreye alınan maddelerin değişimi / dönüşümü
- basit besin maddelerinden (yağ asitleri, glikoz veya aromatik bileşikler gibi yapı taşları) hücre materyallerinin sentezlenmesi
- Genelde iki kısımda incelenir
- **1) katabolizma (disimilasyon):**
  - Besin maddelerinin (glikoz, yağ asitleri, aromatik bileşikler) önce küçük kimyasal bileşiklere parçalanması

[sonra bu küçük moleküller **amfibolizma (ara metabolizma)** reaksiyonları ile organik asitler ve fosfat esterlerine dönüşür]
- **2) anabolizma (asimilasyon):**
  - küçük moleküllerden; nükleik asitler, proteinler, depo maddeleri, hücre duvarı elemanları ve diğer makromoleküllerin oluşması



- **ekzergonik reaksiyonlar;**
- Katabolizma sırasında gıda maddelerinin parçalanması nedeniyle açığa çıkan önemli miktardaki enerji yüksek enerji bağları halinde ADP ve ATP tarafından alınarak kendi fosfat bağları arasında depolanır
- **endergonik reaksiyonlar;**
- Sentez olayları sırasında gerekli olan enerji bağlardan alınarak kullanılır

# Enzimler

- Metabolik olaylar enzimler tarafından gerçekleştirilir
- canlı hücreler tarafından üretilir, protein yapısındadır
- hücredeki biyokimyasal reaksiyonları hızlandırır ( $10^8$ – $10^{10}$  kat)
- enzimler başlangıçta reaksiyona giren maddelerle (**sustrat**) geçici kimyasal bileşik oluşturur reaksiyon bitince yenilerini katalize etmek için eski formlarına döner
- enzim reaksiyonları genellikle geri dönüşlüdür (reversible) ve ortamda yeterince ürün biriktiğinde veya substrat tam olarak parçalandığında reaksiyon yavaşlar ve durur

# Enzimler

- **endoenzimler, intrasellüler enzimler;**
- hücre içinde sentezlenen ve metabolizma olayları için hücrede alıkonulan enzimler
- **ekzoenzimler, ekstrasellüler enzimler;**
- dış ortama salgılanarak polisakkarit, protein, lipid gibi büyük moleküllu maddelerin parçalanmasında görev yapan enzimler
- **İzoenzimler (izozimler);**
- aynı organizma tarafından sentezlenen ve kalitatif olarak aynı enzimatik aktiviteyi gösteren enzimler
- aminoasit farklılıktan dolayı kantitatif aktivitesi, protein yapısı, molekül ağırlığı farklı olabilmektedir

# Enzimler

- **Apoenzim + Koenzim**  $\longrightarrow$  **Holoenzim** ◀
- **Apoenzim**
  - inaktif
  - protein yapısında
  - kolloidal
  - yüksek molekül ağırlıklı
  - ısıya dayanıksız
  - taşıyıcı görevi yapar
- **Koenzim (Prostetik grup)**
  - inaktif
  - protein yapısında değil
  - düşük molekülü
  - ısıya dayanıklı
  - organik kısımdan oluşmuş
- **holoenzim (konjuge enzim)**
  - iki inaktif (apoenzim-koenzim) kısmın birleşmesiyle oluşan aktif enzim

## **Preenzim/zimogen**

Sentezlendiklerinde genellikle inaktif durumda olan enzimler

## **Kofaktör/aktivatör**

- Preenzimin aktivasyonunu sağlayan organik (vitamin) veya inorganik (mineral) kökenli bileşik
  - Örneğin organik fosfatları parçalayan fosfataz enzimi magnezyum tarafından aktive edilir.
  - Ayrıca Fe, Zn, Mn, Mo, Cu gibi iz elementler kofaktör görevinde
- Kofaktörler hücre içerisinde metil gruplarının, elektron ve protonların taşınması işlevini gerçekleştirir

# Koenzimler ve temel reaksiyonları

Koenzimler	Sembolü	Temel reaksiyonlar
Adenosin trifosfat	ATP	Fosforilasyon Pirofosforilasyon
Uridin Sitozin Guanidin trifosfat	UTP CTP GTP	Polisakkarid ve lipid biyosentezinde olduğu gibi aktivasyonlar
Nikotinamid adenin dinukleotid (okside olmuş)	NAD <sup>+</sup>	Oksidasyon
Nikotinamid adenin dinukleotid fosfat	NADP	Oksidasyon
Nikotinamid adenin dinukleotid (redükte olmuş)	NADH	Redüksiyon, elektron transport, fosforilasyonda ATP yapımı
Flavin adenin dinuklotid (okside veya redükte olmuş)	FAD FADH <sub>2</sub>	Oksidasyon, redüksiyon, ATP üretimi
Pridoksal fosfat	PLP	Dekarboksilasyon, deaminasyon
Tetrahidrofolik asit (çeşitli formlarda)	FH <sub>2</sub>	1 – karbon bileşiğinin transferi
Tiamin pirofosfat	TPP	Dekarboksilasyon, ketoformasyon
Koenzim A	CoA	Açıl transferi
Biotin		Karboksilasyon ve karboksil transferi



Koenzimler, apoenzimlerle bazen sıkı bazen de zayıf bağlarla bağlanmışlardır. Enzimlerin etkin bölümünü oluşturan koenzimlerin yapısında B grubu vitaminler yer alır.

<b>Vitamin</b>	<b>Koenzim formu</b>	<b>Fonksiyonu</b>
p-Aminobenzoik asit (PABA)		Folik asit biyosentezinde başlatıcı
Folik asit	Tetrahidrofolat	Tek karbonlu birimlerin taşınımı timin, purin bazları, serin, metiyonin ve pantotenat sentezi
Biyotin	Biyotin	CO <sub>2</sub> bağlanmasını gerektiren reaksiyonlar
Lipoik asit	Lipoamid	Keto asitlerin oksidasyonunda açil gruplarının taşınımı
Merkaptoetan-sülfonik asit	Koenzim M	CH <sub>4</sub> üretimi
Nikotinik asit	NAD ve NADP	Dehidrogenasyon eaksiyonlarında elektron taşıyıcı
Pantotenik asit	Koenzim A ve açil taşıyıcı protein	Metabolizmada ketoasitlerin oksidasyonu ve açil gruplarının taşıyıcısı
Piridoksin (B <sub>6</sub> )	Piridoksal fosfat	Amino asitlerin transaminasyon, deaminasyon, dekarboksilasyon ve optik izomerliği
Riboflavin (B <sub>2</sub> )	FMN ve FAD	Oksidasyon redüksiyon reaksiyonları
Tiyamin (B <sub>1</sub> )	Tiyamin pirofosfat (TPP)	Ketoasitlerin dekarboksilasyonu ve transaminaz reaksiyonları
B <sub>12</sub> vitamini	Kobalamin	Metil gruplarının taşınımı

## **Preenzim/zimogen**

Sentezlendiklerinde genellikle inaktif durumda olan enzimler

## **Kofaktör/aktivatör**

- Preenzimin aktivasyonunu sağlayan organik (vitamin) veya inorganik (mineral) kökenli bileşik
  - Örneğin organik fosfatları parçalayan fosfataz enzimi magnezyum tarafından aktive edilir.
- Bazı iz elementler de kofaktör olarak görev yapar. Kofaktörler hücre içerisinde metil gruplarının, elektron ve protonların taşınması işlevini gerçekleştirir

<b>İz elementler</b>	<b>Bakteriyel hücredeki fonksiyonu</b>
Kobalt	B <sub>12</sub> vitaminin parçası, metil grupları taşıyıcısı
Çinko	Pek çok enzimde yapısal rol oynar.
Molibden	N asimilasyonu gibi bazı reaksiyonlarda yer alır.
Bakır	Sitokrom oksidaz gibi oksijen ile reaksiyona giren enzimlerde katalizördür.
Mangan	Çok sayıda enzimin katalitik kısımlarında yer alır, bazı fotosentetik enzimler suyu parçalamak için kullanır.
Nikel	Karbon monoksit ve üre metabolizmasındaki bazı enzimlerin yapısında yer alır.

- Substratlar, enzimlerde bulunan ve bu amaca uygun şekilde değiştirilmiş, özel konfigürasyona sahip bölgelerle (aktif bölgeler) bağlantı kurarlar
- Bu bağlantı tam olarak kilit – anahtar ilişkisi gibidir. Aktif bölgeler, kendi kimyasal yapılarına uymayan substratları itecek ve onlarla geçici bileşik oluşturmayacak şekilde düzenlenmiştir
- Substratın bağlanması, iyon bağları, hidrojen bağları ve Van der Waals çekim kuvvetleri ile gerçekleşmektedir

# Enzimlerin isimlendirilmesi

Substrata Göre İsimlendirme		Reaksiyona Göre İsimlendirme	
Substrat	Enzim Adı	Reaksiyon	Enzim Adı
Protein	Proteinaz	Oksidasyon	Oksidaz
Karbonhidrat	Karbonhidraz	Redüksiyon	Redüktaz
Lipid	Lipaz	Dekarboksilasyon	Dekarboksilaz
Üre	Üreaz	Hidrolizasyon	Hidrolaz

# Enzimlerin sınıflandırılması

- **Hidrolazlar**
  - Su yardımıyla parçalanma sağlar
  - C-O veya C-N bağlarını etkiler
- 
- **Esterazlar** (lipaz, fosfataz):
  - Ester bağları
- **Karbohidrazlar** (maltaz, laktaz, amilaz):
  - Glikozidik bağlara (-C-O-C-)
- **Proteinazlar** (proteaz, peptidaz):
  - C-N bağları

- **Oksidoredüktazlar**
  - Hidrojen ve elektron naklede
  - solunum ve fermentasyonda önemli etki
- **Transferazlar ve taşıyıcı enzimler**
  - Substrattaki amino, metil, fosfat, karboksil gibi fonksiyonel grupların taşınımı
- **Liyazlar**
  - Hidrolazlara benzer, ancak substratı parçalamak için su vb. yardımcı maddeye ihtiyaç duymazlar.
- **İzomerazlar**
  - organik bileşikleri izomerlerine dönüştürür, optik konfigürasyonda değişiklik oluşturur
- **Ligazlar**
  - İki substratın birleştiği reaksiyonları katalize ederler.

# Enzim aktivitesi

- **Kimyasal maddeler**

Ağır metaller (Ag, Hg, Cu, Pb) ve tuzları, deterjanlar, florid, borat, formaldehit, hidrojen peroksit, asitler ve alkaliler olumsuz yönde etkiler.

- **Sıcaklık**

- ısı yükseldikçe enzimin katalize ettiği kimyasal reaksiyonların hızı da artar
- optimum sıcaklık derecesinde aktivite yüksek katalize ettiği reaksiyonun hızı artar
- yüksek sıcaklık uygulaması yapıyı bozarak aktiviteyi yavaşlatır düşük sıcaklıklar aktiviteyi olumsuz etkiler.

- **pH**

- enzimler belirli pH aralıklarında çalışırlar
- Optimum pH'dan uzaklaştıkça aktivite yavaşlar
- Çok asit ve çok alkali ortamlar çalışma bakımından pek uygun değildir.



# Enzim aktivitesi

- **Substrat konsantrasyonu**
  - Ortamda substratın fazla olması ile aktivite arasında ilişki doğrusal Ancak bu ilişki süreklilik göstermez
  - Enzim konsantrasyonu sabitse, belli bir sınırdan sonra substrat yoğunluğunun artmasının bir yararı olmaz.
- **Enzim konsantrasyonu**
  - Ortamda enzimin fazla veya az olması, katalize edilen reaksiyonun normal yürütülmesinde önemli bir faktördür.
- **Tuz konsantrasyonu**
  - Ortamda fazla miktarda madensel tuzların bulunması enzim aktivitesini olumsuz etkiler.
- **Diğer faktörler**
  - UV ışınları, proteinleri etkileyen diğer fiziksel ve kimyasal faktörler enzim aktivitesini etkilemektedir.

# Enzim sentezinin düzenlenmesi

- Mikroorganizmalar metabolizmalarını çevre şartlarına uydururlar, çevre faktörleri de metabolizma üzerinde düzenleyici etkide bulunur
- Mikroorganizma hücresinde bütün metabolik reaksiyonların bir düzen içerisinde gerçekleşmesi hücrenin düzenleyici sisteme sahip olduğunu gösterir
- Örneğin, karbonhidrat metabolizmasının özel enzimleri ancak belirli şekerlerin varlığında sentezlenir, fakültatif anaerop mikroorganizmalar oksijen varlığında ve yokluğunda farklı enzim sistemlerine sahiptir

## A. İndüksiyon (enzim sentezinin uyarılması)

- İndüksiyonda ortamda özel indüktörlerin bulunması durumunda, enzim sentezi ve salgılanması sağlanır
- Örneğin; *E.coli* laktoz bulunmayan ortamda gelişirken, laktozu parçalayan  $\beta$ -galaktozidaz enzimine iz miktarda sahiptir veya bulundurmaz
- Ancak ortama laktoz eklenirse bu enzimin süratle sentezlendiği görülür
- Böyle enzimlere **indüklenebilen enzimler** (bu örnekte  $\beta$ -galaktozidaz), enzimin sentezlenmesine neden olan maddeye **indüktör** (bu örnekte laktoz), bu olaya da **enzim indüksiyonu** denir.

## **B. Enzim sentezinin baskılanması (represyon)**

- **1. Son ürün inhibisyonu (feedback represyon)**
- Herhangi bir reaksiyonda, metabolizmanın son ürünleri enzim aktivitesini düşürür veya enzim sentezlemesini durdurabilir
- Örneğin *E.coli* basit bir ortamda (arjinin bulunmayan) geliştiğinde, arjinin biyosentezi normal olarak gerçekleşir. Eğer ortama dışardan son ürün olan arjinin ilave edilirse, arjinin biyosentezi ile ilgili enzimlerin oluşumu durur (represyon)
- Hücreler yıkanır ve arjinin bulunmayan bir ortama konulunca ilgili enzimler yeniden sentezlenir (rerepresyon)

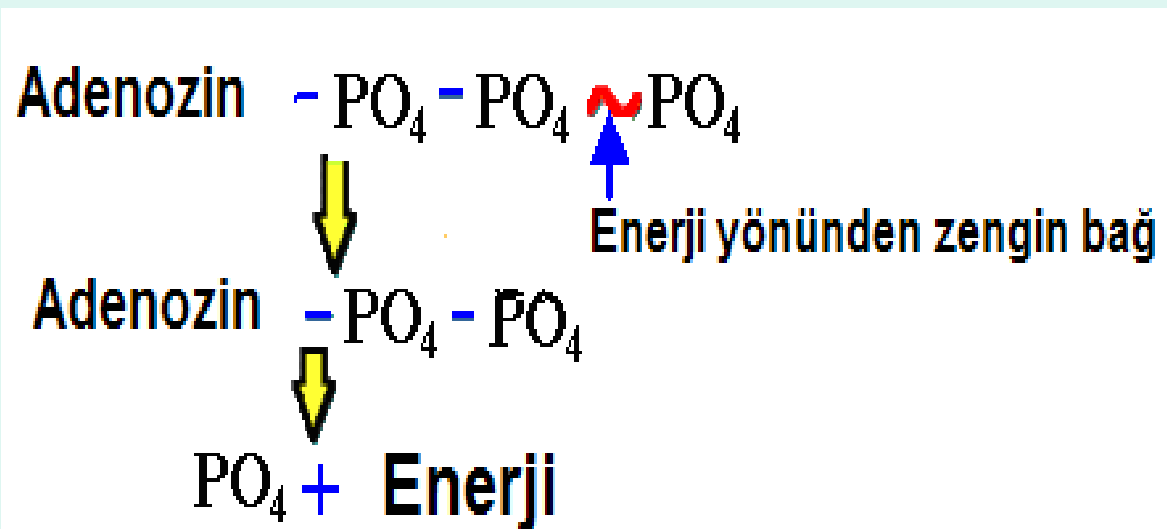
## B. Katabolik represyon

- İki substrat aynı anda katabolize edilemez
- Glikoz ve sorbit içeren bir ortamda *E.coli*, önce gerekli enzimleri üreterek glukozu parçalar
- glikoz tükenince represyon kalkar ve sorbit enzimleri sentezlenir
- ikinci substratı (sorbiti) ayrıştıracak olan enzim ilk aşamada inhibe edilerek sentezi önlenir.

# Enerji üretimi

- Canlılar enerjiyi iki yolla elde eder
  - indirek olarak enerjice zengin moleküllerden
  - fotosentezle gerçekleştirilir.
- Fotosentez; bitkilerin, alglerin, planktonların ve bazı bakterilerin güneş ışığı, su ve karbondioksitten glikoz, nişasta ve diğer besin maddelerini üretmeleri
- Fotosentez işleminde
  - su, hidrojen ve oksijene ayrılır
  - hidrojen karbondioksitin karbonuna bağlanarak karbonhidratlar sentezlenir.
- hidrojen ve oksijen arasında oluşturulan bu potansiyel fark aerop solunum yapan organotrof canlılar için enerji kaynağıdır
- organotroflar hidrojeni karbon bağından ayırır ve oksijen ile “biyokimyasal patlayıcı gaz reaksiyonuna” sokarlar ve bu sırada da enerji üretilir (ısı enerjisi de üretilir)

- Hücre içinde kazanılan serbest enerji biyokimyasal rks lerde kullanılmak üzere hazır formda tutulur
- Adenozin tri fosfat (ATP) = Nakit kullanılabilir enerji formu
- ATP canlı hücreye dışardan girmez, karbonhidrat ve yağların oksidasyonu sırasında sentezlenir
- ATP nin ADP ve orto fosfata kırılmasıyla hücre içinde yapılacak işler için enerji hazırlanmış olur
- Diğer taraftan fotosentez, aerobik ve anaerobik solunum ve fermentasyondan sağlanan enerji ATP ye verilir



- Substrat moleküllerinden çıkarılan hidrojen ve elektron diğer hidrojen alıcılara **elektron transport sistemleri** ile aktarılır
- Elektron transport sisteminin taşıyıcıları bakterilerin plazma membranı üzerinde yer alır
- En iyi elektron taşıyan koenzimler arasında
  - NAD
  - NADP
  - riboflavinfosfat,
  - FAD
  - çeşitli porfirinler



# Koenzimler ve temel reaksiyonları

Koenzimler	Sembolü	Temel reaksiyonlar
Adenosin trifosfat	ATP	Fosforilasyon Pirofosforilasyon
Uridin Sitozin Guanidin trifosfat	UTP CTP GTP	Polisakkarid ve lipid biyosentezinde olduğu gibi aktivasyonlar
Nikotinamid adenin dinukleotid (okside olmuş)	NAD <sup>+</sup>	Oksidasyon
Nikotinamid adenin dinukleotid fosfat	NADP	Oksidasyon
Nikotinamid adenin dinukleotid (redükte olmuş)	NADH	Redüksiyon, elektron transport, fosforilasyonda ATP yapımı
Flavin adenin dinukleotid (okside veya redükte olmuş)	FAD FADH <sub>2</sub>	Oksidasyon, redüksiyon, ATP üretimi
Pridoksal fosfat	PLP	Dekarboksilasyon, deaminasyon
Tetrahidrofolik asit (çeşitli formlarda)	FH <sub>2</sub>	1 – karbon bileşiğinin transferi
Tiamin pirofosfat	TPP	Dekarboksilasyon, ketoformasyon
Koenzim A	CoA	Açıl transferi
Biotin		Karboksilasyon ve karboksil transferi

- **biyolojik oksidasyon (biyooksidasyon) enerji eldesi amacıyla gerçekleştirilen biyokimyasal olaylar**
  - substratın oksijenle ( $O_2$ ) birleşmesi veya
  - substrattan hidrojen ( $H^+$ ) veya elektronun ( $e^-$ ) çıkması (Dehidrogenasyon) olayıdır
- Hidrojen sağlayan substrat H-Donatör (verici)= karbonhidratlar
- H-akseptör (alıcı) = moleküler oksijen, belirli organik ve inorganik maddeler
- Biyooksidasyon 3 yolla olur:
  - 1) Solunum (H-Akseptör:  $O_2$ ) (aerobik oksidasyon)
  - 2) Fermentasyon (H-Akseptör: organik maddeler) (anaerobik oksidasyon)
  - 3) Anaerop solunum (H-Akseptör: nitrat, sülfat gibi inorganik maddeler)

# solunum

- Organik ve inorganik substratların moleküler oksijenle (O<sub>2</sub>) birleşmesi
- Tam oksidasyonda fazla enerji (*Saccharomyces cerevisiae*/glikoz)
- $C_6H_{12}O_6 + O_2 \longrightarrow 6 CO_2 + 6 H_2O + 688 \text{ Kcal}$
- Tam oksidasyon oluşmayabilir, reaksiyon sonucu oluşan ara ürünlerin arasında enerjinin bir kısmı bağlı kalır şaraptan sirke asidinin oluşması
- $C_2H_5OH + O_2 \longrightarrow CH_3COOH + H_2O + 118 \text{ Kcal}$
- $NaNO_2 + \frac{1}{2}O_2 \longrightarrow NaNO_3 + \text{enerji}$  (inorganik oksidasyon-oksijen hidrojen alıcısı olarak kullanılmıştır)

# fermentasyon

- Fakültatif ve anaerop mikroorganizmalar
- hidrojen alıcısı olarak N, CO, CO<sub>2</sub>, KNO<sub>3</sub>, C, SO<sub>4</sub> gibi inorganik maddeler ve organik maddeler
- Anaerobik koşullarda organik substratların hidrojen alıcısı olarak kullanılmasına **fermentasyon veya glikolizis** adı verilir.  
→
- C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub>                      2 CO<sub>2</sub> + 2 C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH + 56 Kcal

# Anaerobik solunum

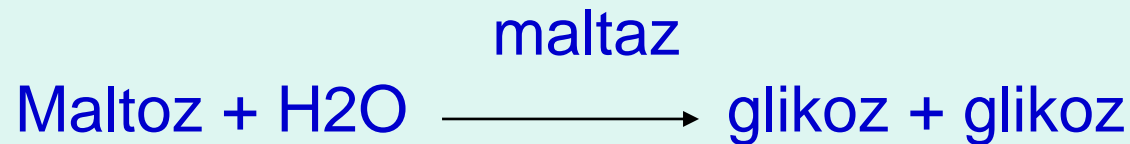
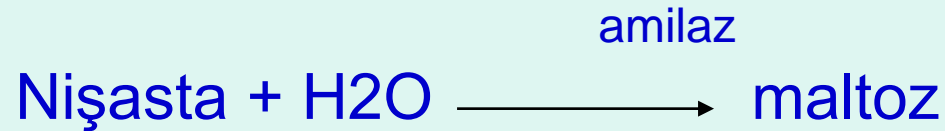
- **Nitrat solunumu:**
- Nitrat bir çok mantar ve bakteriler tarafından azot kaynağı olarak kullanılır.
- bazı aerobikler anaerob şartlarda nitratı H-Akseptör olarak kullanıp enerji elde ederler ve bu işlem “**Nitrat Solunumu**” olarak adlandırılır.
- Nitrat solunumunda, nitrat nitrite oradan da amonyak veya  $N_2$ 'a indirgenir.
- **Sülfat Solunumu (Desülfirikasyon):**
- Kükürtlü amino asitlerin sentezi için gerekli kükürt sülfat redüksiyonu ile sağlanır.
- Sülfat solunumunun yan ürünü  $H_2S$ 'dür
- Burada H-verici maddeler organik asitler, moleküler hidrojen ve alkollerdir. H-alıcı ise sülfattır.

# Karbonhidratların ayrışması

- Polisakkaritlerin ayrışması

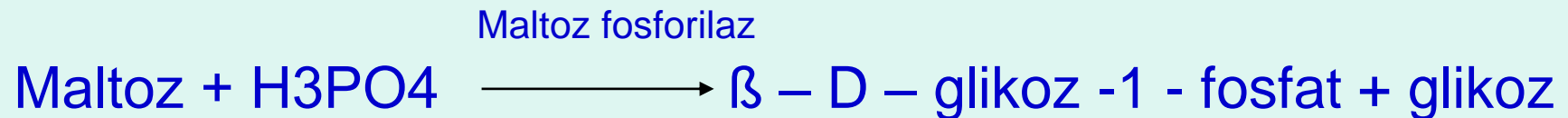
## a. Hidrolizasyon

Glikozid bağı karbonhidraz enzimleri ve su aracılığıyla koparılır.



## b. Fosforilasyon

Mikroorganizmalarda bulunan polisakkarit fosforilaz enzimleri polisakkaritlerin ayrışmasına yardımcı olur



# Monosakkaritlerin ayrışması

- glikoz bakteri hücrelerine girdikten sonra, ya glikoz olarak özel depolarda muhafaza edilir ya da son ürünlerine kadar parçalanmalar devam eder
- Bu işlemler tek bir basamakta gerçekleşmez. Her basamak birbirinden bağımsız olup ayrı enzimler tarafından katalize edilir.
- Glikozun parçalanmasında üç katabolik yol
- **1) EMP (Embden-Meyerhof-Parnas) yolu.** pürüvat üzerinden laktata kadar parçalanır.
- **2) Hegzos-mono-fosfat (HMP) yolu.** Aerobik koşullarda gerçekleşir
- **3)KDPG yolu.** Aerobik koşullarda gerçekleşmektedir.

- Glikozun parçalanması sırasında temel ya da ara ürün olarak **pirüvik asit** oluşur
- **a. Aerobik parçalanma**
  - Son ürün CO<sub>2</sub> ve H<sub>2</sub>O **KREBS çemberi** veya **trikarboksilik asit, sitrik asit çemberi**
  - Etanol oksidasyonu
  - Sitrik asit üretimi
  - Glukonik asit üretimi
  - Diğer organik asitlerin üretimi
- **b. Anerobik parçalanma**
  - Alkolik fermentasyon:
  - Süt asidi fermentasyonu:
  - Propiyonik asit fermentasyonu :
  - Karınca asidi (formik asit) fermentasyonu
  - Butirik asit fermentasyonu
  - Metan fermentasyonu



# Proteinlerin Parçalanması

- $$\text{Proteinler} + \text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{Proteinaz}} \text{polipeptid} + \text{H}_2\text{O} \xrightarrow{\text{Peptidaz}} \text{amino asitler}$$
- Amino asitler hücre duvarı ve sitoplazmik zardan geçerek ya depoda toplanır ya da hücre yapı taşı olarak kullanılır
- **Amino asitlerin parçalanması**
- **(1) Deaminasyon/Dezaminasyon (amino grubunun ayrılması)**
- Amino grubu (NH<sub>2</sub>) oksidatif ve redüktif dezaminasyon ile amino asitten ayrılarak keto asit, organik asit ve ve amonyak oluşur.
- $$\text{Amino asit} + \text{O}_2 \xrightarrow{\text{oksidaz}} \text{keto asidi} + \text{amonyak (oksidatif dezaminasyon)}$$
- $$\text{Amino asit} + 2 \text{H} \xrightarrow{\text{redüktaz}} \text{organik asit} + \text{amonyak (redüktif dezaminasyon)}$$

- **(2) Transaminasyon**
- Deaminasyonla oluşan amonyak ortamda birikir veya keto asidine nakledilir
  
- **(3) Dekarboksilasyon**
- karboksil grubunun (COOH) çıkarılması
- karboksilaz enzimi katalize eder
- CO<sub>2</sub> ve bazı biyojen aminler (histamin, kadaverin, putresin) oluşur
  
- **Proteinlerin sentezi**
- Amino asitlerin karbon iskeleti metabolizma ara ürünlerinden, amino grupları aminasyon ve transaminasyon ile temin edilir
- Amonyaktan organik azot oluşturulur
- Amino asit parçalanmasının bazı reaksiyonları tersine dönerek amino asitler oluşturulabilir

# Sekonder Metabolitlerin Üretimi

- **Antibiyotikler**

- Penisilin: *Penicillium notatum*
- Streptomisin, teramisin: *Streptomyces* türleri

- **Mikotoksinler**

- Aflatoksin: *Aspergillus flavus*
  - yer fıstığı, hububat, yağlı tohumlar ve yemlerde
- Patulin: *Penicillium patulum*
  - meyve, sebze ve yemlerde üretilir.
- Zehirli şapkalı mantarların toksinleri

- **Diğer Metabolitler:**

- C vitamini, provitamin A, B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub> ve B<sub>12</sub>
- Alkoloidler göğüs hastalıkları ve migren tedavisinde