

Metabolizma

Enerji üretimi ve Karbonhidrat Metabolizması

1. Enerji Üretimi

Canlılar enerjiyi iki yolla elde eder

- İndirek olarak, enerjice zengin moleküllerden
- Direkt olarak, fotosentezle gerçekleştirilir.

Fotosentez; bitkilerin, alglerin, planktonların ve bazı bakterilerin güneş ışığının foton enerjisini kullanarak, su ve karbondioksitten glikoz, nişasta ve diğer besin maddelerini üretmeleridir.

- Fotosentez işleminde
 - su, hidrojen ve oksijene ayrılır
 - hidrojen karbondioksitin karbonuna bağlanarak karbonhidratlar sentezlenir.



Hidrojen ve oksijen arasında oluşturulan bu potansiyel fark aerobik solunum yapan **organotrof (heterotrof)** 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)

Ökaryot ve prokaryotlar enerjice zengin organik kaynaklardan enerji elde etmek için onları okside ederler. Bu esnada ATP (Adenozin trifosfat) olarak enerji açığa çıkar. ATP canlı hücrelerin enerji pilidir.



ATP canlı hücreye dışardan girmez, karbonhidrat ve yağların oksidasyonu sırasında sentezlenir. Sentez sırasında fosfat atomları ADP' ye eklenir. Bu işleme **fosforilasyon** denir.

ATP, 3 adet fosfat bağı içerir. Son 2 fosfat arasındaki bağı **enerjice zengin bağ** adı verilir.

Sentez olayları sırasında, gerekli olan enerji bağlarının hidrolizasyonu ile açığa çıkar.

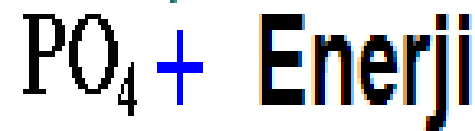
Hücrelerde bunların dışında;

- Sitozin trifosfat (CTP),
- Guanozin trifosfat,
- Uridin trifosfat gibi enerji içeren bileşikler bulunur.





Enerji yönünden zengin bağ



- Substrat moleküllerinden çıkarılan hidrojen ve elektron, diğer hidrojen alıcılarına **elektron transport sistemleri** ile aktarılır
- Elektron transport sisteminin taşıyıcıları bakterilerin plazma membranı üzerinde yer alır
- En iyi elektron taşıyan koenzimler arasında
 - NAD (nikotinamid adenin dinüklotit)
 - NADP (nikotinamid adenin dinüklotit fosfat)
 - riboflavinfosfat,
 - FAD (flavin adenin dinüklotit)
 - çeşitli porfirinler



Mikroorganizmalarda, enerji oluřturan oksidatif nitelikte reaksiyonlara **Biyolojik oksidasyon (biyooksidasyon)** adı verilir.

- Oksidasyon bir substratın oksijenle (O_2) birleřmesi veya
 - substrattan hidrojen (H^+) veya elektronun (e^-) çıkması ise dehidrogenasyon olayıdır
-
- Hidrojen saęlayan substrat H-Donatör (verici)= karbonhidratlar

 - H-akseptör (alıcı) = moleküler oksijen, belirli organik ve inorganik maddeler



Biyooksidasyon 3 yolla olur:

1. Solunum (H-Akseptor: O₂) (aerobik oksidasyon)
2. Fermentasyon (H-Akseptor: organik maddeler) (anaerobik oksidasyon)
3. Anaerop solunum (H-Akseptor: nitrat, sülfat gibi inorganik maddeler)

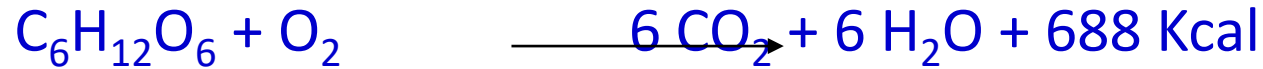


1. Solunum

Organik ve inorganik substratların moleküler oksijenle (O₂) birleşmesidir.

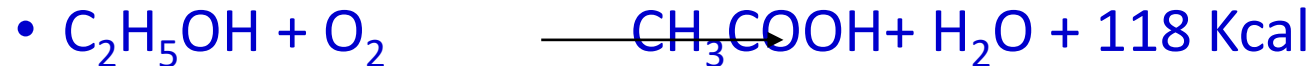
Reaksiyon **oksidaz enzimleri** aracılığı ile yürütülür.

- Tam bir oksidasyonda fazla enerji açığa çıkar. (*Saccharomyces cerevisiae*/glikozu)



- Bazı oksidasyon olaylarında tam oksidasyon oluşmayabilir, reaksiyon sonucu oluşan ara ürünlerin arasında enerjinin bir kısmı bağlı kalır.

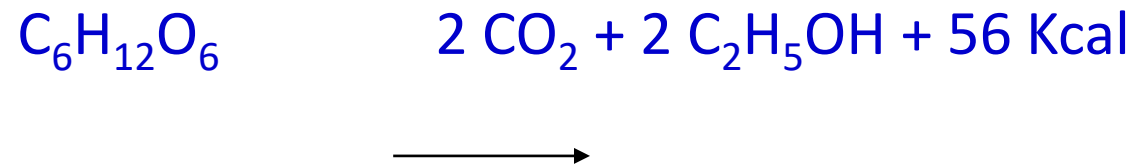
Şaraptan sirke asidinin oluşması gibi



- $\text{NaNO}_2 + \frac{1}{2}\text{O}_2 \longrightarrow \text{NaNO}_3 + \text{enerji (inorganik oksidasyon-oksijen hidrojen alıcısı olarak kullanılmıştır)}$

2. Fermentasyon

- Fakültatif ve anaerop mikroorganizmalar tarafından oluşur.
- hidrojen alıcısı olarak N, CO, CO₂, KNO₃, C, SO₄ gibi inorganik maddeler ve organik maddeler
- Anaerobik koşullarda organik substratların hidrojen alıcısı olarak kullanılmasına **fermentasyon veya glikolizis** adı verilir.



3. Anaerobik solunum

a. Nitrat solunumu:

Nitrat bir çok mantar ve bakteriler tarafından azot kaynağı olarak kullanılır.

Bazı aerob bakteriler 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.



b. Sülfat Solunumu (Desülfirikasyon):

Bitkiler ve mikroorganizmaların çoğu sülfatı kükürt kaynağı olarak kullanır.

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.



Karbonhidrat Metabolizması

A. Karbonhidratların ayrışması

Karbonhidratların ayrışması polisakkarit ve monosakkarit olmalarına göre değişir.

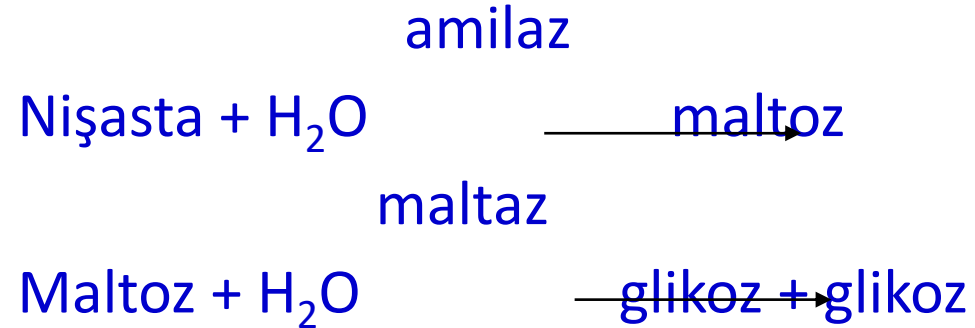
1. Polisakkaritlerin ayrışması

Polisakkaritler glikozit bağı ile bağlanmış monosakkaritlerden oluşmuştur. Monomerler arasındaki bu bağın parçalanması ile monosakkaritler ayrışır. 2 şeklide ayrışır.



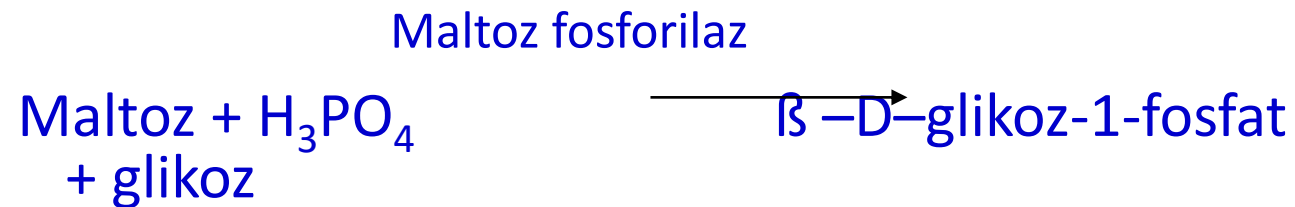
a. Hidrolizasyon

Glikozid bağı **karbonhidraz enzimleri** ve **su** aracılığıyla koparılır.



b. Fosforilasyon

Mikroorganizmalarda bulunan **polisakkarit fosforilaz** enzimleri polisakkaritlerin ayrışmasına yardımcı olur



2. 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.
2. Hegzos-mono-fosfat (HMP) yolu.
3. KDPG yolu.



1. EMP (Embden-Meyerhof-Parnas) yolu.

Glikoz pruvat üzerinden laktata kadar parçalanır. Bu yola glikolitik yol veya glikolisis de denir. EMP kimyasal adı Fruktoz di fosfat (FDP) veya Fruktoz bi fosfat(FBP)'dir.



2. Hegzos-mono-fosfat (HMP) yolu.

Aerobik koşullarda gerçekleşen ikinci önemli yoldur. Bu yol siklus oluşturduğundan **oksidatif fosfat siklusu (PP-siklusu)** olarak da anılmaktadır.



3. KDPG yolu.

Aerobik koşullarda gerçekleşmektedir. Katabolizmada ara őr őr olarak 2-keto, 2 dezoksi, 6-fosfo-glukonat oluştuğundan kimyasal olarak KDPG yolu adlandırılmaktadır.

Glikozun parçalanması sırasında temel ya da ara őr őr olarak **pir őrvik asit** oluşur. Pir őrvik ait enzimler aracılığıyla tekrar ayrırır ve ortamdaki mikroorganizmaların aerop veya anaerop oluşlarına g őrre parçalanma 2 eřitir



a. Aerobik parçalanma

Pirüvik asit, O₂'li ortamda CO₂ ve H₂O parçalanır. Bu oksidasyon olayları **Krebs çemberi** veya **trikarboksilik asit, sitrik asit** çemberidir. Bu süreçte oluşan reaksiyonlar;

- Etanol oksidasyonu
- Sitrik asit üretimi
- Glukonik asit üretimi
- Diğer organik asitlerin üretimi



b. Anerobik parçalanma

Enerjice zengin organik maddelerin O₂'siz ortamda koşullarda enerji yönünden fakir organik maddeler parçalanmasına fermentasyon denir. Metabolizma ürünlerine göre;

- Alkolik fermentasyon:
- Süt asidi fermentasyonu:
- Propiyonik asit fermentasyonu :
- Karınca asidi (formik asit) fermentasyonu
- Butirik asit fermentasyonu
- Metan fermentasyonu



B. Karbonhidratların sentezi

Polisakkaritlerin sentezi; dışarıdan hücreye giren veya hücre içinde bulunan monosakkaritler arasında glikozit bağının kurulmasıyla gerçekleşir.

Sentez 2 şekilde gerçekleşir;

1. Monosakkarit üniteleri arasında **fosforilaz enzimleri** tarafından reaksiyonla polisakkaritler oluşur.
2. **Transglikolizasyon reaksiyonunda**; glikozit bağları bir üniteden diğerine aktarılarak yeni bağlar oluşturulur.



Lipid Metabolizması

A. Lipidlerin ayrışması

Mikroorganizmalardaki hidrolitik enzimlerden lipazlar, trigliseridleri yağ asitleri ve gliserine parçalar. Yağ asitleri bazı mikroorganizmalar tarafından daha ileri ayrışarak ketonlar oluşur.

B. Lipidlerin sentezi

Uzun zincirli yağ asitlerinin sentezini Asil-CoA sintaz multi enzim kompleksi gerçekleştirir.

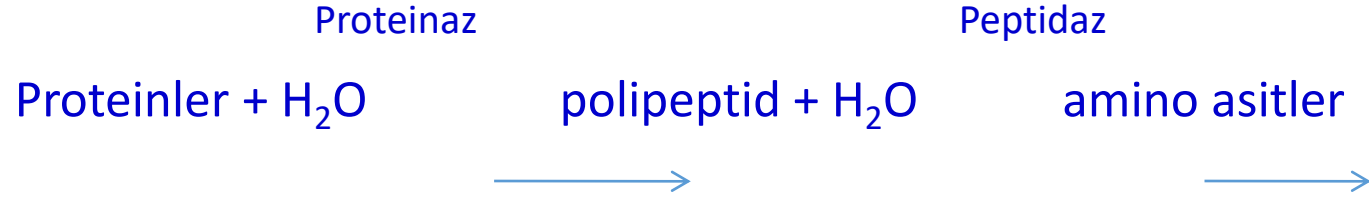
Sentezin giriş maddesi, pirüvattan pirüvat dehidrogenaz tarafından oluşturulan asetil coA'dır. Daha sonra bir seri enzimatik reaksiyonlarla yağ asitleri oluşur.



Protein Metabolizması

A. Proteinlerin ayrışması

Yüksek molekül ağırlıklı proteinler önce ekstraselüler enzimlerle (proteinaz, peptidaz) peptit ve aminoasitlere parçalanır.



Amino asitler hücre duvarı ve sitoplazmik zarıdan geçebildikleri için;

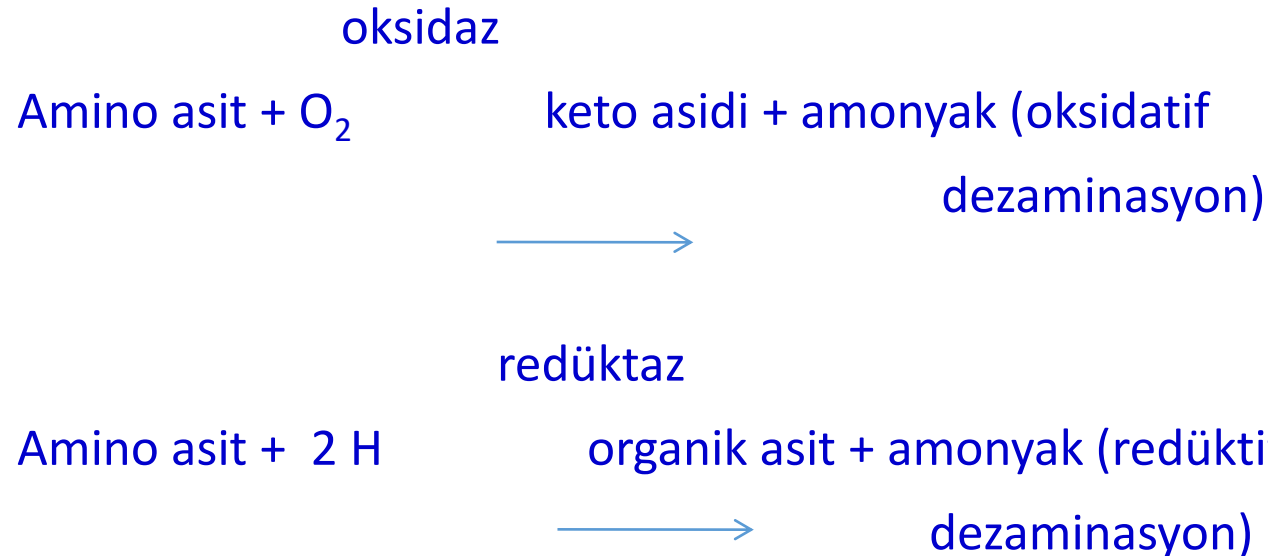
- ya aminoasit deposunda toplanır ve hücre yapıtaşı olarak kullanılır.
- ya da ileri derecede parçalanır.



Mikroorganizmalar amino asitleri 3 şekilde hidrolize eder.

1. Deaminasyon/Dezaminasyon (amino grubunun ayrılması)

Amino grubu (NH_2) oksidatif ve redüktif dezaminasyon ile amino asitten ayrılarak keto asit, organik asit ve ve amonyak oluşur.



2. Transaminasyon

Dezaminasyonla oluşan amonyak ortamda birikir veya keto asidine nakledilir

3. Dekarboksilasyon

Amino asitler karboksil grubunun (COOH) ıkarılması sonucu ayrışırlar.

- ▶ karboksilaz enzimi katalize eder
- ▶ CO₂ ve bazı biyojen aminler (histamin, kadaverin, putresin) oluşur



B. Proteinlerin sentezi

- ▶ Mikroorganizmaların çoğu protein sentezi için gerekli olan 20 amino asidi sentezleyebilir.
- ▶ Amino asitlerin karbon iskeleti metabolizma ara ürünlerinden amino grupları, aminasyon ve transaminasyon ile temin edilir
- ▶ Amonyaktan inorganik azot organik azot dönüştürülür.
- ▶ Amino asit parçalanmasının bazı reaksiyonları tersine dönerek amino asitler oluşturulabilir



Sekonder Metabolitlerin Üretimi

Antibiyotikler

Düşük konsantrasyonda mikroorganizma gelişimini durduran biyolojik maddelerdir.

- Penisilin: *Penicillium notatum*
- Streptomisin, teramisin: *Streptomyces* türlerinden üretilir.

Mikotoksinler

Aflatoksin ve bazı *Aspergillus* türleri (*Aspergillus flavus*) tarafından yer fıstığı, hububat, yağlı tohumlar ve yemlerde üretilir.



Patulin: *Penicillium patulum* tarafından

- meyve, sebze ve yemlerde üretilir.
- Zehirli şapkalı mantarların toksinleri de mikotoksindir.

Diğer Metabolitler:

- C vitamini, provitamin A, B₁, B₂ ve B₁₂ gibi B grubu vitaminler bakteriler, mayalar ve küf mantarları tarafından üretilir.
- Alkoloidler göğüs hastalıkları ve migren tedavisinde kullanılmaktadır.

