

METABOLİZMA

-Giriş-

Yrd. Doç. Dr. Serkan SAYINER

Yakın Doğu Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Biyokimya Anabilim Dalı

serkan.sayiner@neu.edu.tr

Genel Bakış

- Canlı organizmalar, kendilerini yenilemek, gelişmek ve üremek için kimyasal maddelere gereksinim duyarlar. Çünkü organizmanın tamamı kimyasal maddelerden meydana gelmiştir.
- Bu kimyasal maddeler *karbonhidratlar, lipidler, proteinler gibi organik maddeler, kalsiyum, fosfor, demir, kükürt* gibi inorganik maddeler ve su'dur. Örneğin deri; su, proteinler, lipidler ve inorganik maddelerden, hücre zarları; lipidler ve proteinlerden meydana gelmiştir.
- Organizmayı oluşturan moleküller ya canlının yapısına katılırlar ya da yapının oluşumunu ve sürekliliğini sağlayan fonksiyonlara katılırlar.
- Gıdalarla alınan ve emilen moleküller hücreye girdikten sonra çeşitli biyokimyasal reaksiyonlara katılırlar.

Tanımlar

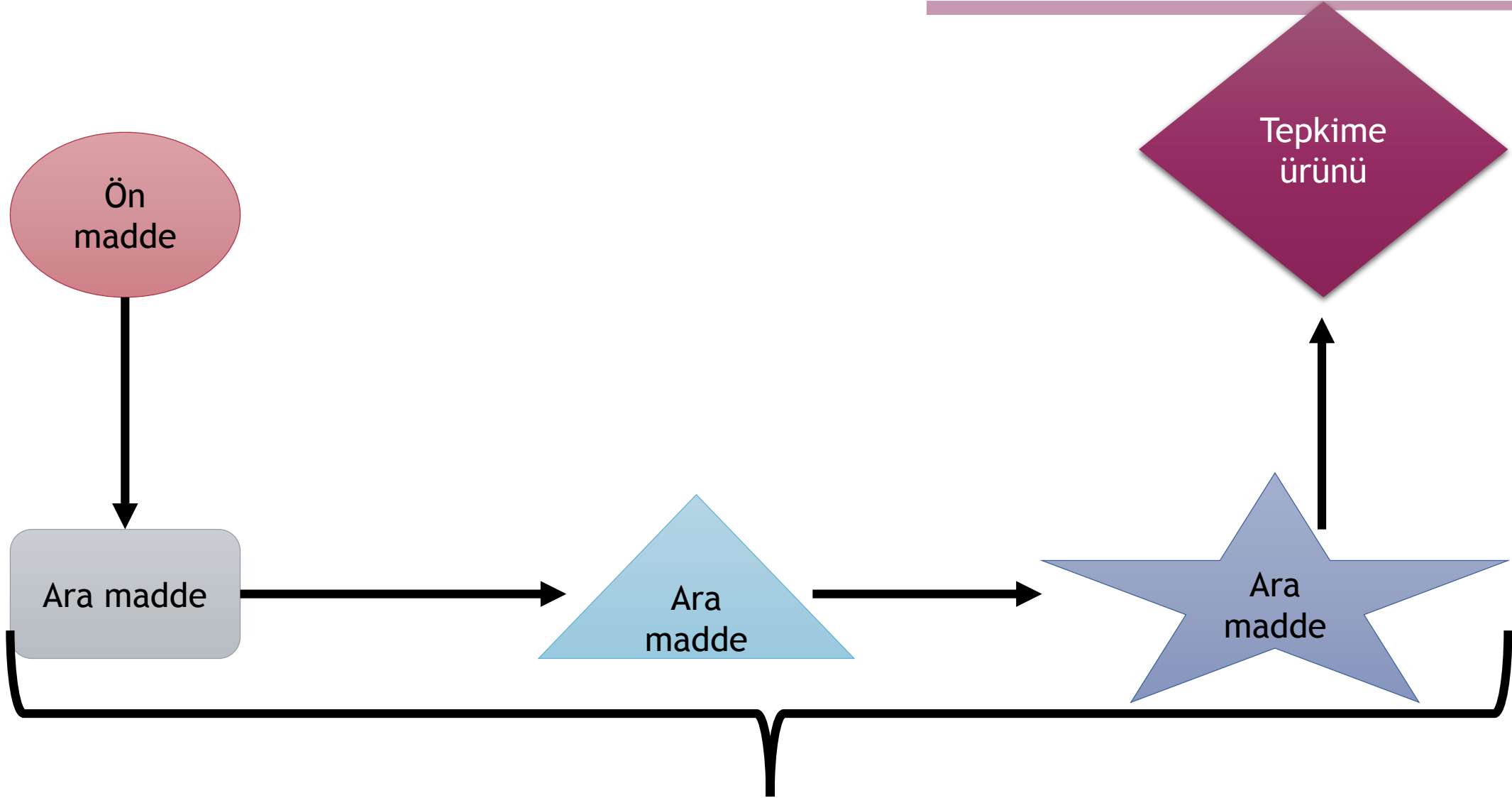
- **METABOLİZMA:** Canlı bir organizmanın doku ve hücreleri içinde meydana gelen, canlı maddenin üretimini ve sürekliliğini sağlayan kimyasal reaksiyonların hepsine birden denir.
- **ANABOLİZMA:** Gıdalarla alınan ya da iç ortamda bulunan moleküllerden organizmanın yapısal veya fonksiyonel bileşikleri sentez etmesi yani metabolizma reaksiyonlarının yapılıma yönelmesine denir.
- **KATABOLİZMA:** Organizma tarafından sentez edilen yada hücreye dışarıdan giren moleküllerin parçalanması yani metabolizma olaylarının yıkılıma yönelmesine denir.
- **Anabolizma + Katabolizma = METABOLİZMA**

Tanımlar

- **Eksergonik Reaksiyonlar:** Vücutta meydana gelen reaksiyonlardan bir kısmı enerji vericidir. Bu reaksiyonlar eksergonik reaksiyonlar denir.
- **Endergonik Reaksiyonlar:** Vücutta meydana gelen reaksiyonlardan bir kısmı enerji alıcıdır. Bu reaksiyonlara endergonik reaksiyonlar adı verilir.
- **Ara Metabolizma:** Organizmada hücre ve dokular içerisinde geçen metabolizma olayları ara metabolizma terimi ile anılır.

Tanımlar

- Vücuda girmiş gıda maddeleri ancak sindirim kanalında emildikten sonra uğradığı değişiklikleri ifade eder.
- Ara metabolizmadaki anabolik ve katabolik reaksiyonlar, basamaklar halinde yani bir takım ara maddelerin oluşmasıyla gelişir.
- Başka bir deyişle *reaksiyonun başlangıcındaki ön maddenin ara maddeler üzerinden son ürüne ulaşması şeklinde meydana gelir. Arada meydana gelen maddelere de ara metabolizma maddeleri yada metabolitler denir.*



Metabolitler
(Ara metabolizma maddeleri)

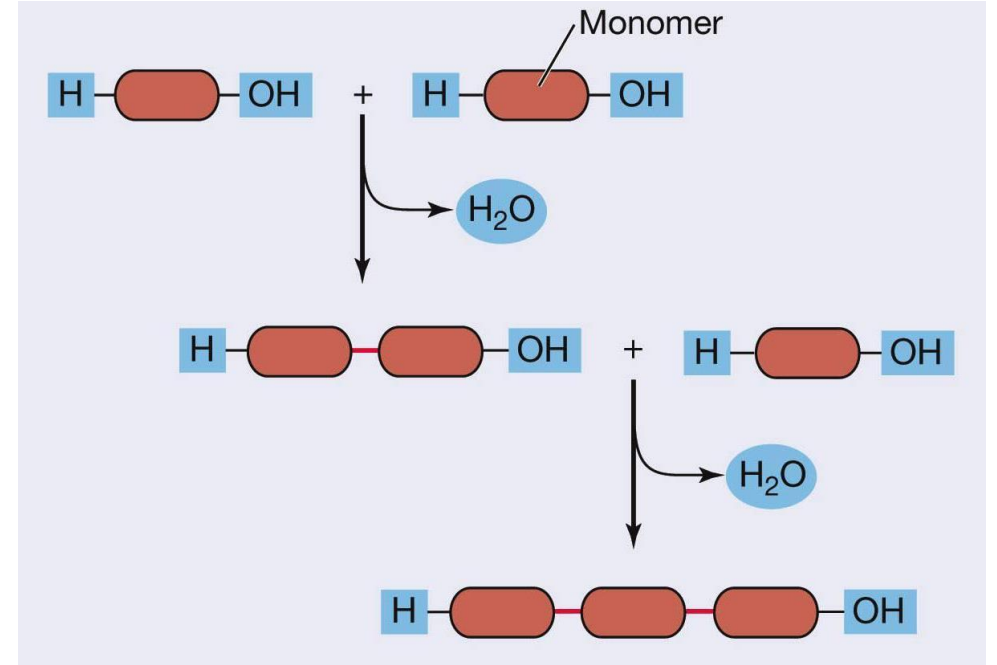
Metabolizma Reaksiyonları

- Organizmada çok çeşitli metabolizma reaksiyonları meydana gelir. Bunları 3 grup altında toplamak mümkündür.
 - Hidroliz ve kondenzasyon
 - Fosfat taşınması
 - Biyolojik Oksidasyonlar

Metabolizma Reaksiyonları

▪ KONDENZASYON

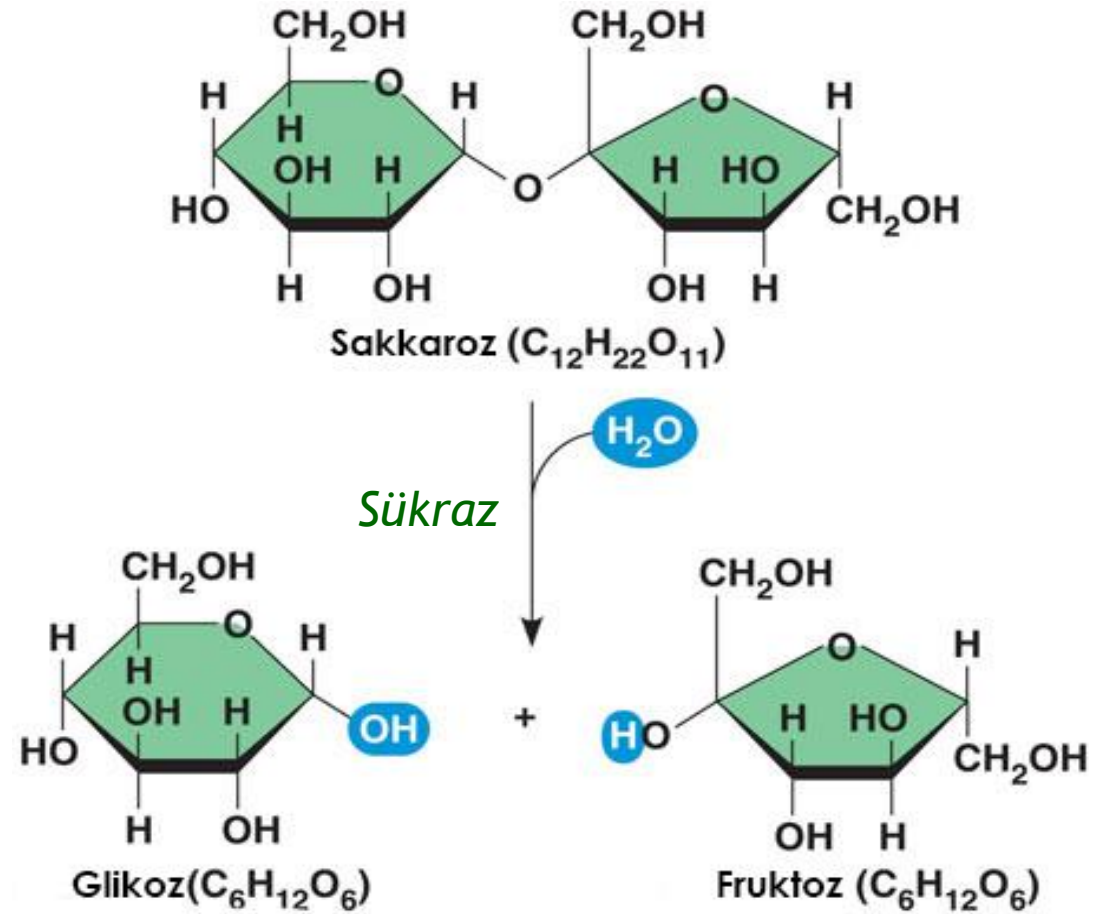
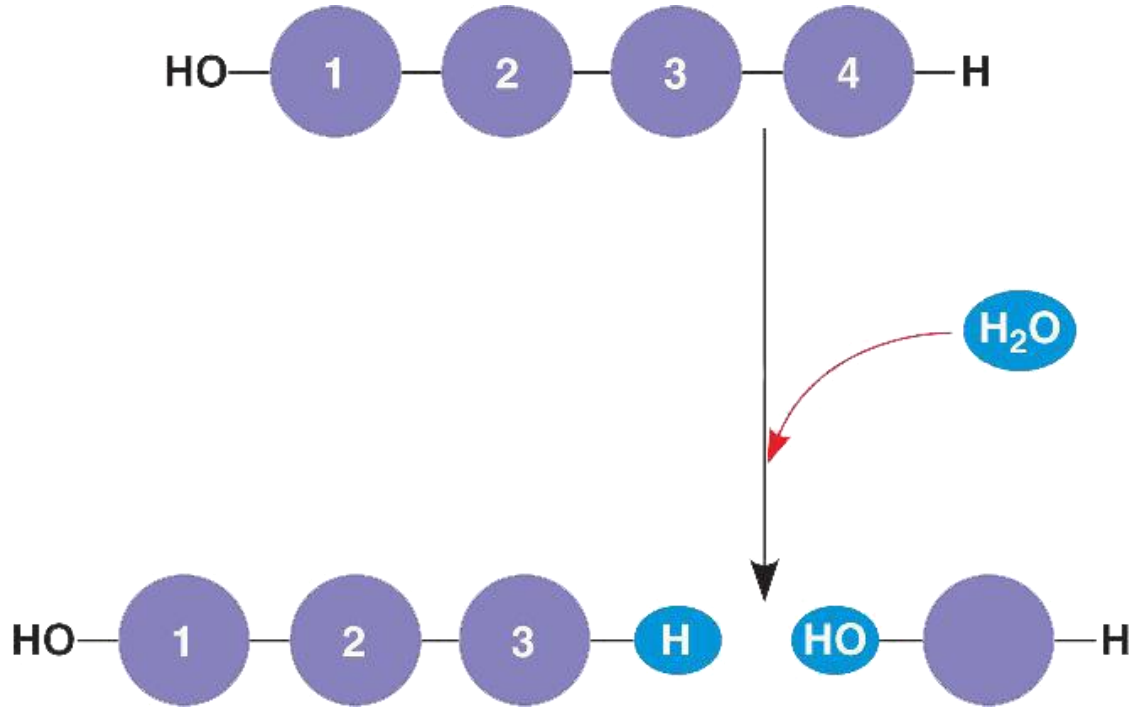
- İki molekülün aralarında bir mol su çıkması ile eter, ester ve peptid bağları oluşturarak birleşmeleri olayı olarak tanımlanır.
- İki monosakkarit molekülün glikozid bağı ile birleşmeleri eter bağına, iki amino asitin birbirleriyle birleşmesi peptid bağına, gliserolün yağ asitleri ile birleşmeleri de ester bağına bir örnektir.
- Kondenzasyon enerji alan yani endergonik bir reaksiyondur.



Metabolizma Reaksiyonları

■ HİDROLİZ

- Eter, ester, peptid bağlarının, her bağ için 1 mol su alarak çözülmesi sonucu kompleks kimyasal maddelerin daha basit yapı taşlarına ayrılmasına hidroliz denir.
- Polisakkaritlerin *amilaz* enzimi ile, proteinlerin *pepsin* ile sindirim kanalında parçalanmaları, trigliseritlerin *lipaz* enzimi ile gliserol ve yağ asitlerine parçalanmaları vücutta meydana gelen hidroliz olaylarına örnektir.
- Hidroliz reaksiyonları eksergonik yani enerji veren reaksiyonlardır. Molekül başına 1-4 kcal bir enerji açığa çıkar.
- Organizma içinde sindirim enzimleri ve beden ısısı altında gerçekleşen hidroliz olayları, in vitro olarak yoğun asit ve alkalilerle kaynatılarak meydana getirilebilir.



Metabolizma Reaksiyonları

▪ FOSFAT TAŞINMASI

- Organizmada birçok moleküllerin, özellikle karbonhidratların reaksiyonlara girebilmeleri için fosforlaşmış, yani fosfat esterlerinin oluşması gereklidir.
- Bu görevi fosfat taşıyıcılar yüklenir ve fosfat kalıntısı gerekli moleküllere verirler.
- Fosfat taşıyıcılar kapsadıkları fosfat kalıntısı sayısına göre 2 grupta incelenirler.
 1. Bir fosfat kalıntısı taşıyanlar
 2. Birden çok fosfat kalıntısı taşıyanlar

Metabolizma Reaksiyonları

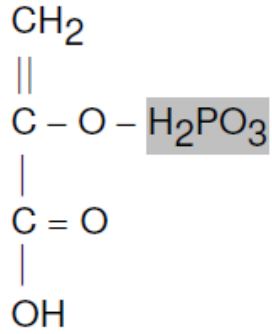
1. Bir fosfat kalıntısı taşıyanlar

- Moleküllerindeki enol, karboksil, hidroksil yada amino gruplarındaki bir H yerine, bir fosfat kalıntısı ($-H_2PO_3$) taşıyan maddelerdir.

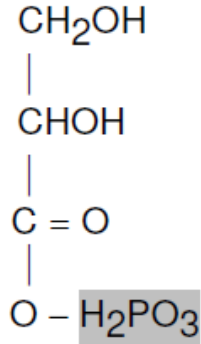
2. Birden çok fosfat kalıntısı taşıyanlar

- Bu gruba örnek olarak **adenozin difosfat (ADP)** ve **adenozin trifosfat (ATP)** verilebilir. Bu maddeler, bir nükleoziddeki pentozun alkol grubunun 1 hidrojeni yerine 2 ya da 3 fosfat kalıntısı geçmesiyle meydana gelmişlerdir.

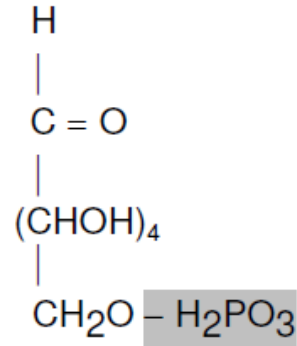
• **Bir fosfat kalıntısı taşıyanlar:**



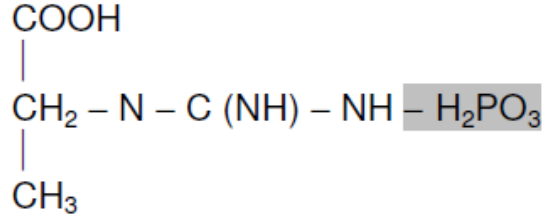
Fosfoenolpirüvik asit (PEP)



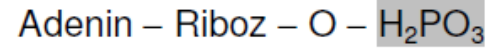
Fosfogliserik asit



Glukoz-6-fosfat

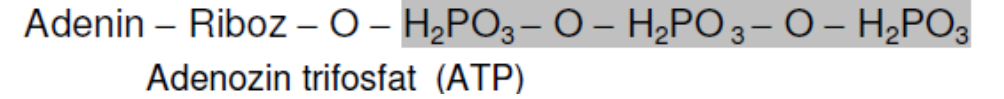
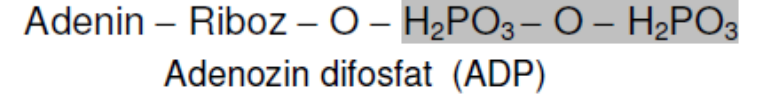


Kreatin fosfat



Adenozin monofosfat (AMP)

• **Birden çok fosfat kalıntısı taşıyanlar:**



Metabolizma Reaksiyonları

▪ FOSFAT BAĞLARI VE ENERJİ

- Fosfat kalıntısı taşıyan moleküllerin bir kısmının fosfat bağları dayanıklı bir kısmının ise dayanıksızdır.
- Dayanıklı fosfat bağları aynı zamanda az enerjili bağlardır.
- Bunların çoğu fosfat esterleridir ve organizmada *fosfataz* enzimleri ile, invitro olarak ise sulu asit ve alkalilerle yıkmak mümkündür.
- Glikoz-6-fosfat'ın (G-6-P) glikoz ve fosfata parçalanmasından az bir enerji (3.3 kcal) açığa çıkar.

Metabolizma Reaksiyonları

- Dayanıksız fosfat bağları ise yıkılması ile yüksek enerji veren bağlardır.
- Açıl fosfatlar, enol fosfatlar, adenozin trifosfat bu tip fosfat bağları taşıyan molekülleridir.
- Biyolojik reaksiyonlarda özel *fosfataz* enzimleri ile yıkıldıklarında, 7-13 kilo kalori enerji verirler. Onun için bu tip fosfat bileşiklerine **yüksek enerjili fosfat bileşikleri** adı da verilir.
- Örneğin ATP'nin parçalanması ile ADP ve bir fosfat açığa çıkar ve bu sırada 7 kcal' lik bir enerji meydana gelir.

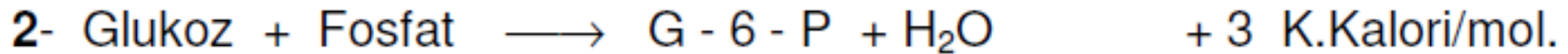
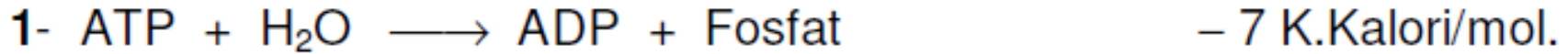
Fosfat bağları ve enerji

| Fosfat bileşikleri | Bağ türü | Reaksiyon | Kcal |
|--------------------|---------------|-------------------------------------|--------|
| Glikoz-6-fosfat | Ester | $G-6-P \rightarrow Gli + P$ | - 3,3 |
| ATP | Fosfoanhidrat | $ATP \rightarrow ADP + P$ | - 7,0 |
| ATP | Fosfoanhidrat | $ATP \rightarrow AMP + P + P$ | - 8,6 |
| Fosfoenolpiruvat | Enolfosfat | $PEP \rightarrow Pirüvat + P$ | - 13,0 |
| Kreatin fosfat | Fosfamid | $Kreatin-P \rightarrow Kreatin + P$ | - 10,2 |

Metabolizma Reaksiyonları

- Tüm yüksek enerjili fosfat bileşikleri fosfat verici olarak görev yapar.
- Bu tür fosfat bileşiklerinin hidrolizi ile enerji açığa çıkar. Ancak bunlar arasında özellikle ATP, yıkılarak başka bir molekülün fosforlanması için hem gerekli fosfatı hem de enerjiyi sağlar.
- Organizma içerisinde bu fosfat ve enerji taşınması da **fosfokinaz** enzimlerinin kontrolü altında gerçekleşir.

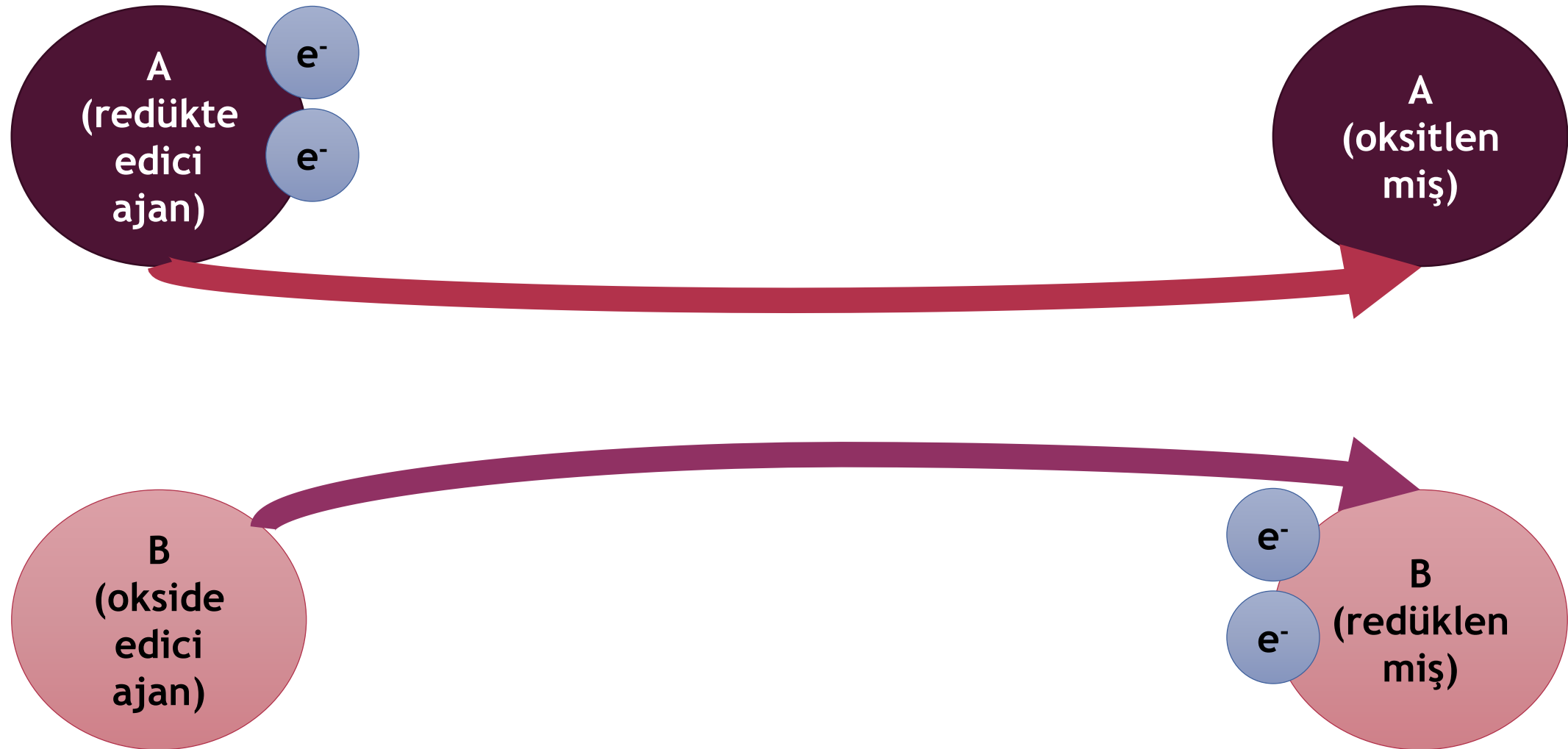
- **Fosfat taşınması mekanizması:** (T.4-1)



Metabolizma Reaksiyonları

- **BİYOLOJİK OKSİDASYONLAR (Oksidasyon ve redüksiyon olayları)**
 - Elektronların bir atom veya molekülden bir diğerine geçişleri **redoks reaksiyonu** olarak adlandırılır. (Redoks: e^- transferi)
 - **OKSİDASYON:** Bir maddenin elektron kaybetmesi olarak tanımlanır. **Yükseltgenme** olarak da isimlendirilir.
 - **REDÜKSİYON:** Bir maddenin elektron kazanması olarak tanımlanır. **İndirgenme** olarak da isimlendirilir.
 - Organik maddelerde elektronla beraber hidrojen iyonunun da molekülden ayrıldığı görülür. Onun için en basit oksidasyon tipine dehidrojenasyon denir.
 - Organizmada oksidasyon ve redüksiyon olayları enzimler içinde söz konusudur.

Metabolizma Reaksiyonları



Biyolojik Oksidasyonların Mekanizması

- Organizmadaki en önemli elektron vericileri, organik moleküllerin (ör. glikoz, yağ asitleri) hidrojen atomlarıdır.
- Hidrojen atomu bir H^+ ve e^- dan ibarettir.
- En önemli elektron alıcıları ise, havanın oksijen molekülüdür (O_2).

Biyolojik Oksidasyonların Mekanizması

- Biyolojik oksidasyonlar işte bu organik maddelerdeki H iyonları ve elektronların oksijene taşınması olayıdır. Reaksiyonlar tek bir tepkime ile değil, basamaklar halinde şekillenir. Bu basamaklarda organik maddelerdeki H iyonu ve elektronlar **oksido-redüksiyon enzimleri (redoks enzimleri)** aracılığı ile taşınırlar.
- Oksido-redüksiyon enzimlerinin organik molekülden uzaklaştırdıkları ve aktardıkları elektronlara ve hidrojen iyonlarına **indirgeme ekivalanları** denir. Bunlar ya direkt ya da indirekt olarak havanın oksijenine taşınırlar.

Biyolojik Oksidasyonların Mekanizması

- **Direkt biyolojik oksidasyonlar** vücutta çok ufak çapta meydana gelir. Bu olayda görevli enzimler **oksidazlardır**.
- **İndirekt biyolojik oksidasyonlar** vücutta çok büyük çapta meydana gelirler. Bu olayda görevli enzimler **dehidrojenazlardır**.

Biyolojik Oksidasyonların Mekanizması

▪ İndirekt biyolojik oksidasyonlar

- Bu tür biyolojik oksidasyonda H iyonları ve elektronlar enzimler aracılığı ile organik moleküllerden alınır ve oksijene kadar bir sıra enzimlere aktarılmak suretiyle taşınırlar.
- Bu olayda görevli **dehidrojenazlara solunum enzimleri** denir. Bu enzimlerin indirgenme ekivalanlarını taşıyan aktif kısımları (yani organik molekülden hidrojen ve elektronları alıp taşıyan kısımları) **koenzim** bölümleridir ve koenzimler etkili gruplarına göre dört grupta toplanır.

Biyolojik Oksidasyonların Mekanizması

1. PİRİDİNLİ ENZİMLER (NİKOTİNAMİDLİ ENZİMLER)

- Etkili grubu nikotinik asit amid' dir. Koenzimin tüm adı **nikotinamid adenin dinükleotid**' dir (**NAD**). Yapısında 2 fosforik asit bulunur. Üçüncü girerse **NADP⁺ (nikotinamid adenin dinükleotid fosfat)** meydana gelir.
- NAD ve NADP⁺ elektron ve H iyonu alınca indirgenir, NADH+H⁺ ve NADPH halini alır.
- Koenzimi NAD olan enzimler özellikle karbonhidrat metabolizmasında, glikoliz ve TCA siklusu gibi metabolik yollarda ve mitokondri içi solunum zincirinde rol alırlar.

Biyolojik Oksidasyonların Mekanizması

2. FLAVİNLİ ENZİMLER

- Etkili gurubu, Riboflavin' in (Vitamin B₂), dimetil-izoalloksazin grubudur. Yapının tüm adı **flavin adenin dinükleotid (FAD)**'dir.
- H iyonu ve elektron alınca FADH₂ halini alır. FAD özel bir apoenzime sıkıca bağlıdır.
- Solunum zincirinde, piridinli enzimlerden ve organik maddelerden aldığı elektron ve hidrojeni, **kinon'lu enzimlere (Q)** aktarır.

Biyolojik Oksidasyonların Mekanizması

3. KİNONLU ENZİMLER (KOENZİM Q₁₀)

- Etkili grubu **kinon**' dur. Yan kol olarak 10 izopren kalıntısı taşır. 2H atomu yani 2H⁺ ve 2e⁻ alınca hidrokinon halinde indirgenir.
- Biyolojik oksidasyon zincirindeki **sitokromlarla** yakın ilişkisi vardır. Flavimli enzimlerden aldığı 2H⁺ ve 2e⁻ ile indirgenir ve sitokromlara (demirli enzimlere) verir.

Biyolojik Oksidasyonların Mekanizması

4. DEMİRLİ ENZİMLER

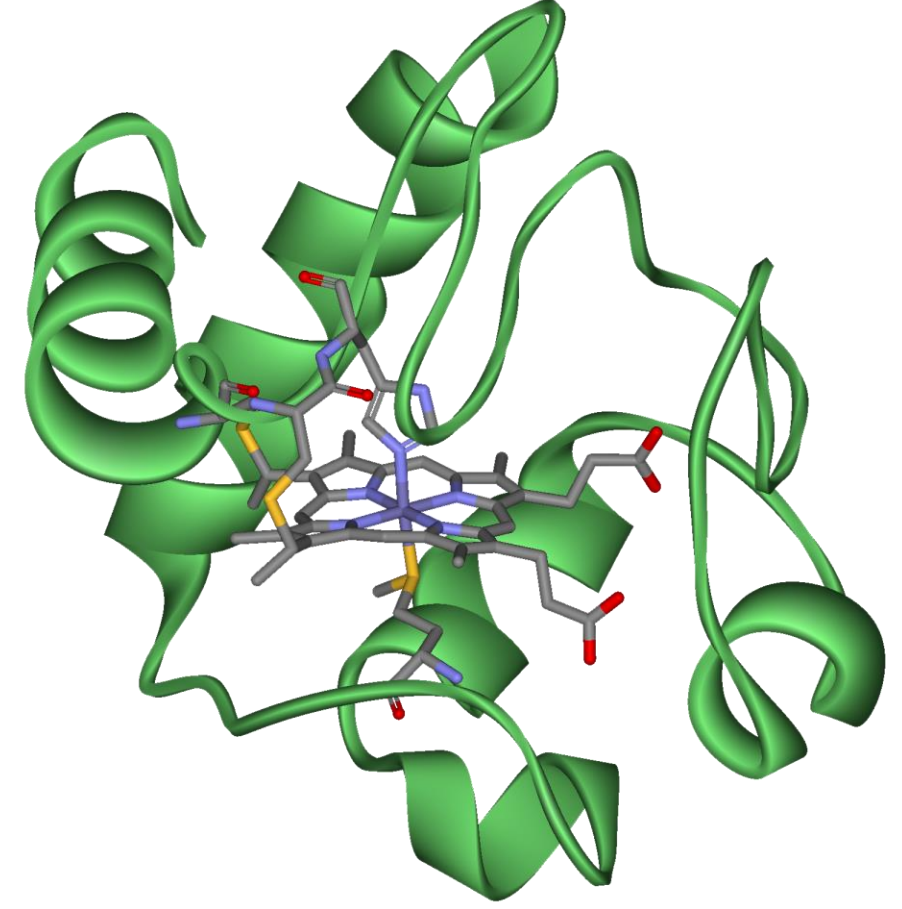
- Etkili grubu **demir (Fe)**'dir. Demir bir porfin iskeletinin tam ortasında yerleşmiştir. Böylece bir koenzim oluşturmuştur.
- Porfirin yapılarında bulunan bu koenzimler, çeşitli özel proteinlere çok sıkı bir şekilde bağlanarak çeşitli demirli enzimleri meydana getirirler. Bu enzimler başlıca **sitokromlar** ve **sitokrom oksidaz**lardır.

Biyolojik Oksidasyonların Mekanizması

- Bu koenzim fonksiyonu, yalnız elektronlar alıp vermekle demir valansında değişiklikler meydana gelmesi esasına dayanır.
- Üç deęerli demir, iki deęerli demir'e indirgenir.
Sitokromların üç türü vardır; b_1 , c_1 ve c sitokromlar.
- Bunlar **Koenzim Q**'dan aldıkları elektronları birbirilerine aktarırlar.

Biyolojik Oksidasyonların Mekanizması

- Elektron veren oksitlenir, alan ise indirgenir. İndirgenmiş **sitokrom c'** de elektronlarını **sitokrom oksidazlara** verir ve kendi tekrar oksitlenir.
- **Sitokrom oksidazların** ise iki türü vardır. **Sitokrom a** ve **sitokrom a₃**.



Sitokrom c

Biyolojik Oksidasyonların Mekanizması

- Sitokrom oksidaz a_3 , sitokrom c' den elektronları alır ve kendi indirgenir.
- İndirgenmiş sitokrom oksidaz a_3 ' de elektronlarını havanın O_2 ' ine vererek onu oksijen iyonuna çevirir.
- Oksijen iyonu da ortamdaki $2 H^+$ ile reaksiyona girer ve böylece su sentezlenmiş olur.
- Organizmadaki endojen suyun sentezi bu şekilde meydana gelir.

Solunum Zincirinin Fonksiyonu

- Biyolojik oksidasyonların büyük kısmı, birbirini tamamlayan ve çok sayıda oksidasyon-redüksiyon olaylarının bir zincirin halkaları gibi dizilmesiyle olur.
- Bu zincirin ucunda, özel bir **dehidrojenaz** enziminin doğrudan doğruya etkisiyle organik maddelerden hidrojeni aktifleştirerek alması ile oluşan oksitlenmiş bir madde, diğer ucunda ise moleküler bir oksijen vardır.
- İki uç arasında, hidrojen ve elektron alıcı ve taşıyıcı enzimlerin özel bir sıralanması görülür. Buna elektron **taşıma dizisi** veya **solunum zinciri** denir. Bu zincir NAD'dan başladığı gibi FAD'dan da başlayabilir.

The Electron Transport Chain

Kaynak Video: [Youtube](#)

Solunum zincirindeki enerji miktarı ve oluşum yeri

- Genel olarak oksidasyonlar sonunda bir enerji açığa çıkar. Reaksiyona giren kimyasal sistemde yüksek bir enerji düzeyinden daha aşağı bir düzeye iner. Aynı olay solunum zincirinde de görülür. $2 H^+$ ve $2 e^-$ taşınması sırasında, yüksek enerjili bir bağ oluşumuna yeterli enerji meydana gelir.
- Açığa çıkan enerji, bir inorganik fosfat ile, **adenozin difosfat' a (ADP)** taşınır. ADP' de bu enerji ve fosfatı bağlayarak yüksek enerjili **adenozin trifosfat' ı (ATP)** meydana getirir.

Solunum zincirindeki enerji miktarı ve oluşum yeri

- Zincir **NAD'** lı bir **dehidrojenazdan** başlayıp oksitlenmiş ise **3 mol ATP** sentez edilir.
- Zincir **FAD'** lı bir **dehidrojenazdan** başlayıp oksitlenmiş ise **2 mol ATP** sentez edilir.

Biyolojik Oksidasyonların Önemi

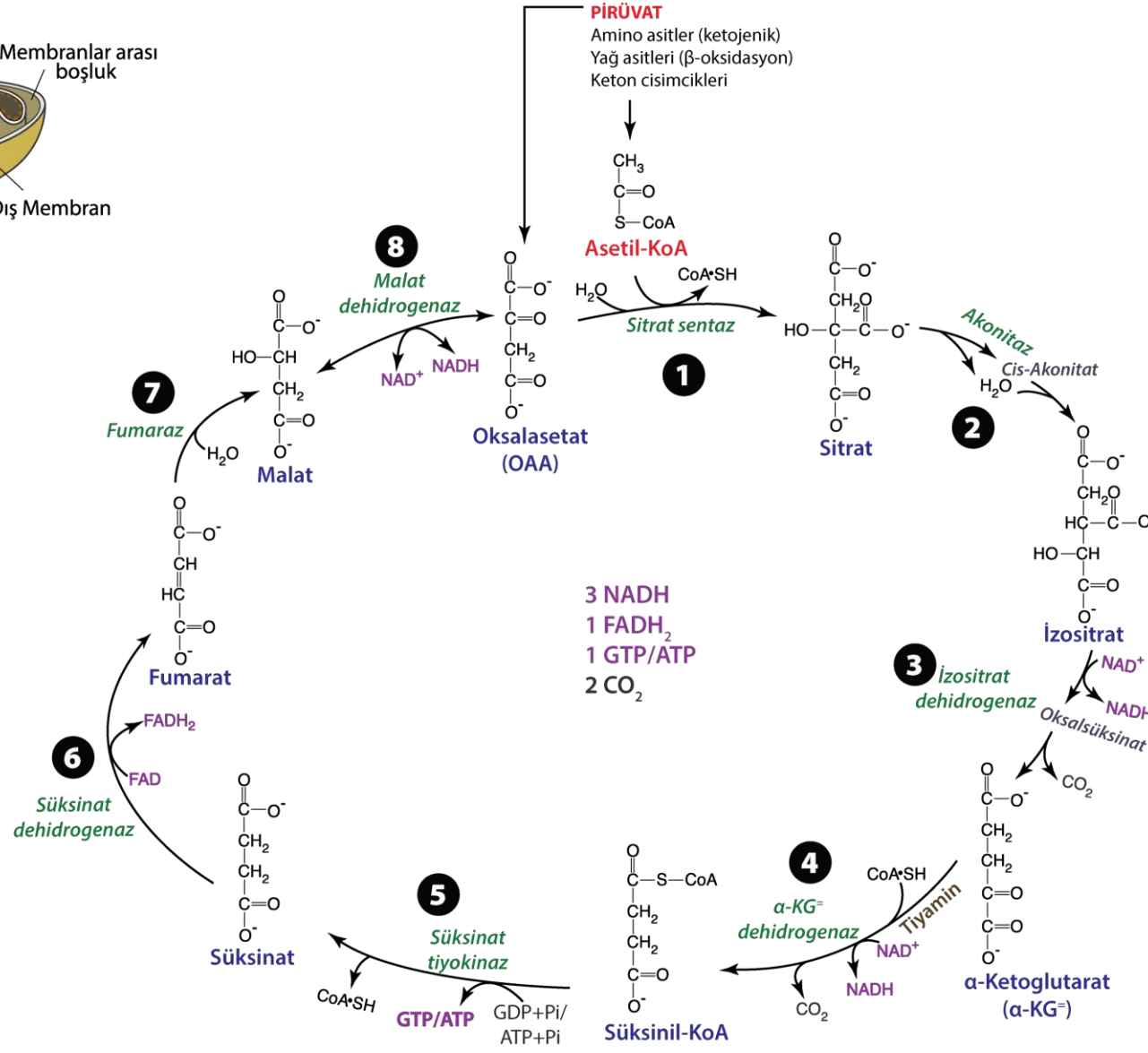
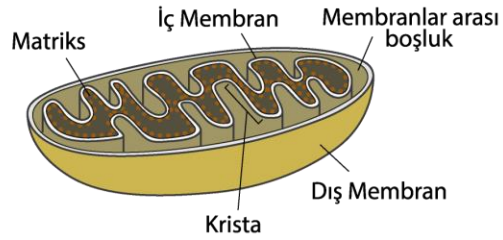
- Organizmada devamlı meydana gelen olaylardan birisi de biyolojik oksidasyonlardır.
- Bu olaylar vücutta oluşan endergonik kimyasal reaksiyonlar için gerekli enerjiyi sağladıkları gibi, bir maddenin oksitlenme ve yıkılması sırasında vücutta gerekli bir çok yeni maddelerin ortaya çıkmasını da sağlarlar.

Biyolojik Oksidasyonların Önemi

- Biyolojik oksidasyonlarda 1 mol glikoz için yaklaşık 700 kcal enerji meydana gelir. 1 mol ATP 7-8 kcal enerji depolaştırılır.
- **ATP şeklinde depolanan enerji,**
 - Vücut ısısının oluşumu ve devaımının sağlanmasında,
 - Peptid bağlarının, glikozid bağlarının oluşumu gibi bir çok sentez olayının sağlanmasında,
 - Kasların kontraksiyonunun ve hücre zarından aktif emilim, pompalama, salgılama gibi olayların sağlanmasında kullanılır.

Metabolizmada reaksiyon siklsleri

- Bir **metabolik yolak**, bir hücre içinde meydana gelen bağlantılı kimyasal reaksiyon serisidir.
- Bazı metabolik yolaklar, bir döngü Şeklinde cereyan eder ve döngünün her bir bileŐeni, döngüdeki müteakip reaksiyon için bir substrattır; buna **metabolik sikls** veya **metabolik döngü** denir. Bir temel maddeden başlayıp, devam eden reaksiyonlar sonunda tekrar o temel maddeye dönülen zincirleme reaksiyonlar dizisidir.
 - *Örneğin: TCA sikls veya Krebs döngüsü*



TCA Döngüsü veya Krebs Döngüsü veya Sitrik Asit Döngüsü

Metabolizma Reaksiyonlarının Hücredeki Yerleri

■ Nükleus

- Kalıtsal moleküllerin (DNA ve RNA) transferi ve çoğaltılması, nükleik asitlerin ve proteinler hidrolizi ve sentezi (esasen transkripsiyon)

■ Mitokondri

- Biyolojik oksidasyon, TCA siklusu, ATP sentezi, enerji harcayan endergonik reaksiyonlar.

■ Ribozomlar

- Protein biyosentezi (translasyon).

Metabolizma Reaksiyonlarının Hücredeki Yerleri

▪ Endoplazmik Retikülömler

- Protein depolanması, katlanması ve taşınması

▪ Lizozomlar

- Protein hidrolizi, nükleik asitlerin hidrolizi, proteaz, RNAaz, glikozidaz ve fosfatazlar bol miktarda bulunur.

▪ Sitoplazma

- Glikoliz, proteinlerin yıkılımı, yağların yıkılımı, glikojenin yıkılımı, yağ asitlerinin sentezi.

Soru 1

- İki molekülün aralarında bir mol su çıkması ile eter, ester ve peptid bağları oluşturarak birleşmeleri olayı hangi terim ile tanımlanır?
 - a. Kondenzasyon
 - b. Hidroliz
 - c. Oksidasyon
 - d. Dehidrojenasyon
 - e. Redüksiyon

Soru 2

- Aşağıdakilerden hangisi birden çok fosfat taşıyan moleküllerdendir?
 - a. PEP
 - b. G-6-P
 - c. Kreatin fosfat
 - d. ATP
 - e. AMP

Soru 3

- Aşağıdakilerden hangisi solunum enzimlerinin koenzimlerinden biri değildir?
 - a. NAD
 - b. FAD
 - c. Fosfofruktokinaz
 - d. Sitokrom a
 - e. Q₁₀

Sorularınız ?

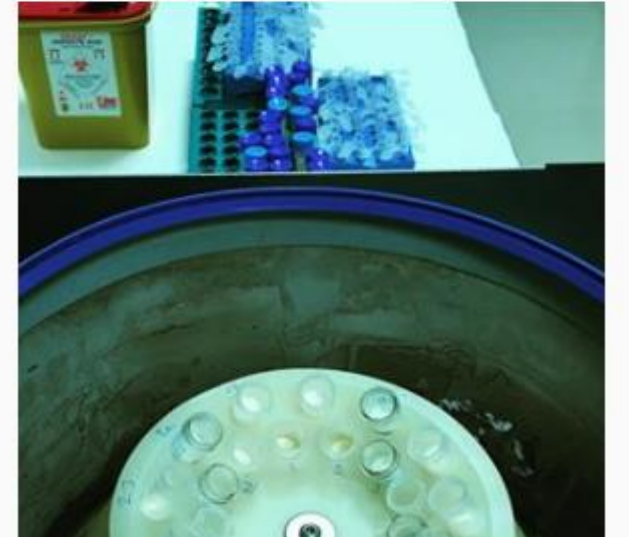
Kaynaklar

- Ası T. 1999. Tablolarla Biyokimya II. Nobel Tıp Kitapları Dağıtımı
- Sözbilir Bayşu N, Bayşu N. 2008. Biyokimya. Güneş Kitabevi

Bir sonraki konu;
**Karbonhidrat
Metabolizması**

Biyokimya & Klinik Biyokimya ve Laboratuvar dünyası hakkında daha fazlası için www.biyokimya.vet [@biyokimya.vet](https://www.instagram.com/biyokimya.vet)

Instagram



Veteriner Hekimler ve Öğrenciler için Açık Bilgi Kaynağı

Ana sayfa

Hakkımızda

Güncel

Organik Kimya

Biyokimya

Klinik Biyokimya

Laboratuvar Teknikleri