

10.SINIF 1.TEMA

Hücresel Solunum ve Fermantasyon

Maarif



YouTube
Konu Anlatımlı



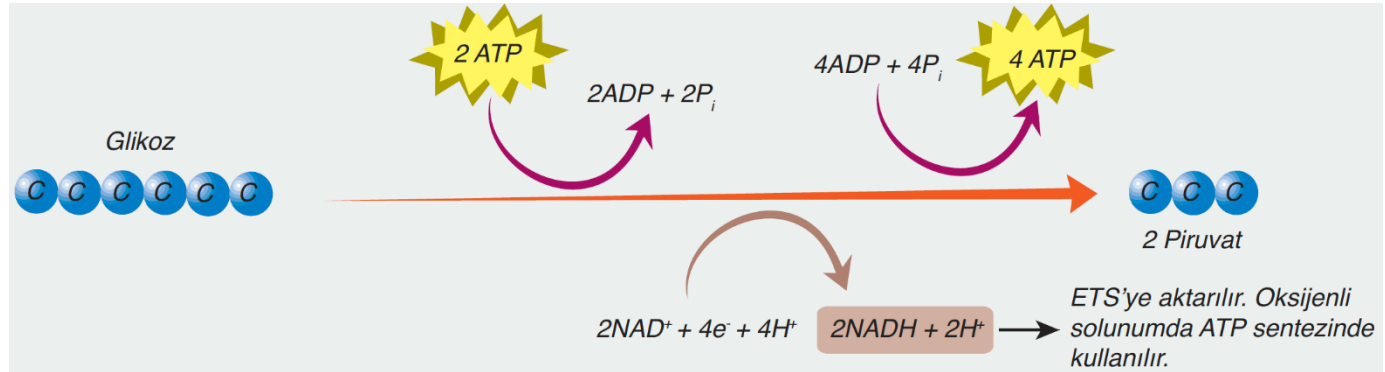
HÜCRESEL SOLUNUM

- Besin monomerlerinin (glikoz, amino asit, yağ asidi) parçalanarak ATP sentezlenmesine hücresel solunum denir.
- Fotosentez yapan canlıların ışıktan aldığı enerjiyi organik monomerlere yükler; hücresel solunumla da bu enerji tekrar açığa çıkarılır. Yani solunumda elde edilen enerjinin kaynağı da dolaylı olarak **güneştir**.
- Hücresel solunum, fermantasyon, oksijensiz solunum ve oksijenli solunum olarak üçe ayrılır.
- Solunum reaksiyonları sonucu açığa çıkan enerjinin canlıya verebileceği zararları azaltmak için olaylar aşama aşama gerçekleşir ve **bütün solunum reaksiyonlarının ilk aşaması glikoliz evresidir**.



Glikoliz

- Glikoz molekülünün 2 ATP harcanarak bir dizi enzimatik reaksiyon sonucu 2 molekül 3C'lu pirüvata (pirüvik asit) parçalanması olayıdır. Pirüvat asit olduğundan glikoliz sonucu sitoplazmanın pH'ı azalır.
- Glikolizin amacı, substrat düzeyinde fosforilasyonla ATP sentezlemektir.
- Bu reaksiyonlar sonucu 2 molekül **NADH₂** oluşur.
- **Glikoliz, bu olayın gerçekleştiği yer (sitoplazma) ve glikolizde kullanılan enzim çeşitleri ile bu enzimlerin sentezinden sorumlu olan genler bütün canlılarda ortaktır.**



1. OKSİJENLİ SOLUNUM

Besinlerin oksijen yardımıyla parçalanarak **ATP sentezlenmesine** oksijenli solunum denir.

Oksijenli Solunum;

1. Glikoliz
2. Krebs Çemberi
3. Elektron Taşıma Sistemi (ETS) olmak üzere üç evrede gerçekleşir.



BioNot:

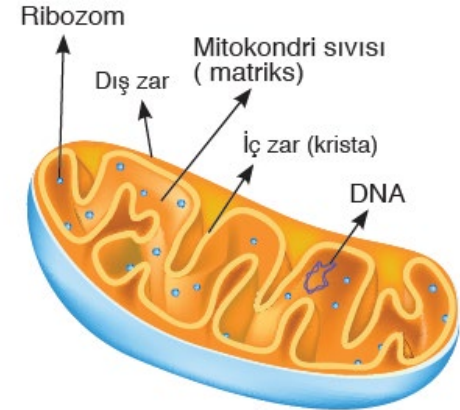
- ❖ Glikoliz olayı bütün canlılarda sitoplazmada;
- ❖ Krebs evresi prokaryotlarda **sitoplazmada**, ökaryotlarda **mitokondri organelinde**;
- ❖ ETS evresi de prokaryotlarda **mezozom (hücre zarının içeriye doğru yaptığı kıvrımlar)**, ökaryotlarda ise **mitokondride (krista)** gerçekleşir.

Mitokondrinin Yapısı

- Çift zarlı olup endosimbiyotik hipoteze göre prokaryot hücreden köken alan bir organeldir.
- Prokaryot hücrelerde olduğu gibi **halkasal DNA'sı, ribozomu ve RNA molekülleri** bulunur.
- **Enerji ihtiyacı fazla olan hücrelerde replikasyon yaparak sayısını artırır.**
- Protein ve enzim sentezini yapabilir.

BioNot:

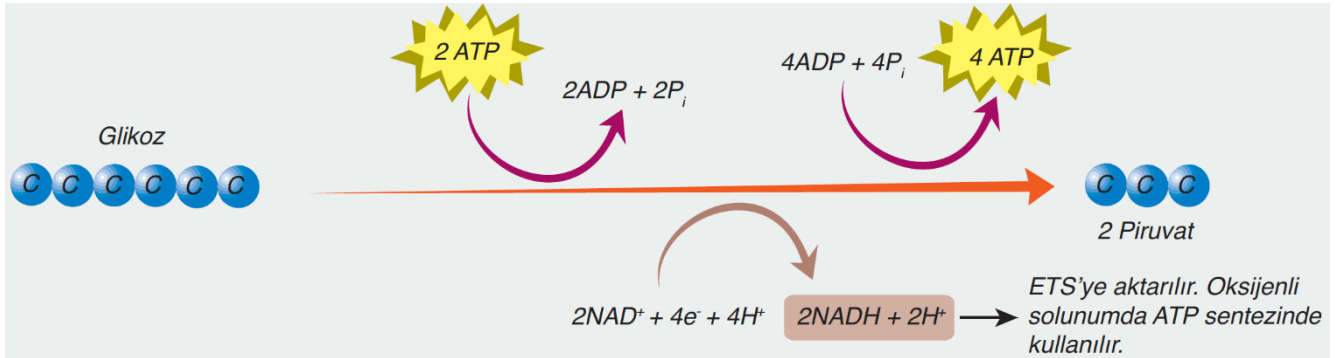
Ökaryot, mitokondri bulunduran bütün canlılar oksijenli solunum yapar. Olgun alyuvar hücrelerinde mitokondri olmadığından enerjilerini glikolizle elde ederler.



Oksijenli Solunum Evreleri

1. Glikoliz Evresi

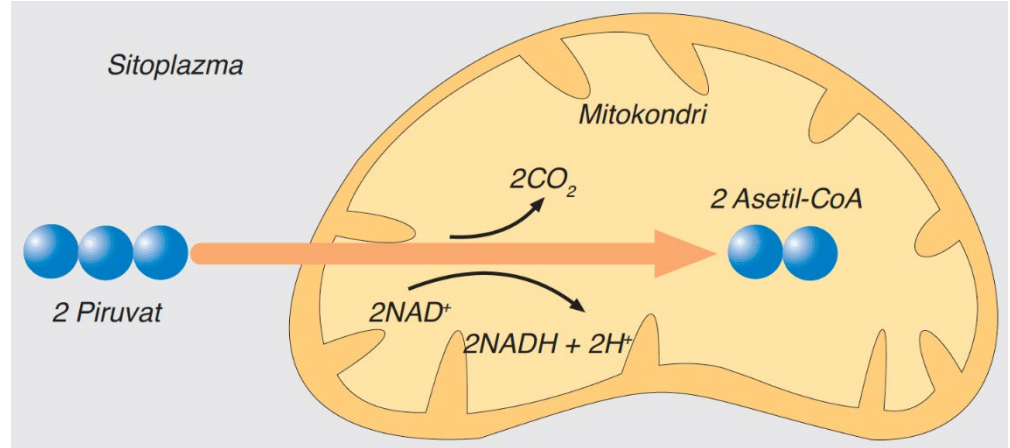
- Glikoz molekülünün 2 ATP harcanarak bir dizi enzimatik reaksiyon sonucu 2 pirüvata (pirüvik asit) parçalanması olayıdır. Pirüvat asit olduğundan ortamın pH'ı azalır.
- Glikolizin amacı, substrat düzeyinde fosforilasyonla ATP sentezlemektir.
- Bu reaksiyonlar sonucu 2 molekül NADH_2 oluşur.



- **Bütün canlılarda ortaktır ve sitoplazmada gerçekleşir ve bu olayda kullanılan enzimler bütün canlılarda ortaktır.**

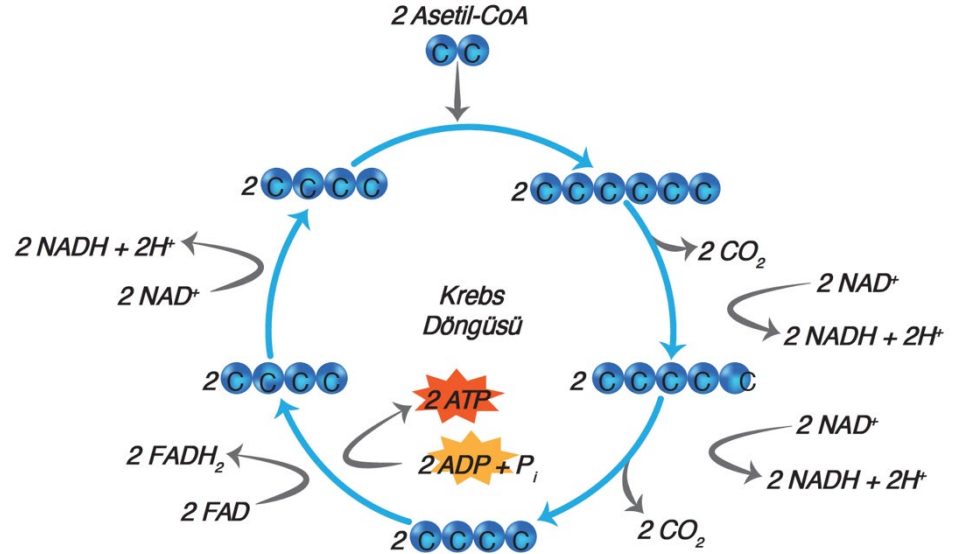
2. Krepse Evresi

- Pirüvattan okzaloasetik asit oluşumu reaksiyonlarıdır.
- Ökaryotlarda mitokondride prokaryotlarda sitoplazmada gerçekleşir.



- Glikoliz evresi sonunda oluşan pirüvatlar mitokondri içine girer ve bir pirüvat molekülünden 1 CO₂ ve 2H⁺ iyonu ayrılarak 1 Asetil-CoA molekülü oluşur.
- Ayrılan H⁺ iyonları, NAD'lar tarafından yakalanır ve 2 molekül CO₂ ile 2 molekül NADH sentezlenir.
- Oluşan Asetil-CoA molekülleri ise, krepse çemberine katılır.

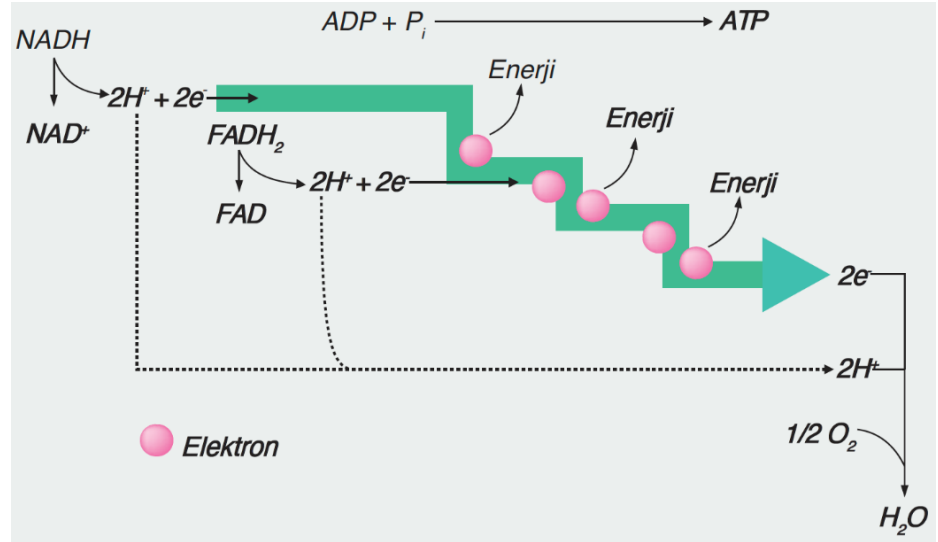
- Asetil-CoA molekülü, okzaloasetik asit ile birleşerek sitrik asidi oluşturur.
- Burada gerçekleşen bir dizi reaksiyon sonucunda
- 2 ATP, 6 NADH₂ ve 2 FADH₂ sentezlenirken ve 4 CO₂ açığa çıkar.



BioNot: Krebs reaksiyonlarının gerçekleşmesi sırasında 6 H₂O kullanılır.

3. Oksidatif Fosforilasyon Evresi (ETS)

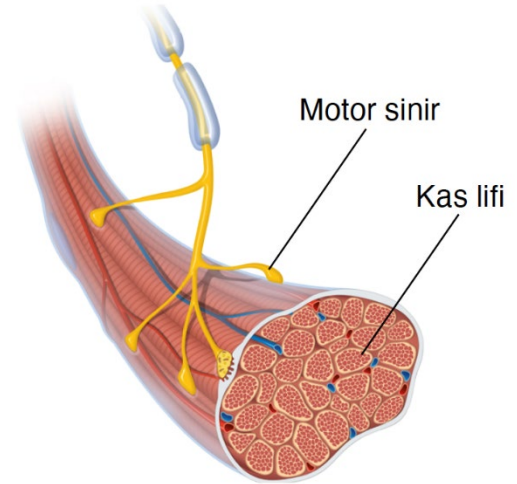
- Bu evrede, glikoliz ve kreps reaksiyonları evresinden NADH ve FADH ile gelen hidrojenlerin elektronları ETS elemanlarından geçirilerek açığa çıkan enerjilerinden ATP sentezlenir (NADH ve FADH yükseltgenir).
- Elektronlar ve hidrojenler en sonunda oksijen tarafından yakalanır ve böylece hidrojenlerin oksijen tarafından tutulması sonucunda H₂O oluşur.
- ETS'de 24 H⁺ iyonunun, 6O₂ ile reaksiyona girmesi sonucunda 12 H₂O oluşur.
- Kreps reaksiyonlarının gerçekleşmesi sırasında 6H₂O kullanıldığından, oksijenli solunum sonunda net 6H₂O açığa çıkar.



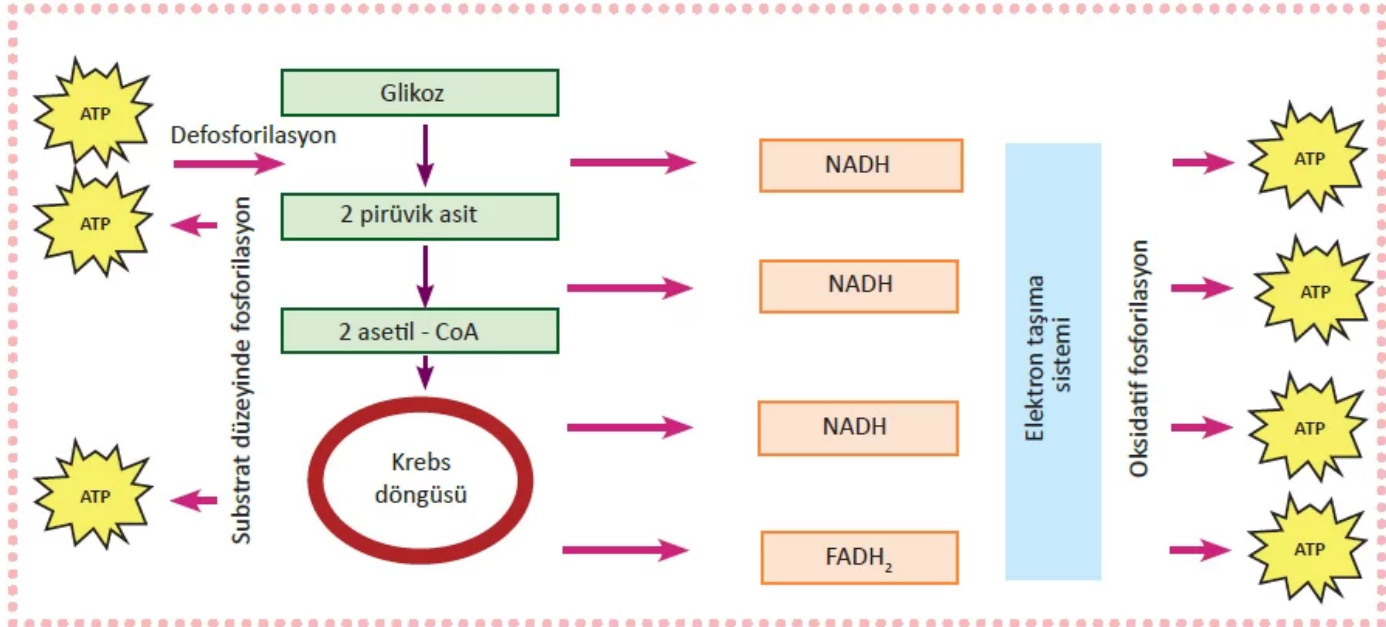
BioNot:

- ❖ En yüksek enerjili elektronlar, NAD tarafından yakalanır. Bu sebepten NAD tarafından getirilen elektronlardan daha fazla ATP sentezlenir.
- ❖ En düşük enerjili elektronlar oksijen tarafından yakalanır.
- ❖ Elektronu en az seven NAD, en çok seven O_2 'dir ve O_2 ETS elemanı değildir!

BioNot: Çizgili kaslarda laktik asit sonucu oluşan laktik asit damarlar ile karaciğere getirilerek burada pirüvata ve glikoza dönüştürülür. Glikozun fazlası da glikojen olarak depo edilir.



Oksijenli Solunum Özet



BioNot:

- ❖ Beyin ve çizgili kas hücrelerinde 30, kalp kası, böbrek ve karaciğer hücrelerinde 32 ATP net kazanç elde edilir. ATP sentezindeki bu farklılık, glikoliz evresinde üretilen NADH_2 moleküllerinin farklı dokularda farklı mekanizmalarla ETS evresine katılmalarından kaynaklanır.
- ❖ Oksijenli solunum, bakteri ve arkelerde sitoplazmada gerçekleşir. Bu canlılarda oksijenli solunumun ETS evresi, **mezozom** adı verilen hücre zarı kıvrımlarında tamamlanır.
- ❖ Ökaryotik canlılarda ise oksijenli solunum **sitoplazmada** başlar, **mitokondride** tamamlanır.



Besin Monomerlerinin Oksijenli Solunuma Katılma Basamakları

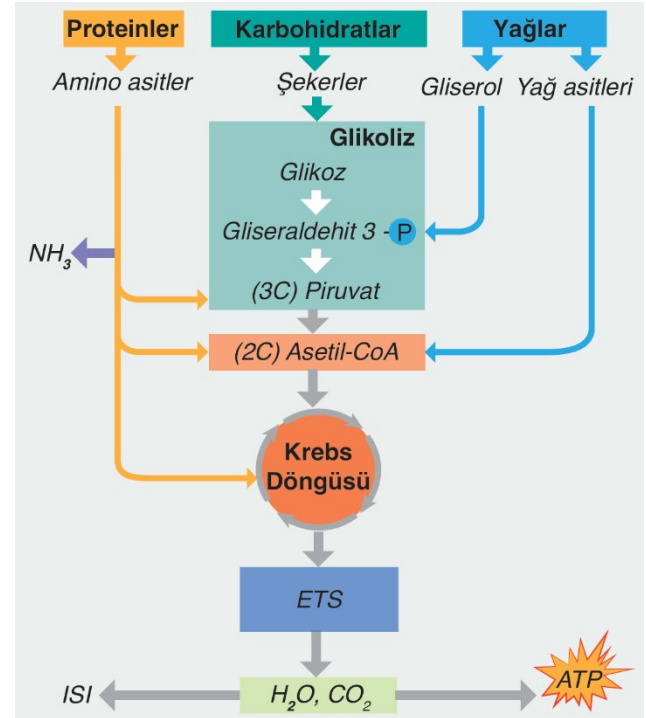
- Oksijenli solunumda sadece glikoz kullanılmaz.
- Glikoz gibi diğer organik besin monomerleri de hücresel solunumda kullanabilir.

BioNot:

- Amino asitler oksijenli solunuma katılmadan önce, deaminasyon gerçekleşir ve NH_3 açığa çıkar.
- Beyin hücreleri oksijenli solunumda sadece glikoz kullanır.

BioNot:

Glikoliz ve krebste sentezlenen ATP sentez şekline “**substrat düzeyinde fosforilasyon**” ETS ile ATP sentez şekline ise “**oksidatif fosforilasyon**” denir.



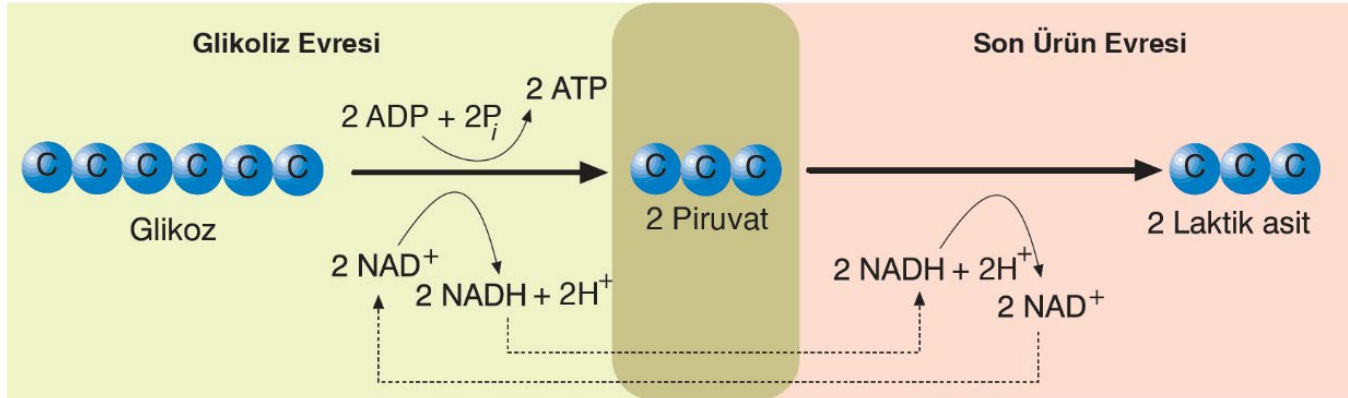
2. OKSİJENSİZ SOLUNUM

- Glikoliz, krepse hazırlık, krepse evresi ve ETS olmak üzere dört aşamalı gerçekleşir.
- Oksijensiz solunum evreleri ile oksijenli solunum evreleri aynıdır.
- O_2 'siz solunumun O_2 'li solunumdan farkı son ETS'de son elektron alıcısı O_2 değil, **NO_3 , Fe, SO_4 , S, CO_2** gibi inorganik moleküllerdir.
- ETS elemanlarının görev yaptığı bu hücresel solunum şeklinde, elektron alıcısı inorganik moleküllerin elektrona olan ilgileri, oksijenli solunumdakine göre az olduğundan, ATP üretim kapasitesi daha düşüktür.
- Bataklıklarda yaşayan sülfür bakterileri ve denitrifikasyon bakterileri oksijensiz solunum ile enerji üreten canlılardır.

3. FERMANTASYON (MAYALANMA)

- Fermantasyon, çürüme demektir.
- Laktik asit ve etil alkol fermantasyonu olarak iki şekilde gerçekleşir.

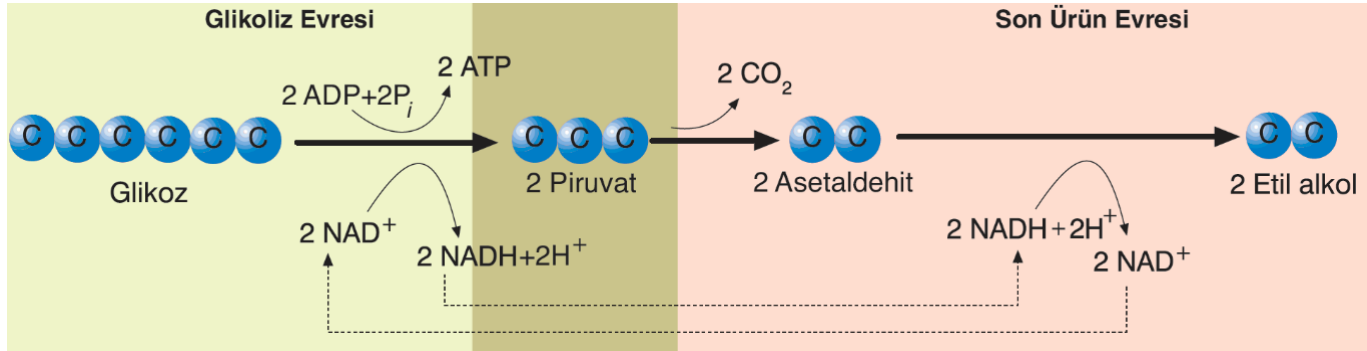
1. Laktik Asit Fermantasyonu



- Glikoliz ve son ürün evresi olarak iki aşamalı gerçekleşir.

- Glikozdan pirüvat oluşumuna **glikoliz**, pirüvattan **laktik asit** oluşumunu sağlayan reaksiyonlara da son **ürün evresi** denir.
- Glikoliz evresinin sonunda oluşan pirüvat, NADH_2 'nin hidrojenlerini alır ve laktik aside dönüşür (NADH_2 yükseltgenir).
- **Son ürün evresinde ATP sentezi ve yıkımı olmaz.**
- Son ürün evresinin gerçekleşmesinin amacı, pirüvik asidin ortamda birikmesini engellemek ve glikoliz evresinin tekrar gerçekleşebilmesi için kullanılan NAD moleküllerini geri kazanmaktır (NADH_2 'nin yükseltgenmesini sağlamaktır).
- İnsan çizgili kas ile yoğurt bakterilerinde gerçekleşir.

2. Etil Alkol Fermantasyonu



- **Glikoliz** ve **son ürün** evresi olarak iki aşamalı gerçekleşir.
- Glikozdan pirüvat oluşumuna **glikoliz**, pirüvattan **etil alkol** oluşumunu sağlayan reaksiyonlara da son ürün evresi denir. Çimlenmekte olan tohumlarda, gelişmiş bitkilerin köklerinde, bazı bakterilerde ve maya mantarlarında (bira mayası, hamur mayası, şarap mayası) gerçekleşir.
- Pirüvat, önce bir CO₂ kaybeder ve **aset aldehit molekülüne** dönüşür. Daha sonra asetaldehit, NADH₂'nin hidrojenlerini alır ve etil alkole dönüşür.

BioNot:

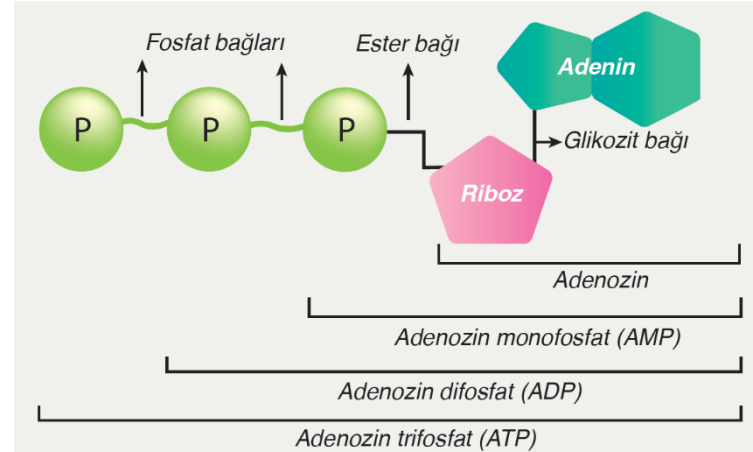
- ❖ İnsanlarda laktik asit fermentasyonu, çizgili kaslara yeteri kadar oksijen gitmediğinde gerçekleşir ve oluşan laktik asit, kas yorgunluğuna yol açar.
- ❖ Kaslarda oluşan laktik asidin bir kısmı, tekrar pirüvata dönüşür ve oksijenli solunumda kullanılır. Laktik asidin geri kalan kısmı ise, karaciğere gider ve glikoza dönüşür.
- ❖ Fermentasyonda besinler tam olarak parçalanmadığından çok miktarda ATP üretilmez. Enerjinin büyük bir kısmı **son ürünlerde (laktik asit, etil alkol)** kalır.

Turşu Yapımı**Laktik Asit Fermentasyonu ile Etil Alkol Fermentasyonu Arasındaki Farklar**

- Laktik asitte oluşan son ürün 3C'lu, etil alkolde oluşan son ürün 2C'lu organik moleküllerdir.
- Laktik asitte CO₂ oluşmazken etil alkolde CO₂ oluşur.
- Laktik asitte son elektron alıcısı **pirüvat** molekülükken etil alkolde son elektron alıcısı (indirgenen) **aset aldehittir**.

ATP'nin Yapısı

- ❖ ATP'nin sentezlenmesine fosforilasyon, ATP'nin parçalanmasına da defosforilasyon denir.
- ❖ Glikoliz ve krebs reaksiyonlarındaki ATP sentez şekline substrat düzeyinde fosforilasyon; ETS ile ATP sentezlenmesine de oksidatif fosforilasyon denir.
- ❖ Substrat düzeyinde fosforilasyon bütün canlılarda ortaktır.

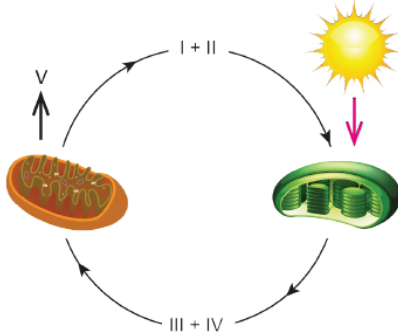


ATP'nin Yapısı



PEKİŞTİRME

1. Şekilde ökaryotik bir hücrede bulunan fotosentez ve solunumun gerçekleştiği organeller arasındaki bağlantı verilmiştir.



Buna göre aşağıda verilenlerden hangisinin doğruluğu kesin değildir?

- A) I ve II, CO₂ ve H₂O olabilir.
- B) III ve IV besin ve oksijen olabilir.
- C) V solunum sonucunda üretilen ATP olabilir.
- D) I CO₂ ise, II organik yapıda olabilir.
- E) IV besin ise glikoz, amino asit, yağ asiti olabilir.

2.

Oksijenli solunumun glikoliz evresi reaksiyonlarında,

- I. substrat düzeyinde fosforilasyon
- II. karbondioksit oluşumu
- III. NAD molekülünün indirgenmesi

verilenlerden hangileri gerçekleşir?

- A) Yalnız I
- B) I ve II
- C) I ve III
- D) II ve III
- E) I, II ve III

3.

Ökaryotik bir hücrede aşağıdaki metabolik olaylardan hangisi zarla kuşatılmış bir organel içerisinde gerçekleşmez?

- A) Glikoliz
- B) Krebs döngüsü
- C) Fotosentez
- D) mRNA sentezi
- E) Hücre içi sindirim

2018-AYT/Fen Bilimleri

4.

İnsan iskelet kası hücrelerinde, egzersiz yaparken görülebilen fermentasyon sırasında

- I. pirüvatın indirgenmesi,
- II. NADH moleküllerinin yükseltgenmesi,
- III. CO₂ üretimi

olaylarından hangilerinin gerçekleşmesi beklenmez?

- A) Yalnız I B) Yalnız II C) Yalnız III
D) I ve II E) II ve III

AYT 2025

5.

Glikoliz reaksiyonlarıyla ilgili olarak,

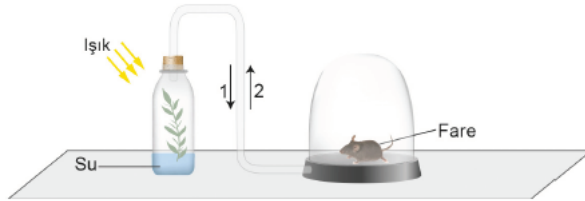
- I. Tepkime sırasında oksijen çıkışı olur.
- II. Tepkimelerde görev alan enzimler tüm canlılarda ortaktır.
- III. E.T.S görev alır.
- IV. Ökaryotlarda mitokondride gerçekleşir.

ifadelerinden hangileri doğrudur?

- A) Yalnız I B) Yalnız II C) I ve II
D) II ve III E) I, II ve IV

6.

Bir araştırmacı canlı fare ve bitkinin bulunduğu şekildeki deney düzeneğini hazırlıyor.



Bu deney ile ilgili aşağıdaki ifadelerden hangisi yanlıştır?

- A) 1 numaralı ok yönünde O_2 , 2 numaralı ok yönünde CO_2 gazı geçişi olur.
- B) Işık ortamdan kaldırıldığında belirli bir süre sonra bitki ve fare ölür.
- C) Solunum ve fotosentez tepkimesi birbirinin tersi olaylardır.
- D) Fare gece gündüz solunum yaparken bitki gece solunum yapmaz.
- E) Farenin bulunduğu cam fanusun üzerinde buğulanma gözlenir.

7.

Oksijenli solunum ve laktik asit fermentasyonunda;

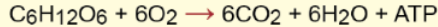
- I. kemiozmotik mekanizma ile ATP üretilmesi,
- II. NADH molekülünün, NAD^+ ya yükseltgenmesi,
- III. elektronların, elektron taşıma zinciri elemanlarınca taşınması

olaylarından hangileri ortak olarak gerçekleşir?

- A) Yalnız I
- B) Yalnız II
- C) Yalnız III
- D) I ve II
- E) II ve III

8.

Glikoz molekülünün oksijenli solunumda yıkılarak enerji elde edildiği bilinmektedir. Bu süreç genel bir denklemle aşağıdaki gibi özetlenmektedir.



Oksijenli solunum yapan bir canlıya işaretli oksijen molekülleri verilecek olursa hücresel solunum sırasında bu işaretli oksijene;

- I. pirüvik asitten asetil CoA oluşumu sırasında açığa çıkan CO_2 ,
- II. Krebs döngüsünde açığa çıkan CO_2 ,
- III. elektron taşıma sisteminde oluşan H_2O

moleküllerinin hangilerinde rastlanması beklenir?

A) Yalnız I B) Yalnız II C) Yalnız III

D) I ve II

E) I, II ve III

2020-AYT/Fen Bilimleri

9.

Çeşitli ökaryotik hücrelerde gerçekleşen;

- I. glikoliz,
- II. Krebs döngüsü,
- III. etil alkol fermantasyonu,
- IV. laktik asit fermantasyonu

olaylarının hangilerinde FAD'ın indirgenmesi gerçekleşir?

A) Yalnız II B) I ve II C) I ve III

D) III ve IV

E) I, II ve IV

2021-AYT/Fen Bilimleri

10.

Etil alkol fermantasyonunda gerçekleşen,

- I. ATP üretimi
- II. NAD^+ molekülünün indirgenmesi
- III. ortam pH'ının azalması
- IV. CO_2 miktarının artması

olaylarından hangileri laktik asit fermantasyonu sırasında da gerçekleşir?

- A) Yalnız I B) Yalnız IV C) II ve IV
D) I, II ve III E) I, II, III ve IV

11.

Bir bitki hücresinde bulunan;

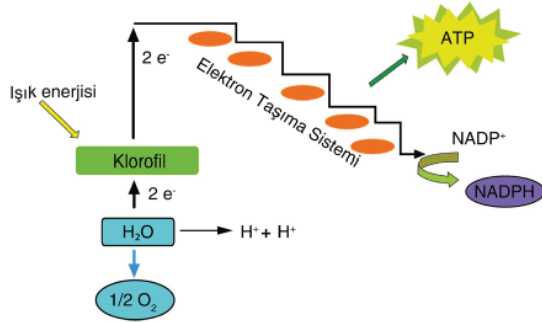
- I. sitoplazma,
- II. mitokondri matriksi,
- III. kloroplast stroması

bölmelerinin hangilerinde substrat düzeyinde fosforilasyon ile ATP sentezi gerçekleşir?

- A) Yalnız II B) Yalnız III C) I ve II
D) I ve III E) I, II ve III

2022-AYT/Fen Bilimleri

12. Fotosentezin ışığa bağımlı reaksiyonları şekilde verilmiştir.



Işık enerjisi sayesinde suyun parçalanması olayı olan fotoliz ile ilgili,

- I. Su, H⁺ taşıyıcı koenzim olan NADP⁺ için H kaynağıdır.
- II. Suyun fotolizi sonucu oluşan O₂ atmosfere verilir.
- III. Su, klorofil için elektron kaynağıdır.
- IV. Prokaryotlarda fotoliz gerçekleşmez.

ifadelerinden hangilerine ulaşılabilir?

- A) I ve II B) II ve III C) I, II ve III
D) II, III ve IV E) I, II, III ve IV

- 13.

Bir bitkide gerçekleşen fotosentez ve hücresel solunum karşılaştırıldığında aşağıdakilerden hangisinin ortak olduğu görülür?

- A) Kullanılan elektron kaynağı
- B) Gerçekleşen fosforilasyon tipi
- C) NADPH'ın yükseltgenmesi
- D) Süreç sonunda üretilen ürünler
- E) Kemiosmotik mekanizmayla ATP sentezi

2024-AYT/Fen Bilimleri

14. Bir grup öğrenci aşağıdaki deney düzenliğini hazırlayıp gözlem yapıyor.



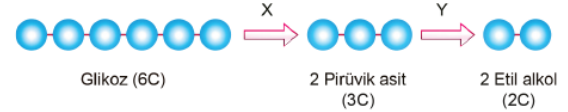
Buna göre,

- 1.fanusta mumun sönmemesinin nedeni ortamdaki O_2 gazının bitmesinden kaynaklıdır.
- 2.fanusta mum yanarken açığa çıkan karbondioksit, bitkinin yapraklarında üretilen organik moleküllerin yapısına katılır.
2. fanusda mum söndüğünde belirli bir süre daha bitki fotosentez yapmaya devam eder.

ifadelerinden hangileri doğrudur?

- A) Yalnız I B) Yalnız II C) I ve II
D) II ve III E) I, II ve III

15. Etil alkol fermentasyonu özetlenmiştir.



Buna göre,

- X olayı sırasında defosforilasyon ve fosforilasyon olayları birbirini izler.
- Y olayı sırasında NAD^+ molekülü indirgenir.
- X ve Y olayları sonunda ortamın pH'si artar.

ifadelerinden hangileri doğrudur?

- A) Yalnız I
B) Yalnız II
C) Yalnız III
D) I ve II
E) I, II ve III

1-D, 2-C, 3-A, 4-C, 5-B, 6-D, 7-B, 8-C, 9-A, 10-D, 11-C
12-C, 13-E, 14-E, 15-A

KAYNAKÇA

Millî Eğitim Bakanlığı Ders Kitapları

Genel Ağ

EYLÜL 2026

