

AEROBİK SOLUNUM (OKSİJENLİ SOLUNUM)

12. SINIF ÜNİTE, KONU, KAZANIM VE AÇIKLAMALARI

12.2.4. Hücresel Solunum

Anahtar Kavramlar

fermantasyon, glikoliz, mitokondri, oksijenli solunum, hücresel solunum, krebs döngüsü, oksijensiz solunum

12.2.4.1. Hücresel solunumu açıklar.

a. Oksijenli solunum; glikoliz, krebs döngüsü ve ETS-oksidatif fosforilasyon olarak verilir.

b. **Tepkimelerdeki NADH, FADH₂, ATP üretim ve tüketimi matematiksel hesaplamalara girilmeden verilir.**

c. Tüm canlılarda glikozun çeşitli tepkimeler zinciri ile pirüvik asite parçalandığı vurgulanır. **Pirüvik asite kadar olan ara basamaklara ve ara ürünlere değinilmez.**

f. Hücresel solunum süreçleri görsel öğeler, grafik düzenleyiciler, e-öğrenme nesnesi ve uygulamalarından faydalanarak açıklanır.

12.2.4.2. Oksijenli solunumda reaksiyona girenler ve reaksiyon sonunda açığa çıkan son ürünlere ilişkin deney yapar.

-Günlük yaşamda solunum, canlıların buldukları ortamdan O₂ alıp dış ortama CO₂ vermeleri olarak bilinmektedir. Oysa bu olayın doğru tanımı soluk alıp vermedir. Soluk alıp verme mekanizması solunum sisteminde açıklanacaktır.

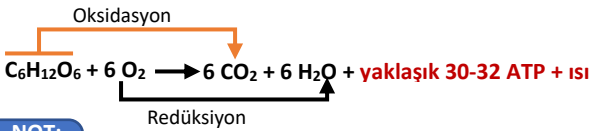
-Gerçek anlamda solunum, organik besinlerin hücre içinde yıkılarak enerji elde edilmesi olayıdır. Bu olaya hücresel solunum denilir.

-Hücresel solunumun amacı enerji (ATP) üretmektir. Üretilen enerjinin bir kısmı ATP'nin yüksek enerjili bağlarında depo edilirken bir kısmı da ısı olarak ortama verilir. Ortama verilen bu ısı enerjisi vücut sıcaklığının düzenlenmesinde kullanılır.

-Enerji verici organik besin monomerlerinin oksijen kullanılarak inorganik moleküllere (CO₂, H₂O veya bunlarla beraber NH₃) kadar parçalanması ile açığa çıkan enerjiyle ATP sentezlenmesine **oksijenli solunum** denir.

-Prokaryot canlıların sitoplazmalarında başlar hücre zarı kıvrımlarında (mezozom), ökaryot canlılarda ise yine sitoplazmada başlar mitokondride devam eder.

-Genel denklemi:

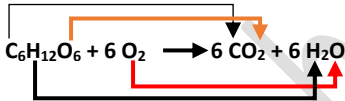


NOT:

Glikoz, oksijenli solunumda CO₂ ve H₂O'ya kadar parçalanır. Bu sırada glikoz elektron kaybederek okside olurken oksijen de elektron alarak indirgenir.

-Glikozun yapısına katılan atomların radyoaktif izotopları kullanılarak oksijenli solunum reaksiyonlarında oluşan ürünlerin kaynağı belirlenebilmiştir.

Buna göre glikozun atomlarının ve oksijenin oluşan ürünlere geçişini şöyle gösterebiliriz:



Mitokondri

-Prokaryot canlılar ve memeli olgun alyuvarlarının dışında oksijenli solunum yapan tüm hücrelerde bulunur.

-Mitokondriler hücrenin enerji santralleridir. Oksijenli solunum ile ATP üretir.

-Substrat düzeyinde fosforilasyon ve oksidatif fosforilasyon ile ATP sentezlenir.

-Çift zarlıdır.

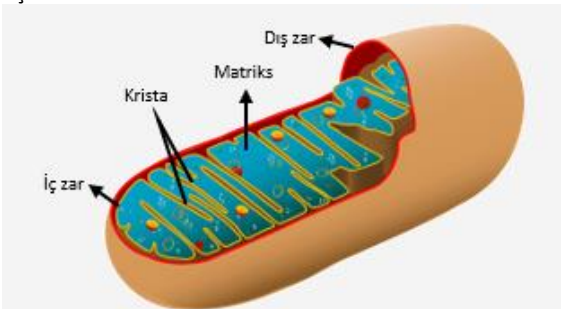
-Dış zar düz, iç zar kıvrımlıdır. Kıvrımlı bu yapıya **krista** denir.

-Krista üzerinde ETS enzimleri (enerji üretiminde görev alan enzimler) vardır.

-Kristadaki kıvrımlar mitokondrinin yüzeyini genişletir. Böylece daha fazla ATP üretilir.

-Kendisine ait DNA, RNA ve ribozomu vardır.

-Kıvrımların arasını matriks adı verilen sıvı doldurur. DNA, RNA, ribozom ve solunum enzimleri matriks içinde bulunur.



--Mitokondride oksijenli solunum ile ATP üretildiğine göre, mitokondri etkinliği artan bir hücrede;

SORU 1. (2017-LYS2/BİY)

Aşağıdakilerden hangisi enerji kaynağı olarak ATP'nin kullanıldığı anabolik olaylardan biridir?

- Pirüvik asidin asetil CoA'ya dönüşmesi
- Amino asitlerden protein sentezi
- Monosakkaritlerin pirüvik aside dönüşmesi
- Asetil CoA'nın Krebs döngüsüne katılması
- Krebs döngüsünden CO₂ çıkışı

SORU 2. (2015-LYS2/BİY)

Glikolizde ve Krebs döngüsünde;

- NADH+H⁺ oluşumu,
- CO₂ oluşumu,
- FADH₂ oluşumu

olaylarından hangilerinin ortak olduğu görülür?

- Yalnız I
- Yalnız II
- I ve II
- I ve III
- II ve III

SORU 3. (2015-LYS2/BİY)

I. Protonların (H⁺) biriktirildiği yer

II. Elektronların elektron taşıma sisteminde taşınım kuralı

III. ATP oluşumunu sağlayan enzimin çeşidi

Kemiozmotik hipoteze göre, kloroplastlar ve mitokondrilerde ATP sentezi sırasında yukarıdakilerden hangileri farklılık gösterir?

- Yalnız I
- Yalnız II
- Yalnız III
- I ve II
- II ve III

SORU 4. (2014 – LYS2 / BİY)

Ortamda, mitokondri iç zarında yer alan ATP sentezini tamamen durduran özgül bir madde bulunduğu, aşağıdakilerden hangisinin gerçekleşmesi beklenir?

- Karbondiyoksit çıkışı artar.
- Oksijen kullanımı durur.
- Mitokondri iç zarının iki yüzeyi arasındaki pH farkı artar.
- Elektron taşıma sisteminde proton pompalanması hemen durur.
- Elektron taşıma sistemindeki elektron akışı hemen durur.

SORU 5. (2013 - LYS2 / BİY)

İnsanın iskelet kası hücrelerinde, oksijenli solunum ve fermentasyon olayları gerçekleşirken son elektron alıcısı olarak işlev gören moleküller aşağıdakilerin hangisinde doğru verilmiştir?

	Oksijenli solunum	Fermentasyon
A)	Oksijen	Asetaldehit
B)	Etil alkol	Laktik asit
C)	Oksijen	Pirüvat
D)	Su	NAD ⁺
E)	Oksijen	Laktik asit

SORU 6. (2012 – LYS2 / BİY)

Bir hayvan hücresindeki glikoliz, Krebs döngüsü ve Elektron Taşıma Sistemi (ETS) olayları hücrenin hangi kısımlarında gerçekleşir?

	Glikoliz	Krebs	ETS
A)	Çekirdek	Mitokondri	Hücre zarı
B)	Çekirdek	Sitoplazma	Endoplazmik retikulum
C)	Sitoplazma	Çekirdek	Mitokondri
D)	Sitoplazma	Mitokondri	Mitokondri
E)	Hücre zarı	Endoplazmik retikulum	Endoplazmik retikulum

-O₂ tüketimi artar. Enerji verici olarak kullanılan glikoz, yağ asidi ve gliserol gibi monomerlerin miktarı azalır. Yoğunluk azalır. CO₂ artar. pH düşer. Asitlik artar. Üretilen ATP artar. Isı artışı olur. H₂O miktarı artar. Ozmotik basınç azalır. Turgor basıncı artar.

-Oksijenli solunum, glikoliz, krebs döngüsü ve ETS olmak üzere üç aşamada tamamlanır.

1. Glikoliz: Bütün hücresel solunum tepkimeleri glikoliz ile başlar. Glikoliz, glukozun hücrenin sitoplazmasında enzimlerle 2 molekül piruvata (pirüvik aside) yıkıldığı evredir..

-Glikozun aktifleşmesi ve reaksiyonun başlayabilmesi için aktivasyon enerjisi olarak 2 ATP harcanır.

-Bir glikoz molekülü başına, substrat düzeyinde fosforilasyon ile toplam 4 ATP üretilir. Net kazanç 2 ATP'dir.

-2 NAD⁺ indirgenir yani 2 NADH+H⁺ oluşur.

NOT:

-NAD (Nikodinamid adenin dinükleotit) elektron taşıyıcı bir koenzimdir. NAD⁺ iki elektron (2e⁻) ve bir proton (H⁺) bağlandığında indirgenerek NADH+H⁺ şekline dönüşür.

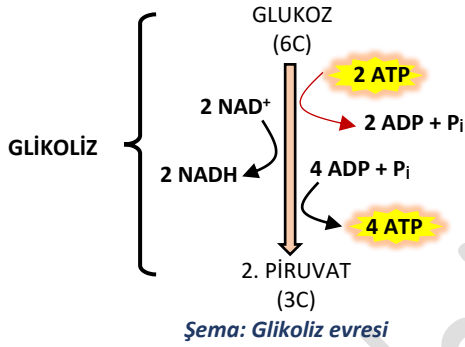
-Sitoplazmada gerçekleşir.

-Oksijene gerek duyulmaz. CO₂ kullanılmaz ve de oluşmaz.

-Glikoliz, hemen hemen tüm canlılarda sitoplazmada aynı enzimlerle gerçekleşir. Bunun nedeni her aşamada görev alan enzimlerin tüm canlılarda bulunmasıdır.

NOT:

-Glikoliz enzimlerinin tüm canlı hücrelerde ortak olması tüm canlı hücrelerde ortak ya da benzer genlerin bulunduğunu kanıtlar.



-Glikolizin son ürünü olan piruvatlar ve NADH'lar ortamda oksijen varsa, mitokondri matriksine (mitokondri iç sıvısına) geçer. (Oksijenin dolaylı etkisi)

NOT:

Dikkat edelim, oksijenli solunum sırasında glukoz mitokondri içine girmez. Glikolizde 2 molekül piruvata parçalanır ve piruvatlar mitokondri içine alınır. Ancak piruvatlar krebs döngüsüne girmek için tam hazır değildirler. Önce Krebs döngüsüne hazırlık (pirüvik asit oksidasyonu) aşaması gerçekleşir.

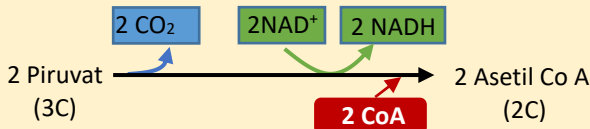
-Bu sırada;

-2 piruvattan birer molekül CO₂ ayrılır. (CO₂, glukozun şimdiki kadarki yıkımında oluşan ilk atık üründür). Birer çift hidrojenin elektron ve protonları NAD⁺ tarafından tutulur.

Yani NAD⁺, indirgenerek 2 tane NADH oluşur. Sonunda her bir asetik asit, koenzim A (CoA)'ya tutunur. Böylece krebsi başlatacak molekül olan 2 tane Asetil koenzim A (Asetil Co A) oluşur.

Asetil Co A, krebs döngüsünü başlatan temel moleküldür.

-Piruvatın asetil Co A'ya dönüşümü ortamda oksijen olduğunu gösterir.



Şekil: Krebs döngüsüne hazırlık (pirüvik asit oksidasyonu)

2. Krebs döngüsü (Sitrik asit döngüsü=karbon yolu):

-İlk defa İngiliz bilim insanı Hans Krebs (Hans Krebs) tarafından 1937 yılında açıklandığından bu reaksiyonlara Krebs döngüsü denilmiştir.

-İlk oluşan ürün sitrik asit olduğundan dolayı sitrik asit döngüsü de denilmektedir.

-Krebs döngüsü prokaryotların sitoplazmasında, ökaryotların mitokondri matriksinde gerçekleşir.

-Krebsteki gerçekleşen olaylar: [Rakamlar 1 molekül glikoz (2 asetil Co A içindir. 2 asetil Co A için iki tur döner.)]

1. İlk olarak, Asetil Co A'dan CoA ayrılır, asetik asit 4 C'lu okzalasetik asit ile birleşerek 2 molekül 6 C'lu sitrik asit oluşturur.

SORU 7. (2012 – LYS2 / Biy)

Alkol fermentasyonu oksijenli solunum ve laktik asit fermentasyonunda aşağıdakilerden hangisi ortak değildir?

- A) Enzimlerin kullanılması
- B) ATP'nin sentezlenmesi
- C) Organik maddelerin yıkılması
- D) NADH + H⁺ oluşumu
- E) CO₂ oluşumu

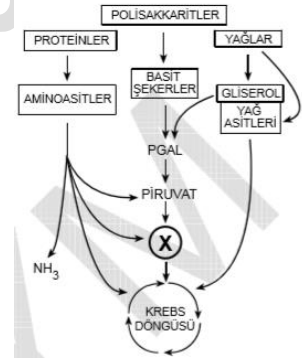
SORU 8. (2011 – LYS2 / BiyO)

Krebs çemberinde gerçekleşen olaylar göz önüne alındığında aşağıdakilerden hangisi yanlıştır?

- A) Krebs çemberinde FADH₂ sentezlenir.
- B) Hücre solunumunda ortaya çıkan NADH moleküllerinin çoğu krebs çemberinde sentezlenir.
- C) Krebs çemberinde oluşan bir organik molekül, bir sonraki basamağın substratıdır.
- D) Krebs çemberinde çıkan karbondioksitteki oksijenin kaynağı, solunum ile alınan oksijendir.

SORU 9. (2010 – LYS2 / BiyO)

Enerji elde etmede kullanılabilecek moleküllerin biyokimyasal yıkım yolları aşağıda verilmiştir.



Buna göre, şemada X olarak gösterilen madde aşağıdakilerden hangisidir?

- A) 2 NADH
- B) 2 FADH
- C) Glukoz
- D) Asetil CoA
- E) Sitrik asit

SORU 10. (2010 YGS)

Aşağıdaki tabloda dört ayrı ortamda bulunan besin molekülleri ve ortamın oksijen durumu verilmiştir.

Ortam	Besin molekülü	Oksijen durumu
I	Glukoz	Yok
II	Glukoz	Var
III	Aminoasit	Yok
IV	Aminoasit	Var

Yukarıdaki ortamlardan hangilerine maya mantarı eklenmesi sonucu etil alkol çıkar?

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

SORU 11. (ÖSS FEN-1 / 2008)

Ökaryot canlıların oksijenli solunumunda, I. glukozun sitoplazmada belirli moleküllere kadar yıkılması,

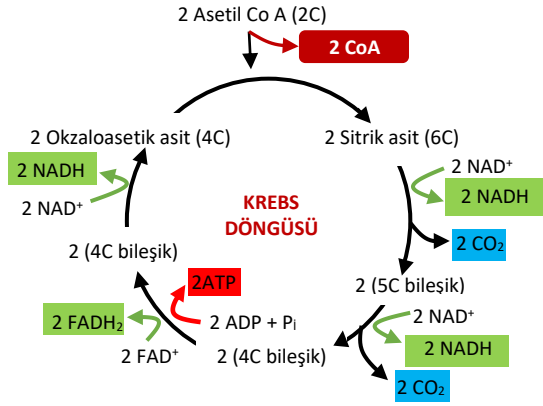
II. enerji elde etmede kullanılacak moleküllerin mitokondrilere geçmesi,

III. moleküllerin enzimlerle CO₂ ve H₂O'ya kadar parçalanması

olaylarının gerçekleşme sırası aşağıdakilerin hangisinde doğru olarak verilmiştir?

- A) I – II – III
- B) II – I – III
- C) II – III – I

2. Sitrik asitlerin her birinden birer olmak üzere 2 molekül CO₂ ayrılır. 2 NADH oluşur. Sonuçta 5 C'lu iki bileşik oluşur.
3. 2 molekül 5 C'lu bileşikten birer CO₂ daha ayrılır. 2 NADH daha oluşur. Böylece 2 tane 4 C'lu bileşik oluşur.
4. 4C'lu bileşik tekrar okzaloasetik asiti oluşturarak bir krebs tamamlanır. Yeni bir krebs başlar. Bu sırada substrat düzeyinde fosforilasyon ile 2 ATP üretilir. 2 FADH₂, 2 NADH daha oluşur.



Sonuç olarak krebste 1 glukoz (2 asetil Co A) kullanılarak;

- 6 NADH ve 2 FADH₂, substrat düzeyinde fosforilasyon ile 2 ATP, 4 CO₂ üretilir. 6 Molekül H₂O harcanır.

3. Elektron Taşıma Sistemi (ETS):

- Prokaryotların mezozom adı verilen zar kıvrımlarında, ökaryotların mitokondri kristallerinde gerçekleşir.
- Oksijen doğrudan görev yapar. H⁺ ve elektronları ile birleşerek su oluşturur.
- Tepkimeler sırasında NADH ve FADH₂ yükseltgenir. Tekrar elektron taşıyıcı olarak kullanılır.
- En fazla ATP oksidatif fosforilasyon ile bu evrede üretilir.
- ETS:** Enerji verici organik moleküllerdeki hidrojenlerin proton (H⁺) ve elektronlarına (e⁻) ayrıldıktan sonra ETS elemanlarıncaya oksijene kadar taşınarak ATP sentezlediği evredir.
- Mitokondrinin iç zarında yer alan protein ve proteine bağlı protein olmayan moleküllerden oluşur.
- ETS'nin bu elektron tutucu elemanları elektron çekme gücüne göre en zayıf olandan kuvvetli olana göre I ve IV arası numaralarla sıralanır.
- ETS elemanları, bu aşamaya kadar oluşturulan NADH ve FADH₂ moleküllerinin getirdiği elektronları alır.
- ETS'de taşınan elektronların enerjisi kademe kademe sisteme aktığı için elektronları enerji düzeyi azalır.
- Enerjisi en yüksek olan elektron ETS'nin I. elemanı tarafından tutulur. Daha sonra indirgenme yükseltgenme tepkimeleri ile III. ve IV. elemanlara doğru akar. Bu sırada enerjilerini sisteme bırakır. Bir kısım enerji de ısı olarak ortama verilir.
- Bu enerji ile matriksteki hidrojen iyonları (proton veya H⁺) ETS'nin I-III ve IV. elemanları üzerinden zarlar arası boşluğa pompalanır. Hidrojen iyonlarının geçişiyle de matriks ile zarlar arası boşluk arasında proton derişimi farklılığı oluşturulur.
- Enerjisi en az olan en zayıf elektronu ETS'nin IV. elemanından elektron ilgisi en yüksek olan (bir başka ifade ile elektronegatifliği en yüksek olan) **son elektron tutucu oksijen** alır, ATP sentez enziminin oluşturduğu kanaldan matrikse pompalanan H⁺ları ile birleşerek su oluşur.
- ETS molekülleri aracılığı ile elektronların oksijene taşınması ve ATP'nin sentezlenmesine **oksidatif fosforilasyon** denir.
- Oksidatif fosforilasyonla ATP üretimi, 1960 yılında **Peter Mitchell** tarafından ileri sürülen Kemiozmozis hipotezine dayandırılarak açıklanmaktadır.

Kemiozmozis hipotezi

- “Zar yüzeyleri arasındaki proton derişim farkı ATP sentezini sağlar” şeklinde ifade edilir.
- Yüksek enerjili elektronların ETS'de aktarımı sırasında açığa çıkan serbest enerjinin bir kısmı ısı olarak ortama verilirken büyük bir kısmı matriksteki protonları ETS molekülleri aracılığı ile iç ve dış zar arasındaki boşluğa pompalamada kullanılır. Mitokondrinin iç zarı protonlara geçirgen olmadığından bu olaylar zarlar arası boşlukta proton yoğunluğunu artırır. Ayrıca protonlar, elektrik yükü taşıdıklarından zarlar arasındaki boşluk ile matriks arasında elektriksel yük farkının oluşmasına neden olur.
- Bu derişim ve elektriksel yük farkı bir potansiyel enerji oluşturur.
- Oluşan bu enerji (proton hareket kuvveti), H⁺ iyonlarının ATP Sentez'in içine girerek enzimin bir değirmen gibi dönmesini sağlar. ATP Sentez'in matrikste bulunan alt birimi dönme kuvveti ile ATP sentezi gerçekleştirir.
- Kemiozmotik modele göre organik moleküllerdeki bir çift elektron ETS'ye NADH ile girerse, toplam 2,5 ATP, FADH₂ ile girerse 1,5 ATP sentezi gerçekleşmektedir. Böylece bir glukoz molekülünün CO₂'ye kadar indirgenmesi ile sonuçlanan yıkım tepkimelerinde toplam 30-32 ATP sentezi gerçekleşmektedir.

D) III – I – II E) III – II – I

SORU 12. (2008 ÖSS FEN-2)

Bir canlı, aşağıdakilerden hangisiyle bir glukoz molekülünden en fazla ATP elde eder?

- A) Glikoliz
B) Elektron taşıma sistemi (ETS)
C) Laktik asit fermantasyonu
D) Etil alkol fermantasyonu
E) Pirüvattan Asetil CoA elde edilmesi

SORU 13. (ÖSS 2003)

Işıkli bir kültür ortamında, glikoz ve oksijenin varlığına ya da yokluğuna göre, bir bakteri türünün gelişimi incelenmiştir. Değiştirilen koşullarda, bakterinin üremesiyle ilgili sonuçlar aşağıdaki tabloda verilmiştir

Oksijen	Glikoz	Bakteri üremesi
Var	Var	Var
Yok	Var	Var
Var	Yok	Yok

Tablodaki bilgilere göre, bu bakteri türü ile ilgili olarak,

- I. Heterotrof beslenir.
II. Ototrof beslenir
III. Okkijenli solunum yapar.
IV. Oksijene gereksinimi yoktur.

ifadelerinden hangileri doğrudur?

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

SORU 14. (ÖSS 1999)

Hücrelerde gerçekleşen,

- I. Bir molekül glikojenin CO₂ ve H₂O'ya yıkımı
II. Bir molekül ATP'nin ADP'ye yıkımı
III. Bir molekül glukozun etil alkol ve CO₂'ye yıkımı
IV. Bir molekül glukozun CO₂ ve H₂O'ya yıkımı

olayları, aşağıdakilerden hangisinde en az enerji üretilenden en çok enerji üretilene doğru sıralanmıştır?

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

SORU 15. Oksijenli solunum sırasında;

I. Glukoz II. NAD III. Enzim IV. FAD
gibi moleküllerden hangileri tekrar tekrar kullanılabilir?

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

SORU 16. Aşağıdakilerden hangisi, asetil koenzim A molekülüne dönüşmeden, doğrudan Krebs döngüsü tepkimelerine katılabilir?

- A) Yağ asitleri B) Gliserol C) Disakkaritler
D) Fruktoz E) Bazı amino asitler

SORU 17. Aşağıdakilerden hangisi, glukozdan enerji sağlamak için amacıyla gerçekleşen reaksiyonlar sırasında, ortamda oksijen bulunduğunu gösterir?

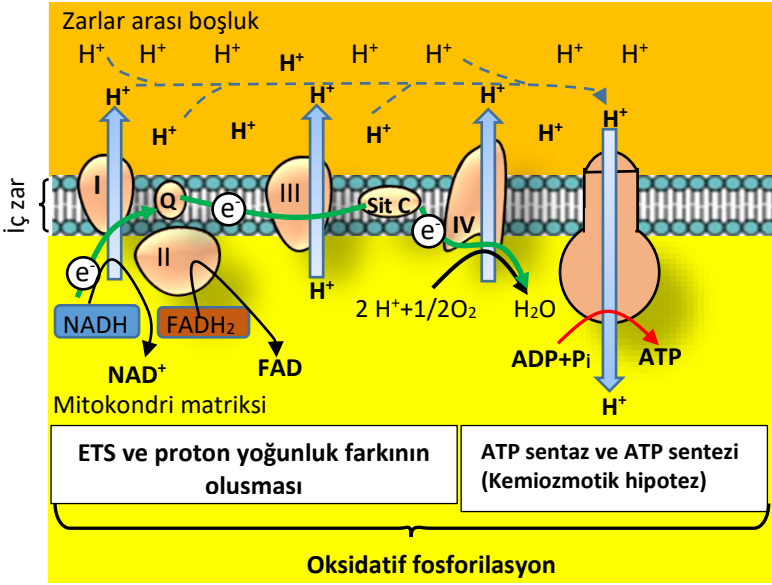
- A) Asetaldehidin oluşması
B) Asetil CoA'nın oluşması
C) NAD⁺'in indirgenmesi
D) Laktik asidin oluşması
E) ETS'nin görev yapması

SORU 18. Aşağıda mitokondrinin şekli basitleştirilerek verilmiştir.



NOT:

ATP sayısındaki bu farklılık, sitoplazmada glikolizle oluşturulan NADH moleküllerinin değişik dokularda ETS'ye farklı mekanizmalarla katılmalarından kaynaklanmaktadır. Örneğin iskelet kası ve beyin hücrelerinde 30; karaciğer, böbrek ve kalp hücrelerinde 32 ATP üretilir.



Kemiozmotik hipoteze göre mitokondrilerde ATP üretiminin şematik gösterimi

NOT:

-Mitokondride protonlar zarlar arası boşluğa ATP harcanmadan elektronların enerjisi ile pompalanırken, kloroplastlarda tilakoit boşluğa pompalanır. Oksijenli solunumda ETS elemanlarının görev alması ve organik moleküllerin inorganik birimlerine kadar ayrıştırılabilmesi nedeniyle elde edilen enerji miktarı fermantasyona oranla çok daha fazladır (yaklaşık 15 kat).
-Hücre içi enerji fazlalığı olduğunda (ATP/ADP oranı yükseldiğinde) hücrelerin solunum tepkimeleri yavaşlar, enerji yetersizliğinde (ATP/ADP oranı düştüğünde) ise enzimlerin etkinliği artırılarak enerji üretimi hızlanabilmektedir.

Oksijenli solunumda suyun oluşumu

Bir çift hidrojen atomunun ETS'de son elektron tutucu molekül olan O₂ ile birleşmesi sonucu bir molekül su oluşur. Glikolizden başlayarak krebs sonuna kadar 10 NADH ve 2 FADH₂'nin getirdiği H⁺lerin elektron ve protonları ile birleşen O₂, 12 molekül su oluşturur. Bunların 6 tanesi krepste harcadığından kalan 6 molekül su ortama verilir.

Oksijenli solunumda CO₂ oluşumu

Bir molekül glukozdan krebse hazırlık (pirüvik asit oksidasyonu) evresinde 2 CO₂, krebs döngüsünde de 4 CO₂ olmak üzere 6 CO₂ oluşur ve dışarıya verilir.



Şema: Oksijenli solunumda CO₂ oluşumu

Oksijenli solunumda ATP üretim şekilleri**1. Substrat düzeyinde fosforilasyon ile bir molekül glukozdan;**

-Glikolizde toplam 4 ATP, NET 2 ATP üretilir.

-Kres döngüsünde TOPLAM ve NET 2 ATP üretilir.

O halde substrat düzeyinde fosforilasyon ile TOPLAM 6 ATP, NET 4 ATP üretilmiş oldu.

2. Oksidatif fosforilasyon ile bir molekül glukozdan;

-NAD ile ETS'ye taşınan bir çift H atomundan 2,5, FAD ile taşınan bir çift hidrojen atomundan 1,5 ATP üretilir.

-Buna göre; 10 NADH oluştuğuna göre 10x2,5= 25 ATP,

-2 FADH₂ oluştuğuna göre 2x1,5= 3 ATP,

TOPLAM 28 ATP üretilmiş olur.

Sonuç olarak 1 molekül glukozdan;

TOPLAM: 6+28=34 ATP üretilir. NET : 4+28=32 ATP üretilir.

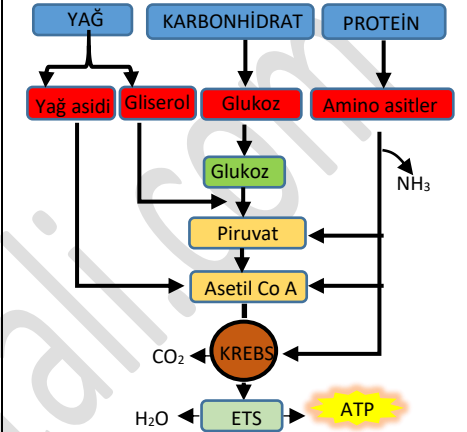
FARKLI BESİNLERİN OKSİJENLİ SOLUNUMA KATILIM BASAMAKLARI

-Canlıların enerji elde etmek için kullandığı organik besinler sırasıyla karbonhidratlar, yağlar ve proteinlerdir.

Buna göre numaralarla gösterilen bölümlerle ilgili aşağıdakilerden hangisi söylenemez?

- A) I, kemiozmotik hipoteze göre H⁺lerin biriktirildiği yerdir.
B) II'de oksidatif fosforilasyon gerçekleşir.
C) III, de glukoz moleküllerine rastlanabilir.
D) ETS elemanları II'de bulunur.
E) Piruvatın oksidasyonu III'de gerçekleşir.

SORU 19. Farklı besinlerin O₂'li solunumda kullanım basamakları aşağıda verilmiştir.

**Buna göre, aşağıdaki yargılardan hangisine ulaşamaz?**

- A) Büyük besinlerin solunumda kullanılabilmesi için hücre içinde hidroliz edilmeleri gerekir.
B) Bütün besin çeşitlerinin O₂'li solunumda kullanılabilmesi için CO₂ ve H₂O oluşur.
C) Yağ ve protein monomerleri O₂'li solunuma aynı basamaktan katılabilir.
D) Bazı besinlerin yapısında C, H, O dışında element bulunabilir.
E) Bütün besin çeşitlerinde krebs döngüsü gerçekleşir.

CEVAPLAR ve ÇÖZÜMLERİ

1. Oksijenli solunumda sadece glikolizin başlangıcında ATP harcanır. A, C, D ve E seçenekleri oksijenli solunumun glikolizden sonraki basamaklarıdır. Hiçbirinde ATP harcanmaz. Ancak amino asitlerden protein sentezi dehidrasyon olayıdır. ATP harcanır.
Cevap: B

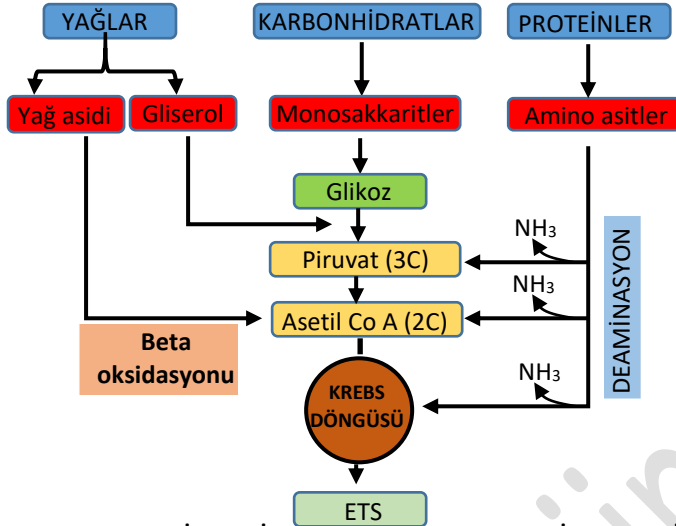
2. Glikolizde CO₂ çıkışı yoktur. FADH₂ sadece krebste oluşur. NADH+H⁺ hem glikoliz hem de krebste oluşur.
Cevap: A

3. Elektronların taşıma sisteminde taşıma ve ATP oluşumunu sağlayan enzimlerin çeşidinde bir farklılık yoktur. Enzim ATPaz enzimidir her ikisinde de. Ancak Mitokondride protonlar zarlar arası boşlukta, kloroplastlarda ise tilakoit boşlukta biriktirilir.
Cevap: A

4. Mitokondri iç zarının iki yüzeyi arasındaki pH farkı artar.
Cevap: C

5. İnsanın iskelet kası hücrelerinde gerçekleşen fermantasyon laktik asit

- Bu besin maddelerinin solunum reaksiyonlarıyla yıkımı (oksidasyonu) sonucu, ortak olarak CO₂, H₂O, ATP ve ısı oluşurken, amonyak (NH₃) sadece aminoasitlerin yıkımı sırasında oluşur. Şayet kullanılan amino asit kükürtlü ise kükürtlü bir bileşik de oluşabilir.
- Eğer bir enerji metabolizmasında NH₃ oluşmuş ise besin maddesi kesinlikle protein (amino asit) dir.
- Enerji verici polimerler enerji metabolizması sırasında öncelikle hidroliz ile monomerlerine ayrılırlar.
- Karbonhidrat monomerleri glikoliz evresinden tepkimeye girer, asetil Co A'ya dönüşür, krebs ve ETS evrelerinden geçer.
- Protein monomerlerinden (amino asitlerden) ilk olarak amino grubu NH₃ olarak ayrılır. Buna deaminasyon da denir. Daha sonra karbon sayılarına göre 2 C'lu amino asitler Asetil Co A'ya, 3C'lu amino asitler piruvata, 4 ve daha fazla C'lu amino asitler ise krebs döngüsündeki ara moleküllere dönüşerek tepkimeye katılırlar.
- Yağların sindirim ürünleri olan gliserol, glikolizin ara basamaklarından (PGAL' dönüşerek) katılır, yağ asitleri ise mitokondride **beta oksidasyonu** adı verilen tepkimelerle 2C'lu asetil-CoA moleküllerine dönüştürüldükten sonra tepkimeye katılır.



YUKARIDAKİ ŞEMA İLE İLGİLİ OLARAK BUNLARA DİKKAT EDELİM!

- Farklı besinlerin oksijenli solunumun hangi basamağından tepkimeye gireceğini karbon sayıları belirler.
- Bir hücreli solunumda 4 ve daha fazla karbonlu amino asitler hariç hangi substrat (besin) kullanılırsa kullanılsın kilit madde olan Asetil Co A mutlaka oluşur. Krebs döngüsü mutlaka gerçekleşir. Glikoliz evresi gerçekleşmek zorunda değildir.
- Farklı besin monomerleri hücreli solunum tepkimelerine aynı basamaktan katılabilirler. Örneğin 2 C'lu amino asitler ile yağ asitleri Asetil Co A'dan katılabilirler.

SOLUNUM KAT SAYISI (SK)

-Oksijenli solunumda üretilen CO₂ miktarının tüketilen O₂ miktarına oranına **solunum katsayısı (Rq)** denir.

$$Rq = \frac{\text{Üretilen CO}_2}{\text{Tüketilen O}_2}$$

-Solunum katsayısı oksijenli solunumda kullanılan substrat çeşidine bağlı olarak değişebilir.

<p>1. Karbonhidrat monomerlerinin (buğday, bezelye vb tohumların çimlenmesi sırasında) O₂li solunumda kullanıldığında üretilen CO₂ ile tüketilen O₂ miktarları eşit olduğundan solunum katsayısı 1'dir. Deney düzeneğinde basınç değişmediğinden dolayı renkli sıvı dengede kalır.</p> $C_6H_{12}O_6 + 6 O_2 \rightarrow 6CO_2 + 6 H_2O + \text{Enerji}$ $Rq = \frac{6 CO_2}{6 O_2} = 1$	<p>Rq=1 (iç basınç sabit)</p>
<p>2. Yağ içeriği yüksek olan keten, ayçiçeği gibi tohumların çimlenmesi sırasında O₂'li solunumda yağlar substrat olarak kullanıldığında da tüketilen O₂ miktarı, üretilen CO₂ miktarından fazla olduğu için kabın iç basıncı azalacak ve renkli sıvı borunun kaba bağlı kolunda yükselecektir.</p> $C_{18}H_{34}O_2 + 51/2 O_2 \rightarrow 18 CO_2 + 17 H_2O + \text{Enerji}$ $Rq = \frac{18 CO_2}{25.5 O_2} = 0.7$	<p>Rq < 1 (iç basınç azalır)</p>
<p>3. Nohut, fasulye gibi protein içeriği yüksek tohumların çimlenmesi sırasında veya organik asitler O₂'li solunum sırasında substrat olarak kullanıldığında üretilen CO₂ miktarı tüketilen O₂ miktarından fazla olduğu için kabın iç basıncı artacak bunun sonucunda renkli sıvı seviyesi kaba bağlı kolunda düşerken diğer kolda yükselecektir.</p> $C_2H_2O_4 + 1/2 O_2 \rightarrow 2CO_2 + H_2O + \text{Enerji}$ $Rq = \frac{2 CO_2}{0.5 O_2} = 4$	<p>Rq > 1 (iç basınç artar)</p>

fermantasyondur. Son elektron alıcı piruvattır. Oksijenli solunumda ise oksijendir.

Cevap: C

6. Glikoliz: Sitoplama
Krebs döngüsü: Mitokondri
ETS: Mitokondri

Cevap: D

7. CO₂, laktik asit fermentasyonunda oluşmaz.

Cevap: E

8. Krebs çemberinde oluşan CO₂'nin oksijenleri glukozdan gelir. Alınan oksijen ise suyun oluşumuna katılır.

Cevap: E

9. X, krebsi başlatan Asetil CoA'dır. **Cevap D**

10. Maya mantarları oksijensiz solunumda glukozu kullanarak yan etil alkol açığa çıkarırlar. Aminoasitler ise glikoliz reaksiyonlarına piruvat oluşumundan sonra katıldıkları için maya mantarları tarafından kullanılmazlar. **Cevap: A**

11. I, glikoliz, II, krebs, III, krebs ve ETS'dir. **Cevap A**

12. En fazla enerji ETS de üretilir. **Cevap: B**

13. Bakteri glikoz olmayan ortamda üreyemediğine göre ototrof değil heterotroftur. Bakteri oksijenli ve oksijensiz ortamda üreyebilmektedir. Bu durumda oksijene bağımlı olmayan bir bakteridir.

Cevap: D

14. I. CO₂ ve H₂O'ya kadar parçalanmışsa oksijenli solunumdur. Glikojendeki glikoz sayısına "n" dersek nx32 ATP üretilir.

II. Tek bir ATP'nin hidrolizidir. Yaklaşık 7300 cal açığa çıkar.

III. Fermentasyon olduğu için 2 ATP üretilir.

IV. CO₂ ve H₂O'ya kadar parçalanmışsa oksijenli solunumdur. Bir glukozdan yaklaşık 32 ATP üretilir. Azdan çoğa sıralanması;

II-III-IV-I **Cevap: C**

15. NAD ve FAD koenzimdir. Enzimlerle birlikte tekrar tekrar kullanılabilir. **Cevap: D**

16. Amino asitler oksijenli solunuma karbon sayılarına göre 2 C'lular doğrudan asetil CoA'ya, 3 C'lular piruvattan itibaren katılarak asetil CoA'ya dönüşürler. Ancak 3'ten fazla C taşıyan amino asitler doğrudan krebs çemberine katılırlar. **Cevap: E**

17. Asetaldehidin ve laktik asidin oluşması fermentasyon olduğunu gösterir. NAD⁺'in indirgenmesi hepsinde olur. ETS'nin görev yapması oksijenli ve oksijensiz solunumda ortaktır. Eğer ortamda oksijen varsa piruvat mitokondriye girer ve Asetil CoA oluşur.

Cevap: B

18. Oksijenli solunumun gerçekleştiği organel olan mitokondriye glukoz girişi olmaz. Sitoplazmadaki glikolizde glukozlar piruvata parçalanır. Piruvatlar mitokondriye girişi yapar. **Cevap: C**

19. Büyük besinlerin hidrolizleri genellikle hücre dışında gerçekleşir. Hücre içi zorunluluğu yoktur. **Cevap: A**