

FERMANTASYON

12. SINIF ÜNİTE, KONU, KAZANIM VE AÇIKLAMALARI

ç. Etil alkol-laktik asit fermantasyonu açıklanarak günlük hayattan örnekler verilir.
e. Oksijenli solunumda fermantasyona göre enerji verimliliğinin daha fazla olmasının nedenleri üzerinde durulur.

-Hemen hemen tüm canlılarda enerji üretilen metabolik olaylar glikoliz ile başlar.
-Fermantasyon, Besinlerdeki enerjinin oksijen olmaksızın ortaya çıkarılmasıdır.
-Glikoliz ile başlar, oluşan son molekülün çeşidine göre isimlendirilir.

A. Etil alkol fermantasyonu: Glikolizin son ürünü olan piruvatlardan etil alkolün oluştuğu fermantasyondur.

-Başta bira mayası olmak üzere maya mantarlarında ve şarap bakterilerinde gerçekleşir.

NOT:

-Bira mayası oksijen varlığında oksijenli solunum, oksijen yokluğunda ise etil alkol fermantasyonu yapabilir.

-Hamurun kabarmasını, bira ve şampanyanın köpüklenmesini bu fermantasyonda çıkan CO₂ sağlar.

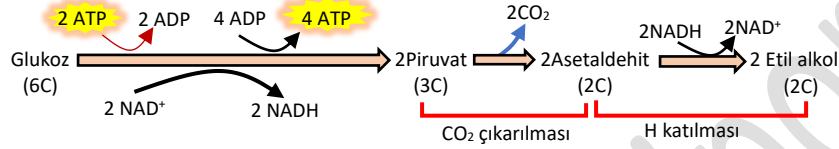
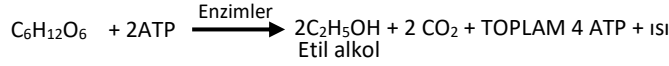
-Sitoplazmada başlar, sitoplazmada biter. ETS görev yapmaz.

-Etil alkol fermantasyonunda ilk önce piruvattan CO₂ ayrılarak asetaldehit oluşur.

Asetaldehit oluşması etil alkol fermantasyona özgüdür. Sonrasında asetaldehit NADH'nin hidrojenlerini tutarak etil alkole dönüşür. Böylece NADH'da yükseltgenerek serbest kalmış olur. Glikolizde tekrar kullanılır.

-Sonuçta 1 molekül glikozdan 2 Etil alkol, 2 molekül CO₂ ve toplam 4 molekül ATP (NET, 2 ATP) oluşurken bir miktar da ısı açığa çıkar.

Genel denklemi:

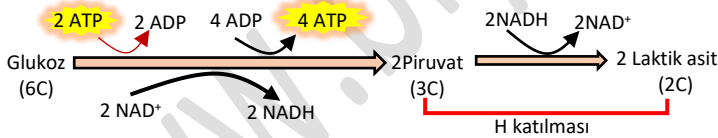
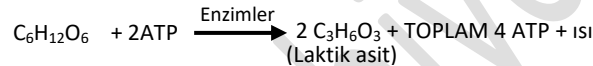


B. Laktik asit fermantasyonu: Glikolizin son ürünü olan piruvattan laktik asit oluşmasıdır. Yoğurt bakterilerinde, yeterli O₂ gelmediği durumlarda omurgalıların kas hücrelerinde gerçekleşir.

-Turşu ve salamura zeytin üretiminde de laktik asit fermantasyonundan yararlanır. Bazı sucuk ve salamlar da laktik asit fermantasyonu ile olgunlaştırılır.

-Laktik asit fermantasyonu sonucunda 1 molekül glikozdan 2 molekül laktik asit oluşur. Toplam 4 ATP (net 2 ATP) sentezlenirken bir miktar ısı açığa çıkar.

- Genel denklemi:



-Laktik asit birikimi yorgunluğa neden olur. Yoğurt yediğimizde uykumuzun gelmesi laktik asitten dolayıdır.

-Yoğun egzersizlerde çizgili kaslarımızda laktik asit birikir. Bu da yorgunluğa neden olur.

-Yorgunluğun ana sebeplerinden biri kas içi pH'nın düşmesidir.

-Dinlenme ile kaslarımıza yeterli oksijen geldiğinde laktik asit piruvata dönüştürülür.

O₂'li solunumda kullanılır. Yorgunluk hissi de ortadan kalkar.

NOT:

-Etil alkol fermantasyonu insan ve hayvan vücudunda gerçekleşmez. Laktik asit fermantasyonu ise bitkilerde gerçekleşmez.

-Etil alkol fermantasyonunda son elektron tutucu Asetaldehit, laktik asit fermantasyonunda ise piruvattır.

-Laktik asit oksidatif kapasitesi yüksek dokular (kalp ve iskelet kası) için iyi bir enerji kaynağı, böbrek ve karaciğer gibi dokularda ise glikoz sentezi için bir ön maddedir.

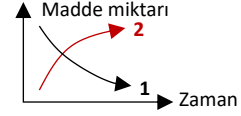
-Kalp kası oksijen düzeyi çok düşük şartlarda laktik asit üretici, normal şartlarda ise önemli bir oksitleyici dokudur.

ETİL ALKOL ve LAKTİK ASİT FERMANTASYONLARININ ORTAK ÖZELLİKLERİ

1. Ökaryot ve prokaryot hücrelerin sitoplazmalarında gerçekleşir.
2. Substrat düzeyinde fosforilasyon (SDF) ile toplam 4 ATP, net 2 ATP üretilir.
3. NAD⁺ koenzimi görev yapar.

SORU 1. (2016-LYS2/BİY)

Bir miktar üzüm suyu içerisine yeterli miktarda bira mayası eklenip ortam oksijensiz bırakıldığında, bazı moleküllerin miktarlarındaki değişimler aşağıdaki grafikte 1 ve 2 numaralı eğrilerle gösterilmiştir.



Bu grafikteki 1 ve 2 numaralı eğriler aşağıdaki moleküllerden hangilerine ait olabilir?

| | 1 | 2 |
|----|-----------------|-----------------|
| A) | CO ₂ | Etil alkol |
| B) | CO ₂ | Enzim |
| C) | Etil alkol | CO ₂ |
| D) | Enzim | Glikoz |
| E) | Glikoz | CO ₂ |

SORU 2. (2016-LYS2/BİY)

Tabloda canlılarda ATP elde edilen bazı süreçler I, II ve III ile gösterilmiştir.

| | Süreçler | | |
|----------------------------------|----------|----|-----|
| | I | II | III |
| Oksidatif fosforilasyon | + | | |
| Substrat düzeyinde fosforilasyon | + | + | + |
| Son elektron alıcı oksijen | + | | |
| Son elektron alıcı asetaldehit | | + | |
| Son elektron alıcı piruvat | | | + |

(Tabloda "+" işareti durumun varlığını göstermektedir.)

Bu tablodaki verilere göre ATP elde edilen süreçler, aşağıdakilerin hangisinde doğru eşleştirilmiştir?

| | I | II | III |
|------------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| A) Laktik asit fermantasyonu | Etil alkol fermantasyonu | Aerobik solunum | Aerobik solunum |
| B) Laktik asit fermantasyonu | Aerobik solunum | Etil alkol fermantasyonu | Etil alkol fermantasyonu |
| C) Aerobik solunum | Etil alkol fermantasyonu | Laktik asit fermantasyonu | Laktik asit fermantasyonu |
| D) Anerobik solunum | Laktik asit fermantasyonu | Etil alkol fermantasyonu | Etil alkol fermantasyonu |
| E) Etil alkol fermantasyonu | Laktik asit fermantasyonu | Aerobik solunum | Aerobik solunum |

SORU 3. (2015-LYS2/BİY)

Laktik asit fermantasyonu için aşağıdakilerden hangisi söylenemez?

- İnsanda, iskelet kaslarında gerçekleşir.
- Amacı, piruvattan daha fazla ATP üretmektir.
- Bu olayda, piruvat indirgenmektedir.
- Son ürün ile birlikte NAD⁺ oluşur.
- CO₂ çıkışı olmaz.

SORU 4.(2013 - LYS2 / BİY)

Memelilerde olgun alyuvar hücrelerinde mitokondri bulunmaz.

Buna göre bu hücreler, yaşamaları için gerekli olan enerjyi aşağıdaki yollardan hangisiyle sağlar?

- Glikozun oksijensiz yıkımıyla
- Piruvatın Asetil CoA molekülüne dönüştürülmesiyle
- NADH elektronlarının doğrudan Asetil CoA molekülüne aktarılmasıyla
- FADH₂ elektronlarının doğrudan elektron taşıma zincirine aktarılmasıyla
- NADH elektronlarının doğrudan elektron taşıma zincirine aktarılmasıyla

- Isı çıkışı olur. Ekzergonik reaksiyonlardır.
- Hücrenin PH'ını düşürür.
- Enzimatik reaksiyonlardır.
- Glikoliz evresinden sonra ATP üretimi ve tüketimi olmaz.
- NAD⁺ önce indirgenir sonra yükseltgenir.
- Organik yapıda son ürünler oluşur. (Etil alkol-Laktik asit)

| ETİL ALKOL FERMANTASYONU | LAKTİK ASİT FERMANTASYONU |
|--|--|
| Maya mantarlarında, bazı bakterilerde, bitki tohumlarında görülür. | Yoğurt bakterisinde, yeterli O ₂ gelmediğinde çizgili kas hücrelerinde, insanda olgun alyuvarlarda görülür. |
| Son ürün etil alkoldür. | Son ürün laktik asittir. |
| Son ürün 2C'ludur. | Son ürün 3C'ludur. |
| Son ürünleri organik (etil alkol) ve inorganiktir.(CO ₂) | Son ürünleri organiktir. |
| CO ₂ oluşur. | CO ₂ oluşmaz. |
| Kapalı ortamın gaz basıncını artırır. | Kapalı ortamın gaz basıncını değiştirmez. |
| Asetaldehit oluşur. | Asetaldehit oluşmaz. |
| Son elektron (H ⁺) alıcı asetaldehittir. | Son elektron (H ⁺) alıcı piruvattır. |

NOT:

ÖNEMLİ NOT:

- Fermantasyonda farklı maddelerin oluşma sebebi son ürün oluşumu evresinde (glikolizden sonra) görev yapan enzimlerin farklı olmasıdır.
- Gerek etil alkol gerekse laktik asit fermantasyonlarında glikolizden sonraki aşama olan son ürün oluşumlarında ATP üretimi olmamasına rağmen bu evrenin gerçekleşmesi, piruvat birikiminin önlenmesini, NADH+H⁺'ların serbest kalarak tekrar kullanılmasını ve glikoliz olayının dolayısı ile ATP üretiminin sürekliliğini sağlar.
- Fermantasyonda glikoz tam parçalanamadığı için enerjinin büyük kısmı son ürün olan etil alkol ve ya laktik asit gibi organik maddelerin yapısında kalır. Bunun için enerji verimi düşüktür.

-Canlılarda fermentasyon ile üretilen ürünler;

- Sütün yoğurt ya da peynir haline dönüşmesi,
- Hamurun mayalanması, boza yapımı,
- Meyve sularının alkollü içkiye dönüşmesi, etil alkol, asetik asit, laktik asit, sitrik sit, aseton ve bütanol gibi farklı maddeler bakterilerin fermantasyonu sonucu üretilir. Bu nedenle bakteri fermantasyonunun endüstride önemi büyüktür.

-Endüstriyel fermantasyon: Mikroorganizmalar yardımıyla endüstride kullanılacak gliserin, etanol, yağ asidi, süt asidi (laktik asit), süt ve alkol ürünleri gibi maddelerin üretilmesidir. Bunun için fermantasyon tankı kullanılır.

| Karşılaştırılan özellikler | ATP ELDE EDİLEN SÜREÇLER | | | |
|------------------------------------|-----------------------------|---|---------------|----------------|
| | Aerobik (oksijenli) solunum | Anaerobik (oksijensiz) solunum | Fermantasyon | |
| | | | Etil alkol F. | Laktik asit F. |
| O ₂ kullanımı | Kullanılır | Kullanılmaz | Kullanılmaz | Kullanılmaz |
| ETS'nin görev durumu | Görev yapar | Görev yapar | Görev yapmaz | Görev yapmaz |
| Son elektron tutucu molekül çeşidi | İnorganik | İnorganik | Organik | Organik |
| Son elektron tutucu molekül adı | O ₂ | (SO ₄ ⁻² , S ⁰ , Fe ⁺³ , NO ₃ ⁻ , CO ₂ , | Asetaldehit | Piruvat |
| Fosforilasyon çeşitleri | SDF ve Oksidatif F. | SDF ve Oksidatif F. | Sadece SDF | Sadece SDF |
| Üretilen net ATP miktarı | En çok (30-32 ATP) | O ₂ 'liden az, fermantasyondan çok | 2 ATP | 2 ATP |

FERMANTASYON VE OKSİJENLİ SOLUNUMUN ORTAK ÖZELLİKLERİ

- Substrat düzeyinde fosforilasyon ile ATP sentezlenir.
- Glikoliz evresi gerçekleşir.
- Enzimler görev yapar.
- Isı açığa çıkar. (Ekzergoniktir)
- Laktik asit fermantasyonu hariç CO₂ açığa çıkar.
- Hücre pH'sını düşürür.
- NAD⁺ koenzimi hem indirgenir hem yükseltgenir.
- Organik maddelerden H koparılır.
- Yadımlama (katabolizma=yıkım) olaylarıdır.

SORU 5. (2012 – LYS2 / Biy)

Alkol fermantasyonu oksijenli solunum ve laktik asit fermantasyonunda aşağıdakilerden hangisi ortak değildir?

- Enzimlerin kullanılması
- ATP'nin sentezlenmesi
- Organik maddelerin yıkılması
- NADH + H⁺ oluşumu
- CO₂ oluşumu

SORU 6. (2009 - ÖSS / FEN-2)

Hücrelerde enerji elde etmede izlenen metabolik yollardan bazıları aşağıda verilmiştir:

- Glikoliz
- Fotosentez
- Etil alkol fermentasyonu

Bu metabolik yollardan hangileri hem çizgili kas hücrelerinde hem de geçici anaerob bakterilerde gerçekleşir?

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

SORU 7. Bira mayasındaki solunumun glikoliz evresinde;

- CO₂ açığa çıkması
- NADH+H⁺ üretilmesi
- Piruvatın meydana gelmesi
- Etil alkolün oluşması

olaylarından hangileri gerçekleştirilir?

- I ve II
- I ve III
- I, II ve III
- II ve III
- II, III ve IV

SORU 8. Glikolizde ATP kullanılmasının temel nedeni nedir?

- Glikolizin enerji verimini arttırmak
- Monomer oluşturabilmek
- Piruvat birikimini sağlamak
- Glukozu aktifleştirmek
- Glukozu tamamen parçalayabilmek

SORU 9. Etil alkol fermantasyonunda

- ATP nin harcanması
- CO₂ nin açığa çıkması
- Piruvik asitin oluşması
- ATP nin sentezlenmesi

olaylarının meydana gelme sırası

aşağıdakilerden hangisinde doğru olarak verilmiştir?

- I-III-II-IV
- I-IV-III-II
- II-III-I-IV
- III-II-IV-I
- IV-III-II-I

SORU 10. Kullanılan bir molekül glukozu karşılık fermantasyon sonunda net 2 ATP, oksijenli solunum sonunda ise net 32 ATP oluşmaktadır. Oksijenli solunumda daha fazla ATP'nin oluşma sebebi aşağıdakilerden hangisi ile açıklanır?

- Solunum reaksiyonlarının daha uzun sürmesi ile
- İlk gerçekleşen reaksiyon basamaklarında oksijene gerek duyulmaması ile
- Başlangıçta reaksiyona giren glikoz miktarının fazla olması ile
- Glukoz ile birlikte yağ ve amino asitlerden de ATP elde edilmesi ile
- Glukozun kendini oluşturan en küçük bileşenlerine parçalanması ile

CEVAPLAR VE ÇÖZÜMLERİ

1. Etil alkol fermantasyonu yapılmıştır. Glikoz azalır. CO₂ artar. **Cevap: E**

2. I. Son elektron alıcı oksijen olduğuna göre oksijenli solunumdur.

II. Son elektron alıcı asetaldehit olduğuna göre etil alkol fermantasyonudur.

III. Son elektron alıcı piruvat olduğuna göre laktik asit fermantasyonudur. **Cevap: C**

10. Canlıın biyokütlesini azaltır.

FERMANTASYON VE OKSİJENLİ SOLUNUM ARASINDAKİ FARKLAR

| Femantasyon | Oksijenli Solunum |
|--|---|
| Maya hücrelerinde, bazı bakterilerde ve yeterli O ₂ olmadığı zaman kas hücrelerinde görülür. | Canlıları çoğunda görülür. (Enerji ihtiyacı fazla olan canlılar) |
| Oksijen kullanılmaz. | Oksijen kullanılır. |
| ETS görev yapmaz. | ETS görev yapar. |
| Tamamı sitoplazmada gerçekleşir. | Sitoplazma ve mitokondride gerçekleşir. |
| 1molekül glukozdan toplam 4 ATP, net 2ATP üretilir. | 1molekül glukozdan net 32 ATP üretilir. |
| Sadece substrat düzeyinde fosforilasyonla ATP üretilir. | Hem substrat düzeyinde hem de oksidatif fosforilasyon ile ATP üretilir. |
| ETS görev yapmaz | ETS görev yapar |
| Glukoz; etil alkol ve laktik asit gibi organik bileşiklere parçalanır. Etil alkolde CO ₂ çıkar. | Glukoz, su ve CO ₂ gibi inorganiklere kadar parçalanır. |
| Son hidrojen alıcı bir organikdir. | Son hidrojen alıcı oksijendir. |
| Enerji verimi % 2-10 arasındadır. | Enerji verimi yaklaşık %40dır |
| Sadece NAD koenzimi görevlidir. | NAD ve FAD koenzimleri görevlidir. |

3. Laktik asit fermantasyonunda 2 ATP üretilir. İnsanda amacı oksijen yetersizliğinde az da olsa ATP sağlamaktır. **Cevap: B**

4. Mitokondri olmadığı için oksijenli solunum gerçekleştirilemez. ATP'yi laktik asit fermantasyonu ile glikolizden sağlar. Glikoliz ise oksijen kullanılmadan glukozun piruvata yıkımıdır. **Cevap: A**

5. CO₂, laktik asit fermantasyonunda oluşmaz. **Cevap: E**

6. Fotosentez ve etil alkol fermantasyonu insan hücrelerinde gerçekleşemez. Glikoliz hemen hemen bütün canlı hücrelerin sitoplazmalarında gerçekleşir. **Cevap A**

7. Glikoliz evresinde CO₂ oluşmaz. Etil alkol da glikolizin son ürünü olan piruvattan oluşur. **Cevap: D**

8. Temel amaç, glukozu aktifleştirmektir. **Cevap: D**

9. Sıraya koyalım;
I. ATP nin harcanması
IV. ATP nin sentezlenmesi
III. Piruvik asitin oluşması
II. CO₂ nin açığa çıkması **Cevap: B**

10. Fermantasyonda glikoz tam parçalanamadığı için enerjinin büyük kısmı son ürün olan etil alkol veya laktik asit gibi organik maddelerin yapısında kalır. Bunun için enerji verimi düşüktür. **Cevap: E**