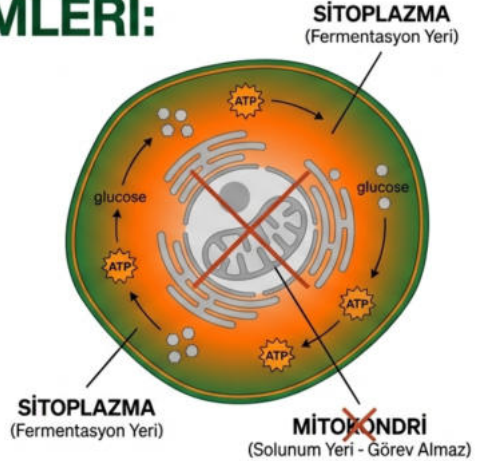


HÜCRESEL ENERJİ DÖNÜŞÜMLERİ: FERMANTASYON

10. Sınıf Biyoloji / TYT-AYT Konu Anlatımı

- **Ünite Bağlamı:** Canlılık ve Enerji / Enerji Dönüşümleri.
- **Tanım:** Oksijen ve ETS (Elektron Taşıma Sistemi) kullanılmaksızın, basit organik besinlerin (glikoz) sitoplazmada yıkılarak ATP üretilmesi sürecidir.
- **Temel Prensi:** Besinlerin kimyasal bağ enerjisinin, enzimler yardımıyla açığa çıkarılmasıdır.
- **Biyolojik Konum:** Tüm canlılarda (prokaryot ve ökaryot) hücrenin sitoplazmasında gerçekleşir.

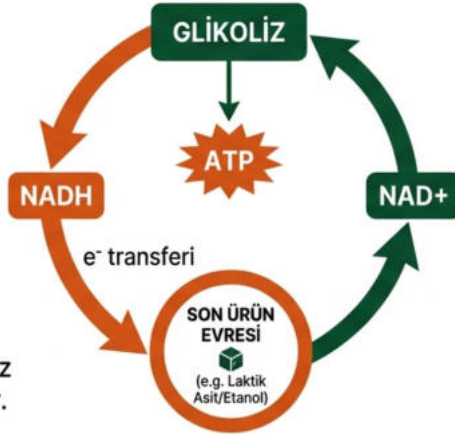


DİKKAT: Fermantasyon bir 'Hücre Solunum' çeşidi değildir. Oksijensiz ortamda solunuma alternatif bir ATP üretim yoludur. Solunumdan farklı olarak ETS görev yapmaz.

FERMANTASYONUN AMACI VE İŞLEYİŞ MEKANİZMASI

- **Enerji Kaynağı:** Fermantasyonda ATP üretimi sadece Glikoliz evresinde, Substrat Düzeyinde Fosforilasyon (SDF) ile gerçekleşir.

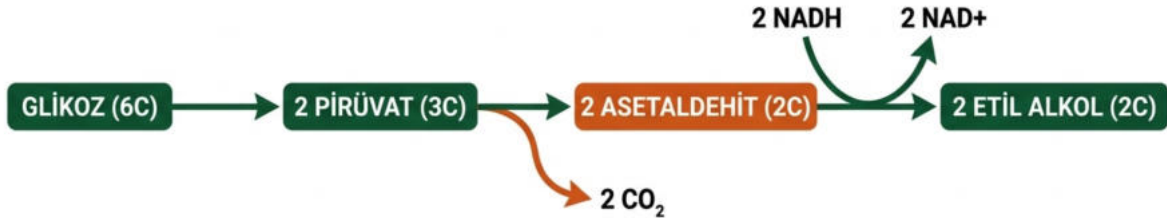
- **Kritik Sorun:** Glikoliz sırasında NAD^+ molekülleri indirgenerek NADH 'a dönüşür. Hücredeki sınırlı NAD^+ stoku tükenirse glikoliz durur ve enerji üretimi kesilir.



- **Çözüm (Son Ürün Evresi):** NADH moleküllerini tekrar yükseltgeyerek (hidrojenlerini alarak) NAD^+ haline getirmektedir.
- **Sonuç:** Serbest kalan NAD^+ molekülleri tekrar glikolize katılır ve sürecin döngüsel devamlılığı sağlanır.

DİKKAT: Fermantasyonun 'Son Ürün Evresinde' ATP üretilmez ve tüketilmez. Bu evrenin tek biyolojik amacı NAD^+ sürekliliğini sağlamaktır.

1. ETİL ALKOL FERMANTASYONU: MEKANİZMA



Süreç

Glikoliz sonucu oluşan **Pirüvik Asit (Pirüvat)**, enzimler yardımıyla iki basamakta etil alkole dönüştürülür.

Basamaklar

- 1. Basamak (Dekarboksilasyon):** 3 Karbonlu Pirüvattan CO₂ ayrılarak 2 Karbonlu Asetaldehit oluşur.
- 2. Basamak (İndirgenme):** NADH molekülü, hidrojenlerini Asetaldehit'e verir.

Reaksiyon Denklemi

Glikoz → 2 Pirüvat → 2 Asetaldehit → 2 Etil Alkol + 2 CO₂ + 2 ATP (Net)

DİKKAT: Etil alkol fermantasyonunda, ETS elemanı olmayan son elektron tutucu molekül Asetaldehittir.

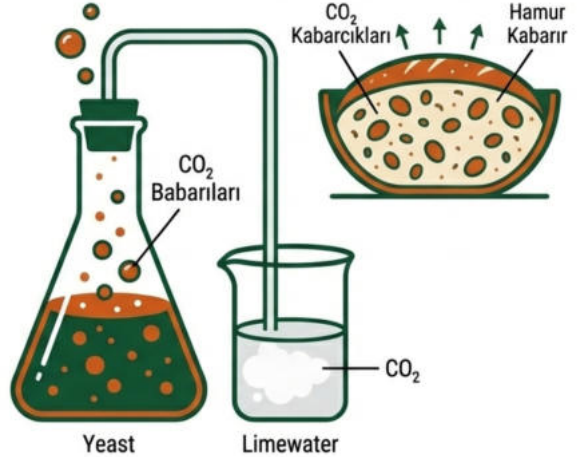
ETİL ALKOL FERMANTASYONU: CANLILAR VE ETKİLERİ

Görüldüğü Canlılar

- Maya mantarları (Örn: Bira mayası)
- Bazı bakteriler
- Bazı bitki tohumları ve kökleri (su altında/oksijensiz kaldığında)

Gaz Çıkışı Etkisi

- Reaksiyon sonucunda CO_2 oluştuğu için:
 - Hamur kabarıp (Mayalanma)
 - Kapalı kaptaki gaz basıncı artar
 - Sıvı ortamın pH derecesi (asitlik arttığı için) düşebilir
- **Son Ürün:** Oluşan etil alkol ve CO_2 hücre dışına atılır.



2. LAKTİK ASİT FERMANTASYONU: MEKANİZMA



Süreç ve Kimyasal İşleyiş

- Glikoliz sonucu oluşan Pirüvatın, doğrudan NADH molekülünden hidrojen alarak Laktik Asite dönüştürülmesidir.
- Pirüvat parçalanmaz, CO₂ çıkışı olmaz.
- Pirüvat, NADH'ın hidrojenlerini alarak (indirgenerek) Laktik Asite dönüşür.

Reaksiyon Denklemi

Glikoz → 2 Pirüvat → 2 Laktik Asit + 2 ATP (Net)

Dikkat Kutusu

DİKKAT: Laktik asit fermantasyonunda Karbon sayısı değişmez (Glikoz 6C → Laktik Asit 3C). Gaz çıkışı olmadığı için kapalı kaptaki gaz basıncını değiştirmez.

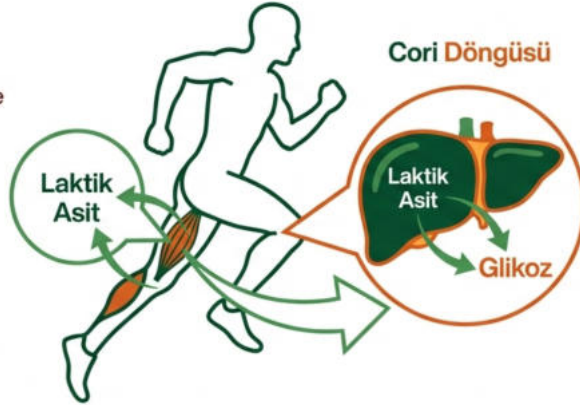
İNSAN FİZYOLOJİSİNDE LAKTİK ASİT

Çizgili Kaslar

- Yoğun egzersiz sırasında oksijen yetersiz kalırsa, oksijenli solunum ile birlikte ATP ihtiyacını karşılamak için fermantasyon yapılır.
- Hızlı ama enerji verimi düşüktür.

Yorgunluk Etkisi

- Biriken laktik asit kaslarda yorgunluk, ağrı ve uyku hissine neden olur.



Geri Dönüşüm (Cori Döngüsü)

- Dinlenme anında laktik asit karaciğere taşınır; burada tekrar Pirüvata veya Glikoza dönüştürülür.

Olgun Alyuvarlar

- Çekirdek ve mitokondrileri olmadığı için ATP ihtiyaçlarını sadece laktik asit fermantasyonu ile karşılarlar.

KARŞILAŞTIRMALI ANALİZ: ETİL ALKOL VE LAKTİK ASİT

Özellik	Etil Alkol Fermantasyonu	Laktik Asit Fermantasyonu
Son Ürün	Etil Alkol (2 Karbonlu)	Laktik Asit (3 Karbonlu)
Gaz Çıkışı (CO ₂)	VAR	YOK
Son Elektron Alıcısı	Asetaldehit	Pirüvat
Kütle Değişimi	Azalur (Gaz uçar)	Değişmez
Ortam pH Etkisi	Asitlik artar (pH düşer)	Asitlik artar (pH düşer)

Ortak Özellikler

- Sitoplazmada gerçekleşir.
- Glikoliz evresi birebir aynıdır.
- Net 2 ATP kazanılır.
- NAD⁺ kullanılır ve tekrar üretilir.

FERMANTASYONUN GÜNLÜK HAYAT VE ENDÜSTRİDEKİ YERİ

Gıda Teknolojisi

- **Laktik Asit:** Yoğurt, peynir, kefir, turşu, sucuk, pastırma.
- **Etil Alkol:** Ekmek hamuru (kabarma), boza, alkollü içecekler.

Yöresel Örnek: Şalgam Suyu

- Bulgur unu, siyah havuç ve şalgam turpunun fermantasyonu ile üretilir. (Adana/Coğrafi İşaret).

Sağlık Etkisi (Probiyotikler)

- Fermente gıdalar bağırsak florasını düzenler, bağışıklığı güçlendirir, B12 vitamini sentezine katkı sağlar.



SINAV İÇİN KRİTİK UYARILAR VE NOTLAR



İsmlendirme

Fermantasyon çeşitleri, her zaman oluşan son ürüne göre isimlendirilir (Laktik asit veya Etil alkol).



Enerji Verimi

Son ürünler (Etil alkol/Laktik asit) hala enerji bağlarına sahiptir. Glikoz tam parçalanmadığı için enerji verimi Oksijenli Solunuma göre çok düşüktür.



İnorganik Madde Çıkışı

Etil alkol fermantasyonunda inorganik madde (CO_2) oluşur. Laktik asit fermantasyonunda sadece organik madde oluşur.



Enzim Farklılığı

Her iki süreçte glikoliz enzimleri ortaktır; ancak son ürün evresindeki enzimler (genetik yapıya göre) farklılık gösterir.

SORU ÇÖZÜM STRATEJİLERİ

Hangi Fermantasyon?



İpucu: Enerji Üretimi Nerede?

Soru: “Son ürün evresinde ATP üretilir mi?”

Cevap: **HAYIR**. ATP sadece başlangıçtaki Glikoliz evresinde üretilir.

İpucu: pH Değişimi

Her iki fermantasyon türü de ortamın pH değerini **DÜŞÜRÜR** (Asitlik artar).