



ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
Fen Bilimleri Enstitüsü
Tarımsal Biyoteknoloji Anabilim Dalı

Tarımda Mikrobiyal Biyotransformasyon Uygulamaları Dersi 7

Hazırlayan
Dr. Öğr. Üyesi Merve ŞENOL KOTAN

6. FERMANTASYON



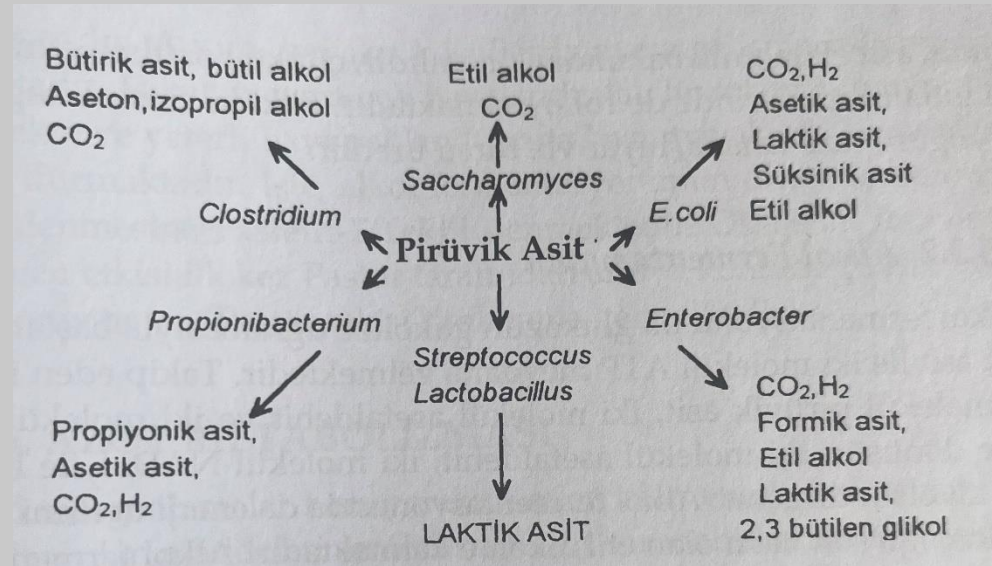
- ✓ Glukoz pirüvik aside parçalandıktan sonra pirüvik asit yukarıda verildiği şekilde solunuma olduğu gibi fermentasyona da uğrayabilmektedir.
- ✓ Fermentasyon birkaç şekilde tanımlanır. Örneğin; son elektron alıcısı organik madde olan metabolik tepkimede meydana gelen parçalanma olayına **fermentasyon** denir.
- ✓ Fermentasyonda; şeker veya aminoasitler, organik asitler, purinler ve primidinler gibi moleküllerden enerji salınır.
- ✓ Oksijene gereksinim yoktur. Ancak bazı durumlarda oksijen varlığında da meydana gelebilir.
- ✓ Elektron taşıma zincirine gereksinmesi yoktur. Son elektron alıcısı olarak bir organik madde söz konusudur. Az miktarda, sadece 2 molekül ATP üretilir.

6. FERMANTASYON



- ✓ Fermentasyon sırasında elektronlar (hidrojen) NADH_2 ' den pirüvik aside taşınmakta ve bu sırada çeşitli son ürünler meydana gelmektedir.
- ✓ Substrat fosforilasyonu ile ADP ATP'ye dönüşmektedir.
- ✓ Çeşitli mikroorganizmalar çeşitli maddeleri fermentasyona uğratabilir.
- ✓ Son ürünler mikroorganizma, substrat ve aktif olan enzimlere bağlıdır.
- ✓ Son ürünlerin kimyasal analizlerinden mikroorganizmaların tanınmasında yararlanır.

6. FERMANTASYON

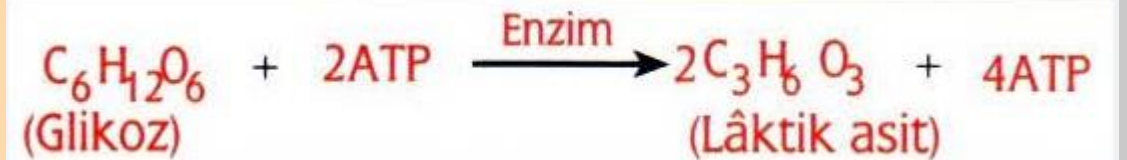
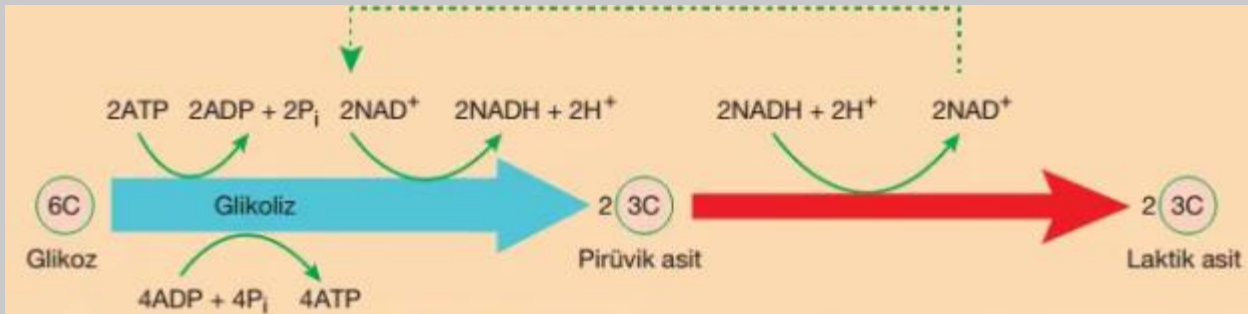


- ✓ Fermentasyon prosesinde laktik asit fermentasyonu ile alkol fermentasyonu çok önemlidir. Bütün fermentasyonların anahtar olayı sadece 2 molekül ATP üretilmesidir.
- ✓ Çünkü enerjinin çoğu laktik asit ve etanol gibi organik son ürünlerin kimyasal bağlarında kalmaktadır. Fermentasyon denilince diğer hatırlanacak olanlar kreps döngüsü veya elektron transport zincirinden yararlanılmamasıdır.

6. LAKTİK ASİT FERMANTASYONU



- ✓ Laktik asit fermentasyonunun ilk aşaması olan glikoliz sonrasında bir molekül glukoz iki molekül pirüvik aside okside olmaktadır. Bu oksidasyon sırasında 2 molekül ATP üretilir. Bundan sonraki aşamada iki molekül pirüvik asit 2 molekül NADH_2 ile 2 molekül laktik aside indirgenir.
- ✓ Laktik asidin tepkimenin son ürünü olması nedeniyle oksidasyon söz konusu değildir. Tepkime sırasında üretilen enerjinin çoğu laktik asitte kalmaktadır. Bu fermentasyonda enerji verimi düşüktür. **Laktat dehidrogenaz**, piruvatın NADH ve H^+ kullanılarak laktik aside dönüştürülmesini katalize eden bir enzimdir.



6. LAKTİK ASİT FERMANTASYONU



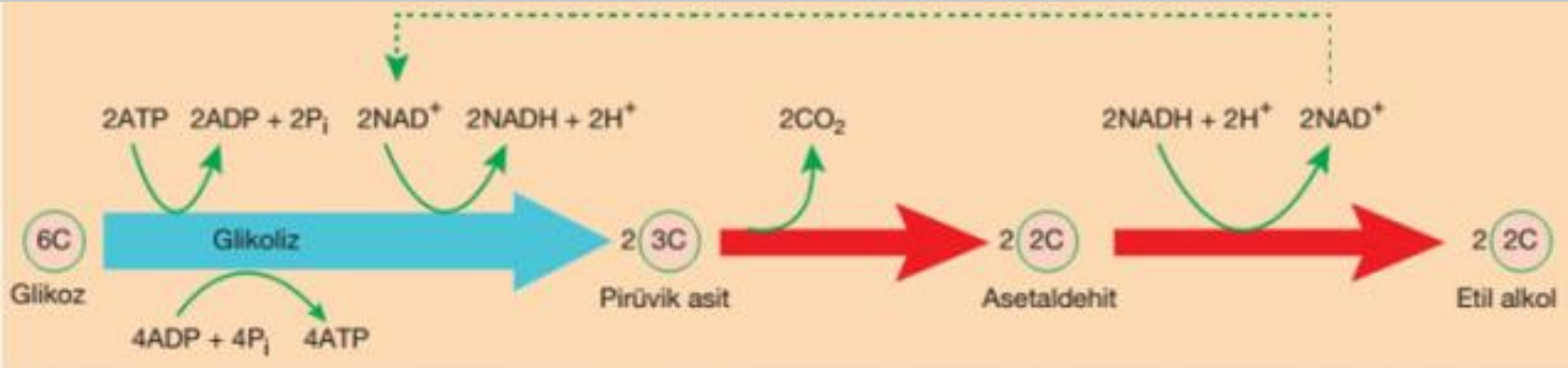
- ✓ Laktik asit bakterilerinin en önemli cinsleri *Streptococcus*, *Lactobacillus* ve *Leuconostoc*'tur. Bu mikroorganizmalar sadece laktik asit ürettiklerinde homofermentatif olarak tanımlanır.
- ✓ Laktik asidin yanı sıra diğer organik asitleri, alkolleri vb. maddeleri üreten organizmalar (tepkimeler sırasında birden fazla ürün meydana getirenler) heterofermentatif olarak tanımlanırlar ve bunlar çoğunlukla PP-yolunu kullanırlar.
- ✓ Laktik asit ekonomik bakımdan önemlidir, çünkü bozulma etmeni olduğu gibi gıda üretimlerinde de rol oynamaktadır. Bakteri cinsine bağlı olarak süttten yoğurt, taze lahana, hıyar vb. turşu üretilir.

6. ALKOL FERMANTASYONU

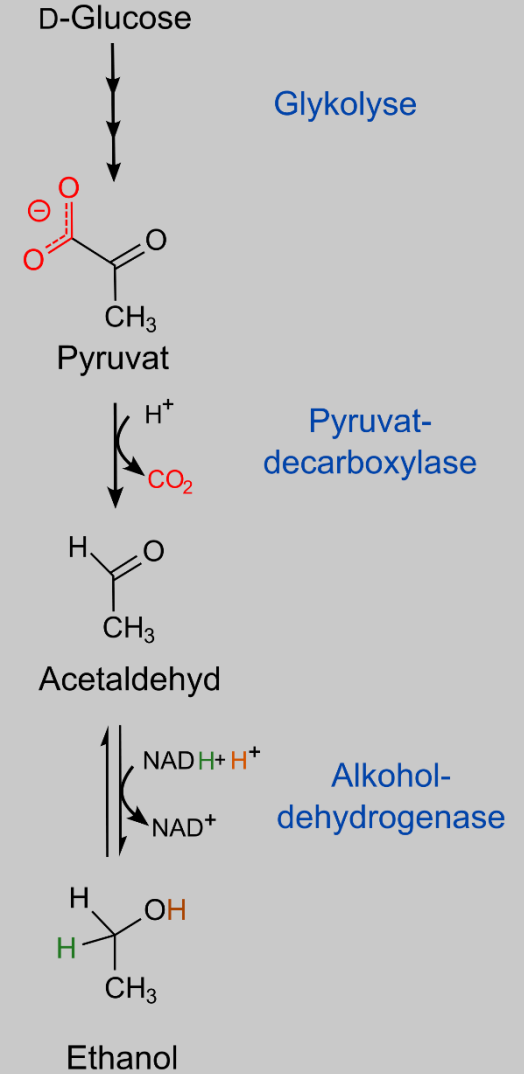
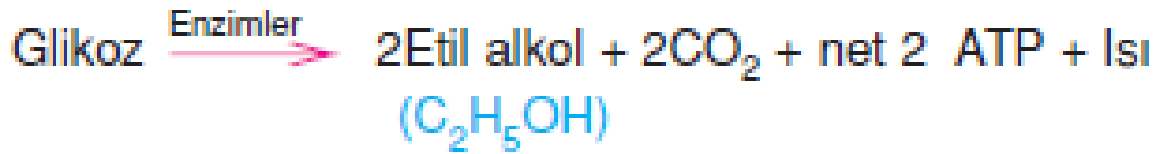


- ✓ Alkol fermentasyonu da glukozun glikolize uğramasıyla başlamakta ve pirüvik asit ile iki molekül ATP meydana gelmektedir. Takip eden tepkimede iki molekül pirüvik asit, iki molekül asetaldehit ve iki molekül karbon dioksit dönüşür. İki molekül asetaldehit, iki molekül NADH_2 ile iki molekül etil alkole indirgenir. Alkol fermentasyonunda da enerji üretimi azdır ve enerjinin çoğu son ürün olan etil alkolde kalmaktadır.
- ✓ Alkol fermentasyonu genellikle bir maya cinsi olan *Saccharomyces* tarafından gerçekleştirilir. Alkol fermentasyonu bira ve şarap üretiminin esasını oluşturmaktadır.
- ✓ Mayalar tarafından üretilen etanol ve karbondioksitten oluşan metabolik artıklardan üretimlerde yararlanılmaktadır. Etanol bira ve şarap endüstrisinde, karbondioksit ekmekçilikte önemlidir.

6. ALKOL FERMANTASYONU



Etil alkol fermantasyonunun denklemi;





7. PASTEUR-Effekt (Pastör Etkisi)

- ✓ Mayalar aerob çoğalan mikroorganizmalardır. Fakat bu canlılar şekerleri anaerob koşullarda parçalar ve fermentasyona uğratırlar.
- ✓ Maya, eğer ortamda oksijen bulunmazsa gereksinimi olan enerjiyi sağlamak için etkin bir fermentasyona yönelir. Çünkü, fermentasyonla sağlanan enerji solunuma göre çok azdır. Ayrıca, havasız koşullarda maya gelişmesini tamamen durdurmaktadır. Fakat az veya çok havalandırılabilir ortamda maya solunuma yönelmekte ve yeterli hava sağlandığında bazı mayalarda fermentasyon tamamen durmaktadır.
- ✓ İşte, alkol fermentasyonunun ortamda bulunan oksijence önlenmesine **Pasteur-Effekt**'i denmektedir. Oksijenin fermentasyonu durdurucu etkisi ilk kez Pastör tarafından ortaya konulduğu için bu şekilde tanımlanmıştır ve "Pastör etkisi" anlamına gelmektedir.

8. AZOT METABOLİZMASI



- ✓ Mikroorganizmalar hem gereksinimleri olan enerjiyi sağlamak, hem de yapıtaşları olan maddeleri sentezlemek için karbonhidratlardan başka, azotlu maddeleri de katabolik ve anabolik değişime uğratırlar.
- ✓ Mikroorganizmalarda azot metabolizması dendiğinde; protein gibi çok karmaşık yapıdan amonyağa kadar basit bileşiklere dönüşümün yanında atmosferik azotun organik bileşiklere veya aminoasitlerin proteinlere dönüşümü de ifade edilmiş olmaktadır.
- ✓ Proteinler ve parçalanma ürünleri, heterotrof mikroorganizmaların büyük bölümünce enerji, karbon ve azot kaynağı olarak değerlendirilir.

8. AZOT METABOLİZMASI



- ✓ Proteinler büyük moleküllü bileşikler olduğu için mikroorganizmanın sitoplazma membranından geçemezler. Öncelikle parçalanarak mikroorganizmanın yararlanabileceği duruma gelmeleri gerekir.
- ✓ Onun için mikroorganizmalar buldukları ortama salgıladıkları hücre dışı proteaz ve peptidaz enzimleriyle proteinleri peptid ve aminoasitlere kadar parçalarlar.
- ✓ Daha sonra bu parçalanma ürünlerini hücre içine alırlar. Proteinlerin bu ilk parçalanmaları hidrolizasyon şeklinde gerçekleşir. Hücre içine alınan parçalanma ürünleri mikroorganizma tarafından doğrudan değerlendirilerek enerji, karbon veya azot kaynağı olarak kullanılabilir.

8. AZOT METABOLİZMASI



- ✓ Ancak hidrolize olan aminoasitler katabolize edilebilir hale gelmezden önce Krebs çemberine girebilecek maddelere dönüştürülmek durumundadır. Bu sırada aminoasitlerdeki amin grubu ayrılarak amonyum iyonuna dönüşür ve deaminasyon gerçekleşir. Amonyum iyonu hücreden atılırken arda kalan organik asit Krebs çemberine girebilir.
- ✓ Diğer dönüşümler dekarboksilasyon (CO_2 'in ayrılması) ve dehidrojenizasyon (hidrojenin ayrılması)' dur. Bu dönüşümler kompleks olmakla beraber aminoasitlerin Krebs çemberine girebilmesi için önem taşımaktadır.
- ✓ Dekarboksilasyon olayında aminoasitlerden karbon dioksit enzimatik olarak ayrılmakta ve biyojen amin olarak tanımlanan bileşikler meydana gelmektedir. Putresin, kadaverin, agmatin ve histamin örnek verilebilir.

8. AZOT METABOLİZMASI



- ✓ Yukarıda da değinildiği gibi mikroorganizmalar sadece proteinleri veya diğer azotlu bileşikleri parçalama veya mineral azotu fikse etmekle kalma-yıp, proteinlerin yapıtaşı olan aminoasitleri sentezleme yeteneğine de sahiptirler.
- ✓ Bu biyokimyasal olay, proteinlerin parçalanma olayının tersi yönde seyreder. *Escherichia coli* gibi bazı mikroorganizmalar aminoasit sentezi için gerekli olan glukoz ve inorganik tuzlar gibi başlangıç maddelerini sentezleyebilecek enzimlere sahiptir.
- ✓ Gerekli enzimleri içeren organizmalar bütün aminoasitleri doğrudan veya karbonhidrat metabolizmasının ara ürünlerinden sentezleyebilirler.

8. AZOT METABOLİZMASI



- ✓ Aminoasit sentezinde kullanılan ara ürünlerin en önemli kaynağı Krebs çemberidir.
- ✓ Krebs çemberinde bir amin grubunun pirüvik aside veya uygun bir organik aside ilavesiyle (aminasyon) aminoasit meydana gelmektedir. Eğer bu amin grubu bir önceki aminoasitten geliyorsa buna **transaminasyon** denir.
- ✓ Aminoasit sentezi için diğer ara ürünler Pentozfosfat ve KDPG-yolu türevlerinden oluşmaktadır.
- ✓ Mikroorganizmaların sentezledikleri aminoasitlerin başlıca rolü protein sentezinde kullanılacak blokların inşa edilmesidir.

9. YAĞ METABOLİZMASI



- ✓ Mikroorganizmalardan bir kısmı yağları parçalama ve sentezleme yeteneğindedir.
- ✓ Yağların mikroorganizmalarca parçalanmasında ilk aşama bir trigliserid olan yağın yapıtaşını teşkil eden gliserin ile yağ asitlerinin ayrılmasıdır. Bazı mikroorganizmalar **lipaz** enzimi oluşturma yeteneğine sahiptir ve böylece yağları hidrolizasyonla yapıtaşlarına parçalarlar.
- ✓ Ardından gliserin EMP-yolu ile parçalanırken, yağ asitlerinin parçalanması çok daha değişik aşamalardan geçerek ketoasitlere veya daha ileri parçalanma ürünlerine kadar devam etmektedir.

9. YAĞ METABOLİZMASI



- ✓ Yağ sentezi, parçalanmanın tersi yönünde gerçekleşir. Mikroorganizma önce yağ asidi yıkımının tersi yönde bir tepkime ile yağ asitlerini ve diğer taraftan da glikolizle gliserini meydana getirmekte ve daha sonra bu iki ürünün birleşmesiyle yağ oluşmaktadır.
- ✓ Gliserin glikoliz sırasında bir ara ürün olan dihidroksiasetonfosfattan meydana gelirken, uzun zincirli yağ asitleri ise asetil CoA'nın iki karbonuna bağlanmaktadır.
- ✓ Gliserin ve yağ asitleri enzimatik etkileşimle basit yağlar veya lipidlerin biyosentezini gerçekleştirir. Lipidlerin başlıca rolü plazma membranının yapısal bileşim maddesi olmasıdır. Lipidler, Gram-negatif bakterilerin hücre duvarlarında enerji depo formu olarak da önem taşımaktadır.



- Singh, D. P., Gupta, V. K., & Prabha, R. (Eds.). (2019). *Microbial interventions in agriculture and environment: Volume 2: Rhizosphere, microbiome and agro-ecology*. Springer Nature.
- Bisen, P. S., Debnath, M., & Prasad, G. B. (2012). *Microbes: concepts and applications*. John Wiley & Sons.
- Prasad, R., Kumar, V., Singh, J., & Upadhaya, C. P. (Eds.). (2021). *Recent developments in microbial technologies*. Springer Singapore.
- Güven, S., & Demirel Zorba, N. N. (2013). Genel Mikrobiyoloji ve Laboratuvar Kılavuzu. *NOBEL yayınları, Ankara*.
- Tunail, N. (2009). *Mikrobiyoloji*. Danone Enstitüsü Derneği.