

Mikrobiyal metabolizma (Heterotrof ve ototrof mikrobiyal metabolizma)

Heterotrof ve Ototrof Metabolizma

Mikroorganizmaların metabolik sınıflara ayrılması, onların kullandıkları enerji kaynaklarına bağlıdır. Bu sınıfların tarifinde kullanılan bütün terimlerin sonuna eklenen **-trof** (troph) kelimesi, Yunanca'dan türevlenmiş olan **beslenme** anlamında bir kelimedir. Tek bir bileşiğin oksidasyonunu içeren reaksiyonlar serisi ise bir **metabolik yol** olarak adlandırılır. Mikroorganizmalar, ATP sentezini gerçekleştirebilmek ve karbon-içeren molekülleri, hücre bileşenlerini oluşturan makromoleküllere dönüştürmek gibi genel ihtiyaçlarını karşılayabilmek için farklı metabolik stratejilere sahiptirler. Bunun sonucu olarak mikroorganizmalar, ATP'yi sentezlemek için hem kimyasal enerji hem de ışık enerjisi kullanabilmektedirler. Kimyasal maddeler içinde ise hem organik hem de inorganik bileşikler, elektron donörleri gibi iş görerek enerji kaynakları olarak kullanılabilirler. Benzer şekilde eşleştirilmiş redoks reaksiyonlarında, hem organik hem de inorganik bileşikler içeren birkaç tane farklı elektron akseptörü kullanılmaktadır. Buna göre mikroorganizmalar, temel olarak farklı iki mikrobiyal metabolik fonksiyona sahiptirler **(i)** heterotrofik metabolizma, **(ii)** ototrofik metabolizma.

1. Heterotrofik metabolizma

Heterotrofik metabolizmada ATP sentezi için gerekli olan enerji, organik besin moleküllerinden sağlanmaktadır. Organik besin maddelerinin son ürünlerine dönüştürülmesi ve bu esnada ATP sentezi için yeterli olan enerjinin açığa çıkarılması, metabolik bir yol aracılığı ile gerçekleşmektedir. Organik bir molekülün daha küçük moleküllere parçalanması ise **katabolik** reaksiyonlarla gerçekleştirilmektedir. Heterotrof organizmalar, organik moleküllerin katabolik reaksiyonlarla yıkılması sonucunda hem ATP sentezi için gerekli olan enerjiyi, hem de hücrel karbon için gerekli olan karbonu temin etmektedirler. Heterotrofik metabolizmada organik bileşikler, **ara-metabolitler** olarak adlandırılan daha küçük moleküllere parçalanırlar. Bu ara-metabolitler ise hücrenin **biyosentez** reaksiyonlarında kullanılırlar. Heterotrof organizmalar tarafından organik bileşiklerin oksidasyonu ve ATP'de enerjinin saklanması için kullanılan metabolik yollar iki ana gruba ayrılmaktadır:

- (i)** moleküler oksijenin (O_2) veya diğer bazı oksidantların (NO_3^- , SO_4^{2-} Fe^{3+} veya CO_3^{2-}) elektron akseptörü olarak iş gördüğü, **solunum**,
- (ii)** oksidasyon-redüksiyon prosesinin herhangi bir ilave elektron akseptörünün

yokluğunda meydana geldiği, **fermentasyon**.

2. Ototrofik metabolizma

Ototrofik organizmalar, hücre için gerekli olan organik bileşiklerin sentezi için inorganik karbon dioksiti (CO_2) kullanırlar. Aynı zamanda ototrof organizmalar, inorganik kimyasal maddelerin oksidasyonu veya ışık enerjisinin kimyasal bağ enerjisine dönüştürülmesi ile de ATP sentezini gerçekleştirebilirler. Bu nedenle ototrof organizmalar, organik maddelerin tamamen yokluğunda büyüyebilme yeteneğindedirler (örneğin, *Alcaligenes eutrophus*). Özetle **ototrof** terimi, bütün karbon ihtiyacını inorganik kaynaklardan sağlayan organizmalar için kullanılmaktadır. Ototroflar, inorganik kaynaklardan organik madde sentezleme yeteneğinde oldukları için biyosferin işleyişinde çok önemlidirler. İnsan ve diğer hayvanların organik karbona olan ihtiyaçları nedeniyle biyosferin canlılığı, ototrofik organizmaların aktivitesine bağlıdır. Tek karbon kaynağı olarak CO_2 'in kullanıldığı proses ise bazen **ototrofik CO_2 fiksasyonu** olarak da isimlendirilmektedir.

Fotoototrofik (fotosentetik) mikroorganizmalar, ATP sentezi için gerekli olan enerjiyi güneş ışığından temin ederlerken, **kemoototrofik** (kemolitotrofik) olanlar ise bu enerjiyi inorganik bileşiklerin oksidasyonundan temin ederler.

Ototrof mikroorganizmalar, ATP sentezi için gerekli olan enerjinin temin edildiği mekanizmaya göre 3 gruba ayrılırlar: oksijenik fotosentez yapanlar, anoksijenik fotosentez yapanlar ve kemoototroflar.

i. Oksijenik fotosentez: Birbiri ile ilişkili iki foto-sistem kullanılmaktadır ve ATP sentezinin yanı sıra moleküler oksijenin (O_2) üretilmesi ile sonuçlanır. Algler ve siyanobakteriler tarafından gerçekleştirilir, indirgeme reaksiyonlarında kullanılan H^+ 'lar, suyun fotolizinden elde edilir.

ii. Anoksijenik fotosentez: Tek bir foto-sistem kullanılmaktadır ve reaksiyon sonucunda moleküler oksijen (O_2) üretilmez. Genellikle yeşil- ve mor-kükürt bakterileri gibi anaerobik fotosentetik bakterilerde görülen bir metabolik faaliyet olmasına rağmen, bazı koşullarda siyanobakteriler tarafından da gerçekleştirilmektedir. İndirgeme reaksiyonlarında kullanılan H^+ 'lar ise H_2S veya organik bileşiklerden elde edilir.

iii. Kemooototrofi (kemolitotrof): Membran boyunca proton motiv gücün oluşturulması ve bunun sonucunda da kemiosmosis yolu ile ATP sentezinin sağlanması için hidrojen sülfür (H_2S), amonyak (NH_3), ferroz demir (Fe^{2+}) ve hidrojen (H_2) gibi **inorganik** maddelerin oksidasyonundan yararlanır. Kemolitotroflarla kemoorganotroflar arasındaki en önemli farklılık ise biyosentez için gerekli olan **karbon** kaynağıdır. Kemoorganotroflar, genellikle hem karbon hem de enerji kaynağı olarak glikoz gibi molekülleri kullanmaktadırlar. Fakat, kemolitotrofların elektron donörü olarak kullandıkları inorganik bileşikleri karbon kaynağı olarak kullanamayacakları açıktır. Bu nedenle kemolitotrofların çoğu, karbon kaynağı olarak **karbon dioksiti** (CO_2) kullandıklarından **ototrofturlar**.