

1. THP

THP değişik besi yerlerinde uygun koşullar altında çoğaltılan mikroorganizmaların (bakteri, küf veya algler) oluşturduğu biyokütlenin bir ürünüdür.

Hızla artan dünya nüfusu ile birlikte ortaya çıkan gıda ve protein sorunu karşısında, gıda formülasyonlarında yer alacak yeni protein kaynaklarına yöneliş de artmaktadır. Giderek büyüyen bu protein açığının kapatılmasında en önemli alternatiflerden birisini Tek Hücre Proteini (THP) oluşturmaktadır. Çoğu bakteri, maya ve küf hayvansal ürünlere eşdeğer protein içeriğine sahiptir ve uygun koşullarda geliştirildiklerinde bitkisel proteinlerden daha iyi bir protein kaynağıdır. THP, çoğunlukla mikroorganizmaların pahalı olmayan bir azot kaynağı üzerinde geliştirilmesi ile üretilmektedir.

Mikroorganizmalar, bitki ve hayvanlardan daha hızlı çoğaldıkları ve bazıları optimum koşullarda ve uygun substrat üzerinde kendi hücrelerinin %80'i kadar protein oluşturdukları için THP üretiminde kullanılmaktadır. Örneğin, mayalar genellikle 1-3 saat, algler 2-6 saat, funguslar 4-12 saat ve birçok bakteri uygun ortam olduğunda 1 saatten daha kısa bir sürede çoğalmaktadırlar.

Mikroorganizmaların oluşturduğu proteinin hayvansal proteinle kıyaslanmasında birçok farklılık göze çarpar. Öncelikle mikrobiyal protein üretimi çok hızlıdır. 500 kg ağırlığındaki bir sığır günde 0.5 kg protein üretirken aynı miktarda 500 kg mayanın bir günde ürettiği protein miktarı 50 tondur. (100.000 misli). Mikrobiyal biyomas üretiminin bir diğer üstünlüğü, tarımsal üretimde olduğu gibi geniş alanlar ve elverişli iklim koşullarının sağlanmasının zorunlu olmamasıdır. Bunun yanı sıra substrat olarak kullanılacak hammadde çok çeşitli ve ucuzdur.

Mikroorganizmaların doğrudan beslenme amacıyla kullanılmaları ilk defa 19. yüzyıl sonlarında bira atık mayasının hayvan yemine katılması şeklinde olmuştur. İlk defa 1910 yılında Almanya'da THP'nin hayvan ve insan beslenmesinde kullanılması araştırılmaya başlanmış, *S. cerevisiae* mayası üretimi için tesisler açılmıştır. 1930 yılında *Candida utilis*'in kullanılması ile üstün nitelikli gıda ve yem mayası üretilebileceği ortaya konmuştur.

Kullanılan mikroorganizmalar

Bakteriler; çok sayıda patojen olmayan tür içermeleri, diğer mikroorganizmalar tarafından metabolize edilemeyen çeşitli substratları karbon ve enerji kaynağı olarak kullanmaları ve diğer mikroorganizmalara oranla çabuk çoğalmaları bakımından üstünlük gösterirler.

Pek çok bakteri karbon enerji kaynağı olarak çok sayıda substratı kullanır. Bunun için petrol ürünleri, azot, doymamış hidrokarbonlar, metanol ve metan, tarımsal artıklar kullanılmaktadır. Bakteri türlerinin pek çoğu THP üretiminde denenmiştir. THP üretiminde uygunluk için yapılan seçimlerde gelişme hızı, verim, pH ve sıcaklık toleransı, genetik stabilite, fajlara direnç gibi pek çok özellik aranır. *Bacillus*, *Corynebacterium*, *Lactobacillus*, *Arthrobacter*, *Brevibacterium*, *Pseudomonas* türleri üzerinde çalışılmaktadır. *Pseudomonas fluorescens* ile yapılan bir çalışmada, tarım artıklarının substrat olarak kullanımı sonucu elde edilen proteinin lizin açısından oldukça zengin olduğu bildirilmiştir. Hayvanlar üzerinde yapılan laboratuvar deneyleri sonucunda *E. coli*'nin iyi bir protein tamamlayıcısı olduğu saptanmıştır. Ancak

bakteriler metabolizmayı olumsuz yönde etkileyen yüksek oranda nükleik asit içerirler ve fermentasyon sonunda protein ortamdan zor ayrılır.

THP kaynağı olarak kullanılan başlıca mayalar ise *Candida utilis*, *S. fragilis*, *Torulopsis utilis*, *S. cerevisiae* vb' dir. Mayaların üretiminde melas, patates nişastası, şeker, meyvelerin etli kısımları, sülfat sıvısı, peynir altı suyu kullanılmaktadır.

Son yıllarda THP üretiminde küflerin kullanımı da yaygınlaşmıştır. Küflerden elde edilen protein oranı yüksektir. Maya ve bakterilerden daha düşük oranlarda nükleik asit içerirler ve miselleri olması nedeniyle besi ortamından kolay ayrılırlar. Küflerden *Penicillium*, *Aspergillus*, *Fusarium*, *Rhizopus* vb kullanılmaktadır.

THP kaynağı olarak algler fotosentez yetenekleri, yüksek protein içerikleri ve basit besiyerlerinde süratle çoğalmaları nedeniyle kullanılmaktadır. Ancak algler diğer mikroorganizmalardan farklı olarak ışık yeterli oranda karbondioksit isteği gösterirler.

Mikroalgler klorofilli bitkiler olduğundan havanın karbondioksitini özümleyerek ve bu nedenle ayrıca bir karbon kaynağına gereksinimleri yoktur. Mikroalglerin havanın azotundan yararlanan türleri de vardır. Mikroalgler fazla miktarda protein, yağ, karbonhidrat, vitamin ve özellikle karoten ve ksantofil içerdiklerinden, beslenme yönünden çok önemlidirler. Fotosentetik algler fotosentez yoluyla karbondioksit, su ve mineral tuzlar gibi inorganik maddeleri doğrudan yüksek kaliteli proteinlere çevirebilmektedirler. Fotosentetik algler diğer bitkilerde olduğu gibi ortamda azota ihtiyaç duyarlar. Bazıları ise kendi azotlarını fikse etme yeteneğine sahiptirler. Meksika ve Sahara'nın geleneksel gıdalarından olan Spirulina fotosentetik bir alg olup, çöllerdeki alkali gölcüklerde doğal olarak yetişmektedir.

Üretim

THP üretimi için sürekli fermentasyon kesikli fermentasyondan daha çok kullanılmaktadır. Bu yöntemde mikroorganizmalar üst cinsinden çoğalıp homojen olarak gelişmektedir. Kuvvetli bir karıştırma ile her hücrenin en iyi düzeyde gelişebilmesi için yeterli besin ve oksijeni alması sağlanmaktadır. Ortamdan hücre süspansiyonu ayrıldıkça, ortam aynı miktarda besiyeri ve ilave edilen besiyerine eşdeğer miktarda oksijen ile desteklenmektedir.

Üretim sonunda hücresel biyokütlenin fermentörden ayrılması ve saflaştırılması gerekmektedir. Fermentörden alınan biyokütle, bulamaç halinde olduğu için saflaştırma amacıyla çöktürme, filtrasyon ya da santrifüjleme işlemleri uygulanmaktadır. Bakteri ve maya hücreleri seperatör yardımıyla ayrılırken, filamentli küfler filtrasyon ile ayrılmaktadır. Bunu izleyen işlemler ise, su oranı yüksek hücresel kütlelerin korunması ve sindirilebilirlik oranının artırılması için yapılan yıkama ve kurutma işlemleridir.

THP'nin besin kalitesi:

Tek hücre proteininin besin değeri, mikroorganizma kütlelerinin fermentörden alındığı sıradaki metabolik durumuna ve hasat sonrası uygulanan işlemlere bağlıdır. Ürünün protein içeriği ve bu proteinin biyolojik olarak yararı ile esansiyel amino asitlerin miktarı THP'nin protein kalitesini, sindirilebilirlik oranını ve kullanılabilirlik durumunu ortaya koymaktadır. THP ürünlerinde protein içeriği, kullanılan mikroorganizmaya göre değişmekte; ancak aminoasit bileşimi hemen hemen aynı olmaktadır.

Mayalardan elde edilen proteinin sindirim ve emilimi %80-90 arasındadır; hücre zarının parçalanması sonucu bu oran artabilmektedir. Kükürlü aminoasitlerin yeterli düzeyde yer almaması nedeniyle protein değeri düşüktür. Ancak, methionin ilave edilmiş maya proteini tahılların lizin eksikliğini tamamlamakta ve tahıllarla karıştırılarak hayvan beslemede ve çeşitli gıdalarda katkı maddesi olarak kullanılmaktadır.

Yapılan araştırmalarda, THP'nin hayvanlar üzerindeki toksik, karsinojenik ve mutajenik özelliğinin bulunmadığı; protein, yağ, vitamin ve mineral metabolizmasında değişikliklere yol açmadığı gözlemlenmiştir. Ancak unutulmamalıdır ki THP üretiminde mikroorganizmaların kurutulması sırasında, toksinlerden arındırılması ve proteinin ekstraksiyon yöntemi ile elde edilmesiyle bu sonuçlara ulaşılmaktadır.

Birçok THP içeren üründe önemli sorun, yüksek nükleik asit içeriğidir. Yüksek düzeyde THP tüketen kişilerde vücuttaki ürik asit miktarı artmakta, dolayısıyla böbrek taşları oluşmakta, doku ve eklemlerde gut hastalığı gözlemlenmektedir. Bu nedenle THP'nin nükleik asit içeriği; mikrobiyel gelişme sırasında nükleik asit sentezinin kontrolü, protein konsantrasyonu ve izolatlarının üretimi, tüm hücrelerin alkali ile işlem görmesi ve nükleik asitlerin enzimler yardımıyla hidrolizi gibi yöntemlerle azaltılmalıdır.

THP'nin kabul edilebilirliği ve geleceği:

Atık maddeler gerek çevre kirlenmesine yol açtığı, gerekse dünya hammadde kaynaklarının azalmasına yol açtığı için, insanlar endüstriyel atıkları çeşitli şekillerde değerlendirmeye yönelmişlerdir. Genellikle endüstriyel atıkların mikroorganizmalar tarafından kullanılması sonucu elde edilen THP, uzun yıllardır ucuz ve kolaylıkla elde edilebilen protein kaynağı arayan insanlar için bir ümit ışığı olarak görülmektedir. Kötü beslenmenin ve açlığın yaygınlaşması ile birlikte THP üretimi bir alternatif olarak görünmekte ise de, bazı ekonomik ve teknik sorunlar yaygın olarak kullanılmasını engellemektedir. Bu nedenle öncelikle atığın türüne, bileşimine ve özelliklerine bağlı olarak uygun işleme teknolojisinin geliştirilmesi gerekmektedir.

Her yeni gıda maddesinde olduğu gibi, mikrobiyel kaynaklı bu ürünün de sağlık yönünden güvenli ve yenilebilir nitelikte olduğunun saptanması ve ispatlanması gerekmektedir.

THP tek başına tüketilemez. Ancak, bazı gıdaların protein yönünden zenginleştirilmesi amacıyla kullanılabilir. Elde edilen THP ürünü buğday unu, mısır, pamuk tohumu, susam gibi ürünlere ilave edilerek çeşitli karışımlar hazırlanabilir. Ayrıca, ekmek, kek, pasta gibi tahıl kaynaklı gıdalarda THP ilavesi, ürünün besin değerinin artmasına yardımcı olmaktadır. Bununla birlikte İngiltere'de basit karbonhidratlar üzerinde *Fusarium* türü küflerin geliştirilmesi ile elde edilen bir mikro protein, diğer THP ürünlerinden farklı olarak insan tüketimine sunulmuştur. Fermantasyon sonucu elde edilen renksiz, yavan tatta ve lifli yapıdaki ürün, vejeteryanlar için et benzeri gıdaların üretiminde çeşitli katkı maddeleri ile birlikte kullanılmaktadır.