

# YOĞURT TEKNOLOJİSİ

Fermentasyon, insanoğlunun elindeki gıdanın raf ömrünü uzatmak için kullandığı en eski yöntemlerden bir tanesidir. Süt ürünlerinde fermentasyonun ilk defa ne zaman kullanıldığını kesin olarak söylemek mümkün olmamakla birlikte; günümüzden yaklaşık 10- 15 000 yıl önce, insanların gıda toplamadan, gıda üretimine geçmeleri ile birlikte olduğu sanılmaktadır. Bugün yoğurt, dünya üzerinde en çok tüketilen fermente süt ürünlerinin başında gelmektedir. Yoğurdun kökeninin Mezopotamya'da Babillere, Sümerlere, Kuzey Afrika'da Firavunlara kadar ulaştığını gösteren arkeolojik veriler olduğu ileri sürülmekle birlikte, yoğurdun orjini ile ilgili yazılı veri bulunmamaktadır. En geçerli kabul edilen bilgi, ilk yoğurdun Orta Asya'da göçebe insanlar tarafından yapıldığıdır. Pek çok kaynağa göre, göçebelerin hayvan derilerinde sakladığı sütün doğal olarak pıhtılaşması ile ilk yoğurt oluşmuştur. Biz de bu veriden yola çıkarak, ilk yoğurdun Türkler tarafından yapıldığını kabul ediyoruz. Ancak dünyada yaygın olarak tüketiminin başlaması, Rus bilim adamı Metchnikoff'un 1910'da yazdığı "Ömrün Uzatılması" adlı eserinde, yoğurt ile ilgili olarak, insan sağlığı üzerine olumlu etkilerinden (theory of longevity by yogurt) bahsetmesinden sonra olmuştur.

Yoğurt; sütteki proteinlerin laktik asit fermentasyonu ile presipitasyonu sonucu oluşan, fermente bir süt ürünüdür. Pıhtılaşan proteinler kazein ve denatüre olmuş serum proteinleridir. Bu proteinlerin oluşturduğu 3 boyutlu ağ şeklindeki yapının içinde yağ globülleri ve çözünmüş halde proteos-pepton, protein tabiatında olmayan azaot bileşikleri-NPN bulunur.

## Yapım Metodu

1. Yoğurt üretiminde kullanılacak sütün seçimi; Sütün işletmeye kabulü ve çiğ süte uygulanacak analizler
2. Klarifikasyon (temizleme); Sütün temizlenmesi klarifikatör adı verilen separatörlerde iki aşamalı olarak yapılır.
  - a. sütün içinde gözle görülebilen kıl, çöp gibi pislikler ayrılır.
  - b. gözle görülemeyen kan, lökosit, epitel hücre parçaları ayrılır.
3. Yağın Standardizasyonu: İşletmeye gelen sütün yağ oranı % 3 den fazla ise standardize edilir. Yoğurt üretiminde kullanılacak sütün yağının standardize edilmesi hem yasal gerekliliklerin yerine getirilebilmesi, hem de işletme ekonomisi açısından uygun bir ürün elde edilebilmesi için gereklidir. Yağın standardizasyonu krema separatörleri aracılığı ile gerçekleştirilir.
4. Yağsız Kuru Maddenin Artırılması/Standardizasyonu: Yoğurt üretiminde kullanılacak olan sütün yağsız kuru maddesinin (YKM) standardizasyonu, bazı ülkelerde yasal düzenlemeler nedeni ile bazılarında ise gerek ürünün kıvamı, gerekse aroması açısından zorunludur.

Kuru maddenin arttırılmasında şu yöntemler kullanılabilir,

- a. Kaynatmak
- b. Süttozu ilave etmek
- c. Koyulaştırılmış süt ilave etmek
- d. KM'si inek sütünden yüksek olan sütler (koyun sütü, manda sütü) ilave etmek.
- e. Peynir altı suyu tozu ilave etmek
- f. Yayık altı suyu tozu ilave etmek

- g. Toz halinde kazein ilave etmek
- h. Süt proteini tabiatında olmayan proteinler ilave etmek
- i. Evaporasyon
- j. Membran filtrasyon tekniklerini uygulama (Ters osmoz, Ultrafiltrasyon-Hiperfiltrasyon v.b.)

Kaynatmak: Kaynatma işlemi, literatürde geleneksel yöntem olarak geçer. Sıcaklığın etkisi ile meydana gelen fizikokimyasal bir takım değişikliklerden dolayı tercih edilebilmekle birlikte, pratik ve ekonomik olmaması, büyük çaplı işletmelerde kullanılmaması dezavantajlarıdır. Ayrıca, kaynatmaya bağlı olarak elde edilecek kurumadde oranını tam olarak hesaplamak her zaman mümkün olmaz. Bu durum endüstriyel üretim açısından risk oluşturur.

Süttozu ilave etmek: Endüstriyel olarak en çok tercih edilen yöntemdir. Ülkemizde de yaygın olarak kullanılan yöntemlerin başında süttozu ilavesi gelmektedir. Yoğurt üretimi sırasında süttozuna bir katkı maddesi gibi bakılmamalıdır. Çünkü, süttozu yine süttten elde edilen bir süt ürünüdür. Üretim sırasında % 1-6 oranında katılabilir. Ancak genellikle tercih edilen oran % 3-4 civarındadır. Belirtilen oranların üzerinde katılması yoğurtta tozlu aromaya (unumsu aroma) neden olur. Süt tozu olarak; yağlı süt tozu (Full Cream Milk Powder =CMP ) da kullanılabilir gibi, genellikle yağsız süt tozu (Skimmed Milk Powder=SMP) tercih edilir.

Süttozunda dikkat edilecek en önemli noktalar:

- Püskürtme yöntemi ile elde edilmiş (çözünme yeteneği çok iyi) olan süt tozları tercih edilmelidir.
- Süt tozunda protein % 34-38 arasında olmalıdır. Yoğurt protein pıhtısı olduğu için, protein oranının yüksek olması yoğurt yapımı açısından önemlidir.
- Yoğurt yapımında genellikle yağsız süttozu kullanıldığı için, süttozundaki yağ oranı önemli değildir. Ancak bitkisel yağ asitlerinin bulunmamasına özen gösterilmelidir. Bunların bulunması yabancı maddeler ile paçal yapıldığının göstergesidir.
- Birim sütte arttırdığı kuru madde miktarı mutlaka hesaplanmalıdır (% 1 oranında süt tozu ilavesinin, % 0.840 oranında kuru madde artışı sağlamaktadır)
- Süt tozunun ambalajı dışarıdan hava almayacak şekilde kapatılmış olmalıdır.
- Antibiyotik kalıntısı bulunmamalıdır.
- Topak yapmamış olması, kolay çözünmesi gibi fiziksel konulara dikkat edilmelidir.

Evaporasyon: Süt tozu ilavesinden sonra en sık kullanılan yöntemdir. Bu amaçla evaporatörler kullanılır. Evaporasyonda suyun % 10-25 oranında süttten ayrılması sağlanır. Buda yaklaşık olarak % 2-4 YKM artışına karşılık gelir. Evaporatörde suyun buharlaştırılması süttte bazı değişikliklere yol açar. Bunlar;

- Asitliğin artması
- İnhibitör madde konsantrasyonunun artması
- Kötü kokuların uzaklaşması
- Elde edilen yoğurtta kıvamın iyileşmesi, stabilitenin artması

pH değişmemesine rağmen protein oranı ve asit özelliğe sahip mineral maddelerin oranı yükseleceği için titrasyon asitliği yükselir. Vakum altında evaporasyon yapıldığı için su ile birlikte hava ve istenmeyen kötü kokularda uzaklaşır. Ca-fosfokazeinat kompleksi, vakumdan

olumlu yönde etkilendiği için, jel içinde optimal misel yapısı oluşur. Bu nedenle bu sütlerden yapılan yoğurtlarda kıvam iyileşir, pıhtı stabilitesi artar ve depolama sırasında sineresis azalır.

Sadece süt tozu ilavesi ile, sadece evaporasyon ile ya da her ikisi kombine kullanılarak üretim yapmak mümkündür. Sadece süt tozu ile üretim yapılsa bile, süt buhar verilmeden, mutlaka evaporatörden geçirilmelidir. Böylece, en azından sütte rahatsız edici koku varsa, uzaklaştırılmış olur.

Süt proteini tabiatında olmayan proteinler ilave etmek: Ülkemizde ve pek çok ülkede yasal olarak, endüstriyel üretimde kullanımına izin verilmemektedir. Bu şekilde elde edilen ürünler henüz, laboratuvar denemeleri aşamasındadır. Bu amaçla soya sütü, tatlı patates sütü, fava fasülyesi, mung fasülyesi, nohut sütleri, yumurta beyazı, ayçiçeği, yer fıstığı, pamuk, susam proteinleri denenmektedir.

5. Homojenizasyon: Süt yağının fiziksel olarak parçalanmasıdır. Homojenizasyon işleminin yapılabilmesi için sütün 60-70°C sıcaklığa kadar ısıtılması gerekir.

Yararları:

- Süt yağının yüzeyde toplanmasını, dolayısı ile kaymak tutmayı engeller.
- Süt yağının yoğurtta eşit dağılımı sağlanır; böylece aroma homojen olarak dağılır.
- Yoğurdun su salması önlenir ; kıvamı gelişir
- Yoğurdun sindirimi artar.

6. Isı işlemleri uygulanması: Yoğurt üretiminde ;

- 80-85 °C'de, 20-30 dakika

- 90 °C'de, 10-15 dakika veya

- 95°C'de, 5-10 dakikalık ısıtma uygulanır.

Isı işlemleri uygulanmasının avantajları:

- Pastörizasyon
- Laktoalbumin ve laktoglobulinin denatürasyonu, dolayısı ile yoğurda özgül porselen beyazı rengini oluşumu
- Mikroaerofilik ortam yaratılması, bu sayede starter kültürlerin üreme kabiliyetlerinin artırılması
- KM'de artış sağlanması

7. Soğutma : Pastörize edilen sütün, yoğurt oluşumunu sağlayacak mikroorganizmaların faaliyet gösterdikleri sıcaklığa soğutulması gerekmektedir. bu amaçla sütün 43-45°C ye kadar soğutulması sağlanmalıdır.

8. Starter kültür ilavesi: 43-45°C ye soğutulmuş süte % 2 oranında termofilik kültür ( *Streptococcus Salivarius spp. thermophilus* ve *Lactobacillus delbrueckii spp. bulgaricus*) katılarak iyice karıştırılır. Starter kültürün eklenmesi iki şekilde olabilmektedir.

a. Starter kültürlerin kaplarda ayrı ayrı eklenmesi

Süt istenilen büyüklükteki kaplara dökülür. Ambalaj içinde starter kültür ekleme sıcaklığına kadar soğuyan sütlere tek tek şırınga ile ekleme yapılır. Daha çok yoğurt üzerinde kalın bir kaymak tabakası bulunması istenilen hallerde uygulanan bir yöntemdir. Ancak bu yöntem hem zahmetli hem de fazla miktarda işgücü gerektirir. Ayrıca unutulmuş kaplar olabilir. En önemlisi ise starter kültür şırınga ile verildiği zaman süütün her tarafına iyice dağılıp karışmaz. Bu da yoğurt oluşumu ve mayalanma süresini uzatır. Bu yöntemde aynı kalitede standart bir yoğurt elde etmek zordur.

#### b. Starter kültürlerin toplu halde eklenmesi

Süt starter kültür ekleme sıcaklığının 2-3 derece üzerine kadar soğutulur, süütün miktarına uygun olarak starter kültür katılır ve iyice karıştırılır. Zaman geçirmeden ambalajlara doldurulur. Bu yöntemde fazla işgücüne gerek olmaz. Ayrıca maya bütün kaplarda eşit olduğundan daima kaliteli ve standart yoğurt elde edilir.

9. İnkübasyon : Bu amaçla inkübatörlerden yararlanılır. İnkübasyon süresi değişken olabilir. Süre için belirleyici olan pıhtının oluşumu ve pH değeridir. pH 4.6 da inkübasyondan çıkarılır. Eğer pH 4.6 da yoğurt inkübasyondan çıkarılmazsa ekşi ve sulu olur. Ekşi aromayı veren *L. delbrueckii spp bulgaricus*'tur.

*L. delbrueckii spp bulgaricus* ile *S. Salivarius spp. thermophilus* bir diğerine bağlı olmadan da gelişebilir. Ancak, birlikte bulunmaları durumunda birbirlerinin metabolizma ürünlerini kullanarak, asit oluşturma etkinlikleri artar. *S. Salivarius spp. thermophilus* asitlik, *L. delbrueckii spp bulgaricus* ise aroma ve asitlik oluşumunda etkilidir. *L. delbrueckii spp bulgaricus* 'un dekstran oluşturarak stabilizasyona da katkıda bulunduğu belirtilmektedir.

*L. delbrueckii spp bulgaricus* ile *S. Salivarius spp. thermophilus* arasındaki simbiyotik ilişki: (Yoğurtta Pıhtının Oluşum Mekanizması)

- İlk önce *L. delbrueckii spp bulgaricus* üremeye başlar. Proteolitik enzim aktivitesi *S. Salivarius spp. thermophilus* 'a göre daha yüksektir. Üremek için kazein, H<sub>2</sub>S ve formiat kullanır ve kükürtlü aminoasitleri üretir (45°C).
- 43 °C de kükürtlü aminoasitleri kullanarak *S. Salivarius spp. thermophilus* üremeye başlar. Pirüvik asit, formik asit ve formiat oluşur.
- Yaklaşık 2 saat sonunda, starter kültürlerin oluşturduğu laktik asit nedeni ile, pH 5.2 - 5.3'e düşer. Bu aşamada kazeinat partiküllerinin stabilizasyonu bozulur. Kalsiyum ve fosfat kazein kompleksinden yavaş yavaş ayrılır ve iyonize duruma geçer. Kazein de pıhtılaşmaya başlar. Bu aşama ilk pıhtının olduğu aşamadır. İlk pıhtı tatlı ve gevşektir. Bu anda *S. Salivarius spp. thermophilus* 10<sup>9</sup>, *L. delbrueckii spp bulgaricus* 10<sup>3-4</sup> düzeyindedir.
- Daha sonra *S. Salivarius spp. thermophilus* baskılanır, *L. delbrueckii spp bulgaricus* üremeye devam eder. pH 4.6 da her ikisinin de düzeyi eşit olur (10<sup>9</sup>).

Yoğurdun aromasını veren başlıca bileşikler; Asetaldehit, diasetil, laktik asit ve asetik asit, aseton, aseton ve etanoldür. Aroma bileşiklerinin pek çoğu sitrik asit metabolizmasının ürünleridir. Bir kısmı ise laktoz, nükleik asit ve bazı aminoasitlerden oluşturulur.

10.Soğutma: İnkübasyon sonu yoğurt, 30 dk. oda ısısında bekletildikten sonra, 10 °C nin altına (genelde merkezi sıcaklık +4 °C olacak şekilde) soğutulur. Soğutmanın ani yapılması yapı bozukluğuna, yetersiz yapılması ise tatta ekşiliğe neden olur.

11.Depolama: Soğutma işlemi tamamlanan yoğurtlar 4°C lik depoda 1 gün bekletildikten sonra satışa sunulur. Yoğurt tüketilinceye kadar 1-2 hafta depo ömrü olmaktadır.