

KGP202 SÜT TEKNOLOJİSİ II

YOĞURT ÜRETİMİ

- Dünyada farklı adlar altında bilinen ancak temelde birbirine yakın özellikler gösteren 400'den fazla yoğurt ve yoğurt benzeri fermente süt ürünü bulunmaktadır (Örn: Busa Türkistan, logurte Brezilya ve Portekiz...).

- **Yoğurt:** Yoğurt, simbiyoz olarak yaşayan laktik asit bakterileri ile aşılanmış süttten meydana gelen ekşili bir süt ürünüdür.
- Yoğurt, toplumumuzun beslenmesinde önemli yeri olan bir süt ürünüdür.
- Çok çeşitli ve basit yöntemlerle her yerde herkes tarafından işlenebilmesi,
- Satış ve tüketimindeki kolaylıklar,
- onun ülkemizin en uzak köşelerine kadar yayılmasına sebep olmuştur.

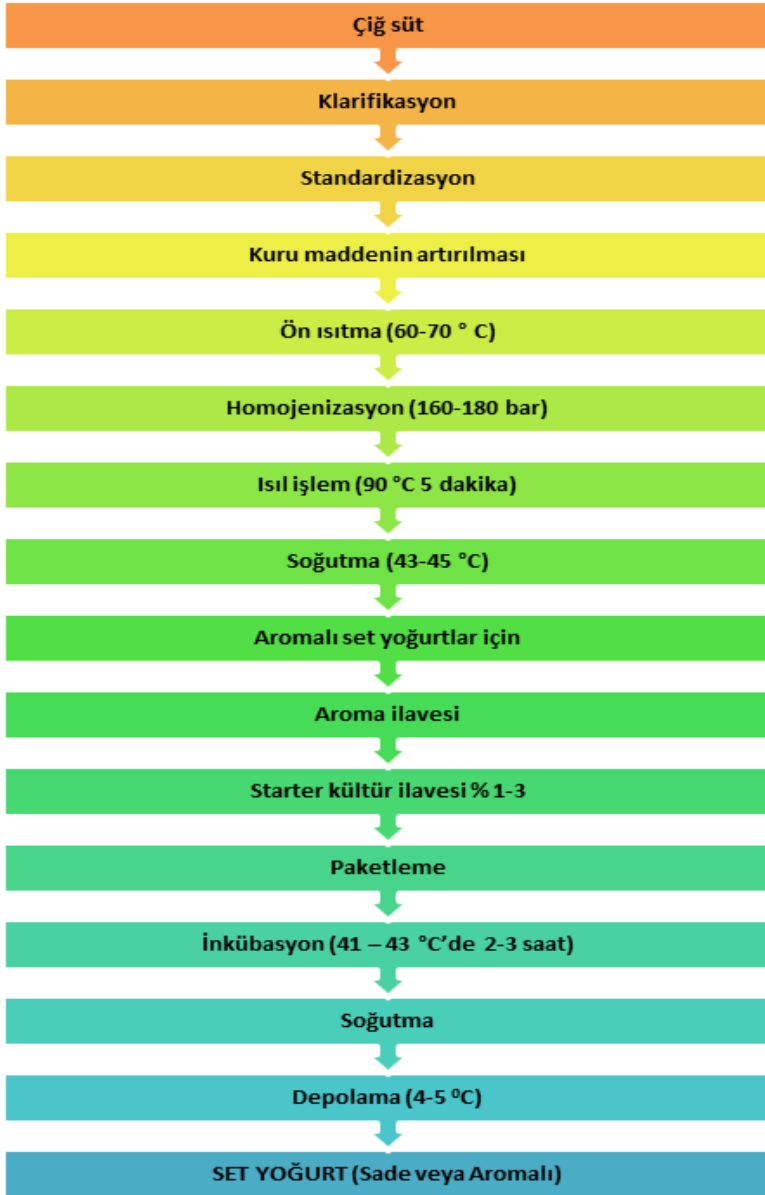
- Bu bakımdan yoğurt, Türklerin milli bir yiyeceği olarak kabul edilmiştir. Türk toplumu tarafından eski devirlerden beri besleyici ve sağlığı koruyucu olarak tanınan yoğurdun çok çeşitli üretim teknikleri kullanılmıştır. Hatta besin ihtiyaçlarını karşılayacak şekilde dayanıklı bir yoğurt özü (Kurut) haline getirilmiş ve yüksek protein oranıyla bu besinden faydalanılmaya devam edilmektedir.

- Türk Gıda Kodeksi'ne göre yoğurt; “Fermantasyonda spesifik olarak **Streptococcus thermophilus** ve **Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus**' un simbiyotik kültürlerinin kullanıldığı fermente süt ürünü” olarak tanımlanmaktadır.

- Yoğurdun kimyasal bileşimi, üretildiği süte ve uygulanan teknolojik işlemlere göre değişiklik göstermektedir. Kuru madde artırımında kullanılan yöntemle ilgili olarak süt bileşenlerindeki artış oranları farklılık gösterse de, yoğurt, üretildiği inek sütünden daha çok protein ve laktoz içermektedir. Laktik asit bakterilerinin fermantasyonundan dolayı orijinal sütün bileşimindeki değişiklikler şu şekilde özetlenebilir:

- **Laktozdan → Laktik asit**
- **Proteinlerden → Peptit ve amino asitler**
- **Yağlardan → Yağ asitleri üretimi**

- Endüstriyel boyutta ise set ve stirred yoğurt olmak üzere iki tip yoğurt üretilmektedir.
- **Set yoğurt;** starter kültür ilavesinden (aşılama, inokülasyon) sonra hemen ambalajlanmış, inkübasyona ambalajlı olarak giren yoğurt olarak tanımlanmaktadır.
- **Stirred yoğurt,** inokülasyon ve inkübasyon işlemleri tankta olmakta, karıştırma ve soğutmadan sonra hemen ambalajlanmaktadır.
- Ülkemizde genellikle set tipi yoğurt üretilmektedir.



Hammadde

- Yoğurt hemen her çeşit sütten işlenebilir. Ancak endüstriyel boyutta daha çok inek sütü tercih edilmektedir.
- Kaliteli ve dayanıklı yoğurt üretimi için hammaddenin de iyi, standart özellik ve kalitede olması gerekir.
- Bunun yanında işleme tekniği ve kullanılan ekipmanların hijyeni de büyük önem taşımaktadır. Ancak işleme tekniği ve ekipmanlar ne kadar mükemmel olursa olsun kalitesiz sütten hiç bir zaman arzulanan özellikte yoğurt yapılamaz.
- Teknolojik yönden yoğurt yapımına elverişli olan süt, çok temiz, taze, normal ve hilesiz olmalıdır. İçerisinde toz, toprak, gübre, kıl, sinek v.s. gibi maddeler bulundurmamalıdır.

- Tazeliğini kaybetmiş, asitliği artmiş sütler, tam kaynatılamayacağı veya asitliği nötralize etmek için hile amaçlı alkali ilave edilmiş olabileceği için kaliteli yoğurt üretimine uygun olmamaktadır. **Bunun için yoğurt imalatçısının, süt alırken sütün asitliğine zen göstermesi, asitliği yükselmemiş sütleri kabul etmesi gerekmektedir.**
- Çünkü yoğurtta uygun tekstürel özelliklerin oluşabilmesi için süte nispeten yüksek sıcaklıklarda ve uzun süreli ısıl işlemler uygulanmaktadır (günümüzde 85 °C 20 dk/ 90-95 °C 5-10 dk). Eğer süt asitliği yüksek olursa özellikle yüksek sıcaklıkta ısıl işlem uygulamasında süt proteinlerinin ısıl stabilitesinde zayıflama meydana gelmekte ve pıhtılaşma görülebilmektedir.
- Bu nedenle yoğurt üretiminde kullanılacak sütlerin asitliğinin 8.0-8.5 SH'yı geçmemesi önerilmektedir. Asitliği 7.5 SH altındaki ve 9 SH zerindeki sütler yoğurt üretimi için kabul edilmemektedir. Ayrıca iyi bir yoğurt yapabilmek için sütün, kendine has renk, tat, koku, kıvam ve görünüşte olması gerekmektedir.

Kısacası yoğurt üretiminde kullanılacak sütün sahip olması gereken özellikler:

- ❖ Asitliğin fazla gelişmemiş olması
- ❖ Temiz ve taze olması
- ❖ Sağlıklı hayvandan elde edilmiş olması
- ❖ Mikrobiyolojik kalitesinin iyi olması
- ❖ Tat ve kokusunun normal olması
- ❖ Pestisit, antibiyotik, nötralize edici ajan vb. bulundurmamalı
- ❖ Bileşiminin ise normal olması gerekmektedir.

Sütün Temizlenmesi (Klarifikasyon)

- **Klarifikasyon;** sütün içinde bulunabilen yabancı maddeleri, pislikleri, vücut hücrelerini, lökositleri ayırmak için yapılan işlemdir. Klarifikasyon işlemi modern işletmelerde özel olarak bu amaç için imal edilmiş separatörlerde yapılabilmektedir.

Standardizasyon

Süt yağının standardizasyonunda genellikle kullanılan yöntemler ya süt yağının mekanik seperasyonla uzaklaştırılması ya da kremanın yağlı ya da yağsız sütlere ilave edilmesidir. Büyük ölçekli yağ standardizasyonu yapan işletmelerde yağ standardizasyonu otomatik olarak yapılmaktadır. Yağlı sütün yağ içeriği 40 °C'de tamamen uzaklaştırılmakta ve hesaplanan miktarda krema yağsız süte ilave edildikten sonra homojenizasyon ve ısı işlem uygulanmaktadır.

Türk Gıda Kodeksi, Fermente Süt Ürünleri Tebliği'nde, yoğurdun yağ miktarına göre sınıflandırılması ağağıdaki tabloda gösterildiği gibidir.

Sınıf	Yağ miktarı
Tam yağlı yoğurt	% 3-3,8
Yarım yağlı yoğurt	% 1.5-2
Yağsız yoğurt	%0.15
%..... Yağlı yoğurt	Tam yağlı, yarım yağlı ve yağsız yoğurt sınışarı dışında kalan süt yağı

Yoğurdun yağ içeriğı yönünden, Tebliğde yer alan sınıfa göre adlandırılması gerekmektedir. Dolayısıyla mevzuatta verilen yağ miktarlarına uygun ürün üretmek için yoğurda işlenecek sütün yağ miktarı, süt yağı ile ayarlanmaktadır.

Kurumaddenin Standardizasyonu

1. Vakumla Suyun Azaltılması
2. Membran Filtrasyonu ile Suyun Azaltılması
3. Süttozu ve Konsantrat ile Sütün Koyulaştırılması

1. Vakumla Suyun Azaltılması

Geleneksel yöntemde kaynatma işlemi uygulanmakta ve işlem vakum altında gerçekleşmediği için süt bileşenleri azami düzeyde zarar görmekte ve sütün beslenme değerinde büyük ölçüde azalma meydana gelmektedir. Ancak buharlaştırma vakumla gerçekleştirildiğinde düşük buharlaştırma sıcaklığında sütün muamelesi ve düşük enerji ile yüksek randıman sağlanmaktadır. Yoğurda işlenecek sütün evaporasyonunda genellikle % 10-25 arasında suyun ayrılması sağlanır. Bu koyulaştırma işlemi yoğurdun kalitesi açısından iyi sonuç vermektedir.

2. Membran Filtrasyonu ile Suyun Azaltılması

Burada ya toplam kurumadde membran filtresiyle (Hiper filtrasyon) zenginleştirilir, ya da yalnız süt proteini artırılır (Ultrafiltrasyon). Bu metodun avantajı süt bileşenlerinin denatüre olmaması ve çok iyi randıman elde edilmesidir.

3. Süttozu ve Konsantrat ile Sütün Koyulaştırılması

- Küçük ve orta ölçekli işletmelerde kurumadde standardizasyonunda en yaygın kullanılan yöntemlerden biridir. Genellikle yoğurt yapımında % 1-3 arasında süttozu kullanılır. Kullanılan süttozunun eriyebilme yeteneği önemlidir. Sıcak sütte instant süt tozu tam olarak eritilir. Bu işlem sıcaklığı ayarlı tankta gerçekleştirilir. Süttozu yerine, koyulaştırma için kondanse süt de kullanılabilir. Fakat çok az uygulanan bir durumdur. Yoğurt sütünün süttozu ile koyulaştırılması, buharlaştırma ile yapılan işleme göre daha hızlı meydana gelir. Ancak diğer taraftan bakteri kültürleri sütte bazen yavaş geliştikleri için dezavantaja da sahiptir. Süttozu veya kondanse süt ilavesinden sonra sütün mutlaka ısıtılması gerekmektedir.
- Mevzuatta, yoğurdun kıvamını artırmak ve su salmasını önlemek için stabilizatörlerin kullanımına izin verilmemektedir. Türk Gıda Kodeksi Fermente Süt Ürünleri Tebliği'ne göre, sadece fermentasyon sonrası ısıtılmış işlem görmüş fermente süt ürünlerinde ve çeşnili fermente süt ürünlerinde jelatin ve nişasta kullanılabilir.

Deaerasyon

- Sütün özellikle süttozu ile standardize edilmesi sırasında yüksek oranda hava süte karışabilir. Havada bulunan oksijen nedeniyle yoğurt bakterileri gelişimi azalacak, ayrıca üretilen yoğurttaki yağ, depolama sırasında acılaşmaya (ransiditeye) uğrayacaktır. Diğer bir dezavantajı ise havanın pompalama sırasında kavitasyona neden olma ve ısıtıcı yüzeylerde ürün yerine hava bulunacağı için enerji kaybıdır. Bununla birlikte deaerasyonun diğer bir avantajı ise, havanın yanı sıra sütteki, yemden gelebilecek yabancı tat kokuyu uzaklaştırmaktır.

Homojenizasyon

- Sütün bir süre beklemesi ile büyük yağ globülleri yüzeyde birikerek kaymak tabakası oluşturur. Bunu önleyebilmek için süt homojenizatörden geçirilmekte ve büyük yağ globülleri küçültülmektedir. Uygun bir sıcaklık ile birlikte homojenizasyon, ekşi süt mamüllerinin stabilitesini ve konsistensini düzeltmekte ayrıca jelin sağlamlığı, homojenizasyon basıncı ile artmaktadır. Genel olarak homojenizasyon yaklaşık 200 kg/cm² (bar) basınç altında ve 55-60 °C sıcaklıkta yapılmaktadır. Homojenizasyon sıcaklığı süt yağının eriyebileceği sıcaklığın üzerinde olmalıdır yoksa yağ globülleri tam olarak parçalanmazlar. Bunun yanında çok yüksek sıcaklık da yağ globülleri kimyasal kompozisyonu nedeniyle homojenizasyon için uygun değildir.

Homojenizasyonun Yoğurda Etkileri

1. Süt yağı, yoğurt içinde dağıldığından yoğurdun viskozitesi artar, yapısı düzelir ve koyu kıvamlı olur.
2. Yoğurdun viskozitesinin artmasına bağlı olarak su salması azalır.
3. Homojenizasyon ile hem yoğurdun yapısı düzeltilir, hem de kaymak bağlama önlenildiği için tat ve aroma da belirgin bir şekilde iyileşir.
4. Yağ globülleri küçüldüğü için yoğurt daha kolay hazm olur.

Sütün Pastörizasyonu

- Yoğurda işlenecek sütün seçimi yapıp, yağ ve kuru madde oranı ayarlanıp zenginleştirildikten sonra, ısıtma işlemi yapılır. Homojenizasyon, bazen ısıtmadan önce, bazen de ısıtmadan sonra uygulanır. Hammadde kalite ve bileşiminin yanında sıcaklık derecesi ve süresi yoğurt yapımı için önemlidir. Diğer işlemleri tamamlanan sütün derhal ısıtma işlemi gönderilir aksi takdirde sütün asitliği artar ve ısıtma ile süt kesilir. Sütün asitliğinin kontrol edilmesi, uygun ise ısıtma işleminin yapılması gerekir.

Yoğurt teknolojisinde ısıt işlemin başlıca amaçları şöyle sıralanabilir:

1. Sütte bulunabilecek patojen mikroorganizmanın yok edilmesi,
2. Diğer mikroorganizmaların büyük çoğunluğunu yok ederek kalite muhafazasını sağlamak,
3. Doğal olarak bulunan enzimlerin inaktivasyonunu sağlamak,
4. Nispeten fazla suyu uçurarak yoğurdun daha kıvamlı olmasını sağlamak,
5. Yoğurt bakterileri üzerinde azda olsa toksik etki yapan sütteki oksijeni uzaklaştırmak,
6. Homojenize süttten yoğurt yapılacaksa, homojenizasyon için uygun sıcaklığı temin etmek,
7. İnkübasyon için gerekli ısıyı sağlamak.

Yoğurt Starter Kültürünün Özellikleri

- Starter kültür, sütü fermente ederek pıhtılaştıran, ona tat ve aroma veren, bakteri topluluğudur. Kültürde arzu edilen mikroorganizmalardan başkası bulunmaz. Bu nedenle bunlara saf kültür de denilmektedir. Yoğurt kültürü ile ürünün asit gelişimini etkileyen, onu pıhtılaştıran laktik asit bakterileri süte katılmaktadır. Kültür, ürünün kalitesine önemli bir etkide bulunduğu için, bileşimi ve hazırlanması büyük bir önem arz etmektedir.

Yoğurt kültüründe bulunan laktik asit bakterileri, *Lactobacillus bulgaricus* ve *Streptococcus thermophilus*'tur. Her iki bakteri cinsi, yoğurtta simbiyoz olarak yaşamaktadırlar (Simbiyoz yaşam; farklı mikroorganizmaların karşılıklı avantajlarla ortak yaşaması). Bu simbiyoz durum, kültürde kokların çubuklara karşı belirli oranda olmalarını ön görmektedir. Miktar ilişkisi yani, *S. thermophilus*'un *L. bulgaricus*'a oranı yaklaşık 1/1 veya 2/1 şeklinde olmalıdır. Uygun gelişme sıcaklıkları *L. bulgaricus* için 42-45°C, *S. thermophilus* için ise 37-42°C'dir.

- İnkübasyon, pıhtılaşmanın meydana geldiği; izoelektrik noktaya erişildiği zaman sona ermektedir. İzelektrik nokta; asit ve bazik gruplarla disosiyasyon olmuş kimyasal maddelerin molekül içerisinde yük dengesini gösterdiği pH değeridir. Yani pozitif yüklü iyonların sayısı negatif yüklü iyonların sayısına eşittir.

STARTER KÜLTÜR İLE AŞILAMA

- Isıtıldıktan veya koyulaştırıldıktan sonra süt inkübasyon sıcaklığının 1-2 °C üzerine kadar soğutulur, % 2-3 oranında yoğurt kültürü ile aşılanır. Kültür ilavesinden sonra süt çok iyi karıştırılır. Sonra ya hemen doldurma kaplarına gönderilir, ya da mayalanmış olarak kazanda bir süre bekletilir. inkübasyonun bir kısmını kazanda yaptırmak, çevreden bulaşacak mikroorganizmaların etkilerini en düşük düzeye indirmekte ise de yoğurdun kıvamı üzerinde bazı olumsuz etkileri bulunmaktadır. Modern yoğurt işleme tekniğinde, mayalama işlemi de otomatik hale getirilmiştir. Isıtılmış ve inkübasyon sıcaklığına kadar soğutulmuş süt doldurma cihazlarına giderken, bir kanaldan da otomatik olarak mayayla karıştırılmaktadır ve eskiden saatler süren işlemler şimdi; ısıtıcı, soğutucu, kültür verici ve doldurma düzenlerinden geçerek birkaç dakika içerisinde sonuçlandırılmaktadır. Modern tesislerde, cihazlar birkaç kez temizlendiğinden ve bulaşmayı önleyecek bütün tedbirler alındığından, kazanlarda bir ön inkübasyona gerek duyulmamaktadır.

İnkübasyon

- Modern işletmelerde mayalanmış süt genellikle hemen kaplara doldurulur. Bu kaplar her şeyden önce çok temiz, sıcağa ve fazla aside dayanıklı, kokusuz, sütü bozmayacak ve sağlığa zarar vermeyecek nitelikte olmalıdır. Bugün yoğurt kabı olarak plastik malzemelerden yapılmış ürünler kullanılmaktadır. Kaplara doldurulmuş, mayalanmış sütlerin ağızları hava almayacak şekilde hemen kapatılmalıdır. Ayrıca doldurma makinelerinin temiz olması ve iyi şartlarda muhafaza edilmesi gerekir. Mayalanmış sütün 40-45 °C'de 2-3 saat tutularak, pıhtılaşma olarak bilinen kıvam ve aroma kazanması devresine yoğurtlaşma veya inkübasyon denilmektedir. İnkübasyon süresinin sonu asitlik gelişimi ile anlaşılmaktadır.

SOĞUTMA

İnkübasyona tabi tutulan sütün asitliği, izoelektrik noktaya ulaşınca, fermantasyona son verilerek soğutma işlemine başlanır. İnkübasyon sonunun belirlenmesinde, izoelektrik nokta değerinden hareket edilir. İzelektrik nokta sütteki kolloid çözeltili için pH 4,7-4,65 civarındadır. Soğutma işlemi yoğurt teknolojisinde mümkün olduğunca çabuk yapılmalıdır. Aksi takdirde asitliğin artmasıyla yoğurdun kalitesi olumsuz yönde etkilenir. Ancak yoğurt teknolojisinde, kademeli olarak yükselen ve düşen sıcaklıklarda çalışmak en iyi sonucu vermektedir.

Soğutma işlemi bitmiş olan yoğurt sıcaklığı 10 °C'nin altında özellikle 5 °C'deki soğuk hava deposunda en az 12, en ideali 18-24 saat muhafaza edilip olgunlaştırılmaktadır. Bu süre içinde yoğurt jeli sertleşir, stabil hale gelir ve bir kısım aroma maddeleri de oluşur. İnkübasyondan sonra yoğurdun soğutulması, hem asitlik gelişmesini önlemekte ve hem de oluşan aroma maddelerinin yoğurtta kalmasını sağlanmaktadır.

Ambalajlanması ve Muhafazası

- Soğuması tamamlanan ve 5 °C'lik bir depoda bir kaç saat veya satış durumuna göre en fazla bir gece bekletilen yoğurtlar, ambalajlanarak piyasaya arz edilir. Modern yoğurt imalathaneleri, mayalamanın ardından sütü cam, plastik veya karton kaplara koyup ağızlar kapattıkları için ambalajlamanın önemli bir kısmı işlem sırasında tamamlanmakta, satışa çıkarken ambalajlar, tel, karton veya tahta plakalı kasalara konulmaktadır. Yoğurtların etiket bilgileri ambalajlarda önceden basılı halde bulunmaktadır.

KAYNAKLAR

- Anonim, 2008. Yoğurt, Milli Eğitim Bakanlığı MEGEP Yayınları. Ankara.
- Özer, B. 2006. Yoğurt Bilimi ve Teknolojisi, Toprak OFSET, İzmir, 488 s.
- Şimşek, O.,2010. Süt Ürünleri İşleme Teknolojileri I, Süt ve Süt Ürünleri Kalite Kontrolü (Ed. Nalan Yılmaz Sarıözlü), Anadolu Üniversitesi Yayınları, Eskişehir.
- Üçüncü, M., 2010. Süt ve Mamülleri Teknolojisi. Meta Basım Ve Matbaacılık Hizmetleri,İzmir, 571 s.