YOĞURT VE ÜRETİM TEKNOLOJİSİ

1. Yoğurt Tanımı

Türk Gıda Kodeksi Fermente Süt Ürünleri Tebliği'nde açıklandığı üzere yoğurt; *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus* ve *Streptecoccus thermophilus* bakterilerinin laktik asit fermantasyonu ile meydana gelen koagüle bir süt ürünüdür.

Daha detaylı bir tanımda ise (Türk Gıda kodeksi Fermente Süt Ürünleri Tebliğ);

Yoğurt: Fermentasyonda spesifik starter kültür olarak Streptococcus thermophilus ve Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus'un birlikte kullanıldığı, inkübasyon sonrasında pıhtısı karıştırılarak kırılmamış (set) ya da kırılmış (stirred) formda elde edilen ve son tüketim tarihinde yeterli sayıda, canlı ve aktif starter bakteri bulunduran fermente süt ürünüdür. (Tebliğ No: 2022/44)

1.1. Yoğurdun Tarihçesi

Yoğurt üretiminin ilk defa ne zaman, nerede, kimler tarafından ve nasıl gerçekleştirildiği henüz tam olarak bilinmemektedir. Bu konuda birçok görüş olmasına karşın, yoğurdun çok eski çağlardan beri Orta Asya kavimleri ile İskitlerin temel tüketim maddeleri arasında yer aldığı, Ural Dağı etekleri ile Karadeniz ve Hazar Denizi arasında kalan bölgede Türklerce tüketildiği bilinmektedir.

Neolitik dönemde göçebe kavimlerin evcilleştirdikleri hayvanların sütlerini toprak kaplarda ya da hayvan derisinden yapılan tulumlarda sakladıkları bilinmekte, ortam sıcaklığına bağlı olarak fermente olan ve yoğurt benzeri bir ürüne dönüşen bu yiyeceğin günümüz yoğurt teknolojisinin başlangıç noktası olarak kabul edildiği bilinmektedir. Orta Asya ve Ortadoğu'da göçebe kavimlerin sütü dayanıklı ürünlere dönüştürme çabalarının temelinde küçükbaş hayvan yetiştiriciliğine dayalı süt üretiminin bu bölgede yılda birkaç ay ile sınırlı kalması yatmaktadır. Buna ilaveten, toplumun kültürel yapısı, yaşadıkları bölgenin iklim koşulları, sağım ve depolama koşullarındaki elverişsiz durum, ortamın hijyenik koşulları gibi faktörler de sütün ürüne dönüştürülmesini zorunlu hale getirmekteydi.

Yoğurt üretiminin süreklilik kazanmasının tesadüfi olduğu, tulumlar içerisinde fermente edilen ekşi sütün birkaç damlasının taze süte düşmesinin ardından bir süre sonra sütün pıhtılaştığının görülmesiyle göçebe Türklerde yoğurdun sürekli üretiminin mümkün olacağı inancını geliştirmiştir.

1.1.1. Yoğurdun Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

Yoğurdun kimyasal bileşimi, üretildiği süte ve uygulanan teknolojik işlemlere bağlı

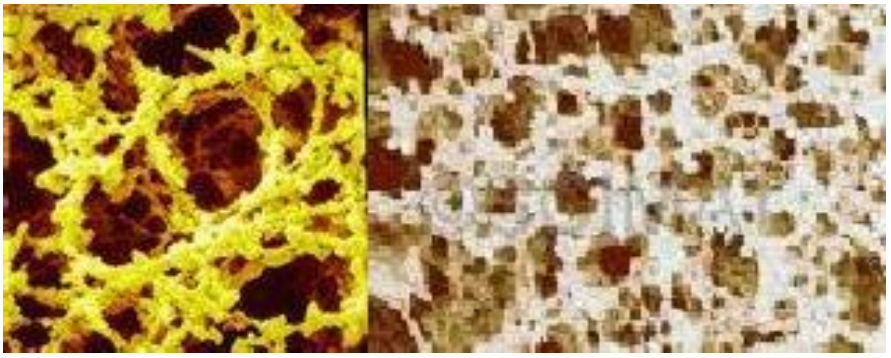
olarak değişiklik göstermektedir. Kullanılan starter kültüre ve dolayısıyla da fermantasyon işlemine bağlı olarak yoğurdun bileşiminde, süte göre oransal artışlar ve azalmalar meydana gelmektedir. Kuru madde artırımında kullanılan yönteme bağlı olarak süt bileşenlerindeki artış oranları farklılık gösterse de, yoğurt sütü üretildiği inek sütünden daha çok protein ve laktoz içermektedir.

Yoğurt, kimyasal bileşimi göz önünde bulundurulduğunda süte benzemekte, fakat üretimi sırasında kuru madde oranının arttırılmasıyla besin değerleri sütten yüksek olmaktadır. Fermantasyon esnasında proteinler çeşitli seviyelerde hidrolize olmakta, bu da serbest aminoasit ve peptit oranını yükselterek ve uygulanan ısıl işlemin de katkısıyla yoğurdun sindirimini kolaylaştırmaktadır. İçerdiği besin maddeleri açısından ideal bir gıda çeşidi olan yoğurdun biyolojik değerleri yüksek ve kolay hazmedilebilir olması, onu insan beslenmesi ve sağlığı açısından çok önemli kılmaktadır.

Laktik asit bakterilerinin fermantasyonundan dolayı orijinal sütün bileşimindeki değişiklikler genel olarak hidroliz ve bunun sonucunda kendilerini oluşturan basit bileşenlerine dönüşmesi şeklinde gerçekleşir. Tat ve koku oluşturan pek çok mekanizmanın yer aldığı dönüşüm zinciri; laktozdan laktik asit, proteinlerden peptit ve aminoasitler, yağlardan yağ asitleri üretimi şekilde özetlenebilir.

Laktozdan ⟹ Laktik asit
Proteinlerden ⟹ Peptit ve aminoasitler
Yağlardan ⟹ Yağ asitleri üretimi

Yoğurt pıhtısı, ısı yardımıyla oluşturulmuş bir asit-kazein jeli olarak tanımlanmaktadır. Buna göre yoğurt pıhtısının oluşumunda ısı uygulaması ve inkübasyon sırasındaki asitlik gelişimi önemli rol oynamaktadır. Bu iki uygulamanın etkisiyle süt proteinlerinde birtakım değişimler olmakta ve proteinler arası çeşitli etkileşimler (interaksiyonlar) meydana gelmektedir. Bu interaksiyonların çeşidi, şiddeti ve stabiliteleri (dayanıklılık) yoğurt pıhtısının fiziksel özelliklerinin belirlenmesinde etkili olmaktadır. Kısaca yoğurdun fiziksel yapısı, proteinlerin pıhtılaşmasıyla oluşan bir ağ yapısı (network) şeklindedir (Resim 1.1). Bu yapının içinde yağ globülleri, çözünmüş bileşikler ve su molekülleri bulunmaktadır.



Resim 1.1: Yoğurt pıhtısının (network yapısı) elektron mikroskobundaki görünümü

1.1.2. Yoğurdun Beslenme ve Sağlık Açısından Önemi

Yoğurt, süt bileşenlerinin laktik asit bakterileri tarafından insan beslenmesinde yararlı olan metabolik ürünlere dönüştürüldüğü tüm bileşenleri içermektedir.

Yoğurt protein, kalsiyum, fosfor, B1 (tiamin), B2 (riboflavin), ve B12 vitaminleri içeriği bakımından oldukça zengin bir üründür. Ayrıca yoğurdun folik asit, niasin, magnezyum ve çinko değerleri de süte oranla oldukça yüksektir. Dolayısıyla düzenli yoğurt tüketimi ile özellikle çocuklar ve gençler için günlük önerilen vitamin A, folik asit, vitamin B12, kalsiyum ve magnezyum miktarlarının önemli bir bölümü karşılanabilmektedir.

Sütün önemli karbonhidrat kaynağı olan laktoz, fermantasyon sırasında monosakkaritlere parçalanmakta ve bu monosakkaritler ince bağırsakta absorbe edilerek vücut tarafından enerji kaynağı olarak kullanılmaktadır. Özellikle laktoz intoleransı olan kişiler, süt yerine yoğurt benzeri ürünleri rahatlıkla tüketebilmektedirler. Laktoz intoleransı; insan vücudunda laktozu parçalayan enzimin yetersizliğinde görülmekte ve laktoz içeren ürünleri tüketen bu kişilerde birtakım bağırsak rahatsızlıkları meydana gelmektedir.

Yoğurt yapımı sırasında sütün kuru maddesindeki artış, süt proteinleri konsantrasyonunu da artırmaktadır. Dolayısıyla hem protein içeriğinin yüksek olması hem de proteinlerin yüksek biyolojik yarayışlılığı nedeniyle yoğurdun beslenme açısından önemi artmaktadır.

Yoğurtta yer alan yağın özellikle çocuk ve gençlerin beslenmesindeki yeri önemlidir. Vücut için gerekli olan doymamış yağ asitlerini bünyesinde bulundurmasından dolayı süt yağının beslenmede önemli fonksiyonları bulunmaktadır. Dengeli beslenmede yeterli miktarda yağın günlük diyetimizle alınması gerekir. İyi bir enerji kaynağı olan süt yağı A, D,E, K vitaminlerinin taşınmasını sağlar. Süt yağında bulunan fosfolipidler beyin ve sinir hücrelerinin hayati önem taşıyan kısımlarını oluşturur. Süt yağının kalp-damar rahatsızlıklarıyla ilgili teşvik edici rolünün bulunduğu ifade edilmekle birlikte çeşitli gıda maddelerinde bulunan kolesterol miktarı ile kıyaslandığında, süt sanıldığı kadar yüksekoranda kolesterol içermemektedir.

İnsan sağlığı açısından yoğurdun son derece önemli bir gıda maddesi olduğu açıktır. Yoğurdun insan sağlığı üzerine etkilerini şöyle sıralayabiliriz;

- Yoğurt bakterilerinin anti-tümör antikarsinojenik maddeleri sentezleme mekanizmaları tam olarak bilinmemekle birlikte deney fareleriyle yapılan çalışmalar düzenli yoğurt tüketimiyle meme kanseri ile rahim kanseri riskini

azaltabileceğini göstermiştir.

- Yoğurt bakterileri gastrointestinal sistemdeki mikrobiyal florayı değiştirerek mide-bağırsak enfeksiyonlarını engellemektedir. Ayrıca yoğurt bakterilerininyanı sıra probiyotik bakterilerin de mide-bağırsak rahatsızlıklarının giderilmesinde etkili olduğu bilinmektedir.
- Yoğurt kan serumu kolesterol seviyesine de etkilidir. Bazı araştırmacılar yoğurt starter bakterilerinin serum kolesterol seviyesini azaltıcı etki gösterdiğini ileri sürerken bazı araştırmacılar da bu etkinin gözlenebilmesi için günde 2-4 kg gibi yüksek miktarlarda yoğurt tüketilmesini gerekliliğini ileri sürmüşlerdir.
- Düzenli yoğurt tüketimine bağlı olarak yetişkinlerde immün sistemin güçlendiğini bildirilmektedir. Buna ilişkin verilere göre yoğurtta bulunan laktik asit bağırsaklardaki pH'yı düşürmekte ve böylece patojen mikroorganizmaların inhibisyonuna yol açmaktadır. Ayrıca yoğurt bakterileri bağırsakta tutunarak ortama hâkim flora durumuna gelmekte, zararlı mikroorganizmaların gelişimini sınırlamaktadır.

1.1.3. Yoğurda İşlenecek Sütün Seçimi

Bütün süt ürünlerinde olduğu gibi yoğurtta da ham maddenin özellikleri önemli ölçüde kaliteyi etkilemektedir.

Tüm memeliler tarafından salgılanan süt, oldukça kompleks bir yapıya sahiptir. Bileşim değerleri farklılık göstermekle birlikte tüm süt türleri başlıca su, protein, laktoz, yağ,mineraller, vitaminler, enzimler ve diğer iz elementleri içermektedir.

Şekil 1.1: Süt bileşenlerinin dağılımı

Yoğurt üretiminde değişik tür memelilerden elde edilen sütler kullanılmaktadır. Ancak ham madde olarak kullanılan bu sütlerin bileşimleri birbirinden farklıdır. Endüstriyel boyuttaki üretimlerde ağırlıklı olarak inek sütü tercih edilmektedir. Ancak sadece inek sütü kullanılsa bile sütün elde edildiği ineğin türü, beslenme şartları, laktasyon dönemi, mevsimler gibi faktörlere bağlı olarak sütün bileşiminde önemli farklılıklar ortaya çıkabilmektedir. Dolayısıyla sütün bileşimindeki temel farklılıkların ortadan

kaldırılması amacıyla yoğurda işlenecek süte çeşitli standardizasyon işlemlerinin uygulanması zorunludur.

Yoğurda işlenecek çiğ sütün; hastalıksız bir hayvandan sağılmış olması, taze olması, bakteriyolojik kalitesinin iyi olması, yabancı tat ve koku bulunmaması ve yoğurt bakterileri için inhibitör (engelleyici) madde bulundurmaması gerekir.

Süt endüstrisinde temizlikte dezenfektan ve deterjanlar geniş ölçüde kullanılmaktadır. Yeterli durulama yapılmazsa süte geçen bu dezenfektan ve deterjanlar yoğurt yapımında sorun yaratırlar.

Ayrıca ekşiyen sütlerin asitliğini nötrlemek için süt üreticileri tarafından özellikle yaz aylarında sütlere soda katılmaktadır. İçine soda katılan sütlerden yoğurt yapmak çok zordur. Yoğurdun inkübasyon süresi çok uzar, yoğurt gevşek olur ve yoğurtta arzu edilmeyen tat ve koku oluşur.

Yoğurt yapımında kullanılacak çiğ süt aşağıdaki ölçütleri taşımalıdır:

- Duyusal kusurların meydana gelmesine veya pıhtılaşma sırasında problemlerinoluşmasına neden olacağından hastalıklı bir hayvandan sağılmış olmamalıdır.
- Kötü kokulu yemlerle beslenen hayvanların sütleri olmamalıdır.
- Üründe acı tada neden olabileceğinden kızgınlık dönemindeki hayvanlardanüretilen sütler kullanılmamalıdır.
- Laktasyon döneminin başındaki ve sonundaki sütler kullanılmamalıdır.
- Ürün kalitesini olumsuz etkileyeceğinden mikroorganizma içeriği fazlaolmamalıdır.
- Antibiyotik, deterjan ve dezenfektan kalıntısı, bakteriyofaj gibi starterkültürlerin gelişimini engelleyici inhibitörler ihtiva etmemelidir.
- Hileli (su katılmış, yağı alınmış), koruyucu madde (H_2O_2, NaOH gibi) ilaveedilmiş ve asitliği yüksek sütler kullanılmamalıdır.
- Kuru maddesi yüksek sütlerden daha kaliteli ürün üretileceğinden kuru maddesiyüksek olan sütler tercih edilmelidir.

Çiğ süt kalitesinin belirlenmesi amacıyla yapılan kontroller şunlardır:

A. Süt alım platformunda;

- Sıcaklık
- Yoğunluk
- pH değeri
- Temizlik derecesi
- Protein stabilitesi (alkol testi yardımıyla, pastörize süt için %68'lik; UHTsterilize süt için %74'lük alkol kullanılarak)

- Duyusal nitelikler (görünüş, koku vb.)

B. Laboratuvarda;

- Titrasyon asitliği
- Yağ ve kuru madde oranı (gerekirse protein oranı)
- Toplam bakteri sayımı
- Boya indirgeme testi (resazurin testi)
- Donma noktası (su katıldığından şüpheleniliyor ise)
- Peroksidaz testi (sütün önceden ısıtıldığından şüpheleniliyor ise)
- Karbonat, soda, hidrojen peroksit vb. nötürleyici maddelerin aranması
- Antibiyotik, deterjan kalıntısı gibi inhibitör maddelerin aranması

Laboratuvarda da bu parametreler göz önüne alınarak analizler yapılmaktadır.

1.1.4. Sütün Temizlenmesi

Sağımdan sonra üretim birimlerindeki imkânlarla kaba kirlerinden temizlenmiş olsa dafabrikaya kabul edilen sütün işlenmeden önce hassas bir temizlemeye tabi tutulması gerekmektedir.

Temizlik işlemi ile süt içerisinde yer alan organik ve inorganik yabancı maddelerin uzaklaştırılması amaçlanmaktadır. Bu yabancı maddeler sağım sırasında hayvandan, çevreden ya da sütün işletmeye nakli sırasında bulaşmış olabilir.

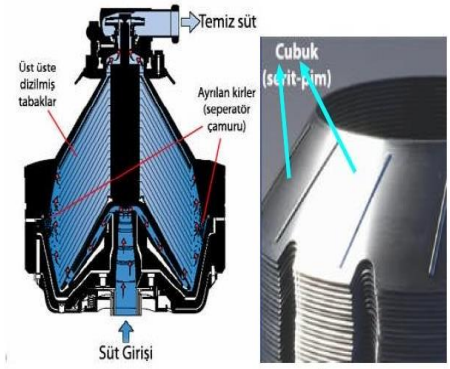
Bu amaçla değişik temizleme yöntemleri kullanılmaktadır. Genellikle küçük işletmelere gelen sütler, süt alım terazisi üzerine konulan bez veya tel süzgeçler aracılığıyla süzülür. Ancak bu işlem sadece kaba kirlerin uzaklaştırılmasını sağlar. Orta ve büyük ölçekli işletmelerde yaygın olarak kullanılan bir yöntem ise kaba süzme işlemine alternatif olaraksüt kabulü sırasında tartım terazisinin tankına metal süzgeçler konulması ve plakalı soğutucu girişlerine metal hat filtreleri monte edilmesidir.

a. Filtre ile Temizleme: Küçük işletmelere güğümle gelen sütler, süt alım terazisine boşaltılırken terazi üzerine yerleştirişmiş bez filtreler (tülbent gibi) veya tel süzgeçler aracılığıyla süzülmektedir. Ancak bu işlemde yalnızca gözle görülebilen büyük boyutlu katı materyallerin ortamdan uzaklaştırılması söz konusu olmaktadır. Ayrıca süzme işleminde tülbent kullanılması durumunda bez temizlenmeli ve dezenfekte edilmelidir.

b. Klarifikasyon: Yoğurt üretiminde kullanılan süt miktarının artması ve işlem kolaylığı sağlaması bakımından günümüzde büyük ölçekli işletmelerin tercih ettiği bir diğer yöntem ise klarifikasyondur. Bu amaçla klarifikatör olarak adlandırılan mekanik seperatörlerden yararlanılmaktadır (Resim 1.2). Bu aletler, yoğunluğu süte göre daha fazla olan yabancı maddeleri, merkezkaç kuvveti etkisi ile sütten ayırmaktadırlar.

Sağımdan sonra üretim alanlarında sütteki kaba kirler temizlenmiş olmakla birlikte, işletmeye kabul edilen sütlerin işlenmeden önce daha hassas bir temizlik işlemine tabi tutulması gerekir. Büyük kapasiteli işletmelerde, tartım işleminden sonra boru hattına monte edilmiş olan boru tipi bir filtre yardımıyla sütteki kaba kirler temizlenir. Boru tipi filtreler paslanmaz çelikten yapılmış olmalı, sık sık temizlenmeli ve sterilize edilmelidir. Daha etkin bir temizleme işlemi, ancak merkezkaç kuvvet etkisine dayalı olarak ayırma yapan ekipmanlar yardımıyla gerçekleştirilebilir.

Resim 1.2: Klarifikatörler



Şekil 1.2: Klarifikatörün iç görünüm

Merkezkaç kuvvet etkisiyle ayırma, farklı yoğunluğa sahip bileşenlerden oluşan bir karışımın bir merkez etrafında hızla döndürülmesi halinde yoğunluğu fazla olan unsurların dışta, yoğunluğu az olan unsurların da iç tarafta toplanması esasına dayanmaktadır. Merkezkaç kuvveti etkisiyle sütün temizlenmesi işlemine klarifikasyon, bu amaçla kullanılan cihazlara da klarifikatör adı verilmektedir. Süt endüstrisinde merkezkaç kuvveti etkisiyle ayırma işlemi, sadece sütün klarifikasyonu amacıyla değil, süt yağının ayrılması (separasyon) ve sütün yağ oranı yönünden standardizasyonu amacıyla da kullanılmaktadır. Bu tip separatörler üniversal separatör olarak adlandırılmaktadır.

1.2. Yoğurdun Sınıflandırılması

Yoğurt yağ oranına, yapım tekniğine, aromasına ve inkübasyon sonrası işlemlere göre kendi içinde çeşitli şekilde sınıflandırılmaktadır. Piyasada satışa sunulan yoğurtlar ise sınıflandırma yöntemine göre çeşitli şekillerde (Tablo 1.1) isimlendirilmektedir. Örneğin kaymaklı yoğurt (tam yağlı), homojenize yoğurt (yağlı ve yapım tekniği farklı), light yoğurt (yağsız), meyveli yoğurt, süzme (torba) yoğurt vb.

1.2.1. Yağ Oranlarına Göre Sınıflandırma

Türk Gıda Kodeksi Fermente Sütler Tebliği ve TS 1330-Yoğurt Standardına göre yoğurt, yağ oranlarına göre beşe ayrılmaktadır. Bu şekilde sınıflandırılan yoğurtların içermesi gereken yağ miktarları aşağıda verilmiştir;

Yoğurt	Yağ (%)
Tam yağlı	En az 3.8
Yağlı	En az 3.0
Yarım yağlı	En az 1.5
Az yağlı	En fazla 1.5
Yağsız (yavan)	En fazla 0.15

Tablo 1.1: Yağ oranlarına göre, yoğurtların içermesi gereken yağ miktarları

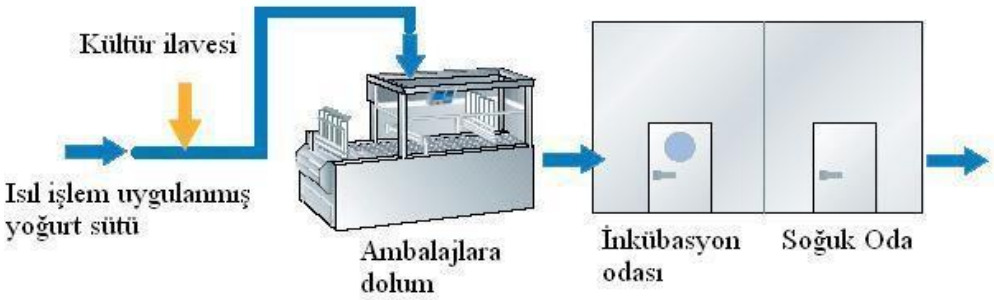
Fermente Süt Ürünleri Tebliğine göre yoğurt için yağ oranları aşağıda verilmiştir:

Yoğurt	Yağ Oranı
Tam yağlı yoğurt	süt yağı ≥ % 3,8
Yarım yağlı yoğurt	% 2 > süt yağı ≥ % 1,5
Yağsız yoğurt	süt yağı ≤ % 0,5
%. ..yağlı yoğurt	Tam yağlı, yarım yağlı ve yağsız yoğurt sınıfları dışında kalan süt yağı

Tablo 1.2: Yoğurt için yağ oranları

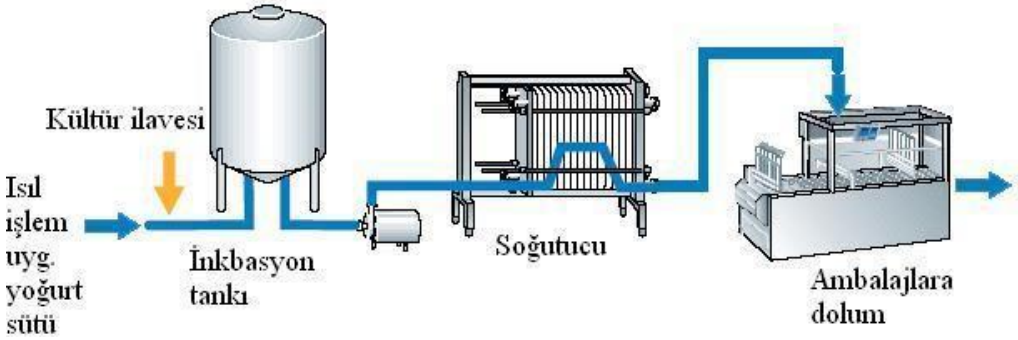
1.2.2. Yapım Tekniğine Göre Sınıflandırma

Set yoğurt (pıhtısı kırılmamış yoğurt): Süte uygulanan ön işlemlerden sonra yoğurt sütü ambalaj kaplarına doldurulur. Fermantasyon işlemi, bu kaplar içerisinde ve özel inkübasyon odalarında yapılır. Bu şekilde üretilen yoğurtlara set tipi yoğurt denir.



Şekil 1.3: Set tipi yoğurt üretimi

Stirred yoğurt (pıhtısı kırılmış yoğurt): Bu tipte yoğurt üretiminde ise fermantasyon işlemi bir tank içerisinde gerçekleşmekte ve inkübasyon sonunda pıhtı kırılarak bir pompa aracılığıyla dolum noktasına iletilmektedir.



Şekil 1.4: Stirred tipi yoğurt üretimi

Kaymaklı yoğurt: Ülkemizde yaygın bir tüketim alanı bulunan geleneksel bir üründür. Burada süt yağı ile yağsız süt fazının yoğunluklarının farklı olmasından dolayı yağ globüllerinin sütün yüzeyinde birikmesi ilkesinden yararlanılmaktadır. Genel olarak süt sıcaklığındaki artışa paralel yağ globüllerinin sütün yüzeyine doğru hareketliliği artmaktadır. Yüzeyde kaymak tabakasının oluşumu istendiği durumlarda yoğurt kapları nispeten yüksek sıcaklıklarda (46-48 °C) doluma alınmakta ve kaymak bağlama işlemine sıcaklık 42-43 °C'a inene kadar izin verilmektedir.

1.2.3. Aromasına Göre Sınıflandırma

Sade yoğurt: İçerisine tadını ya da aromasını zenginleştirmek amacıyla herhangi bir madde ilavesi yapılmamış, sütün bileşiminden gelen tat özelliklerini içeren ve yoğurt sütüne katılan starter kültürlerin gelişimi ile aroma kazanan ürün olarak tanımlanabilir.

Meyveli yoğurt: Günümüzde, yoğurdu tüketiciler tarafından beğenilen bir ürün hâline dönüştürmek ve tüketimi artırmak amacıyla meyve ve/veya tatlandırıcı ilavesi yapılmaktadır.Meyveli yoğurt üretimi tüketici tercihlerine bağlı olarak farklı şekillerde gerçekleştirilmektedir.

Aromalı yoğurt: Meyveli ve/veya meyve aromalı yoğurtlarda tat/aroma dengesinin sağlanması amacıyla değişik tatlandırıcılardan ve aroma maddelerinden yararlanılmaktır.

Yoğurt üretiminde kullanılan doğal ya da modifiye tatlandırıcıların tipi ve konsantrasyonu şu faktörlere bağlı olarak değişiklik göstermektedir:

- Tüketici tercihi
- Kullanılan meyvenin çeşidi ve konsantrasyonu
- Kullanılan starter kültürün özellikleri (aromatik olup olmaması durumu)
- Yasal düzenlemeler
- Üretim ekonomisi

1.2.4. Diğer Yoğurt Çeşitleri

Konsantre yoğurt (vakum kondanse): Yoğurdun dayanımının artırılması amacıyla geliştirilen teknikler içerisinde bilinen en eski ve etkili yöntem yoğurdun koyulaştırılmasıdır.Ülkemizde torba yoğurdu ya da süzme yoğurt adları ile bilinmekte olan bu ürünün dayanım süresi oldukça uzundur (30-40 gün). Konsantre yoğurt; yoğurdun serum fazının çeşitli yöntemler (bez torba içerisinde süzme, mekanik santrifüjler veya membran tekniklerinin kullanımı) kullanılarak uzaklaştırılması sonucu elde edilen ve kuru maddesi yüksek (~ 25g/100g) bir üründür. Bu ürün yumuşak yapılı, kolay sürülebilme yeteneğine sahip ve kullanılan süt türüne göre beyazdan sarıya değişen renge sahip fermente bir üründür.

Dondurulmuş yoğurt: Yoğurt ile dondurma üretim teknolojilerinin kombine edilmesi ile ortaya çıkan yoğurt benzeri bir üründür. Bu ürün yapım teknolojilerindeki farklılıklara göre üç gruba ayrılmaktadır:

- Yumuşak dondurulmuş yoğurt
- Sert dondurulmuş yoğurt
- Mus (mousse) yoğurt

Üretim teknolojisi açısından bu 3 tip arasında çok belirgin farklılıklar bulunmamakla

birlikte, sert ya da yumuşak yoğurt üretiminde stabilizer/emülsifiyer ve şeker katkılı soğuk meyve şurubu miksi belirli oranlarda soğuk yoğurt ile karıştırılıp dondurulurken mus yoğurt üretiminde ise meyve şurubu miksi sıcak olarak yoğurt ile karıştırılmaktadır.

Kurutulmuş (toz) yoğurt: Ülkemizde kurut olarak bilinen yoğurt tozu, yoğurdun dayanımını artırmak amacıyla kurutulması sonucu elde edilen bir üründür. Bu ürünün raf ömrü 1 yıla kadar çıkabilmektedir. Aynı zamanda yoğurda oranla daha düşük paketleme ve depolama maliyetine sahip soğuk depolama zorunluluğunun bulunmaması gibi avantajları dabulunmaktadır. Yoğurt tozu üretiminde;

- Direkt güneş altında kurutma
- Dondurarak kurutma
- Sprey kurutma ve
- Mikrodalga kurutma gibi yöntemlerden yararlanılmaktadır.

Pastörize/uzun ömürlü yoğurt: Yoğurdun depolama süresini uzatmak amacıyla uygulanan bir diğer yöntem ise fermantasyon işleminden sonra son ürüne ısıl işlem uygulanmasıdır. Isıl işlemle üründe bulunması istenen starter kültürler, istenmeyen mikroorganizmalar (maya, küf ve diğerleri) ve bunların enzimleri inaktive edilmektedir. Böylece yoğurtların raf ömürleri 6-8 hafta ile 6-12 aya kadar uzatılabilmektedir. Ancak pastörize yoğurt üretiminin bazı sakıncaları vardır. Yoğurdun ısıl işleme tabi tutulmasıyla;

- İnsan sağlığı için yararlı olan canlı bakteri sayısı önemli ölçüde azalmakta
- Ürünün viskozitesinde azalma ve buna bağlı olarak depolama sırasında serumayrılması görülmekte
- Fermantasyon sırasında oluşan aroma bileşenlerinin uzaklaşmasından dolayı tat-aroma zayıflamakta
- Depolama sırasında besin değerindeki kayıplar normal yoğurda göre daha fazlaolmaktadır.

Biyo-yoğurt (probiyotik yoğurt): Probiyotik bakterilerin vücuda alınmasına aracılık eden en uygun gıdalardan birisidir. Bu ürünün üretimi geleneksel yoğurt üretimi ile benzerlik göstermektedir. Burada klasik yoğurt bakterilerine ek olarak probiyotik bakterilerden (*Lactobacillus spp.* ve *Bifidobacterium spp.*) yararlanılmaktadır.

Silivri yoğurdu: Ülkemize özgü koyun sütünden üretilen kaymaklı bir yoğurt çeşididir. Ancak koyun sütündeki mevsimsel dalgalanmalar ve yetersizlikler nedeniyle üretimde inek, manda ve keçi sütleri de kullanılabilmektedir. Klasik yoğurt üretimine göre buradaki temel farklılık kültür ilave edilmek üzere metal kaplara aktarılan ısıl işlem görmüş sütlerin bir kez daha ısıtılarak kaymak bağlama hızının artırılmasıdır.

Soya yoğurdu: Soya sütü, soya fasulyesinden elde edilmektedir. İnek sütüne oranla daha düşük karbonhidrat ve yağ içermesine karşın protein içeriği bakımından inek

sütüne benzerlik göstermektedir. Özellikle günümüzde hayvansal protein kaynaklarındaki yetersizlik ve maliyet faktörleri, protein kaynağı olarak soya fasulyesinin kullanımını artırmıştır. Soya sütünün en yaygın kullanıldığı gıda ürünü yoğurt ve benzeri fermente ürünlerdir. Ancak soya sütünden üretilen yoğurtların fiziksel ve duyusal özellikleri, aynı fermantasyon koşullarının sağlanması durumunda bile klasik yoğurtlardan büyük farklılık göstermektedir. Bu yüzden üretimde bazı katkı maddelerinin katılması önerilmektedir.

Tuzlu yoğurt: Geleneksel bir yoğurt çeşidi olan bu ürün, kaynatılarak koyulaştırılan yoğurda tuz ilave edilerek hazırlanmaktadır. Bu şekilde üretilen yoğurt cam kavanozlara doldurulmakta ve üzeri zeytinyağı ile kaplanarak serin bir yerde saklanmaktadır. Genellikle kışlık tüketim amacıyla üretilen tuzlu yoğurdun raf ömrü 6-9 ay arasında değişmektedir.

Yoğurtların Sınıflandırılması			
Yağ Oranlarına Göre	**Yapım Tekniğine Göre**	**Aromasına Göre**	**Diğer Yoğurt Çeşitleri**
Tam yağlı	Set (pıhtısı kırılmamış) yoğurt	Sade yoğurt	Konsantre yoğurt (vakum)
Yağlı	Stirred (pıhtısı kırılmış) yoğurt	Meyveli yoğurt	Dondurulmuş yoğurt
Yarım yağlı	Kaymaklı yoğurt	Aromalı yoğurt	Kurutulmuş (toz) yoğurt
Az yağlı			Pastörize/uzun ömürlü yoğurt
Yağsız (yavan)			Biyo-yoğurt (probiyotik yoğurt)
			Silivri yoğurdu
			Soya yoğurdu
			Tuzlu yoğurt

Tablo 1.3: Yoğurtların sınıflandırılması

1.3. Standardizasyon

Daha önce de belirtildiği gibi işletmeye gelen çiğ sütlerin bileşimleri farklılık göstermektedir. Son üründe istenilen yağ ve kuru madde değerlerine ulaşılabilmesi ve istenilen standartta ürün üretilebilmesi için bu bileşenlerde birtakım ayarlamalar (standardizasyon) yapılması gerekmektedir. Yoğurt üretiminde özellikle yağ ve kuru maddenin istenilen değerlere ayarlanması, yani standardizasyonu önemlidir.

Temizlenen sütün yoğurt yapımına girmeden önce standardize edilmesi, gereklidir.

Standardizasyonun amacı, toplanan farklı sütlerden istenilen standartta ürün elde edilebilmesi için, sütün bileşenlerinin ayarlanmasıdır. Özellikle yağ ve kuru maddenin istenilen değere ayarlanarak standardize edilmesi önemlidir. Özellikle yağın standardize edilmesi, kanuni düzenlemeler, ekonomik nedenler ve tüketici talebine bağlı olması sebebiyle de önem taşır. Standardizasyonda, separatörler yardımı ile yağ sütten ayrılır ve istenilen miktarda krema ile karıştırılarak yağ oranı standardize edilir.

Yağ standardizasyonunda, tanklarda ya da işlem hattında direkt standardizasyon yapılır. Küçük ölçekli yoğurt üretimi yapan işletmelerde manuel olarak standardizasyon gerçekleştirilirken büyük ölçekli işletmelerde standardizasyon otomatik olarak yapılmaktadır.

1.3.1. Süt Yağının Standardizasyonu

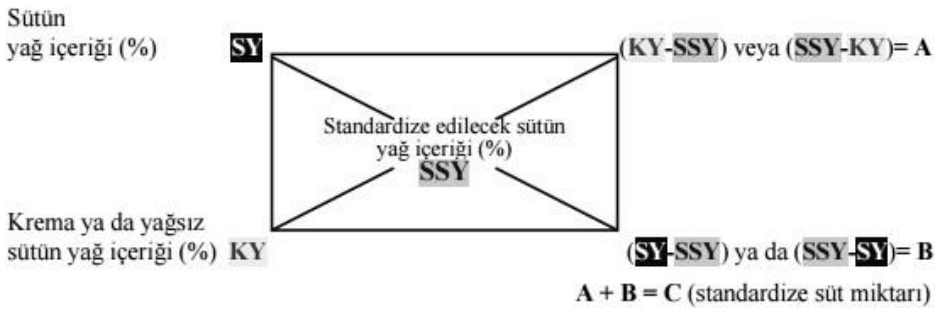
Türk Gıda Kodeksi Fermente Sütler Tebliği'nde yoğurtlar için öngörülen değerlere göre, yoğurda işlenecek sütlerin yağ içeriklerinin standardizasyonu zorunlu olmaktadır.

Yoğurt sütünün yağ oranının standardize edilmesinin sebepleri şunlardır:

- Yürürlükteki kanuni düzenlemeler
- Tüketici istekleri
- Ekonomik nedenler
- Standart kalitede ürün üretilmesidir.

Yağ standardizasyonu yapılırken öncelikle yoğurda işlenecek sütün yağ içeriği belirlenir. Belirlenen bu değer, üretimi yapılacak yoğurdun içermesi gereken yağ oranı ile karşılaştırılarak standardizasyon yapılır. Standardizasyonun başarılı olabilmesi için hesaplamanın iyi yapılması gerekir. Hesaplamada, en çok kullanılan ve en basit yöntem olan Pearson karesi ve matematiksel yöntemlerden yararlanılabilir.

Standardizasyon sırasında kullanılacak bileşen miktarlarının <u>Pearson karesine</u> göre hesaplanması;



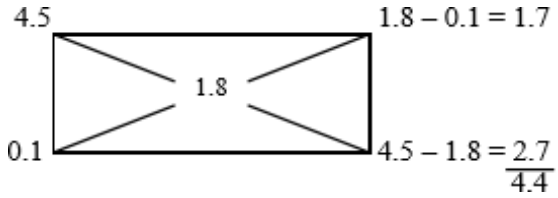
Standardizasyon sırasında kullanılacak bileşen miktarlarının <u>matematiksel yönteme</u> göre hesaplanması;

1000 litre standardize süt elde etmek için gerekli miktarlar aşağıdaki formüller yardımıyla bulanabilmektedir.

$$\textbf{Yağlı süt miktarı} = \frac{\textbf{A x Süt miktarı}}{\textbf{C}} = \frac{(\textbf{KY-SSY}) \text{ veya } (\textbf{SSY-KY}) \text{ x } 1000}{\textbf{C}}$$

$$\textbf{Krema ya da Yağsız süt miktarı} = \frac{\textbf{B x Süt miktarı}}{\textbf{C}} = \frac{(\textbf{SY-SSY}) \text{ veya } (\textbf{SSY-SY}) \text{ x } 1000}{\textbf{C}}$$

Örnek: 2000 litre % 1,8 yağlı yoğurt sütü elde etmek için % 4,5 yağlı süt% 0.1 yağlı(yani yağsız) sütten ne kadar karıştırılmalıdır?



İhtiyaç duyulan;

$$\text{Yağlı süt miktarı} = \frac{1{,}7 \text{ x } 2000}{4{,}4} = 772{,}73\ litre$$

$$\text{Yağsız süt miktarı} = \frac{2{,}7 \text{ x } 2000}{4{,}4} = 1227{,}27\ litre$$

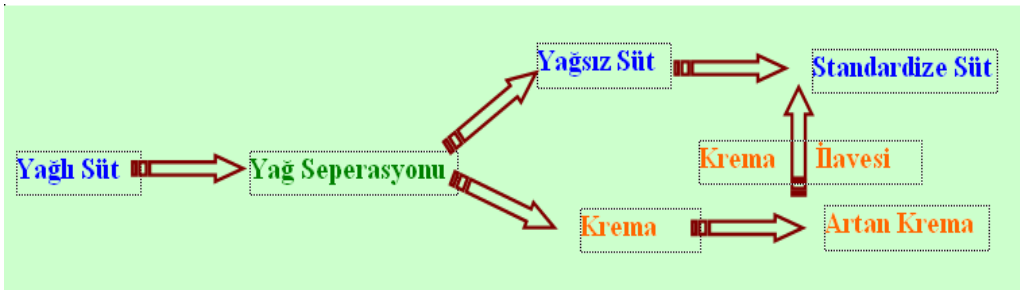
Toplam 772,73 + 1227,27 = 2000 litre

Sonuç: %4.5 yağlı sütten 772,73 litre, %0.1 yağlı yağsız sütten 1227,27 litre karıştırılarak 2000 litre %1.8 yağlı süt elde edilir.

Ancak unutulmamalıdır ki buradaki hesaplamalar normal sütün yağ içeriğinin ayarlanmasında kullanılmaktadır. Bu işlem basamağından sonra yapılacak kuru madde standardizasyonunda kullanılacak yönteme bağlı olarak yoğurt sütünün yağ içeriğinin ayarlanmasında farklı hesaplama metotları kullanılabilmektedir.

Resim 1.3: Separatör

Normal olarak yağ, separatörler (Resim 1.3) yardımıyla tam yağlı sütten ayrılır ve elde edilen yağsız süt yukarıda yapılan hesaplamalar ışığı altında istenilen miktarda krema ile karıştırılarak yağ oranı standardize edilir (Şekil 1.5).



Şekil 1.5: Direkt süt yağı standardizasyonunun şematik gösterimi

Yağ standardizasyonunda kullanılan yöntemler, tanklarda ya da işlem hattında direkt standardizasyondur. Küçük ölçekli yoğurt üretimi yapan işletmelerde tanklarda veya işlem hattında manuel olarak standardizasyon gerçekleştirilirken büyük ölçekli işletmelerde yağ standardizasyonu otomatik olarak yapılmaktadır.

Yoğurt sütünün yağ oranının standardizasyonunda kullanabilecek yöntemler seçilirken şu şartlar göz önünde bulundurulmalıdır:

Eğer sütün kuru maddesi evaporasyon yöntemi kullanılarak artırılacaksa, kuru madde artırımından önce sütün yağ oranının iyi hesaplanması gerekmektedir.

Çünkü sütün suyunun uçurulması (evaporasyon yöntemi) ile kuru madde içeriği artırıldığında sütün kuru madde bileşenlerinde de oransal bir artış olmaktadır. Bunun sonucu olarak da yoğurda işlenecek sütün yağ içeriği, önceden yapılan standardizasyon değerinden daha fazla olmaktadır.

Yağsız süt önce evaporasyon yöntemiyle konsantre edilecekse elde edilen konsantrata krema ilave edilerek standardizasyon yapılabilir.

Yağ, tam yağlı sütten ayrılır ve elde edilen yağsız süt istenilen kuru madde oranına getirildikten sonra krema ilavesi yapılarak da standardizasyon işlemi gerçekleştirilebilir. Özellikle ultrafiltrasyon ile kuru madde artırımında bu yöntem tercih edilmelidir. Çünkü konsantrasyon işlemi sırasında uygulanan yüksek basıncın etkisiyle süt yağının bazı fiziksel özellikleri zarar görebilmektedir. Bu durum yoğurdun kalitesinde olumsuzluklara nedenolabilir.

1.3.2. Kuru Madde Standardizasyonu

Kuru madde artırımının temel amacı, son üründe arzu edilen fiziksel ve duyusal niteliklerin elde edilmesi ve tüketici beğenisinin sağlanmasıdır. Birçok ülkede yoğurt üretiminde kullanılan inek sütlerinin kuru madde içeriklerinin standardizasyonu, yasal düzenlemelerle zorunlu kılınmıştır. Bu oran tüketici talepleri ve ülkelerin gıda maddeleri tüzüğüne bağımlı olarak %9-20 arasında değişmektedir. Ancak, yoğurt üretiminde sütün kuru maddesinin %25'in üzerine çıkması durumunda starter kültürün aktivitesi engellenmektedir. Genel olarak yoğurt üretiminde kullanılan sütün yağsız kuru madde düzeyinin %12–12,5 arasında yer alması öngörülmektedir. Kuru madde artırımında en çok kullanılan yöntemler aşağıda verilmiştir;

<u>Yağsız Kuru Madde Artırılması (en az %12)</u>

- % 1-3 süt tozu ilavesi (küçük işletmelerde)
- % 15-20 suyunu uçurmak (vakumlu evaporatörlerde, 60˚C'de)
- Membran filtrasyon tekniği ile (yarı geçirgen zar kullanımı)

1.3.2.1. Kaynatma

Kuru madde artırımında bilinen en eski yöntem kaynatma yolu ile sütün su içeriğinin azaltılmasıdır. Bu yöntemde sütün orijinal su içeriğinin yaklaşık 1/3'ünün buharlaşması ile yoğurdun viskozite ve konsistensinde istenilen düzeyde artış sağlanmaktadır. Ancak, bu işlem kontrolsüz koşullarda gerçekleştirildiğinden konsantrasyon derecesi tam olarak hesaplanamamaktadır. Örneğin, %13 toplam kuru maddeli bir süt kaynatılarak hacmi 1/3 oranında azaltıldığında toplam kuru maddesi yaklaşık %19-20 civarına yükseltilecektir.

Kaynatma uzun süreli bir işlem olduğundan, süt bileşenleri zarar görmekte ve sütün

beslenme değerinde azalma meydana gelmektedir. Ayrıca inkübasyon süresi uzamakta ve yoğurtta depolama sırasında serum ayrılması riski yükselmektedir. Gıda Maddeleri Tüzüğü ve Fermente Sütler Tebliği'nin yürürlüğe girmesiyle, yoğurt sütünün kuru madde artırımında süt kökenli maddelerin ilave edilmesine izin verilmiş, böylece de kaynatma günümüzde ev tipi yoğurt üretiminde veya geleneksel yöntemler kullanılarak üretilen bazı yoğurt (Silivri tipi) çeşitlerinde kullanılmaktadır.

1.3.2.2. Süte Süt Tozu ve Süt Kökenli Diğer Maddelerin İlavesi

- **Süt Tozu İlavesi**

Yoğurt üretiminde süt tozu ilavesi ile kuru madde içeriğinin artırılması, yatırım maliyetinin azlığından dolayı yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Bu amaçla genellikle yağsız süt tozundan yararlanılmaktadır. Yağlı süt tozunun raf ömrünün kısa olması, yoğurdun yağ içeriğine getirilen yasal kısıtlamalar ve yoğurtta okside aromanın gelişimine neden olma riski, bu tip süt tozlarının kullanımını sınırlandırmaktadır. Yağsız süt tozları ise
<4 °C'ta 2 yıla kadar dayanım göstermektedir.

Yoğurt sütüne katılacak süt tozu miktarının en az %1, en çok %6 oranında olması önerilmektedir. Ancak süt tozu katım oranının % 3-4'ü geçmesi durumunda yoğurtta pütürlü bir yapı meydana gelmektedir. Ayrıca bu oranların üzerinde süt tozu katımı yoğurdun kendine has tat ve kokusunu değiştirmekte, yoğurdun daha tatlı ve tozumsu olmasına neden olmaktadır.

<u>Yoğurt üretiminde kullanılan süt tozları şu nitelikleri taşımalıdır:</u>

- Eriyebilme, dağılabilme ve ıslanabilme özellikleri gibi çözünürlük durumu çokiyi olmalıdır.
- Yabancı madde içermemelidir.
- Yanık parçacıklar bulundurmamalıdır.
- Antibiyotikli sütten üretilmemiş olmalıdır.
- Kendine özgü tat ve kokuya sahip olmalı, istenmeyen tat, koku içermemelidir.
- Bakteriyolojik kalitesi yüksek olmalıdır.
- Tercihen orta ısı uygulamalı ve sprey kurutma yöntemiyle üretilmiş olmalıdır.

- **Katılacak Süt Tozu Miktarının Hesaplanması:**

Süt işletmelerinde ilave edilecek süt tozu miktarı, kuru madde içeriğine veya laktodansimetre değerlerine (LD) göre hesaplanmaktadır. Burada sütlerin yağ içerikleri dikkate alınmadan toplam kuru madde üzerinden ve yağsız süt tozu kullanıldığı düşünülerek yapılan basit hesaplamalara yer verilmiştir. Bunun için yağ standardizasyonundan sonra sütün toplam kuru maddesi ve katılacak süt tozunun kuru maddesi ya da nem içeriği değerlerine ihtiyaç vardır. Bunlar belirlendikten sonra

aşağıdaki şekilde basit bir hesaplamayla ilave edilecek süt tozu miktarı bulunabilir.

- **Kuru madde içeriğine göre katılacak süt tozu miktarının hesaplanması:**

İstenilen toplam kuru madde içeriği (%) – sütün toplam kuru maddesi (%) = A (%)

$$\textbf{İlave Edilecek süt tozu Miktarı} = \frac{\textbf{A x Süt Miktarı}}{\textbf{Süt tozunun Kuru madde İçeriği}}$$

Örnek: Elimizde toplam kuru maddesi %11,5 olan 2000 kg süt bulunmaktadır. Bu sütün toplam kuru maddesini %14 yapmak için, %5 nem içeriğine sahip yağsız süt tozundan ne kadar ilave edilmelidir?

A= 14-11,5 = 2,5

$$\text{İlave edilecek süt tozu miktarı} = \frac{2{,}5 \text{ x } 2000}{95} = 52{,}63\ kg$$

- **Laktodansimetre değerlerine göre katılacak süt tozu miktarınınhesaplanması:**

Araştırma sonuçlarına göre her %1'lik süt tozu katımı ile sütün laktodansimetre değerinde 3,14 birimlik bir artış olmaktadır. Buna göre ilave edilecek süt tozu miktarının hesaplanmasında aşağıdaki formülden yararlanılmaktadır.

$$\text{Katılması Gereken Süt Tozu Miktarı} = \frac{Standart\ Süt\ LD'si - Çiğ\ Süt\ LD'si}{3{,}14} \times Süt\ Miktarı$$

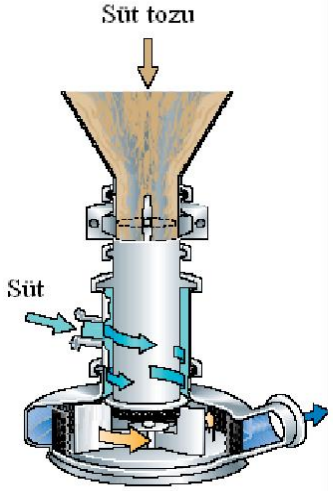
Örnek: Yağ standardizasyonu yapılmış ve laktodansimetre değeri 31 olan 1200 kg çiğ sütün laktodansimetre değeri 44 olacak şekilde standardize edilmek istendiğinde katılması gereken süt tozu miktarı ne olur?

$$\text{Katılması Gereken Süt Tozu Miktarı} = \frac{44-31}{3{,}14} \text{ x } 1200 = 4{,}96 \text{ kg}$$

Süt tozunun yoğurt sütüyle karıştırılmasında kullanılan yöntemler kullanılan süt tozu miktarına bağlıdır. Fakat prensip olarak;

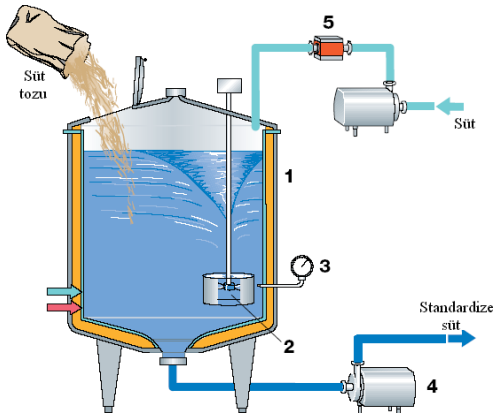
Süt tozuyla sıvı fazın hızlı bir şekilde karıştırılması,
topaklaşmanın oluşmaması veya sınırlı düzeyde kalması
ve
fazla köpük oluşmaması sağlanmalıdır.

Küçük işletmeler için en etkili sistem sütün 20-25 °C'ta hızlı bir şekilde karışmasını sağlamaktır. Bunun için Resim 1.4 ve şekil 1.6'da gösterilen hunili bir sistem kullanılabilmektedir. Sistemdeki huni içerisine süt tozu ilave edilerek tank içerisindeki süt bir pompa yardımıyla sirküle ettirilmekte ve bu esnada huni içerisindeki süt tozunun süte hızla karışması sağlanmaktadır.



Şekil 1.6 ve Resim 1.4: Süt tozu ilavesinde kullanılan hunili sistem

Alternatif bir yöntem ise süt tozunun direkt bir tank içerisine ilave edilerek hızlı dönen bir karıştırıcı yardımıyla karıştırılmasıdır (şekil 1.7). Bu karıştırıcılar, tankın içine doğru karıştırma yapabilecek şekilde dizayn edildiği gibi hat içi mikser tarzında da yapılabilmektedir. Bu sistem daha çok büyük kapasitedeki fabrikaların tercih ettiği bir yöntemdir. Bu sistemin süt tozunun sıvı faz içerisinde daha hızlı ve kolay çözünmesini sağlaması, daha az köpük oluşturması ve binlerce ton karışımı daha kısa sürede hazırlayarak iş gücünden tasarruf sağlaması gibi avantajları bulunmaktadır.



Şekil 1.7: Süt tozunun tank içinde karıştırılması

(1. çift cidarlı tank 2. karıştırıcı 3. termometre 4. boşaltma pompası 5. akış ölçer)

Uygulanan yöntem hangisi olursa olsun, süt tozunun tamamen çözünmesi her zaman garanti edilememektedir. Burada süt tozunun çözünürlüğü önemli rol oynamaktadır. Özellikle set tipi yoğurtlarda partikül varlığı kabul edilemez bir olumsuzluk olduğundan sisteme bir filtre düzeneğinin ilave edilmesi zorunlu olmaktadır. Eğer fazla miktarda süt yoğurda işleniyorsa bu durumda filtrelerden biri temizlenirken diğer filtre kullanılacak şekilde dizayn edilerek sistemde süreklilik sağlanmalıdır.

- **Süt kökenli diğer maddelerin ilavesi:**

Süt tozu ilavesiyle özellikle laktoz içeriğinde meydana gelen artış ile birlikte depolama sırasında yoğurdun asitliğinin hızla artması nedeniyle süt tozuyla birlikte serum proteini tozu, peynir altı suyu tozu gibi proteince zengin süt kökenli tozların ilavesi de son yıllarda yaygınlık kazanmıştır.

- **Peynir altı suyu (Pas) ürünleri:** Peynir endüstrisinin artığı olarak bilinen peynir altı suyunun çeşitli işlemler uygulanarak değerlendirilmesiyle üretilen ve gıda sanayinde çeşitli kullanım alanları bulunan peynir altı suyu ürünlerinden de kuru madde artırımında yararlanılmaktadır. Bu ürünlerin yoğurt üretiminde kullanılan en yaygın formları; peynir altı suyu konsantresi, peynir altı suyu tozu, serum proteini konsantresi, serum proteinitozu, hidrolize peynir altı suyu konsantresi ve peynir altı suyu izolatıdır.

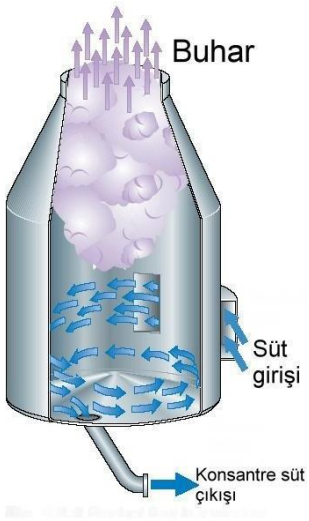
Yoğurt üretiminde kullanılan peynir altı suyu tozu ve serum proteini tozu katım oranının %1-2'yi aşmaması önerilmektedir. Bu düzeyin üzerindeki konsantrasyonlarda yoğurtta istenmeyen tat, aroma gelişebilmektedir. Peynir altı suyu konsantresi ya da serum proteini konsantresi kullanımı durumunda ise bu oranın %

20-25'i aşmaması belirtilmektedir. Aksi durumda yoğurdun rengi yeşile dönmekte ve tekstürel özelliklerinde zayıflama meydana gelmektedir. Yoğurt üretiminde serum proteini konsantresi kullanılması durumunda süte uygulanan ısıl işlem normunun seçimi önemlidir. Olabilecek birtakım olumsuzları önlemek için peynir altı suyu konsantresinin çiğ süte katıldıktan sonra uzun süre düşük sıcaklıkta (79 °C'ta 30 dakika) ısıl işlem uygulanması önerilmektedir.

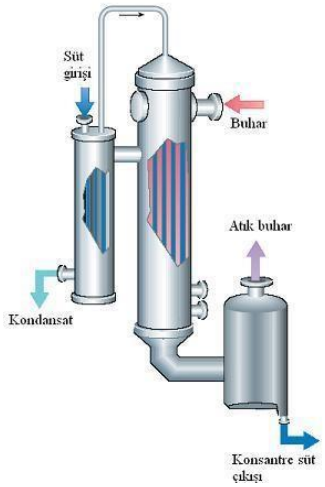
- **Yayık altı suyu tozu:** Tatlı kremadan tereyağı üretimi sırasında yan ürün olarak çıkan yayık altının çeşitli işlemlerden geçirilerek işlenmesi sonucu üretilen yayık altı tozu da yoğurt üretiminde kullanılmaktadır. Bu maddenin kullanımı, endüstriyel olarak yaygınlık kazanmamış olsa da literatürlerde konuyla ilgili bazı bilimsel çalışmalar bulunmaktadır. İstenilen duyusal ve fiziksel özelliklere sahip ürün elde edilebilmesi için katım oranının % 2'yi aşmaması önerilmektedir.

- **Kazeinat:** Yoğurt sütünün kuru maddesinin artırılmasında kazeinatların kullanımı uzun süredir bilinmekte ve endüstriyel düzeyde yoğurt üretiminde değişik formda kazeinatlar kullanılmaktadır. Son ürünün viskozitesinde artış sağlamalarına karşın kullanım düzeylerinin yüksek olması durumunda serum ayrılması problemlerine yol açabilmektedirler. Ancak bu maddenin kullanımı sırasında üründe olabilecek bazı olumsuzlukları engellemek amacıyla, kuru madde artırımında süte 1:1 oranında serum proteini tozu yada konsantresinin da katılması önerilmektedir.

1.3.2.3. Evaporasyon



Şekil 1.8: Evaporatörün iç görünümü



Şekil 1.9: Tek etkili düşen film

Vakum evaporasyon tekniği, yoğurt üretiminde en yaygın kullanılan kuru madde artırım yöntemlerinden birisidir. Bu yöntem, sütün kaynama noktasının basınç altında düşürülmesi (60-65 °C) ve suyunun buharlaştırılarak uzaklaştırılması prensibine dayanmaktadır (şekil 1.8). Yoğurt üretiminde üretim kapasitesine bağlı olmakla birlikte, genellikle tek ya da çift etkili düşen film vakum evaporatörleri tercih edilmektedir (Şekil 1.9 ve Resim 1.5).

Bu yöntemin avantajları şunlardır:

- Suyun vakumla uzaklaştırılması sırasında sütte tutulan hava da uzaklaştırılmaktadır. Bu da pıhtı stabilitesinin iyileşmesini sağlamaktadır.
- Keçi sütünden yoğurt üretimi esnasında, evaporasyon işlemi hem konsistensin gelişmesine hem de son üründe "keçimsi" tat oluşumunun azalmasına neden olmaktadır.
- Özellikle büyük ölçekli yoğurt üretimlerinde işleme kolaylığı sağlamaktadır.

Resim 1.5: Evaporatör

Vakum evaporasyon ile sütten uzaklaştırılacak su miktarının ve su oranının hesaplanmasında şu formüllerden yararlanılmaktadır:

$$\text{Buharlaştırılacak su oranı (\%)} = \frac{(A-B)\ X\ 100}{A}$$

$$\text{Buharlaştırılacak su miktarı (kg)} = \frac{(A-B)\ X\ \text{süt miktarı}\ (kg)}{A}$$

A: Yoğurdun kuru maddesi (%)
B: Sütün kuru maddesi (%)

Örnek: %12 oranında kuru madde içeriğine sahip 10000 litre sütten % 15 kuru maddeiçeriğine sahip yoğurt yapılması için sütten uzaklaştırılacak su oranı ve miktarı ne olmalıdır?

$$\text{Buharlaştırılacak su oranı (\%)} = \frac{(15-12)\text{x}100}{15} = \%20$$

$$\text{Buharlaştırılacak su miktarı (kg)} = \frac{(15-12)x10000}{15} = 2000\ kg$$

1.3.2.4. Membran Filtrasyon Yöntemleri

Membran teknolojisinin temeli, belirli bir basınç altında, belirli gözenek çapına sahip membran filtreler içerisinden geçirilen herhangi bir sıvının, sahip olduğu küçük molekül ağırlıklı bileşenlerin ayrılması ve büyük molekül ağırlıklı bileşenlerin sistemde tutulması prensibine dayanmaktadır (şekil 1.10).

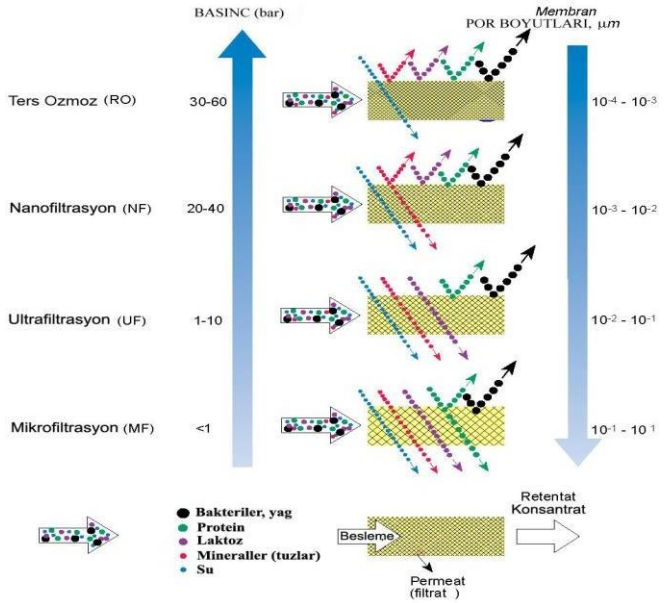
Endüstriyel düzeyde kullanılan membran teknikleri ultrafiltrasyon (UF), hiperfiltrasyon (HF) ya da ters osmoz (RO), mikrofiltrasyon (MF) ve nanofiltrasyon (NF) olmak üzere dört grup altında toplanmaktadır.

Ultrafiltrasyon (UF): Endüstriyel anlamda en yaygın kullanılan teknolojidir. UF membranlarının gözenek çapları büyük molekül ağırlıklı proteinlerin, yağın ve bakteri hücrelerinin tutulmasına olanak vermektedir.

Hiperfiltrasyon (HF) ya da ters osmos (RO): Bu teknikte sütteki sadece küçük molekül ağırlıklı bileşiklerin geçmesine izin verilmektedir. Dolayısıyla bu yöntem su ve çok küçük molekül büyüklüğüne sahip iz elementlerin uzaklaştırılması amacıyla kullanılmaktadır.

Mikrofiltrasyon (MF): Sütten bakteri hücreleri, sporlar ve somatik hücreler gibi büyük molekül ağırlıklı organizmaların uzaklaştırılması amacıyla kullanılmaktadır.

Nanofiltrasyon (NF): Yoğurt üretiminde kullanım alanı bulunmayan bir membran tekniğidir. Bu yöntemden daha çok peynir altı suyunun demineralizasyonunda yararlanılmaktadır.

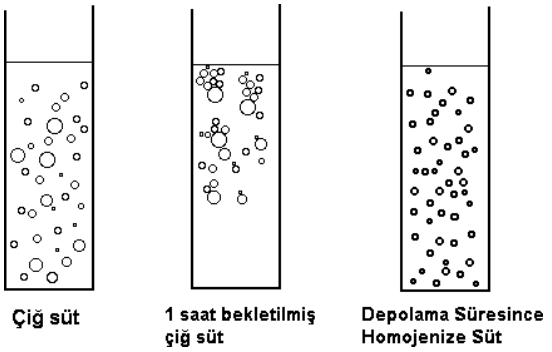


Şekil 1.10: Membran filtrasyon yöntemlerinin prensibi

1.4. Homojenizasyon

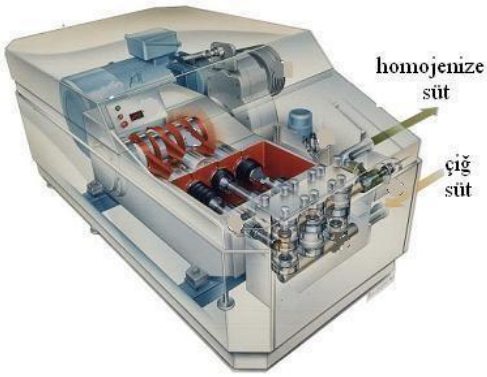
Süt yağının yoğunluğu yağsız süt fazı yoğunluğundan daha düşük olduğundan zaman içerisinde yağ globülleri süt yüzeyinde birikmektedir (şekil 1.11). Genel olarak süt sıcaklığındaki artışa paralel yağ globüllerinin sütün yüzeyine doğru hareketliliği artmaktadır.

Dolayısıyla özellikle inkübasyon sırasında (42-45 ºC'de) yağ globüllerinin fermantasyon tankında ya da yoğurt kaplarının yüzeyinde bir kaymak tabakası oluşturması kaçınılmazdır.



Şekil 1.11: Homojenize edilmiş ve edilmemiş sütlerdeki yağ globüllerinin dağılımı

Ülkemizde yaygın bir tüketim alanı bulunan geleneksel kaymaklı yoğurt üretim tekniği de bu basit ilkeye dayanmaktadır. Yüzeyde kaymak tabakasının oluşumu istendiği zaman yoğurt sütüne homojenizasyon işlemi uygulanmamakta ve süt nispeten yüksek sıcaklıklarda (46-48 ºC) doluma alınmaktadır. Daha sonra sıcaklık 42-45 ºC'ye inene kadar beklenmekte ve kaymak bağlama işlemi gerçekleştirilmektedir. Homojenize set, pıhtısı kırılmış ve meyveli yoğurt üretimlerinde ise homojenizasyon işlemi zorunlu olmaktadır.



Şekil 1.12 ve Resim 1.6: Homojenizatör ve homojenizatörün iç görünümü

Homojenizasyon işlemi, mekanik etki altında süt yağ globüllerinin boyutlarının azaltılması prensibine dayanmaktadır. Böylece yüzeyde kaymak bağlama olayı engellenmekte, sütte meydana gelen diğer fizikokimyasal değişimlere bağlı olarak ürünün viskozitesi artmakta, serum ayrılması riski azalmakta ve sayıları artan globüllerin güneş ışığını yansıtma kapasitelerinin artmasından dolayı yoğurt daha beyaz bir görünüme sahip olmaktadır. Bu amaçla kullanılan aletlere **homojenizatör** denilmektedir (Şekil 1.12 ve Resim 1.6). Üretilecek yoğurdun özelliğine göre süt, 55-60 °C'ta ve 100-200 kg/cm basınçtahomojenize edilmektedir.

Yoğurt üretiminde genel olarak homojenizasyon işlemi ısıl işlemden önce yapılmaktadır. Böylece homojenizasyon sırasında meydana gelebilecek herhangi bir kontaminasyon elemine edilebilmektedir. Bazı durumlarda ise üretim hattı, homojenizasyon işleminin ısıl işlem görmüş sütlere uygulanması şeklinde dizayn edilmektedir. Bu durumda, ısıl işlem sonrası kontaminasyon kaynaklarının tamamen engellenmesi ve aseptik homojenizasyon uygulamasının devreye sokulması gerekmektedir.

1.5. Isıl İşlem

Isıl işlem yoğurt teknolojisinde uygulanan en önemli endüstriyel işlem basamaklarından birisidir. Bu işlem, sadece yoğurt ve benzeri ürünlerin bakteriyolojik kalitesini iyileştirmek açısından değil, aynı zamanda bu ürünlerin kendine has tekstürel özelliklerinin kazandırılması yönünden de önemlidir.

Peynir ve içme sütü gibi ürünlerin üretiminde kullanılan sıcaklık – süre normları (72-75 ºC/15-30 saniye; 65-68 ºC/25-30 dakika veya 135-140 ºC/2-6 saniye), yoğurt teknolojisine uygunluk göstermemektedir. Bunun başlıca nedeni, yoğurt üretiminde karakteristik pıhtı stabilitesinin bu sıcaklık normlarında elde edilememesidir.

Yoğurdun kendine has yapısal özelliklerinin kazandırılması için yoğurt sütüne 85-90 °C'ta 20-30 dakika veya 90-95 °C'ta 5-10 dakikalık bir ısıl işlem normunun uygulanması gerekmektedir.Çünkü yoğurdun yapısını oluşturan serum proteinlerinin yapısında ısıl işlemin etkisiyle birtakım değişimlerin (denatürasyon) olması istenmektedir. Isıl işlemle gerçekleştirilen bu olay sonunda serum proteinleri denatüre olmakta ve denatüre serum proteinleri ile tüm protein fraksiyonları arasında interaksiyonlar meydana gelmektedir. Bu da yoğurdun kendine has pıhtı yapısının elde edilmesine yardımcı olmaktadır. Özellikle bu yapının eldesinde β- laktoglobulin (β-LG) ile κ-kazein arasındaki interaksiyonun etkili olduğu belirtilmektedir.

Resim 1.7: Borulu ısı değiştirici

Resim 1.8: Plakalı ısı değiştirici

Yoğurt üretiminde bu işlemler genellikle spiral ya da borulu ısı değiştiriciler ile yapılmaktadır (Resim 1.7). Buna karşın içme sütü ya da peynir teknolojisinde yaygın

olan plakalı ısı değiştiriciler (Resim 1.8), yoğurt üretiminde fazla kullanılmamaktadır. Bunun sebebi; istenilen sıcaklık derecesine ulaşıldıktan sonra bekleme süresi boyunca plakalı ısı değiştiricilerin metal yüzeyinde süt taşı oluşumu nedeniyle kirlenme riskinin yüksek olmasıdır.

1.5.1. Isıl İşlemin Patojen ve Diğer Mikroorganizmalara Etkisi

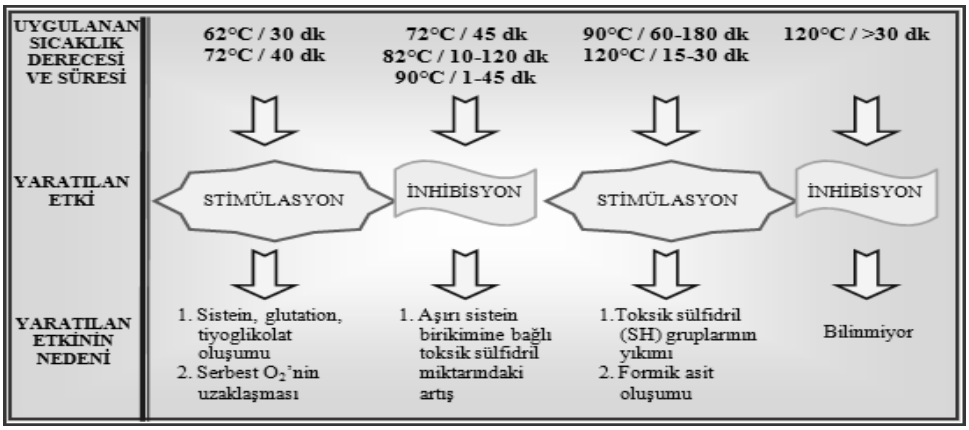
Yoğurda işlenecek süte uygulanan ısıl işlem normları ile çiğ sütte bulunan vejetatif formdaki mikroorganizmaların tamamına yakını inhibe olmaktadır. Ancak spor formundaki mikroorganizmalar ile bazı enzimler bu sıcaklıklarda canlılıklarını koruyabilmektedirler. Bu yüzden çiğ sütün bakteriyolojik kalitesi ve saklama koşulları büyük önem taşımaktadır. Özellikle sütün soğukta uzun süre depolanması sonucunda psikrotrofik bakteriler tarafından sentezlenen ısıya dayanıklı lipaz enzimi depolama süresince yoğurtta acı tat gelişimine nedenolmaktadır.

1.5.2. Isıl İşlemin Starter Bakterilerinin Faaliyetleri Üzerine Etkisi

Yoğurt üretimi sırasında uygulanan ısıl işlemin etkisiyle ortam yoğurt kültürlerinin gelişimi için uygun hâle gelmektedir. Çünkü:

- 80 °C'ın üzerinde uygulanan ısıl işlemle redoks potansiyeli düşmekte
- Yoğurt bakterilerinin gelişimini teşvik eden formik asit gibi organik asitleroluşmakta
- Sütte doğal olarak bulunan ve bakteriler üzerinde inhibitör etki yapan lakteninaktivitesini kaybetmektedir.

Uygulanan ısı işlemin şiddetine bağlı olarak sütte starter kültürlerin aktivitesini inhibe (engelleyici) ve/veya stimüle (teşvik edici) eden bazı maddeler açığa çıkmaktadır. Bu maddelerin oluşumu sıcaklığa bağlı olarak değişkenlik gösteren bir döngü olarak tanımlanmaktadır (şekil 1.13).



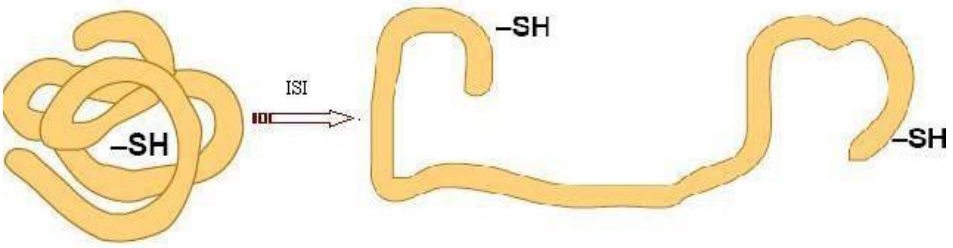
Şekil 1.13: Isı uygulamasına bağlı olarak yoğurt starter bakterilerinin stimülasyon/ inhibisyon döngüsü

1.5.3. Isıl İşlemin Sütün Fiziksel ve Kimyasal Özelliklerine Etkisi

Yoğurt sütüne uygulanan ısıl işlem sırasında sütte birçok değişiklik meydana gelmektedir. Süt bileşenlerinde meydana gelen değişimler aşağıda kısaca verilmiştir.

Proteinler: Sütün 70 °C'ın üzerindeki sıcaklıklarda ısıtılması sonucunda serum proteinlerinin yapısında değişimler meydana gelmektedir. Bu proteinlerin sahip olduğu ikincil (sekonder) ve üçüncül (tersiyer) yapıyı oluşturan bağlar (hidrojen bağları, hidrofobik bağlar vb.) ısı etkisiyle kırılmakta ve serum proteinleri doğal niteliğini kaybetmektedir. Bu olaya ısı denatürasyonu denilmektedir (şekil 1.14).

Yoğurt üretiminde serum proteinleri denatürasyon oranının %80-85 arasında olması istenmekte ve bu da yoğurt sütüne uygulanan ısıl işlem normlarıyla büyük ölçüde sağlanmaktadır. Kazein fraksiyonları ise serum proteinlerine oranla ısıl işleme daha dayanıklıdır.



Şekil 1.14: Isı etkisiyle serum proteinlerinin yapısında meydana gelen değişim (denatürasyon)

Süt yağı: Yoğurt sütüne uygulanan ısıl işlem sırasında süt yağının kimyasal yapısında bir değişim olmazken fiziksel özelliklerinde bazı değişiklikler görülmektedir. Özellikle lakton, metil keton ve uçucu ketonların oluşumu aromayı destekleyici özelliğe sahiptir.

Laktoz: Sütün yüksek sıcaklıkta uzun süre ısıtılmasıyla süt şekerinde karamelizasyon meydana gelmektedir. Ayrıca ısıl işlemin etkisiyle formik asit gibi organik asitler, furfural ve hidroksi metil furfural meydana gelmekte ve sütün pH'sı düşmektedir. Ancak yoğurt sütlerine uygulanan ısıl işlem normlarında oluşan bu değişimler düşük düzeyde kalmaktadır.

Mineral maddeler: Isıl işlem özellikle kalsiyum, fosfat, sitrat ve magnezyum gibi süt tuzlarının dengesini etkilemektedir. Yüksek sıcaklık dereceleri çözünmüş halde bulunan bazı mineral maddelerin çözünmemiş (kolloidal) duruma geçmesine neden olmaktadır.

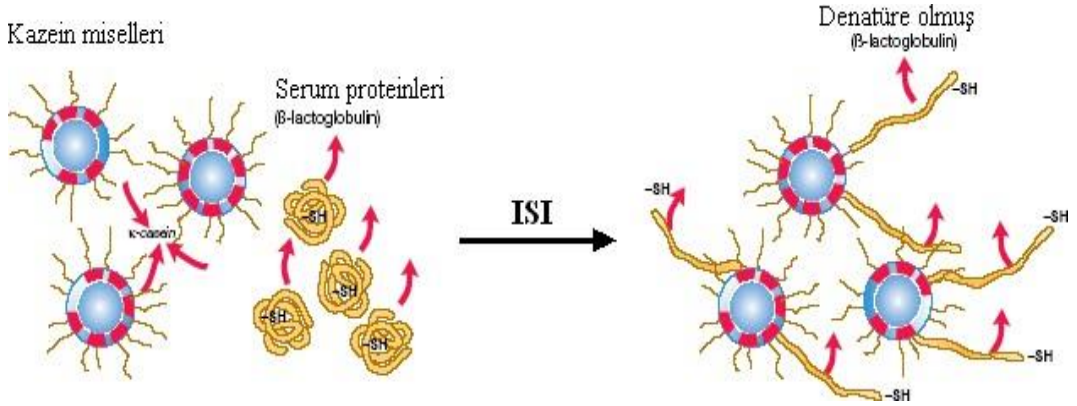
Vitaminler: Isıl işlem bazı vitaminlerin azalmasına sebep olmaktadır. Özellikle B1, B6, B12 ve folik asit miktarında azalma görülürken yağda eriyen vitaminler (A, D, E

ve K) ısıya karşı dayanıklıdırlar.

Diğer: Isıl işlemle ortamda bulunan oksijen azalmaktadır. Bu da redoks potansiyelinin düşmesine neden olarak starter kültürlerin gelişmesine olumlu katkıda bulunmaktadır. Ayrıca ısı uygulamasıyla sütteki istenmeyen kokular da ortamdan uzaklaştırılabilir.

1.5.4. Isıl İşlemin Pıhtının Fiziksel Özellikleri Üzerine Etkisi

Proteoz pepton hariç bütün serum proteinleri ısıya karşı duyarlıdır. Ancak teknolojik anlamda önemli olan β-laktoglobulin (β-LG) ve α-laktalbuminde (α -LA) meydana gelen değişimlerdir. Isı etkisiyle oluşan bu değişimler sonucunda serum proteinleri önce kendi aralarında, daha sonra da kazeinler ile interaksiyona girmektedirler. Yoğurt jelinin oluşumu için temel faktör ısı ile teşvik edilmiş β-LG / κ-kazein kompleksinin oluşumudur (şekil 1.15).



Şekil 1.15: Isıl işlemin etkisiyle kazein miselleri ve β–LG arasında meydana gelen İnteraksiyon

Burada sadece proteinler arası etkileşimler olmamakta, serum proteinleri ile fosfolipidler, askorbik asit ve lipidler arasında da fiziksel bağlantılar meydana gelmektedir. Bu interaksiyonlar içerisinde özellikle serum protein-lipid interaksiyonları yoğurt yapısının oluşumunda destekleyici rol oynamaktadır. Sıcaklığın etkisiyle süt yağ globülünde bulunan membran proteinleri değişime uğramakta ve serum proteinleri ile bu membran proteinleri arasında da interaksiyon olmaktadır.

1.6. Soğutma

Burada sözü edilen işlem inkübasyon, yani yoğurt kültürlerinin gelişme sıcaklığına kadar yapılan soğutmadır. Ancak üretilecek yoğurdun çeşidine göre soğutma derecesinde bir değişim olmaktadır. Söz gelimi, eğer kaymaklı yoğurt üretilecekse ısıl işlemden sonra süt, aynı ısı değiştiricinin soğutma kısmında 46-48 °C'a kadar soğutulmakta ve inkübasyon odasında raflara dizilmiş ambalaj kaplarına

doldurulmaktadır. Diğer taraftan homojenize yoğurt üretiliyorsa yoğurt kültürlerinin gelişme sıcaklığının 2-3 °C üzerine, yani 42-45 °C'akadar soğutma yapılmaktadır.

Süte ısıl işlem uygulamasını takiben yapılan soğutma işlemi genellikle plakalı ısı değiştiricilerin soğutma bölümünde gerçekleştirilmektedir. Ancak nadiren de olsa ısıl işlemin çift cidarlı tankta uygulanması durumunda soğutma da bu tank içerisinde yapılabilmektedir.

2. YOĞURT ÜRETİMİ

Yoğurt, süt şekerinin (laktozun), yoğurt mayasının etkisiyle kısmen laktik asit haline gelmesinden meydana gelen pıhtılaşmış bir süttür. Sütteki asitliğin yükselmesiyle, sütün bileşimindeki kalsiyum kazeinattan, kalsiyum ayrılarak kazein jel haline geçer yani pıhtılaşır.

Binlerce yıldan beri işlenen yoğurt, toplumumuzun beslenmesinde önemli yeri olan bir süt ürünüdür.

Türk toplumu bu fermente süt ürününü, çok eski devirlerden beri besleyici ve sağlığını koruyucu bir yiyecek olarak tanımış, çeşitlerini yapmıştır. Hastalarını ve sindirim bozukluğu çekenleri onunla beslemiş; bazen sulandırıp ayran haline getirerek; bazen torbalarda süzmüş, tuzlamış ve peynir olarak kahvaltıda kullanmıştır. Bazen de suyunu bir hayli azaltarak, kışın bile ihtiyaçlarını karşılayacak dayanıklı bir yoğurt özü haline getirmiş ve uzun kış devresindeprotein ihtiyacının önemli kısmını, bu değerli besin ve ürünlerinden böylece sağlamaya çalışmıştır.

Yoğurt üretiminin temelinde, çok çabuk bozulabilen sütün daha uzun süre muhafaza edilmesi fikri yatmaktadır. Süte göre çok daha uzun süre dayanabilen yoğurt, ülkemiz süt tüketiminin çok büyük bir kısmını oluşturmaktadır.

Günümüz Türkiye'sinde yoğurt, sayıları giderek artan modern işletmelerde el değmeden üretilmekte olup, bu tür işletmelerde yoğurt üretimi sürekli hatlarda kesintisiz bir biçimde gerçekleştirilmektedir.

Yoğurdun Faydaları:

- Bağırsakları temizlediği, zararlı bakterileri önleyerek ishal oluşumunu engellediği için gıda zehirlenmelerine karşı koruyucudur.
- Zararlı bakterilerin üremesini durdurarak bağırsakların düzenli olarak çalışmasını sağlar.
- Bağırsak düzensizliklerinin giderilmesine, özellikle çocuk ve yetişkinlerde karşılaşılan ishallerin tedavisine yardımcı olur.
- Bağırsaklarda bulunan tehlikeli ve zararlı mikropların çoğalmalarına ve hatta yaşamalarına engel olur.

- Şeker hastaları için yararlı bir besindir: Kan şekerini düzenleyici etkisi bulunmaktadır. Kaymağı alınmış ve mutlaka ekşimemiş yoğurt tercih edilmelidir.
- Kanser riskini azaltır: Özellikle kolon kanserine karşı koruyucu etkisi bulunmaktadır.
- Vücuttaki kolesterol miktarının azalmasına yardımcı olur: LDL kolesterolü azaltır.
- Kandaki asit baz dengesini sağlıklı hale getirir.
- Süt ve süt ürünlerini tükettikten sonra laktoz intolerans nedeniyle bağırsaklarda gaz problemi yaşayan kişilerde laktozun parçalanması nedeniyle gaz oluşumunuazaltır.
- Kalsiyumun daha fazla emilmesini ve bağışıklık sisteminin güçlendirilmesini sağlamaktadır.
- Antibiyotik kullananlar, ilacın etkisiyle zarar görebilecek yararlı bakterilerin korunması amacıyla yoğurt yemelidirler.
- Sindirim sisteminin sağlıklı çalışmasına etkisi bulunmaktadır: Mide rahatsızlıklarını önler
- Midesi çok duyarlı olanlar ile on iki parmak bağırsağı ülseri olanlara dokunabilir. Bu durumda dikkatli tüketilmelidir.
- Yoğurt ayrıca inülin adıyla bilinen, alt sindirim sistemindeki sağlığı geliştirici bakterilerin üremelerini ve canlı kalmalarını sağlayan probiyotik bir madde içermektedir. Yoğurt gibi fermente süt ürünlerinin üretiminde kullanılan geleneksel laktik asit bakterileri gastrointestinal sistemde canlı kalamaz.

2.1. Yoğurt Bakterileri

Sağlığa yararlı etkileri ve fermantasyon olaylarında önemli fonksiyonları olan laktik asit bakterileri gıda endüstrisinde kullanılan bakterilerin en önemlileri arasındadır. Laktik asit bakterilerinin kesin olarak tanımlanmaları teknolojik, ekolojik ve güvenlik açısından büyük önem taşımaktadır.

2.1.1. Yoğurt Bakterilerinin Özellikleri

Mikrobiyoloji bilim dalının doğuşu ile birlikte, tabiatta çok yaygın olarak bulunan laktik asit bakterileri (LAB) ile ilgili çalışmalar da başlamıştır. İlk kez 19. yüzyıl sonlarında sütte fermantasyona ve pıhtılaşmaya yol açan bakteriler laktik asit bakterileri olarak isimlendirilmiş ve daha sonraki yıllarda *Lactobacillaceae* familyası içinde sınıflandırılmışlardır. Morfolojik açıdan çok değişken özellik gösteren kısa ya da uzun çubukveya kok şekilli familya üyeleri fizyolojik açıdan oldukça benzer özellik göstermektedirler.

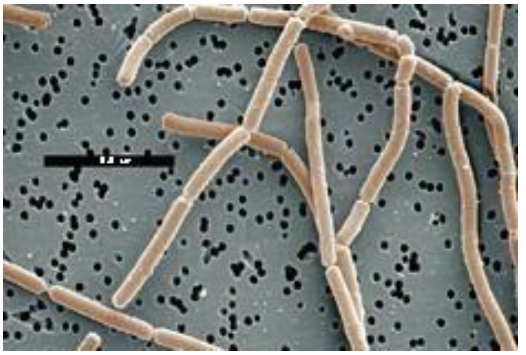
Tüm üyeler; gram pozitif, katalaz negatif, Sporolactobacillus inulinus hariç spor oluşturmayan, fakültatif anaerobik Pediococcus cinsi hariç yalnız tek düzlemde

bölünen ve bazı istisnalar hariç hareketsiz, çubuk veya kok şeklinde bakteriler olarak tanımlanmaktadır. Mutlak fermantatiftirler ve asıl fermantasyon ürünü olarak laktik asit üretmektedirler. Türden türe değişmekle birlikte organik asit, diasetil, hidrojen peroksit, bakteriyosin, karbondioksit, asetaldehit, etanol ve diğer metobilitleri de üretmektedirler. Doğal ortamları başta süt ve süt ürünleri olmak üzere işlenmemiş, taze veya çürümüş bitkiler, insan ve hayvanların bağırsak mukoza ve içerikleridir

2.1.1.1. Lactobacillus delbruecki subsp. bulgaricus

Diğer laktik asit bakterileri gibi aside nispeten dirençli olan *Lactobacillus delbruecki subsp.bulgaricus* (*L. delbruecki subsp.bulgaricus*, zorunlu homofermantatif olup glukoz,laktoz ve fruktozu fermente edebilme yeteneğine sahiptir. Temel fermantasyon ürünlerilaktik asit ve asetaldehittir.

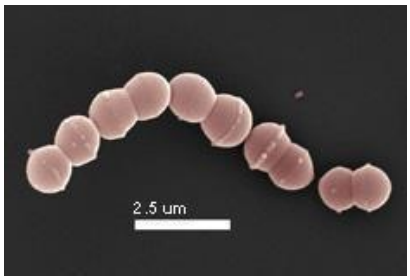
Spor oluşturmayan, G(+) (gram pozitif), hareketsiz ve fakültatif anaerobik bir bakteri olan *L.delbruecki subsp.bulgaricus* termofiliktir. Yani <10 °C'ta az da olsa gelişebilirken yüksek sıcaklıklarda (48-50 °C) optimum gelişim gösterebilmektedirler. Çubuk formunda olan bu bakterinin ortalama çubuk boyutu 0.5-0.8x2-9 *µm*'dir (Resim 2.1).



Resim 2.1: L. delbruecki subsp . *bulgaricus*'un morfolojik görüntüsü

2.1.1.2. Streptococcus thermophilus

G(+) (gram pozitif), fakültatif anaerobik-homofermantatif bir bakteri olan *Streptococcus thermophilus (S.thermophilus)*, süt ve süt ürünlerinde yaygın olarak bulunan bir streptokoktur. Sınırlı sayıda disakkariti (laktoz ve sakaroz gibi) fermente edebilirken, monosakkaritler (glikoz gibi) üzerindeki fermantasyon etkisi zayıftır. Başlıca fermantasyon ürünleri laktik asit, asetaldehit ve diasetildir.



Resim 2.2: *S.thermophilus*'un morfolojik görüntüsü

S.thermophilus kokların art arda dizilmesiyle oluşan zincir yapısı görünümündedir. Ortalama hücre çapı <1 µm dolayındadır (Resim 2.2). Bu bakteri 15 °C' de gelişememekte, 45 °C'ta ise düzensiz hücreler hâlinde çoğalmaktadır. En iyi gelişim gösterdiği sıcaklık 50-52 °C'tır ve 60 °C'ta 30 dakikalık ısıl işleme karşı dirençlidir.

2.1.2. Yoğurt Bakterilerinin Ortak Yaşamı

Yoğurt üretiminde kullanılan ve yukarıda özellikleri belirtilen bu iki mikroorganizmanın arasındaki ortak yaşam **simbiyosis** olarak isimlendirilmektedir. Yani her iki yoğurt bakterisi de birbirlerinin gelişimi için gerekli olan maddeleri sağlamaktadır. Örneğin *L.delbruecki subsp.bulgaricus,* kazein fraksiyonlarından açığa çıkardığı serbest aminoasitler (valin, lösin, lisin, aspartik asit ve histidin) ile *S.thermophilus'*un gelişimini teşvik etmektedir (stimülasyon). Aynı şekilde *S.thermophilus* tarafından hafif anaerobik koşullarda üretilen formik asit, *L.delbruecki subsp.bulgaricus*'un gelişimini teşvik etmektedir. Ayrıca yine *S.thermophilus* tarafından fermantasyonun ilk aşamalarında üretilen CO2 de *L.delbruecki subsp.bulgaricus* gelişimi üzerine stimülasyon etkisi yapmaktadır.

Günümüzde çok yaygın olmamakla birlikte, fermantasyon sırasında formik asit ve CO2 oluşumunu hızlandırmak amacıyla süte sodyum format ya da sodyum karbonat ilavesi pratikte uygulanmaktadır.

2.2. Yoğurt üretimi için starter kültür hazırlama teknikleri

Starter kültür; yoğurtta istenilen duyusal, tekstürel ve reolojik özellikleri kazandıran ve son üründe standart kalite özelliklerinin oluşmasını sağlayan, seçilmiş tek ya da karışık suşları içeren mikroorganizmalardır.

Yoğurt üretiminde *S.thermophilus* ve *L.delbruecki subsp.bulgaricus* karışım kültürü kullanılmaktadır (1 kok:1 basil). Yoğurt üretiminde kullanılan starter suşlarının seçiminde son üründe istenilen özellikler etkili olmaktadır. Örneğin, set tipi sade yoğurt üretiminde, daha aromatik ve polisakkarit materyal üretmeyen suşlar tercih edilirken meyveli/aromalı pıhtısı kırılmış yoğurt üretiminde polisakkarit materyal üreten, ancak aroma oluşturma yeteneği zayıf olan suşlar kullanılmaktadır.

Kültürler özelliklerine göre sıvı, toz veya dondurulmuş formda hazırlanmaktadır.

2.2.1. Sıvı Kültürler

Ticari olarak üretilen ilk kültür formudur. Sıvı kültürler hazırlanırken genellikle sterilize edilmiş (121 °C'ta 15-20 dakika) rekonstitüe (süt tozunun su içerisinde çözündürülmesiyle elde edilen süt yağsız süt) gelişim ortamı olarak kullanılmaktadır (%10 kuru maddeli). Kaynağından izole edilen yoğurt bakterileri sterilize süte ilave edildikten sonra 30 °C'ta 16-18 saat ya da 43 °C'ta 3-4 saat süre ile inkübasyona bırakılmaktadır. İnkübasyon sonrasında ise hızla 4 °C'a soğutulmaktadır.

Sıvı kültürler direkt kullanılamazlar. Ana kültür, ara kültür ve işletme kültürü şeklinde çoğaltılarak kullanılırlar. Yoğurt üretiminde sıvı kültür kullanılması durumunda çoğalma (pasajlama) işleminin en fazla 15-20 kez tekrarlanması gerekmektedir. Aksi halde bakteri dengesi bozulmakta ve bakteri mutasyonu görülebilmektedir. Sıvı kültürlerin dayanımlarının artırılması amacıyla değişik katkı maddeleri (CaCO3, Na-sitrat, azot gazı, jelatin gibi) kültür gelişim ortamına ilave edilebilmektedir.

Resim 2.3: Ticari toz kültürler

Bu kültürler dayanımlarının zayıf olması ve yoğurt işletmelerine nakil edilmeleri sırasında özel bir özen istemesi nedeniyle pek kullanılmamaktadırlar.

2.2.2. Toz Kültürler

Starter kültürler, toz hâline getirilerek dayanımları artırılmaktadır. Kültürün toz formuna dönüştürülmesi ile ortamın su aktivitesi azaldığından bakteri gelişimi önemli ölçüdeyavaşlatılmakta ve ticari kültürün dayanım süresi uzamaktadır. Böylelikle bu kültürler aktivitelerini kaybetmeden posta yoluyla bile gönderilebilmektedirler. Toz kültürler 20 °C'ta 10 gün başlangıçtaki aktivitelerini koruyabilmektedirler. Bu yöntemle elde edilen kültürlerin tekrar aktivite kazanıp ortamdaki bakteri sayısının istenilen düzeye ulaşabilmesi için birkaç kez pasaj yapılması gerekmektedir.

Toz formda starter kültür hazırlamak için değişik yöntemler kullanılmaktadır.

Bunlar:

- Vakum altında kurutma
- Sprey kurutma
- Dondurarak kurutma ya da liyofilizasyon
- Konsantre edilen kültürün dondurularak kurutulması

Bu yöntemlerden vakum altında kurutma ve sprey kurutma teknikleri bakteri hücrelerine büyük zarar verdiğinden günümüzde pek tercih edilmemektedir.

Dolayısıyla bu yöntemlerle kurutulan kültürlerin yoğurt üretiminde kullanımı sırasında aktivitelerini artırmak için 3-5 defa ara kültür hazırlanması zorunlu olmakta ve bu durum zaman kaybına yol açmaktadır.

Resim 2.4: Ticari dondurulmuş kültür

Liyofilizasyon; kültür ortamındaki suyun dondurularak kristalleştirilmesi ve kristallerin ortamdan uzaklaştırılması prensibine dayanmaktadır. Burada suyun uçurulması çok düşük sıcaklıklarda gerçekleştirildiğinden bakterilerdeki ölüm oranı çok az olmaktadır. Ancak yine de bir aktivite kaybı söz konusu olduğundan liyofilize kültürlerin yoğurt üretiminde kullanılmadan önce 1-2 ara kültür hazırlanarak aktifleştirilmeleri gerekmektedir.

İşletmelerde kültür çoğaltma aşamalarını ortadan kaldırmak amacıyla konsantre liyofilize kültürler geliştirilmiştir. Bu amaçla sıvı kültürdeki bakteriler santrifügasyon ya da ultrafiltrasyon yolu ile konsantre edildikten sonra dondurularak kurutulmaktadırlar. Konsantrasyon işleminin bakterilerin durgunluk fazının başlangıcında yapılması, bakterilerin dondurma işlemine karşı dirençlerini artırmaktadır. Dondurma amacıyla sıvı nitrojen (-196
°C) ya da buz-alkol karışımı (-65 °C) kullanılmaktadır. Bu şekilde üretilen starter kültürler, hiçbir ön çoğaltmaya gerek kalmadan direkt olarak yoğurt sütüne ilave edilebilmektedirler (DVS kültür).

2.2.3. Dondurulmuş Kültürler

Kurutma işleminin yoğurt starter bakterileri üzerindeki olumsuz etkilerini en aza indirebilmek amacıyla starter kültürler yalnızca dondurulmuş formda da

hazırlanabilmektedirler. Bu amaçla;

- Derin dondurma (-30 °C ile -80 °C arasında)
- Çok düşük sıcaklıklarda dondurma (-196 °C'da sıvı azot varlığında) tekniklerinden yararlanılmaktadır.

Bu kültürler genellikle soğuğa dayanıklı plastik şişeler veya metal kutular içerisinde ambalajlanmaktadır. Dondurulmuş kültürlerin yoğurt işletmelerine nakliyesinde ise özel kurubuz içeren polistiren kutular kullanılmaktadır. Nakliye süresi 72 saatten uzun olmamalıdır.

Derin dondurulmuş kültürler, daha düşük bakteri sayısına sahip olduklarından en az bir kere çoğaltılarak kullanılmalıdırlar. Çok düşük sıcaklıklarda dondurulan kültürler ise çoğaltmaksızın direkt yoğurt üretiminde kullanılabilmektedirler.

Dondurulmuş kültürlerin yoğurt üretiminde kullanılması sırasında yararlanılan hazırlama yöntemlerinden birisi; önce 25-50 ppm düzeyinde hipoklorit içeren su içerisinde (20-22 °C'da) yaklaşık 20 dakika çözündürmeye bırakılması ve kültürün tam çözünmeden yoğurt sütüne veya işletme kültürü tankına aktarıldıktan sonra süt içerisinde 15-20 dakika karıştırılarak tamamen çözünmesinin sağlanmasıdır. Diğer bir yöntem ise derin dondurucudan çıkan kültür kabının 20 °C'lık su içerisinde tutularak çözünmesi, ardından 42
°C'ta yeterli asitlik düzeyine ulaşıncaya kadar (~%0.85 laktik asit) inkübe edilmesi ve gece boyunca buzdolabında saklanmasıdır.

Kültür tipi	Depolama koşulu	Raf ömrü	Kullanım şekli
Dondurularak kurutulmuş süper konsantre	-18°C	> 24 ay	Direkt kullanım
Derin dondurulmuş süper konsantre	-45°C	> 12 ay	Direkt kullanım
Dondurularak kurutulmuş konsantre	-18°C	> 24 ay	Çoğaltmalı kullanım
Derin dondurulmuş konsantre	-45°C	> 12 ay	Çoğaltmalı kullanım
Sprey veya vakum ile kurutulmuş	4°C	< 12 ay	Çoğaltmalı kullanım
Sıvı kültürler	4°C	< 12 ay	Çoğaltmalı kullanım

Tablo2.1: Yoğurt üretiminde kullanılan ticari kültürlerin depolama sıcaklıkları, raf ömürleri ve kullanım şekilleri

2.2.4. Kültür Hazırlama Teknikleri

Yukarıda bahsedilen konsantre liyofilize kültürler ile -196 °C'ta dondurulmuş kültürler DVS (Direct Vat Set) (Resim 2.4.) kültür olarak adlandırılmaktadır. Bunlar herhangi bir çoğaltma işlemine tabi tutulmadan direkt olarak kullanılmaktadır. Özellikle günümüzde büyük ölçekli yoğurt işletmelerinde bu kültürlerden

yararlanılmaktadır.

Orta ve küçük ölçekli işletmelerde ise çoğaltmalı kültür kullanımı devam etmektedir. Bu yöntem ucuz olması ve 15-20 pasaja kadar çoğaltılabilme imkânını sağlaması gibi avantajlara sahiptir. Ancak, her bir çoğalma sonrasında kültür aktivitesinde azalma meydana gelmesi, kültür suşları arasında orijinal dengenin bozulma olasılığının olması ve kontaminasyon riskinin yüksek oluşu gibi dezavantajları vardır.

Küçük ve orta ölçekli işletmelerde çoğaltmalı kültür üretiminde çeşitli teknikler kullanılmaktadır (Lewis tekniği, Jones tekniği gibi). Burada basit olarak ana, ara ve işletme kültürünün hazırlanmasına değinilecektir. Çoğaltma işlemi, üretimde kullanılacak kültür miktarı dikkate alınarak yapılmaktadır.

Kültür hazırlanırken dikkat edilecek en önemli hususlar şunlardır:

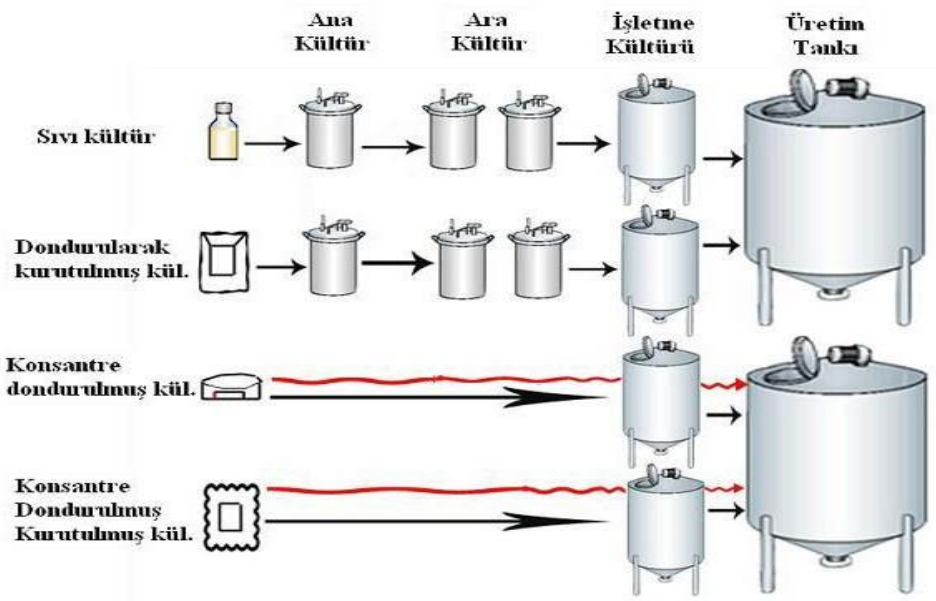
- Kullanılan süt tozu veya taze süt antibiyotik, dezenfektan, deterjan gibi bakterigelişimini engelleyen maddeleri içermemelidir.
- Herhangi bir kontaminasyonun engellenmesi açısından kültür hazırlamaişlemleri aseptik koşullarda yapılmalıdır.

Örneğin 10 ton/gün kapasiteli bir yoğurt işletmesinde %2 oranında inokülasyon gerçekleştirilmesi istendiğinde;

- Önce 1-2 gr kadar bakteri içeren ticari kültürden ana kültür (100 ml)
- Ardından ara kültür (4:1)
- Son olarak işletme kültürü-bulk kültür (200:1) hazırlanmaktadır.

a. Ana Kültür: İşletmelere alınan stok kültürlerin nasıl çoğaltılacakları ambalajların ön bilgi formunda ayrıntılı bir şekilde belirtilmiştir. Kültürlerin ilk çoğaltılmaaşaması yani ana kültür hazırlanması bu bilgiler kullanılarak yapılmaktadır. Bu amaçla uygulanan işlemler çoğunlukla aşağıda verilmiştir.

Ana kültür hazırlanırken genellikle 121 °C'ta 2 dk. süre ile sterilize edilmiş yaklaşık % 10 kuru maddeli rekonstitüye süt kullanılmaktadır. Sterilizasyon sonrası 42-43 °C'a kadar soğutulan süte aseptik koşullar altında ticari kültürden inokülasyon gerçekleştirilmekte ve inkübasyon işlemi (3-6 saat) yapılmaktadır. Daha sonra da kullanılıncaya kadar buzdolabı koşullarında saklanmalıdır.



Şekil 2.1: Kültür hazırlama işlemleri

b. **Ara Kültür:** Ana kültür miktar ve aktivite yönünden yoğurda işlenecek süte katılacak durumda değildir. Bu yüzden elde edilen ana kültürün ikinci kez çoğaltılması gerekmektedir. Ana kültürün bulaşma sonucu bozulma ihtimali olduğundan ara kültür her zaman iki parti hâlinde hazırlanmalıdır. Bunlardan birisi işletme kültürü olarak kullanılırken diğeri yedek olarak soğutucuda tutulmalıdır.

Burada gereksinim duyulan süt miktarı yüksek olduğundan rekonstitüye süt yerine sterilize inek sütü tercih edilmektedir. İnkübasyon sıcaklığına soğutulan sterilize süte bir gün önce hazırlanmış ana kültürden aseptik koşullarda % 2-5 oranında ilave edilir ve karıştırılır. İnkübasyon sonrasında soğukta (+4 °C) depolanır.

c. **İşletme Kültürü (Bulk Kültür)**: Hazırlanan ara kültür de yeterli aktivasyona sahip değildir. Bu yüzden tekrar işletme kültürü olarak çoğaltılmalıdır. Hazırlanacakişletme kültürü miktarı bir gün sonra yoğurda işlenecek süt miktarına göre belirlenir.

Burada da kullanılan süt miktarı fazla olduğundan sterilize inek sütü tercih edilmektedir. Bir gün önce hazırlanan ara kültürden % 2-5 oranında ilave edilir ve karıştırılır.İnkübasyon sonrasında soğukta (+4 °C) depolanır.

2.3. İnokülasyon (Kültür İlavesi) Yöntemleri

Yoğurda işlenecek süte, starter kültür ilave edilmesine **inokülasyon**, katılan starter

kültür miktarına ise **inokulum miktarı** denilmektedir. Isıl işleme tabi tutulmuş yoğurt sütü inkübasyon sıcaklığına soğutulduktan sonra starter kültürlerin ilavesi değişik yöntemlerle yapılmaktadır. Ancak öncelikle katılacak kültür miktarının hesaplanması gerekmektedir. Burada dikkat edilmesi gereken en önemli nokta, kültürün yoğurt sütünün her tarafında homojen dağılımının sağlanmasıdır. Bunun için de etkili bir karıştırma işlemi yapılmalıdır.

2.3.1. İnokülasyon Yöntemi Çeşitleri

İlave edilecek kültür miktarı, kullanılan kültürün çeşidine ve yoğurda işlenecek süt miktarına göre belirlenmektedir. Örneğin, DVS kültür kullanılacaksa ambalaj materyalinin üzerindeki bilgiler doğrultusunda bir hesaplama yapılır ve aşağıdaki yöntemlerden birisi kullanılarak inokülasyon gerçekleştirilir. Ancak işletme kültürü hazırlanarak inokülasyon gerçekleştirilecekse süt miktarına göre bir gün öncesinden hazırlanacak kültür miktarı belirlenir.

Süte katılacak kültür miktarının hesaplanması: Yoğurt üretiminde kullanılacak maya miktarı % 2-3 arasındadır.

Örneğin; Günde 20 ton yoğurt üreten bir işletme, yoğurt sütüne % 2 oranında kültür katıyorsa her gün 400 litre kültüre ihtiyaç duymaktadır.

20 ton = 20000 litre

100 litre süte 2 litre kültür ilave

edilirse20000 litre süte ?

20000 x 2 = ? x 100 ⇨? = 400 litre kültür

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

Kültür ilavesi:

- Mayalanma derecesi olan 43-45 °C'ye soğutulmuş süte % 1-3 oranında kültür(maya) katılarak iyice karıştırılır.
- Mayada yoğurt bakterilerinin (*Streptecoccus thermophilus* ve *Lactobacillusbulgaricus*) oranları % 50/50 veya 55/45 oranlarında olmalıdır.
- Eğer mayadaki yoğurt bakterilerinin oranı dengesizse istenilen kalitede biryoğurt elde etmek mümkün olmamaktadır.

2.3.1.1. Kaplarda İnokülasyon

Özellikle ülkemizde kaymaklı yoğurt üretiminde bu yöntemden yararlanılmaktadır. Süt, ısıl işlemden sonra inokülasyon sıcaklığına soğutulmadan inkübasyon odalarındaki raflara boş olarak dizilmiş ambalaj kaplarına doldurulmaktadır (Resim 2.5). Daha sonra sıcaklık 42-45 ºC'ye inene kadar beklenmekte ve kaymak bağlama işlemi gerçekleştirilmektedir. Kaymak bağlama işleminin ardından tek tek şırınga yardımıyla ya da özel dizayn edilmiş kültür tabancalarıyla % 1-4 oranında kültür ilave edilmektedir (Resim 2.6).

Resim 2.5:Yoğurt sütünün boş kaplara dolumu

Resim 2.6: Kaplara kültür ilavesi

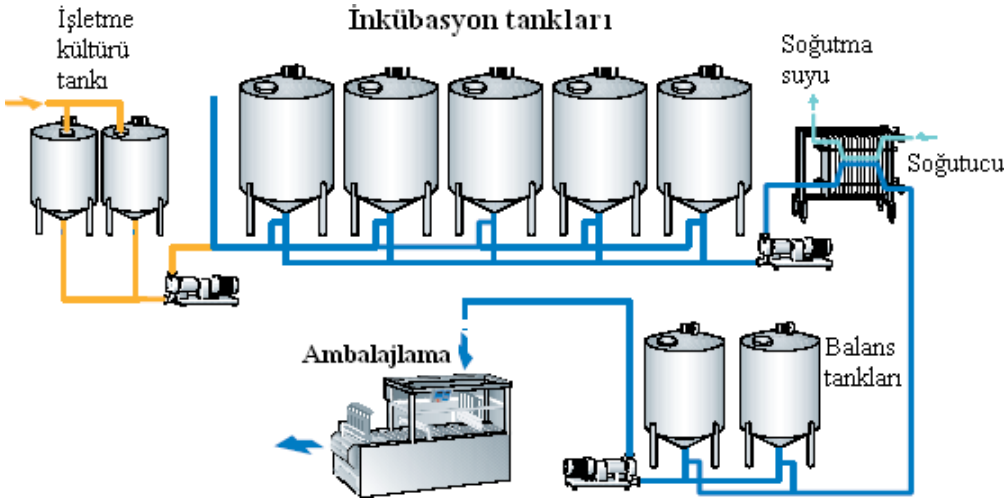
Bu yöntemin bazı dezavantajları vardır. Bunlar:

- İşçilik maliyetinin yüksek olmasıdır.
- İnokülasyonun tek tek yapılmasından dolayı, bazı kaplara kültür ilavesininunutulabilmesidir.
- Burada bir karıştırma işleminin yapılmamasından dolayı, inkübasyon süresininuzayabilmesi ve bazı yapı bozukluklarının görülebilmesidir.
- Standart kalitede ürün üretiminde bazı problemlerin yaşanabilmesidir.

2.3.1.2. Tanklarda (Kazanda) İnokülasyon

Pıhtısı kırılmış yoğurt üretiminde fermantasyon işlemi bir tank içerisinde gerçekleştiğinden inokülasyon da burada yapılmaktadır (Şekil 2.2 ve Resim 2.7). Bu amaçla ya DVS kültür ya da hazırlanan işletme kültürü ısıl işlem görmüş ve inkübasyon sıcaklığına soğutulmuş süte aseptik koşullarda ilave edilmektedir.

İnnkübasyon sonrasında pıhtısı kırılanyoğurt soğutulmakta ve işleme tekniğine bağlı olarak ambalajlanmaktadır



Şekil 2.2: Tanklarda inokülasyon ve inkübasyon

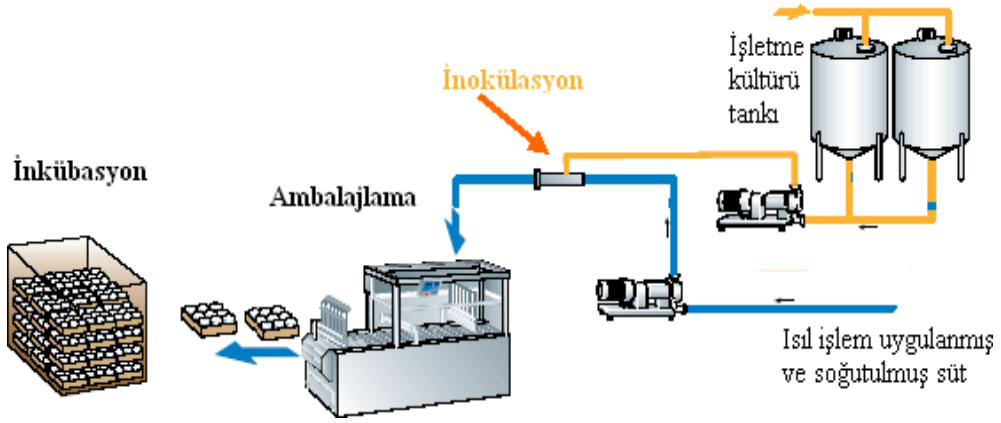
Resim 2.7: Fermantasyon tankı

Resim 2.8: İnokülasyon tankları

Set tipi (pıhtısı kırılmamış) yoğurt üretiminde ise farklı bir yol izlenmektedir. Bu amaçla ısıl işlem görmüş süt, öncelikle inkübasyon sıcaklığının 2-3 °C üzerindeki sıcaklığa kadar soğutulmaktadır. Sonra tanktaki süt miktarına bağlı olarak % 1-4 oranında starterkültür ilave edilerek homojen bir karışım sağlamak amacıyla yavaşça karıştırılmaktadır (Resim 2.8). En kısa sürede uygun bir yöntemle (paketleme ünitesiyle) ambalaj kaplarına doldurularak inkübasyona bırakılır. Dolum sırasında kültür ilave edilmiş sütün sıcaklığının inkübasyon sıcaklığının altına düşmemesi sağlanmalıdır. Bu yöntem, iş gücünden tasarruf sağlamakta ve kültürün homojen dağılmasını mümkün kıldığından standart kalitede yoğurt üretimine olanak vermektedir.

2.3.1.3. Sürekli Sistem (Direkt İnjeksiyon)

Bu yöntem, yukarıda açıklanan yöntemin geliştirilmiş bir şekli olup kapalı bir sistem içerisinde inokülasyonun yapılmasıdır. Burada inokülasyon sıcaklığına kadar soğutulmuş süt borularla taşınırken kültür tankında kullanıma hazır hâlde bulunan starter kültür, bir dozaj pompası aracılığıyla yoğurt sütüne ilave edilmekte ve hemen doluma geçilmektedir. Bu sistemin kapalı olması ve aseptik şartlarda inokülasyonun yapılması kontaminasyon riskini azaltmaktadır. Aynı zamanda kültürün boru içerisinde akan süte ilave edilmesiyle iyi bir karışım da sağlanmaktadır (Şekil 2.3).



Şekil 2.3: Sürekli sistemle inokülasyon

2.4. Ambalaj Materyalleri

Yoğurt endüstrisinde kullanılacak ambalaj materyallerinin seçimi hem ürünün depolanması ve pazarlanması sırasında doğal niteliklerini koruyabilmesi hem de üst düzeyde gıda güvenliğinin sağlanabilmesi açısından oldukça önemlidir.

Genel olarak ambalaj materyalleri şu özellikleri taşımalıdır:

- Çevresel etkilere ve fiziksel darbelere karşı korumalı olmalıdır.
- Ürünün taşınmasını ve depolanmasını etkin kılmalıdır.
- Ürünü yansıtmalıdır.
- Paketleme makinelerinde seri doluma uygun özellikte olmalıdır.
- Ürün ile reaksiyona girmemeli ve toksik madde içermemelidir.
- Üründe kalite kayıplarına neden olmamalıdır.
- Temiz, düz ve pürüzsüz olmalı, kırık, çatlak, çizik vb. yapım kusurubulunmamalıdır.
- Çevre dostu olmalıdır.
- Yasal olarak ürünün sahip olması gereken nitelikler hakkında bilgi vermelidir.

Yoğurdun ambalajlanmasında, boyutları 100 g ile 3000 g arasında değişen cam, sert ve yarı sert plastikler veya paslanmaz çelik ambalaj materyallerinden yararlanılmaktadır.

- **Cam materyaller:** Dış ortamdan ya da camdan ürüne yabancı madde veya mikroorganizma kontaminasyonunu engelleyen en dirençli ambalaj materyalidir. Estetik özellikleri, çevre dostu oluşu, güvenilir gıda imajı yaratması ve boş malzemenin ev ortamında başa amaçlar için kullanılabilir olması, tüketicinin cam ambalaja ilgisini artırmaktadır. Ancak darbelere karşı dayanıksız olması, ışık geçirgenliğinin yüksek olması, geri dönüşümleri için etkili bir organizasyona gereksinim duymaları, geniş depolama alanı gerektirmeleri ve temizlik masraflarının yüksek olması nedenleriyle üreticiler tarafından bu ambalaj materyali pek tercih edilmemektedir.

- **Sert ya da yarı sert plastik materyaller:** Polistiren (PS), Polipropilen (PP), Polietilen (PE), yumuşatıcı içermeyen polivinilklorid (PVC) ve polivinilidenklorid (PVDC) malzemeler ambalajlamada yaygın olarak kullanılmaktadır. Plastik materyaller genellikle inert özelliğe sahiptir ve üretim anında kabın yüzeyi ya da içinde kalıntı kalmaması koşuluyla yoğurtta herhangi bir tat-aroma bozukluğuna neden olmazlar. Bu materyallerin tüketici beğenisinegöre şekillendirilmesi ve üzerlerine her türlü baskının yapılabilmesi bunların üstün özelliklerindendir. Polistiren yoğurt kapları Türk Standartları Enstitüsü (TSE) tarafından hazırlanan TS 9700- Plastik Yoğurt Kapları-PolistirenStandardı'nda belirtilen nitelikleri taşımak zorundadır.

Resim 2.9: Çeşitli boyutlarda ve şekillerde plastik ambalajlar

- **Paslanmaz çelik:** Çok yaygın bir kullanım alanına sahip olmasa da bazı firmalar tarafından özellikle kaymaklı yoğurt üretiminde bu materyallerden yararlanılmaktadır.

Resim 2.10: Paslanmaz çelik ambalajlar

Hangi ambalaj materyali kullanılırsa kullanılsın ürüne ait bazı bilgiler yasal olarak kabın üzerinde yer almalıdır. Yoğurt kaplarında yer alması gereken bilgiler Türk Gıda Kodeksi Etiketleme Yönetmeliğinin Ambalajlama ve Etiketleme-İşaretleme bölümünde yer alan genel kurallara uygunluk göstermelidir. Ayrıca ambalajlarda;

- Homojenize edilmiş sütten üretilen yoğurtlarda ürünün homojenize olduğu
- Ürün adı ve % yağ içeriği
- Ürünün kimyasal ve besinsel kompozisyonu
- Üreticiye ait kimlik bilgileri
- Ürünün üretim iznini gösteren ve ilgili bakanlıktan alınan tarih ve sayı
- Ürünün üretim tarihi, son kullanma tarihi ve üretim serisi bulunmalıdır.

Yoğurt ambalajlarında polistiren, alüminyum folyo, lamine vb. malzeme gibi sağlığa zararsız, sızdırmaz materyaller kullanılmaktadır. Burada kapak seçimi de oldukça önemlidir. Kapak seçiminde yoğurt ambalajının boyutu ve ürünün tek kullanımlık olup olmadığı dikkate alınmaktadır. Çok kullanımlık ambalajlarda genellikle plastik türevi "bas kapa" tipi kapaklar kullanılırken tek kullanımlık yoğurtlarda ise ısı ile lamine edilen alüminyum folyokapaklar tercih edilmektedir.

Resim 2.11: Bas kapa tipi kapak

Resim 2.12: Alüminyum folyo kapak

2.4.1. Ambalaj Materyallerinin Sterilizasyonu

Üretim sonrası kontaminasyonun engellenmesi ve depolama sırasında mikrobiyal bozulmaların meydana gelmemesi için yoğurt üretiminde kullanılan ambalaj materyali sterilize edilmelidir. Sterilizasyon amacıyla kullanılan çeşitli yöntemler ve yarattığı etkiler Tablo 2.2'de verilmiştir. Aseptik üretimlerde yoğurt dolum hattı boyunca basınçlı steril hava verilmesi hava kaynaklı mikroorganizmaların bulaşmasını önemli ölçüde engellemektedir.

YÖNTEM	Yaygınlık durumu	Olumlu ya da olumsuz etkisi
Hidrojen peroksit (H_2O_2)	+	Kalıntı H_2O_2 toksik ve antimikrobiyel özelliktedir.
Sprey püskürtme	+	
Daldırma	+	
Buhar yolu ile	-/+	Plastik bileşiminde değişime neden olabilir.
Buhar	+	Uzun süre uygulanırsa plastik materyalde deformasyona neden olabilir.
Sıcak hava ve H_2O_2 uygulaması	+	Olumsuz etkisi bulunmamaktadır.
Isı-şekillendirme yolu ile	+	En etkin yöntemdir. Olumsuz etkisi yoktur.
Sıcak kuru hava	-/+	Uzun süre uygulanırsa plastik materyalde deformasyona neden olabilir.
Etilen oksit	-/+	Kalıntısı yağlı yoğurtlarda oksidasyona yol açabilir. Otomasyona uygun değildir.
H_2O_2/UV ışınlama uygulamalarının kombinasyonu	+	Olumsuz etkisi yoktur. Ancak kalıntı H_2O_2 bulunmamalıdır.
γ-ışınımı	-/+	Olumsuz etkisi bilinmemektedir.
+ : Yaygın uygulama	**-/+ : Fazla yaygın olmaya uygulama**	

Tablo 2.2: Ambalaj sterilizasyon yöntemleri ve etkileri

2.4.2. Sütün Yoğurt Kaplarına Doldurulması

Yoğurt üretimi için süte gerekli işlemler yapıldıktan sonra ambalajlara dolum şekilleri birkaç farklı yöntemle yapılmaktadır.

2.4.2.1. Elle Doldurma

Özellikle ülkemizde kaymaklı yoğurt üretimi söz konusu olduğu durumlarda bu yöntemden yararlanılmaktadır. Bu amaçla ısıl işlem görmüş sütler, inkübasyon odalarında özel dolum makineleri yardımıyla doluma alınmaktadırlar (Resim 2.14. ve 2.15).

Resim 2.13: Elle dolum makinesi

Resim 2.14: Elle dolum

Ayrıca küçük ya da orta ölçekli işletmelerde de bu yöntem kullanılabilmektedir. Sütün bulunduğu kazandan bir hortum inkübasyon odasına gelmekte ve yukarıdaki şekilde dolum yapılmaktadır. Ancak bu yöntemin çok zaman alması, aynı miktarlarda dolum yapılamaması ve hijyenik koşullarda çalışılamaması gibi sakıncaları bulunmaktadır.

2.4.2.2. Makinelerle Doldurma

Ambalajlama makineleri, ürünün özelliklerine göre değişiklik göstermektedir. Ürünün bileşimi, viskozite / konsistens gibi bazı fiziksel karakteristikleri, paketlenecek ürünün hacmi veya ağırlığı burada etkili olan faktörlerdendir. Dolum yapan ambalaj makinelerinin iki tipi

mevcuttur. Bunlar ambalaj kaplarını kendisi yapıp dolum yapabilenler ve hazır kaplaradolum yapıp kapatabilen makinelerdir (Resim 2.16 ve 2.17).

Resim 2.15: Makinelerle hazır yoğurt ambalajlarına dolum

Hangi yöntemle olursa olsun dolum sırasında şu hususlara dikkat edilmelidir:

- Kapların üst kısmında mümkün olduğunca az boşluk bırakılmalı,
- Mümkün olduğunca aseptik koşullarda dolum yapılmalı,
- Doldurma ve kapama makinelerinin temizliğine özen gösterilmelidir.

Resim 2.16: Dolumu yapılmış yoğurt ambalajlarının otomatik sistemde kapatılması

Makinelerle dolumun avantaj ve dezavantajları ise şunlardır:

AVANTAJLARI

- İşçilik masrafları düşüktür.
- Aseptik dolum mümkündür.
- Makinenin çalışma kesintisi azdır.

DEZAVANTAJLARI

- Makinenin fiyatı, bakımı, servisi ve tamiri pahalıdır.

- Enerji giderleri yüksektir.
- Eğitilmiş personele ihtiyaç duyulur.

2.5. İnkübasyon İşlemi

İnkübasyon; starter kültür ilave edilen sütün yoğurt hâline gelinceye kadar belli bir sıcaklık derecesinde bekletilmesini içeren bir mayalanma (fermantasyon) sürecidir ve yoğurt üretimini oluşturan en önemli doğal basamaklarından birisidir. Yoğurdun karakteristik tat- aroma ve tekstürel özellikleri bu işlemin başarılması ile doğrudan ilişkilidir. Bu nedenle inkübasyon parametrelerinin seçimi büyük önem taşımaktadır. Yoğurt üretiminde kullanılan starter kültürlerin optimum gelişme sıcaklığı 42–45 °C'dir. Ancak bu sıcaklığın altında ve insan vücut sıcaklığında canlı kalabilen, özellikle probiyotik özellik gösteren kültürlerden dolayı başlıca iki tür inkübasyon koşullarından söz etmek mümkündür.

Sade yoğurtların üretiminde geçerli olan parametre 42-45 °C'ta 3-3,5 saat içerisinde, ön işlem uygulanmış sütün pH değerinin 6.7'den 4.6'ya düşmesiyle en çok kullanılan uygulama **kısa süreli inkübasyon** olarak adlandırılmaktadır.

Özellikle probiyotik yoğurt üretiminde kullanılan mikroorganizmalardan dolayı inkübasyonun daha uzun süre devam etmesi gerekebilir. Böyle durumlarda inkübasyon sıcaklığı 43 °C'tan 32–37 °C'a düşürülmekte ve inkübasyon süresi 12–18 saate kadar çıkarılmaktadır. Buna da **uzun süreli inkübasyon** denmektedir. Ancak bu şekilde uygulananinkübasyonun birtakım sakıncaları vardır.

Bunlar:

- Kültürdeki laktobasil ve streptokoklar arasındaki dengenin bozulması
- Son üründe serum ayrılması riskinin artması
- Karbonil bileşikleri oluşumunun yavaşlaması (asetaldehit, diasetil vb.)
- Enerji ve zaman kaybının olmasıdır.

İnkübasyon işlemi sırasında starter kültürlerin oluşturduğu asiditenin etkisi ile pH 5.2-5.3'te kazeinat partiküllerinin stabilitesi bozulur. Kalsiyum ve fosfat kazein kompleksinden yavaş yavaş ayrılır ve çözünür duruma geçer (>%82) ve kazein pıhtılaşmaya başlar.

Destabilizasyon sırasında hidrojen iyonları protein moleküllerindeki bazik grup (NH_2) tarafından tutulur. pH 4.6-4.7'de kazein bağlı tuzlarından serbest hale geçer ve moleküllerdeki negatif ve pozitif yükler eşit olur.

Moleküllerdeki yüklü gruplar normal sütteki gibi birbirlerini itemezler, aksine bir moleküldeki pozitif yükler yakın molekülün negatif yükleri ile birleşerek protein kümelerinin oluşumuna ve sütün pıhtılaşmasına yol açar.

Yoğurtta pıhtılaşan proteinler kazein ve denatüre olmuş serum proteinlerinin çökeltilmiş halidir. Protein çökeltisi aralarında yağ globüllerini ve çözünmüş unsurları tutan üç boyutlu ağ şeklindedir.

Yoğurdun su tutma kapasitesi pH 4.2–4.6 arasında optimum olduğundan yoğurt üretiminde inkübasyona pH 4.5–4.6 dolayında son verilmektedir. İnkübasyon sonu asitliğinin doğru tespit edilmesi, yoğurt kalitesi açısından büyük önem taşımaktadır.

Resim 2.17: İnkübasyon odasında dolum yapılmış ve inkübasyona bırakılmış yoğurt kapları

İnkübasyon sonu asitliğinin belirlenmesinde etkili faktörler şunlardır:

- Kullanılan bakterilerin türü veya suşu
- İnokulüm miktarı
- İnkübasyon sıcaklığı
- Asitlik gelişimi
- Ambalaj materyalinin büyüklüğü

Resim 2.18: Dolumu yapılmış yoğurt kaplarının kasalanması

Küçük ambalaj materyalleri içerisinde inkübe edilen yoğurtlar 4.5–4.6 pH'de inkübasyondan çıkarılırken büyük boyutlu ambalajlar 4.7–4.8 pH'ta çıkarılırlar. Bunun nedeni, ambalaj boyutunun artması ile ürünün ısı iletim kapasitesinin düşmesi ve soğutma etkinliğinin azalmasıdır.

Ülkemizde genel olarak fermantasyon işlemi yoğurt kaplarında gerçekleştirilmektedir. Yukarıda da belirtildiği gibi yoğurt kapları iki farklı şekilde doldurulmaktadır. Elle dolum inkübasyon odalarında yapıldığından herhangi bir taşıma işlemine gerek duyulmadan inkübasyon da burada gerçekleştirilmektedir (Resim 2.19). Makineyle doldurulan yoğurt kapları ise kasalara alınmakta

ve hızla inkübasyon odalarına götürülmektedirler (Resim 2. 20).

Resim 2.19: Kasalar içindeki yoğurtların inkübasyona alındığı oda

3. MEYVELİ YOĞURT ÜRETİMİ

Yoğurt, ihtiva ettiği besin maddeleri bakımından iyi bir gıda maddesi olmasının yanı sıra, bazı önemli diyetetik ve tedavi edici özelliklere de sahiptir. Hekimler mide, bağırsak ve karaciğer düzensizliklerini tedavi etmek ve iştah açmak amacıyla yoğurt tüketimini tavsiye etmektedir. Bağırsak florasını tahrip eden antibiyotikli ilaçların bu yan tesiri yoğurt tüketimi ile ortadan kaldırılabilmektedir. Yoğurt ayrıca, kronik diyare, ishal ve dizanteri hastalıklarınakarşı tedavi edici, vücudu radyoaktiviteye karşı koruyucu, tümör oluşumunu engelleyici özelliklere de sahiptir.

Yoğurt, Avrupa ve Amerika'da 20. yüzyılın başlarında tanınmasına rağmen, bu ürünün besleyici, tedavi edici ve koruyucu özelliklerini keşfeden bilim adamları, toplum sağlığıyla doğrudan ilgili olduğuna inandıkları bu ürünü, toplumun her kesimine hitap edebilecek değişik şekillerde; asidofiluslu süt, bioyoğurt, aromalı yoğurt, meyveli yoğurt, aroma katkılı meyveli yoğurt, kahvaltılık yoğurt, meyve aromalı yoğurt içecekleri, tatlandırılmış sade ve karbonatlı yoğurt içecekleri gibi yeni ürünler geliştirerek tüketime sunulmasını sağlamışlardır.

Yoğurt, simbiyoz (iki canlının tek bir organizma gibi birbirleriyle yardımlaşarak bir arada yaşamaları) olarak yaşayan süt asidi bakterileri ile aşılanmış sütten meydana getirilen bir süt ürünüdür. Son yıllarda yoğurdun besin değerinin anlaşılmasıyla tüketimde büyük bir sıçrama görülmüştür. Bu artışın nedenleri kısaca şöyle açıklanabilir:

- Her şeyden önce gıda değerinin önemi daha çok anlaşılmıştır.
- Diyetetik etkisi olduğu kesin olarak anlaşılmıştır.
- Pazar çok fazla yoğurt ürünlerinin değişik çeşitleri getirilmektedir. Bugün özellikle Avrupa’da meyveli, aromalı yoğurtlar tüketiciye çok zengin bir seçim imkânı sağlamaktadır.
- Kalite düzeltilmiştir.
- Amaca uygun reklâmlar verilmiştir.

Resim 3.1. Meyveli yoğurt çeşitleri

3.1. Meyveli Yoğurdun Tanımı ve Özellikleri

Ülkemizde çok eski bir geçmişi bulunmasına rağmen yoğurt ihmal edilmiş, dünyadaki yeniliklere uzak kalmış ve bu nedenle son yıllarda ülkemize az da olsa meyveli yoğurt ithal edilmeye başlamıştır. Mevcut sade yoğurt üretimimizde her zaman istenilen kalite sağlanamamakta, yoğunlaşan ve çeşitleri artan tüketici taleplerinden uzak olmaktadır. Ülkemizde mevcut yoğurt tüketimini artırmak, sade yoğurdun yanı sıra yeni bir ürün çeşidi olarak meyveli ve meyve aromalı yoğurt tiplerinin geliştirilip piyasaya arz edilmesi gerekmektedir. Böylece, süt ve süt ürünleri tüketme alışkanlığı olmayanlar için cazip bir bürün sağlanmış olacaktır. Ayrıca süte olan talebin artması nedeniyle üreticinin de korunması mümkün olacaktır. Kendi ürünümüz olan yoğurdun, kültürümüzün ve besinlerimizin değişik ve güçlü hazinesi olan meyveler kullanılarak toplumuzun damak zevkine uygun farklı çeşitleri hazırlamak, besin zenginliğini arttırmak ve bunlar içinde en beğenileni tespit etmek, meyveli yoğurt üretim teknolojisinin ana dayanaklarını oluşturmaktadır.

Türk Gıda Kodeksi fermente Süt Ürünleri Tebliği meyveli yoğurdu; "Çeşnili fermente süt ürünleri: Ağırlıkça en fazla % 50'si kadar şeker ve/veya tatlandırıcı, meyve ve sebzeler ve bunların suları, püreleri, pulpları ve bunlardan üretilen preparatlar ve konserveler, tahıllar, bal, çikolata, sert kabuklu yemişler, kahve, baharat ve diğer taklit ve tağşişe neden olmayan lezzet verici gıdalar gibi süt bazlı olmayan bileşenler içeren kompozit süt ürünü" şeklinde tanımlar.

Aynı yönetmelikte hammadde ve ürün özellikleri Madde – 5'te

(1) h. "Meyveli yoğurtlarda meyve miktarı en az % 6 olmalıdır. Ancak; meyve

suyunda sitrik asit cinsinden ağırlıkça en az % 2,5 oranında titre edilebilir asit bulunduran meyveler ve tropik meyve ilaveli yoğurtlarda bu oran en az % 2 olmalıdır.” şeklinde açıklanmaktadır.

Meyveli yoğurt; evaporatörden geçirilerek kuru madde oranı arttırılan sütten üretilen yoğurt içerisine belli oranlarda meyve (şurup, meyve suyu, pulp veya reçel şeklinde), şeker, stabilizatör madde (jelatin, pektin vb.) ve gerekirse renk ve aroma maddelerinin de katılmasıyla hazırlanan özel bir üründür. Meyveli yoğurt, TS 4806 Süt ve Mamulleri Terimleri Standardında; “Özel tekniğine göre yapılan ve içinde elma, armut, vişne, çilek,muz vb. meyveleri küçük parçacıklar veya pulp halinde içeren yoğurt” şeklinde tanımlanmaktadır.

Bazı Avrupa ülkelerinde ve ABD'de yapılan araştırmalara göre, yoğurdun aroma çeşitliliği ve tatlılık derecesi artıkça, tüketiminin de arttığı saptanmıştır. Meyve aromaları, yoğurdun duyusal yönden daha cazip hale gelmesini sağlamaya ve ‘sade’ yoğurdun karakteristik aromasını oluşturan, aşırı asetaldehit tadını maskelemek amacıyla kullanılmaktadır.

Son yılların kendisine hızla yeni pazar yaratan ürünlerinden birisi olan meyveli yoğurtlar, Türkiye pazarına ilk kez 1997 yılında sürülmüştür. Meyveli yoğurt üretiminde en çok kullanılan meyvelerin; çilek, kayısı, ahududu, muz, greyfurt, limon, kavun, portakal, elma, üzüm ve mango olduğu bildirilmektedir.

3.1.1. Meyvelerin Önemi

Meyveler insan sağlığı ve beslenmesinde, özellikle vitaminler ve mineral maddelerce zengin olması bakımından önemli bir yer tutmaktadır.

Beslenmemiz açısından meyveler et, peynir ve diğer yüksek enerjili gıdaların sindirimi esnasında meydana gelen asitliliği nötralize ederek sindirimi kolaylaştırmakta ve kanın asit-baz dengesini korumakta; lifli madde olmaları nedeniyle sindirim işlemini kolaylaştırmakta; insan vücudunun gelişmesinde önemli yer tutan kalsiyum, fosfor ve demir gibi birçok mineral madde ile insan sağlığı açısından son derece önemli olan A, B, C, D, E gibi birçok vitaminleri

sağlamaktadırlar. Yine, birçok meyve karbonhidrat, yağ ve protein bakımından zengin olup insanın bu maddelere olan ihtiyacını karşılamakta, ayrıca, özellikle yaş meyveler insan vücudunun su ihtiyacının büyük bir bölümünü temin etmektedir.

Katı kıvamlı normal yoğurt teknolojisinde kullanılan *Lactobacillus bulgaricus* bakterisi yerine *Lactobacillus acidophilus, Lactobacillus bifidus* gibi bağırsaklarda yaşayan oradan izole edilen bakterilerin kullanılması ile yoğurda nazaran daha yumuşak asitlikte yoğurt çeşitleri elde edilmiştir. Bu yoğurt çeşitleri meyveli yoğurt üretiminde de kullanılıp, daha ziyade çocuklar, yaşlılar ve hastalar dikkate alınarak hazırlanmış ürünlerdir.

Yoğurdun protein ve yağdan gelen zenginliğine, meyvelerdeki karbonhidrat, vitamin ve mineral deposu eklendiğinde, beslenme yönünden meyve ve yoğurdun buluşmasının idealbir sonuç olacağı anlaşılmaktadır (Tablo 3.1). Bu zenginlik damak keyfimize de yansımaktadır.

Besin Değerleri	100 gr.	1 Porsiyon (Orta)
Karbonhidrat (g)	7.16	13.61
Protein (g)	2.43	4.62
Yağ (g)	2.55	4.84
Lif (g)	0.69	1.32
Kolesterol (mg)	8.96	17.02
Sodyum (mg)	32.92	62.55
Potasyum (mg)	179.75	341.52
Kalsiyum (mg)	90.23	171.43
Vitamin A (mg)	27.09	51.48
Vitamin C (mg)	17.55	33.35
Demir (mg)	0.34	0.64

Tablo 3.1: Meyveli yoğurdun besin değerleri tablosu

MEYVE TÜRÜ	Enerji (Kkal.)	Karbonhidrat (g)	Protein (g)	Yağ (g)	Kalsiyum (mg)	Demir (mg)	A Vit. (IU)	B1 Vit. (mg)	B2 Vit. (mg)	Niasin (mg)	Vit.C (mg)
Vişne	58	13.8	1.8	0.4	30	0.4	1.000	0.05	0.02	0.2	15
Kiraz	70	13.8	1.8	0.4	30	0.4	90	0.05	0.02	0.2	15
Ayva	71	14.1	0.6	0.3	6	0.6	30	0.03	0.03	0.4	17
Armut	64	13.3	0.3	0.2	6	0.5	15	0.02	0.03	0.2	5
Elma	63	14.0	0.3	0.3	6	0.4	30	0.03	0.05	0.2	6

Tablo 3.2: Bazı meyvelerin besin değerleri tablosu

3.2. Meyveli Yoğurt Çeşitleri ve Üretim Yöntemleri

Meyveli yoğurtların çeşitlerine ilişkin kategorik bir sınıflama bulunmamasının önemli nedeni çeşit ve buna ilişkin kaynak, yöntem ve yaklaşımların zenginliğindendir. Bu sebeple meyveli yoğurtlar kaynağına, katkısına, aromasına, tüketim şekline, üretim yöntemine, vb. göre sınıflandırılabilir.

3.2.1. Meyveli Yoğurt Çeşitleri

Türk Gıda Kodeksi Fermente Süt Ürünleri Tebliği meyveli yoğurdu "Çeşnili fermente süt ürünleri" bölümünde tanımlamaktadır.

Meyveli yoğurt üretiminde kullanılan meyve (şurup, meyve suyu, pulp veya reçel şeklinde), şeker, stabilizatör madde (jelatin, pektin vb.), gerekirse renk ve aroma maddelerinin de katılmasıyla meyve yönünden oldukça çeşitlilik göstermektedir. Meyveli yoğurt üretiminde kullanılan maddeler ve yüzde ortalamaları aşağıdaki gibidir;

Yoğurt Üretiminde Kullanılan Maddeler	Miktar (%)	Ortalama
Süt	76-82	79
Meyve	6-16	11
Şeker	6-10	8
Süt Tozu	1-3	1,5
Stabilizör	0,5	0,5
Toplam	100	100

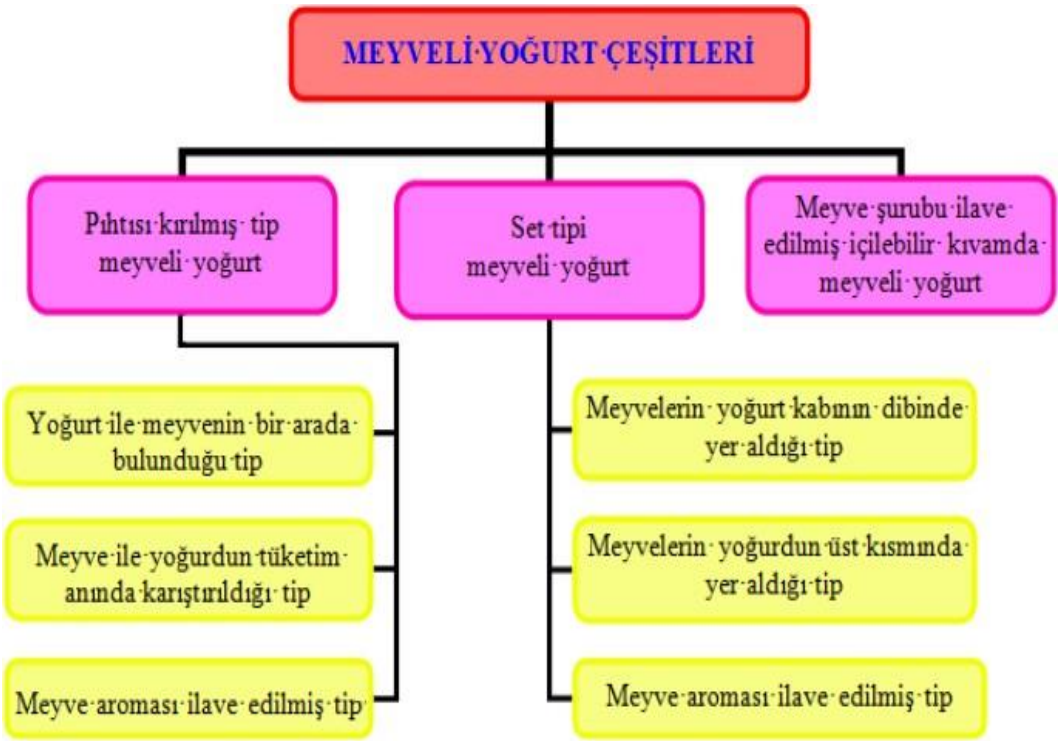
Tablo 3.3: Yoğurt bileşimine giren bazı maddeler ve bileşimleri

Meyveli ve aromalı yoğurt, sade yoğurdun ekşi tadını sevmeyen tüketicilere yoğurdu sevdirmek, tüketimi artırmak ve üreticiye seçme şansı sağlamak için geliştirilmiştir. Bu teknolojide yaklaşık 16 meyve çeşidi ve karışımları, aromaları ve boyaları kullanılmaktadır. Meyve ve karışımları ahududu, böğürtlen çeşitleri, mandarin, portakal, çilek, muz, vişne, erik, armut, kayısı, şeftali, ananas, yaban mersini, kuşburnu ve benzerlerinden hazırlanmaktadır. Bunların yanı sıra, bal, reçel, marmelat ve jölelerde kullanılmaktadır. Bioyoğurt, reform yoğurt, bifiyoğurt ve biogarde meyveli ve aromalı olarak da yapılmaktadır.

Meyveli yoğurt üretiminin başında gelen ülkelerden Almanya'da kiraz, çilek, ahududu ve kayısı; İsviçre'de çilek, fındık, kayısı, ananas, ahududu ve çikolata; Amerika'da çilek, yaban mersini ile ahududu karışımı, armut, kayısı, muz, portakal suyu konsantresi veya pulpu, ananas, greyfurt, mandalina, guava ve papaya en çok tercih edilen meyvelerdir. Amerika'da yoğurda kuru üzüm ve kuru üzüm suyu konsantresi katılarak tüketicinin beğenisini kazanan, değişik tat ve aromaya sahip, besin değeri oldukça yüksek yeni bir ürün tipi geliştirilmiştir.

Meyveli yoğurt üretiminde taze meyvenin temini her zaman mümkün olmamaktadır. Bu nedenle daha çok meyve suyu, reçel, marmelat ve konserve edilmiş meyve kullanılmaktadır. Meyve reçelleri, meyve şurubundan yapılmakta ve herhangi bir koruyucu madde ya da renk maddesi içermemektedir. Meyve konserveleri ise % 30-35 oranında şeker, stabilizatör madde, renk ve aroma maddesi katkılı olmaktadır.

Meyve teminindeki güçlükler, meyve ve sütü bir araya getirmedeki çeşitli sıkıntılar, üretim prosesindeki mamulatın raf ömrü, üretim masrafları, tüketici albenisi ve rekabet koşulları, meyveli yoğurt üretiminde ham madde temininde pratik çözümler arayışıyla sonuçlanmıştır. Meyve aroması veya ekstraktı ve yapay karşılığı, imalat sektörünün genişlemesine katkı sunmuştur.



Tablo 3.4: Meyveli yoğurt çeşitleri

3.2.2. Meyveli Yoğurt Üretim Yöntemleri

Meyveli yoğurt üretimi sade yoğurdun üretimine benzemekle beraber başlıca farklılık, ilave edilen maddeler ve yöntemlerinden ileri gelmektedir. Temelde iki farklı üretim yöntemine ek olarak içilebilir kıvamda yoğurt üretimi ile birlikte üç türlü üretim yöntemi mevcuttur.

Set tipi meyveli yoğurt üretimi, pıhtısı kırılmış tip meyveli yoğurt ve meyve şurubu ilave edilmiş içilebilir kıvamda meyveli yoğurt yapımında kendi içinde farklı süreç, teknikve hammaddeye göre değişen çeşitli üretim yöntemleri mevcuttur (Tablo 3.4).

ÜRETİM YÖNTEMLERİNE GÖRE MEYVELİ YOĞURT ÇEŞİTLERİ		
Set Tip (pıhtısı kırılmammış) Meyveli Yoğurt	**Stirred tip (pıhtısı kırılmış) Meyveli Yoğurt**	**İçilebilir Nitelikte Meyveli Yoğurt**
- Meyvelerin yoğurt kabının dibinde yer aldığı tip - Meyve aroması ilave edilmiş tip - Meyvelerin yoğurdun üst kısmında yer aldığı tip	- Yoğurt ile meyvenin bir arada bulunduğu tip - Meyve aroması ilave edilmiş tip - Meyve ile yoğurdun tüketim anında karıştırıldığı Tip	-Meyve şurubu ilave edilmiş içilebilir kıvamda meyveli yoğurt -Meyve aroması ilave edilmiş tip

Tablo 3.5: Üretim yöntemlerine göre meyveli yoğurt çeşitleri

Meyveli yoğurt üretimi, yöntem itibarı ile sade yoğurt üretimine benzemektedir. Meyveli yoğurdun sade yoğurt üretiminden temel farkı çeşitli meyvelerin ya da pulpların yoğurda ilave edilmesidir.

Birincisi set tipi meyveli yoğurt; pıhtısı kırılmamış sade yoğurt üretim tekniğine benzemektedir. Katı ya da sert tipi adı verilen bu yöntem, set tipi sade yoğurt üretimine benzemekte, hazırlanan miskin inkübasyondan önce ilavesiyle pıhtının kırılmamış olmasısöz konusudur.

3.2.2.1. Set Tipi Meyveli Yoğurt Üretimi

Set tipi (pıhtısı kırılmamış – katı) meyveli yoğurtlar üç şekilde üretilmektedir:

1. Meyvelerin yoğurdun üst kısmında yer aldığı tip
2. Meyvelerin yoğurt kabının dibinde yer aldığı tip
3. Meyve şurubu (aroma, vb.) ilave edilmiş tip

SET TİPİ MEYVELİ YOĞURT ÜRETİMİNDE İŞLEM BASAMAKLARI

ÇİĞ SÜT

↓

KLARİFİKASYON

↓

YAĞ ORANI STANDARDİZASYONU

↓

KURU MADDE STANDARDİZASYONU

↓

ÖN ISITMA(60 -70 °C)

↓

HOMOJENİZASYON(150-200ATÜ)

↓

ISIL İŞLEM

↓

MAYALAMA DERECESİNE SOĞUTMA

↓

MEYVE/AROMA İLAVESİ

↓

STARTER KÜLTÜR İLAVESİ

↓

PAKETLEME

↓

İNKÜBASYON(41-43 °C)

↓

SOĞUTMA

↓

SOĞUK ODADA MUHAFAZA

Şema 3.1: Set tipi meyveli yoğurt üretim akış şeması

Proses kendi içinde çeşitli şekillerde gerçekleşmekle genel olarak üç türlü üretim vardır: Meyvelerin yoğurt kabının dibinde yer aldığı tip, meyve aroması ilave edilmiş tip ve meyvelerin yoğurdun üst kısmında yer aldığı tip.

Bu aşamadan sonra meyveli yoğurt yapma işlemleri yapılacak yoğurt çeşidine göre değişir.

Katı kıvamlı, yapısı bozulmamış meyveli yoğurtlarda teknoloji üç şekilde uygulanır:

1. **Meyvelerin yoğurdun üst kısmında yer aldığı tip**: Ön işlemlerden geçen süt soğutulur. % 1-4 oranında kültür katılarak ambalajlarına doldurulur. Ancak ambalaj üzerinde meyve ilave edilecek kadar boşluk bırakılır. Bu şekilde 3-3.5 saat inkübe edilir ve soğutulur. Dinlendirilir. Yoğurt pazarlanacağı zaman üzerindeki boşluğa meyve, reçel, marmelat ve karışımları doldurulur. Kapatılır ve piyasaya arz edilir. Bu tip teknoloji zor ve uzun zaman alır. Yoğurtlar olgunlaştıktan sonra kapaklar açılıp yeniden meyve ilavesi ile teknolojik bir takım aksamaların yanında hijyen sağlama bakımından bir takım riskli durumlar oluşabilir. Mikrobik bulaşmaların yanı sıra (kontaminasyon), tüketimde pratik bulunmayabilir. Tüketici yoğurdu tüketirken karıştırmak zorundadır.
2. **Meyvelerin yoğurt kabının dibinde yer aldığı tip:** Meyve, kabın altına konup üzerine kültür ilave edilmiş süt ile inkübe edilen katı meyveli (sundae tip) yoğurttur. Pıhtısı parçalanmamış meyveli yoğurt, genellikle meyve yoğurt kabının altında bulunacak şekilde üretilmektedir. Tüketim esnasında meyve karışımı istenirse bir kaşık yardımıyla karıştırılarak tüketilmektedir. Bu tip yoğurt üretimi için önce ön ısıtma işlemine tabi tutulmuş meyve karışımı (Meyve içeriği en az % 6, ortalama % 12-15 olması gerekir.) yoğurt ambalajlama kaplarına doldurulmaktadır. Meyvelerin yoğurt kabının dibinde yer aldığı ikinci sistemde süt mayalanıp ambalajlanacağı zaman, ambalajın altına ilk önce % 6-16 arasında meyve, marmelat, püre v.s. konur. Üzerine aşılanan süt doldurulur ve inkübasyona bırakılır. Soğutulur, muhafaza edilir ve pazarlanır. Bu sistem teknoloji nispeten kolaydır. Tüketici yoğurdu karıştırmak zorundadır. Bazı hallerde yoğurt ile meyve arasında su salma hataları görülür.
3. **Meyve şurubu (aroma, vb.) ilave edilmiş tip:** Süt mayalanmadan önce ambalaja dolum yapmadan önce altına ya da üstüne meyve parçacıkları

konmaz. Bunun yerini alabilecek meyve şurubu, aroması veya çeşitli karışımlar, kültür ilave edilmiş süte (ör. 9:1 oranında) ilave edilir. Ambalajlanır, inkübasyona alınır, soğutulur, depolanır ve pazarlanır. Herhangibir olumsuzluk görülmemesinin yanı sıra, tüketici bu yoğurdu yerken karıştırmak durumundadeğildir.

3.2.2.2. Karıştırılmış Meyveli Yoğurtlar:

Karıştırılmış (pıhtısı kırılmış- stirred) meyveli yoğurtlar üç şekilde elde edilir:

1. Yoğurt ile meyvenin bir arada bulunduğu tip
2. Meyve aroması ilave edilmiş tip
3. Meyve ile yoğurdun tüketim anında karıştırıldığı tip

Karıştırılmış meyveli yoğurt üretim teknolojisinde, ayrı bir tankta inkübe edilen yoğurt ile meyve inkübasyondan sonra dozajlanarak karıştırma makinalarından geçirilip kaplara doldurulmaktadır. Bunlara pıhtısı kırılmış ya da karıştırılmış (stirred tip, swiss tip) meyveli yoğurt denmektedir. Fermantasyon sonucu elde edilen yoğurda meyve ilave edilip karıştırılarak üretilen bu pıhtısı kırılmış yoğurtlara da ‘Stirred Tipi' ismi verilmiştir. Bu şekilde tüketime sunulan ‘Stirred Tipi’ meyveli yoğurtlar, batılı ülkelerde en popüler meyveli yoğurt çeşididir.

a. **Yoğurt ile meyvenin bir arada bulunduğu tip:** Normal koşullarda büyük tanklarda yoğurt yapılır. İnkübasyon bittikten hemen sonra veya yoğurt soğutulduktan sonra iyice karıştırılır. Ambalajlama işlemlerinde, ilk önce ambalajınaltına meyveler, üzerine de sıcak veya soğuk halde karıştırılmış yoğurt ilave edilir.
b. **Meyve aroması ilave edilmiş tip:** Tanklarda yoğurt elde edildikten sonra üzerine meyve aroması dökülür. İyice karıştırıldıktan sonra ambalajlanır. Soğutulur, dinlendirilir ve tüketime verilir. Teknolojisi çok kolaydır ve tüketilirken yeniden karıştırmaya gerek yoktur.
c. **Meyve ile yoğurdun tüketim anında karıştırıldığı tip:** Ambalaja ilk önce karıştırılmış yoğurt sonra üst kısma meyveler konarak ambalajlanırlar. Soğutularak dinlendirilir ve pazarlanır. Her ikisinde de teknoloji kolaydır.

Ancak tüketilirken yoğurtla meyve iyice karıştırılmalıdır.

KARIŞTIRILMIŞ (STIRRED) MEYVELİ YOĞURT ÜRETİMİNDEİŞLEM BASAMAKLARI
ÇİĞ SÜT
↓
KLARİFİKASYON
↓
YAĞ ORANI STANDARDİZASYONU
↓
KURU MADDE STANDARDİZASYONU
↓
ÖN ISITMA(60 -70 °C)
↓
HOMOJENİZASYON(150-200ATÜ)
↓
ISIL İŞLEM
↓
MAYALAMA DERECESİNE SOĞUTMA
↓
STARTER KÜLTÜR İLAVESİ
↓
TANKTA İNKÜBASYON
↓
MEYVE/AROMA İLAVESİ
↓
KARIŞTIRMA
↓
SOĞUTMA
↓
PAKETLEME
↓
SOĞUK ODADA MUHAFAZA

Şema 3.2: Karıştırılmış (stirred) meyveli yoğurt üretim akış şeması

3.2.2.3. İçilebilir Nitelikte Meyveli Yoğurt

Yabancı literatürlerde içilebilir yoğurt (drinking yogurt)adı altında yer alan çok farklı ayran benzeri fermente ürünler, ayrandan farklı olarak tüketici beğenisini artırmak amacıyla aroma, tatlandırıcı ve renk maddeleri veya meyve şurupları ilave edilerek üretilmektedir. Hatta bazılarının üretiminde yoğurt bakterilerinin yanı sıra diğer laktik asit bakterileri ve probiyotik bakterilerden de yararlanılmaktadır.

İçilebilir nitelikte meyveli yoğurtta iki türlü üretim söz konusudur:

1. Meyve şurubu ilave edilmiş içilebilir kıvamda meyveli yoğurt
2. Meyve aroması ilave edilmiş tip

İçilebilir nitelikte meyveli yoğurtlar set veya stirred tipinde üretilebilirler. Ancak bu yöntemin temel farklılığı, içilebilir kıvamda olmasıdır. Ayran üretim prosesindeki sürece meyve şurubu veya aroması ilave edilmiş tip üretim yöntemi söz konusudur.

Resim 3.2. İçilebilir yoğurt örnekleri

a. **Meyve şurubu ilave edilmiş içilebilir kıvamda meyveli yoğurt** üretiminde, yoğurt fermantasyona tabi tutulduktan sonra üzerine aynı oranda meyve özü ya da ezmesi ilave edilmektedir. İçilebilir kıvamda üretilebilen bu tip yoğurtlara da 'Swiss Tipi' yoğurt denilmektedir.
b. **Meyve aroması ilave edilmiş içilebilir kıvamda meyveli yoğurt** üretiminde ise, sütün ön işlemlerden geçme evresinde meyve aroması ilave edilir ve ardından bilinen diğer yoğurt veya ayran üretim yöntem ve şekilleri sürdürülür.

3.3. Meyveli Yoğurt Üretimi İçin Süte Uygulanan Ön İşlemler

Meyveli yoğurt üretimi için süte temizleme, standardizasyon, kuru madde miktarının ayarlanması, meyve karışımı miktarının ayarlanması, homojenizasyon ve ısıl işlem gibi ön işlemler uygulanmaktadır.

3.3.1. Sütün Temizlenmesi

Yoğurt üretimi için kullanılacak süte uygulanan ilk işlem temizlemedir. Burada amaç, sağım veya nakil sırasında süte karışmış olabilecek organik ve inorganik maddelerin uzaklaştırılmasıdır. Kaba kirler genellikle süt alım terazisi üzerine konan bez veya tel süzgeçler yardımıyla uzaklaştırılır. Daha büyük ölçekli işletmelerde, süt kabulü sırasında, tartım terazisinin tankına metal süzgeç ve plakalı soğutucu girişlerine metal filtreler takılarak da temizleme yapılabilir. Son yıllarda tercih edilen bir diğer temizleme yöntemi de klarifikasyondur. Bu yöntem mekanik separatörler ile gerçekleştirilir ve hem işlem kolaylığı sağlar, hem de daha fazla miktarda sütü aynı anda işlemek mümkündür. Bu yöntem, yoğunluğu sütten fazla olan maddelerin, sütten merkezkaç kuvveti ile ayrılması prensibine dayanır.

3.3.2. Standardizasyon

Temizlenen sütün yoğurt yapımına girmeden önce standardize edilmesi gereklidir. Standardizasyonun amacı, toplanan farklı sütlerden istenilen standartta ürün elde edilebilmesi için, sütün bileşenlerinin ayarlanmasıdır. Öncellikle yağ ve kuru maddenin istenilen değere ayarlanarak standardize edilmesi önemlidir. Yağın standardize edilmesi, kanuni düzenlemeler, ekonomik nedenler ve tüketici talebine bağlı olması sebebiyle de önemtaşır. Standardizasyonda, separatörler yardımı ile yağ sütten ayrılır ve istenilen miktarda krema ile karıştırılarak yağ oranı standardize edilir.

Yağ standardizasyonunda, tanklarda ya da işlem hattında direkt standardizasyon yapılır. Küçük ölçekli yoğurt üretimi yapan işletmelerde manuel olarak standardizasyon gerçekleştirilirken büyük ölçekli işletmelerde standardizasyon otomatik olarak yapılmaktadır.

Sütün kuru maddesinin arttırılmasında yararlanılan yöntemler şunlardır:

- Kaynatma
- Süte süt tozu ve süt kökenli diğer maddelerin ilavesi

- İlave edilebilecek süt kökenli diğer maddeler
- Evaporasyon
- Membran filtrasyon işlemi

3.3.3. Standartlaştırma ve Kuru Madde Miktarının Ayarlanması

Yoğurt yapımında kullanılacak süt, işletmeye gelen çiğ sütün bazı özellikleri düzenlenerek elde edilir. Bu düzenlemeler genellikle sütteki yağ miktarının %2-3'lere düşürülmesi ve yağsız kuru madde miktarının %16'ya çıkarılmasıyla gerçekleşir. Yağ miktarısantrifüj yardımıyla kremanın ayrılmasıyla düşürülür. Ayrılan krema tereyağı yapımında kullanılabilir.

Yoğurt üretiminde kullanılacak sütün yağsız kuru madde miktarı, çeşitli yöntemlerle arttırılabilir. İşletmelerde bu amaçla süt vakum ünitesinden (evaparatör) yararlanmaktadırlar. Ürünün suyunu buharlaştırıp vakum yardımıyla dışarı atma sistemine sayesinde istenilen kuru maddeyi istenilen sürede verir.

3.3.4. Meyve Karışımı Miktarının Hesaplanması

Özellikle kötü tat, şeker içeriği, kıvam ve pH yönünden meyve konserveleri genellikle istenen şartları karşılayamazlar. Bundan dolayı özel olarak hazırlanmış meyve preparatlarının hazırlanıp kullanılması gerekmektedir. Bunun yaklaşık bileşimi de Tablo 3.5'te gösterilmiştir.

Karışıma giren maddeler	% Oranları
Meyve	17–41
Şeker	22–40
Mısır şurubu	10–24
Modifiye nişasta	3.5–5,0
Yapay meyve aroması	0.1 (veya doğal1.25)
Renk maddesi	0.01
Potasyum sorbat	0.1
Sitrik asit pH	3,7–4,2

Tablo 3.6: Meyve preparatlarının yaklaşık (%) bileşim değerleri

Tüm bu genel uygulamalara ek olarak meyveli yoğurtların standardizasyonu ayrı bir önem taşımaktadır. Ham madde temel bileşenleri olarak süt ve meyvenin kimyasal bileşimi, standardizasyon hesaplamalarında göz önünde bulundurulmalıdır.

Ham madde girdisi olarak katılacak meyvenin kuru maddesi, ilave edilecek bileşenin cinsine bağlı olarak değişken olacaktır. Meyvelerin kuru madde oranı dikkate alındığında, yoğurdun kuru maddesini arttırmak amacıyla, süte % 2 ile % 4 süt tozu ilave yapılır. Eğer gerekli ise % 0.3 - % 0.6 stabilizatör ilavesi yapılır. Sütün suyuna ek olarak meyveden kaynaklanabilecek serum ayrılması sorunu böylelikle ortadan kalkabilir.

Yoğurt üretiminde kuru madde standardizasyon hesaplanmasında göz önünde bulundurulan ve katılan katkı maddeleri aşağıda belirtilmiştir.

- **Stabilizatör kullanımı**

Hidrokolloitler olarak da anılan stabilizatörler su tutma özelliğine sahiptirler. Bunlar viskoziteyi yükseltirler ve serum ayrılmasına engel olurlar. Hangi stabilizatörden ne kadar kullanılacağı üretici firmalar tarafından tecrübeyle belirlenmektedir. Bununla birlikte üründe lastiğimsi veya çok sıkı konsistens elde edilebilir. Eğer teknoloji tam olarak uygulanırsa stabilizatöre gerek kalmadan da yüksek viskoziteli ve düzgün bir jel yapısı elde edilebilir. Stabilizatör kullanımı ısı uygulanmamış (termizasyon) yoğurtlarda zorunlu olarak, termizasyon uygulanmamış meyveli yoğurtlarda ise tercihen kullanılmaktadır.

Stabilizatörler sulu ortamlarda çok az miktarlarda viskoziteyi arttırma ve jel oluşturma kabiliyetindedirler. Bütün gamlarda bulunan ana özellik, kıvam artması ya da başka bir değişle ilave edildiği çözeltinin viskozitesini yükseltmesidir. Kıvam artırma, su molekülleri ile gamdaki hidroksil grupları arasında teşkil eden hidrojen bağları sayesinde viskozitenin artması, jelleşme, polimer zincirlerinin birbirleriyle çapraz bağlanarak üç boyutlu, sürekli, ağşeklinde bir sistem meydana getirmesi olayıdır. Su, bu sistem içinde tutunur ve akmayan sert bir yapı meydana gelir. Guar gam, gam arabik, keçiboynuzu gamı, ksantam gam, karragenanve pektin yoğurtlarda iyi derecede stabilite ve tekstür sağlamaktadır. İstenen duyusal ve tekstürel özelliği sağlamak amacıyla katkı maddeleri tek tek kullanılabileceği gibi sinerjist etki ile kombine olarak da olumlu sonuçlar meydana getirebilir.

Yoğurt üretiminde genellikle kullanılan stabilizatörler; nişasta, jelatin, johannis

çekirdek unu ve pektindir. Ticari pektin % 0,5 oranında normal olarak kullanılmaktadır. Yoğurtlarda Arap zamkı, karboksimetil selüloz (CMC), jelatin, agar ve keçiboynuzu gamı kombinasyonları kullanılarak doku iyileşmesinde olumlu özellikler sağlar.

- **Şeker ilavesi**

Meyveli yoğurtların üretiminde şeker, sakkaroz veya glikoz şeklinde ilave edilmektedir. Ancak katkı olarak kullanılan meyve preparatları da önceden gerekli şeker miktarını içerebilmektedirler. Meyve karışımının içerisinde şeker, stabilizer ve meyve parçacıkları veya meyve aroması bulunur. Meyveli yoğurt üreten bazı işletmeler, meyve şurubu veya püresinden yararlanmakla birlikte, kullanılan meyve konsantresindeki şeker oranı ve son üründe istenen düzeye göre süte şeker ilavesi yapılabilir. Ayrıca süte, meyvenin ekşi veya tatlı olması durumuna göre % 4 İle % 8 arasında bazı hallerde % 10 seviyesinde şeker karıştırılır. Üretimde tat dengesini oluşturmak ve kuru madde içeriğini yükseltmek amacıyla kullanılır.

Reçel vb. ürünlerde kullanılacak şeker miktarı meyvenin cinsine, olgunluğuna ve tatlılık derecesine göre değişebilir. Reçete hazırlamada bu hususlar dikkate alınmalıdır.

- **Glikoz şurubu**

Resim 3.3: Glikoz şurubu

Üründe şekerlenmeyi önlemek ve tat dengesini iyileştirmek amacıyla ilave edilebilir. Piyasada hazır şurup olarak bulunan glikoz şurubu direkt olarak, meyve ya da şekerle birlikteçözelti olarak katılabilir. Nişasta şurubu olarak da bilinen glikoz şurubu iyi rafine edilmiş patates veya mısır nişastasının asitle, enzimle ya da her ikisiyle hidrolize edilmesi ile elde edilir. Bu ürünler viskoz, tatlı, renksiz ve kristalize olmayan sıvılardır.

Glikoz şurubu yaklaşık olarak % 80 kuru madde ve % 20 su içerir. Reçel vb. üretiminde toplam kuru madde miktarının % 5–15 oranı kadar glikoz şurubu kullanılırsa şekerlenme riski ortadan kalkmaktadır.

3.3.5. Homojenizasyon

Homojenizasyon işlemi, mekanik etki altında süt yağ globüllerinin boyutlarının azaltılması prensibine dayanmaktadır. Böylece yüzeyde kaymak bağlama olayı engellenmekte, sütte meydana gelen diğer fiziko-kimyasal değişimlere bağlı olarak ürünün viskozitesi artmakta, serum ayrılması riski azalmakta ve yoğurt daha beyaz bir görünüme sahip olmaktadır.

Bu amaçla kullanılan aletlere homojenizatör denilmektedir. Üretilecek yoğurdun özelliğine göre süt, 55-60 °C'ta ve 100-200 kg/cm² basınçta homojenize edilmektedir. Homojenizasyon işlemi ısıl işlemden önce yapılmaktadır. Böylece homojenizasyon sırasında meydana gelebilecek herhangi bir kontaminasyon elemine edilebilmektedir.

Homojenizasyon işleminin yararları;

- Süt yağının yoğurtta eşit dağılımı sağlanır.
- Yoğurdun kıvamı gelişir.
- Yoğurdun su salması önlenir.
- Yoğurdun tadı iyileştirilmiş olur.
- Yoğurdun hazmedilebilme kabiliyeti artmaktadır.

3.3.6. Isıl İşlem ve Soğutma

Meyveli yoğurt yapımında kullanılacak sütün, mikrobiyal kalitesi ve peynirin yapımı esnasında istenmeyen saprofit ve patojen mikroorganizmalarla kontaminasyonun,

peynirin kalitesini önemli ölçüde etkiler. Bu bakımdan süte, peynirin kalitesini olumsuz yönde etkileyen veya tüketici için tehlike arz eden mikroorganizmaları veya enzimlerini tahrip etmek için ısı işlemleri uygulanır. Isı işlemiyle, sütün bakteriyolojik kalitesinin kısmenstandardizasyonu sağlanır. Ancak işlemle, peynir yapımı için sütte normal olarak bulunan faydalı birçok bakteri (ör. laktik asit bakterisi) ve enzim (ör. lipaz) tahrip olur. Isıl işlemin amacı;

- Patojen ve saprofit mikroorganizmaların ve getatif formlarının yok edilmesi,
- Serum proteinlerinin denatürasyonu ile kıvam sağlamak,
- Kültürdeki mikroorganizmaların gelişebilmeleri için uygun bir ortam yaratmak,
- pH değerini düşürmek (CO_2 azalır.)
- Oksijeni azaltmak (Eh değeri-redoks potansiyeli)
- İnhibitör maddelerin aktivitelerini azaltmak (lactoferrin, laktoperoksidaz, lisozim, immunglobulinler)

Resim 3.4: Soğutma ve ısıtma eşanjörleri

Peynir ve içme sütü gibi ürünlerin üretiminde kullanılan sıcaklık – süre normları (72-75 ºC/15-30 saniye; 65-68 ºC / 25-30 dakika veya 135-140 ºC / 2-6 saniye), yoğurt teknolojisine uygunluk göstermemektedir. Bunun başlıca nedeni, yoğurt üretiminde karakteristik pıhtı stabilitesinin bu sıcaklık normlarında elde edilememesidir.

Süt işletmelerinde ısıl işlem uygulamalarında soğutma ve ısıtma sistemlerinden (eşanjörleri) yararlanılmaktadır. Paslanmaz plakalardan oluşan gövdeye sonradan plaka ilave edilebilmeye müsait bağlantı sistemi mevcuttur. Soğuk su veya buhar girişleri, süt giriş ve çıkış bağlantı kısımları sütü sağlıklı bir pompalama ve düzenli bir çarpıştırma ile istenilen sıcaklığa indirebilme veya çıkarabilme özelliği (Resim 3.4: Soğutma ve ısıtma eşanjörleri)

Isıl işlemden sonra soğutma; süt, ısıl işlemden sonra inkübasyon, yani yoğurt kültürlerinin gelişme sıcaklığına (42-45 °C'ye kadar) kadar soğutulur. Ancak üretilecek yoğurdun çeşidine göre, eğer kaymaklı yoğurt üretilecekse ısıl işlemden sonra süt, aynı ısı değiştiricinin soğutma kısmında 46-48 °C'ye kadar soğutulmakta ve inkübasyon odasında raflara dizilmiş ambalaj kaplarına doldurulmaktadır. Diğer taraftan homojenize yoğurt üretiliyorsa yoğurt kültürlerinin gelişme sıcaklığının 2-3 °C üzerine, yani 42-45 °C'ye kadar soğutma yapılmaktadır.

3.4. Starter Kültür, Aroma Maddesi ve Meyvelerin İlavesi Kuralları

Yoğurda ilave edilecek meyve veya meyve aroması preparatının içerisinde meyve, aroma maddeleri, stabilizer ve üretim çeşidine bağlı olarak değişik amaçlarla kullanılan katkılar vardır.
Meyveli yoğurt üretiminde ilave edilecek maddeler ve ilave kuralları aşağıda belirtilmiştir.

3.4.1. Meyveler

Meyveli yoğurt üretiminin çok fazla olduğu ülkelerden Almanya'da kiraz, çilek, ahududu ve kayısı; İsviçre'de çilek, fındık, kayısı, ananas, ahududu ve çikolata; Amerika'da çilek, yaban mersini ile ahududu karışımı, armut, kayısı, muz, portakal suyu konsantresi veya pulpu, ananas, greyfurt, mandalina, guava ve papayanın en çok tercih edilen meyveler olduğu bildirilmektedir.

Resim 3.5: Basınçlı duşlama sistemi

Resim 3.6: Ayıklama hattı

Meyveli yoğurt üretiminde en çok kullanılan meyvelerin; kayısı, şeftali, mandalina, ananas, ahududu; daha sonra muz, greyfurt, limon, kavun, portakal; üçüncü grup olarak da elma, üzüm, mango tercih edilmektedir. Kayısı yüksek miktarda şeker, nişasta, protein, organik maddeler, vitaminler ve mineraller içermekte, minerallerden potasyum ve vitaminlerden β-karoten yönünden çok zengin bir meyve olduğu belirtilmektedir.

Meyveli yoğurt, kullanılan meyveye göre kendine has tat ve aromaya sahiptir. Meyveli yoğurt üretiminde kullanılacak meyvenin cins ve miktarının seçiminde tüketici tercihinden başka ekonomik, teknik ve iklim gibi faktörlerin etkili olduğu bildirilmektedir.

Taze, dondurulmuş, endüstriyel veya başka formlarda meyveli yoğurt bileşiminde yer alabilir. Bu durum aroma maddelerinin dengede, mikrobiyolojik kontaminasyonun az ve renk maddelerinin uygun ve parçalara yakın olması durumunda geçerlidir. Meyveli yoğurt yapımında meyve çeşidinin veya meyve aramasının seçiminde ve yoğurt kullanımında her şey öncelikli olarak laboratuvarda denenmeli ve laboratuvar sonuçları olumlu ise piyasa için üretim yapılmalıdır. Bu sonuçların oranın veya kalitesi hiçbir zaman değiştirilmemelidir. Küçük değişmeler herhangi bir tüketiciyi bu ürünü tüketmekten vazgeçirebilir.

Hazırlanan meyve bileşimlerinin süte ilavesi, meyveli yoğurt üretim yöntemini belirlemektedir. Set tipi üretim yönteminde, standardizasyon aşamasında formülasyon belirlenip; homojenizasyon ve pastörizasyon işleminden geçtikten sonra, inoküle

edilmiş süte ambalajlarında çeşitli şekillerde ilave edilmekte ve sonrasında mayalamaya bırakılmaktadır.

- **Taze ve dondurulmuş meyveler:**

Meyve işleme teknolojisi ayrı bir sektör olup, meyveli yoğurt üretiminde genellikle hazır işlenmiş meyveler kullanılmaktadır. Son ürün bazında miktar itibariyle önemli bir miktar teşkil etmemesi, fermente süt ürünleri sanayi meyveleri üretimlerinde kullanılacak şekillerde temin etmeleri oldukça ekonomik görünmektedir. Ancak her iki sektörübünyelerinde bulundurmaları gerekli görülen sektörler, süt işleme sanayinde geçerli pek çok üretim sürecini meyve işleme alanına yönlendirmelerini avantaja dönüştürebilirler.

Meyve preparatlarının içerisine ilave edilecek meyveler; yıkanmış, ayıklanmış ve seçilmiş meyveler küçük parçalara ayrılır ve şeker şurubu içerisinde muhafaza edilir. Dondurulmuş meyve ve meyve suyu genellikle kullanılan ham maddedir. Ticari pektin % 0,5 oranında normal olarak kullanılmaktadır. Bazen koruyucu maddelerdekullanılmaktadır.

- **Endüstriyel olarak üretilen meyve karışımları**

Meyveli yoğurt üretiminde taze meyvenin temini her zaman mümkün olmamaktadır. Bu nedenle daha çok meyve suyu, reçel, marmelat ve konserve edilmiş meyve kullanılmaktadır. Meyve reçelleri, meyve şurubundan yapılmakta ve herhangi bir koruyucu madde ya da renk maddesi içermemektedir. Meyve konserveleri ise % 30-35 oranında şeker, stabilizatör madde, renk ve aroma maddesi katkılı olmaktadır.

- **Diğer meyve ürünleri**

Meyveli yoğurt üretiminde meyve temininde çeşitli güçlükler yaşanabilmektedir. Yetiştirilmesi, toplanması, nakliye ve işlenmedeki yeri bakımından sütün teminine nazaran karşılaşılabilecek zorluklara çözüm amacıyla pek çok seçenek geliştirilmiştir. Bu amaçla kuru meyve konsantreleri ve aroma maddeleri yaygınlık kazanmıştır. Aroma maddeleri doğalve yapay olarak üretilmektedir:

- **Doğal aroma maddeleri/doğal meyve aroması:** Meyvelerden elde edilen meyve konsantreleri veya ekstraktlarına denir. Yoğurt

endüstrisinde, tüketiminin artış göstermesinde, meyve ve meyve aromaları başarılı bir rol oynamıştır. Çünkü tüketicinin çoğu doğal yoğurdu sevmemektedir. Ancak aroma maddelerinin ilave edilmesi ürünün kabullünü arttırmıştır.

- **Sentetik (yapay) aroma maddeleri:** Bunlar genellikle saf kimyasal maddelerin belli oranlarda karışımı sonrası oluşturulan ve son üründe olması istenilen özel tadı veren maddedir.

3.4.2. Meyveli / aromalı yoğurt için meyve / aromasının hazırlaması

Yoğurda ilave edilecek meyve ve meyve aroması karışımları tüketici isteklerine göre farklı tip yoğurtlar için özel olarak hazırlanmaktadır. Bunların oranı genellikle son üründe % 15–20 olacak şekilde ilave edilmektedir. Meyvelerin çoğu meyve aroması içermektedir. Dünyanın değişik ülkelerinde, farklı tip meyveli yoğurtlar üretilip satılmaktadır. Bunlara örnek olarak; meyvelerin yoğurt ambalajının tabanında olması verilebilir.

Amerika'da yoğurda kuru üzüm ve kuru üzüm suyu konsantresi katılarak tüketicinin beğenisini kazanan, değişik tat ve aromaya sahip, besin değeri oldukça yüksek yeni bir ürün tipi geliştirildiğini bildirmiştir.

Meyveli veya aromalı yoğurtlarda yoğurdun tadını dengelemek oldukça zor ve önemlidir. Çünkü yoğurdun yağ, yağsız kuru madde, asitlik, şeker vb. bileşenleri farklıdır ve tat üzerinde etkilidir. Aroma maddeleri ilave edildikten ne kadar süre sonra oluşacağı da önemlidir. Meyveli tip yoğurtlara, aroma maddeleri ve sertifikalı renk maddeleri genellikle göze hoş görünmesi ve işlemler esnasında kaybolan meyve aromalarını ve renklerim kuvvetlendirmek için ilave edilmektedir. İlave edilen aroma ve renk maddeleri şu gereksinimleri karşılanmalıdır.

- Yoğurda ilave edilen miktarlar karıştığında meyvelerin gerçek aromasını verengini yansıtmalı.
- Yoğurdun yapısında bozulma veya faz ayrılması gibi kusurlara neden olmadanyoğurtta kolayca yayılmalıdır.
- Meyve aromasının pH'si yoğurdun pH'sine uygun olmalı;

- Yoğurdun muhafaza süresinin uzun olması için yoğurda ilave edilecek meyve karışımının veya /ve küf popülâsyonu düşük olmalı ve bunlardan oluşabilecek kusurların aza indirgenmesi.

Meyveler mikserle parçalanıp (ör. muzun püresi, çilek, portakal ve vişnenin suyu) eşit miktarda şekerle karıştırılıp önce 60 °C'de 1 saat, daha sonra sıcaklık derecesi 80 °C'ye yükseltilerek 15 dakika ısıl işleme tabi tutulduktan sonra, meyveli yoğurt üretim yöntemine bağlı olarak; standardizasyon, homojenizasyon veya pıhtısı kırıldıktan sonra yoğurda ilave edilebilir.

3.4.3. Yardımcı Madde İlavesi

Tüketici talebini olumsuz yönde etkileyen fiziksel bozulmaları önlemek için katkı maddelerinden yararlanılmaktadır. Katkı maddeleri kontrollü koşullarda ve belirtilen oranlarda katıldıkları zaman sağlık açısından olumsuz etki göstermemektedirler. Katkı maddeleri yoğurt ve benzeri ürünlerinde kıvam ve vizkoziteyi artırmakta, serum suyunu azaltmak amacıyla kullanılmakta, yapılarında negatif yüklü iyonların bulunması veya bileşimlerindeki tuzun kalsiyum iyonlarını bağlayabilmesiyle süt bileşenleri ile kendi molekülleri arasında bir ağ yapı oluşturmaktadırlar. Böylece daha fazla serbest suyu tutabilmekte ve suyun hareketi kısıtlanarak pıhtı sıkılaşmaktadır.

Bu amaçla kullanılan hidrokolloidlerden keçiboynuzu gamının son yıllarda gıda endüstrisinde geniş bir yelpazede tercih edildiği görülmektedir. Özellikle ürün içerisinde jelleşme yeteneği ve su tutma özelliği ile yapısal özelliklerin iyileştirilmesinde etkili bir yöntem olarak kullanılabilmektedir.

3.4.4. Starter Kültür, Aroma Maddesi ve Meyvelerin İlavesi

Resim 3. 7. Meyveli yoğurt hazırlama kazanı

Starter kültür, aroma maddesi ve meyvelerin ilavesi ile ilgili kurallar büyük ölçüde meyveli yoğurt yapım yöntemlerini belirler. Temel üretim yöntemlerinden set ve stirred tip üretim yöntemlerindeki farklılığı yukarıda sayılan maddelerin ilavesindeki şekil, miktar ve cinsleri belirler.

Bu yöntemin üç farklı şekilde uygulanmasının nedeni meyve ve diğer maddelerin ilave şekli olduğu yukarıdaki satırlarda bulunmaktadır. Yoğurt pıhtısı oluşmadan yani pıhtının kırılmadığı set tipi üretim yönteminde; ön işlemler sırasında hazırlanan miskin ilavesi konusudur. Set tipi üretim yönteminde, süt içinde süt tozu, şeker ve diğer katkı maddeleri iyice eritildikten sonra 65-70 °C'de homojenize, 80-95 °C arasında 10-30 dakika pastörize edilir.

Bazı tip yoğurtlarda meyve konservesi üzerine inoküle edilmiş yoğurt sütü karışımı ilave edilir. Bunun üzerine hiçbir aroma maddesi veya tatlandırıcı ilave edilmez. Daha sonra ambalajın ağzı kapatılarak inkübasyona tabi tutulur. pH 4,2–4,4'e ulaştığında paketler inkübasyondan alınarak hızlı bir şekilde soğutularak soğuk depolara alınır. Tüketilmeden önce tüketiciler isterlerse meyveli kısımla yoğurdu karıştırarak tüketirler. Meyve miksinin içeriğinde % 55 şeker ve % 68 çözünebilir kuru maddeye kadar pişirilmiş meyveden minimum % 45 bulunur.

3.4.5. İnkübasyon

Meyve ve diğer karışımlardan oluşan miks süte değişik şekillerde ilave edilebilir. Meyve karışımının üzerine starter kültür ilave edilmiş süt ilave edilerek ambalaj kaplarına doldurulur ve ağzı kapatılarak inkübasyon odalarına transfer edilir. Diğer şekilde ambalaj kabına inoküle edilmiş süt inkübe edilir. İnkübasyondan sonra ambalaj kapağı açılarak üzerine meyve konur.

Resim 3.8: Yoğurt mayalama ve taşıma arabaları

İnkübasyon işlemi yaklaşık 3 saat civarında veya pH yaklaşık 4,0–4,7 civarında sonlandırılarak soğutma işlemi uygulanır. Soğutma için çeşitli yöntemler uygulanarak üründe istenilen nitelikler zarar görmeden soğutma işleminin tamamlanması gerekmektedir.

İnkübasyondan hemen sonra pıhtının dayanıklılığı yeterli olmayabilir. Bundan dolayı yeni oluşan pıhtıya uygulanan işlemlerde hassas davranılmalıdır. Aksi takdirde pıhtıda oluşacak hasara bağlı olarak çatlaklar ve buna bağlı olarak serum ayrılması olabilir.

3.4.6. Soğutma ve Depolama

Pıhtılaşma süresi tamamlandıktan sonra, mikroorganizmaların aktivitesini sonlandırmak amacıyla yoğurt hızlı bir şekilde 20 °C'nin altına soğutulmalıdır. Yoğurt yaklaşık 30-45 dakika içerisinde kademeli olarak 10 °C'ye kadar soğutulur. Soğutma işlemi sonrasında bir süre dinlendirilen yoğurtlar satışa hazır hale gelir.

3.5. Pıhtısı Kırılmış Meyveli Yoğurt Üretimi

Karıştırılmış (pıhtısı kırılmış- stirred) meyveli yoğurtlar üç şekilde elde edilir:

- Yoğurt ile meyvenin bir arada bulunduğu tip
- Meyve aroması ilave edilmiş tip
- Meyve ile yoğurdun tüketim anında karıştırıldığı tip

Bu tip yoğurtlarda meyve ve yoğurdun kap içerisinde karışmış halde bulunduğu ve bu tip meyveli / aromalı yoğurt üretiminde uygulanan ön işlemlerin katı kıvamlı meyveli / aromalı yoğurt üretimindeki aynı olduğu görülmektedir.

Yoğurda işlenecek sütün kuru maddesi çeşitli yollarla artırıldığı için uygulanması gereken ısının da yüksek olması gerekir. Isıl işlemin sütün kompozisyonlarına çeşitli etkileri vardır. İstenen bu etkiler, kontrol edilemeyen bir süreçle istemeyen bazı olumsuzlukların yaşanmaması için etkin ve güvenilir ısıl işlem parametreleri uygulanmalıdır.

Taze meyve parçaları yerel marketler için çok özelleşmiş meyveler için kullanılabilir. Fakat bozulma riski çok yüksektir. Çok az meyveli yoğurt üreticisi bu tip ürün üretimini cazip bulmuştur. Benzer şekilde, ürettikleri ürünlere sadece doğal meyve ilave etmek isteyen üreticiler için dondurulmuş meyvelerde bulunmaktadır. Fakat yine bunun kullanımı sınırlıdır. Sadece özel bazı üreticiler tarafından tercih edilmektedir. Yoğurt üreticilerinin çoğu kullanılan meyve karışımının pastörize olanlarını tercih etmektedirler.

3.5.1. Starter Kültür İlavesi

Starter kültür; yoğurtta istenilen duyusal, tekstürel ve reolojik özellikleri kazandıran ve son üründe standart kalite özelliklerinin oluşmasını sağlayan, seçilmiş tek ya da karışık suşları içeren mikroorganizmalardır.

Yoğurt üretiminde *S.thermophilus* ve *L.delbrueckisubsp.bulgaricus* karışım kültürü kullanılmaktadır (1 kok:1 basil). Yoğurt üretiminde kullanılan starter suşlarının

seçiminde son üründe istenilen özellikler etkili olmaktadır. Örneğin, set tipi sade yoğurt üretiminde, daha aromatik ve polisakkarit materyal üretmeyen suşlar tercih edilirken meyveli/aromalı 34 pıhtısı kırılmış yoğurt üretiminde polisakkarit materyal üreten, ancak aroma oluşturma yeteneği zayıf olan suşlar kullanılmaktadır. Kültürler özelliklerine göre sıvı, toz veya dondurulmuş formda hazırlanmaktadır.

Kültür hazırlanırken dikkat edilecek en önemli hususlar şunlardır:

- Kullanılan süt tozu veya taze süt antibiyotik, dezenfektan, deterjan gibi bakterigelişimini engelleyen maddeleri içermemelidir.
- Herhangi bir kontaminasyonun engellenmesi açısından kültür hazırlama işlemleri aseptik koşullarda yapılmalıdır.

3.5.2. İnkübasyon

İnkübasyon; starter kültür ilave edilen sütün yoğurt hâline gelinceye kadar belli bir sıcaklık derecesinde bekletilmesidir. İnkübasyon süreci, yoğurt üretiminin en önemli işlem basamaklarından birisidir. Yoğurdun karakteristik tat-aroma ve tekstürel özellikleri bu işlemin başarılı yapılması ile doğrudan ilişkilidir. Bu nedenle inkübasyon parametrelerinin seçimi büyük önem taşımaktadır. Yoğurt üretiminde kullanılan starter kültürlerin optimum gelişme sıcaklığı 42–45 °C'dir.

3.5.3. Yoğurt Pıhtısının Parçalanması, Meyve İlavesi ve Soğutma

Fermantasyon işleminden (inkübasyon) sonra meyve karışımının yoğurt içerisine karıştırıldığı bu tip yoğurtların yağsız kuru maddesi %12–14 olup yoğurda stabilizer ilave edilmesi gerekir. Bu tip yoğurtlarda yoğurda meyve parçacıkları ve tatlandırıcılar karıştırılmıştır. Soğukta 48 saat depolamadan sonra, yoğurt ambalajında yeniden form teşkil ederek iyi bir yapı oluşturmaktadır. Eğer stabilizer miktarı normalden fazla ilave edilirse bu durumda yapı ve görünüşte bozukluklar oluşabilir. Yoğurdun viskozitesi çok düşük olmamalıdır. Ağızda çiğnenmeden erimelidir.

Yoğurt pıhtısı ile meyve pulpunun karıştırılması işlemi pıhtısı karıştırılmış meyveli yoğurt üretiminin en önemli aşamasını oluşturmaktadır. Burada sıcak ve soğuk

karıştırma adıverilen iki farklı yöntemin uygulandığı görülmektedir.

Soğuk karıştırma yönteminde; inkübasyon işlemi bittiğinde yoğurtlar 4 °C'ye soğutulup 12 saat kadar bekletilmekte ve bu süre sonunda soğuk pıhtı iyice karıştırılarak meyve pulpu yoğurt ile karıştırılıp, yoğurt paketlenmektedir. Yoğurdun asitliğinin yüksek olması, soğurmanın yoğurt kitlesinin tamamına eşit olarak ulaşması gibi dezavantajlarının daolduğu görülmektedir.

Sıcak karıştırma yönteminde ise bu işlemde inkübasyon sona erdiğinde ve pıhtının pH' si 4,7' nin altına indiğinde pıhtı soğumadan karıştırma işlemi uygulanmaktadır. Bu işlem pıhtısı kırılmış ve akıcı konsistenste meyveli / meyve aromalı yoğurt üretiminde kullanılan en yaygın yöntemdir.

Genellikle günümüzde her işletmenin kendi koşullarına uygun karıştırma sıcaklığı ve pH' sini belirlediği ve yoğurt pıhtısı yaklaşık 20 °C'ye soğutulup karıştırılmaktadır. Bu işlemden sonra uygun pompalar yardımıyla dolum işlemi için dolum makinelerine transfer edilmektedir. Kaplara dolum yapılan meyveli yoğurtlar 8–10 °C'de en az 12 saat en fazla 18 saat dinlendirilmekte ve bu aşamada yoğurt pıhtısı dinlendirilip serleşerek olgunlaşmaktadır. Depolama ve taşıma işlemi 4 °C'de yapılmalıdır.

- **Meyvenin yoğurda ilavesi için gerekli ekipmanlar**

Meyveli yoğurt üretiminde kullanılan hazır işlenmiş meyve 5 kg'lık metal kutu, 25 kg'lık polipropilen variller veya 500 kg'lık paslanmaz çelik tanklarda yoğurt işletmesine taşınır. Son iki ambalajda satın alınan işlenmiş meyve, küçük ve orta büyüklükteki yoğurt işletmeleri için uygundur. Fakat büyük işletmeler için daha büyük ambalajlar gerekli olabilir.Eğer işletmeler çok büyük miktarda kullanılıyorsa, yoğurt işletmesi isteğe bağlı olarak kendi işlenmiş meyve karışımını kendisi hazırlayabilir. Bu durum işletmeye ekonomik avantaj sağlayabilir. Ancak, taze meyve-sebzelerin taşınması korunması gibi potansiyel problemler ve meyvelerin zengin maya küf florasını işletmenin içine veya çevresine taşıması ve üretilen ürünün bununla bulaşma riskini arttırmasına neden olabilir.

Eğer işletmede kullanılacak hazır meyve preparatları metal kutularda ise bu durumda elle açılacak aletler veya otomatik teneke açacağı bulunması gerekir. Daha sonra metal kutudaki meyve karışımı hat üzerindeki dozajlama ünitesine veya direk tank içindeki yoğurdun içine dökülerek homojen karışımın sağlanması için karıştırılır. Tank içindeki yoğurt soğutulmuş olmalıdır. Karıştırma işleminin de pıhtıyı çok fazla zedelemeden yapılması gerekir. Hat üzerindeki tank içerisine ilave edilen meyve karışımı normal olarak ölçülerek hatta akan yoğurda direk olarak ilave edilir. Fakat burada önemli olan yaklaşım ne olursa olsun işlenmiş meyve karışımının içindeki meyvenin homojen olarak karışmasıdır. Budurumda yüksek renk yoğunluklu meyveler (siyah vişne gibi) özel problemlere neden olabilir. Bu durum tüketicilerin şikâyetlerine neden olabilecek homojen olmayan görünüş kusurları oluşturabilir.

Meyve karıştırma yöntemleri elle (manuel) veya otomatik olarak kontrol edilebilir. Bu sistemin elle çalışması gerçekleştiğinde olayların sırası aşağıda özetlenmiştir:

A) Tankta Karıştırma

- Önce yoğurt tanka boşaltılır. Genellikle % 8–10 arasındaki son üründe olması istenilen meyve miktarı, kullanılan işlenmiş meyve karışımının bileşimine (meyve miktarı ve şeker konsantrasyonu) bağlı olarak değişir.
- Sonra yavaş hızla çalışan bir karıştırıcı kullanılarak yavaşça homojen bir karışım elde edilinceye kadar karıştırılır (En azından çıplak gözle homojen karışım gözlenmiş olması gerekir.).
- Daha sonra elde edilen homojen karışım dolum makinesine gönderilir.
- Eğer iki tank karışım hazırlanmış olursa dolum esnasında biri bittiğinde diğeri devreye girebilir ve böylece sürekli bir ambalajlama sağlanabilir.
- Eğer yoğurt yüzlerce litre olarak tankta üretilmişse, sonra meyve karışım tankı yoğurt tankı ile dolum ünitesi arasına yerleştirilir.
- Belirli hacimdeki yoğurt karıştırma tankına aktarılacaksa dolum için çeşitli aromalı yoğurdun dolum için değiştirme esnasındaki dolum, meyve karışımı ilavesi ve paketleme sırasının uygulanabilmesi gerekir.

B) Otomatik Enjeksiyon Sistemi ile Karıştırma

Bu sistem üç şekilde uygulanır:

1. Meyve Karışımının Otomatik Olarak İlavesi

Bu sistemler için çeşitli alternatifler bulunmaktadır. Bu sistemlerden birinde gerekli miktarda yoğurt (ürün) ve meyve karışımının sunulması için iki adet pozitif displacement pompa kullanılmıştır. Karıştırma, karıştırma odacığında gerçekleştirilir ve son ürün / meyve karışımı direk olarak dolum makinesinin giriş bölümüne gönderilir. Meyve karışımı pompasının hızı meyve püresinin farklı karakteristik özelliklerini karşılayabilmek için ayarlanabilir ve farklı meyve karışımı içeren tank serisiyle bağlantısı sağlanarak bir meyve karışımından diğerine değişim bir elektrik düğmesine basılarak sağlanabilir.

Bir meyve karışım ünitesinde karışımın yapıldığı odacık içerisine meyve ve yoğurt ürününü eş zamanlı olarak hareket ettiren bir dubleks ölçüm pompası kullanılmıştır. Üründeki meyve oranı yeniden set edilebilir. Fakat karışıma ilave edilecek meyvenin maksimum miktarı karışım için kullanılacak 1 litre yoğurda 250 cm^3'e set edilir. Bu miktar fermente süt ürününe ilave edilmesi gereken miktarın çok altındadır. Bu tip karıştırmaünitesinin modeline bağlı olarak 4500 L/l'e kadar ürün üretilebilir.

2. Sürekli Karıştırma Sistemleri

Sürekli meyve yoğurt karışım sistemi üretim hattı üzerinde statik bir mikser kullanılarak yapılabilir. Bu sistemde, karışımı yapılacak yoğurt ve meyve preparatı özel bir odacık içerisinde kuvvet uygulanan bir sirkülâsyonla karıştırılabilir. Fakat diğer dizaynlarda eşit olarak (aynı şekilde) uygun olabilir.

Sürekli bir yoğurt / meyve karıştırma ünitesi üç ayrı üniteden oluşur. Üretim hattındaki yoğurt içerisine tam istenilen miktarda meyve karışımını dozajlamak için **ölçüm ünitesi**, yoğurdun miktarını ölçmek için ölçüm ünitesi ve yoğurdun içerisinde meyvenin uniform dağılımını sağlamak için karışımın sağlanacağı **odacık** bulunmaktadır. Karışımın sürekli yapımını sağlamada kullanılabilecek çok farklı karıştırma üniteleri ticari olarak üretilip satılmaktadır. Bunların aşağıdaki gereksinimleri karşılaması gerekir.

- Meyve ve yoğurdun tam olarak homojen karışım
- Yoğurt pıhtısına minimum düzeyde zarar
- Farklı tip meyve veya karışımların yoğurt içerisinde tam istenilen oranda karışımını sağlayabilmek için meyve karışım ünitesinin ölçüm sistemi hatasız ölçüm;
- Sökülüp takılması kolay veya CIP temizlemeye uygun olmak
- Bütün temas yüzeyleri iyi kalitede paslanmaz çelik olmalıdır.

3. Hat Üzerinde Karışım Yapan Statik Mikser

Birçok süt fabrikası ticari olarak tasarlanıp üretilen çok değişik karıştırıcı tipini kullanmaktadır. Tipik bir karıştırıcı örneğinde; paslanmaz çelikten yapılmış hat üzerindeki boruya yerleştirilen ve birçok heliks karıştırıcı bıçaklar bulunmaktadır. Pratikte statik mikser ürün üretim hattına monte edilebilmektedir. Meyve karışımı yoğurdun taşındığı hattın üzerinde direk olarak yoğurda ilave edilir. Heliks şeklindeki karıştırıcıda meyve ve yoğurdun homojen bir karışım sağlanmalıdır. Bu tip karıştırıcının CIP sistemiyle temizlenebileceği belirtilse de, karıştırıcının CIP-programı başlamadan önce sökülerek temizlenip durulanması gerektiği unutulmamalıdır.

3.5.4. Ambalajlama

Yoğurt ambalajlarında polistiren, alüminyum folyo, lamine vb. malzeme gibi sağlığa zararsız, sızdırmaz materyaller kullanılmaktadır. Burada kapak seçimi de oldukça önemlidir.

Kapak seçiminde yoğurt ambalajının boyutu ve Ürünün tek kullanımlık olup olmadığı dikkate alınmaktadır. Çok kullanımlık ambalajlarda genellikle plastik türevi ‘bas kapa’ tipi kapaklar kullanılırken tek kullanımlık yoğurtlarda ise ısı ile lamine edilen alüminyum folyo kapaklar tercih edilmektedir. Alüminyum folyo kapakların lak ile kaplanmış olması gereklidir. Çünkü meyveli yoğurtlarda, meyve asitlerinin alüminyum folyoya etkisini lak önlemektedir. Bir başka ambalajda ise, yoğurt yine PS ve PVC kaplara konulmakta fakat kapak olarak, PP/PVC özelliğindeki malzemeler

kullanılmaktadır. Ambalajlama ise FFS tipi makinelerde yapılmaktadır.

Yoğurt ambalajlamasında büyük işletmeler meyveli yoğurt dolum makinesinden yararlanmaktadırlar. Yoğurt dolum makinesinin aşağıda sayılan avantajları vardır;

- Dolum sırasındaki fire ortadan kalkar (% 1 - 6 arasında olan).
- Köpürme yapmaz.
- Hızlı dolum yapıldığından % 50 personel avantajı sağlanır.
- Eksik doldurma riski olmadığından cezai müeyyide riski ortadan kalkar.
- Tartılarak satılan yoğurtlarda özellikle tava yoğurtlarında gramaj sabitlendiği zaman (örnek 4000 gr.) sevkiyatta ve hesap işlemlerinde büyük kolaylık, zaman ve işçilik tasarrufu sağlar.
- Kâselerin ve kovaların, dolumda taşma ve kaptan kaba geçişlerde dış kesimlerde süt olmayacağından sevkiyattan önce kâselerin temizlenmesine gerek yoktur.

3.5.5. Depolama

Depolama sırasında dikkat edilecek noktalar;

- Depolama sıcaklığı mümkün olduğunca 5 °C'nin altında tutulmalı ve düzensiz değişimlerden kaçınılmalıdır.
- Yoğurdun ambalajlanmasından sonra sert mekanik işlemlere maruzkalmamasına özen gösterilmelidir.
- Pıhtı stabilitesinin daha iyi olması için ürün satışa gönderilmeden önce en az 48saat soğuk hava deposunda bekletilmelidir.
- Özellikle yaz aylarında yoğurtlar taşınırken özel soğutucu sistemleri olan araçlarla taşınmalıdır.
- Gerek perakende gerekse tüketiciye ulaşıncaya kadar soğuk zincirbozulmamalıdır.

3.6. İçilebilir Nitelikte Meyveli Yoğurt Üretimi

Meyve şurubu ilave edilmiş içilebilir kıvamda meyveli yoğurttur. Yoğurdun baskın tadını, özellikle çocukların çok sevdiği meyve tadıyla birleştirerek, tüketim yelpazesinde ayrı bir yer açan meyveli yoğurtların üretimi, sade yoğurt üretim teknolojisine benzemekte; meyve, aroma vb. ilavesi ve içilebilir kıvam farkıyla ayrılmaktadır.

Resim 3.9: İçilebilir nitelikteki meyveli yoğurt

Ülkemizde henüz çok yaygın olmada da içilebilir meyveli yoğurt üretimi; süt ve meyve işleme teknolojisini bünyesinde tutan bir sektördür. Bu teknoloji yoğurt yapımı için sütü işlemenin yanında; meyve pulpu, meyve suyu, aroma hazırlama ve hesaplamalarla, son üründe istenilen konsantrasyonda kıvam ve akışkanlık sağlanacak sekilde içilebilir kıvama getirilebilmektedir.

Ancak süte ön işlem uygularken, buna paralel olarak meyve işleme sektörü yurdumuzda süt işleme sanayinin içinde olmayıp yanında yer almaktadır. Önemli miktarlar teşkil etmediğinden, ekonomik olmayan içilebilir kıvamda yoğurt üretimi için meyvenin işlenmesi yapılmayıp, hazır olarak meyve işleme sanayinden temin edilebilmektedir.

İçilebilir nitelikteki meyveli yoğurt, set veya stirred tipi yoğurt üretim yöntemleriyle üretilebilir.

3.6.1. İçilebilir Nitelikte Meyveli Yoğurt Üretim Yöntemleri

İçilebilir nitelikte meyveli yoğurt üretimi iki şekilde gerçekleştirilebilir:

- Süte meyve suyu veya meyve pulpu ilave edilmesi
- Yoğurda meyve suyu veya meyve pulpu ilave edilmesi

3.6.1.1. Süte Meyve Suyu veya Meyve Pulpu İlave Edilmesi

Öncelikle yoğurt üretiminde süt ön işlemlerden geçerken diğer yandan miks hazırlanır. Hazırlanan miks (süt tozu, meyve, pektin ve şeker) standardizasyon veya homojenizasyon aşamasında karıştırıldıktan sonra iyice eritilir. Süt 80-95 °C'de 20-30 dakika pastörize edilerek 42-45 °C'ye soğutulur. İlk önce yoğurdun içilebilir kıvamda tüketilebilmesi için meyve suyu bileşim ve miktarda hazırlanılarak, ayrıca isteğe bağlı kalınarak aşağıda belirtilen aroma ve renk maddeleri ile birlikte süte katılır. Sonra % 3-5 oranında kültür ilave edilerek 42-45 °C'de 3,5 saat inkübasyona alınır. pH = 4,6 – 4,7'de soğutulur ve muhafaza edilerek olgunlaştırılır ve tüketime sunulur.

İçilebilir niteliği kazandırmada ilave edilecek meyvenin hazırlanması önemli bir yer tutmaktadır. Taze, dondurulmuş, reçel, konsantrat, kurutulmuş, toz veya sıvı kıvamdaki meyvenin ilavesindeki hesaplamalar önemlidir. Son ürün olarak meyve suyu haline getirildikten sonra standardizasyon, homojenizasyon veya inokülasyon sırasında süte katılabilmektedir. İşleme tekniğine bağlı olarak süte katılacak meyve suyu kıvamını almış miksin hesaplanması gerekmektedir. Yasal, ekonomik, teknolojik düzenlemelerle birlikte tüketici tercihleri de önemli oranda yön vermektedir. Uygulamada genellikle süt: meyve suyu oranı en fazla 1:1 olmakla birlikte, sütün baskın miktarı teşkil etmesi gerekmektedir.

Sıvı kıvamdaki meyve preparatlarının süte ilave şekliyle birlikte hazırlanması da önemli bir işleme tekniği gerekmektedir. Ancak bu işlem daha çok meyve işleme teknolojisinde yer almaktadır.

3.6.1.2. Yoğurda Meyve Suyu veya Meyve Pulpu İlave Edilmesi

Ayran üretim teknolojisiyle benzerlik gösteren bu pıhtısı kırılmış türdeki üretimde meyve suyu; bir tankta mayalanmış yoğurda ilave edilerek içilebilir kıvam kazandırıldıktan sonra ambalajlanıp tüketime verilmektedir. Burada paralel olarak yürütülen yoğurt üretimi ve meyve suyu üretim teknolojilerinin sonradan birleştirilmesi söz konusudur.

Burada basit anlamıyla ayran ve meyve suyunun karışımı söz konusu olmayıp süt ve

meyve sektörlerindeki teknolojilerinin kullanıldığı bir süreç söz konusudur. Sonuçta gerçekleşen; inkübe edilmiş yoğurda, meyve pulpu katılarak içilebilir nitelikteki bir ürün söz konusudur. Bununla birlikte tat, aroma, renk, stabilite ve raf ömrü gibi ürün niteliklerinin gelişimi ve korunması için diğer bileşenlerin ilavesi gerekmektedir.

Sütün ön işlemlerden geçip; 43 °C'de inkübe edilen ve pH' si 4,7' ye kadar düşürülen üretilen sade yoğurtlar, soğuk hava deposunda (5 –6 °C) bir gece dinlendirilerek inkübasyonu tamamlanır. Muz püresi, çilek, portakal ve vişne sularına eşit oranda şeker karıştırılıp ısıl işlem uygulanan marmelat kıvamındaki meyve özü, yoğurtlara %16 oranında (% 8 meyve + % 8 şeker) ilave edilerek karıştırıldıktan sonra içilebilir kıvam sağlanabileceğigibi; pulp, meyve suyu veya aroması hesaplamalarla, son üründe istenilen konsantrasyonda kıvam ve akışkanlık sağlanacak şekilde içilebilir kıvama getirilebilmektedir.

%10-20 oranında daha önceden hazırlanmış, özellikle yoğurda zarar verebilecek maya ve küflerin imha etmek için 80-85 °C 15-20 dakika ısıtılmış meyve ve şeker karışımından katılır. Homojen bir kitle alana kadar dikkatle karıştırılır. Az ve yetersiz karıştırılırsa yoğurtta homojen bir kitle görülmez. Gereğinden fazla karıştırmak da kıvamı zayıflatmakta, su salmaya sebep olabilmektedir.

Uzun depolama ve tüketim sürecinde su salmasını ve gevşek pıhtıyı önlemek amacıyla stabilizör katılmaktadır.

3.6.2. Yoğurt Pıhtısının Parçalanması ve Soğutma

Yoğurt üretiminde kullanılan starter bakterileri metabolik aktiviteleri 10 °C'nin altında büyük ölçüde yavaşlamaktadır. Dolayısıyla inkübasyon sonrası asitlik gelişiminin kontrol altına alınabilmesi için sıcaklığın <10 °C' a (mümkünse <5 °C' a) düşürülmesi gerekmektedir. Aksi hâlde starter bakterilerinin metabolik faaliyetleri ve dolayısıyla asitlik gelişimi devam etmektedir. Böylece üründe karakteristik tat-aroma dengesi bozulmakta, serum ayrılması eğilimi artmakta ve yüksek depo asitliği (after-acidification) olarak ifade edilen olumsuzluk meydana gelmektedir. Yoğurt üretiminde soğutma işlemi tek ya da iki aşamalı olabilmektedir.

3.6.3. Ambalajlama

Karıştırma işi bittikten sonra meyveli yoğurtlar doldurma makinalarına gönderilir. Özel kaplarına doldurulur, ağızları sıkıca kapatılır ve soğuk depoya gönderilir.

Resim 3.10: Ambalaja dolumu yapan bir makine

Resim 3.11: Kompakt dolum ve kapama makinesi

Gıda maddeleri özelliklerine göre oksijen, nem, ışık, koku, ısı gibi etmenlerin etkisiyle mikrobiyolojik, kimyasal, biyolojik ve fiziksel bozulmalara uğrarlar. Bu nedenle ambalaj materyali seçiminde ambalajlanacak ürünün duyarlı olduğu etmenler göz önünde bulundurularak ambalaj materyalinin oksijen, karbondioksit, nem, ışık, koku ve aroma maddeleri geçirgenlik özelliklerinin çok iyi bilinmesi gerekmektedir.

Gıda endüstrisinde sıklıkla kullanılmakta olan plastik ambalajlar, diğer ambalaj materyallerine göre gaz, su buharı, organik buharlar gibi düşük moleküllü bileşikleri daha fazla geçirmektedirler. Bu yüzden plastik materyal seçilirken geçirgenlik özelliklerinin bilinmesi ürün kalitesi ve raf ömrü açısından önem arz etmektedir.

Akıllı ambalajlama teknikleri, son yıllarda önemi artmış olan bir konudur. Akıllı paketleme teknikleri, ambalajlanmış gıdaların taşınması ve depolanması sırasında maruz kaldığı koşulları gösteren sistemlerdir. Akıllı paketleme sistemleri genellikle dağıtım ve depolama sırasında gıdanın kalite özelliklerinin korunmasında ve gıda güvenliğinin sağlanmasında ambalaj içi ve dışı indikatör olarak kullanılmaktadır. Sistem, depolama sırasında sıcaklık değişimlerini, O_2 ve CO_2 içeriğini ve ürünün tazeliğini göstermektedir.

Yoğurt endüstrisinde kullanılacak ambalaj materyallerinin seçimi hem ürünün depolanması ve pazarlanması sırasında doğal niteliklerini koruyabilmesi hem de üst düzeyde gıda güvenliğinin sağlanabilmesi açısından oldukça önemlidir. Genel olarak yoğurtların ambalajlanmasında üç tip materyal kullanılmaktadır. Bunlar:

- Katı materyaller: Cam kaplar bu grubu kapsarlar ve ürün cam kase şeklindeki kaplara doldurulduktan sonra plastik kapaklar ile ağızları kapatılır.
- Esnek materyaller: Bunlar da polietilenden yapılı plastik materyallerdir. Daha çok homojenize edilmiş yoğurtların paketlenmesinde kullanılmaktadır.
- Yarı-katı materyaller: Plastik filmler bu grup içerisindedir. Bu materyallere örnek verilecek olursa: polietilen, polipropilen, polistren, polivinil klorid ve poliviniliden kloriddir.

Resim 3.12: Çeşitli meyveli yoğurt ambalajları

Yoğurdun ambalajlanmasında, boyutları 100 g ile 3000 g arasında değişen cam, sert ve yarı sert plastikler veya paslanmaz çelik ambalaj materyallerinden yararlanılmaktadır.

3.6.4. Depolama

Üründe oluşabilecek biyolojik ve biyokimyasal reaksiyonların yavaşlatılması için yoğurdun soğukta depolanması zorunlu bir uygulamadır. Böylece ürünün kalitesi, üretim tarihinden itibaren 3 hafta kadar korunabilmektedir. Yoğurdun 0-10 °C ± 2.5 °C arasındaki değerlerde depolanması ve taşınması tavsiye edilmektedir. Ancak yoğurt üretimi yapan birçok işletme ürünün kalitesini korumak amacıyla depolama ve taşıma sıcaklığını 10 °C'nin altında tutmaktadır.

4. SÜZME YOĞURT ÜRETİMİ

Yoğurdun dayanıklılığını artırmak ve saklama kolaylığı sağlamak için ortaya çıkan süzme yoğurt torba yoğurdu ve konsantre yoğurt vb. adlarla anılmaktadır. Yoğurdun bez torbalarda süzülmesi ile yapılmaktadır. Süzülme esnasında kısmen besin değeri özellikle B vitaminlerinde kayıp olmakla birlikte protein, yağ ve kalsiyum yönünden zengin bir üründür. Süzülmeyle birlikte kuru madde miktarı artan süzme yoğurt yumuşak yapılı, kıvamlı, kolay sürülme kabiliyetinde ve beyazımtırak renkte fermente bir süt ürünüdür.

Geleneksel olarak sade tüketilmesinin yanı sıra çorbalarda, kızartmalarla birlikte, soslarda, salata ve mezelerde, tatlı, börek, çörek vb. yiyeceklerin yapımında sıklıkla kullanılmaktadır.

4.1. Süzme Yoğurdun Tanımı ve Özellikleri

Geçmişten günümüze çeşitli arayışlar ile farklı yoğurt türlerini deneyen Türk toplumu için süzme yoğurt, beslenmenin önemli bir parçası olmuştur. Ülkemizde farklı isimlerle de anılan süzme yoğurt ilk kez göçebe Türk kavimleri tarafından denenmiştir.

4.1.1. Süzme Yoğurdun Tanımı ve Önemi

Geleneksel Türk kültürümüzün vazgeçilmez lezzetlerinden biri olan süzme yoğurt, günlük beslenmemizde sıklıkla kullanılmakta olup sofralarımızı zenginleştirmektedir. Normal yoğurdun sınırlı olan dayanma süresini uzatmak amacıyla çeşitli toplumlar tarafından denenerek elde edilen fermente bir süt ürünüdür.

Uzun süre dayanabilen ve saklama kolaylığı olan bu yoğurt, toplumumuzun beslenmesinde önemli bir yere sahiptir. Ülkemizde kullanım alanı yaygın olan süzme yoğurt hem sade olarak hem de çorbalarda, soslarda, salata, tatlı, poğaça yapımında hatta bazı yörelerde yeşilbiberle birlikte fermente edilip saklanarak (turşu gibi) kullanıldığı gibi yemeklerin yanında çeşni olarak da sıklıkla tüketilmektedir.

4.1.2. Süzme Yoğurdun Özellikleri

Süzme yoğurt kuru madde oranı yüksek, yumuşak yapılı, kolay sürülebilme yeteneğine sahip ve kullanılan süt türüne göre beyazdan sarıya değişen renge sahip fermente bir süt ürünüdür. Kendisine has tat, koku ve yapıya sahip olan bu ürün, protein yönünden oldukça zengindir. İsteğe göre yağ oranı farklı yoğurtlardan üretilen süzme yoğurdun randımanı % 20-30 arasında değişmektedir. Pastörize inek sütü ve yoğurt kültüründen üretilen süzme yoğurdun 100 gramında ortalama olarak 9,8 g protein, 7,2 g karbonhidrat, 6 g yağ ve 240 mg kalsiyum bulunmaktadır.

Resim 4.1: Süzme yoğurt

İyi bir süzme yoğurt aşağıdaki özellikleri taşımalıdır:

- Hilesiz, katkısız, doğal tat ve kokuda, antibiyotik vb. inhibitör maddeleriiçermeyen, sağlıklı hayvan sütlerinden üretilmiş yoğurtlardan elde edilmelidir.
- Patojen mikroorganizma içermemelidir.
- Fermente Sütler Tebliği'ne uygun olmalıdır.
- İsteğe göre yağ oranı farklı yoğurtlardan üretilebilir.
- Kullanılan katkı maddelerine ait değerler Türk Gıda Kodeksi Yönetmeliği'ninKatkı Maddeleri Bölümü'ne uygun olmalıdır.
- Süzme yoğurt, tüketiciye ulaşana kadar 4–6 °C arasında taşınmalı, depolanmalıve muhafaza edilmelidir.

4.2. Süzme Yoğurt Üretimi İçin Süte Uygulanan Ön İşlemler

Süzme yoğurt üretimi için aşağıda anlatılan ön işlemler sırasıyla uygulanmaktadır.

4.2.1. Sütün Temizlenmesi

İşletmeye gelen çiğ süt, sağım yerinde süzülmüş olsa dahi temiz kabul edilemez. Bu nedenle üreticiden tankerlerle gelen süt kalite kontrolü yapıldıktan sonra mutlaka temizlenmelidir. Sütün temizlenmesi genellikle iki aşamada yapılabilmektedir.

1. Filtrelerle klasik ya da borulu filtreler yardımıyla süt içerisindeki gözle görülebilen çöp, kir vb. yabancı maddelerin ayrılması sağlanır.

2. Separatörlerle gözle görülmeyen bazı kan pıhtıları, lökosit, hücre parçaları, büyük bakteriler vb. yabancı maddeler sütten ayrılır. Sütün asıl temizliğinin yapıldığı bu işleme **klarifikasyon** denilmektedir. Bu amaçla **klarifikatör** adı verilen santrifüjlü temizleme separatörleri kullanılmaktadır. Klarifikasyon işlemi ile daha kaliteli ve sağlıklı yoğurt üretimi gerçekleştirilmektedir.

Resim 4.2: Klarifikatörler

4.2.2. Standardizasyon

Süzme yoğurt üretiminde standardizasyon işlemi iki bileşende gerçekleştirilmektedir. Bunlar yağ ve kuru madde standardizasyonudur.

4.2.2.1. Yağ Standardizasyonu

Yağ Standardizasyonu Standart bir yoğurt üretimi için sütün yağ oranının standardize

edilmesi gereklidir. Sütlerde yağ oranı ayarlanarak Türk Gıda Kodeksi-Fermente Süt Ürünleri Tebliği'ne göre tam yağlı, yağlı, yarım yağlı, az yağlı ve yağsız yoğurtlar üretilmektedir. Yağ oranı standardizasyonu yapılırken ilk önce çiğ sütteki yağ oranı belirlenmelidir. Belirlenen oran, istenen oranla karşılaştırılır ve sonuca göre yağ oranı standardizasyonu yapılmaktadır.

Yağ standardizasyonu basit olarak iki şekilde yapılmaktadır:

- Süt yağının tanklarda ayarlanması
- Süt yağının direkt standardizasyonu
  - Elle kontrol
  - Otomatik standardizasyon

4.2.2.2. Kuru Madde Standardizasyonu

Yoğurda işlenecek sütün kuru maddesinin artırılması hem ürünün kıvamı hem de aroması için önemli bir aşamadır. Kuru madde artırımında kullanılan en basit ve yaygın yöntem süt tozu ilavesidir. Geleneksel yoğurt üretiminde süt tozu katım oranı % 1-3 arasındadeğişmektedir.

Kuru madde standardizasyonunda kullanılan diğer yöntemler şunlardır:

- Kaynatma,
- Evaporasyon,
- Membran filtrasyon yöntemleri,
- Süt kökenli diğer maddelerin ilavesi yapılır.

Peynir altı suyu tozu ilavesi yayık altı tozu vb. eklenir. Ancak istenmeyen tat oluşumuna neden olduğundan peynir altı suyu ürünleri çok fazla kullanılmayan bir yöntemdir.

4.2.3. Homojenizasyon

Homojenizasyon, süt yağının yüzeyde toplanmasını engellemek için süt yağının fiziksel olarak parçalanması işlemidir. Sıcaklık ve basınç etkili bir homojenizasyon için önemli parametrelerdir. Homojenizasyon sıcaklığı süt yağının eriyebileceği sıcaklığın üzerinde olmalıdır. Aksi takdirde yağ zerrecikleri tam olarak parçalanamaz.

Bunun yanı sıra aşırı sıcaklık homojenizasyon için uygun değildir. Genellikle süt, yaklaşık 200 kg/cm2 (bar) basınç altında 55-60 ºC sıcaklıkta homojenize edilmektedir.

Homojenizasyon işleminin genel avantajları şunlardır:

- Yağ kürecikleri küçülerek süt serumu içinde homojen dağılımı sağlanır.
- Ürünün tat ve aroması artar, rahat sindirilebilir.
- Yoğurdun viskozitesi artar ve yapısı düzelir.
- Homojenize sütten üretilen yoğurt daha beyaz görünür.

Resim 4.3: Homojenizatör ve içi

4.2.4. Isıl İşlem

Yoğurdun kendine has yapısının elde edilebilmesi için yüksek derecelerde ısıl işlemler uygulaması zorunludur. Bu amaçla 80-85 ºC'de 20-30 dakika, 90-95 ºC'de 5-10 dakikalık ısıl işlem normları kullanılmaktadır.

Resim 4.4: Plakalı ısı değiştirici

Isıl işlem uygulamasının diğer amaçları şunlardır:

- Patojen mikroorganizmaların tümünün yok edilmesi,
- Diğer mikroorganizmaları azaltmak ve doğal olarak bulunan enzimleri inaktif hâle getirmek,
- Starter bakterileri için uygun ortam sağlamak,
- Sütün ısıtılması ile serum proteinleri, denatüre olur ve sindirimi kolaylaşır.
- Isıl işlem sütün pıhtılaşma süresini kısaltır, süt yağının oksidasyonunu önler veuzun süre depolama kolaylığı sağlar.

Isıl işleme tabi tutulan süt, hemen işlenmeyecekse özelliklerini kaybetmemesi ve bozulmaması için soğutularak depolanmaktadır. Fakat uzun süreli depolama doğru değildir, asitlik gelişmesi dikkatle izlenmelidir.

4.2.4. Soğutma

Pastörize edilen sütün inkübasyon sıcaklığına kadar soğutulması mikroorganizmaların faaliyet gösterebilmesi ve dolayısıyla yoğurt oluşumu için gerekmektedir. Bu amaçla ısıl işlem uygulanan sütler inkübasyon sıcaklığına (42-45 °C) gelene kadar soğutulur. İnkübasyon sıcaklığına soğutulan süte inokülasyon gerçekleştirilerek inkübasyon

işlemine geçilir.

4.3. İnokulasyon ve inkübasyon işlemleri

Yoğurt üretimine benzer şekilde süzme yoğurt üretiminde de inokülasyon ve inkübasyon işlemleri yapılmaktadır. Uygulama parametreleri yoğurt üretimine benzemekle birlikte farklılık gösteren işleme teknikleri de mevcuttur.

4.3.1. İnokülasyon

Genellikle süt inokülasyon aşamasında starter kültürlerin çalışma sıcaklığı olan 42-45 °C'ye soğutulur. İnkübasyon tankına alınan süte yoğurt üretiminde olduğu şekilde hazırlanan kültürden % 1-2 oranında ilave edilir.

Resim 4.5: Kültür hazırlama tankı

Yoğurt üretiminde starter kültür olarak Lactobacillus delbruecki Subsp.bulgaricus ve Streptococcus thermophilus karışım kültüründen yararlanılmaktadır.

4.3.2. İnkübasyon

Kültür ilave edilmiş sütün, yoğurt oluşumunu sağlayan bakterilerin faaliyet göstermesi için gerekli süre ve sıcaklık ortamında bekletilmesine inkübasyon denir. Yoğurt bakterileri bu aşamada süratle faaliyete geçmekte ve asitliği geliştirerek pıhtı oluşmasına katkıda bulunmaktadır. Bu devrede yoğurtlaşma ile birlikte kıvam ve aroma oluşumu da gerçekleşmektedir.

Genellikle inkübasyon süresi 42–45 °C'de 2,5–3 saat sürmektedir. İnkübasyon devresinde inkübasyon sonunun doğru tespiti çok önemlidir. İnkübasyon sonu, asitliğinkontrolü ile belirlenmektedir. Asitlik pH 4,6–4,7 olduğunda inkübasyon süresi tamamlanmıştır. İnkübasyon süresi iyi ayarlanmadığı takdirde beklenen kalite ve yapıda yoğurt elde edilemez. Küçük işletmelerde inkübasyon sonu tecrübeye bağlı olarak tespit edilirken büyük işletmelerde teknolojiye bağlı olarak otomatik ekipmanlarla inkübasyon sonu tespit edilmektedir. Burada geleneksel yoğurt üretiminden farklı olarak inkübasyon büyük kaplarda gerçekleştirilmektedir.

4.3.3. Soğutma

İnkübasyonu tamamlanan yoğurt fermantasyonun durdurulması ve bakteri faaliyetinin engellenmesi için oda ısısında kısa bir süre tutulduktan sonra 10 ºC'nin altındaki soğuk hava depolarına alınarak soğutulmaktadır ancak süzme yoğurt üretiminde farklı olarak süzme işlemi 10 °C'de gerçekleştirildiğinden soğutma işlemi de bu dereceye kadar yapılmaktadır. İnkübasyon süresi dolan yoğurtlar soğutma tüneli, soğuk su banyoları, soğutma kabinleri veya soğuk hava depolarında soğutulabilir. Soğutulan yoğurtlar, süzülmek üzere bir sonraki aşamaya alınır.

4.3.4. Yoğurdu Süzme

Verimi yüksek ve kaliteli süzme yoğurt üretimi için süzülme öncesi yoğurdun kuru madde içeriğinin % 15,5–16,0 civarında olması gerekmektedir. Verimi etkileyen bir diğer husus ise süt türüdür. En yüksek verim sırasıyla koyun, keçi ve inek sütlerinden elde edilmektedir. Süzülme esnasında pH değerinde düşüş görülmekte viskozite ise artmaktadır.

Yoğurdu süzme yöntemleri şunlardır:

- **Geleneksel üretim metodu (bez torba içinde süzme)**

Resim 4.6: Yoğurdun geleneksel yolla süzülmesi

Süzme yoğurt üretiminde en yaygın kullanılan yöntemdir. Bu yöntem klasik doğal yoğurdun bez torbalar içine konularak süzülmesi esasına dayanmaktadır. Yoğurdun süzülmesinde kullanılan bez torbalar çok küçük gözeneklidir. Yoğurdun süzülme aşaması, genellikle 10 °C sıcaklığındaki ortamlarda yapılmaktadır ancak küçük ölçekli işletmelerde oda ısısında gerçekleştirilebilmektedir.

Resim 4.7: Geleneksel süzme yöntemleri ve süzmede kullanılan bezler

Yoğurdun süzülme süresi, kullanılan bez torbaların özelliğine bağlı olarak değişmekle beraber genellikle 20-30 saat sürebilmektedir. 20-30 saat süren süzülme aşamasında mikrobiyal kontaminasyon riski yüksek olmasından dolayı çok hijyenik olmayan bir yöntemdir. Bunun yanı sıra yoğun işçilik gerektiren bir yöntemdir. Süzülme esnasında bez torbalara yapışan yoğurtların tamamen alınamaması verim kaybına neden olmaktadır fakat fazla ekipman ihtiyacı olmaması nedeniyle özellikle küçük işletmelerce tercih edilmektedir.

- **Mekanik santrifüjler aracılığıyla**

Büyük işletmeler, geleneksel yolla süzme yoğurt üretiminde meydana gelen hijyenik sakıncalar ve verim kayıplarından dolayı mekanik separatörler ile üretimi tercih etmektedir. Santrifüjler ile süzme yoğurt üretimi iki aşamada gerçekleştirilmektedir.

İlk aşamada, koyulaştırılacak olan yağsız yoğurt karıştırılarak 55-60 °C'ye kadar ısıtıldıktan sonra 40 °C'ye soğutulmaktadır. Bu aşamada topak şeklindeki partiküller metal süzgeçle ezilip ortamdan uzaklaştırıldıktan sonra yoğurt % 18 kuru madde içeriği elde edilene kadar koyulaştırılmaktadır. Diğer aşamada ise koyulaştırılan yağsız yoğurda 15 °C'de istenilen düzeyde pastörize krema eklenmektedir.

Piyasada farklı firmalar tarafından geliştirilmiş separatör çeşitleri bulunmaktadır. Bu separatörlerin çalışmaları birbirinden farklı olabilmektedir.

Elde edilen süzme yoğurdun veriminin ve raf ömrünün artırılabilmesi için separasyon sonrasında 70 °C'de ısıl işleme tabi tutulması ve bu şekilde olası küf-maya riskinin engellenmesi önerilmektedir.

- **Rekombinasyon/ rekonstitüsyon yöntemiyle**

Özellikle büyükbaş hayvan yetiştiriciliğinin zor olduğu bölgelerde veya süt temininde güçlük çekilen bölgelerde rekombine/rekonstitüye süt kullanarak konsantre yoğurt üretimi yaygındır. Rekombine konsantre yoğurt üretimi temel olarak rekonstitüye yağsız süt tozu ve susuz süt yağı ile kullanımı zorunlu olmamakla beraber stabilizer madde ve tuzun 15 karıştırılarak istenilen kuru madde düzeyinin elde edilmesi esasına dayanmaktadır. Elde edilen bu karışımın yoğurt starter bakterileri ile inkübasyonunun ardından son ürün paketlenmekte ve <5 ºC'de depolanmaktadır. Bazı ülkelerde süt yağı yerine bitkisel kökenli yağlar da kullanılmaktadır.

Direkt rekonstitüsyon tekniği ile üretilen konsantre yoğurtlar tekstürel ve duyusal açıdan geleneksel konsantre yoğurda benzerlik göstermektedir. Bu şekilde üretilen konsantre yoğurdun en belirgin sakıncaları depolama sırasında fazla asitlik gelişimi ve serum ayrılması risklerinin bulunmasıdır. Bu sorunların yaşanmaması için rekonstitüsyon da kullanılan süt tozunun laktoz içeriğinin düzenlenmesi ve standart süt tozu yerine ultrafiltre süt tozlarının kullanılması önerilmektedir. Yine tekstürel sorunlarla karşılaşılmaması için de rekonstitüsyon sıcaklığının 38-41 °C civarında tutulması gerekmektedir.

- **Membran teknikler aracılığıyla**

Ultrafiltrasyon (UF) ve ters osmoz (RO) gibi membran teknikleri son 20-25 yıldır yoğurt endüstrisinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Ancak bu tekniklerin konsantre yoğurt üretiminde kullanımları oldukça sınırlıdır. Son 10 yılda yapılan araştırmalar sonucunda özellikle UF tekniğinin konsantre yoğurt üretiminde başarı ile kullanılabileceği belirlenmiştir.

4.3.5. Yoğurma (Karıştırma)

Süzülen yoğurtlar, homojen bir karışım elde edilmesi için mikserler ya da karıştırıcılar vasıtasıyla karıştırılmaktadır. Bazı işletmelerde hoş bir yapı kazandırmak amacıyla yağsız sütten elde edilen yavan tattaki süzme yoğurtlara krema ilavesi

yapılabilmektedir.

4.4. Ambalajlama ve Depolama

Süzme yoğurt ambalaj materyali ürünün içeriğine göre seçilir ve hijyenik koşullarda uygun ambalajlara aktarılır.

4.4.1. Ambalajlama

Uygun teknikler ile üretilerek hazır hâle getirilen süzme yoğurdun son aşaması ambalajlamadır. Süzme yoğurdun ambalajlanması ile

- İçindeki ürünü korumak,
- Dayanıklılığını artırmak,
- Yükleme, boşaltma, stoklama ve kullanma kolaylığı sağlamak,
- Ürünü tanıtmak ve tüketiciyi satın almaya özendirmek gibi faydalar sağlanmaktadır.

Süzme yoğurt küçük işletmelerde basit olarak plastik kap veya poşetlere doldurulmaktadır. Orta ve büyük ölçekli işletmelerde ise volumetrik dolum yapan dolum ambalaj ve etiketleme makineleri ile el değmeden ambalajlanmaktadır.

Süzme yoğurdun ambalajlanmasında kullanılan materyaller genellikle şunlardır:

- **Plastik ambalajlar**

Plastik ambalajlar hafif olmaları, yumuşak olması ve kolay şekil verilebilmesi gibi özelliklerinden dolayı gıda sanayinde tercih edilmektedir. Süzme yoğurt ambalajında genellikle polistiren (PS) ve polivinilklorür (PVC) ambalajlar kullanılmaktadır. Küçük işletmelerde daha çok tırnaklı, pratik kapanabilen şeffaf plastik materyaller kullanılmaktadır. Bu ambalajlar basit olarak kapatılmakta ve üzerine etiket yapıştırılarak satışa sunulmaktadır. Büyük işletmelerde dolum, makinelerde volumetrik olarak plastik kaplara yapılmaktadır. Bu kaplar hava almayacak şekilde alüminyum folyodan yapılmış materyallerle kapatılmakta ve kapatma tekrar plastik bir kapakla desteklenmektedir.

Resim 4.8 ve 4.9: Büyük ölçekli işletmelerde süzme yoğurt dolumu

- **Poşetler**

Resim 4.10: Pratik kapanabilen şeffaf ambalaj

Resim 4.11: Otomatik dolumda kullanılan ambalaj

Resim 4.12: Poşet ambalaj örnekleri

Etiket bilgileri hazır olarak işletmeye alınan bu poşetlerin sızdırmaz özellikte ve kalın yapıda olması önemlidir. Plastik esaslı olan bu ambalajlar, genellikle orta ölçekli işletmelerce tercih edilmektedir.

4.4.2. Depolama

Ambalajlanan süzme yoğurtlar 4-6 ºC'deki depolarda soğutulduktan sonra satışa sunulur. Genel olarak gıdaların taşınması ve depolanmasına ilişkin şartlar Türk Gıda Kodeksi "Gıdaların Taşınması ve Depolanması" bölümünde yasal bir zorunluluk olarak belirlenmiştir.

Buna göre ambalajlanan süzme yoğurtların depolanmasında ilgili bölüm doğrultusunda aşağıdaki depo şartları sağlanmalıdır:

- Depo, daima temiz ve düzenli olmalıdır.
- Depo havalanabilir olmalıdır.
- Depo sıcaklığı daima 4-6 °C arasında olmalı, rutubet ve nem bulunmamalıdır.
- Depoda gerekli izolasyon sağlanmalıdır.
- Depolar giyinme yerleri, yatakhaneler, lavabolar, tuvaletler, banyolar, idari bölüm ile dinlenme yerlerinden ayrı bir yerde bulunmalı ve amacı dışında kullanılmamalıdır.
- Depolarda zemin pürüzsüz, duvarlar düzgün kolay temizlenebilir nitelikte olmalıdır. Sıvası dökülmemiş, ürünlere olumsuz etkide bulunmayacak özellikte olmalıdır. Depo üstü tavan ve çatılar akmayı, sızmayı önlemeli, tavan ve çatılarda gerekli yalıtım yapılmalıdır.
- Depoda kullanılan tüm araç ve gereçler sağlam, hijyenik ve amaca uygunolmalı, yıkama ve dezenfeksiyon işlemlerinden zarar görmemelidir.

- Deponun kapı, pencere ve diğer kısımları her türlü zararlının girmesiniönleyecek şekilde olmalıdır.
- İstenildiği zaman istenilen ürün grubu veya parti rahat çıkarılabilecek şekildeyerleştirmeli ve istifleme yapılmalıdır.
- Çöpler depo dışında tutulmalı, atılacak malzeme depodan uzaklaştırılmalıdır.
- Ürünler zeminle ve duvarla temas etmeyecek şekilde belirli bir yükseklikte ve rutubet geçirmeyen uygun malzeme üzerinde depolanmalıdır Genellikle plastik veya fırınlanmış ağaçtan yapılan paletler veya metal raflar kullanılır.
- Depolamada ürünlerin ambalaj ve etiketinin zarar görmesi önlenmeli, ürün ve ambalajın özelliğine göre istifleme yapılmalıdır.
- Ürünler toksik maddeler ve temizlik malzemeleri ile birlikte depolanmamalı ve taşınmamalıdır.
- Depolamada gerekli iş güvenliği önlemleri alınmalı ve çevreye zarar verilmemelidir.
- Depo şartları Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığınca denetlenir.

Resim 4.13: Depo giriş kapısı

Resim 4.14: Depo içi

Resim 4.15: Süzme yoğurt kasası

5. PROBİYOTİK YOĞURT

Probiyotik kelimesi, Yunanca'dan gelmekte, Pros ve bios kelimelerinden türetilmiştir. Hayatı kolaylaştıran ve "yaşam için" anlamında kullanılmakta olup, ilk defa 1960'lıyıllarda Lilley ve Stillwell tarafından, bir protozoanın salgıladığı, diğer bir protozoanın gelişimini teşvik eden metaboliti tanımlamak amacıyla kullanılmaktaydı.

MÖ 76 yılında Roma tarihçisi Plinius ishal tedavisinde fermante süt ürünlerinin kullanılmasını önermiştir. Ortadoğu, Afrika, Kafkas toplumlarının süt, yoğurt ve peynirürünlerini eski çağlardan beri tükettikleri bilinmektedir.

1912 Nobel Tıp Ödülünü kazanan Rus bilim adamı Élie Metchnikoff bilim dünyasında probiyotiklerin kâşifi sayılabilir. Probiyotik kavramı, ilk kez ortaya atılmıştır. Ona göre; "Probiyotiklerle sindirim sistemi florasını değiştirip kötü bakterileri iyi bakterilerle yer değiştirmek mümkündür."

Metchnikoff yoğurt ve peynir gibi süt ürünlerinde bulunan asit yapan mikroorganizmaların bağırsaktaki hastalık yapan mikroorganizmaları nötralize ettiğini saptamıştır. Metchnikoff, Bulgaristan ve Kafkasya'da yaşayan insanların uzun ömürlü olmasını probiyotiklerden zengin gıdaların fazla tüketilmesiyle açıklamıştır.

5.1. Probiyotik Yoğurdun Tanımı ve Özellikleri

Resim 5.1. Probiyotik süt ürünleri

Resim 5.2. Probiyotik yoğurtlar

Fermente süt ürünleri sektöründe en hızlı gelişen alanlardan, bazı bifidobakteri türlerini içeren probiyotik yoğurtlar olduğu belirtilmektedir. Probiyotik ticari ürünlerin büyük çoğunluğu fermente süt ürünleridir. Bunların içinde fermente sıvı süt, yoğurt, aromalı tatlılar, dondurma, donmuş yoğurt ve peynirler vardır. Probiyotik ürünlere örnek olarak, kahvaltılık gevrekler, meyve suları ve yoğurt, peynir, kefir gibi fermente süt ürünler verilebilir.

Yoğurt; süt şekeri olan laktozun, bakteriyel fermantasyon aracılığı ile laktik aside dönüştürülmesiyle elde edilen bir süt ürünüdür. Probiyotik bakterilerin süt içerisine eklenmesiyle de probiyotik yoğurtlar üretilmektedir.

Resim 5.3: Kullanıma hazır probiyotik şaseler

İçerdiği besin maddeleri açısından ideal bir gıda maddesi olan yoğurdun biyolojik değeri yüksek ve hazmı kolay olduğundan, insan beslenmesi ve sağlığı açısından hayati öneme sahip bir gıda maddesidir.

Probiyotikler, konakçı organizmaya sağlık yararı sağlayan mikroorganizmalara verilen isimdir FAO ve WHO'nun yaptığı tanıma göre: "Uygun dozlarla kullanıldığında konakçıda sağlık yararı sağlayan mikroorganizmalardır." Laktik asit

bakterileri ile bifidobakteriler en sık kullanılan mikroorganizma türleridir.

1989'da Roy Fuller yaygın olarak kullanılan tanımı önermiştir: "Konakçı canlının bağırsak mikrobiyel dengesini geliştirerek yarar sağlayan bir gıda katkısıdır. "

Fermente süt ürünleri grubunda yer alan probiyotik yoğurtlar, Türk Gıda Kodeksinde "Asidofiluslu süt" olarak tanımlanmaktadır. Sade yoğurt üretim tekniğiyle üretilmekle birlikte, farklılığı fermantasyonda yer alan mikroorganizmaların gelişim koşulları belirler.

Türk Gıda Kodeksi Fermente Sütler Tebliği'ne göre;

Fermente süt ürünü: Sütün uygun mikroorganizmalar tarafından fermantasyonu ile pH değerinin koagülasyona yol açacak veya açmayacak şekilde düşürülmesi sonucu oluşan ve içermesi gereken mikroorganizmaları yeterli sayıda, canlı ve aktif olarak bulunduran süt ürünündür.

Yoğurt: Fermantasyonda spesifik olarak *Streptococcus thermophilus* ve*Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus'un* simbiyotik kültürlerinin kullanıldığı fermente süt ürünüdür.

Asidofiluslu süt: Fermantasyonda spesifik olarak *Lactobacillus acidophilus* kültürünün kullanıldığı fermente süt ürününü olduğu daha önce de belirtilmiştir.

Fonksiyonel yoğurt; sindirim sistemini ve bağışıklık sistemini desteklemek amacıyla, yoğurt bakterilerine (*Lactobacilus bulgaricus* ve *Streptococcus thermophillus*) ek olarak, bazı probiyotik bakteriler (*Lactobacillus, Streptococcus* ve *Bifidobacterium*) ile mayalanmış yoğurt çeşididir.

Biyo-yoğurt (probiyotik yoğurt): Probiyotik bakterilerin vücuda alınmasına aracılık eden en uygun gıdalardan birisidir. Bu ürünün üretimi geleneksel yoğurt üretimi ile benzerlik göstermektedir. Burada klasik yoğurt bakterilerine ek olarak probiyotik bakterilerden (*Lactobacillus spp.* ve *Bifidobacterium spp.*) yararlanılmaktadır.

Bifidobakterler ve *Lactobacillus acidophilus* özellikle yoğurt üretimindeyaygın olarak kullanılmakta ve üretilen ürün "probiyotik yoğurt" adı altında satılmaktadır. Bifidobakterler ve *Lactobacillus acidophilus* kültürlerikullanılarak üretilen probiyotik

yoğurtların başında **bifiyoğurt, biyogarde ve biyoyoğurt** gelmektedir. **Biyogarde** üretiminde *Streptococcusthermophilus,Lactobacillus acidophilus* ve *Lactobacillus bifidus,* **bifiyoğurtta***Streptococcusthermophilus* ve *Lactobacillus bifidus,* **biyoğurtta** ise *Streptococcusthermophilus* ve *Lactobacillus acidophilus* kültürleri kullanılmaktadır.

Probiyotik özellikleri olan bazı yoğurt ve yoğurt benzeri ürünler, kullanılan probiyotik bakterilere göre aşağıdaki şekilde adlandırılmaktadırlar:

- ***Acidophilus bifidus* yoğurdu** *(Lactobacillus acidophilus + Bifidobacteriumspp.* + yoğurt kültürü)
- ***Bifidus* yoğurdu**(*B. bifidum* ya da *B. longum* + yoğurt kültürü)
- ***Bioyoghurt*** (*Lactobacillus acidophilus + Bifidobacterium* spp. + *S.thermophilus*)
- ***Bifiyoghurt***(*B. longum+ S. thermophilus*)
- ***Biogarde* yoğurt** (*Lactobacillus acidophilus + Bifidobacterium spp. + S.termophilus*).

Probiyotik kültür yoğurtları, aside dirençli olmaları nedeniyle geleneksel yöntem yoğurtlarına göre daha uzun raf ömrüne sahiptirler. Laktobasiller ve bifidobakterler laktozu fermente ettiklerinden probiyotik özellikli gıdaların laktik asit nicelikleri diğer süt ürünlerdekinden daha fazladır. Ek olarak bu kültürlerle hazırlanan gıdalarda probiyotik bakterilerin folik asit, niasin, tiamin, riboflavin, pridoksin gibi B grubu vitaminler ve K vitamini üretmeleri bu vitaminlerce gıdanın zenginleşmesini sağlamaktadır. Bu arada fosfor, demir, bakır ve magnezyumun sindirim sistemindeki emiliminin artmasına yardımcı olmaktadırlar.

5.2. Probiyotik Yoğurt Üretimi İçin Süte Uygulanan Ön İşlemler

Probiyotik yoğurt üretimi sade yoğurt üretim tekniğine benzemektedir. İnokülasyon aşamasında starter kültür olarak probiyotik etkinliği olan mikroorganizmalar kullanılmaktadır.

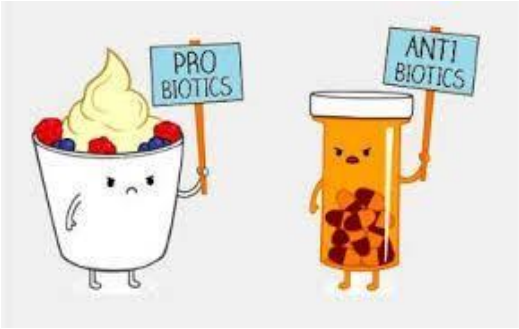
5.2.1. Sütün Temizlenmesi

Yoğurt yapımında kullanılacak çiğ sütün taşıması gereken nitelikler aşağıda belirtilen özelliklere sahip olmalıdır:

- Hastalıklı bir hayvanın sütü olmamalıdır. Mastitisli sütler zayıf yapıya ve tuzlu aromaya neden olmaktadır.
- Bakteriyolojik kalitesi iyi olmalıdır. Bakteriyolojik kalitesi kötü olan sütler hem zayıf yapı hem de kötü bir aromaya (koku) neden olmaktadır.
- Tat ve kokusu iyi olmalıdır. Sağım sırasında hijyenik olmayan koşullar ahırımsı, peynirimsi ve benzeri aromaya neden olmaktadır.
- Bileşimi normal olmalıdır. Sütün kuru madde özellikle protein içeriği arttıkça yoğurt pıhtısının stabilitesi artmaktadır.
- İnhibitör madde içermemelidir.

Bu maddeler yoğurt bakterilerinin gelişmesini önleyerek zayıf yapıya, düşük viskoziteye ve serum ayrılmasına neden olmaktadır. Yoğurt bakterileri için inhibitör olan bu maddeler çeşitli kaynaklardan bulaştıkları gibi sütün içinde de doğal olarak bulunabilirler.

Bu maddeler: penisilin gibi antibiyotikler, deterjan ve dezenfektan madde kalıntısı, bakteriyofajlar, serbest yağ asitleri, sütte aşırı derecede bulunan lökositler sayılabilir.



Şekil 5.1: Antibiyotikler, probiyotiklerin inhibitörüdür.

Yoğurt üretimi için kullanılacak sütün temizlenmesinde amaç, sağım veya nakil sırasında süte karışmış olabilecek organik ve inorganik maddelerin uzaklaştırılmasıdır. Kaba kirler genellikle süt alım terazisi üzerine konan bez veya tel süzgeçler yardımıyla uzaklaştırılır. Daha büyük ölçekli işletmelerde, süt kabulü sırasında, tartım terazisinin tankına metal süzgeç ve plakalı soğutucu girişlerine metal filtreler takılarak da temizleme yapılabilir.

Son yıllarda tercih edilen bir diğer temizleme yöntemi de klarifikasyondur. Bu yöntem mekanik separatörler ile gerçekleştirilir ve hem işlem kolaylığı sağlar, hem de daha fazla miktarda sütü aynı anda işlemek mümkündür. Bu yöntem, yoğunluğu sütten fazla

olanmaddelerin, sütten merkezkaç kuvveti ile ayrılması prensibine dayanır.

Klarifikasyon iki türlü yapılabilir:

I. Klarifikatörle: Süt içerisindeki gözle görülebilen kıl, çöp gibi yabancı maddelerayrılır.
II. Separatörlerle: Gözle görülmeyecek kadar küçük kan ve kan parçacıkları, lökosit,hücre parçaları gibi yabancı maddeler sütten ayrılır.

5.2.2. Standardizasyon

Yoğurda işlenecek sütün, süt yağının standardize edilmesi işletme ekonomisi açısından gereklidir. İşletmeye gelen sütün yağ oranı ürüne göre standardize edilir.

Kuru madde artırılması, ürünün kıvamı ve aroması açısından önemlidir. Bu amaçla aşağıdaki yöntemler uygulanır:

- Kaynatma
- Vakumla suyunun uçurulması
- Membran filitrasyon ile
- Süt tozu ilavesi ile (Genellikle süt tozu % 1-3 oranında katılmaktadır.)
- Peynir altı suyu tozu ilavesi ile (Genellikle % 1-2 oranında katılmaktadır.)

5.2.3. Homojenizasyon

Süt yağının yoğunluğu yağsız süt fazı yoğunluğundan daha düşük olduğundan, zaman içerisinde yağ globülleri süt yüzeyinde birikmektedir. Genel olarak süt sıcaklığındaki artışa paralel yağ globüllerinin sütün yüzeyine doğru hareketliliği artmaktadır. Dolayısıyla özellikle inkübasyon sırasında (42-45 ºC'de) yağ globüllerinin fermantasyon tankında ya da yoğurt kaplarının yüzeyinde bir kaymak tabakası oluşturması kaçınılmazdır.

Yüzeyde kaymak tabakasının oluşumu istendiği zaman yoğurt sütüne homojenizasyon işlemi uygulanmamakta ve süt nispeten yüksek sıcaklıklarda (46-48 ºC) doluma alınmaktadır. Daha sonra sıcaklık 42-45 ºC'ye inene kadar beklenmekte ve kaymak bağlama işlemi gerçekleştirilmektedir. Homojenize; set, pıhtısı kırılmış ve meyveli yoğurt üretimlerinde ise homojenizasyon işlemi zorunludur.

Homojenizasyon işlemi, mekanik etki altında süt yağ globüllerinin boyutlarının azaltılması prensibine dayanmaktadır. Böylece yüzeyde kaymak bağlama olayı engellenmekte, sütte meydana gelen diğer fiziko-kimyasal değişimlere bağlı olarak ürünün viskozitesi artmakta, serum ayrılması riski azalmakta ve yoğurt daha beyaz bir görünüme sahip olmaktadır. Bu amaçla kullanılan aletlere homojenizatör denilmektedir. Üretilecek yoğurdun özelliğine göre süt, 55-60 °C'de ve 100-200 kg/cm^2 basınçta homojenize edilmektedir.

Homojenizasyon işlemi ısıl işlemden önce yapılmaktadır. Böylece homojenizasyon sırasında meydana gelebilecek herhangi bir kontaminasyon elemine edilebilmektedir.

5.2.4. Isıl İşlem

Homojenizasyon sonrası, yoğurt yapımındaki en önemli işlemlerden biri olan ısılişlem uygulaması gelir. Bu işlem, sadece yoğurt ve benzeri ürünlerin bakteriyolojik kalitesini iyileştirmek açısından değil, aynı zamanda bu ürünlerin kendine has tekstürel özelliklerinin kazandırılması yönünden de önemlidir.

Koyulaştırılmış sıvılarda bakterilerin imhası oldukça zordur. Yoğurda işlenecek sütün kuru maddesi çeşitli yollarla artırıldığı için uygulanması gereken ısının da yüksek olması gerekir. Yoğurdun kendine has yapısal özelliklerinin kazandırılması için yoğurt sütüne 85-90 °C'de 20-30 dk, 90 °C de 10-15 dk veya 90-95 °C'de 5-10 dakikalık bir ısıl işlem normunun uygulanması gerekmektedir.
Yoğurt üretiminde bu işlemler genellikle spiral ya da borulu ısı değiştiriciler ile yapılmaktadır. Buna karşın içme sütü ya da peynir teknolojisinde yaygın olan plakalı ısı değiştiriciler, yoğurt üretiminde fazla kullanılmamaktadır. Bunun sebebi; istenilen sıcaklık derecesine ulaşıldıktan sonra bekleme süresi boyunca plakalı ısı değiştiricilerin metal yüzeyinde süt taşı oluşumu nedeniyle kirlenme riskinin yüksek olmasıdır.

Özellikle sütün soğukta uzun süre depolanması sonucunda psikrotrofik bakteriler tarafından sentezlenen ısıya dayanıklı lipaz enzimi depolama süresince yoğurtta acı tat gelişimine neden olmaktadır.

Yoğurt üretimi sırasında uygulanan ısıl işlemin etkisiyle ortam yoğurt kültürlerinin gelişimi için uygun hâle gelmektedir. Çünkü 80 °C'nın üzerinde uygulanan ısıl işlemle redoks potansiyeli düşmekte, yoğurt bakterilerinin gelişimini teşvik eden formik asit

gibi organik asitler oluşmakta, sütte doğal olarak bulunan ve bakteriler üzerinde inhibitör etki yapan laktenin aktivitesini kaybetmektedir. Uygulanan ısı işlemin şiddetine bağlı olarak sütte starter kültürlerin aktivitesininkine (engelleyici) ve/veya stimüle (teşvik edici) eden bazı maddeler açığa çıkmaktadır. Süt bileşenlerinden proteinler, süt yağı, laktoz, mineral maddeler, vitaminler de ısı uygulaması ile değişime uğrarlar.

5.2.5. Soğutma

Pastörize edilen sütün, yoğurt oluşumunu sağlayacak mikroorganizmaların faaliyet gösterdikleri sıcaklığa soğutulması gerekmektedir. Bu işlem inkübasyon, yani yoğurt kültürlerinin gelişme sıcaklığına kadar yapılan soğutmadır. Ancak üretilecek yoğurdun çeşidine göre soğutma derecesinde bir değişim olmaktadır. Eğer kaymaklı yoğurt üretilecekse ısıl işlemden sonra süt, aynı ısı değiştiricinin soğutma kısmında 46-48 °C'ye kadar soğutulmakta ve inkübasyon odasında raflara dizilmiş ambalaj kaplarına doldurulmaktadır. Diğer taraftan homojenize yoğurt üretiliyorsa yoğurt kültürlerinin gelişme sıcaklığının 2-3 °C üzerine, yani 42-45 °C'ye kadar soğutma yapılmaktadır. Süte ısıl işlem uygulamasını takiben yapılan soğutma işlemi genellikle plakalı ısı değiştiricilerin soğutma bölümünde gerçekleştirilmektedir.

5.3. Probiyotik Kültür Çeşitleri ve Özellikleri

Probiyotikler, bağırsak sisteminin mikrobiyal florasını değiştirerek insan sağlığı üzerinde olumlu etkiler yapan mikroorganizmalardır.

5.3.1. Probiyotik Kültür Çeşitleri:

Probiyotik mikroorganizmalar grubunda laktobasiller, bifidobakterler ve enterokoklar yer almaktadır.
Probiyotik ürünlerde kullanılan mikroorganizmalardan bazıları aşağıda belirtilmiştir.

Lactobacillus suşları	*Bifidobacterium suşları*
L. acidophilus	B. bifidum
L. casei	B. breve
L. fermentum	B. lactis
L. gasseri	B. longum
L. johnsonii	
L. lactis	*Mayalar*
L. paracasei	Saccharomyces boulardii
L. plantarum	
L. reuteri	
L. rhamnosus	
L. salivarius	
Streptococcus suşları	
S. thermophilus	

Tablo 5.1: Ticari olarak kullanılan probiyotik suşları

Bunlardan *Bifidobacterium* ve *Lactobacillus* türleriinsan bağırsak florasında bulunan mikroorganizmalardır (Tablo 5.2). Bağırsak ortamı dışında fermente süt ürünleri, peynir, tahıl fermente ürünlerinden probiyotik potansiyeli olan *Lactobacillus* türleri de izole edilmiştir. *Bifidobacterium* türleri ise oksijene tolere edemediği için fermente gıda ürünlerinin doğal florasında bulunmamışlardır. Laktik asit bakterisinin alt türlerinin bir kısmının sindirim sistemi asitliğine dayanıklı olması ve ilgili alt türe özel sağlık faydalarının bulunması nedeni ile probiyotik çalışmaların büyük bir kısmı *Lactobacillus* ve *Bifidobacterium* üzerine yoğunlaşmıştır. Ayrıca *Lactobacillus* ve *Bifidobacterium* cinslerine ait ticari probiyotik suşların mevcut olması, probiyotik ürünlerin tercih edilmelerine neden olmuştur.

L. acidophilus, Bifidobacteriumspp., L. casei, L.rhamnosus gibi probiyotik kültürleri içeren yeni fermente ürünler geliştirilmesine karşın en çok kullanılan probiyotik kültürler *L. acidophilus* ve *Bifidobacteriumspp.*'dir. *L. acidophilus* beslenme açısından en çok önerilen organizmalardandır. Sütte yavaş geliştiği için yoğurt yapımında tek başına eklendiğinde istenmeyen organizmaların gelişmesine ortam sağlanmış olur. Ayrıca, fermente ürünün pH'sının düşüklüğünden dolayı *L. acidophilus* yüksek sayılarda yaşayamaz. *Bifidobacterium* türleri ise pH:4,5-5 arasında yaşayamazlar. *Bifidobacterium*'un oksijene toleransı türe ve bulunduğu ortama bağlıdır.

Bacillus türlerinden; Bacillussubtilis, Bacilluspumilus, Bacilluscoagulans, Bacilluscereus ve Bacillusclausii probiyotik olarak kullanılmaktadır.

***Lactobacillus* türleri**	***Bifidobacterium* türleri**
Lactobacillus casei,	*Bifidobacterium bifidum*
L. paracasei,	*Bifidobacterium infantis*
L. rhamnosus,	*Bifidobacterium breve*
L. acidophilus,	*Bifidobacterium adolescentis*
L. gasseri,	*Bifidobacterium angulatum*
L. johnsonii,	*Bifidobacterium catenulatum*
L. plantarum,	*Bifidobacterium pseudo catenulatum*
L. reuteri,	*Bifidobacterium dentim*
L. crispatus,	
L. fermentum,	

Tablo 5.2: İnsanlardan izole edilen bakteriler

5.3.2. Probiyotik Kültürlerin Özellikleri

Lactobacillus acidophilus ve *Bifidobacterium* gibi probiyotik bakterilerin diyette bulunması, serumkolesterol seviyesini düşürme, kanseri önleyici bağırsak mikrobiyal florasını düzenleme, kalsiyum absorbsiyonunu ve laktoz kullanımını geliştirme gibi yararlı etkilerde bulunmaktadır.

Probiyotiklerin mide bağırsak ortamında zarar görmeden aktif olabilmeleri yüksek asitli ortamda dirençli olmalarından kaynaklanmaktadır. Probiyotik mikroorganizmalar safra tuzlarına da dirençlidirler.

Lactobacillus acidophilus ve bifidobakteriler enzimlerin anti mikrobiyal etkisine, asit ortama, yüksek oksidasyon redüksiyon potansiyeline ve düşük yüzey gerilimine diğer probiyotik bakterilere kıyasla daha dirençli olduklarından fermente süt ürünlerinde tercih edilirler.

Lactobacillus acidophilus ve bifidobakterler enzimlerin anti mikrobiyal etkisine, asit ortama, yüksek oksidasyon redüksiyon potansiyeline ve düşük yüzey gerilimine diger probiyotik bakterilere kıyasla daha dirençli olduklarından fermente süt ürünlerinde tercih edilirler. Probiyotik özellik gösterdiği bilinen tek maya ise *Saccharomyces boulardii*'dir.

Laktobasiller ve bifidobakteriler laktozu fermente ettiklerinden probiyotik özellikli

gıdaların laktik asit nicelikleri diğer süt ürünlerdekinden daha fazladır. Ek olarak bu kültürlerle hazırlanan gıdalarda probiyotik bakterilerin folik asit, niasin, tiamin, riboflavin, pridoksin gibi B grubu vitaminler ve K vitamini üretmeleri bu vitaminlerce gıdanın zenginleşmesini sağlamaktadır. Bu arada fosfor, demir, bakır ve magnezyumun sindirim sistemindeki emiliminin artmasına yardımcı olmaktadırlar.

Ağız, üst solunum yolları, mide, bağırsak sistemi ve genital sistemin mukotik yüzeyleri üzerinde etkili olarak hastalıkları önleyici etkide bulunmaktadırlar. Bağırsak florasında önemli düzeyde bulunan probiyotik mikroorganizmaların bağırsak rahatsızlıklarını önleyici etkilerinin de olduğu saptanmıştır. Bazı patojenlerin kolonizasyonu ve üremelerini önledikleri gibi bağışıklık sistemini güçlendirdikleri, antikolestremik, antigenotoksik, antimikrobiyal veantimutajenik etkilerinin olduğu bildirilmektedir.

Vücutta laktaz (beta-alaktosidaz) enziminin sentezlenememesi nedeniyle laktozun parçalanmaması sonucu oluşan "laktoz intoleransı" denilen rahatsızlığın giderilmesinde probiyotiklerin önemli rolü olmaktadır. Laktoz intoleransı olan tüketiciler, bağırsaklarında laktaz enzimi olmadığından süt ürünlerini tüketemezler.

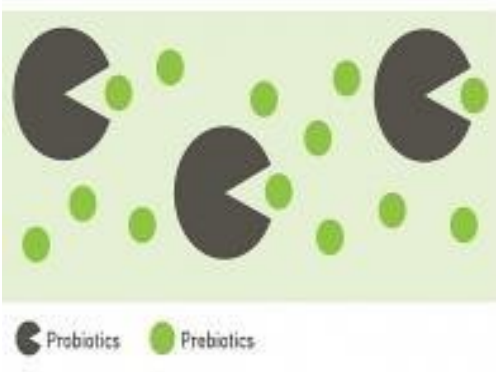
Lactobacillus acidophilus laktosidin, asidofilin ve laktasin-B adı verilen doğal antimikrobiyal maddeler üreterek, bifidobakterler ise laktik asit ve asetik asit gibi doğal zayıfasitler üreterek bağırsak sisteminde asitliği arttırmakta, buna koşut olarak kimi proteinlerin ve pütrifaktif (çürükçül) bakterilerin üremelerini engelledikleri, bağırsak pH'sini düzenledikleri ve bağırsak rahatsızlıklarını azalttıkları bilinmektedir.

Sağlık üzerine olan bütün bu olumlu etkilerine karsın probiyotikler sağlığın iyileştirilmesi için alınan ilaçlar değillerdir. Probiyotik gıdaların tüketiminin kesilmesiyle bağırsak florası eski halini alır ve olumlu etki ortadan kalkar. Bu nedenle probiyotikler ancakprobiyotik gıdalarla düzenli olarak vücuda alındıklarında olumlu etki gösterenmikroorganizmalardır.

Probiyotik gıdaların sağlık açısından olumlu etki gösterebilmesi ancak aside dirençli probiyotik bakterilerin kültür olarak kullanılmasıyla, kullanılan kültürlerin saf kültürler olmasına da dikkat edilerek, elde edilen ürünlerin uzun süre ara vermeden tüketilmesiyle gerçekleşebilmektedir. Kullanılan probiyotik kültürün yasal ve bilimsel olarak tanınmış olması da önemlidir.

Örneğin *Bacillus* grubu bakteri içeren bazı ticari probiyotik gıdaların etiketlerinde uluslararası bilimsel komitelerce probiyotik olarak kabul görmeyen "*Lactobacillus sporogenes*" gibi mikroorganizmaların isimleri yer almaktadır.

Probiyotik gıdaların üretiminde, probiyotik kültürlerin yanı sıra bunların etkinliğini arttırmak üzere probiyotikler de yaygın olarak kullanılmaktadır. Probiyotikler vücutta sindirilmeyen, ancak bifidobakterlerin kolonda gelişimini destekleyerek bağırsak florasının dengelenmesinde görev alan gıda destek maddeleri olarak adlandırılmaktadır. Laktuloz, laktitol, farklı oligosakkaritler ve inülin yaygın olarak kullanılan probiyotiklerdir. Probiyotiklerin etki mekanizmaları tam olarak bilinmemekle birlikte çalışmalar insan sağlığı üzerinde olumlu etkileri olduğunu ortaya koymaktadır. Probiyotikler eksojen ve endojen bağırsak sistemi enfeksiyonlarının engellenmesi ve kontrol altına alınmasında, serum trigliseritlerinin ve kolesterolün niceliğinin düşürülmesinde, kolon kanseri risk faktörlerinin azaltılmasında ve mineral alımının desteklenmesinde görev almaktadırlar. Günümüzde portakal ve limon gibi doğal gıdalardan elde edilen liflerin prebiyotik olarak kullanıldığı katkılı sütler ülkemizde de tüketime sunulmaktadır.



Şekil 5.2: Probiyotikler, probiyotiklerin besinidir.

Sağlığın korunması ve iyileştirilmesinde sayısız faydaları olan probiyotik gıdalar tüketici diyetinde yeterli ilgiyi görememektedir. Bunun en önemli nedeni, probiyotik gıdaların geleneksel yöntemlere göre üretilen benzerlerine nazaran daha pahalı olmasıdır. Tüketicinin probiyotik gıdaları tercih etmesi ve diyetine eklemesi ancak bu gıdaların sağlık üzerine olumlu etkilerinin tam olarak öğrenilmesi ile olacaktır. Probiyotik gıdaların ilaç olmadığı ve tüketimine başlandığında ara verilmemesi gerektiği, aksi halde bağırsak florasının kısa süre içinde eski haline döneceği unutulmamalıdır.

Probiyotik ürünlerin üretiminde kullanılan mikroorganizmalar ile ilgili olarak Almanya Sağlık Bakanlığı Uzman Komitesi tarafından yayınlanan bildirgede;

- Gıda üretiminde kullanılan probiyotik bakterinin taksonomik sistemininbelirlenmiş olması,
- Gıda maddesinin raf ömrü boyunca yeterli miktarda hücrenin canlı olarakkalabilmesi,
- Probiyotik mikroorganizmanın bağırsaklara canlı bir şekilde ulaşabilme,canlılığını sürdürebilme ve çoğalabilme yeteneği göstermesi,
- İnsan sağlığı üzerine olumlu etkilerde bulunması gerektiği üzerinde durulmaktadır.

Probiyotiklerin sahip olması gereken özellikler:

- Verildiği canlının bağırsak florasında izole edilmiş olmalıdır.
- Canlı olmalı, ancak patojen olmamalıdır.
- Mide asidine, safraya ve lizozim enzimine karşı dayanıklı olmalı.
- Hızlı aktive göstererek yüksek çoğalma oranına sahip olmalıdır.
- Üretimindeki teknolojik işlemler sırasında canlılıklarını koruyabilmelidir.
- İçindeki besin maddeleri ve diğer katkı maddeleri ile karşılaştığında yüksekstabilite özelliği bulunmalıdır.
- Ürüne katılmadan veya katıldıktan sonra oda sıcaklığında stabilite özelliğini sürdürebilmelidir.

Probiyotiklerin Yararları

- Probiyotik besin tüketimi ile kötü kolesterol seviyesi düşmektedir.
- Bağırsaklardan toksik maddelerin kana karışmasını önler.
- Sindirim sistemini çalıştırır, özellikle kolon kanseri riskini minimuma indirir.
- İnsan yaşam ömrünü uzatır.
- Uyku öncesi tüketildiğinde rahatlatır, iyi bir uyku uyumanızı sağlar.
- Bağışıklık sistemini güçlendirir.
- Bağırsaklarda zararlı bakterilerin oluşumunu önler.
- Sinir sistemini onararak depresyondan korur.
- Antibiyotik kullanıldığında oluşabilen ishalin önlenmesinde etkilidir.
- Şeker hastalığında kan şekerini düzenler.
- İltihabi hastalıkların oluşumunu önler.

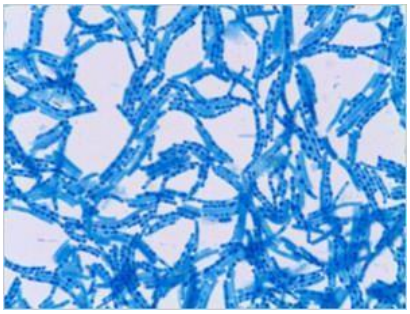
- Alerjik hastalıkların oluşumunu önler, oluşumunda tedaviyi hızlandırır.
- Böbrek taşlarının oluşumunu önler.
- Kabızlık sorununda faydalıdır.
- Mide hassasiyeti olanlar, onikiparmak bağırsağı ülseri olanlar biraz dahadikkatli tüketmelidirler.

Probiyotik gıdaların üretiminde göz önünde bulundurulması gereken hususlar şunlardır:

- Ürün içerisine konan mikroorganizma sayısı üretimin ilk noktasında değil ürünün raf ömrü boyunca canlılığı belirlenmiş seviyede korumalıdır. Herhangi bir üründe bulunması gerekli minimum mikroorganizma seviyesi 105 kob/g olmalıdır. Bu amaçla raf ömrü ve mikroorganizma sayısı hesaplanırken sıcaklıktaki dalgalanmalar, ışık ve ürünün doğası değerlendirmeye alınmalı ve raf ömrü tam doğal koşullara göre hesaplanmalıdır. Burada final pH ve karışık kültür kullanılanlarda mikroorganizmalar arasındaki etkileşim gibi faktörleri de kapsamalıdır.
- Mikroorganizma seviyesi ürünün raf ömrü boyunca probiyotik yükü yanında lezzetinde iyi olarak korunması ağlayacak yapıda olmalıdır.
- Probiyotikler ile ilgili temel felsefe bunların birer gıda ürünü olduğu ve ilaç olmadığıdır. Buna karşın ürünler sağlıklı insanlar yanında hastalar tarafından da yaygınlıkla kullanılmakta olduğundan probiyotiklerde kullanılan mikroorganizmaların güvenli olarak tanımlanmış mikroorganizmalar olması gereklidir.

Probiyotik bakterilerin insan vücudundaki sistemlere etkili olabilmeleri için bağırsaklara ulaşana kadar canlı kalabilmeleri gerekmektedir. Bu nedenle probiyotik bakteri eklenen yoğurtlara, yoğurt oluşumu tamamlandıktan sonra probiyotikleri taşıyıcı ve besleyici olarak görev yapan probiyotik lifler de eklenmektedir. Bunun yanında kurutulmuş meyve, yulaf, buğday gibi çeşitli doğal lifler de eklenebilir.

Lactobacillus acidophilus'un özellikleri;



Resim 5.4: Lactobacillus acidophilus

Lactobacillaceae familyasının *Lactobacillus* gram(+) bir bakteridir (Resim 5. 9). Bu bakteri literatürde *Bacillus acidophilus, Mycobacterium lacticum* ve *Thermobacterium intestinal* olarak ta isimlendirilmiştir. Çubuk şeklinde 0,6-0,9 mikron kalınlığında, 1,6-6 mikron uzunluğundadır. Optimum 37 ºC'de üremektedir. *Lactobacillus acidophilus* bağırsak orijinli bir bakteri olduğundan genellikle süt emen çocukların dışkısından izole edilir. *L. acidophilus*, çubuk şeklinde, hareketsiz, gram(+), katalaz(-), anaerob ya da fakültatif anaerobbir bakteridir. Homofermantatif olup, sütte %0,3-1,9 oranında D-Laktik asit üretebilmektedir. Optimum 37 ºC'de, pH 5,5-6'da ürer.

***Lactobacillus acidophilus* bakterisinin diğer özellikleri;**

- Dayanıklı bir bakteridir. Üst gastrointestinal kanaldan salimen geçerek incebağırsak ve kolona ulaşarak kolonize olabilir.
- Laktik asit üretir ve kolon florasını düzenler.
- Acidophilin adı verilen bir antibiyotik üretir ve bu nedenle antibakteriyelözelliği vardır (*E. coli* ve diğer patojenlere etkilidir).
- *Lactobacillus acidophilus* antibiyotiklere ve mide bağırsak salgılarına dayanıklıolduğundan bağırsaklara kolayca adapte olur ve kolonize olur.
- Bağırsak florasını düzeltmek için çeşitli bağırsak hastalıklarında yıllardırkullanılmaktadır.

Bifidobakterilerin özellikleri;

Resim 5.5: Bifidobacterium suşları

Bifidobakteriler gram(+), sporsuz, çubuk şeklinde, içinde metilen mavisi ile boyanan granüller bulunan anaerobik bakterilerdir. Optimum 37-41 ºC'de ürerler. Optimum pH ise üreme için 6,5-7'dir. Bifidobakteriler L(+) laktik asit üretirler. Bu yararlı bakteriler (*L. acidophilus, L. bifidus*) probiyotik ürünlerin üretilmesinde yer almaya başlamıştır. Uniform veya dallanmış, çubuk şeklinde, gram(+), katalaz(-), anaerobik ve hareketsiz bakterilerdir.

Bifidobakterilerin diğer özellikleri;

- Son yıllarda bu bakterilerin özellikleri ve insan sağlığı üzerine olan yararları konusunda yoğun çalışmalar vardır. İnsandaki türlerinin hepsi glikoz, galaktoz, laktoz, özellikle fruktozu karbon kaynağı, amonyağı da azot kaynağı olarak kullanırlar.
- Mide asidine, pankreas dış salgısına ve safraya dirençli olduklarından harap olmadan ince bağırsağa ve kolona geçerek kolonize olma şansları yüksektir.
- Bu bakteriler epitele yapışmak veya kolonizasyon için patojen bakteriler ile yarış içine girerler. Bunlar patojen mikroorganizmalar ile ortamdaki besin maddelerini kullanımda da yarış halindedirler.
- Bifidobakteriler metabolik olaylar sürecinde asetik asit, laktik asit, azda olsa formik asit oluşmasına neden olurlar. Ürettikleri asitler ortamdaki pH'ı düşürür. Böylece alkali ortamda gelişen, arzu edilmeyen bakterilerin üremesine mani olurlar. Asetik asidin gram negatif bakterilere karşı antagonist etkisi (karşıt etki)laktik asitten daha güçlüdür.
- Kolon florasındaki mikroorganizmalar antibakteriyel faktörler üretirler. Bu maddeler *E. coli, Salmonella, Shigella, Staphylacoccus* ve *Bacillus* genusları dâhil birçok bakterinin üremesini inhibe ederler. Böylece patojenlerin kolonize olmalarını önlerler.

- Bifidobakteriler nitratları nitritlere indirgeyen mikroorganizmaların üremesini önlerler.
- Gastrointestinal enfeksiyonlara karşı koruyucu etki gösterirler.

Gıda ürünlerinde kullanılabilecek Bifidobakteri türleri için bir takım kriterler belirlenmiştir. Bunlar şu şekilde sıralanabilir:

- Yaklaşık olarak 3:2 oranında asetik asit ve laktik asit üretmeleri ve 38 ºC de 4-8 saatte sütün pH'sını 4,7'ye düşürebilmesi,
- Fruktoz-6-fosfat fosfoketolaz enzimine sahip olmaları,
- Katoloz, nitrat redüktaz, üreaz, glukozdan gaz oluştuma, indol formasyonu, jelatinin sıvılaştırılması ve ramnoz ve sorbaz, gliserol, eritritol, aldonitol ve dulsitole tepki testlerine negatif sonuç vermeleri,
- Asit, antibiyotik ve safra sıvılarına karşı yeterli derecede dirençli olmaları ve O_2'i tolere edebilmelidirler.

Bu özelliklerden dolayı Bifidobakterilerden *B. bifidum, B. longum, B. breve, B. infantis*bazı fermente süt ürünlerinin üretiminde kullanılmıştır. Son yıllarda yeni Bifidobakteri suşları da devreye girmiş ve yeni süt ürünlerinin üretiminde kullanılmaktadır.

5.4. Probiyotik Kültür İlavesi ve İnkübasyon

Süt ürünleri ve özellikle yoğurt çeşitleri üretiminde fermantasyon, *Streptococcusthermophilus ve Lactobacillus bulgaricus* gibi bakteriler tarafından gerçekleştirilmektedir. Çeşitli ürünlerde bu iki bakteriye ilaveten tat ve sağlığa kattıkları pek çok olumlu etkileri nedeniyle *L. Acidophilus, L. Casei* ve bifiobakteritürleri de ilave edilebilmektedir. Yoğurt çeşitlerini belirlemede üretim yöntemlerinden ziyade kullanılanstarter kültürler etkili olmaktadır. Probiyotik yoğurt üretiminde kullanılan starter kültürlere **probiyotik kültür**; kültürü mayalacak süte ilave etme işlemine ise **inokülasyon** denmektedir.

Starter kültür, fermente süt ürünlerinin üretimlerinde kullanılan özel olarak seçilmiş mikroorganizma kültürleridir. Yoğurt kültürü sadece *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus* ve*Streptococcus thermophilus* bakterilerini içerir. Standart ve istenilen özellikte ürün üretmek için starter kültür kullanılması zorunludur.

Starter kültürlerin probiyotikliği:

Starter kültürler, probiyotik etki gösterebilecek süre kadar bağırsak ortamında kalamadıkları ve bağırsak ortamında çoğalamadıkları için probiyotik olarak değerlendirilmezler. Fakat yoğurt bakterilerini laktoz metabolizmasına yardımcı oldukları için probiyotik olarak değerlendiren araştırmacılar da vardır. Yoğurt bakterileri ürettikleri β- galaktosidaz nedeniyle laktozun parçalanmasında yardımcı olurlar. Yoğurt bakterilerininprobiyotik olarak kabul edilebileceği ile ilgili bir diğer görüş ise yoğurdun çok miktardacanlı organizma içermesidir. Bir ürünün probiyotik sayılabilmesi için ürünün çok miktarda canlı organizma içermesi gerekmektedir. Ayrıca, starter kültürler süt proteinlerinden biyoaktifpeptitlerin açığa çıkmasını, çözünür ekzopolisakkaritlerin ve antimikrobiyal maddelerin üretimini sağlar.

Ülkemizde üretilmediğinden ithal ticari starter kültürler kullanılmaktadır. Ülkemizden Avrupa ve tüm dünyaya yayılan yoğurdun aksine, mayası ülkemizde üretilemiyor. Piyasadaki yoğurtların hemen hepsi yurt dışı kaynaklı biyoteknolojik yöntemlerle üretilen "starter kültürler" ile üretiliyorlar.

Ayrıca yoğurt bakterileri olan *Streptococcus thermophilus* ve *Lactobacillus bulgaricus* birbirine bağlı, birbirinden ayrıyken optimum çalışamayan faydalı yoğurt bakterilerdir; yani yoğurt mayası başlıca bu iki bakteriden oluşur. Ancak bakterilerin probiyotik özelliği nispeten zayıftır.

Acidophilus bifidus yoğurdu (*Lactobacillus acidophilus*+*Bifidobacterium* spp.+yoğurtkültürü), Bifidus yoğurdu (*B. bifidum* ya da *B. longum*+yoğurt kültürü), Biyoğurt (*Lactobacillus acidophilus*+*Bifidobacterium* spp.+*S. thermophilus*), Bifiyoğurt (*B. longum*+*S. thermophilus*) ve Biogarde (*Lactobacillus acidophilus* + *Bifidobacterium spp.* +
S. termophilus) çeşitlerinin üretimine bağlı olarak farklı inoküasyon ve inkübasyon şartları geçerlidir. Aşağıda çeşitli probiyotik yoğurt inokülasyonu ve inkübasyon şartlarından bahsedilmektedir.

- ***Acidophilus*'lu süt (reform yoğurt):** Sadece *Lactobacillus acidophilus* saf kültürü ile üretilebilen bir süt ürünüdür. Optimum gelişim ısısı (37 ºC) vücut sıcaklığında olan lactobacillus acidophinıs kültürüyle hazırlanan yoğurtlara **reform yoğurt** denir.

Bilindiği gibi yoğurt bakterilerinin (*Str. thermophilus, L. bulgaricus'un*) optimum gelişim ısıları (42 ºC) vücut sıcaklığının biraz üzerindedir. Probiyotik yoğurt çeşitlerinin işleme tekniği sade yoğurda benzemekle beraber inkübasyonda farklılık görülür. İnkübasyon ısısı bu tip yoğurtta 37 ºC'dir. *L.acidophilus*, sütte yoğurt bakterileri kadar aktif değildir. Çokyavaş asit yaparlar bu sebeple daha fazla maya (yaklaşık olarak % 5-10) koymak gerekir. Ayrıca inkübasyon süresi de normal yoğurda göre 4-5 kat daha uzun, 12-14 saat kadar sürer. *L.acidophilus*'un sütteki faaliyeti ve asit yapma gücü zayıf olduğundan dikkatli çalışılmalı, bulaşıklığa fırsat verilmemelidir.

Resim 5.6: Acidophilus'lu Süt

- ***Acidophilus bifidus* yoğurt:** Mayalanma derecesine (42 ºC) kadar indirilmiş süte yoğurt kültürü (*L. bulgaricus, S. thermophilus* ve *Lactobacillus acidophilus+Bifidobacterium bifidum* kültürleri) katılarak elde edilen yoğurttur. Tüketime hazır ürünün 1 ml'sinde 10-30 milyon *Lactobacillus acidophilus* ve 10-30 milyon *Bifidobacterium bifidum* bulunur. *Lactobacillus acidophilus* ve *Bifidobacterium bifidum*'un sağlıklı yaşam için gerekliliği birçok araştırmacı tarafından bildirildiğinden *L. acidophilus* ve *B. bifidum, B. Longum*süt, pasta, peynir, tereyağı gibi ürünlerde birçok üründe yer almaktadır. *Acidophilus* yoğurdu Amerika, Avusturalya, Almanya'da üretilmektedir. *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus+Streptococcus thermophilus* yoğurt kültürüne ilave olarak *Lactobacillus acidophilus* kültürü kullanılır. Tüketime hazır ürünün 1 ml'sinde 20-50 milyon *Lactobacillus acidophilus* bulunur.
- **Aco yoğurt:** *Lactobacillus acidophilus*'un gelişimi için özel besin maddeleri ilave edilmiş süte, normal yoğurt kültürü ile % 0,25 liyofilize bağırsak orijinli *Lactobacillus acidophilus* kültürü katılarak, 42 ºC'de

inkübasyona tabi tutularakelde edilen yoğurttur. Tüketime hazır bu ürünün 1 ml'sinde 30 milyon civarında*Lactobacillus acidophilus* bulunur.

- **Proyoghurt:** Proteince zenginleştirilmiş olan ürün Şili'de üretilmektedir. Pastörize süt, %1-3 oranında *Str. diacelilactis* ve *Str. cremoris* (1:1) katılarak % 0,7-0,8 laktik asit oluşturuncaya kadar 12-18 saat fermantasyona tabi tutulmaktadır. Serum kısmı ayrıldıktan sonra pıhtıya krema ve % 0,5-1,0'lık *Lb.acidophilus* ve/veya *B.bifidum* kültürleri ilave edilir ve homojenizasyon uygulandıktan sonra soğutulur. Son ürün % 5 yağı % 6 protein ve % 3 laktoz içermektedir. Ürünün pH'sı ise 4,4-4,5 arasındadır.
- **Bioyoghurt:** Acidophilus'lu sütün tadı beğenilmediğinden tat ve aroma bakımından *Lb. acidophilus* ile yeni süt ürünleri yapılmıştır. Bioyoğurt; *Lb. acidophilus* ile *Str. thermophilus* veya *Lactobacoccus lactis* fermantasyonu ile elde edilen bir süt ürünüdür. *Lb. acidophilus*'un bu bakterilerle ortak yaşam içinde bulunduğu da bildirilmiştir.
- Bioyoğurt yapımında süt 85º- 95 ºC de 15 dakika kadar ısıtılır. 37º- 40 ºC'ye soğutulur. İçinde 2/3 oranında *Lb. acidophilus,* 1/3 oranında *Lc. lactissubsp. lactis* + *Str. thermophilus* bulunan kültürden % 5 kadar süte katılır. Mayalanmışsüt özel plastik veya diğer ambalajlarda doldurulur ve ambalajlar kapatıldıktan sonra 37º- 40º C de 90 – 100 dakika inkübasyonda bırakılır.
- Bakteri sütte çok yavaş geliştiğinden Acidophilus'lu süt üretiminde bakterilerin etkinliği arttırmak inkübasyon süresini kısaltmak amacıyla süte maya ekstraktı ve diğer bakteri gelişmesini teşvik edici maddeler katılır. Asidophilus'lu sütün tadı beğenilmediği için yeni arayışlara girişilmiştir. Bioyoğurt, *L. acidophilus* + *Streptococcus thermophilus* + *Lactococcus supsb. lactis*'in kombine fermantasyonu ile elde edilen süt ürünüdür. Süte ısıtılmadan önce şeker, kültürleberaber aroma maddeleri (limon, çilek vs) ilave edilir. Tadı beğeni kazanmıştır. Bioyoğurt üretiminde süte şeker, limon, mandarin, çilek vs. aroması katılmaktadır. Şeker süt ısıtılmadan önce, aroma maddeleri kültürle beraber süteilave edilmektedir.

Resim 5.7: Bioyogurt çeşitleri

Bioyoğurt yapımında *Lb. acidophilus* ve *Str. thermophilus* bakterileri kültür olarak kullanılır. Bu bakteriler ayrı ayrı mono kültür olarak bioyoğurda işlenecek süte katılabileceğigibi, yoğurtta olduğu gibi işletme kültürü olarak iki bakteri bir arada da katılabilmektedir.

- **Ara Mono Kültür;**
  - *Lb. Acidophilus* aşılanarak 24 saat 37 ºC'de inkübe edilir. Bu monokültürün pH = 3.95 olmalıdır.
  - % 2 *Str. thermophilus* otoklavdan geçirilmiş sütte 37 ºC'de 7 saatinkübe edilir. Son pH = 4.65 olmalıdır.

- **İşletme Kültürü**:
  - Süt 95 ºC'de ısıtılır. 44 ºC'ye soğutulur. % 1.5 maya ekstraktı ilave edilir. % 3 *Lb. acidophilus* ve % 2 *Str. thermophilus* kültürü ile aşılanır. 41 ºC'de 5 saat inkübe edilir. İşletme kültürünün son pH değeri 4.35 olmalıdır. Bu şekilde hazırlanan işletme kültürü, bioyoğurt yapılacak süte % 6 oranında aşılanarak 44-42 ºC'de 3 saat 15 dakika inkübasyona bırakılır. Ürünün son pH değeri 4.70 olmalıdır.

Bioyoğurdun tadı yumuşak bir ekşiliktedir. Kıvamı katıdır. *Lb. acidophilus* ile *Str. thermophilus* oranı üründe 1:3 durumundadır ve 10 kadar *Lb. acidophilus* ihtiva eder.

➢ **Bifiyoğurt:** Bifiyoğurt yapımında ise bağırsakta izole edilip geliştirilen *Lb. bifidus* ile *Str. thermophilus* kullanılmaktadır. Bu kültürlerin ayrı ayrı mono kültürleri hazırlanıp bunlardan işletme kültürü hazırlanarak bifiyoğurda işlenerek süte katılmaktadır.

- **Ara Mono Kültür;**
  - % 5 miktarında *Lb. bifidus* % 0.4 maya ekstraktı sütüne ilaveedilerek 37 ºC'de pH 4.25 oluncaya kadar inkübe edilir.
  - % 2 *Str. thermophilus* otoklavda sterilize edilmiş sütte 7 saat 37 ºC,pH 4.65 oluncaya kadar inkübe edilerek üretilir.

- **İşletme Kültürü**: Bu iki ara mono kültürden işletme kültürü hazırlamak için süt 95 ºC ısıtılır. 45 ºC'ye soğutulur. % 1.5 oranında steril maya ekstraktı ilave edilerek % 4*Lb. bifidus* ve % 2 *Str. thermophilus* mono kültürü ila aşılanır 41 ºC'de 5 saat müddetle inkübasyona bırakılır ve pH değeri 4.3 olunca soğutulur.

Resim 5.8: Bifi yoğurt çeşitleri

Bu şekilde hazırlanan işletme kültüründe çubuk: kok oranı yaklaşık 2:1 veya 3:1 olmalıdır. Bu şekilde hazırlanan işletme kültüründen % 6 oranında bifiyoğurda işlenecek süte katılır. 44-42 ºC'de süt 3 saat 15 dakika inkübasyona bırakılır. Son pH = 4.70 - 4.65 olduğu zaman aktif soğutma uygulanır. Soğutma sonunda pH = 4.60 olmalıdır. Bifiyoğurdunda katı bir kıvamı vardır. Tadı saf hafif süt asiti şeklindedir. Üründe çubuk kok oranı yaklaşık 2:1 olup 10 *Lb. bifidus* ihtiva eder.

- **Biogarde:** Biogarde yoğurt çeşidi *Lb. Acidinophilus, Lb. bifidus* ve *Str. thermophilus* kullanılarak elde edilmektedir. Bu bakterilerden kültür hazırlama işlemleri yukarıda verildiği gibi yapılmaktadır. Ancak biyogarde yapılacak süte aşılanacak *Str. thermophilus* miktarı*Lb. acidophilus* ve *Lb. bifidus*'un yarısı kadar olmalıdır. Biogarde üretimi bioyoğurtta olduğu gibi yapılır. Son mamulde yaklaşık olarak 10 *Lb. acidophilus* ve10 *Lb. bifidus* bakterisi bulunmaktadır.

- **Ara Mono Kültür;**
  - Lb. acidophilus buyyona aşılanarak 24 saat 37 ºC'de inkübe edilir.Bu mono kültürün pH = 3.95 olmalıdır.

- % 2 *Str. thermophilus*, otoklavdan geçirilmiş sütte 37 ºC'de 7 saatinkübe edilir. Son pH = 4.65 olmalıdır.

- **İşletme Kültürü:** Süt 95 ºC'de ısıtılır. 44 ºC'ye soğutulur. % 1.5 maya ekstraktı ilave edilir. % 3 *Lb. acidophilus* ve % 2 *Str. thermophilus* kültürü ile aşılanır. 41 ºC'de 5 saat inkübe edilir. İşletme kültürünün son pH değeri 4.35 olmalıdır. Bu şekilde hazırlanan işletme kültürü,bioyoğurt yapılacak süte % 6 oranında aşılanarak 44-42 ºC'de 3 saat 15 dakika inkübasyona bırakılır. Ürünün son pH değeri 4.70 olmalıdır.

Ticari starter kültürler;

1. Sıvı kültürler
2. Liyofilize (toz) kültürler
3. Dondurulmuş kültürler şekline bulunurlar.

Resim 5.9: Çeşitli probiyotik starter toz kültür örnekleri

5.4.1. Süte Kültür İlavesi (İnokülasyon)

Probiyotik yoğurt üretiminde probiyotik kültürler yoğurt starterlerinin yanında yardımcı kültür olarak eklenirler. Çünkü probiyotik bakteriler proteolitik aktivite eksikliğinden dolayı sütte yavaş gelişir ve yoğurt fermantasyonu istenen süreler içerisinde tamamlanamaz. Örneğin; sadece probiyotik kültür (*Lactobacillus plantarum* ve *Lactobacillus tolerans*) içeren sütün 6 saat fermantasyon koşullarında bekletilmesi sonunda pH 6,3'e ulaşmıştır. Yoğurt oluşumu için ise pH 4,5 olması gerekmektedir. Starter kültürlerle yapılan yoğurtlarda ise bu süreç 4-6 saat arasında tamamlanır.

Ön işlemlerden geçirilerek mayalanma (inkübasyon; 37 veya 43 ºC) sıcaklığına soğutulan süte % 2-5 oranında bakteri kültürü katılır. Sütü pıhtılaştırmak üzere starter kültür ilave etme işlemine inokülasyon denir. Bu amaçla elle manuel olarak yapılabileceği gibi; otomatik olarak istenilen maya miktarının (yoğurt kültürünün) hazırlanıp, kaplara otomatik dozajlandığı sistemlerde mevcuttur (Resim 5. 14**)**.

Resim 5.10: Otomatik maya dozajlama makine (maya tüpü/pompalı maya tüpü) ekipmanları

İnokülasyon set tipi yoğurt üretiminde iki şekilde olabilmektedir:

- Kaplarda ayrı ayrı aşılama: Ambalaj içinde mayalama sıcaklığına kadar soğuyan sütler tek tek şırınga ile mayalanır. Yoğurt üzerinde kalın bir kaymak tabakası bulunması istenilen hallerde uygulanan bir yöntemdir. Maya şırınga ile verildiği zaman sütün her tarafına iyice dağılıp karışamaz. Bu da yoğurt oluşumu ve mayalanma süresini uzatır.
- Toplu halde aşılama: Mayalama sıcaklığının 2-3 derece üzerine kadar soğutulansütün miktarına uygun olarak maya katılır ve iyice karıştırılır. Zaman geçirmeden mayalanmış süt ambalajlara doldurulur. Bu yöntemde fazla iş gücüne gerek olmaz. Ayrıca maya bütün kaplarda eşit olduğundan daima kaliteli ve standart yoğurt elde edilir.

Pıhtısı kırılmış tip (stirred) üretimde ise inokülasyon işlemi tanklarda gerçekleştirilmekte; inkübasyon işleminden sonra ambalajlama işlemine geçilmektedir.

5.4.2. İnkübasyon

Mikroorganizmaların faaliyeti için gerekli süre ve sıcaklık ortamını sağlayan devredir. Normal yoğurt üretiminde inkübasyon sıcaklığı 42-43 ºC iken, probiyotik yoğurtlarda insan vücut sıcaklığı olan 37 ºC'dir. Normal yoğurt üretiminde inkübasyon sıcaklığı 42-43 ºC iken, probiyotik yoğurtlarda insan vücut sıcaklığı olan 37 ºC'dir. Probiyotik kültür yoğurtları, aside dirençli olmaları nedeniyle geleneksel yöntem yoğurtlarına göre daha uzun raf ömrüne sahiptirler.

Probiyotik yoğurt üretiminde kullanılan mikroorganizma ve suşlarının özelliklerinden kaynaklanan farklı inkübasyon koşulları mevcuttur. Buna bağlı olarak mevcut uygulama iki farklı şekilde ifade edilmektedir:

- İnkübasyon odasında 2-3 saat 41-43 °C ve ortalama % 1-3 oranındaki mayada yoğurt bakterileri faaliyetlerini sürdürmelidir. İnokülasyon işleminden sonrainkübasyon işlemine geçilir. Bu işlemde starter eklenmiş süt, starterlerin optimum gelişme sıcaklığı olan 42-46 ºC'de fermantasyona bırakılır. İnkübasyon süresi ise istenilen özelliğe göre 2-4 saat arasında değişir. pH 4.5 olduğunda hızlı soğutma ile sıcaklık 15 derecenin altına düşürülmelidir. Bu işlem kıvamı etkiler. İnkübasyon sırasında proteinler pıhtılaşır ve bildiğimiz yapı oluşur. İnkübasyon sırasında yoğurdun aromasını veren bileşikler oluşur. Bu uygulama **kısa süreli inkübasyon** olarak adlandırılmaktadır.
- Bazı durumlarda inkübasyonun daha uzun süre devam etmesi istenir. Probiyotik yoğurt üretiminde kullanılan mikroorganizma ve suşlarının özelliklerinden kaynaklanan farklı inkübasyon koşulları mevcuttur. Böyle durumlarda inkübasyon sıcaklığı 43 °C'den 32–37 °C'ye düşürülmekte ve inkübasyon süresi 12–18 saate kadar çıkarılmaktadır. Buna da **uzun süreli inkübasyon** denmektedir. Mayalama sırasında sütün içine yabancı mikroorganizma bulaşmamasına dikkat etmek gerekir. İnkübasyon 37º-40º C'de 18-24 saat sürebilir. İnkübasyon süresi üzerine kültürün asitliği, katılan maya miktarı ve inkübasyon sonunda ve inkübasyon sonunda asitlik 40-45 SH civarında olmalıdır. Ürünün tat ve aroması sevilerek tüketilir nitelikte değildir. Bu nedenle işlenecek süte % 5-40 civarında şeker katarak tatta iyileştirme sağlanır. Ayrıca kültürle birlikte süte çilek, ahududu, mandarin, limon aroması ilave edilir. Bazı yerlerde süte %1 oranında kazein peptonu katarak bakterinin yaşam süresi uzatılır.

İnkübasyonda çıkarılan ürün soğuk odaya alınır ve burada dinlendirildikten sonra tüketilir.

5.4.3. Soğutma

Pıhtılaşma süresi tamamlandıktan sonra, mikroorganizmaların aktivitesini sonlandırmak amacıyla yoğurt hızlı bir şekilde 20 °C'nin altına soğutulmalıdır. Yoğurt yaklaşık 30-45 dakika içerisinde 10 °C'ye kadar soğutulur. Bunun için yoğurdu kısa bir süre oda ısısında beklettikten sonra soğutma yapılması idealdir. Soğutmanın ani yapılması yapı bozukluğuna, yetersiz yapılması ise tatta ekşiliğe neden olur. Soğutma işlemi sonrasında yoğurt satışa hazır hale gelir.

5.5. Ambalajlama ve Depolama

Günümüzde ambalajlama, ilk ürün geliştirme aşaması ve pazar gereksinimlerine göre uyarlanmasından, üretim, koruma, depolama, taşıma, dağıtım, reklam, satış ve son kullanıma kadar, ürünün her öğesinde devreye girdiğinden bu sürecin ayrılmaz bir parçası olmuştur.

5.5.1. Ambalajlama

Resim 5. 11: Çeşitli probiyotik yoğurtlar ve ambalajları

Üretimi tamamlayan bir işlem olan ambalajlamada, yanlış ambalaj seçimi ve kusurlu bir ambalajlama uygulaması, gıda işlemede yararlanılan üstün teknolojinin öneminin yitirilmesine neden olabilmekte ve büyük kalite kayıplarına yol açabilmektedir.

İçindeki probiyotik bakterilerin ölmemesi için yoğurdun sıcak yemeklerle birlikte tüketilmemesi gerekiyor. Bekletildiğinde tüm etkisini kaybettiği için paketi açar açmaz hemen yenmesi gerekiyor. Bu sebeple probiyotik yoğurtlar 100-125 gramlık ufak

paketlerde satılmaktadır **(**Resim 5. 11).

Son yıllarda insan sağlığına olumlu etkilerinden dolayı probiyotik gıdaların tüketimi artış göstermiştir. Bu sebeple, bu ürünlerin üretim yöntemlerinin birkaç teknolojik ve ekonomik durumunun en uygun hale getirilmesi gerekmektedir. Bu da probiyotik gıdaların töropatik aktivitelerinin raf ömrü süresince korunmasını için paketleme materyalinin geliştirilmesini kapsamaktadır. Uygun ambalaj materyalinin seçimi, bu ürünün tüketiciye ulaşıncaya kadar en uygun korumayı sağlayacaktır.

Ambalaj malzemesi neme dirençli olmalı, yağ, ışık, oksijen, koku geçirmemeli ve ağır metal iyonları içermemelidir. Bitkisel parşömen kâğıdı, PE filmler, ürünle temas eden tarafı parşömen kâğıdı veya LDPE ya da PVDC kaplanmış Al folyo, PVC veya PP kaplar belirtilenamaca uygun materyallerdir.

Probiyotik gıdalarda çoğunlukla kullanılan anaerobik ve mikroaerofilik türlerin ekolojisinden dolayı ürünün (gıdanın), depolama boyunca ürünün yarayışlılığının devamı, mikroorganizma ölümü ve toksisitenin önlenmesi için ambalaj içerisindeki oksijen düzeyininmümkün olduğunca düşük olması gerekmektedir.

5.5.2. Depolama

İçerdiği probiyotik bakterilerin, depolama süresince bulunmaları ve canlılıklarını devam ettirmeleri gerekmektedir. Bu nedenle probiyotik süt ürünlerinin depolanmasında tümiçsel ve dışsal faktörler göz önüne alınarak ambalaj materyalinin seçilmesi gerekmektedir. Probiyotik mikroorganizma içeren gıdaların kalitesi için depolama şartları ve paketleme materyalinin önemli bir faktör olmaktadır.

Probiyotik fermente süt ürünü üretiminin en önemli noktası probiyotik bakteri ve starter bakterilerin etkileşimidir. Bu etkileşim sinerjistik veya antagonistik olabilir. Antogonizm genellikle baktoriosin üretiminden kaynaklanır. Hidrojen peroksit, benzoik asit, laktik asit üretimi de laktik asit bakterilerinin ürettiği antogonistik özelliğe sahipbileşenlerdir. Probiyotik bakterilerin beklenen yararları sağlayabilmeleri için depolama süresi boyunca, yani tüketim anına kadar üründe canlı olarak kalması gerekir.

Depolama ve üretim süresince çözünmüş oksijene maruz kalma, *B. bifidum* ve *L. acidophilus*'a son derece zarar vermektedir. Genel olarak, tam anlamıyla anaerobik

olan bifidobakterler oksijene karşı *L. acidophilus*‘dan daha hassastır ancak, bu hassasiyet kullanılan suşlara bağlı olmaktadır. Bu durum önemli bir problemdir, çünkü marketlerde satılan probiyotik süt ürünleri ve yoğurtların hemen hemen hepsi oksijen geçirgenliği yüksekbir materyal olan plastik kaplarda bulunmaktadır.

Soğutma işlemi tamamlanan yoğurtlar 4 °C’lik depoda 1 gün bekletildikten sonra satışa sunulurlar. Yoğurt işlendikten sonra tüketilinceye kadar 1-2 hafta depo ömrü olmaktadır. Tüketimde probiyotiklerin raf ömrüne ayrıca dikkat edilmelidir.