

FERMENTE SÜT ÜRÜNLERİ TEKNOLOJİSİ

Fermente Süt Ürünleri ve İnsan Sağlığı Açısından Önemi

Sütün, çeşitli starter kültürler kullanılmak suretiyle fermente edilmesi sonucu (özellikle laktik asit fermantasyonu) oluşan, farklı aroma ve kıvama sahip süt ürünlerine; fermente süt ürünleri adı verilmektedir. Başlıcaları; yoğurt, ayran, kefir, kıymız, quark ve asidofiluslu süttür.

Fermente süt ürünlerinin besin değeri

Gıdaların besin değeri, bileşiminde yer alan maddelerin organizmaya olan uygunluğu dikkate alınarak değerlendirilmektedir. Bu bağlamda yoğurdun bileşiminde yer alan maddelerin organizma tarafından kolay alınabilecek ve sindirilebilecek yapıda olmasından dolayı, fermente süt ürünleri, besin değeri yüksek gıdalar arasında yer almaktadırlar.

Proteinler esansiyel amino asit içerikleri ve hammadde süte oranla proteininin hazmolabilirliğinin fazla olması sebebiyle, yüksek kaliteliye sahiptir. Ayrıca yoğurdun oluşumu proteinlerin ön parçalanmaya uğramış olması ile partikül büyüklüğünde meydana gelen küçülme ve ayrıca eriyebilir protein, protein olmayan azot ve serbest amino asit miktarındaki artışıdır. İlaveten; midenin pH'sı pepsinin çalıştığı optimum pH düzeyine inmekte ve fermente ürünlerinde ince dispers yapıda bulunan koagule olmuş kazein, proteolitik enzimler açısından ideal bir substrat olarak değerlendirilmektedir. fermente süt ürünleri mükemmel bir protein kaynağı olup, örnek olarak günde 200-250 mL yoğurt tüketilmesi sonucu, vücudun gereksinim duyduğu minimum hayvansal protein miktarı (15 g) karşılanabilmektedir.

Yoğurttaki yağlar; Üretim sırasında uygulanan homojenizasyon işlemi, yağın hazmolabilirliğini kolaylaştırmaktadır ve vücuda yayılsızlığı yükseltir. Fermantasyon sırasında kısmen hidrolizasyon işlemi de yağın vücut için kullanışlı ve yayılsız hale dönüşmesini sağlamaktadır.

-Laktoz

İnsan beslenmesi açısından laktoz önemli bir bileşendir. Özetle;

- 1) Enerji kaynağı olarak; 1 gram laktoz 4 kalori enerji sağlamaktadır.
- 2) Laktozun monosakkariti olan galaktoz; beyin ve sinir dokularının oluşumunda yer alır
- 3) Gastrointestinal olayları teşvik etmektedir.
- 4) Vücudun kalsiyum ve fosfordan daha iyi bir şekilde yararlanmasını sağlamaktadır.
- 5) Barsaklarda, istenmeyen mikroorganizmaların gelişimini engellemekte
- 6) Tipik barsak florasını geliştirici yönde etki etmektedir.

Fermente süt ürünlerinde bulunan laktozun hazmolabilirliği, fermantasyon sırasında hidrolize olmasına bağlı olarak süte oranla artmaktadır. Şöyle ki; sütteki laktozun yaklaşık 1/3'ü veya 1/2'si fermantasyonla hidrolize olmaktadır. Bu durum aynı zamanda laktaz enzimi eksikliğine sahip laktoz intoleransı gösteren kişiler açısından son derece önemlidir. Bunun başlıca nedeni; fermente süt ürünlerinin yapımında kullanılan kültürlerin laktaz enzimi oluşturması ve laktozu indirgemesidir.

-Laktik asit

FSÜ üretimi sırasında laktozun fermantasyonu sırasında laktik asit oluşmakta ve süte oranla laktik asit miktarında artış görülmektedir. Laktik asidin biyolojik ve fizyolojik fonksiyonları:

- 1) Fermente süt ürünlerinin kalite muhafazasını artırmaktadır.
- 2) Ürünlere hafif ekşimsi ve ferahlatıcı tat kazandırmaktadır.
- 3) Zararlı mikroorganizmalara karşı antigonostik etkiye sahiptir.
- 4) Gıdaların mideden geçiş hızını artırmaktadır.
- 5) Proteinlerinin ince pıhtılaşmasını sağlayarak hazmolabilirliğini artırmaktadır.
- 6) Kalsiyum, fosfor ve demirden yararlanmayı artırmaktadır.

-Vitamin

FSÜde bulunan vitaminlerin miktarı bazı faktörlere bağlı olarak değişim göstermektedir. Bu faktörler; Hammadde-çiğ süt karışımının vitamin içeriği; üretim sırasında sütün kurumaddesinin artırılmasına yönelik olarak yapılan işlemler vitamin miktarlarını etkilemektedir.

Isıl işlem: özellikle de yoğurt üretiminde kullanılan yüksek sıcaklık, C, B₆, B₁₂ ve folik asit miktarlarında kayıplara sebep olmaktadır. Ayrıca sütteki ermiş oksijen miktarı vitaminlerin ısıl işleme karşı duyarlılıklarını artırmaktadır.

Starter kültür tarafından kullanılma ve üretilme: kullanılan bakterinin cinsi, suşu, inokülüm miktarı ve fermantasyon koşulları belirleyici faktörler arasında yer almaktadır.

Depolama: yoğurdun depolanması sırasında folik asit ve B₁₂ vitamininde azalma; süte oranla kefirde B₁, B₂, B₁₂ vitaminlerinin kıymızda ise, B₂, B₁₂ ve pantotenik asit miktarlarının fazla olduğu ileri sürülmüştür.

Mineral maddeler

Süt ürünlere işlenirken sağlanan kurumadde artışı ile birlikte mineral madde miktarı da artmaktadır. En önemli mineral kalsiyumdur. Çünkü; FSÜ de bulunan kalsiyumdan vücut çok iyi yararlanmaktadır. Bundan laktik asit, laktoz ve D vitamini sorumludur, ayrıca demir ve fosfordan da yararlanmaktadır.

Fermente süt ürünlerinin insan sağlığı açısından önemi

- **Büyüme artırıcı etki:** önemli ölçüde kilo kazanımının belirlenmesi
- **Diyetetik ve terapötik etki:** Fermente süt ürünlerinin içerdikleri besin öğelerinin organizma tarafından daha kolay sindirilmesinden kaynaklanmaktadır, tükürük, safra suyu, pankreas suyu ve mide öz suyunun salgılarını artırıcı etkiye sahiptir.
- **Kolesterol düşürücü etki:** Kalsiyum, orotik asit, laktoz ve kazein kolesterolü düşürücü etkileri olduğu belirtilmekte ve fermente süt ürünlerinde bulunan hidroksetil glutaratın kolesterol sentezini önleyebileceği ifade edilmektedir.
- **Antimikrobiyal etki:** bu özellikler temelde laktik aside bağlanmaktadır. Bununla birlikte; belirli laktobasil suşlarının antibiyotik benzeri maddeler üretmeye yetkin oldukları ve böylelikle patojen mikroorganizmaların gelişimini, özellikle de ince barsaktaki Gram (-) bakterileri, inhibe ettikleri de ileri sürülmektedir.
- **Antikarsinojenik etki:** Fare deneylerinde yoğurt verilenlerde kanserli hücrelerin gelişmesinin %25- 36 oranında daha yavaş seyrettiği izlenmiştir.

Fermente süt ürünlerinin beslenme ve insan sağlığı açısından önemi

- 1) Mide asitliğine etki etmektedirler.
- 2) Proteinlerin hazmolabilirliğini ve yararlılığını artırmaktadır.
- 3) Doğal proteinlere karşı görülen alerjik reaksiyonlar azalmaktadır.
- 4) Yağların sindirimi ve absorpsiyonu kolaylaşmaktadır.
- 5) Vücudun kalsiyum, fosfor ve demirden yararlanmasını artırmaktadır.
- 6) Laktoz intoleransı olan kişilerce daha kolay tüketilmektedirler.
- 7) Sindirim salgılarını (tükürük, safra suyu, pankreas suyu ve mide özsu) artırıcı etkiye sahiptirler.
- 8) B₁, B₂, folik asit ve niasin miktarı artmaktadır.
- 9) Antimikrobiyal, antikarsinojenik ve kolesterol düşürücü etkileri olduğu ileri sürülmektedir.
- 10) Kalite muhafazası sağlamaktadırlar.
- 11) Duyusal kaliteyi artırmaktadırlar.
- 12) Bağışıklık sistemini uyarıcı etkisi bulunmaktadır.
- 13) Osteoporoz riskini azaltıcı etkisi olduğu öne sürülmektedir.
- 14) Antibiyotik tedavisinin ve radyoterpinin yan etkilerini azaltıcı etkisi bulunmaktadır.

Yoğurt Teknolojisi

Yoğurt, sütün *Streptococcus termophilus* ve *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus* bakterilerinin laktik asit fermantasyonu ile meydana gelen koagüle bir süt ürünüdür. Yoğurt iki alt grupta sınıflandırılabilir;

1. Set Yoğurt : Süt bulk starter kültürüyle inoküle edildikten sonra hemen paketlenir ve inkübasyona paketlenmiş olarak girer.
2. Stirred Yoğurt: Bu tip yoğurtların yapımında inokülasyon ve inkübasyon işleminden sonra ürün hemen karıştırılıp soğutulmakta ve paketlenmektedir.

Geleneksel yoğurt yapımında izlenen yol Şekil 4.1'de gösterildiği gibidir.

Süt

Kaynatma

Soğutma (Kontrolsüz)

Mayalama (önceki yoğurt)

İnkübasyon (Kontrolsüz)

Soğutma

Tüketim

Şekil 4.1. Geleneksel yoğurt üretiminin şematik gösterimi

Geleneksel yöntemle yoğurt üretimin başlıca sakıncaları;

1).Birbirini takip eden inokülasyonlarda yoğurt starter bakterileri arasındaki denge bozulduğundan yoğurdun standart tektürel ve duyuşal özellikleri bozulmaktadır.

2).Optimum inkübasyon sıcaklığı olan 42-43 °C'nin sağlanması ve korunması her zaman mümkün olmadığından düşük sıcaklıklarda yavaş asitlik gelişimi difikasyonu inkübasyon süresinin uzamasına ve yoğurdun kalitesinin olumsuz yönde etkilenmesine neden olmaktadır.

3).Kontrolsüz ısı işlem nedeniyle besin değeri düşmekte ve pişmiş tat" gibi kusurlar oluşmaktadır.

Bununla birlikte Şekil 4.2'de gösterilen endüstriyel yoğurt üretiminde;

- İnkübasyon sıcaklığının kontrolü sürekli ve otomatik olarak sağlandığı için starter bakterilerin gelişmelerinde dalgalanmalar oluşmamakta ve her zaman standart kalitede ürün elde edilmekte
- Isıl işlem kontrollü olarak uygulandığı için sütün besin değerine olabildiğince az zarar verilmekte
- Soğutma işlemi hızlı, depolamada asitlik gelişimi kontrollü ve ürünün raf ömrü uzamaktadır.
- Aseptik koşullarda çalışıldığı için mikrobiyel kontaminasyon riski düşük düzeyde kalmaktadır.,

Yoğurt üretiminde uygulanan işlemler

- Sütün kabulü

Yoğurda işlenecek sütün şu niteliklere sahip olması gerekmektedir:

1. Sağlıklı hayvandan elde edilmiş olmalıdır. Mastitisli sütler zayıf yapı tuzlu aromaya neden olur.
2. Bakteriyolojik kalitesi iyi olmalıdır.
3. Tat ve kokusu normal olmalıdır
4. Bileşimi normal olmalıdır. Özellikle protein içeriği
5. Antibiyotik, deterjan kalıntıları ve bakteriyofaj gibi inhibitör maddeler içermemelidir. İnhibitör maddeler yoğurt üretiminde starter bakterilerin gelişmesini önleyerek zayıf konsistense, düşük viskoziteye ve serum ayrılmasına neden olmaktadır.

- Klarifikasyon

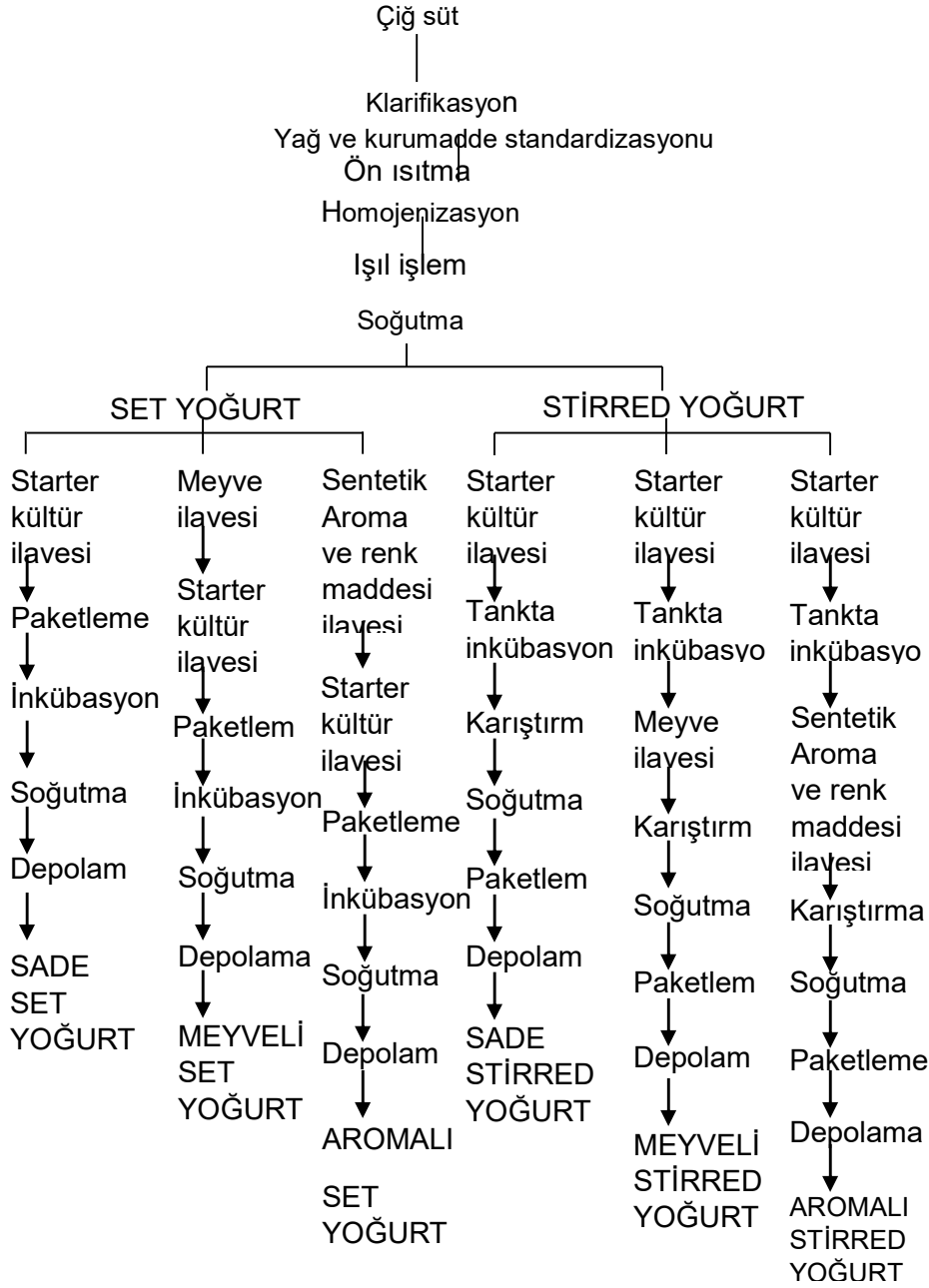
Klarifikasyon sütün içinde bulunabilen yabancı maddeleri, görülebilen pislikleri, sağım sırasında memeden gelen epitel hücreleri ve lökositleri ayırmak için klarifikatör veya standart süt separatörleri ile yapılan bir işlemdir. Bu maddelerin uzaklaştırılmasında santrifüj kuvvet etkisinden yararlanır.

- Yağ standardizasyonu

Türk Gıda Kodeksi Fermente Sütler Tebliği'nde yoğurtlar yağ içeriğine göre gruplara ayrılmaktadır bu nedenle yağ standardizasyonu yasal bir zorunluluktur. Aynı zamanda yağ standardizasyonu ile sütün fazla yağı alınarak tereyağı yapımında kullanılmakta ve bu durum işletme için ekonomik olmaktadır.

- Tam yağlı yoğurt > % 3.8,
- Yağlı yoğurt > % 3.0
- Yarım yağlı yoğurt > %1.5,
- Yağsız yoğurt < % 1.5

Yağ standardizasyonunda; süt yağı separatörde mekanik yolla uzaklaştırılmakta ve ayrılan krema kısmen tekrar yağsız sütle istenilen oranda karıştırılmaktadır. Fazla krema ise ayrılmaktadır



Şekil 4.2. Endüstriyel yoğurt üretim akımı

- Kurumadde standardizasyonu

Yoğurda işlenecek sütün kurumadde artırımının temel gerekçesi, son üründe arzu edilen fiziksel ve duyu niteliklerin elde edilmesi ve tüketici beğenisinin sağlanmasıdır. Özellikle sütün protein içeriğinin artırılması daha kıvamlı bir ürün elde edilebilmektedir. Kurumadde standardizasyonu yasal düzenlemeler ile de zorunlu kılınmıştır. Türk Gıda Kodeksi Fermente Sütler Tebliği'nde yoğurda işlenecek sütün yağsız kurumadde düzeyinin en az % 12 olması istenmektedir. Sütün yağsız kurumadde içeriğinin artırımında birçok yöntem kullanılmaktadır. Bunlar:

- Sütü kaynatma
- Süttozu ilavesi
- Evaporasyon
- Yayıkalı tozu ilavesi
- Kazein, kazeinat ve co-presipitate katımı
- Peyniraltı suyu tozu ya da konsantresi katımı, serum proteinleri ya da konsantresi katımı
- Membran filtrasyon teknikleri (Ultrafiltrasyon ve Hiperfiltrasyon)

a-Kaynatma

Bilinen en eski yöntemdir. Kaynatma süresine bağlı olarak değişmekle birlikte sütün orijinal su içeriğinin yaklaşık 1/3'ünün buharlaştırılması ile toplam kurumadde konsantrasyonu artmaktadır. Ancak kontrolsüz koşullar altında gerçekleştirildiğinden sütün beslenme değerinde büyük ölçüde kayıp meydana gelmektedir. Bu nedenlerle de tavsiye edilen bir yöntem değildir. Ancak evlerde yoğurt yapımında kullanılmaktadır.

b-Süttozu ilavesi

Süttozu ilavesi ile sütün kurumadde içeriğinin artırılması küçük ya da orta ölçekli yoğurt üretiminde en yaygın olarak kullanılan yöntemlerden biridir. Süttozu ilavesi ile koyulaştırılan sütlerden üretilen yoğurtların fiziksel ve duyu özelliklerinde belirgin iyileşmeler sağlanmaktadır. Bu amaçla genellikle yağsız süttozundan yararlanılmaktadır. Yağsız süttozu ilavesi ile sütün yağ dışındaki bileşenlerinin konsantrasyonunda artış sağlanmaktadır.

Katılacak süttozu miktarının literatürlerde %1 ile %6 arasında değişen oranlarda olduğu belirtilmekle beraber optimum oran %3-4'tür. Fazla miktarda katılması üründe pütürlü yapı ve tozumsu tat meydana getirmektedir. Yoğurt sütüne katılacak süttozunun ıslanabilme ve eriyebilme niteliğinin, tat ve kokusunun iyi olması gerekmektedir. Süttozu ilavesi yapıldığı anda sütün sıcaklığı 40 °C'yi geçmemeli ve gerekli süttozu katıldıktan sonra süt tozu tamamen erimesi için karıştırma işlemi uygulanmalıdır. Aksi halde üründe hissedilir pütürlü yapı oluşmaktadır.

c-Evaporasyon

Yoğurda işlenecek sütün kurumaddesinin artırımında yaygın olarak kullanılan metotlardan biridir. Genellikle süttozu ilavesine alternatif yöntem olarak kullanılmaktadır. Ancak ekonomik nedenlerden dolayı küçük ve orta ölçekli işletmelerde tercih edilmemektedir. Bu yöntem, düşük basınç altında (0.5-0.6 bar) sütün kaynama noktasını düşürerek (60-65 °C) suyun buharlaştırılması prensibine dayanmaktadır. Evaporasyon işlemi tüm süt bileşenlerinde artış sağlanmaktadır. Yaklaşık olarak %10-25'lik bir evaporasyon sütün kurumadde içeriğinin %1-3 oranında artış meydana getirmektedir. Evaporasyon işlemi ile yoğurt pıhtısının sıklığı artmakta ve yoğurt kalitesi iyileşmektedir.

d-Membran filtrasyon teknikleri

Sütün kurumadde içeriğini artırmak için uygulanan ultrafiltrasyon ve hiperfiltrasyon (ters osmoz) membran filtrasyon teknikleri olup her iki yöntemde de yüksek polimerli maddelerden ya da selüloz asetattan yapılan yarı geçirgen membranlar kullanılmaktadır. 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. Hiperfiltrasyon yönteminde membrandan sadece su molekülleri membranda geçmekte ve diğer süt bileşenleri membranda tutulmaktadır. Ultrafiltrasyon yönteminde ise su molekülleri, laktoz ve mineral maddeler membrandan geçerken protein membranda tutulmaktadır. Yoğurt jelinin oluşumu temel olarak proteinler arası interaksiyonlara bağlı olduğundan sütün protein içeriğinin artırılması yoğurtta arzu edilen tekstürel özelliklerin elde edilmesinde önem taşımaktadır. Bu nedenle de ultrafiltrasyon tekniği yoğurt üretiminde yaygın bir kullanım alanı bulmuştur. Ultrafiltrasyon yöntemiyle konsante edilen süttten viskozite ve kıvam bakımından daha yüksek kaliteli ürün elde edilmektedir.

- Homojenizasyon

Homojenizasyon, yüzeyde krema tabakasının oluşmasını önlemek için süt yağ globüllerinin çok küçük boyutlara parçalanmasına dayanan, sıcaklık ve basıncın bir arada uygulandığı bir işlemdir. Homojenizasyon işlemi ile yoğurda işlenecek sütte yağ globülleri basınç ve sıcaklığın etkisiyle çok küçük boyutlara parçalanmakta, süt serumu ile süt yağı arasında homojen bir emülsiyon sağlanmakta ve yüzeyde kaymak tabakası oluşumu önlenmektedir. Homojenizasyon işlemi ile birlikte yoğurt üretiminde kullanılan sütte meydana gelen fizikokimyasal değişimler sonucunda asıltı formdaki süt bileşenlerinin konsantrasyonu arttığından elde edilecek ürünün viskozitesi artmakta, konsistensi (pıhtı sıklığı) iyileşmekte ve serum ayrılması azalmaktadır. Ayrıca homojenizasyon işlemi sonucunda yağ globüllerinin boyutu küçülüp sayıları arttığından globüllerin güneş ışığını yansıtma kapasiteleri de artmakta ve yoğurt daha beyaz bir görüntüye sahip olmaktadır. Ek olarak, yağın homojen bir şekilde dağılmasından dolayı ürünün aroması daha iyi olmaktadır. Homojenizasyon işleminin en belirgin olumsuzluğu lipolize bağlı acı tat oluşumunu tetiklemesidir. Yağ globüllerinin yüzey alanı arttığından, starter bakteriler tarafından sentezlenen lipaz enziminin etki edebileceği substrat miktarı artmakta ve

lipoliz olasılığı da yükselmektedir. Yoğurt pıhtısının optimum viskozitede olması için homojenizasyon işlemi 60°C'de ve 200 kg/cm² basınçta yapılması önerilmektedir.

4.2.2.5. Isıl işlem

Isıl işlem yoğurt teknolojisinde uygulanan en önemli endüstriyel işlem basamakları arasında yer almaktadır. Bu önem yalnızca, yoğurt ve benzeri ürünlerin bakteriyolojik kalitesinin iyileştirilmesi ve tüketim güvenilirliğinin en üst düzeye taşınması amacıyla kaynaklanmamaktadır. Isıl işlem aynı zamanda bu ürünlerin tekstürel açıdan uygun özelliklere sahip olmasından kaynaklanmaktadır. Ayrıca, ısı uygulaması ile hem ortamda yer alan doğal mikroorganizmalar uzaklaştırılarak standart bir ürün elde edilmesi amacıyla kullanılan starter kültürlerin gelişimi için uygun ortam koşulları yaratılmakta hem de bu starter organizmaların gelişimini teşvik eden maddeler oluşmaktadır. Buna göre; yoğurt üretiminde ısı işlem uygulamasının nedenleri aşağıda belirtilmiştir.

- Patojen mikroorganizmaların imhası
- Yoğurdun kalitesini olumsuz yönde etkileyen mikroorganizmaların büyük çoğunluğunu imha ederek ürünün kalite muhafazasını sağlamak
- Sütte doğal olarak bulunan enzimlerin inaktivasyonunu sağlamak
- Yoğurt starter kültürleri için uygun ortam sağlamak
- Süt bileşenlerinin fizikokimyasal özelliklerinde değişiklikler meydana getirmek

Çiğ sütte yer alan mikroorganizmaların çok büyük bir kısmı ile hemen hemen tüm patojen mikroorganizmalar 72-75 °C/ 15-30 saniye ve 63-68 °C/25-30 dakika ısı işlem uygulamaları ile sonucunda elemine olmaktadır. Yine benzer şekilde, çok yüksek sıcaklıklarda kısa süreli ısı uygulamaları (UHT, 135-140 °C/2-6 saniye) sonucunda da spor formundaki mikroorganizmalarda dahil olmak üzere tüm canlı organizmalar %99.9 oranında inaktive olmaktadır. Ancak, bu sıcaklık süre normları yoğurt teknolojisine uygunluk göstermemektedir. Bunun temel nedeni, yoğurt üretiminde karakteristik pıhtı stabilitesinin elde edilebilmesi için globüler serum proteinlerinde belirli bir denatürasyon düzeyine ulaşılması ve serum proteinleri (özellikle β-laktoglobulin) ile k-kazein arasında spesifik inreaksiyonların teşvik edilmesi gerekmektedir. Uygun tekstürel özelliklere sahip bir yoğurt üretimi için serum proteini denatürasyon oranının >%85-90 arasında olması istenmektedir. Bu düzeyde bir denatürasyon oranına ulaşılabilmesi için ise 90-95 °C'de 5-10 dakika veya 80-85 °C'de 20-30 dakikalık bir ısı işlem normunun uygulanması gerekmektedir.

- Soğutma

Isıl işlemden sonra süt yoğurt bakterilerinin optimum gelişme sıcaklığı olan 42-45 °C'ye soğutulur.

- İnokülasyon ve yoğurt starter kültürleri

Starter kültür, yoğurda istenilen duyuşsal, tekstürel ve reolojik özellikleri kazandıran ve son üründe standard kalite özelliklerinin oluşmasını olanaklı kılan seçilmiş tek ya da karışık suşları içeren mikroorganizmalardır. Yoğurt üretiminde starter kültür olarak, *Streptococcus thermophilus* ve *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* bakterilerini içeren termofilik karakterli karışık kültürler kullanılmaktadır. Yoğurt üretiminde starter kültür, pıhtının oluşması için laktik asit fermantasyonunu gerçekleştirmek ve ürüne özgü karakteristik tat ve aromayı oluşturmak için kullanılmaktadır. Yoğurt starter kültüründe *Streptococcus thermophilus* ve *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* arasındaki oranın 1:1 olması istenir. Yoğurt starter bakterileri arasındaki simbiyotik ilişki nedeniyle karışım kültürlerin asit geliştirme, tat-aroma bileşenlerini sentezleme, tekstür oluşturma kapasiteleri yüksektir.

Üretim yöntemi, bakteri sayısı ve kullanım durumlarına göre yoğurt üretiminde kullanılan ticari starter kültürler aşağıdaki gibi gruplandırılmaktadır:

- Sıvı kültürler
- Toz kültürler
 - Konsantre edilmemiş kurutulmuş kültürler
 - Konsantre liyofilize (dondurularak kurutulan) kültürler
 - Süper konsantre liyofilize kültürler (DVS)
- Dondurulmuş kültürler
 - Konsantre edilmemiş – 20 °C'de dondurulmuş kültürler
 - Konsantre edilmiş ve -40/-80 °C'de derin dondurulmuş kültürler
 - Konsante edilmiş ve sıvı azot gazında – 196 °C'de dondurulmuş kültürler (DVS)

Süper konsantre liyofilize kültürler ile – 196 °C'de dondurulmuş kültürler DVS (direct -vat-set, direkt

kazan kültürü) kültür olarak adlandırılmaktadırlar ve yoğurt üretiminde herhangi bir çoğaltmaya gerek kalmadan direkt kullanılabilirler. Diğer kültür tipleri ise bulk kültürde (işletme kültürü) yeterli bakteri yoğunluğunun sağlanabilmesi için çoğaltma işlemine tabi tutulmaktadır. Süt fabrikalarında süt içine inoküle edilmek üzere hazırlanan starter kültüre bulk starter kültürü denir. Bulk starter kültür üretiminde kullanılacak sütün protein içeriği yüksek ve bakteriyolojik kalitesi iyi olmalı, 1. sınıf süt niteliği taşıması gerekmektedir. Belirtilen bu nitelikler rekonstitüe yağsız süt kullanıldığında daha iyi sağlanabildiğinden; bu amaçla çok iyi kaliteli, düşük ısı ve sprey yöntemi ile kurutulmuş yağsız sütün kullanılmasıdır.

Starter teknolojisindeki gelişmelere bağlı olarak günümüzde çoğaltmalı kültürler yerine çoğaltmaya gerek kalmadan direkt süte ilave edilen konsantre kültürlerin kullanımı yaygınlık kazanmış ve büyük ölçekli yoğurt işletmelerinde DVS kültürler yerini almış durumdadır. Orta ve küçük ölçekli işletmelerde ise halen çoğaltmalı kültürler kullanımı devam etmektedir.

Yoğurda işlenecek süte starter kültürü ilave edilmesine inokülasyon; katılan starter kültürü miktarına da inokülüm miktarı denilmektedir. Yoğurt üretiminde kullanılacak inokülüm miktarı minimum % 0.5-1 ve maksimum % 5'dir. Minimum inokülasyon oranında; inkübasyon sırasında asitlik gelişimi çok yavaş gelişmekte ve inkübasyon süresi uzamaktadır. Maksimum inokülasyon oranında ise; çok hızlı ve fazla asitlik gelişiminden dolayı yoğurdun yapısı ve aroması olumsuz yönde etkilenmektedir. Bu nedenlerden dolayı; optimum inokülasyon oranı %2'dir.

- Ambalajlama, kaplara dolum

Ülkemizde genel olarak yoğurt (set tipi) üretiminde fermantasyon yoğurt kapları içerisinde gerçekleşmektedir. Yoğurt kaplarının dolumu iki farklı şekilde yapılmaktadır. Küçük ölçekli üretimlerde kültür ayrı bir yerde aseptik olarak hazırlandıktan sonra maya tabancaları aracılığıyla süt dolu kaplara istenilen miktarlarda inoküle edilmektedir. Bu uygulamanın en önemli sakıncası tüm kapların inokülasyonu için geçen süre uzun olmaktadır. İnokülasyon işleminin başı ile sonu arasında zaman farkının uzaması aynı seri ürünlerin inkübasyon çıkış pH değerlerinin farklı olmasına neden olacaktır. Bu durum ise standart bir ürün elde edilmesini güçleştirmektedir. Ayrıca, dolum sırasında kontaminasyon riski bulunmaktadır. Alternatif bir inokülasyon tekniği; pişirme kazanlarında inokülasyon sıcaklığına kadar soğutulan sütlere istenilen düzeyde starter kültür ilave edildikten sonra etkin bir karıştırma gerçekleştirilmekte ve kaplara dolum yapılmaktadır. Diğer yöntemde ise; tanktan paketlemeye geçerken hatta sütün inokülasyonu gerçekleştirilmektedir.

- Inkübasyon

Inkübasyon süreci, yoğurt üretiminin en önemli işlem basamaklarından birisidir ve yoğurdun karakteristik tat-aroma ve tekstürel özellikleri inkübasyon işleminin başarısı ile doğrudan ilişkilidir. Starter kültür katılmış sütün inkübasyonu yoğurt starter kültürlerinin optimum gelişme sıcaklıkları olan 42-45 °C'de ve asitlik 4.6 pH'ya ulaşıncaya kadar yapılmaktadır.

Yoğurt pıhtısının oluşumu 5.1-5.2 pH da başlamakta ve 4.6-4.7 pH' da tamamlanmaktadır. Yoğurt pıhtısının oluşumu, kazeinlerin asitlik gelişimi ile destabilizasyonu ve ısı ile denatürasyona uğramış serum proteinlerinin stabilitesini yitirmiş kazeinler ile interalsiyona girmesi prensibine dayanmaktadır. Yoğurt oluşumu kısaca şöyle özetlenebilir: Süt şekeri (laktöz) starter bakteriler tarafından enerji gereksinmelerini karşılamak üzere tüketilmektedir. Starter bakterilerin metabolik aktiviteleri sonucunda laktöz laktik aside dönüşmektedir. Laktik asit konsantrasyonunun artmasıyla birlikte kazein miselleri stabilitesini kaybetmektedir. Isı uygulamasının etkisiyle denaturasyona uğrayan serum proteinleri (özellikle β-laktoglobulin) kazein ile birleşmektedir. Asitlik pH 5.1-5.2 değerine ulaştığında kazeinlerde agregasyon başlamakta ve pH 4.6-4.7'de agregasyon tamamlanmaktadır.

Inkübasyon sonu asitliğin doğru olarak tespit edilmesi yoğurt kalitesi açısından önemlidir. Burada, kullanılan starter kültürün aktivitesi, inokülüm miktarı ve inkübasyon sıcaklığı etkili olmaktadır. Bu uygulama yaklaşık 3-3.5 saat sürmekte ve kısa süreli inkübasyon olarak adlandırılmaktadır. Bazı durumlarda ise 30-37 °C'de 7-8 saat süren uzun süreli inkübasyon yöntemi uygulanır. Bu yöntemin yoğurtta over-asidifikasyonu önlemesine karşın, son üründe serum ayrılması riskini artırması, aroma oluşumunu yavaşlatması, enerji ve zaman kaybı gibi sakıncaları bulunmaktadır.

4.2.2.10. Soğutma

Soğutma, starter bakterilerin gelişimi ve enzimatik aktiviteyi kontrol altına almak için uygulanan önemli bir aşamadır. Yoğurt üretiminde kullanılan starter bakterilerin (*Streptococcus thermophilus* ve

Lactobacillus delbrueckii subsp. *bulgaricus*) metabolik aktiviteleri <10 °C'de büyük ölçüde yavaşlamaktadır. Dolayısıyla, inkübasyon sonrası asitlik gelişiminin kontrol altına alınabilmesi için fermantasyon sonrasında istenilen asitlik düzeyine (4.6-4.7 pH) ulaşıldıktan sonra sütün sıcaklığı 10 °C'nin altına düşürülmelidir. Ters durumda starterlerin metabolik faaliyetleri ve dolayısıyla asitlik gelişimi devam edecektir. Buna bağlı olarak da üründe istenmeyen tat-aroma oluşacak, serum ayrılması artacak ve yüksek depo asitliği (after-asidifikasyon) adı verilen olumsuzluk meydana gelecektir.

KAYNAKLAR

- Anonymous, 1984. Türk Standartları Enstitüsü. TS 3810 Ayran Standardı. Necatibey cad. 112-Bakanlıklar, Ankara.
- Anonymous, 2001. Türk Gıda Kodeksi Fermente Sütler Tebliği. Tebliğ No: 2001/21,. 03.09.2001, sayı: 24512.
- Atamer, M., Gürsel, A., Tamuçay, B., Gençer, N., Yıldırım, G., Odabaşı, S., Karademir, E., Şenel, E., Kırdar, S. 1999. Dayanıklı Ayran Üretiminde Pektin Kullanım Olanakları Üzerine Bir Araştırma. Gıda Dergisi, 24(2) 119-126.
- Köksoy, A. ve Kılıç, M. 2003. Ayranın Yapısal Özellikleri. Süt Endüstrisinde Yeni Eğilimler Sempozyumu. Bildiriler Kitabı. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi, İzmir.
- Sezgin, E. tarihsiz. Fermente Süt Ürünleri. Ders Notları. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Süt Teknolojisi Bölümü Ankara (Basılmamış).
- Koroleva, N.S., 1988. Technology of Kefir and Kumys. Science and Technology of Fermented Milks. Bulletin of IDF 227.
- Kosikowski, F. V. 1997. Cheese and Fermented Milks. F. V. Kosikowski L.L.C. Publ., Ithaca, New York, 304 p.
- Kurmann, J.A., Rasic, J.L., and Kroger, M., 1992. Encyclopedia of Fermented Fresh Milk Products. Published by Van Nostrand Reinhold, NewYork, p. 156-161.
- Metin, M. 1998 .Süt Teknolojisi : Sütün Bileşimi ve İşlenmesi. Ege Üniversitesi Basımevi. İzmir, 793 s.
- Özer, B. 2006. Yoğurt Bilimi ve Teknolojisi. Sidas Medya Ltd. Şti., İzmir, 488 s.
- Yaygın, H. 1992. Kımız ve Özellikleri. Akdeniz Üniversitesi Basımevi, Antalya, 69 s.
- Yaygın, H. 1999. Yoğurt Teknolojisi. Akdeniz Üniversitesi Basımevi, Antalya, 331 s.
- Yetisemiyen, A. (Editör). 2010. Süt Teknolojisi (Bölüm 1), Ankara Üniversitesi Yayınları No:1560, Ankara Üniversitesi Basımevi, Ankara, Türkiye, 298 sayfa. ISBN: 978-975-482-750-7.