

## **İÇME SÜTÜ TEKNOLOJİSİ\_3**

### **Pastörize sütün dayanımı**

Pastörize süt, UHT sterilize süte kıyasla kısa ömürlüdür. Ortalama koşullarda ve soğukta saklandığında sütün nitelikleri 10-20 gün süreyle korunabilir. Bazı ülkelerde, buzdolabı sıcaklığında saklanan sütün 3-9 gün dayanımı yeterli görülmektedir. Bazı ülkelerde ise 2-3 günlük raf ömrü genellikle yeterli kabul edilmektedir. Predominant mikroorganizma çeşidi ne olursa olsun, pastörize sütteki canlı mikroorganizma sayısı mililitrede  $10^6$  – $10^7$  kob (koloni oluşturan birim) düzeyine ulaştığında raf ömrü sona ermektedir. Pastörize sütün raf ömrünü kısaltan faktörler şunlardır:

- Üretimde mikrobiyolojik kalitesi kötü, özellikle termodurik bakteri sayısı mililitrede 10 000 kob'den fazla olan çiğ süt kullanılması.
- Sütün 78°C'nin üzerindeki sıcaklıklarda 20 saniyeden daha uzun süreyle pastörize edilmesi.
- Pastörizasyondan sonra süte psikrotrof bakterilerin bulaşması.
- Pastörize sütün tüketilinceye kadar 5°C'den yüksek sıcaklık derecelerinde saklanması.
- Pastörize sütün şeffaf cam, şeffaf plastik, beyaz pigmentli plastik gibi ambalaj materyallerinden yapılmış paketlere doldurulması ve bu nedenle gün ışığının etkisine maruz kalması.

### **Pastörize sütün nitelikleri**

#### **- Besleyici değeri**

Isıl işlem uygulaması ile süt proteinleri midedeki asit ortamda daha ince zerreliliği oluşturabilmekte ve sindirim enzimleri tarafından kolayca parçalanabilir hale gelmektedir. Bu nedenle, pastörize sütteki proteinlerden vücudun yararlanma oranının yüksek olduğu belirtilmektedir.

Kalsiyum, fosfor gibi mineral maddelerin yarıyışlılığı açısından pastörize sütle çiğ süt arasında farklılık olmadığı kabul edilmektedir.

Süt yağının besleyici niteliği üzerinde pastörizasyon işleminin olumsuz herhangi bir etkisi bulunmamaktadır.

Pastörizasyon uygulaması ile sütün vitamin içeriğinde meydana gelen değişimler beslenme açısından önemsiz görülmektedir. Yağda çözünen A, D ve E vitaminleri ile suda çözünen vitaminlerden riboflavin (B<sub>2</sub>), pantotenik asit (B<sub>3</sub>), nikotinik asit ve biyotin pastörizasyon işlemi sırasında önemli bir kayba uğramamaktadır.

Sütün laktoz içeriğinde pastörizasyon işlemi sonucunda beslenme bakımından olumsuz herhangi bir değişim meydana gelmemektedir.

#### **- Görünüş ve rengi**

Pastörize süt çiğ süte göre daha beyaz bir renge sahiptir. Bunun nedeni ısıl işlem uygulamasına bağlı olarak sütün ışığı yansıtma özelliğinin artmasıdır.

Diğer taraftan, homojenizasyon işlemi sütün renginde pastörizasyondan daha fazla beyazlaşma sağlar. Gereğine uygun şekilde yürütülen bir homojenizasyon işlemi ile süt yağı daha küçük parçalara bölünür ve tüm süt kitlesi içerisinde homojen bir şekilde dağılır, böylece yağ globüllerinin ışığı yansıtma özelliği artar ve renk daha beyaz görünür. Ayrıca, homojenizasyon, kaymak tabakası oluşumunu gidererek daha tekdüze bir beyazlık sağlar. Yeterli bir homojenizasyon ile yağ globüllerinin en az %90'nın çapı 2 mikronun altına düşürülür. Bu nedenle, homojenize edilen pastörize sütte krema katmanının var olması kusur sayılır.

#### **- Tekstürel özellikleri**

Pastörize süt, normal olarak, pürüzsüz ve homojen tekstüre sahip, serbest akış özelliği gösteren bir sıvıdır.

Pastörize sütlerde aşağıdaki koşullarda tekstür kusurları meydana gelebilir:

- Çiğ sütün termodurik psikrotrof bakteri sayısının yüksek olması.
- Çiğ sütün protein stabilitesinin bozulmuş olması.
- Süte sünme yapan bakterilerin bulaşması.
- Pastörize sütün soğukta muhafaza edilmemesi.

#### - Tadı

Taze çiğ süt, normal olarak, hoşça giden, hafif tatlı bir tada sahiptir. İyi kalitede bir çiğ süt, 72°C'de 15 saniye süreyle ısıtılarak pastörize edildiğinde çiğ sütünkinden farksız bir tada sahip olur. Pastörizasyon işleminin sıcaklık ve süresindeki artışla birlikte sütte pişmiş, yanık, karamelize, kavrulmuş tatlar meydana gelebilir.

Pastörize sütlerde tat kusurlarına yol açan koşullar şunlardır:

- Uygun olmayan çevre koşullarında bekletilmiş çiğ süt kullanılması.
- Süt hayvanına kokulu yemler yedirilmesi.
- Psikrotrof bakteri sayısı yüksek çiğ süt kullanılması .
- Mekanik zarara uğramış çiğ sütün pastörize edilmesi.
- Çiğ sütün homojenize sülle karıştırılması.
- Sütün 78°C'den daha yüksek sıcaklık derecelerinde pastörizasyonu.
- Süte pastörizasyondan sonra mikroorganizmaların bulaşması.
- Sütün gün ışığına ya da satış raflarında yapay ışığın etkisine maruz kalması.
- Pastörize sütün soğukta muhafaza edilmemesi.
- Pastörize sütün paketlenmesinde uygun olmayan plastikten yapılmış ambalaj materyali kullanılması.

#### UHT Sterilize Süt Üretimi

UHT sterilizasyon 135-150°C'ler arasında 2-20 saniye süreyle uygulanan bir ısı işlemidir. Bu uygulama ile sütün besleyici değerinde, duysal, fiziksel ve kimyasal niteliklerinde meydana gelen değişimler ihmal edilebilir düzeydedir.

Sütü sterilizasyon sıcaklığına ısıtmak için çoğunlukla buhardan veya sıcak sudan yararlanılır. Isı değişiminde uygulanan yola göre başlıca iki tip UHT sterilizasyon sistemi mevcuttur:

- **İndirekt UHT sterilizasyon sistemi** : Süt plakalı veya borulu ısı değiştiriciler kullanılarak indirekt yolla ısıtılır.
- **Direkt UHT sterilizasyon sistemi** : Süt buharla direkt olarak karışıp sterilizasyon sıcaklığına ısıtılır. Bu sistemlerde de indirekt ısıtma sistemlerinde olduğu gibi, ısı iletiminin bir kısmı rejeneratif yolla olur, diğer bir ifadeyle, sterilizasyon sıcaklığındaki sütün ısı, sterilize edilecek olan süte iletilir, böylece sterilizasyondan çıkan süt soğurken, sisteme yeni giren süt de ısınır. Sadece sterilizasyon sıcaklığına son ısıtma buhar yardımıyla gerçekleşir.

#### - Sütün indirekt ısıtma sistemleri ile UHT sterilizasyonu

Sütün indirekt yöntemle UHT sterilizasyonunda plakalı veya borulu ısı değiştiricilerden yararlanılır. Her iki ısı değiştirici tipinde de uygulanan işlemler benzerdir. Tek farklılık, borulu ısı değiştirici sistemde homojenizasyon işleminin sterilizasyondan önce veya sterilizasyondan sonra uygulanabilir olmasıdır.

#### - Sütün direkt ısıtma sistemleri ile UHT sterilizasyonu

Direkt ısıtma sistemlerinde, süt önce indirekt ısıtma yoluyla 80-85°C'ye ısıtılır. Daha sonra sütün sterilizasyon sıcaklığına (140-150°C) ısıtmak için, sülle buhar karıştırılır. Bu son ısıtma, sütün su içeriğini önemli oranda artırır. Süte buhar halinde karışan suyu uzaklaştırmak ve sütün tam olarak başlangıçtaki bileşimine getirmek

için vakumlu ekspansiyon soğutma düzeneklerinden yararlanır.

Direkt sistemlerde sütün sterilizasyon sıcaklıklarına kadar ısıtılmasında kullanılan buhar sütle karıştığı için yüksek kalitede olması gerekir. Buharın içinde katı, sıvı veya uçucu herhangi bir yabancı madde bulunması istenmez. Bu nedenle süt işletmesinde diğer işlerde kullanılan buharın direkt UHT sterilizasyonda kullanılması tavsiye edilmez. Buhar temini için ayrı bir kazan kullanılır.

Direkt ısıtma sistemlerindeki önemli noktalardan birisi de süte buhar enjeksiyonu sonucu oluşan türbülens nedeniyle kazein kümelerinin oluşması ve bu durumun son üründe kirecimsi bir tat kusuruna yol açabilmesidir. Bu olumsuzluğu gidermek için direkt sistemlerde süte sterilizasyondan sonra homojenizasyon uygulanmakta ve kazein kümelerinin parçalanması sağlanmaktadır. Fakat, sütün sterilizasyondan sonra bulaşmaya maruz kalmaması için, aseptik homojenizatör kullanımı gerekmektedir.

Sütün buharla karışarak sterilizasyon sıcaklığına ısıtılmasında iki farklı yöntem uygulanır:

- **Buhar enjeksiyon yöntemi (süte buhar püskürtme).** Sütünkünden daha yüksek basınca sahip buhar, uygun bir memeden süte enjekte edilerek sterilizasyon sıcaklığına ısıtma sağlanır.
- **Buhar infüzyon yöntemi (buhara süt püskürtme).** Süt, sterilizasyon sıcaklığındaki buharla basınçlı hale getirilen sterilizasyon odasına püskürtülerek ısıtılır.

#### **-Buhar enjeksiyon yöntemi**

Bu sistemde izlenen aşamalar şöyledir:

1. Süt, balans tankından plakalı ısı değiştiriciye pompalanır, burada sistemi terkeden sterilize sütle ön ısınması sağlanır.
2. Isı değiştiricide, düşük basınçlı buhar veya sıcak su yardımıyla yaklaşık 75-85°C arasında sabit bir dereceye ısıtılır.
3. Yüksek basınç pompası yardımıyla süt enjektöre gider, burada sterilizasyon sıcaklığına (144°C) kadar ısıtılır.
4. Süt sterilizasyon sıcaklığında 5 saniye süreyle bekletilir.
5. Sterilize süt vakumlu ekspansiyon düzeninde hızla soğutulur.
6. Soğuyan süt, vakumlu ekspansiyon düzeninden aseptik bir pompa ile yine aseptik koşullarda çalışan homojenizatöre pompalanır.
7. Aseptik homojenizatörden çıkan süt, 2 no'lu plakalı ısı değiştiricide rejeneratif yolla soğutulup ya aseptik depolama tankına ve oradan da aseptik dolum makinasına ya da doğrudan aseptik dolum makinasına gider.

#### **- Buhar infüzyon yöntemi**

Bu sistemler, sütün buharla karışma şekli hariç, diğer yönlerden enjeksiyon sistemlerine benzerlik gösterir. Sütün basınçlı buharla karışması infüzer yardımıyla gerçekleştirilir.

#### **UHT sterilize sütün nitelikleri ve depolamadaki değişimleri**

UHT sterilize sütün nitelikleri ve besin değeri kısmen sterilizasyon işleminde meydana gelen reaksiyonlara bağlı değişim gösterir. Kısmen de ürünün depolama sıcaklık ve süresine bağlı olarak değişir. Süt düşük sıcaklık derecelerinde saklandığı takdirde depolamadaki değişimler yavaş bir hızda meydana geleceği için pratik açıdan fazla önem taşımazlar. Fakat, sütün dağıtım ve depolama sıcaklığı yüksek ve depolama süresi de uzun ise, tüketilmeden önce sütte önemli değişimler görülebilir.

#### **- Besleyici değeri**

UHT yöntemiyle sterilize edilen sütlerde proteinin besleyici değerinde meydana gelen kayıplar ihmal edilebilir düzeydedir. Serum proteinleri, ısı işlem uygulaması sırasında, işlemin şiddetine bağlı olarak değişen oranlarda denatürasyona uğrar. Denatürasyon oranı pastörizasyonda %5-15, klasik sterilizasyonda %80-100, indirekt UHT sterilizasyonda %70-90, direkt UHT sterilizasyonda %50-75 arasında değişir. Fakat, serum proteinlerinin denatürasyona uğraması beslenme açısından herhangi bir

olumsuzluk taşımaz. Aksine, denatürasyona uğrayan serum proteinlerinin sindirilebilirliği artış göstermektedir.

UHT sterilizasyon işlemi süt yağında beslenme açısından olumsuz herhangi bir değişiklik yaratmaz.

UHT sterilizasyonda sütün çözünür kalsiyum miktarında %50'ye kadar ulaşabilen oranda azalma meydana gelmektedir. Ancak, bu değişiklik organizmanın kalsiyumdan yararlanmasını etkilemez. Bebeklerle yürütülen denemelerde, UHT sütteki kalsiyum ve potasyumun vücutta tutulma düzeyinin pastörize süttekinden daha yüksek olduğu ve fosforun tutulma düzeyinin de her iki sütte benzerlik gösterdiği saptanmıştır.

UHT sterilizasyon işlemi B<sub>1</sub>, B<sub>6</sub>, B<sub>9</sub>, B<sub>12</sub> vitaminlerinde %10 oranında, C vitamininde ise %25 oranında bir kayıp yaratır. Fakat bu kayıplar klasik sterilizasyonda meydana gelen kayıplara kıyasla çok düşük düzeydedir. Depolama sırasında da askorbik asit (C vitamininin indirgenmiş formu), folik asit ve B<sub>12</sub> vitaminlerinde önemli kayıplar meydana gelebilir. Bu vitaminlerdeki kayıplar üzerinde etkili faktörler şunlardır:

- UHT sterilize sütün çözünür oksijen içeriğinin yüksek olması.
- Alüminyum folyo katmanı buldurmamayan, ek yerleri iyi yapıştırılmadığı için hava geçiren ambalaj materyallerinin kullanılması.
- Kutuların fazla tepe boşluğu bırakılarak doldurulması.

#### - Rengi

UHT sütün rengi çiğ süte göre daha beyazdır. Bunun nedeni, ısı işlem uygulamasına bağlı olarak sütün ışığı yansıtma özelliğinin artmasıdır. Bu durum serum proteinlerinin denatürasyona uğraması ve denatüre serum proteinlerinin kazein ile birleşmesi sonucu misel boyutlarının büyümesinden ileri gelmektedir. Sütün rengi üzerinde homojenizasyon işlemi de etkilidir.

UHT sterilize süt uzun süre depolanacak olursa renginde hafif bir esmerleşme meydana gelir. Özellikle yüksek sıcaklık derecelerinde uzun süre depolama sonucu esmerleşme düzeyi önemli derecede artar. Genel olarak, indirekt sistemle sterilize edilen UHT sütlerin rengi direkt sistemle sterilize edilenlere göre daha esmerdir.

#### - Tekstürel özellikleri

UHT sterilize sütlerde yağ ayrılması, sediment (tortu) oluşumu, jelleşme gibi tekstürel kusurlar meydana gelebilir.

Sütün homojenizasyonu ile yağ globülleri çapı 0.5-1 µ arasında değişen küçük parçalara bölünerek depolama sırasında stabil halde kalmaları sağlanır. Eğer süt önce homojenize edilip, sonra direkt sistemle UHT sterilizasyona tabi tutulursa, bu küçük çaplı yağ globülleri yeniden kümeleşebilir ve depolama sırasında katı tanecikler haline dönüşebilirler. Bu nedenle, direkt sistemle UHT sterilizasyonda, süt ısı işleminden sonra homojenize edilerek bu sorun giderilmeye çalışılır. Homojenizasyon basıncını artırmak suretiyle de daha az yağın ayrılması sağlanabilir.

UHT sütlerin çoğunda hafif bir sediment (tortu) oluşumu gözlenir. Sediment miktarı üzerinde etkili faktörler şunlardır:

- **Çiğ süt kalitesi.** Çiğ sütün pH değeri 6.6'dan düşük ve iyon halindeki kalsiyum miktarı yüksek ise sediment miktarı önemli düzeyde artış gösterir. Sedimentasyonu düzeyini azaltmak için, alkol testi yardımıyla yüksek düzeyde sediment oluşturma ihtimali bulunan çiğ süt belirlenebilir. Ayrıca, süte %0.1 düzeyinde sodyum difosfat, sodyum sitrat ya da sodyum bikarbonat ilave edilebilir, böylece hem iyonik kalsiyum düzeyi azaltılabilir hem de pH değeri yukarı çekilebilir.
- **Homojenizasyon basıncı.** Sediment miktarı ile homojenizasyon basıncı arasında zıt yönlü bir ilişki vardır. Homojenizasyon basıncını artırmak suretiyle sediment oluşumu azaltılabilir.
- **Isıl işlem şiddeti ve yöntemi.** Genel olarak, direkt sistemle sterilize edilen sütlerde indirekt sistemle sterilize edilenlere göre daha fazla sediment oluştuğu belirtilmektedir. Bu olumsuzluğu en aza

indirmek için, direkt sistemle UHT sterilize süt üretiminde homojenizasyon işlemi sterilizasyondan sonra uygulanmaktadır.

- **Depolama süresi.** Depolama süresi uzadıkça sediment miktarı artar.

UHT sterilize süt üretiminde psikrotrof bakteri sayısı yüksek çiğ süt kullanımı, depolama sırasında jelleşme kusuruna yol açabilir. Soğukta 2-3 günden daha uzun süreyle saklanan çiğ sütte bir kısmı spor formunda olmak üzere psikrotrof bakteri sayısı artış gösterebilir. Psikrotrof bakterilerin bazıları UHT sterilizasyona dayanıklı proteolitik ve lipolitik enzimler salgırlar. Çiğ sütün psikrotrof bakteri sayısının mililitrede  $10^6$  kob'den daha yüksek olması, UHT sterilizasyondan sonra sütteki kalıntı proteaz ve lipaz enzim düzeylerinin de yüksek olacağını ifade eder. Bu enzimler oda sıcaklığında depolanan UHT sütte proteinleri parçalayarak misellerin stabilitesini bozar ve sütün jelleşmesine neden olurlar. Sütte jelleşmeyle birlikte acı tat oluşumu da meydana gelir. Jelleşmeyi önlemek için;

- Çiğ süt 5°C'de 2-3 günden daha uzun süre depolanmamalıdır.
- Süt sterilizasyon sıcaklığında daha uzun süre bekletilmelidir.
- UHT sterilize süt düşük sıcaklık derecelerinde depolanmalıdır.

#### - Tadı

UHT sterilizasyondan hemen sonra sütte kuvvetli bir sülfür kokusu ve belirgin bir pişmiş tat hissedilir. Lahana-benzeri bu pişmiş tat ve koku serum proteinlerinin denatürasyona uğramasından ve bunun sonucunda yapılarında bulunan sülfidril gruplarının açığa çıkmasından kaynaklanır. Serbest hale gelen sülfidril grupları doğrudan pişmiş tat oluşmasına neden olabilir veya başta hidrojen sülfür olmak üzere değişik kükürtlü bileşiklerin oluşumu ile sonuçlanan reaksiyonlara girmek suretiyle de pişmiş tat oluşumuna yol açarlar.

Pişmiş tat ve koku, UHT sterilize sütün üretiminden sonraki birkaç gün içerisinde kaybolarak yerini karakteristik UHT tadına bırakır. Bu durum serbest sülfidril gruplarının sayısındaki azalmadan ileri gelir. Serbest sülfidril gruplarının sayısındaki azalma üzerinde etkili faktörler şunlardır:

- **UHT sterilize sütteki çözünür oksijen düzeyi.** Çözünür oksijen düzeyi yüksek ise, paketlemeden hemen sonra sülfidril gruplarının sayısı hızlı bir şekilde azalır, pişmiş tat ve koku hızla kaybolur, fakat okside tat daha fazla hissedilir hale gelir.
- **Depolama sıcaklığı.** Depolama sıcaklığı yüksek ise, çözünür oksijen düzeyine de bağlı olarak serbest sülfidril gruplarının sayısında hızlı bir azalma meydana gelir. Depolama sıcaklığı düşük ise, örneğin 5°C'de serbest sülfidril gruplarının sayısı daha yavaş bir hızla azalır.

Direkt ve indirekt UHT sterilize sütte pişmiş tadın keskinliği açısından farklılık olabilir. Bunun olası nedenlerinden birisi, sterilizasyondan sonra her iki sütteki serbest sülfidril gruplarının sayısının farklılık göstermesidir. Bazı araştırmacılar direkt UHT sterilizasyonda serum proteinlerinin daha düşük oranda denatürasyona uğradığını ve pişmiş tadın pek fazla hissedilmediğini öne sürmektedir. Ayrıca, direkt UHT sterilizasyonun ekspansiyon soğutma aşamasında uçucu sülfürlü bileşiklerin ve oksijenin büyük bir kısmının ortamdaki uzaklaştırılması da bu konuda etkili bir faktördür.

Depolama süresi uzadıkça, sıcaklık derecesi de yüksek ise, UHT sterilize sütün tadı altı hafta gibi kısa bir sürede bayatlamaya başlar, acı ve okside tat kusurları oluşur. Tatdaki değişimlerin kısa sürede meydana gelmesini önlemek, ayrıca esmerleşme, jelleşme gibi değişimlerin hızını azaltmak için UHT sterilize süt 5°C'de saklanmalıdır.

#### KAYNAKLAR

- Andersson, I., R. Öste. 1995. Nutritional quality of heat processed liquid milk. In: "Heat-Induced Changes in Milk". Ed. P.F.Fox. Publ. by International Dairy Federation, 41 Square Vergote, B-1040, Brussels (Belgium). pp. 279-307.
- Anonymous. 1996. "Dairy Processing Handbook/CD-Rom" by Tetra Pak. International Dairy Books, Frederiks Alle 22, DK-8000 Aarhus C, Denmark.
- Burton, H. 1988. Ultra-High-Temperature Processing of Milk and Milk Products. Elsevier Applied Science Publishers Ltd., Crown House, Linton Road, Barking, Essex 1G11 8JU, England, 354 p.

- Deeth, H.C. 1986. The appearance, texture, flavour and defects of pasteurized milk. In. "Monograph on pasteurized milk." Int. Dairy Fed. Bulletin No 200. International Dairy Federation, 41 Square Vergote, B-1040, Brussels (Belgium). pp. 22-26.
- Gürsel, A. İçme Sütü Teknolojisi ders notları. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Süt Teknolojisi Bölümü, Ankara.
- Linden, G. 1986. Biochemical aspects. In. "Monograph on pasteurized milk." Int. Dairy Fed. Bulletin No 200. International Dairy Federation, 41 Square Vergote, B-1040, Brussels (Belgium). pp. 17-21.
- Metin, M. 1996. Süt Teknolojisi. 1. Bölüm: Sütün bileşimi ve işlenmesi. Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi yayınları No: 33. Ege Üniversitesi Basımevi, İzmir, 623 s.
- Schaafsma, G. 1989. Effects of heat treatment on the nutritional value of milk. In: "Monograph on heat-induced changes in milk". Int. Dairy Fed. Bulletin No 238, International Dairy Federation, 41 Square Vergote, B-1040, Brussels (Belgium). pp. 68-70.
- Sezgin, E. 1981. İçme sütü teknolojisi. İçindedir: "Süt ve Mamülleri Teknolojisi". Sınai Eğitim ve Geliştirme Merkezi Genel Müdürlüğü Yayın No: 103. Ankara. s. 42-75.
- 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.