

STERİLİZE SÜT

Doç. Dr. Mustafa Metin*

Giriş

Bugün bir çok ülkede, özellikle soğuk hava tesislerinden ve soğuk taşıma olanaklarından mahrum veya yetersiz olan sıcak ülkelerde, gıda maddesi temini ve bunların pazarlanması çeşitli güçlükler göstermektedir. Bu durum kısa sürede bozulabilen, tüketiciye taze ulaşması ve biyolojik niteliklerini kaybetmesi gereken sütte daha da büyük önem taşımaktadır. Sütün uzun süre bozulmadan saklanması ancak sterilizasyon ile mümkün olmaktadır. Dayanıklı hale getirmek amacıyla uygulanan sterilizasyonla, süt içerisindeki mikroorganizmaların tamamı redüksiyona uğramakta, ambalajlama hijyenik yöntemlerle gerçekleştirildiği takdirde, aylarca bozulmadan saklanabilmektedir. Bu nedenle iklim ve uzak yerlere nakil bir sorun olmaktan çıkmıştır. Sterilize süt en uzak yerlere nakledilebilmekte ve böylece tüm toplumun dengeli ve yeterli beslenmesinde önemli bir adım atılmış olmaktadır.

Tesisin kuruluşu, daha doğrusu işletmenin ekonomik olarak çalışması açısından da sterilize süt tercih edilmektedir. Yeni geliştirilen sterilize yöntemleri şişeleme sorunlarını tamamen ortadan kaldırmakta, diğer taraftan soğuk hava depolarından büyük ölçüde tasarruf ve pazarlamada kolaylık sağlamaktadır. Ayrıca sterilize sütün soğuk hava tertibatı olmayan araçlarla taşınması daha ekonomik olmaktadır.

İçme sütün sanayiinde, uzun zamandan beri uygulanan pastörizasyon, üstteki patojen mikroorganizmaların tamamını, diğerlerinin ise % 99'una yakın bir kısmını ortadan kaldırır. Ancak pastörize süt içinde, özellikle ısıya dayanıklı mikroorganizmalar ve bunların sporları, uygun ortam bulunca hızla çoğalarak pastörize niteliğinin ortadan kalkmasına ve dolayısıyla sütün bozulmasına neden olurlar. Bu sakıncanın da ortadan kaldırılarak sütün uzun süre kalitesini sürdürmesi amacıyla, uygulanan sıcaklığın daha yüksek olması gerekmektedir. Genellikle 100°C'nin üzerinde uygulanan bu ısıtma yöntemine ticari sterilizasyon denilmektedir.

Sterilize Sütün Tanımı

Belli bir sıcaklığa kadar ısıtılarak sporlu ve sporsuz tüm mikroorganizmalardan arındırılmış, homojenize olmuş, beslenme

yönünden değerli ve tat bakımından mükemmel olan, oda sıcaklığında uzun süre bozulmadan saklanabilen ve bu saklama sırasında niteliklerini değiştirmeyen içme sütüdür.

Tanımdan da anlaşılacağı üzere, sterilize sütün en yüksek özelliği uzun süre saklanabilmesi ve bu saklama sırasında yapısal değişikliklere uğramamasıdır. Bu özellik, ısıtılma sırasında sütün mikroorganizmalardan arınması ve herhangi bir bulaşmaya meydan vermiyecek şekilde kapatılması ile mümkün olmaktadır. Yalnız sterilize süt ile steril sütü birbirinden ayırmak gerekmektedir. Steril sütte hiç bir canlı mikroorganizma ve bunların sporları bulunmaz, oysa sterilize süt, steril süt olma zorunda değildir. Önemli olan saklanması sırasında mikroorganizma faaliyeti sonucu bozulmamasıdır. Bozulmanın olabilmesi için mikroorganizmanın çoğalması zorunludur. Mikroorganizmalar ise her ortamda çoğalmazlar, çoğalabilmeleri onların hücre yapılarına, ortamın biyokimyasal özelliklerine ve dış etkenlere bağlıdır. Diğer taraftan sütte tam steriliteyi sağlamak için, uygulanan sterilizasyon ölçülerinin çok üzerine çıkılması gerekir ki, böyle bir ısıtma sütün duysal ve kimyasal özelliklerini büyük ölçüde değiştirir ve besleme değerini azaltır. Bu nedenle sterilize sütün, steril süt olarak kabul edilmemesi gerekir.

Sterilize Sütün Geçirdiği Evrime Kısa Bir Bakış

Sterilize süt yapımı, 1886 yılında Soxhlet'in çocuk sütleri ve Tyndall'ın önerdiği sistemle süt sanayinde kendini göstermiştir (1). Daha sonraki yıllarda homojenize makinalarının devreye sokulmasıyla sterilize süt sanayiinde önemli gelişmeler olmuştur. Birleşik Amerika'da Hucker — Gruidroth işlemiyle (1929), süt içine buhar pulverizasyonu veya Lobeck'in buhar içine süt pulverizasyonu sistemleri denenmiştir (2). Bu arada «sürekli sterilizasyon cihazları» geliştirilmiştir.

SCHULZ'a (1) göre, 1930 yılında sterilize süt yapımı İngiltere'de özellikle Birmingham'da büyük bir gelişme göstermiştir. Bu gelişme Webster ve Stork Firmalarının buldukları tesislerle gerçekleştirilmiştir. II. Dünya Savaşı'ndan sonra Belçika, Hollanda ve Almanyada steril süt yapımının giderek arttığı görülmüştür. Bu konudaki en son gelişme, Tetra Pak Firması'nın 1961 yılında aseptik şartlarda ambalajlamayı ortaya atmasıyla olmuştur.

Daha sonraki yıllarda, İsviçre'de Sulzer AG Firması tarafından geliştirilen ve süte doğrudan doğruya kızgın buhar pulverize

etmek suretiyle uygulanan «Uperizasyon» Danimarka'da Paasch ve Silkeborg Firması tarafından direkt ısıtma yöntemine dayanan «Palarizasyon» adı verilen sterilizasyon sistemleri geliştirilmiştir. Palarizasyon sisteminde süt buhar içine pulverize edilmektedir. Diğer taraftan Alfa — Laval (İsveç) Firması'nca geliştirilen ve «VTIS» (Vacu — Therm Instant Steriliser) adı verilen sistemde de, uperizasyonda olduğu gibi buhar süt içine pulverize edilmektedir. (1, 2, 3, 4).

Sterilizasyonda Isı — Süt İlişkileri

Sterilizasyonun Sütteki Mikroorganizmalara Etkisi

Sütün bozulmadan saklanması için uygulanan yollardan en pratik ve ekonomik olanı, sütü bozabilecek mikroorganizmaları öldürmek üzere ısıtmak ve sonraki bir enfeksiyona mani olmak üzere hermetik bir kaptaki saklamak koşuluyla pastörizasyon veya sterilizasyon işlemleridir.

Pastörizasyonda ısıya en dayanıklı patojen organizmalardan biri olan verem mikrobunun (*Mycobacterium tuberculosis*) öldürülmesi esastır ve 100°C'nin altında yapılıır (2). Sterilizasyonda ise mikroorganizmaların vejetatif şekilleri yanında, sporlarının da öldürülmesi amaçlanır ve daha ziyade 100°C'nin üzerinde bir sıcaklık uygulanır.

Bakteriyolojik kalitesi normal sınırlar içinde bulunan bir çiğ sütün sterilizasyonu için, gerekli sıcaklık ve zaman sınırlamaları aşağıdaki gibidir (1) :

150°C	1 saniyeden az
140°C	3 » »
135°C	30 » »
130°C	60 » »
120°C	10 - 20 dakika (yaklaşık olarak)
115°C	20 - 30 » » »
110°C	30 - 40 » » »

Bu sterilizasyon ölçütlerinin çiğ süt kalitesine, uygulanan yöntem, kullanılan ayağıtlara ve hijyenik koşullara bağlı olarak işletmeden işletmeye ayrıcalık göstereceği göz önünde tutulmalıdır.

Halen uygulanmakta olan pastörize ve sterilize yöntemlerinin mikroorganizmalar üzerindeki etkileri tablo 1. de gösterilmiştir.

Tablo 1
Çeşitli Isıtma Yöntemlerinin Sütteki Mikroorganizmalar Üzerindeki Etkileri.

Yöntem	Sıcaklık (°C)	Etkileri
Düşük derecede pastörizasyon (LT — LT)	63 - 66	30 dak. Vejetatif hücrelerin % 99'u ölür, fakat sporlar canlı kalır.
Yüksek derecede pastörizasyon (HT — ST)	71 - 72	15 san. Vejetatif hücrelerin % 99'u ölür, fakat sporlar canlı kalır.
Düşük derecede sterilizasyon (Klasik yöntem)	110 - 115 107 - 110	20 - 30 dak. 30 - 40 dak. Vejetatif hücrelerin tamamı ve sporların büyük bir kısmı ölür.
(UHT — Yöntemi) Yüksek derecede sterilizasyon	135 - 150	2 - 6 san. Sporlar dahil bütün bakteriler ölür.

Normal sterilize sütte az miktarda spor canlı kalabilir, fakat bunların yeniden vejetatif hale geçmeleri ve oda sıcaklığında çoğalmaları, aseptik ambalajlamada hata olmadığı sürece olanak dışıdır veya çok zayıf bir olasıdır. Buna karşın bazı durumlarda çok kirli çiğ süttten, sterilize süt işlendiğinde ciddi şekilde tat bozukluklarının, örneğin karbonik tat oluşması veya diğer mikrobiyolojik tatların görülmesi olasıdır. Bu tip hatalar görüldüğü taktirde, işletmede bulaşma kaçınılmaz bir hal alır. Araç ve gereçlerde gerekli temizlik ve sterilizasyon önlemlerinin alınması zorunludur. Isıya dayanıklı sporların kaynağı hayvan yataklığı, hayvan gübresi, deri parçaları, kuru ot parçaları, yem ve havadaki toz olabilmektedir. Her sütte spor oluşturan mikroorganizma sayısı, yukarıda belirtilen nedenlere bağlı olarak değişir. Genellikle sütteki toplam bakteri sayısı ile spor yapan mikroorganizmalar arasında doğru orantılı bir ilişki vardır.

Sterilize sütlerde ençok *B. subtilis*, *B. cereus* ve bazı hallerde *B. circulans* ile *B. coagulans* sporlarına rastlanmaktadır. Diğer taraftan, toplama merkezlerindeki tanklarda 4°C'de 2 gün veya daha uzun süre kalan sütlerde flora değişir ve mesophil mikroorganizmaların yerini psychrophil, yani soğukta faaliyet gösteren mikroorganizmalar alır. Bu mikroorganizmalar tarafından oluşturulan enzimlerin bir kısmı ısıya dayanıklıdır ve sterilize sırasında inaktif duruma gelmezler (1,5).

Sterilizasyonun Sütün Duysal Niteliklerine Etkisi

Sterilizasyonun sütün rengi üzerine etkisi pek fazla değildir. Düşük derecede sterilizasyonda (klasik yöntem), sütün 107 - 115°C de 20 — 40 dakika kadar tutulması sonucunda sütün şekerinin karamelize olması, sütün esmerimsi bir renk almasına neden olur. Özellikle soğutma yavaş yapıldığı taktirde esmerlik daha da artmaktadır. UHT - yönteminde uygulanan sıcaklık derecesi çok yüksek olmakla beraber, sütün bu derecede kalış süresinin kısa olması rengin değişmesine, hatta proteinlerde oluşan bazı değişmeler sonucunda biraz daha beyazlaşmasına sebep olmaktadır (6). Depolama sürecinde bazı anormal koşullar altında tedrici olarak kahverengi bir renk oluşur. Eğer sterilize süt, 30 — 35°C'nin üzerinde uzun süre depolanırsa, laktozla protein arasında Maillard reaksiyonu olur.

Sütün ısıtılması sırasında β - Laktoglobulin'in parçalanması sonucu ortaya çıkan sülfidril grublarının serbest hale geçmeleri sterilize sütte pişmiş bir tadın oluşmasına neden olmaktadır. Şişede sterilize edilen sütlerde yani klasik yöntemde, laktoz karamelize olduğundan bu tat kalıcıdır. Buna karşılık NHT — yöntemi ile sterilize edilen sütlerde bu tadın 24 saat içinde kaybolduğu saptanmıştır (6).

RENNER'e (7) göre, uzun süre saklanan sterilize sütlerde oksidasyondan ileri gelen bir tat oluşmaktadır. Bunda etkili olan en önemli etmen sütte mevcut oksijen miktarıdır. İndirekt olarak ısıtılan sütlerde 10 ppm oksijen kalmasına karşın, direkt olarak ısıtılan sütlerde oksijenin çok büyük bir kısmı su buharı ile uçtğundan, kalan oksijen miktarı çok azdır, dolayısıyla bu sütlerde oksitlenmeden ileri gelen tat değişikliğine pek rastlanmaz.

Sterilizasyonun Sütün Dayanıklığına Etkisi

Sterilizasyonda uygulanan ısının serum proteinleri üzerinde, fakat özellikle β - Laktoglobulin'in parçalanmasında rol oynadığı bilinmektedir. Protein partiküllerinin denatürasyonu sonucu (-SH) grupları serbest kalıp aktif hale geçerler. Bu grupların oksijene duyarlığı ısıtılan sütte antioksidan özelliklerin görülmesinin de açıklanmasına esas teşkil etmektedir. Diğer taraftan (-SH) grupları indirgen ajanlardır ve büyük bir olasılıkla sütte oksidasyon-redüksiyon potansiyelinin azalmasına neden olmaktadır.

Isının kazeinde yaptığı değişiklikler ise, serum proteininkinden daha farklıdır. Kazein sistemi ortamdaki iyonik değişmelere

karşı çok duyarlıdır, bunlar ortamdaki kalsiyum ve magnezyum iyonları konsantrasyonunun azalmasıyla parçalanır, artmasıyla biraraya gelir. Sütteki dispersiyon dengesi stabil olmadığından pH ve tuz konsantrasyonlarında oluşacak küçük değişiklikler bu dengeyi kolayca bozar, kazein partiküllerini destabilize eder ve çöktürür. Bunun sonucu, partiküller süt serumunun bir kısmını içinde hapseden 3 boyutlu bir ağ oluştururlar. Bu olay önce viskositenin artması ile kendini gösterir, ısı uygulamasına devam edilirse kazein koagüle olur (6).

Kurumadde miktarıyla stabilizasyonu azaltan iyonların konsantrasyonunun artması sonucu, sütün ısıya karşı stabilitesi azalmaktadır. Isının kazeine direkt etkisi, yalnızca esterleşmiş fosfatların defosforilasyonu şeklinde parçalanma ve peptit bağlarının ayrışması şeklindedir. Süte yüksek ısı uygulanması de fosforilasyon ve laktozun hidrolizi nedeniyle asit oluşmasına neden olur. Asit oluşumu 90°C'ye kadar çok yavaş ise de, ısının artmasıyla birdenbire artar. Asit miktarının artmasıyla, kalsiyum ve fosfatların serumu geçmesi sonucu, kazein partiküllerinin stabilitesi azalır (2).

Sütün ısıya dayanıklılığı katyonlarla (Ca, Mg gibi) anyonlar (fosfat, sitrat) arasındaki kritik bir dengeye bağlıdır. Bu dengeye tuz dengesi denilmektedir. Kazein bu dengenin normal olması durumunda ısıya karşı dayanıklıdır. Ca, Mg veya sitrat ve fosfatların normalden az veya fazla olması dengenin bozulmasına, sterilize sırasında sütün pıhtılaşmasına neden olur.

Sütün ısıtılması sırasında yağ ve proteinler bir kompleks oluşturmaktadır. Homojenizasyon sırasında basınç artıkça ve sütte yağ ile yağsız kurumadde oranı yükseldikçe bu kompleks ortaya çıkmakta ve artmaktadır. Ayrıca sütte kalsiyum miktarının artması da kompleks üzerine etkili olmaktadır. Homojenize edilen sütler yüksek sıcaklıkta ısıtıldıkları zaman kompleksler büyümekte ve bunlar zamanla tortuya dönüşmektedir. Homojenizasyonun sterilizasyondan sonra yapılması halinde komplekslerin pek oluşmadığı görülmüştür. Bu nedenle gerek indirekt ve gerekse direkt ısıtma yöntemleriyle sterilize edilen sütlerde, homojenizasyonun sterilizasyondan sonra aseptik koşullar altında yapılması uygun görülmekte ve bu yönde yeni sistemler geliştirilmektedir.

Sterilizasyonun Sütün Beslenme Değerine Etkisi

Sütün sterilizasyonu sırasında beslenme değerinde bazı değişiklikler olmaktadır. Ancak hemen belirtmek gerekir ki, bu değişik-

likler beslenme fizyolojisi açısından pek önemli sayılmaz. Uygulanan ısı derecesine bağlı olarak yağda eriyen vitaminlerde değişme çok az olur. A Vitamini, Karoten, D Vitamini, B₂ Vitamini, pantotenik asit, nikotinik asit ve biotindeki değişmeler yok denecek kadar azdır. Buna karşılık folik asit B₁, B₆, B₁₂ ve C vitaminleri; doymamış yağ asitleri ile amino asitlerden sistin ve lisin çeşitli oranlarda değişikliğe uğrarlar. Bu değişiklik UHT - yöntemiyle sterilizasyonda daha az almaktadır. Kalsiyumun bir kısmı ise çözünmez hale geçmektedir. Süt proteininin biyolojik değerinde fazla bir değişme olmamaktadır (3, 5, 6). Üstün niteliklerini sürdüren sterilize süt, insan beslenmesinde diğer gıdalar arasındaki değerini ve yerini korumaktadır.

Sterilize Edilecek Sütte Aranılan Nitelikler

Sterilize edilecek çiğ sütün kalitesi, elde edilecek sterilize sütün kalitesi açısından çok önemli bulunmaktadır. Çiğ sütün kalitesi

- a) Bakteriyolojik kalite,
- b) Fiziksel — kimyasal kalite,

olmak üzere ikiye ayrılır.

Sterilize süt yapılacak çiğ sütlerin bakteriyolojik kalitelerinin çok yüksek olması gereklidir. Tesisin sürekli çalışması ve ürünün kalitesinin korunması çiğ sütün bakteriyolojik niteliği ile doğrudan ilgili bulunmaktadır. Bu nedenle her ülkede, sterilize süt yapılacak çiğ süt standartları belirlenmiştir. Yurdumuzda da sterilize sütler ancak Ekstra veya 1. Sınıf çiğ sütlerden (TS 1018) yapılabilmektedir.

Sütün kimyasal ve fiziksel kalitesi üretimde iyi sonuç alınmasında en büyük etmendir. Aranacak koşullar kullanılacak ambalaj malzemesine ve sütün saklanma süresine göre değişiklik gösterir. Genel kural sütün uzun süre depolanabilmesi için çiğ sütün en yüksek kalitede olmasıdır.

Her çiğ sütün sterilizasyonu olanaksızdır. Aşağıdaki herhangi bir sütün sterilizasyona uygunluk derecesini belirleyen etmenlerden bazıları görülmektedir.

- a) Genel hijyen standardı,
- b) pH değeri,
- c) Asitlik,

- d) Tuz dengesi,
- e) Kolosturum sütü olmaması,
- f) Sütün mastitisli olmaması.

Yukarıdaki faktörler sterilize süt sanayiinde büyük bir öneme sahiptir. Düşük pH ve yüksek asitlik, sterilizasyon sırasında sütün stabilitesini azaltır. Bu durum sütte sediment oluşumuna neden olacağı için, üzerinde titizlikle durulur. Sütün tuz dengesi protein stabilitesi bakımından önemlidir. Laktasyon sonu sütleri, dengesiz beslenmiş hayvanların sütleri gibi anormal tuz dengesine sahip sütler alınmamalıdır. Serum proteininin yüksek olması ve tuz dengesinin anormal olması nedeniyle kolosturum sütü de bu amaçta uygun değildir.

Sütün protein stabilitesinin azalması, yüksek miktarda sediment oluşumuna neden olduğu gibi, sterilize düzenlerinde tortu toplanmasına ve böylece düzenin devamlı çalışma süresinin kısalmasına neden olur.

Sterilizasyona alınacak sütlerde alkol testinin yapılması önemlidir. Farklı üreticilerden gelen sütlerin ayrı ayrı teste tutulması yerinde olur. Harmanlanmış sütlerde yapılan testler pek yararlı değildir. Bilindiği gibi pastörizasyon için alkol testinde % 68 (V/V) lik sulu etanol kullanılır. Sterilize edilecek sütlerde % 72'lik, hatta bazı hallerde % 74'lü alkol kullanmak daha yararlı olur (6). Bazı yayınlarda uzun süre depolanacak sterilize süte işlenecek çiğ sütlerin % 80'lik, 2 ay depolanacak sterilize sütler için ise % 75'lik etanol önerilmektedir (4). Ancak bu değerler Türkiye için çok yüksektir, çünkü bizdeki çiğ sütlerin kalitesi henüz arzu edilen düzeyde değildir. Hemen şunu de belirtmek gerekir ki, sütün sterilizasyona uygunluğunun sadece alkol testi ile saptanması mümkün değildir.

Sterilize Edilecek Süte Uygulanan Ön İşlemler

K l a r i f i k a s y o n : Düşük derecede sterilizasyonda klarifikasyon, esas olarak sütün içindeki yabancı maddelerin santrifüj kuvvetiyle ayrılması esasına dayanır. Genel ilke krema seperatöründekinin aynıdır. Ancak burada krema, disklerin ortasındaki kısımdan ayrılmaz. İdeal olarak bütün sütün temizlenmesi arzulanır. Çünkü bu işlemle süt içindeki kan, hücre, yabancı madde, bakteri ve pisliklerin ayrılması söz konusudur. Klarifikatörler pahalı cihazlar olmakla birlikte, ileride herhangi bir çökeltinin olması bütün işleri aksatacağından, bu önlem alınmalıdır. Klarifikatörde

ayrılan kısım kötü kokulu, kötü görünüşlü olduğundan, süttten ayrılması gerektiği hususunda hiç bir tartışma götürmez.

Klarifikasyon : Klarifikasyon, klarifikatör denilen seperatörlerle yapılır. Ancak bu seperatör hem klarifiye ve hem de homojenize işlemini bir arada yapmaktadır. Homojenize işlemi hiç bir zaman normal bir homojenizatörün yaptığı kadar etkili olamamaktadır. Burada, santrifügal olarak akan kremadaki yağ globülleri, tesbit edilmiş dişler arasından geçerken basınç altında parçalanmaktadır.

Santrifügasyon — Baktöfügasyon : Klasik klarifikasyonda, süttün içindeki yabancı maddelerin hemen hemen hepsi ayrılmaktadır. Ancak buradaki santrifüj kuvveti süttün içindeki bakterileri, sporları ayırmaya yetecek kadar etkili değildir. Baktöfügasyonda, süt içersindeki bakterilerin yoğunluğu ve büyüklüğüne bağlı olarak bakteriler ayrılmaktadır. Baktöfügasyon işlemi, yüksek devirli seperatörler yardımıyla yapılır ve bunlara baktöfüj ismi verilir. Bakterice zengin süt baktöfüj cihazından geçtiğinde, bakterilerin yaklaşık olarak % 90 kadar bir bölümü ayrılır. İkinci bir kez baktöfüjden geçirildiğinde ise, bu oran % 99'a ulaşır.

Baktöfügasyon işlemi ile süttün bakterice çok zengin bir fraksiyonu ayrılır ve buna baktöfügat adı verilir. Baktöfügat tüm süttün % 1 — 2'sini teşkil eder ve kurumaddesi % 12 — 16 arasında değişir. Kurumadde içersindeki proteinin büyük bir kısmı kazeindir. Baktöfügat bundan sonra 130°C'de sterilize edilir. Bu ısıda spor yapanlar dahil bütün bakteriler yok edilir. Fakat kazeinde önemli bir değişiklik olmaz. Süttün kurumaddesini düşürmemek ve tuz dengesini bozmamak amacıyla baktöfügat yeniden süte karıştırılır. Bilindiği gibi sterilize süttün bakteriyolojik kalitesi, içinde bulunan ısıya dayanıklı spora bağlı olduğundan, baktöfügasyon işlemi sterilize süttün ileride maruz kalabileceği bakteriyolojik bir bozulma olasılığını büyük ölçüde azalttığı gibi, süttün daha hafif bir ısı işlemine tabi tutulmasını da sağlamış olur. Bu işlemin avantajları şöyle sıralanabilir; süttün rengi daha beyaz olur, süttün tadında daha az değişiklik olur, fiziksel stabilite artar.

Homojenizasyon : Sterilize süttler daima homojenize edilir, bilindiği gibi homojenizasyon, süttü çok kuvvetli bir basınç altında bırakarak yağ daneciklerinin birbiriyle birleşip üst tarafta toplanmayacak bir şekilde dağılması esasına dayanmaktadır. Süt içersindeki yağ globüllerinin çapı 3 — 20 mikron arasında değişmektedir. Homojenizasyondan sonra ise çapları ortalama 2 mikron ci-

varındadır. Homojenize edilen sterilize sütler ağızda daha hoş bir tat bırakır ve bileşim yönünden daha düzgündür. Homojenizasyon sayesinde küçük pıhtı ve kaymak parçaları önlenmiş olur ve uzun süre depolanan sterilize sütlerin üzerinde kaymak tabakası birikmez. Bunlardan başka homojenize edilmiş sütlerin midedeki pıhtılarının daha yumuşak olduğu, temas yüzeylerinin daha fazla olması nedeniyle kolay sindirildiği bilinmektedir.

Ancak küçük parçalara bölünen yağ globüllerine lipaz enziminin etkisi daha kolay olur. Bu nedenle homojenizasyon işlemi yapıldıktan hemen sonra sterilizasyonun yapılması ve lipaz enziminin inaktif hale dönüştürülmesi gerekir. Isıtma işleminden sonra sütün homojenizasyonu, ileride depolamada oluşabilecek jel ve sedimenti önemli ölçüde önler. Ancak böyle bir homojenizasyon, sterilize edildikten sonra paketlenen sütler için söz konusudur. Nitekim UHT — yöntemiyle bu tip homojenizasyon yapılmaktadır. (Şekil 1). Ambalajı içerisinde sterilize edilen sütlerde, sonradan homojenizasyon mümkün değildir. Sterilizasyondan sonra yapılan homojenizasyonda, homojenizatörün de aseptik olması ve işlemin aseptik koşullar altında yapılması zorunludur.

Homojenize edilecek süt, yağ danecikliklerinin yumuşaması için 60°C'ye getirilir (40°C'nin altına düşmemelidir). Bu sıcaklıkta homojenizatöre alınan süt, çoğu kez santimetrekareye 200 atmosferlik bir basınç uygulanmasıyla yağ globüllerinin parçalanması sağlanır.

Sütün Sterilize Yöntemleri

Sütün sterilizasyonunda çeşitli yöntemler uygulanmaktadır. Üretimin şekline göre, otoklavda sterilizasyon, sürekli sterilizasyon (şişede sürekli sterilizasyon ve sterilizasyonu takiben aseptik ambalajlama) diye ikiye ayrılmakla beraber, genellikle sınıflama uygulanan ısıtma yöntemlerine göre yapılmaktadır. Buna göre :

- a) Düşük derecede sterilizasyon (Klasik yöntem)
- b) Yüksek derecede sterilizasyon (UHT — yöntemi).

Düşük Derecede Sterilizasyon (Klasik Yöntem)

Bu yöntemde süt klarifiye edildikten sonra homojenize edilmekte ve sonra vâkumla kapatılmış şişelerde veya kutularda 105 — 115°C de 20 — 40 dakika süreyle sterilize edilmektedir. Bu yöntemde vejetatif hücrelerin tamamı, sporların büyük bir kısmı ölür. Ancak sterilizasyonda süt oldukça esmer bir renk ka-

zanmaktadır. Özellikle soğutmanın yavaş yapılması halinde, bu esmerlilik daha da artmaktadır. Sütün beslenme değerinde de bazı kayıplar söz konusudur. Bu nedenle yeni kurulan fabrikalarda bu yöntem pek uygulanmamaktadır.

Bu yöntemde sterilizasyon, ya otoklavlarda yapılmakta, veya süt belirli bir derecede ön sterilizeye tabi tutulduktan sonra, vâkum altında ambalajlanmakta ve ikinci bir kez sterilize edilmektedir. İkinci sterilizasyon özel oda veya kulelerde yapıldığı ve bir süreklilik gösterdiği için, buna sürekli sterilizasyon da denilmektedir.

Klasik yöntemde uygulanan sıcaklık derecesi düşük, buna karşılık süresi uzun tutulmaktadır. Yaygın olarak kullanılan düşük derecede sterilizasyon ölçütleri SCHULZ'a (1) göre aşağıdaki gibidir :

Sıcaklık	Basınç	Süre
110 — 115°C	0,5 — 0.8 atü	20 — 30 dak.
107 — 110°C	0.3 — 0.5 atü	30 — 40 dak.

Yüksek Derecede Sterilizasyon (UHT — Yöntemi)

Sütün 135 — 150°C gibi çok yüksek sıcaklık derecelerinde 2 — 6 saniye tutulması suretiyle yapılan bir sterilizasyon yöntemi- dir. Bu nedenle, bu yöntem genellikle «çok yüksek derecelerde yapılan sterilizasyon» anlamına gelen İngilizce «Ultra — higt — temperatur» kelimelerinin baş harfleri alınmak suretiyle kısaca «UHT — Yöntemi» denilmektedir. Bu yöntem son zamanlarda büyük bir uygulama alanı bulmuştur. Yüksek derecede sterilizasyon daha özel aygıtlar ve daha gelişmiş bir kontrole gereksinme göstermektedir. En büyük zorluk ise, sterilize sütün aseptik olarak paketlenmesidir. Zaten bu sistem ancak aseptik ambalajlama ile bir anlam ifade etmektedir. Normal şişelerde ve karton kutularda aseptik ambalajlama olanak dışıdır. Aseptik ambalajlama yapıldıktan sonra, yüksek derecede sterilizasyon hiç bir avantaj sağlamaz. Tetra Pak aseptik ambalajlama sisteminin 1961 yılında uygulamaya konulmasıyla, yüksek derecede sterilizasyon (UHT) bütün dünyada hızlı bir gelişme göstermiştir. Tetra Pak sisteminde, sterilize süt sadece polietilen kaplı veya hem polietilen kaplı ve hem de alüminyum kaplı özel kartondan yapılmış ambalajlara steril atmosferde doldurulmaktadır. Doldurulmadan önce ambalaj materyali, % 15'lik hidrojen peroksit çözeltisinden geçerek sterilize olmaktadır. Bu çözelti sonradan ısı işlemi ile parçalanarak ortam-

dan uzaklaştırılır. Kartondan yapılan ve boru şeklinde makinaya giren Tetra Pak rulosu, hangi şekil verilecekse ona göre kesilerek ısıyla iyice kapatılır. Eğer işlem iyi bir şekilde uygulanırsa ürün steril bir halde uzun süre bakteriyolojik kalitesini korur. Ancak bir hafta veya daha uzun bir süre içinde okside olmuş bir tat meydana gelebilir. Başlangıçta bu tat «pişmiş tat» şeklinde kendini gösterir, fakat daha sonra yerini uçucu sülfür birleşiklerinden ileri gelen lahanamsı bir tada bırakır.

Bir çok ülkede, yüksek derecede sterilize edilen süte kısaca «UHT — Süt» denilmektedir. Bunun yanısıra İngilizce yayınlarda «uzun ömürlü süt» anlamına gelen «Long — life Milk» ve Almanca «dayanıklı süt» anlamına gelen «Haltbare Milch» veya kısaca «H — Milch» denilmektedir. Son yıllarda Türkiye’de sterilize süt tesisleri kurulmaya başlamıştır. Kurulan fabrikalar modern sterilize yöntemini yani yüksek derecede sterilizasyonu (UHT - yöntemi) seçmişlerdir. Türkiye’de de «sterilize süt», «uzun ömürlü süt», veya «dayanıklı süt» ifadeleri kullanılmaktadır.

Yüksek derecede sterilizasyonda önemli iki grubu tepkime mevcuttur.

- a) Mikroorganizmaların yok edilmesi,
- b) Kimyasal değişiklikler.

Mikroorganizmaların yok edilmesi istenen, amaçlanan bir hedeftir. Ancak kimyasal değişikliğin mümkün olduğu kadar az olması arzu edilir. Kimyasal değişimler daha ziyade aroma, renk, proteinin biyolojik değeri ve vitamin miktarlarında kendini gösterir (6,7,8,9). Ayrıca bu konuda daha önce «Sterilizasyonda Isı — Süt İlişkileri» başlığı altında özet bilgi verilmiştir.

Sütün Yüksek Derecede Sterilizasyonunda Isıtma Yöntemleri

Yüksek derecede sterilizasyonda iki türlü ısıtma sistemi mevcuttur :

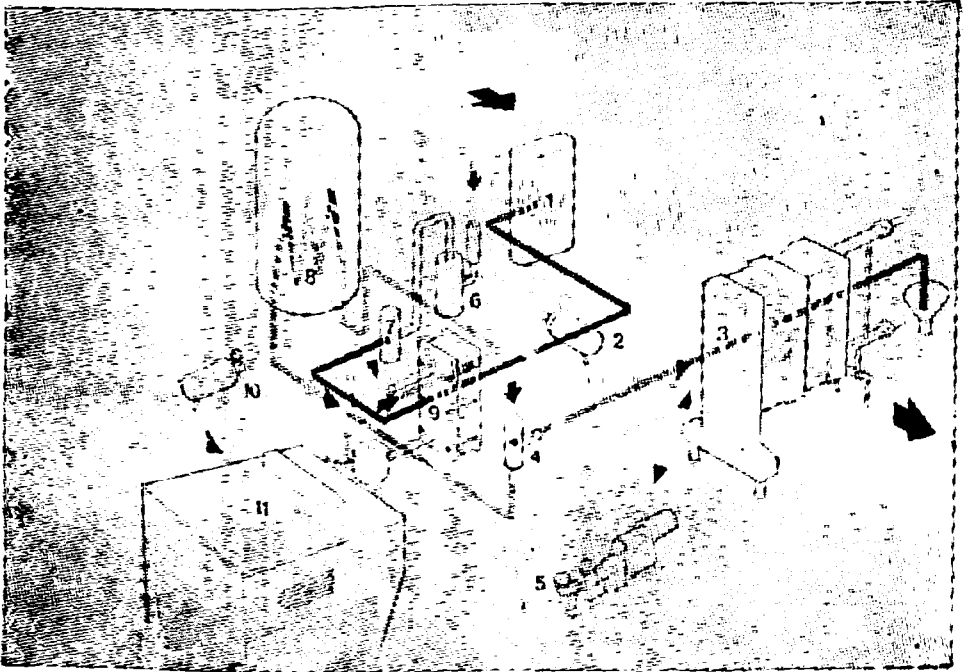
- a) Direkt sistem,
- b) İndirekt sistem.

Direkt sistemde, ya süt buhar üzerine pulverize edilmekte veya buhar süt üzerine pulverize edilmektedir. İndirekt sistemde ise, borulu veya plakalı ısıtıcılarda süt buharla temas etmeden sterilize edilmektedir. Direkt ısıtma sistemine örnek olarak Sulzer AG’nin «Uperisation», Alfa — Laval’ın «VTIS» (Vacu — Therm — Instant

Sterilize) ve Paach — Silkeborg'un «Palarisation» indirekt yöntemine ise APV sistemleri, Alfa — Laval'ın «VTS» (Vacu — Therm — Steriliser) ve Stork — Sterideal sistemleri gösterilebilir.

Şekil 1 de direkt ısıtma sistemini uygulayan VTIS tesisi görülmektedir. Burada homojenizasyon sterilizasyondan sonra ve aseptik koşullar altında yapılmaktadır.

Şekil 1 — VTIS/C Sterilize Süt Tesisi Akım Şeması (Alfa — Laval)

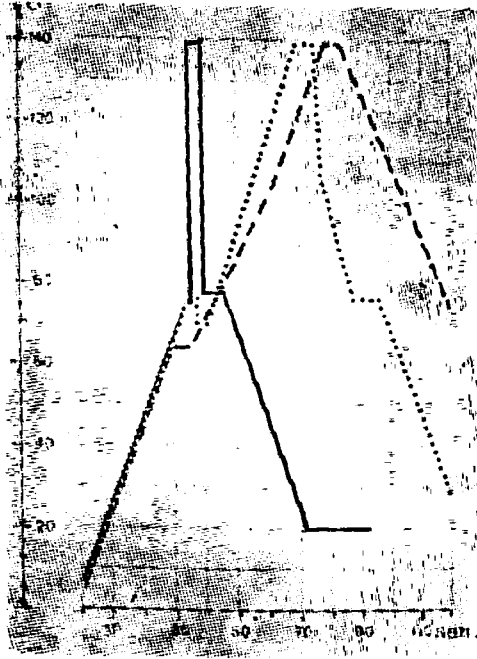


1. Balans tankı — 2. Pompa — 3. Plakalı ısıtıcı — 4. Su için buhar pülverizatörü — 5. Yüksek basınç pompası — 6. Buhar pülverizatörü — 7. Ventil — 8. Vakum tankı — 9. Plakalı soğutucu — 10. Aseptik pompa — 11. Aseptik homojenizatör.

UHT — yönteminde direkt ısıtma sisteminin mi, yoksa indirekt ısıtma sisteminin mi daha iyi olduğu konusunda çeşitli tartışmalar, görüşler ve araştırmalar mevcuttur. Şunu hemen belirtmek gerekir ki, her iki sistemde ısı — süt ilişkileri, daha doğrusu ısının süt üzerindeki etkileri oldukça farklıdır. Direkt metotta süt doğrudan su buharıyla temas etmekte ve çok kısa süre bu sıcaklıkta kalmaktadır. İndirekt yöntemde ise süt, ya plakalı ısıtıcılarda veya borulu ısıtıcılarda sterilize sıcaklığına kadar getirilmekte, yani su baharıyla temas etmemektedir. Doğal olarak indirekt sis-

temde süt daha uzun süre yüksek sıcaklıkta kalmaktadır. Bu nedenle indirekt sistemin, süt üzerinde özellikle kimyasal tepkime yönünden direkt sisteme oranla daha zararlı olduğu söylenebilir. Buna karşılık direkt sistemde süt ile buharın karışması bazı ülkelerde mevzuata aykırı düşmektedir. Burada önemli olan husus, 70°C'nin üzerinde sütteki fiziksel ve kimyasal değişikliklerin durumudur. Her iki ısıtma sisteminde süütün maruz kaldığı sıcaklık dereceleri ve süreleri şekil 2 de açıkça görülmektedir.

Şekil 2 — Yüksek Derecede Sterilizasyonda ısı/zaman Diyagramı



- Direkt UHT—yöntemi
- İndirekt UHT—yöntemi
- İndirekt UHT — yöntemi
(borulu sistem)

ÖZET :

İçme Sütü Sanayiinde, Sterilize süt giderek önem kazanmaktadır. Özellikle sıcak ülkelerde pastörize süte göre çok daha yararlıdır. Sterilizasyon genel olarak, düşük derecede sterilizasyon ve yüksek derecede sterilizasyon (UHT) olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Tetra — Pak aseptik ambalajlamanın devreye girmesiyle, sterilize süt sanayiinde yeni bir dönem başlamıştır. Çünkü düşük

derecede uzun süre sterilizasyondaki çeşitli hatalar, UHT yöntemiyle büyük ölçüde giderilmiştir.

UHT yöntemiyle sterilizasyonda direkt ve indirekt ısıtma sistemleri mevcuttur. Türkiye'de de UHT yöntemiyle bazı sterilize süt tesisleri kurulmaya başlamıştır. İklim koşulları ve ulaşım olanakları göz önünde tutulursa, ülkemiz için içme sütü sanayiinde en uygun yöntem sterilizasyondur. Türkiye sütçülüğünün ve toplumumuzun beslenmesi ile ilgili sorunlardan bazılarının sterilize sütün yaygınlaşmasıyla çözümleneceği inancındayız. Türkiye'ye giren bu yeni sterilize tekniğinin çeşitli yönleriyle incelenmesi ve halkımıza tanıtılmasında büyük yarar vardır.

SUMMARY

Sterilized milk has gained a tremendous importance in Dairy Industry. Particularly in hot climate areas sterilized milk has numerous advantages.

Broadly, sterilization process can be divided into two as; a) Low Temperature Sterilization, b) High Temperature Sterilization. With the introduction of Tetra — Pak aseptic packing a new era in the Sterilized Milk Industry has commenced. The problems occurring in long Temperature long Time process has been overcome to a marked degree by Ultra High Temperature (UHT) process.

The UHT process utilizes either direct or indirect heating method. In Turkey the UHT process is successfully applied in a number of Dairy Plants. When one considers the climatic factors and the limitations of transportation, sterilized milk seems to be the best solution to Turkey with her Dairy Industry problems.

KAYNAKLAR

1. SCHULZ, M.E. (1965) — Das grosse Molkerei — Lexikon. Volkswirtschaftlicher Verlag GmbH Kempten.
2. LAMBERT, L.M. (1975) — Modern Dairy Products. Chemical Publishing Company, Inc. New York.
3. YÖNEY, Z. (1970) — Süt ve Mamulleri, A.Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları No: 421, 218.
4. Die neue Milch. Kontinuierlichen Verfahrens zur Herstellung einer neuen Trinkmilch. Alfa — Laval AG Sweden.
5. YAYGIN, H. (1976) — Sterilize Süt. Türkiye 2. Sütçülük Kongresi (baskıda)
6. Milk Sterilization (1965) — FAO Agricultural Studies No. 65. Rome, Italy.
7. RENNERT, E., KESS, U. ve LÜBBEN, A. (1976) — Deutsche Milchwirtschaft 18. 523 — 529.
8. DAVIS, J. G. (1968) — Quality Control in the food industry. Academic Press London and New York, edited by S.M. HERSCHDOERFER
9. SCHMIDT, R. (1975) — Diss. Univ. Giessen.