

SÜTÜN STERİLİZASYONU

Prof. Dr. Ebru ŞENEL

Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Süt Teknolojisi Bölümü

100 °C üzerinde gerçekleşen ısı işlemlere **sterilizasyon** denir.

- *Sterilize içme sütü*; hermetik olarak kapatılmış opak ambalajlarda sterilizasyon işlemi uygulanarak bozulma yapan tüm vejetatif mikroorganizmaların ve sporlarının yok edilmesiyle elde edilen içme sütüdür.
- Aseptik koşullarda paketlenerek oda sıcaklığında uzun raf ömrüne sahiptir.

Türk Gıda Kodeksi- Çiğ Süt ve Isıl İşlem Görmüş Sütleri Tebliği'ne göre sterilizasyon;

Oda sıcaklığında saklanabilen ticari olarak steril bir ürün elde etmek amacı ile normal depolama şartlarında bozulmaya neden olacak tüm mikroorganizmaları ve sporlarını yok eden hermetik ambalajlı ürüne, en az 115 °C'de 13 dakika veya 121 °C'de 3 dakika gibi uygun zaman sıcaklık kombinasyonunda, yüksek sıcaklıkta uzun süreli uygulanan ısı işlemdir.

Sterilizasyon yöntemleri;

I. Ambalaj içinde sterilizasyon

- Klasik otoklavlarda kesikli sterilizasyon
- Hidrostatik otoklavlarda sürekli sterilizasyon
 - Hidrostatik dikey tip steriliztör
 - Yatay döner tip sterilizatör

II. UHT yöntemi ile akış halinde sterilizasyon

- Direkt UHT yöntemi
 - Buhar enjeksiyonu (Süte buhar püskürterek)
 - Buhar infüzyonu (Buhara süt püskürterek)
- İndirekt UHT yöntemi

I. Ambalaj İçinde Sterilizasyon

A. Klasik otoklavlarda kesikli sterilizasyon

100 °C zerindeki sıcaklıklarda uygulanan tüm ısıl işlemler “otoklav” adı verilen ve atmosferik basınç üzerindeki bir basınçta çalışan kapalı düzenlerde gerçekleşir.

- Otoklavlarda ısıtma ortamı olarak buhar veya su kullanılır.
- Su kullanılıyorsa; 100 °C zerindeki sıcaklıklar sıcak buhar ile ısıtılması ve oluşan doymuş buharın otoklav içinde tutulmasıyla sağlanır.
- Buhar kullanılıyorsa suyun ayrıca ısıtılması gerekmediğinden daha az enerji harcanır.

Kesikli yöntemle sterilizasyon üç şekilde gerçekleşir.

1. Ön işlemlerden sonra ambalajlanmış süt, otoklav sepetlerine yerleştirilir ve sabit otoklavda sterilize edilir.
2. Dolu ambalajlar özel bir kafese yerleştirilir. Kafes sabit otoklav içerisinde döndürülerek sterilize edilir.
3. Sterilizasyon işlemi otoklav gövdesinin döndüğü döner tip otoklavlarda yapılır.



➤ Ambalajların hareketsiz olduğu otoklavlarda;

Isı iletimi konveksiyonla gerçekleşir. Gerek ısı aktarımı gerekse bakterilerin inhibisyonu açısından homojenlik olmadığı ve renk kusurları oluştuğu için risk söz konusudur.

➤ Ambalajların dönen tip otoklavlarda;

Daha hızlı ve homojen ısı iletimi sağlanır. Hem bakteriyolojik hem de duyusal olarak daha olumlu sonuçlar elde edilir.

Sütün otoklavda sterilizasyonu işlemleri sırasıyla;

- Süt homojenize edildikten sonra yaklaşık 80 °C ye ön ısıtılır.
- Cam veya plastik şişelerde ambalajlanır.
- Ağzuları kapalı şişeler otoklav sepetine yerleştirilir
- Otoklav tipine göre 110-125 °C de 3-40 dk sterilize edilir.

B. Sütün Hidrostatik Otoklavlarda Sürekli Sterilizasyonu

Klasik sterilizasyonda süt parti halinde sterilize edilmekte, soğutulmaktadır.

Günde en fazla 10.000 şişe sterilize edilebilmektedir.

Daha fazla şişenin sterilizasyonunda sürekli yöntemler kullanılır.

Sürekli çalışan otoklavların 2 tipi bulunur.

- Hidrostatik dikey sterilizatör
- Yatay döner tip sterilizatör

Hidrostatik dikey tip sterilizatör

Bu sterilizatörler;

- buharlı ısıtma hücresi
- her iki yanında yer alan 2 adet hidrostatik kolon
- soğutma sisteminden oluşur.

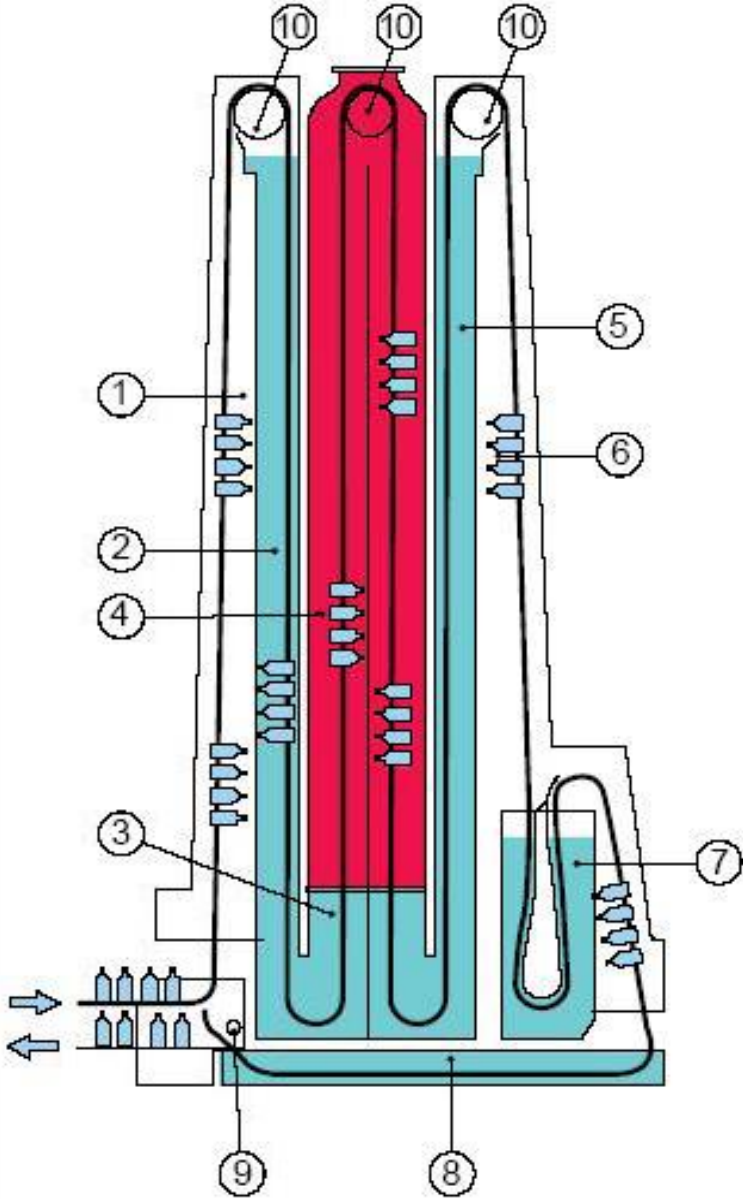
Buhar hücresinin basıncı dolayısıyla sıcaklığı, hidrostatik kolonlarla sağlanan basınç ile kontrol edilir.

Kolonlar, şişelerin giriş ve çıkışı sırasında oluşabilecek buhar kaçağı sonucu basıncın değişmesini engelleyen valf görevi yapar.

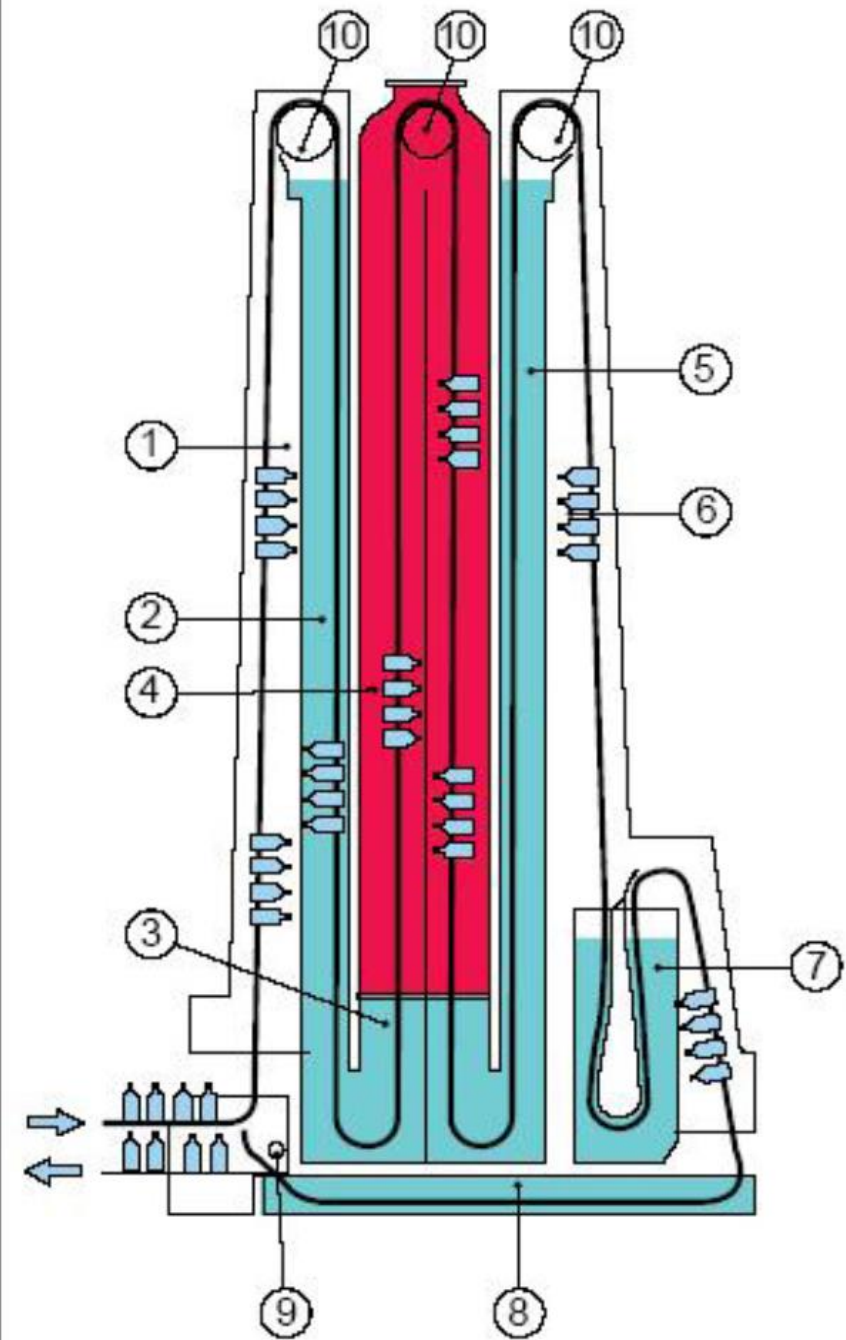
Bu tip sterilizatörde tüm ısıl işlemler, yaklaşık bir saat içinde tamamlanır.

Bunların kapasiteleri 3000-16 000 adet 1l şişe/saattir

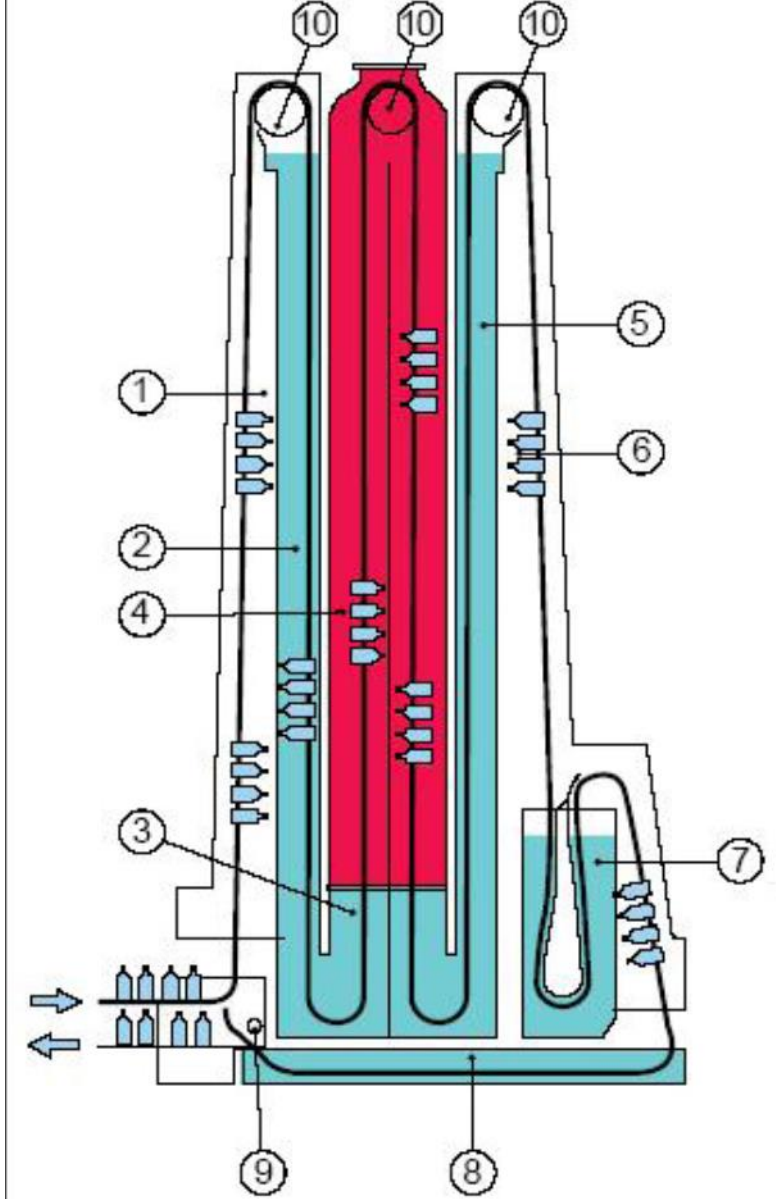
1. Ön ısıtma basamağı
2. Su kolonu ve ikinci ısıtma basamağı
3. Üçüncü ısıtma basamağı
4. Sterilizasyon basamağı
5. Birinci soğutma aşaması
6. İkinci soğutma aşaması
7. Üçüncü soğutma aşaması
8. Dördüncü soğutma aşaması
9. Son soğutma aşaması
10. Dişli takım



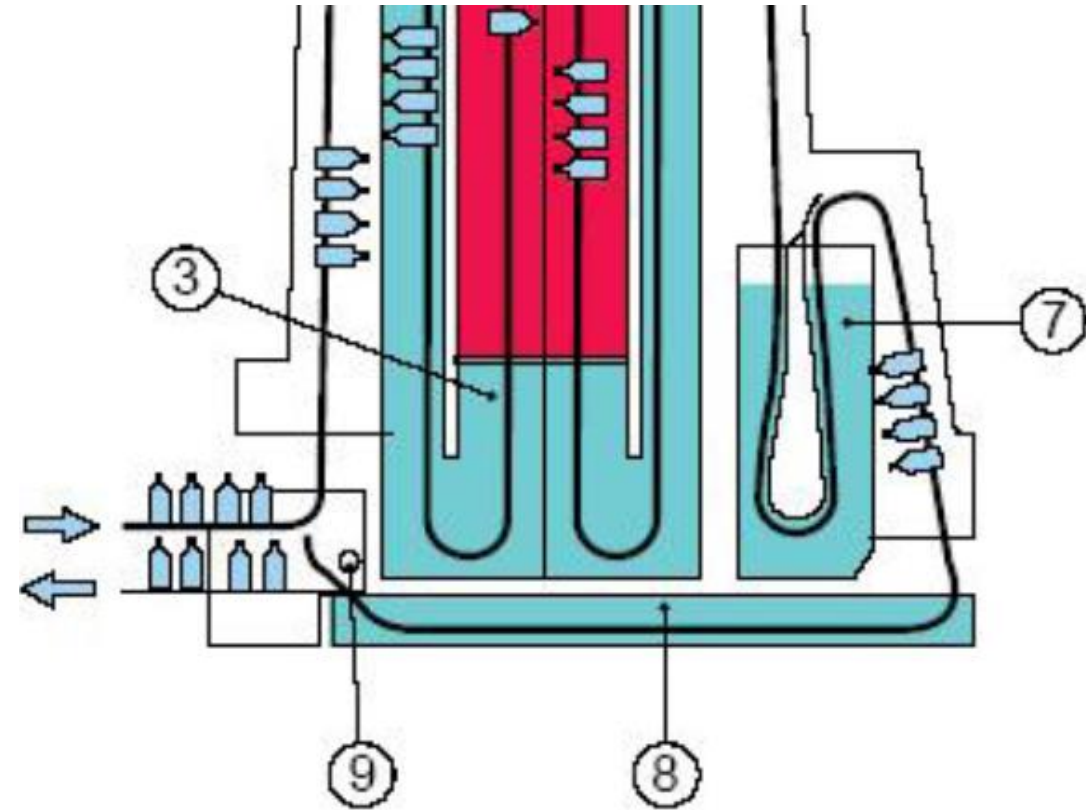
- Cam veya plastik şişelere doldurulan sütler ön ısıtma kolonuna gönderilir (1).
- Burada şişeler önce sıcak hava ile biraz ısıtılır, sonra sıcaklığı yaklaşık 85°C'de olan suya daldırılır ve aşağıya doğru taşınır (2).
- Aşağıya doğru indikçe sıcaklığı gittikçe artan su ile karşılaşan şişelerin sıcaklıkları yükselir ve kolonun alt bölümünde 90°C civarına ulaşır.
- Şişeler daha sonra yukarı doğru yönelerek buhar hücreğine gelir. Bu hücredeki buhar sıcaklığı, sterilize edilecek ürüne bağlı olarak 115-125°C arasında seçilerek sabit tutulmaktadır (3).



- Buhar hücresine giren şişeler, önce hücrenin tepesine kadar yukarıya doğru sonra aşağıya doğru hareket ederek bu hücreyi iki kez dolaşırken sterilizasyon gerçekleşir (4).
- Buhar hücresinden çıkan şişeler, bu kez ikinci hidrostatik kolona ulaşarak yukarı doğru hareket eder (5).
- Bu kolonda şişeler, sıcaklığı giderek azalan su ile karşılaşarak kademeli olarak soğur ve kolonu üst kısımda yaklaşık 55°C'de terk eder (6).



- Soğutma kolonunun üstüne ulaşan şişeler buradan tekrar aşağıya doğru yönelip yollarına devam ederken duş altında kalarak soğumalarını sürdürür (7).
- Sterilizatörün en altında soğuk su kanalına geçer. Soğuma burada tamamlanır. Soğutulmuş şişeler tekrar yukarı yönelir ve sistemin besleme istasyonunun altından dışarı alınır. (8).

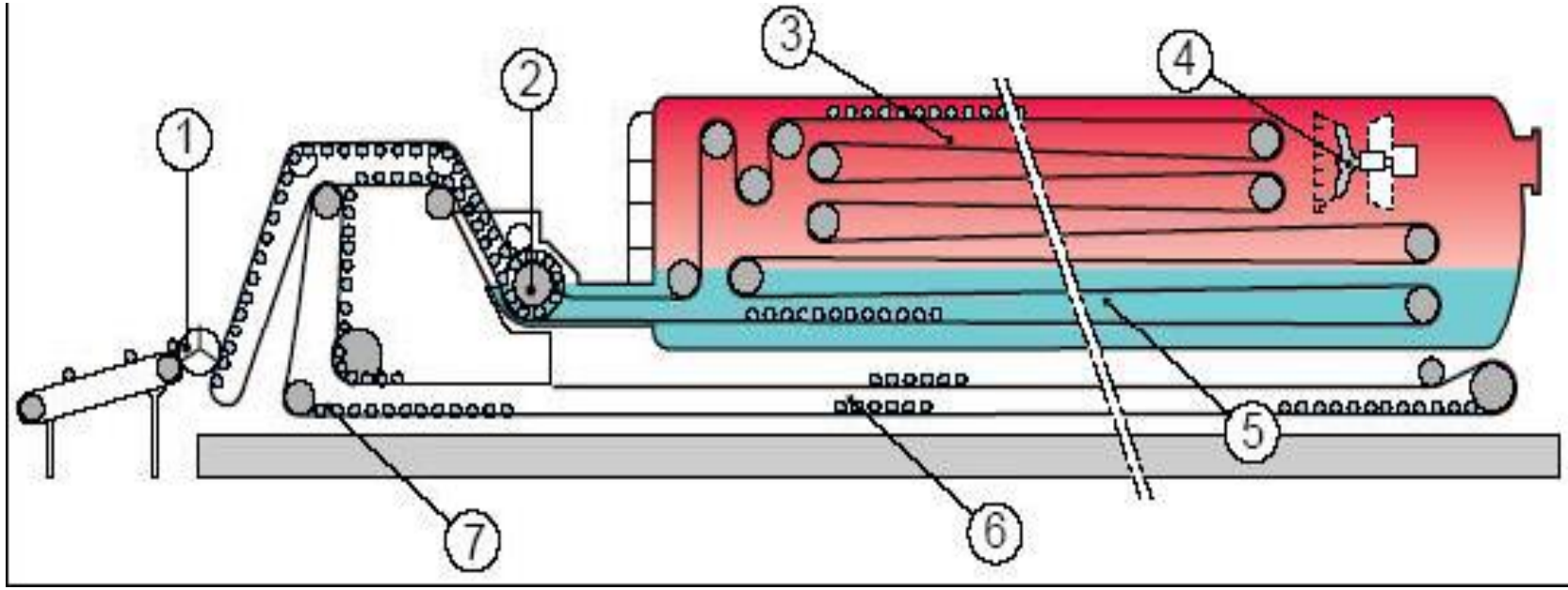


Yatay (Döner tip) Sterilizatör

Bu tip sterilizatörlerde basınç bölmesinin sızdırmazlığı mekanik bir düzenle sağlanmaktadır.

Yatay döner sterilizatörde süt doldurulmuş şişeler, yüksek basınç ve yüksek sıcaklığın etkin olduğu bir bölgede 132-140 °C 'de 10-12 dakika süreyle sıcak tutularak sterilize edilmektedir.

Söz konusu sterilizatörde toplam geçiş süresi 30-35 dakika kadardır ve saatte 12 000 şişe sütü sterilize etmek mümkündür .



1. Süt dolu şişeleri sterilizatöre besleyen düzenek
2. Şişeleri basınçlı bölgeye ve bu bölgeden dışarıya sürekli taşıyan döner valf
3. Sterilizasyon bölgesi
4. Vantilatör
5. Ön ısıtma bölgesi
6. Atmosferik basınç koşullarında son soğutma bölgesi
7. Sevk zinciri üzerinden boşaltma ünitesi

Klasik sterilizasyonda karşılaşılan problemler

- Sterilizasyon sırasında yüksek sıcaklık uygulaması nedeniyle sütün kimyasal bileşiminde değişiklikler meydana gelmektedir.
- Bu kimyasal değişimlere bağlı olarak sütün duyuşal niteliklerinde ve besin değerinde bazı kayıplar oluşmaktadır.
- Klasik sterilizasyon ile üretilen içme sütünde meydana gelen kusurlar oldukça önemlidir. Çünkü burada süt, yüksek sıcaklıkta uzun süre bekletilmektedir.
- Klasik sterilizasyonda vitamin kayıpları oldukça fazla olmaktadır; B1 (tiamin), B6, B9 (folik asit), B12 vitaminlerinde % 10 oranında oranında kayıp meydana gelmektedir.

- Klasik sterilizasyonda üretilen sütlerde hafif esmer renk meydana gelmektedir. Esmerleşme, daha çok ısı işlemin şiddetine ve süresine, pH değerine ve depolama sıcaklığına bağlı olarak sütün bileşiminde kimyasal olarak meydana gelen değişikliklerdir
- Klasik sterilizasyonda sütün çözünür kalsiyum miktarında % 50'ye kadar ulaşabilen oranda bir azalma meydana gelmektedir.
Ancak bu değişiklikler organizmanın kalsiyumdan yararlanmasını etkilememektedir.
- Klasik sterilizasyonda lizin' deki kayıp % 6-10 oranındadır.

II. UHT (Ultra High Temperature) Yöntemiyle Sterilizasyon

Türk Gıda Kodeksi-Çiğ Süt ve Isıl İşlem Görmüş Sütleri Tebliği' ne göre –

UHT; oda sıcaklığında saklanabilen ticari olarak steril bir ürün üretmek amacı ile normal depolama şartlarında bozulmaya neden olacak tüm mikroorganizmaları ve sporlarını yok eden **en az 135°C'de 1 saniyede**, uygun zaman sıcaklık kombinasyonunda yüksek sıcaklıkta kısa süreli sürekli akış altında uygulanan ısıl işlemdir.


Çiğ sütün kimyasal, fiziksel ve duyusal özelliklerinde en az değişikliğe yol açarak, bozulma yapabilen tüm mikroorganizmaların ve bunların sporlarının UHT işlemi ile yok edilerek aseptik koşullarda dolun yapılması ile elde edilen içme sütüdür.

- Bakteri ve sporları üzerine öldürücü etki daha fazla
- Sütün kimyasal bileşiminde daha az değişiklik sağlanır.

- Belirli bir etki alanında mikroorganizmaları öldürmek için, **uygulanan sıcaklık derecesi ile süre arasında** logaritmik bir ilişki vardır.

Bu ilişki, her 10 °C lik sıcaklık artışının reaksiyonu kaç kat artıracığını gösteren **Q₁₀ değeri** ile ifade edilir.

- Bakteri sporlarını öldürmek için gösterilen $Q_{10} = 10$ değeri, 10 °C lik sıcaklık artışının sterilizasyon süresini 10 kat azalttığını ifade eder.
- Kimyasal değişimler için gösterilen $Q_{10} = 3$ değeri ise, 10 °C lik sıcaklık artışının reaksiyon süresini 3 kat artırdığını ifade eder.

- Klasik sterilizasyona göre 30 °C lik artış, gerekli süreyi 1000 kat azaltmakta (yani 20 dk  1.2 sn), kimyasal değişimlerde %3 civarında kalmaktadır.
- Bu ilişki, UHT sterilizasyonun beslenme fizyolojisi ve sütün fiziksel, kimyasal özellikleri açısından daha uygun olduğunu göstermektedir.
- UHT yöntemiyle sterilizasyon, **135-150°C'ler arasında 2-20 saniye** süreyle uygulanan bir ısı işlemidir.
- Direk ve İndirekt olmak üzere iki şekilde uygulanır.

A. Direkt UHT Sterilizasyon

Sütün doğrudan yani direkt buharla sterilizasyonunda iki farklı yöntem uygulanmaktadır.

Bu yöntemde kullanılan buhar, içme suyu kalitesindeki sudan üretilmiş olmalı ve hiçbir yabancı madde içermemelidir.

Buhar doğrudan şebekeden gelmemeli, paslanmaz çelikten yapılmış bir buhar üreticisinden ayrı olarak elde edilmelidir.

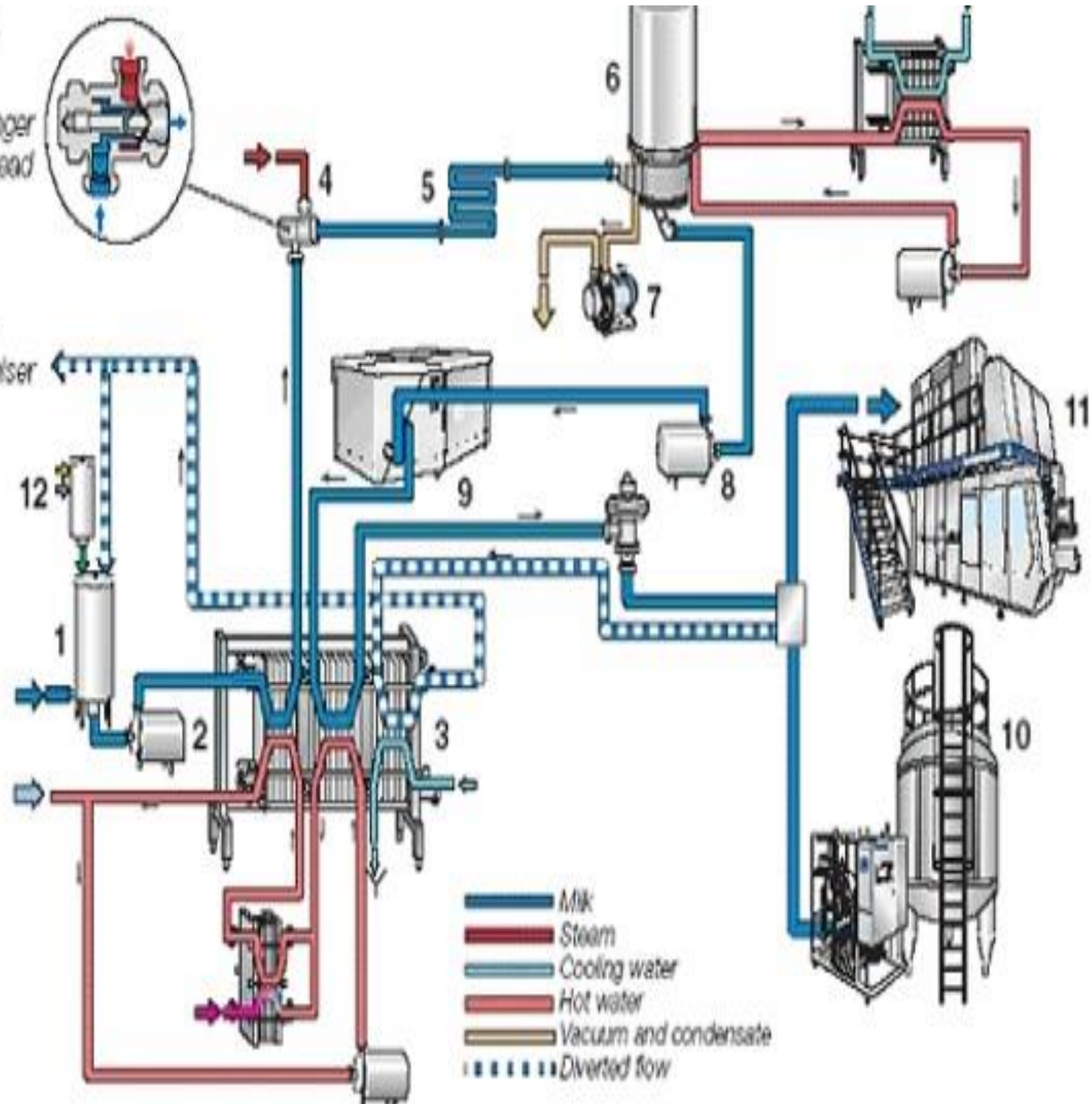
Buhar Enjeksiyon Yöntemi (Süte Buhar Püskürtme)

- Süt separatörlerde temizlenip, yağ standardizasyonu yapıldıktan sonra balans tankından plakalı ısı değiştiricide önce 75 °C ye sonra 2. ısıtma bloğunda 80°C'ye kadar ön ısıtmaya tabi tutulur.
- Daha sonra bir pompa vasıtasıyla buhar enjeksiyon bölümüne gönderilmekte ve burada basınç altında içine doymuş buhar enjekte edilmektedir.
- Bu bölümde su buharı, ısınıı çok kısa sürede süte vererek onu 135-150°C gibi yüksek derecelere kadar ısıtmaktadır.
- Buhar enjektörü en önemli ekipmandır.

- Buhar enjektörü ürün ve buhar fazlarını iyice karıştırarak sıcaklığın homojen ve kısa sürede iletilmesini sağlayarak istenilen sıcaklığa yükseltir.
- Süt, buhar enjektörü ile bu sıcaklıkta 2-4 saniye kadar bekletilmekte ve hemen vakum tankına alınarak ani bir genleşme ile içerisindeki su buharı buharlaştırılmaktadır.
- Süt burada ani genleşme ile soğur ve sütün sıcaklığı 80°C'ye düşer.

- Vakum tankındaki vakum ayarlanarak buharlaşan su miktarı, daha önce sütle karışan su miktarı ile eş değerdir.
- Vakum tankında suyun buharlaştırılmasıyla oluşturulan sıcak su, çiğ sütün ön ısıtması için kullanılmaktadır.
- Sterilize edilmiş süt 80°C'ye soğutulduktan sonra aseptik bir pompa ile aseptik homojenizatöre giderek 250-300 bar (25-30 MPa) basınçta homojenize edilir.
- Aseptik ısı değiştiricide paketlenme sıcaklığına (20 °C ye kadar) soğutulmakta ve aseptik olarak ambalajlanmaktadır.

- 1 Balance tank milk
- 2 Feed pump
- 3 Plate heat exchanger
- 4 Steam injection head
- 5 Holding tube
- 6 Vacuum vessel
- 7 Vacuum pump
- 8 Centrifugal pump
- 9 Aseptic homogeniser
- 10 Aseptic tank
- 11 Aseptic filling
- 12 CIP



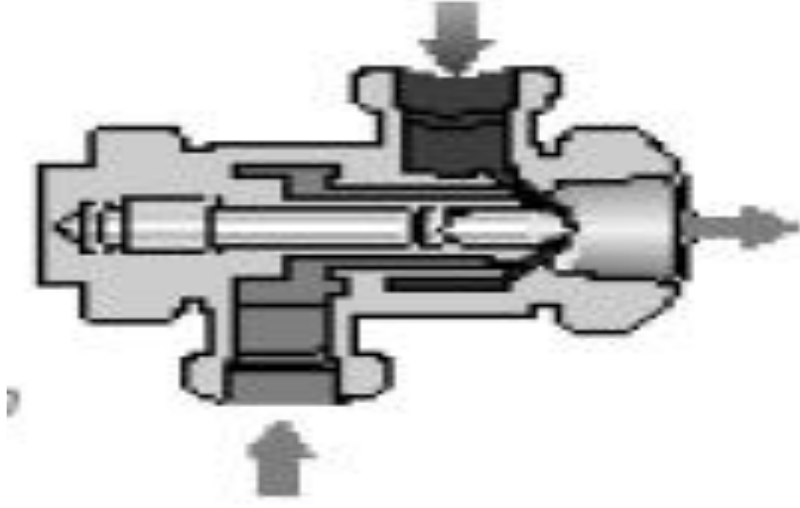
- Milk
- Steam
- Cooling water
- Hot water
- Vacuum and condensate
- ⋯ Diverted flow

Buhar İnfüzyon Yöntemi (Buhara Süt Püskürtme)

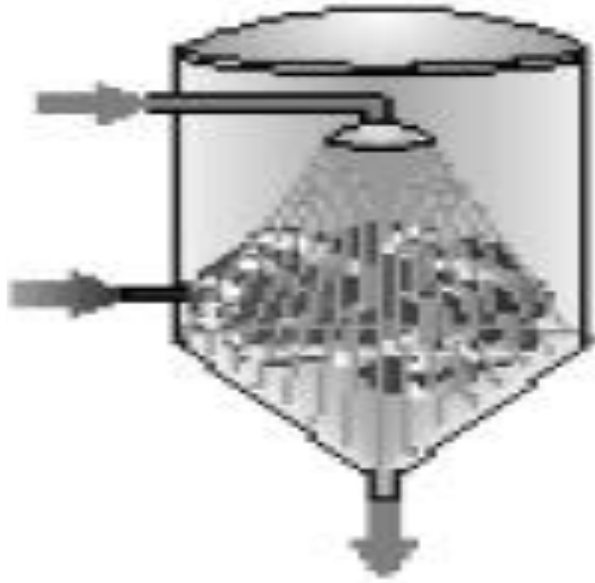
Bu sistemler sütün buharla karışma şekli dışında diğer yönlerden enjeksiyon sistemlerine benzerlik göstermektedir.

Sütün basınçlı buharla karışması infüzer yardımıyla gerçekleştirilmektedir.

Homojenizasyon işleminin ardından sütün buhar içine ya ince film halinde püskürtülmesi veya püskürtülerek sağnak halde verilmesidir.

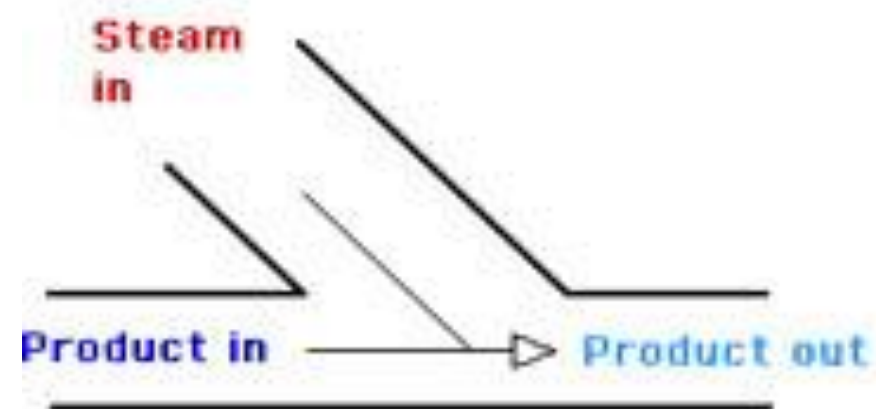


**Şekil 1. buhar enjeksiyon
nozzle**

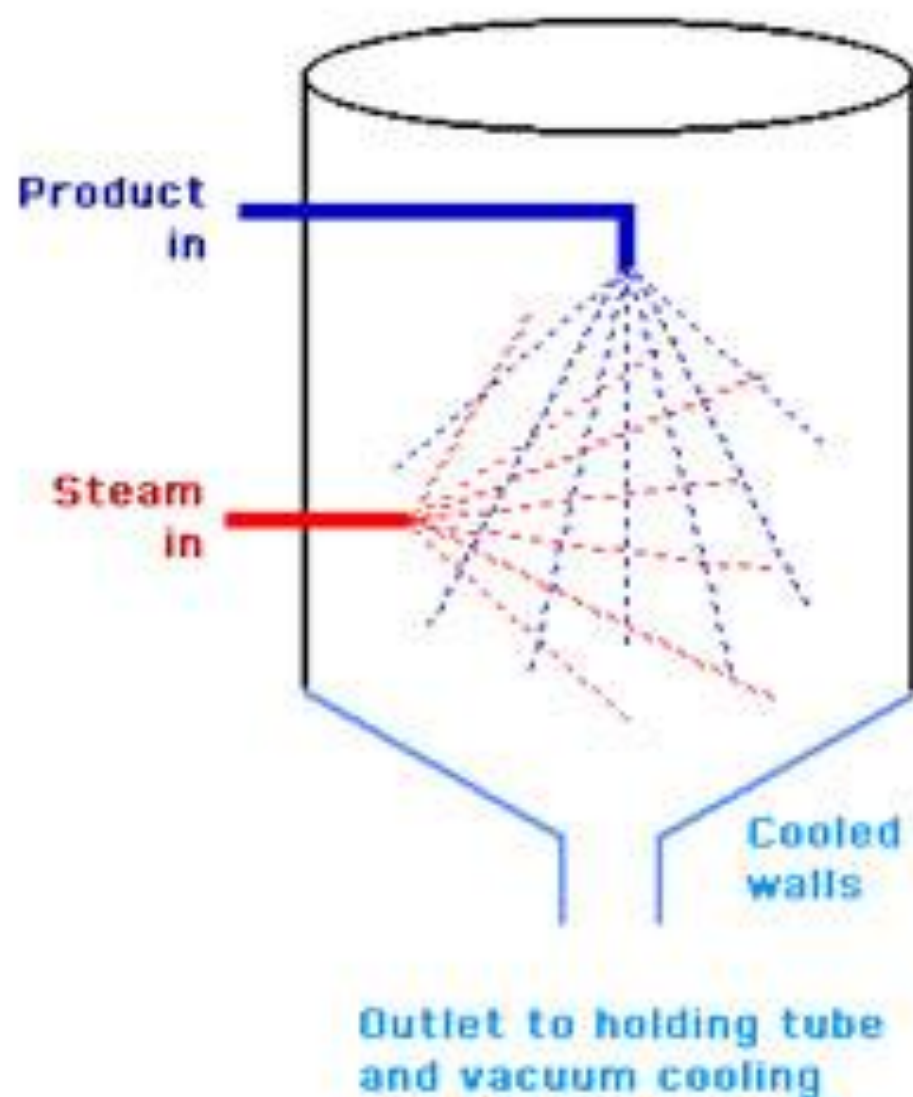


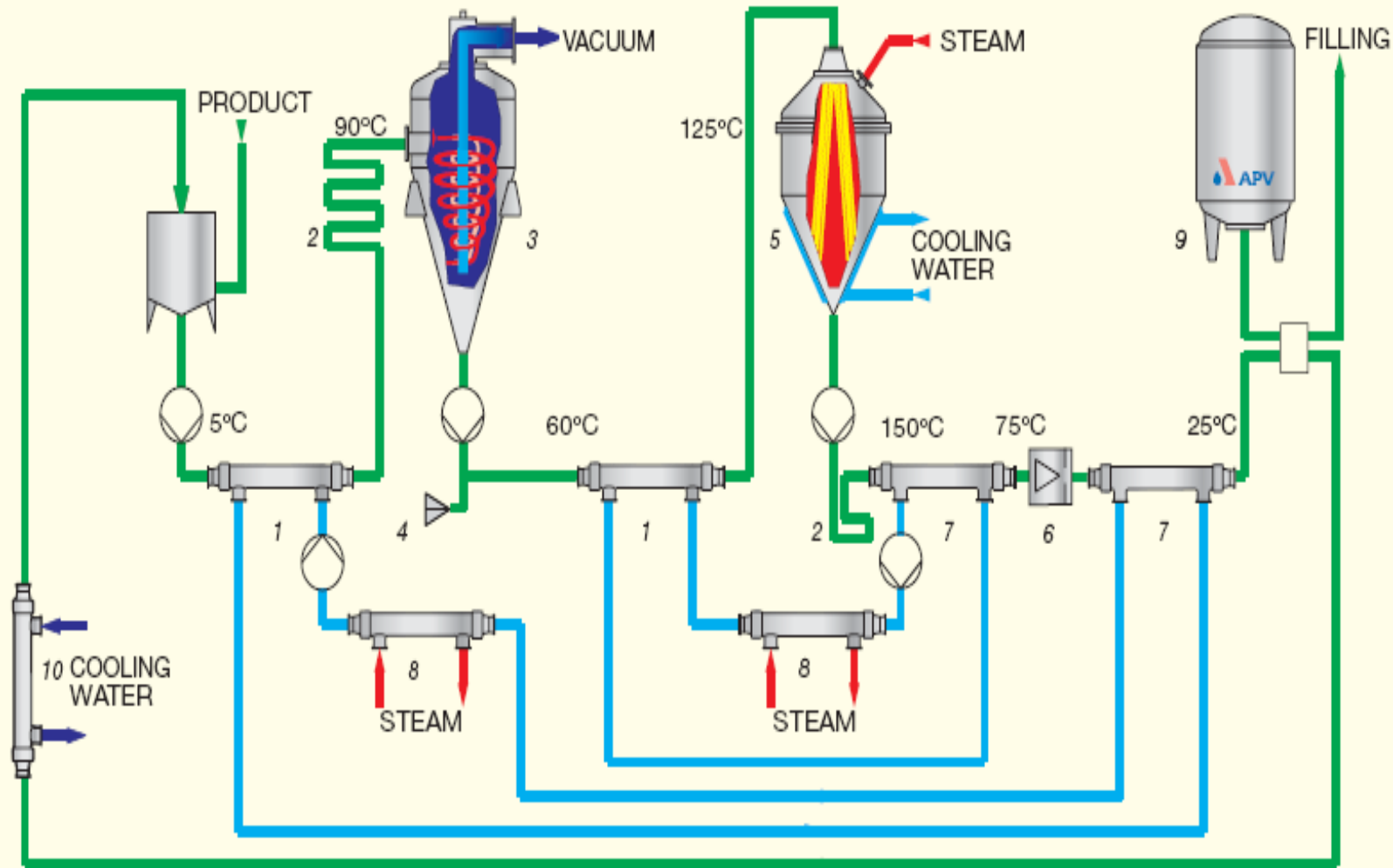
**Şekil 2. buhar infüzyon
tankı**

INJECTION VALVE



INFUSION CHAMBER





1. Tubular preheaters

2. Holding tube

3. Flash vessel (non aseptic)

4. Non aseptic flavour dosing (option)

5. Steam infusion chamber

6. Homogeniser (aseptic)

7. Tubular coolers

8. Tubular Heaters

9. Aseptic tank

10. Non aseptic cooler

Flow diagram for High Heat Infusion Steriliser

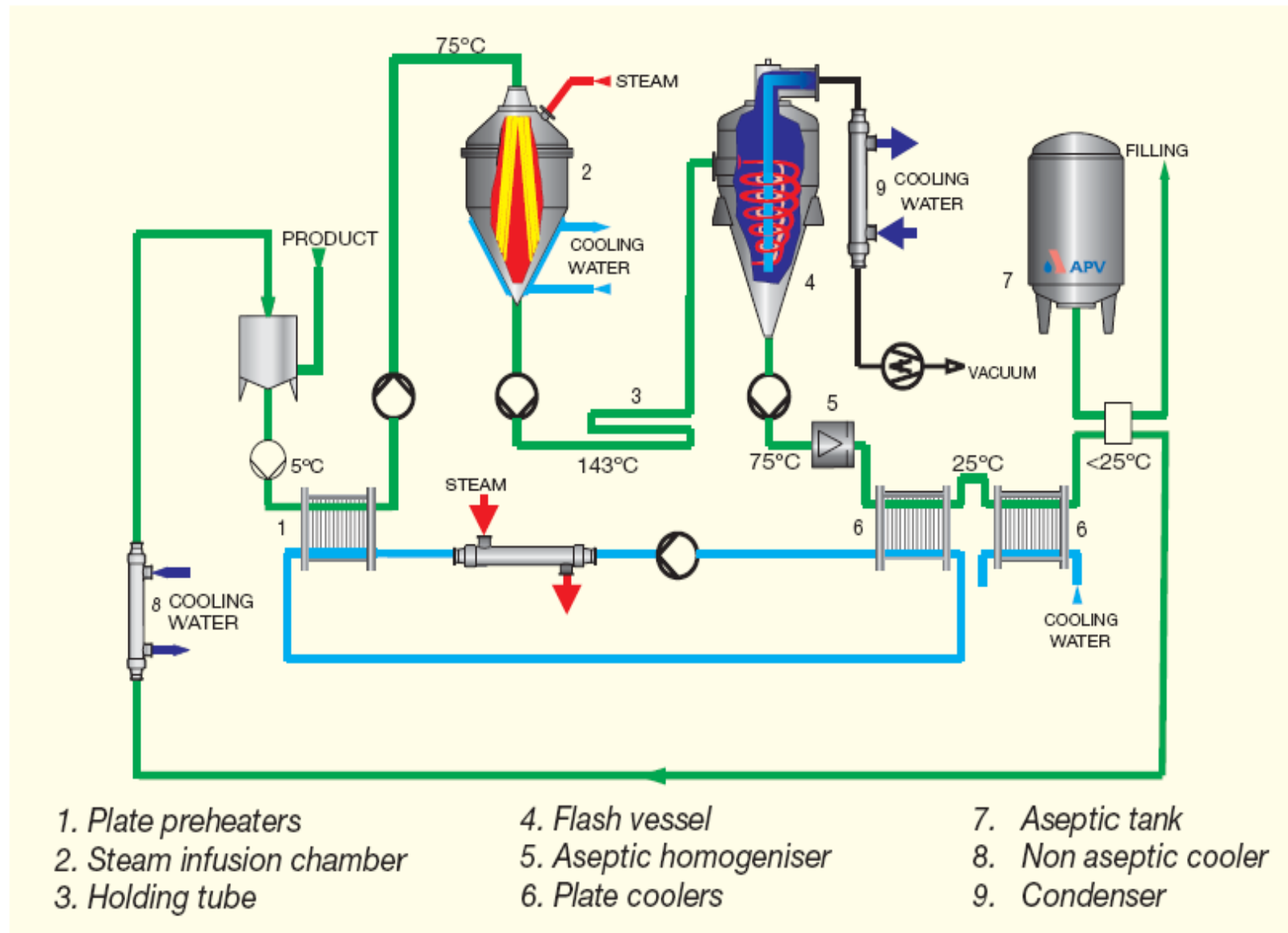


Fig. 2: Flow Diagram for Steam Infusion Steriliser

B. İndirekt UHT Yöntemi

- Sütün direkt buhar ile teması pastörizasyonda olduğu gibi ince paslanmaz çelik bir yüzey ile kesilerek sterilizasyon sağlanır. Plakalı ve borulu ısı değiştiriciler veya her iki tipin kombinasyonu kullanılır.
- Borulu ısı değiştiricilerin kullanıldığı indirekt sistemler daha uygundur.
- Borulu ısı değiştiricilerde 40-60 bar gibi yüksek basınçta 2.5 m/sn yüksek akış hızına çıkılabilir.
- Plakalı ısı değiştiricilerde düşük basınçta yaklaşık 6 bar da çalıştığı için 0.25-0.35 m/sn gibi düşük akış hızı elde edilir.

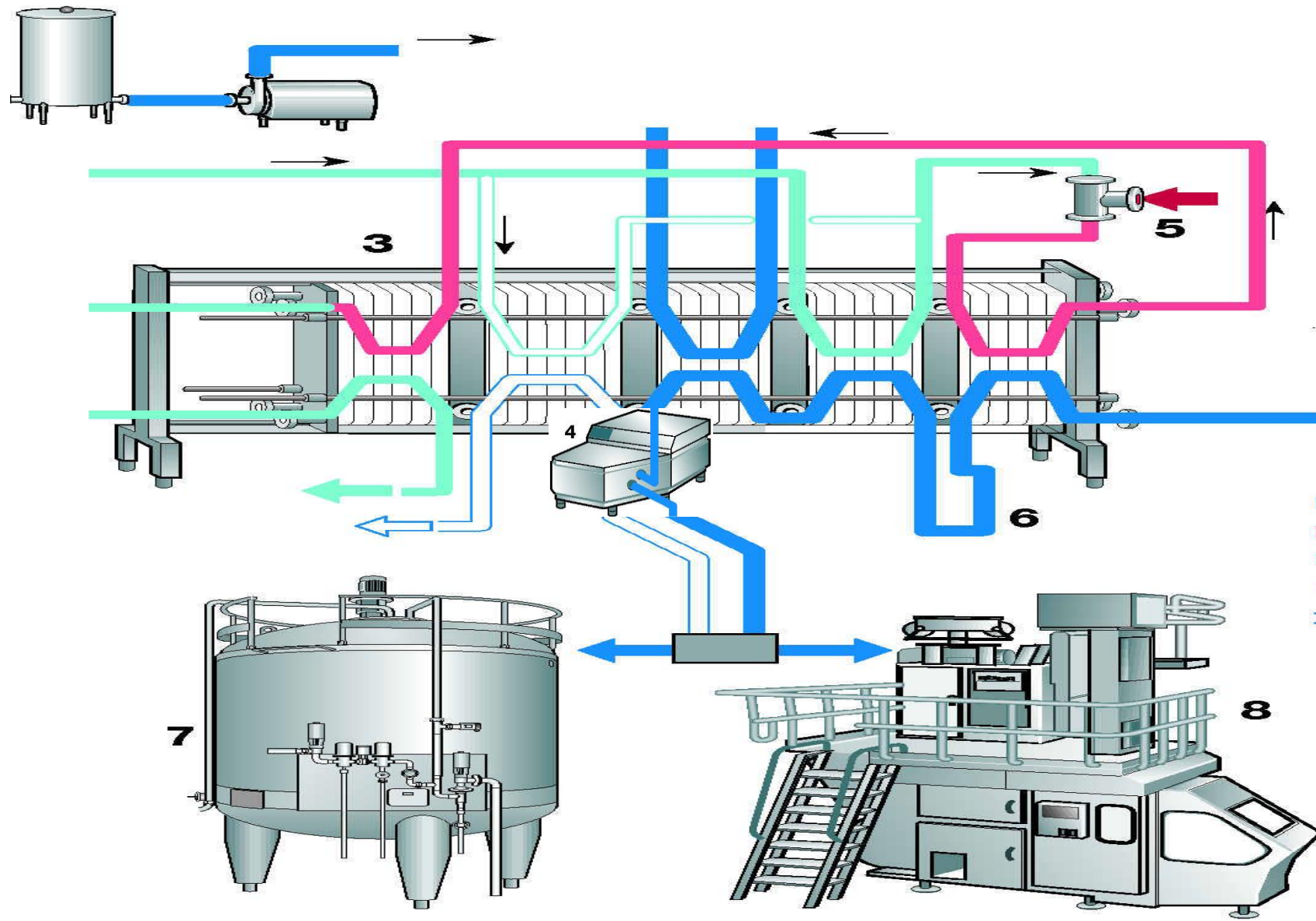
Plakalı Isı Değiştiricide UHT yöntemi ile Sterilizasyon

Isıtma ortamı ile süt arasına paslanmaz çelik plaka konularak süt sterilize edilir.

- Önce sistem 140 °C deki su ile 30 dk sterilize edilir ve sonra üretim sıcaklığına soğutulur.
- Sütün sıcaklığı 135 °C ye kadar çıkarılır. Genellikle yüksek basınçta sıcak su veya buhar kullanılır.
- Çiğ süt balans tankından santrifüj pompa ile plakalı ısı değiştiricinin rejenerasyon bölümüne gelir ve burada sterilize süt ile karşılaşarak sıcaklığı 77 °C ye çıkarılır

- Enerji tasarrufu yüksek düzeydedir
- Sütün gazı vakumla uzaklaştırılır. Genleşmeden dolayı sıcaklığı 70 °C ye düşer. Buharlaşan su vakum kabı ile ilişkili kondenserde yoğunlaştırularak süte geri verilir. (bu ünite sistemde olmayabilir)
- Homojenizasyon ısıtma işleminden önce yapılabilir.
- Süt sonra pompa ile ısı değiştiricinin UHT bölümünde gelir. Sıcak su ile ters akışla **140 °C de 2-4 sn tutulur.**
- Sütün sıcaklığı soğutucuda önce 105 °C ye sonra 76 °C ye düşer.

- Aseptik homojenizatöre gönderilir.
- Homojenizasyondan sonra 20 °C ye soğutulur ve steril tankta depolanır.
- Süre alet tipine göre değişmekle beraber 60-120 sn arasındadır.



Plakalı ısı değiştiricide indirekt UHT Yöntemi

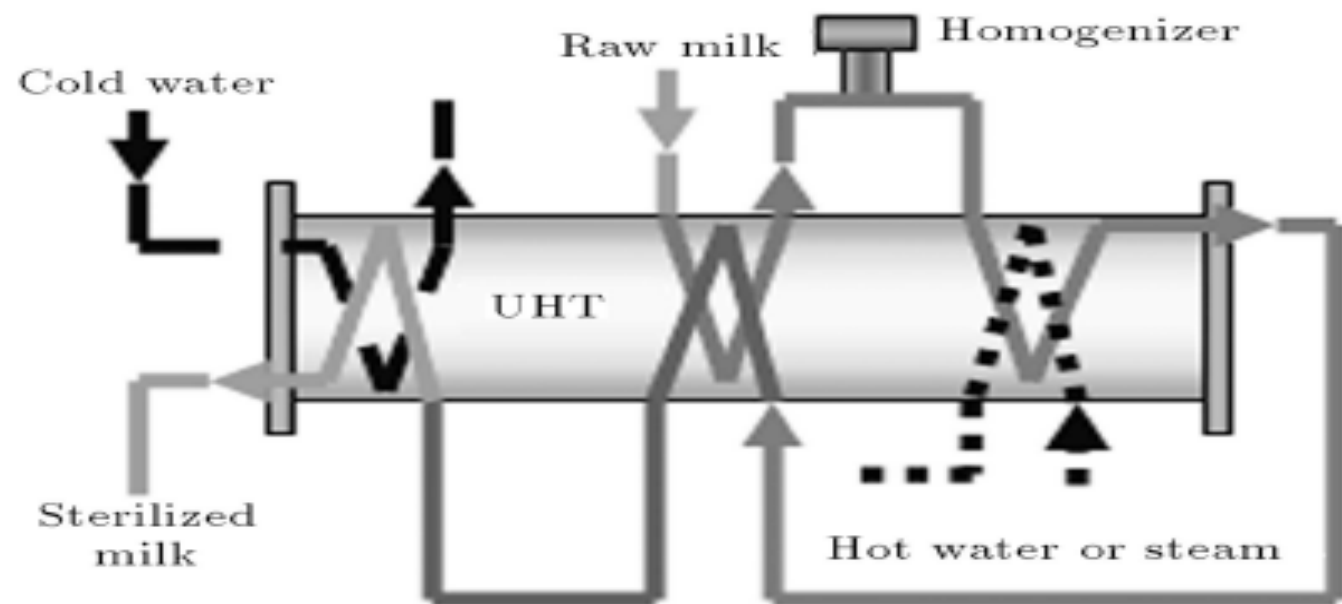


Figure 1. Schematic diagrams of HTST and UHT processes.

Borulu Isı Değiştiricili UHT Düzenerinde Sütün İndirekt Sterilizasyonu

- Kıvamlı viskoz ürünlerin sterilizasyonda yararlanır.
- Protein stabilizasyonu için üretim hattında yaklaşık 95 °C de 60-90 sn ön ısıtmaya uygun bir ünite eklenir. Bu işlem sırasında denature olan serum proteinleri çöktürölür.
- Borulu ısı değiştiricilerin çalışma prensibi plakalı ısı değiştiricilerle aynıdır.

- Balans tankından süt santrifüj pompa ile ön ısıtma (rejenerasyon) bölümüne gelir. Sterilize süt ile ters akışla karşılaşarak 75 C ye ısınır.
- Homojenizatre gider.
- Sonra 95 °C ye ısıtılır ve 60-90 sn bu sıcaklıkta tutularak protein stabilizasyonu sağlanır.
- UHT nitesine pompalanarak sıcak su ile 137 C de 4 sn bekletilir.
- Daha sonra rejenarasyon dönüş hattına girer ve soğutulur.
- Oda sıcaklığına soğuyan süt aseptik ambalajlama makinesine gönderilir yada steril tankta depolanarak daha sonra ambalajlanır.

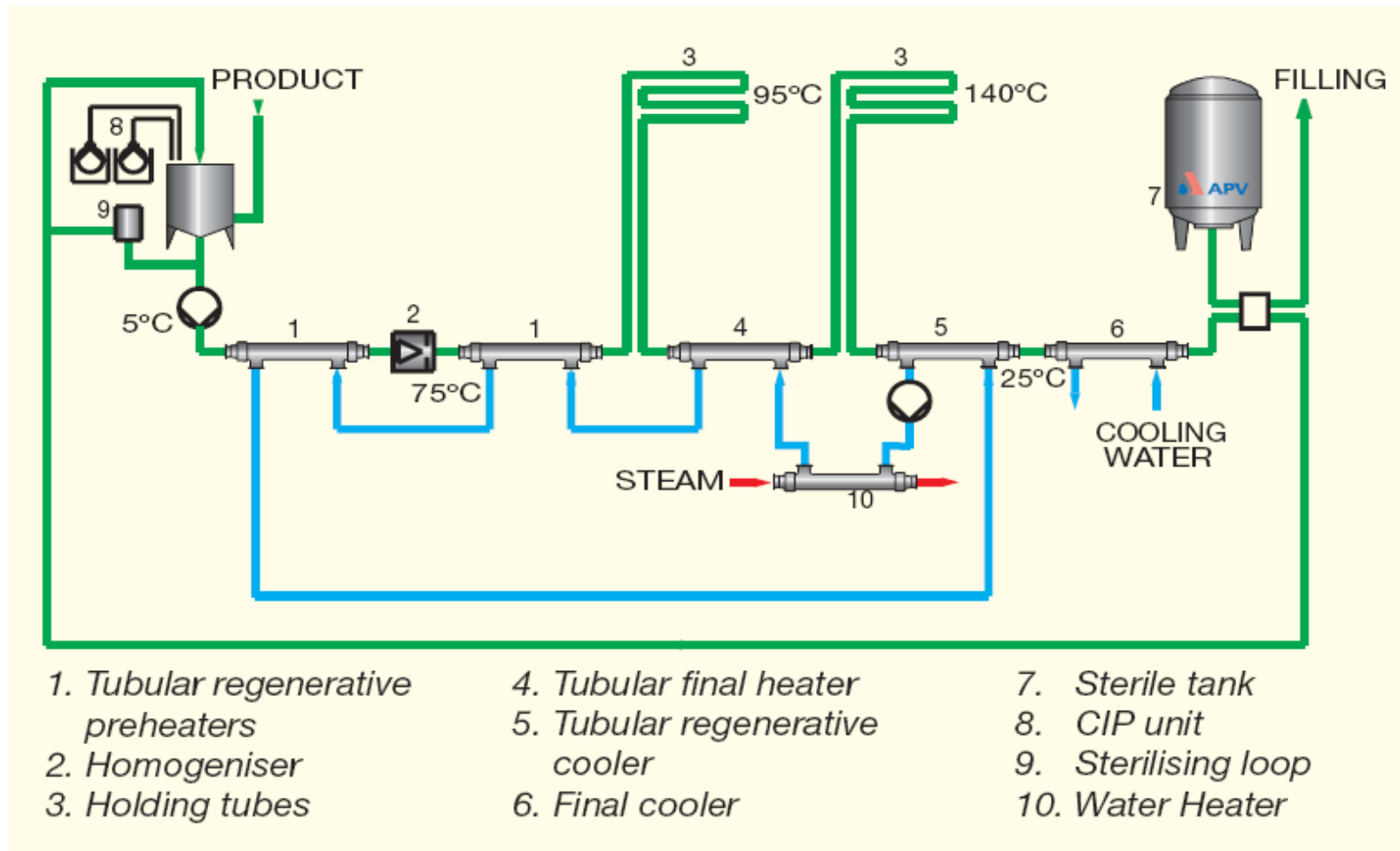
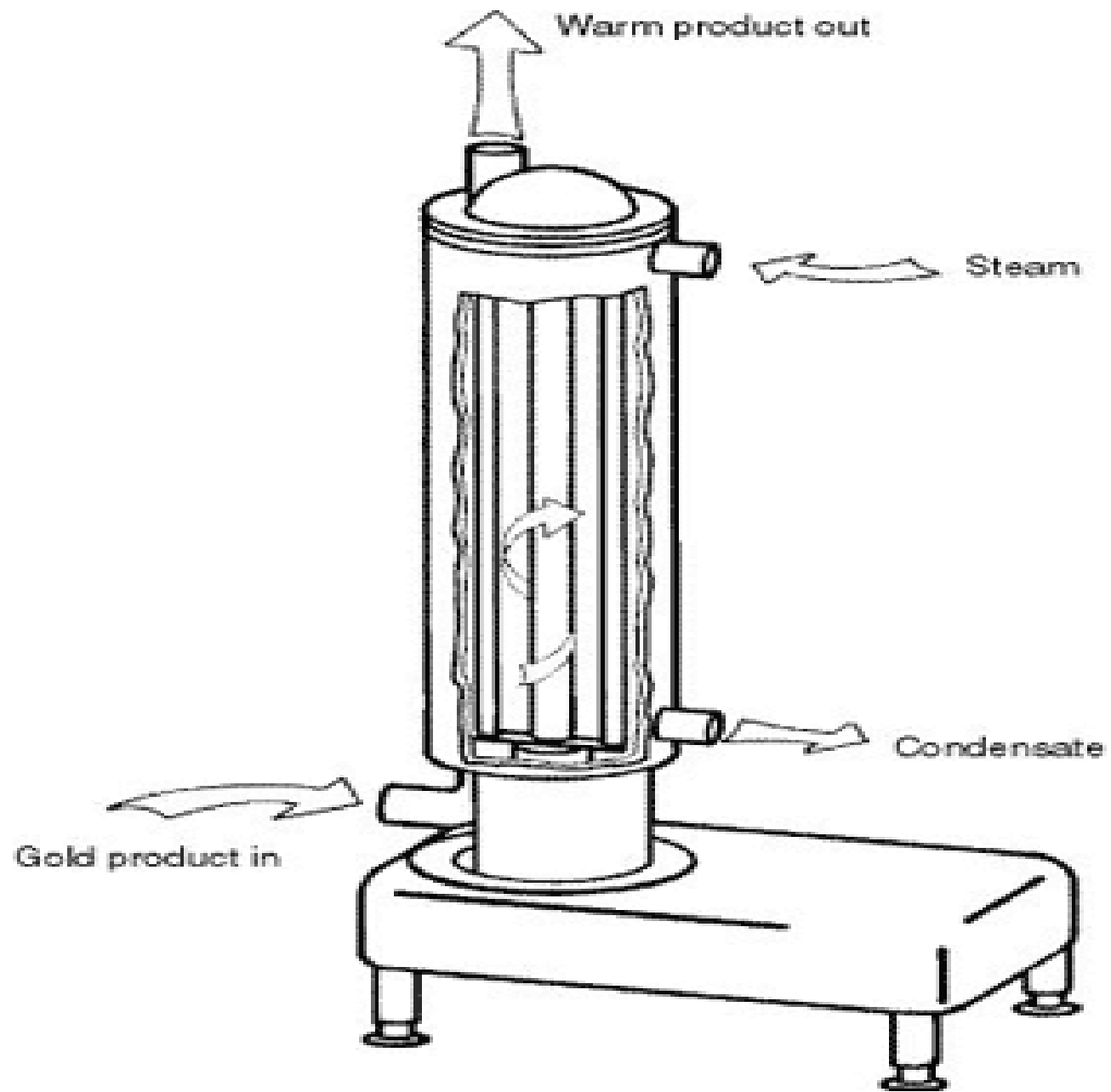


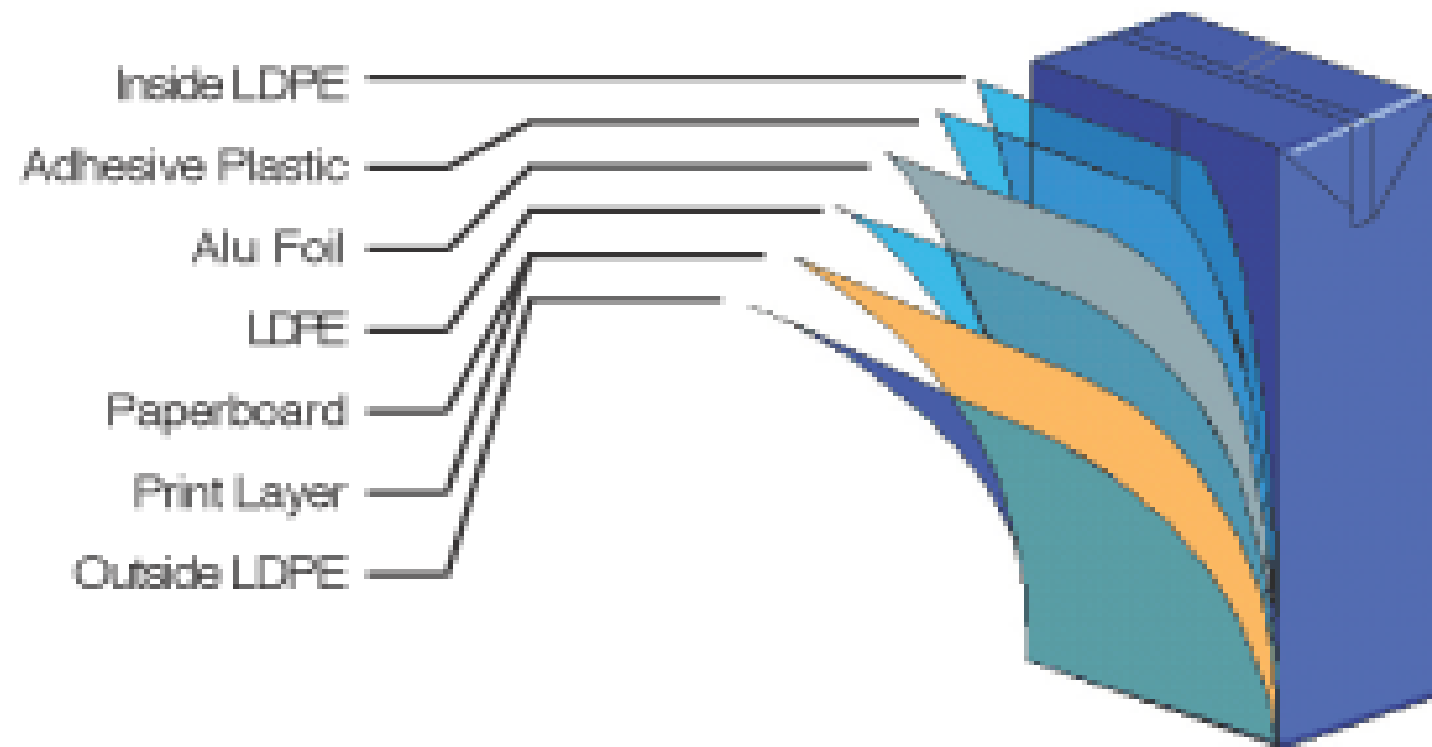
Fig. 1: Flow diagram for Tubular Steriliser



UHT İçme Sütün Ambalajlanması

- Uzun ömürlü süt ambalajlarınının aseptik ambalajlamaya elverişli oksijen ve ışık geçirmeyen nitelikte olması gerekir.
- UHT sütler genellikle çok katlı malzemedен yapılmış ve arasında alüminyum folyonun bariyer katman olarak kullanıldığı kutularda ambalajlanır.
- Cam veya polikarbonat (PC) şişelerden de yararlanır.
- Ambalajda sterilize edilen sütlerde ise, HDPE (yüksek yoğunluklu polietilen) şişeler kullanılır.
- PC şişler HDPE şişelere göre daha uygundur fakat daha pahalı bir ambalaj materyalidir.





Proteinlerde meydana gelen değişimler

- Depolama sırasında Maillard tipi değişimler meydana gelebilir.
 - Bunlar kazeinlerin kovalent polimerizasyonuna ve proteolize karşı dirençlerinin artmasına yol açar. Kazeinler yüksek depolama sıcaklıklarında daha fazla polimerize olmakla birlikte düşük sıcaklık derecelerinde de Polimerizasyon meydana gelir.
- UHT sterilize sütün uzun süre yüksek sıcaklık derecelerinde depolanması laktulozil-lisin ve fruktozil-lisin oluşumuyla yarayışlı lisin miktarında azalmaya yol açar.
 - Örneğin, 6 ay süreyle 30-37 °C'de depolama ile lisinde %10 oranında kayıp görülebilir.
- Yüksek sıcaklıklarda uzun süre depolanan UHT sterilize sütün renginde farkedilebilir bir esmerleşme olabilir.
- Proteinlerde enzimatik değişimler de meydana gelebilir.

Süt yağındaki değişimler

- Depolama sırasında serbest yağ asitlerinin miktarı artabilir.
 - Serbest yağ asitlerinin konsantrasyonu belirli bir eşik değerini aştığında sütte tat bozuklukları meydana gelebilir.
- Lipolitik parçalanma, depolama sıcaklığı yüksek olan UHT sterilize sütte daha hızlı, yağ oranı fazla olan ve direkt yolla sterilize edilen sütlerde de daha fazla düzeydedir.
- Lipolize, doğal süt lipazı veya çiğ sütün depolanması sırasında psikrotrof (özellikle *Pseudomonas spp.*) tarafından salgılanan lipazlar yol açabilir.

Vitaminlerde meydana gelen değişimler

- Depolama sırasında en önemli kayıp askorbik asit (indirgenmiş formu) ve folik asitte meydana gelir. Bu vitaminlerdeki kayıplar üzerine etkili faktörler şunlardır:
 - UHT sütteki çözünür oksijen miktarı.
 - Ambalaj materyalinin niteliği.
 - Dolu kutuların tepe boşluğundaki oksijen miktarı.

UHT sütteki çözüdür oksijen miktarı

- UHT sütteki çözüdür oksijen miktarı işleme yöntemine bağılı bir durum sergilemektedir.
 - Çiğ süte depolama sıcaklığına bağılı olarak, 10-11 mg/l arasında çözüdür oksijen mevcuttur.
 - Isıl işlem uygulaması sırasında oksidatif reaksiyonlara bağılı olarak oksijen içeriğinde bir miktar azalma meydana gelir ve oksijen içeriğı 8-9 mg/l düzeyine iner.
 - Direkt yöntemde UHT sterilizasyonda, süte buhar halinde karışan suya eşit miktarda suyun uzaklaştırılması amacıyla uygulanan ekspansiyon soğutma işlemi esnasında çözüdürmüş gazlarda ayrıldığından, sütteki çözüdür oksijen miktarı 1mg/l'den daha azdır.
 - Direkt yöntemle işlenen UHT sütlerde, oksijen geçirmeyen ambalaj içerisinde depolamada askorbik ve folik asitler kayba uğramaz. Yalnızca, 3 ay sonunda askorbik asitte %20 düzeyinde bir azalma olabilir.

Ambalaj materyalinin niteliği

- Polietilenle kaplı kağıt, polietilen ve polipropilen ambalaj materyallerinin oksijen geçirgenlikleri fazladır.
- Alüminyum folyo ilave edilen çok katlı ambalaj materyalleri genellikle geçirgen değildir.

Dolu kutuların tepe boşluğundaki oksijen miktarı

- Sütte çözüdür durumda bulunan oksijenden başka, şişe veya kutuların tepe boşluğu da önemli bir oksijen kaynağıdır. Fazla tepe boşluğu bırakılan ve geçirgen olmayan paketlere doldurulan sütlerde okside olabilen vitaminlerde önemli kayıplar meydana gelebilir.
- Depolama sırasında oksijenin etkisiyle vitaminlerde meydana gelen kayıpları azaltmak için:
 - İşleme sırasında süte de-aerasyon uygulanmalıdır.
 - Tepe boşluğu en az düzeyde olacak şekilde dolum yapılmalıdır.
 - Ürün hava geçirmeyen, opak kutulara doldurulmalıdır.

Enzim reaktivasyonu

- Isıl işlemle inaktif hale getirilen enzimlerden fosfataz depolama aşamasında yeniden aktif hale gelebilir.
- Ortamda oksijen bulunması, fosfatazın reaktivasyonunu engeller. Bu nedenle direkt yöntemle sterilize edilen ve alüminyum folyo katmanı içeren kutulara doldurulan sütlerde daha fazla reaktivasyon görülebilir.

Jelleşme

- Depolama sırasında UHT sütlerin viskozitesi giderek artabilir ve sonunda tamamen jelleşerek tüketilemeyecek hale gelebilir.
- Isıl işlem sırasında varlığını koruyabilen proteolitik enzimlerin reaktivasyonu ve bunun sonucunda proteinlerde meydana getirdikleri değişimler oda sıcaklığında depolanan UHT sütte jelleşmeye ve acı tat oluşumuna yol açar.
- Psikrotrof bakteri proteazları rennin enziminin etkisine benzer şekilde k-kazeini para-k-kazeine parçalar, böylece misellerin stabilitesi bozulur ve jelleşme meydana gelir.

Jelleşmeyi önlemek için:

- Çiğ süt 5 °C'de uzun süre depolanmamalıdır.
- İşleme sırasında daha uzun süre bekletme süresi uygulanmalıdır.
- UHT süt düşük sıcaklık derecelerinde depolanmalıdır.

Tat değişimleri

- Üretimden hemen sonra UHT sütün tadı nispeten kötüdür, depolamadan birkaç gün sonra tat optimum düzeye erişir, daha sonra tekrar yavaş bir şekilde bozulur.
- UHT yöntemiyle sterilize sütte 3 tip tat ayırt edilebilir:
 - Zamanla azalan ilk pişmiş tat veya sülfüroz tadı.
 - Zamanla artan bayat tat.
 - Sabit kalan pişmiş tat veya ısıtılmış tat.

Depolama sırasında tat değişimlerini etkileyen faktörler:

- Depolama sıcaklığı.
- UHT işleminden hemen sonraki oksijen içeriği.
- Depolama sırasındaki oksijen içeriği.
- Ambalaj materyaline bağlı olarak ışığın neden olduğu reaksiyonlar.

PIŞMIŞ TATTAKİ DEĞİŞİM

- Pişmiş tat serum proteinlerinin (özellikle β -laktoglobulin) denatürasyonu sonucu açığa çıkan serbest –SH gruplarından ileri gelir ve hidrojen sülfür kokusu ile bağlantılıdır.
- Depolamadaki ilk birkaç gün içerisinde sütteki çözünmüş oksijen ve ayrıca diğer tampon sistemleri –SH gruplarını oksitler, böylece sülfür tat ve kokusunun keskinliği azalır.
- Serbest SH gruplarının kaybolma hızı, oksijen miktarına bağlıdır.

Uzun süreli tat değişimleri

- Oda sıcaklığında 2-3 hafta depolamadan sonra tadın belirgin şekilde değişmeye başladığı kabul edilmektedir.
- Bozulma hızı depolama sıcaklığına bağlı olup buzdolabı sıcaklığında oldukça düşüktür.

Maillard tipi reaksiyonlara bağlı tat değişimleri

- Oda sıcaklığında kazeinle indirgen şekerler arasında yavaş bir şekilde Maillard tipi reaksiyonların meydana geldiği bilinmektedir.
- Maillard reaksiyonunun ara ürünlerinden olan hidroksimetil furfurol (HMF) miktarı, oda sıcaklığında 16 hafta süreyle depolamada 5 $\mu\text{mol/l}$ 'den 7 $\mu\text{mol/l}$ 'ye çıkabilir.
- HMF Maillard reaksiyonunun ara ürünlerinden olduğu için bu bileşiğin başka ürünlere parçalanması nedeniyle miktarında azalma da meydana gelebilmektedir.
 - Bu nedenle oda sıcaklığında depolanan UHT sütlerde raf ömrü içerisinde Maillard reaksiyonuna bağlı olarak belirgin tat değişimleri olmamaktadır.

Enzimlerin etkisiyle meydana gelen tat değişimleri

- Tam yağlı UHT sütlerin oda sıcaklığında depolanması sırasında trigliseritlerden serbest yağ asitleri açığa çıkarak 2-3 ay sonra belirgin tat kusurları ortaya çıkabilir.
- Çiğ sütteki psikrotrof bakterilerin gelişimine bağlı olarak UHT işleminde varlığını koruyabilen proteolitik enzimler proteinleri parçalayarak acı tat oluşturabilir.

Oksijenin yol açtığı tat değişimleri

- Oksijen ve ışık geçiren ambalajlarda uzun süre depolanan sütlerde oksidatif reaksiyonlar sonucu tat bozuklukları meydana gelebilir.
 - Bunun için ortamdaki oksijen miktarının yüksek düzeyde olması gerekir.
- İndirekt yöntemle işlenen, ışık ve oksijen geçirmeyen ambalaja doldurulan UHT sütlerde okside tat gelişimine yetecek kadar oksijen mevcut değildir.
- Işık mevcudiyetinde ve fazla miktarda oksijen bulunduğunda, trigliseritlerin oksidasyonu sonucu, birkaç gün içerisinde kuvvetli ransit bir tat gelişimi görülür.
 - Bu tat yalnızca sütteki tüm askorbik asit okside olduktan sonra ortaya çıkar ve yüksek miktarda oksijene gereksinim görülür.