

İçme Sütü Teknolojisi

İçme sütü çeşitleri

- Pastörize içme sütü
- Sterilize içme sütü

Pastörize içme sütü:

- Kaliteli çiğ sütün doğal niteliklerine zarar vermeden pastörizasyon işlemi uygulanarak patojen mikroorganizmaların tamamen, diğer mikroorganizmaların büyük kısmının yok edilmesi ile elde edilen ve tüketileceği süre boyunca soğuk koşullarda ($+ 4^{\circ}\text{C}$) muhafaza edilen içme sütü çeşididir.

Pastörizasyon nedir?

- Çiğ sütün 100 °C'nin altında bir sıcaklıkta; patojenlerin tamamını öldürecek, toplam bakteri sayısında da yaklaşık % 95-99.9 oranında inhibisyon sağlayacak sürede ısıtılmasına **sütün pastörizasyonu** denir.
- Sütteki en önemli patojen bakteri ***Mycobacterium tuberculosis***'dir ve sütün pastörizasyonunda uygulanan en düşük ısıtılma normu sütte bulunabilecek *M. tuberculosis*'in inaktivasyonunu sağlayacak şekilde belirlenmiştir.

Pastörize içme sütü

- ✓ Düşük sıcaklıkta uzun süreli ısıtma

Long Temperature Long Time (LTLT)

62-65 °C/ 30-32 dakika

- ✓ Yüksek sıcaklıkta kısa süre

High Temperature Short Time (HTST)

72-75 °C/ 15-30 saniye

- ✓ Çok yüksek sıcaklıkta ısıtma

High Pastörization (HP)

85-127 °C/2-4 saniye

Sterilize içme sütü

- ✓ Klasik sterilizasyon (şişede veya kutuda)

110-120 °C'de 20-40 dakika

- ✓ Ultra yüksek sıcaklıkta sterilizasyon

Ultra High Temperature (UHT)

135-150 °C/ 2-20 saniye

Sterilizasyon nedir?

- Çiğ sütün 100 °C'nin üzerinde bir sıcaklıkta; vejetatif hücrelerin tamamını, sporların büyük bir bölümünü öldürecek ve enzimleri tamamen inaktive edecek sürede ısıl işleme tabi tutulmasına **sütün sterilizasyonu** denir.
- Sterilizasyonda hedef mikroorganizma ***Bacillus stearothermophilus***'tur. Çünkü bu organizmalar ısıya dayanıklı sporlar oluşturur.

UHT içme sütü nedir?

- Kaliteli çiğ sütün fiziksel, kimyasal ve duyuşal özelliklerinde en az değişikliğe yol açacak şekilde UHT işlemleri uygulanarak tüm mikroorganizmaların ve bunların sporlarının yok edilmesi ile elde edilen ve aseptik koşullar altında steril ambalajlara ambalajlanan, soğuk koşulların yanı sıra oda sıcaklığında da uzun süre depolanabilen ticari steril bir süt çeşitidir.

Çiğ sütün işletmeye kabulü

- asitliğinin fazla gelişmemiş olması,
- temiz olması,
- sağlıklı hayvandan elde edilmiş olması,
- mikrobiyolojik kalitesinin iyi olması,
- tat ve kokusunun normal olması,
- antibiyotik, nötralizan madde, deterjan kalıntıları vb. içermemesi,
- bileşiminin normal olması gerekmektedir.

Süt kalite kontrolü

Platform testleri

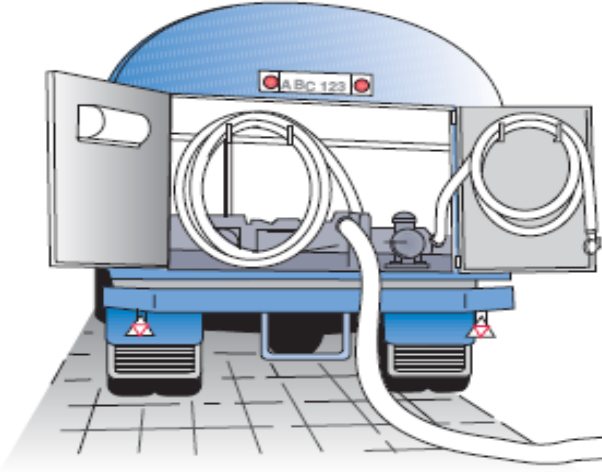
- i. Sıcaklık
- ii. Yoğunluk
- iii. pH
- iv. Temizlik (sediment testi)
- v. Protein stabilitesi (alkol testi: pastörize süt için %68, sterilize süt için %72'lik alkole direnç)
- vi. Duyusal (renk, görünüş vb..)

Süt kalite kontrolü

Laboratuvar testleri

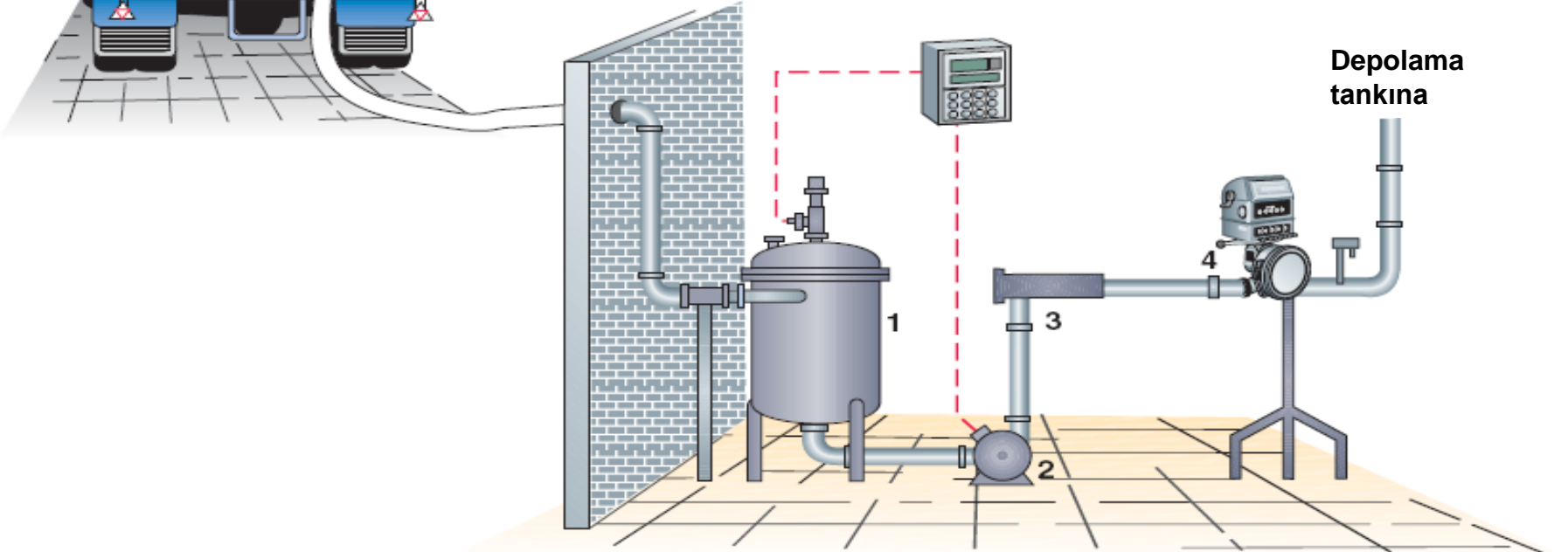
- i. Titrasyon asitliği
- ii. Yağ/kurumadde oranı
- iii. Toplam bakteri sayısı
- iv. Boya indirgeme testi (resazurin)
- v. Donma noktası testi
- vi. Peroksidaz testi
- vii. Karbonat, soda vb. testi
- viii. Antibiyotik, deterjan testi

Süt alım hattı



Hacim esasına göre süt kabulü

- 1 Hava ayırıcı
- 2 Pompa
- 3 Filtre
- 4 Sayaç



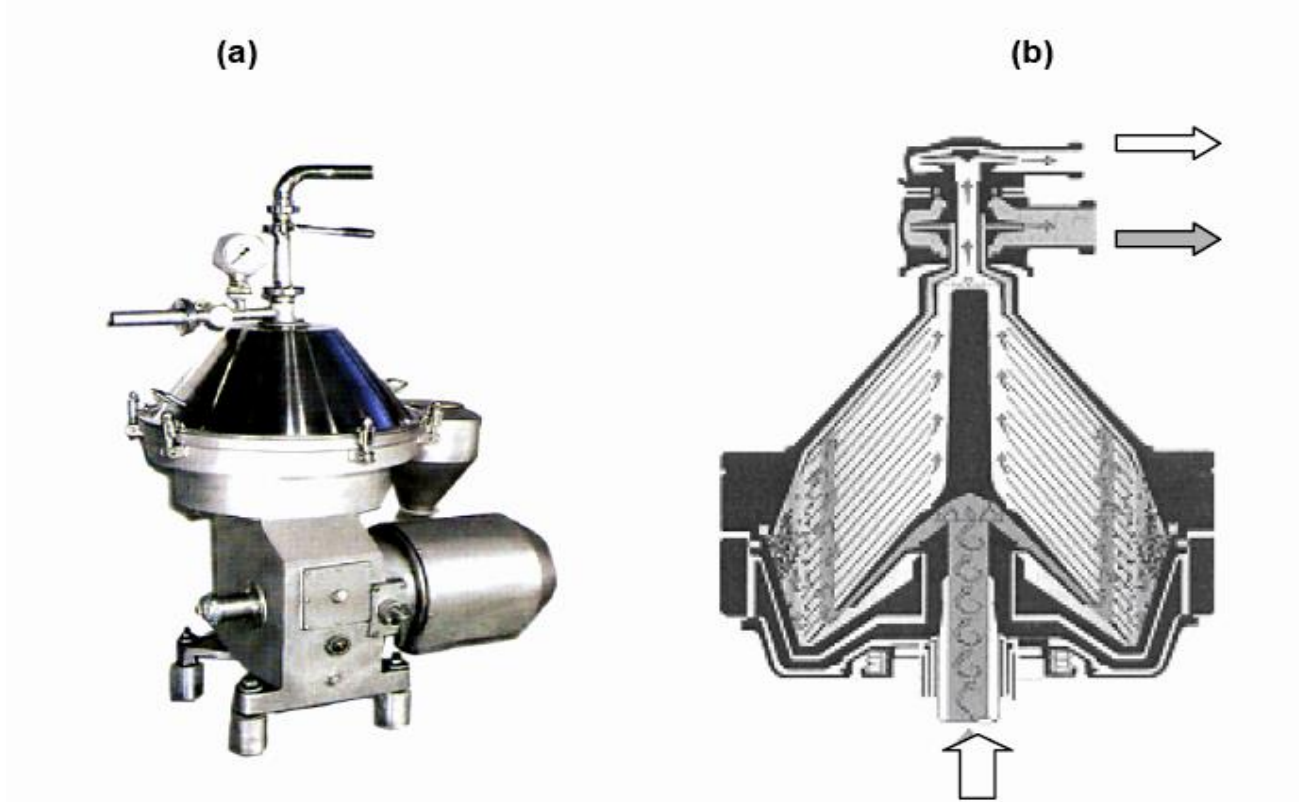
Süt depo tankı



Klarifikasyon

- Merkezkaç kuvvet etkisiyle sütün fiziksel olarak temizlenmesini sağlayan işleme **klarifikasyon** ve bu amaçla kullanılan ekipmana **klarifikatör** nedir.
- 4-5 mikron çapında yabancı maddeler ve bakteriler süttten ayrılmaktadır
- Tambur devir sayısı dakikada 5000-6000 arasındadır
- Normal koşullarda 10 ton süttten yaklaşık 1 kg sediment ayrılabilir

Ön işlemler (Klarifikasyon)



Şekil 2.5. Süt temizlemede kullanılan (a) bir klarifikatör, (b) klarifikatörün iç kesiti.

- Klarifikatörden çıkan sediment çamurunun kimyasal kompozisyonu

Su : %70-75

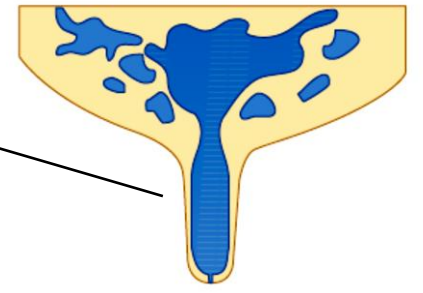
Yağ : %3-4

Protein : %15-20

Kül : %2-3

Diğer organik maddeler : %2-3

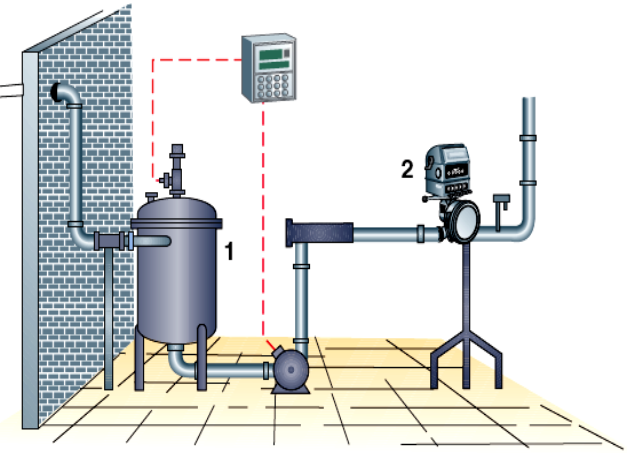
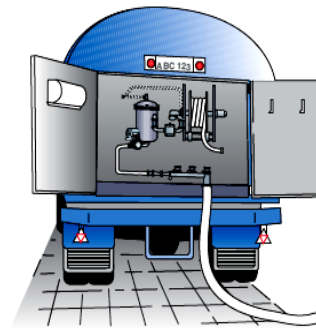
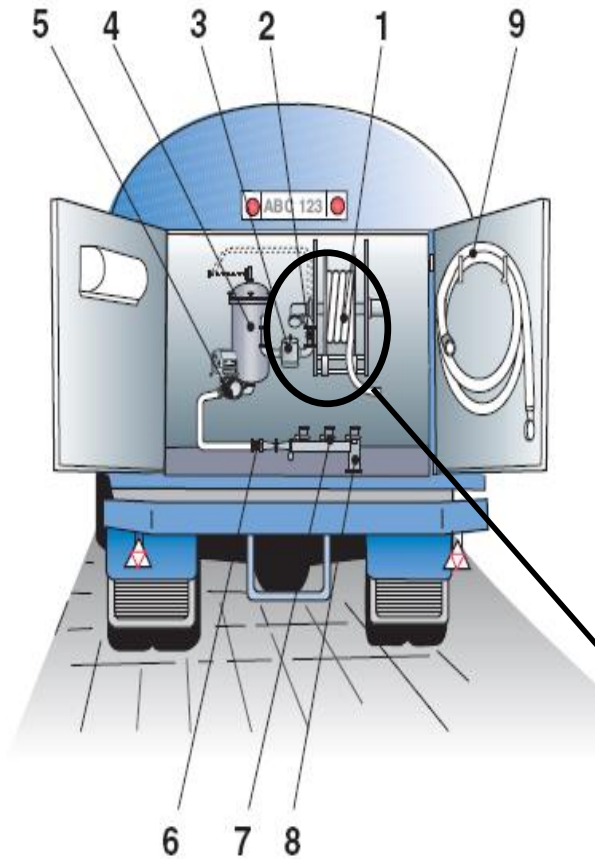
Meme içerisindeki süt %4.5-6
arasında hava içerir



Deaerasyon

- Sütte yer alan hava
 - i. Sütün ölçümünü zorlaştırır
 - ii. Separatörün krema ayırma etkinliğini düşürür
 - iii. Plakalı pastrizatrlerde ısı iletim katsayısını düşürür

Deaerasyon

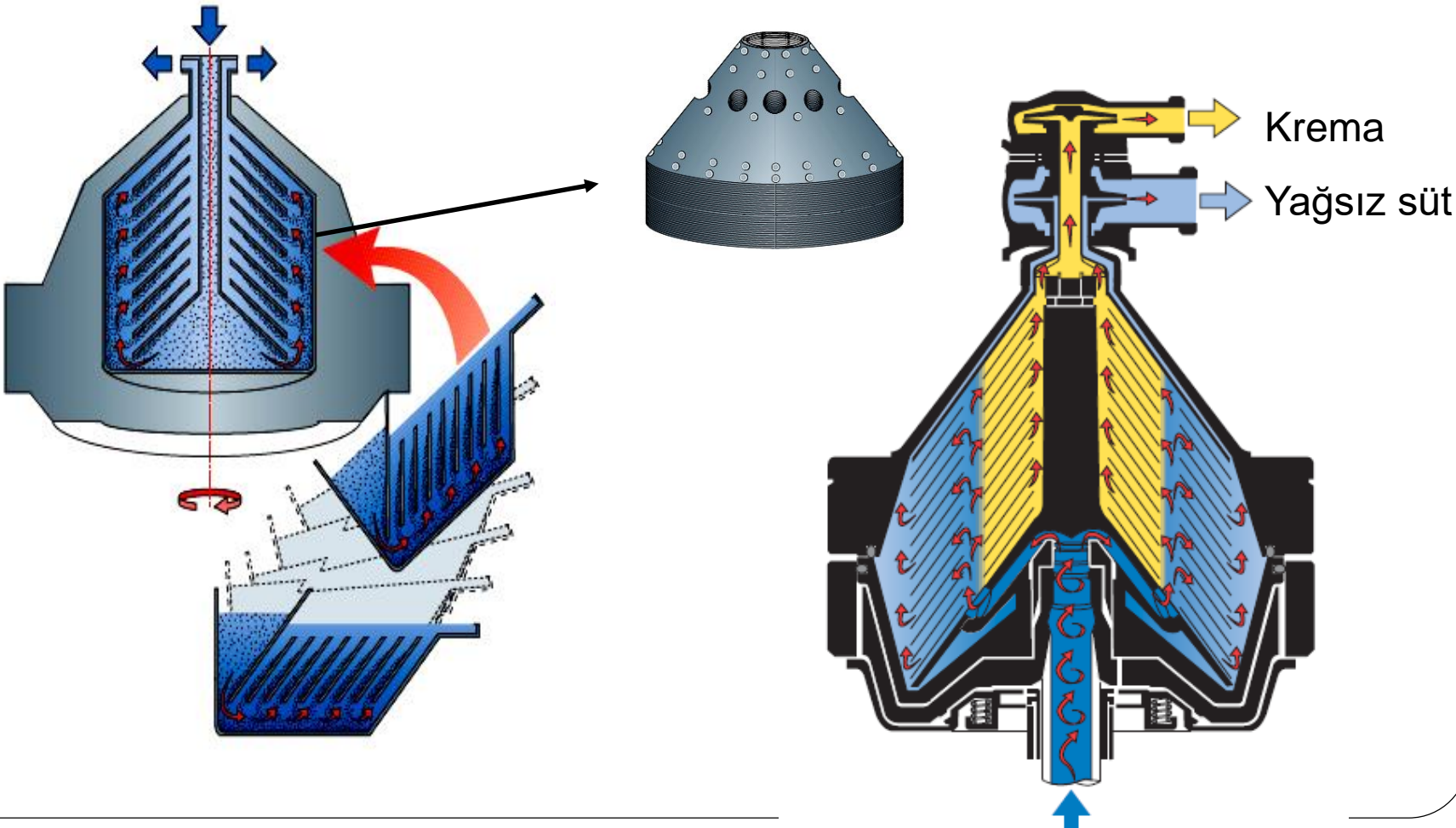


deaerator

Separasyon

- Süt yağının sütten mekanik bir yolla ayrılmasında, santrifüj kuvveti etkisinden yararlanarak ayırma işini yapan santrifüj **separatör**ler kullanılır. Süt yağının bu yolla ayrılmasının dayandığı temel prensip; polidispers bir sistem olan sütte yağın emülsiyon halinde bulunması ve süt yağı yoğunluğu (0.93 g/ mL) ile yağsız süt yoğunluğu (1.035 g/ mL) arasında fark olmasıdır.

Separasyon



Separasyon etkinliği

- Süt ile ilgili faktörler
- Separatör ile ilgili faktörler

Sütle ilgili faktörler

- Seperasyon öncesi süte uygulanan işlemler
çalkalama, pompalama, klarifikasyon vb..
- Sütün sıcaklığı
45-55 °C
- Sütteki hava
ters etki yaratır
- Yağ globüllerinin büyüklüğü
<1 µm ayıramaz, 1-2 µm güç ayrılır
- Mevsime ve coğrafi koşullara bağlı bileşim değişiklikleri
yaz sütlerinin yağı kış sütlerinden daha kolay ayrılır

Separatör ile ilgili faktörler

- Tamburun dönüş hızı
- Separatör kapasitesi

süt debisi azaltılarak krema ayırma etkinliği artırılabilir

- Separatör sıcaklığı

separasyon sıcaklığının 5-10 °C üzerinde ısıtılmalıdır

- Separatörün çalışma süresi

90-100 dakika ideal süre

Süt yağının standardizasyonu

- Tankta standardizasyon
- İşleme hattında standardizasyon
 - i. Akış ölçümü esasına göre**
 - ii. Yoğunluk ölçümü esasına göre**

Tankta standardizasyon

- Küçük işletmelerde uygulanan bir standardizasyon yöntemi olup, tam yağlı sütün veya kremanın yağsız sütle ya da düşük yağ oranına sahip sütle karıştırılması ilkesine göre gerçekleştirilir.

Pearson's kare yöntemi ile yağ standardizasyonu



Homojenizasyon

Bu işlem yağ globüllerinin daha küçük taneciklere ayrılmasını sağlayarak kaymak tabakası oluşumunu önler. Sıcaklık ve basıncın bir arada uygulandığı bir işlemdir.

Homojenizasyonu etkileyen faktörler

- **Homojenizasyon sıcaklığı**

60-75 °C ideal sıcaklıktır

- **Homojenizasyon basıncı**

Pastörize süt için 65 °C'de 100-200 kg/cm²

UHT süt için 65 °C'de 150-250 kg/cm²

- **Homojenizatör dizaynı**

yeterli bir kavitasyon etkisi sağlayacak şekilde dizayn edilmelidir

Homojenizasyonun sütün niteliklerine etkisi (olumlu)

- Süt yağının tüm kitlede eşit dağılmasını sağlar
- Sütün viskozitesinde kısmi artış sağlar
- Sütün ışığı yansıtma yeteneği değiştiğinden süt daha beyaz görünür
- Sütün lezzeti artar
- Süt yağının sindirimi kolaylaşır

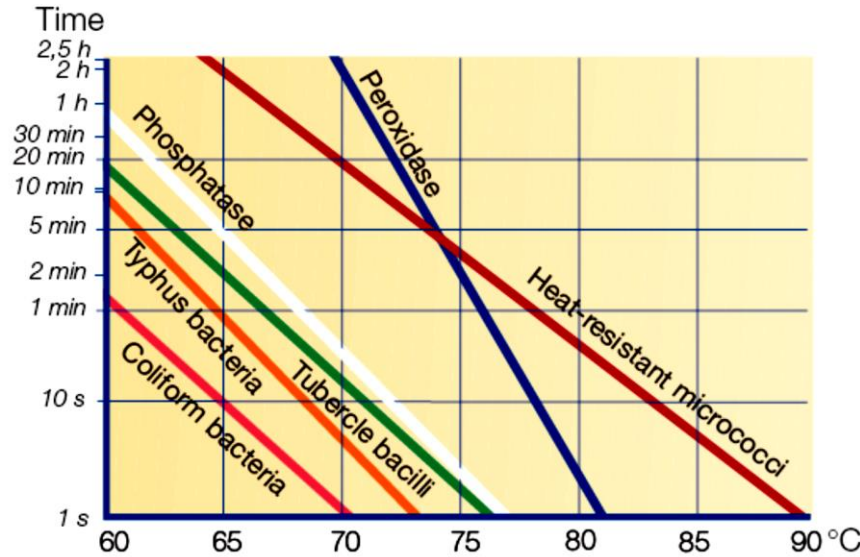
Homojenizasyonun sütün niteliklerine etkisi (olumsuz)

- Lipaz enzimi aktif konuma geçer
- Sütün güneş ışığından daha fazla etkilenir ve ransit, okside tat oluşumu gerçekleşir
- Süt proteinlerinin ısı stabilitesi azalır ve kutu/şişe diplerinde tortu/kumlu yapı oluşumu gözlenebilir

homojenizasyon işleminin sterilizasyon sonrası yapılması önerilmektedir

Pastörizasyon

- Amaç patojen mikroorganizmaların elimine edilmesi
 - i. Sıcaklığa en dayanıklı patojen *Mycobacterium tuberculosis*
 - ii. 70 °C'de 20 saniyede, 65 °C'de 2 dakikada inhiye olur
 - iii. Alkali fosfatase enzimi indikatör olarak kullanılmaktadır



Pastörizasyon modelleri

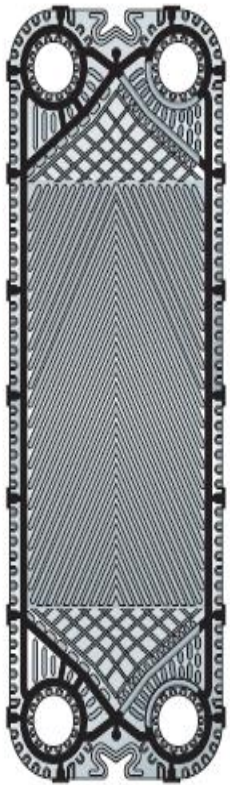
- LTLT (düşük sıcaklıkta uzun süreli)

düşük kapasiteli işletmelerde ve açık tanklarda gerçekleştirilir

- HTST (yüksek sıcaklıkta kısa süreli)

Plakalı pastörizatörlerde gerçekleştirilir ve yüksek kapasiteli işletmeler için uygundur.

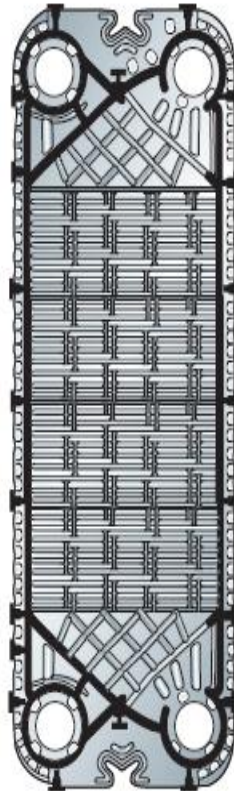
Plakalı pastörizatör



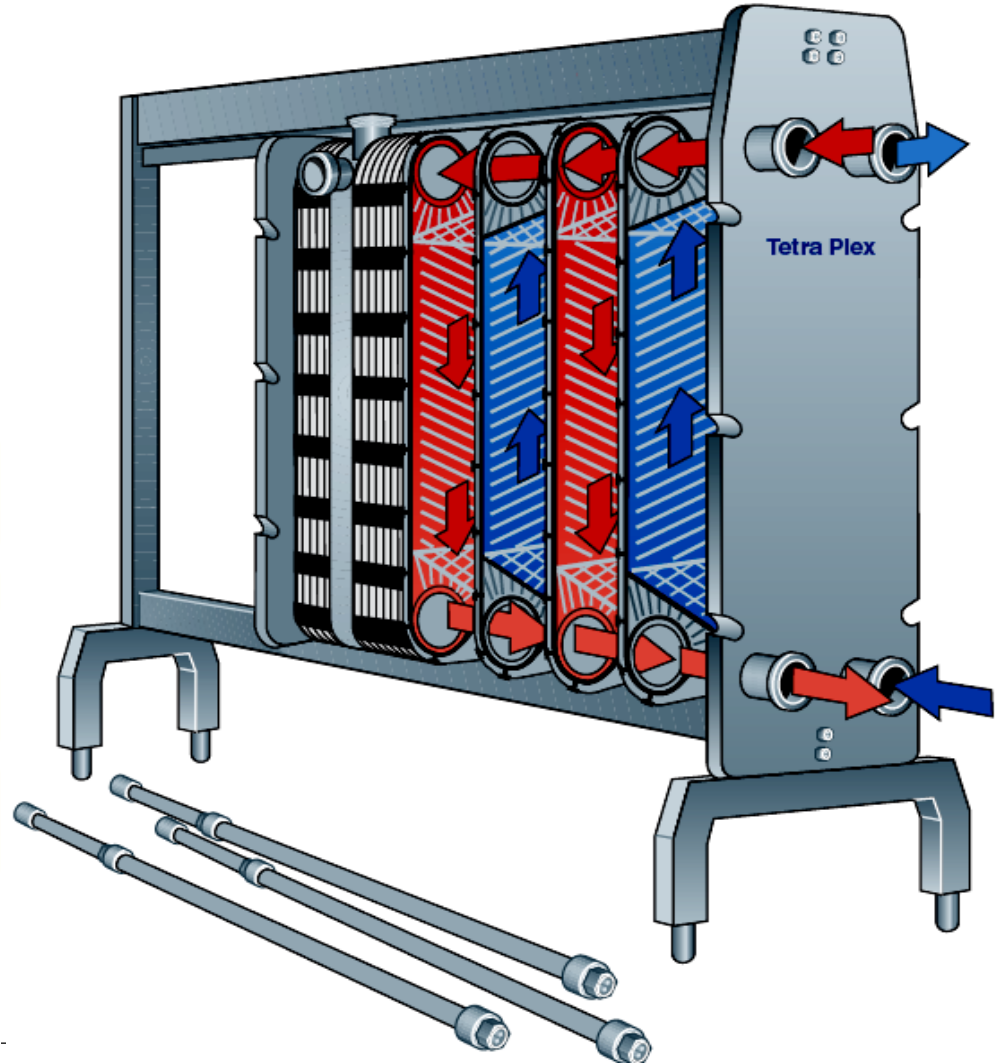
A



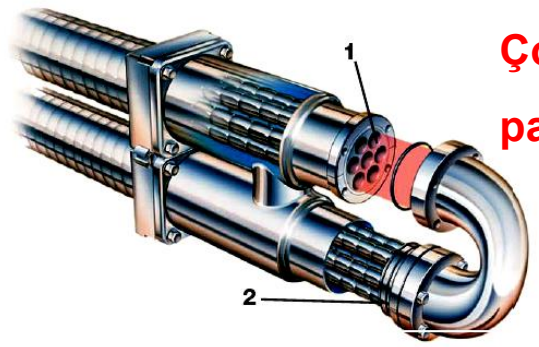
B



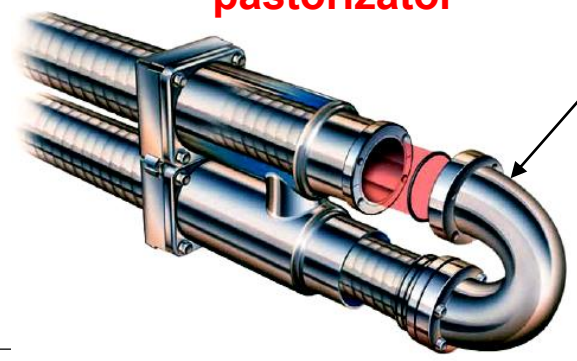
C



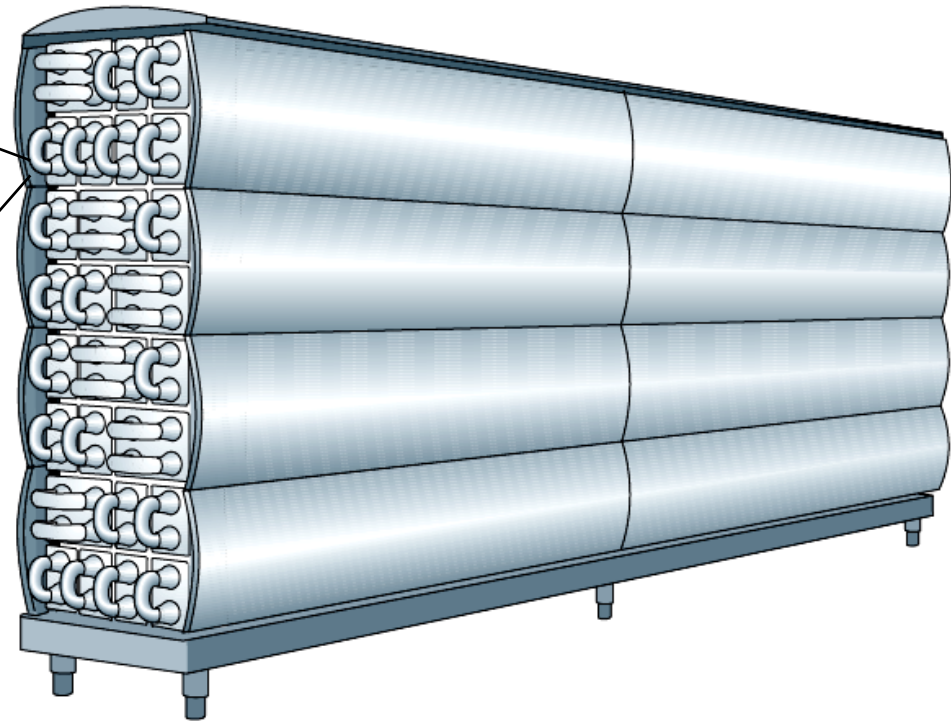
Borulu tip pastörizatör modeli



**Çok kanallı borulu tip
pastörizatör**



**Tek kanallı borulu tip
pastörizatör**



Isı değiştirici:

- Isının indirekt yolla iletimi için bir ısı değiştiriciden yararlanılır. Isı değiştirici, boru biçimindeki bir bölme ile birbirinden ayrılan iki kanal olarak tanımlanabilir. Kanalin içinden sıcak su, diğerinden ise süt geçer. Isı iletimi bölme yoluyla gerçekleştirilir.

Plakalı ısı değiştirici:

- Süt ürünlerine uygulanan ısı işlemlerin çoğu plakalı ısı değiştiricilerde gerçekleştirilir. Plakalı ısı değiştirici, bir çerçeve içine sıkıştırılmış paslanmaz çelik plakalar paketinden ibarettir.
- Çerçevdeki plaka paketleri işlevlerine göre 3 bölüme ayrılır:

Rejenerasyon bölümü: Çiğ sütün ısıtma bölümünden gelen pastörize sütle ısıtıldığı bölümdür. Birçok pastörizatörde rejenerasyon bölümü 2 kademelidir. Süt birinci kademedan yaklaşık 45 °C'de separatöre, ikinci kademedan de homojenizatöre gider.

Isıtma bölümü: Ön ısıtma yapılan sütün sıcaklığının sıcak su ya da vakumlu buhar yardımıyla pastörizasyon derecesine çıkarıldığı bölümdür.

Soğutma bölümü: İstenilen çıkış sıcaklığına göre değişmek üzere sütün soğuk su, buzlu su yardımıyla soğutulduğu bölümdür.

Holding bölümü



Spiral holding tankı



Zig zag holding borusu

Holding bölümü

- Bekletme borusu; pastörizasyon sıcaklığına ısıtılan sütün bu sıcaklıkta belirli süre bekletildiği kısımdır. Bu kısım genellikle pastörizatörün dışında, spiral ya da zigzag şekilli bir borudan ibarettir.

Pastörize sütün dayanımı

- Ürünün mikrobiyel yüküne bağlı olarak 2-3 günden 10-20 güne kadar çıkabilmektedir (4 °C'de)
- Dominant mikroorganizma sayısı 10^6 - 10^7 kob/mL olduğunda raf ömrü sona ermektedir

Pastörize sütün dayanımına etkili faktörler

- Mikrobiyolojik kalitesi kötü sütün kullanımı
- >78 °C'de 20 saniye ısı işlem görmemesi
- Pastörizasyon sonrası psikrotrof bakteri kontaminasyonu
- Saklama sıcaklığının >5 °C olması
- Ambalaj materyalinin güneş ışığını geçirme özelliğinin bulunması

Pastörize sütün nitelikleri

Besleyici değer

- i. Süt proteinleri daha kolay sindirilebilir hale gelmektedir
- ii. Kalsiyum, fosfor gibi mineraller açısından çiğ süt ile pastörize süt arasında belirgin fark bulunmamaktadır
- iii. A, D ve E vitaminleri ile riboflavin (B2), pantotenik asit (B3), nikotinik asit ve biyotin pastörizasyondan fazla etkilenmemektedir.

Duyusal nitelikler:

Renk Pastörize süt çiğ süte göre daha beyaz bir renge sahiptir. Bunun nedeni ısıl işlem ile denatüre olan serum proteinlerinin kazeinle kompleks oluşturması sonucu kazein misellerinin boyutunun büyümesi ve ışığın daha fazla yansıtılmasıdır.

UHT süt üretimi

- İndirekt UHT süt üretimi
plakalı ya da borulu ısı değiştiriciler yardımıyla
- Direkt UHT süt üretimi
direkt buhar enjeksiyonu yolu ile sterilizasyon
 - a. süte buhar püskürtme (buhar enjeksiyon)
 - b. buhara süt süt püskürtme (buhar infüzyon)

UHT sütün besin değeri

- Sterilizasyon işlemine bağlı olarak değişkenlik göstermektedir
- Kısmen dūřük depolama sıcaklıklarında kimyasal bozulmalar zaman almaktadır
- Süt proteinlerinin denatürasyon oranları değişmekle birlikte beslenme değerinde kayıp meydana gelmez

UHT sütün beslenme değeri

- Süt yağında değişim meydana gelmez
- Çözünür kalsiyum yaklaşık %50 oranında azalma göstermektedir
- Kalsiyumdan yararlanma açısından UHT süt pastörize süte oranla daha avantajlıdır

UHT sütün beslenme değeri

- B₁, B₆, B₉, B₁₂ vitaminlerinde %10 dolayında
- C vitamininde %25 dolayında kayıp meydana gelmektedir

Klasik sterilizasyon > UHT

UHT sütün beslenme değeri

- Vitamin kayıplarında etkili faktörler
 - i. Sütün çözünmüş oksijen varlığı
 - ii. Kutularda fazla tepe boşluğu bırakılması
 - iii. Alüminyum folyo katmanı bulundurmayan paketleme materyallerinde hava migrasyonu

UHT sütün nitelikleri

- UHT süt çiğ süte oranla daha beyazdır
- Uzun süreli depolamalarda renginde hafif esmerleşme meydana gelir
(yüksek depolama sıcaklıklarında daha belirgindir)
- Sediment oluşumu sık karşılaşılan bir soundur

UHT sütte sediment oluşumu

- Çiğ süt pH'sı <6.6
- Yüksek iyonik kalsiyum miktarı
- Düşük homojenizasyon basıncı
- Direkt sistemle sterilizasyon (homojenizasyon sterilizasyon sonrası uygulanmalıdır)
- Depolama süresi (olabildiğince kısa tutulmalıdır)

UHT sütte jelleşme

- Psikrotrof bakteri sayısının fazlalığı
- Çiğ süt 2-3 gün depolandığında gelişen psikrotrof sporlar ve bunların lipolitik/proteolitik enzimleri ısıya dirençlidir ve UHT sütte jelleşmeye neden olabilir

UHT sütün tat özellikleri

- Sülfür kokusu
- Belirgin pişmiş tat (lahana benzeri)
- Isı etkisi ile sülfidril gruplarının reaktif forma geçişi pişmiş tat oluşumunu tetikler
- Depolama sürecinde $-SH$ grupları azaldığından pişmiş tat yoğunluğu da azalmaktadır

İçme sütlerinde mikrobiyel kriterler

Ürün

koloni sayısı (kob/mL)

Çiğ süt

<100 000

Çiğ süt

<300 000

(6 °C'de 36 saatten fazla depolama)

Pastörize süt

<50 000

(6 ° C'de 5 gün inkübasyon sonrası)

UHT ve sterilize süt

10/ 0.1 mL

(30 °C'de 15 gün inkübasyon sonrası)