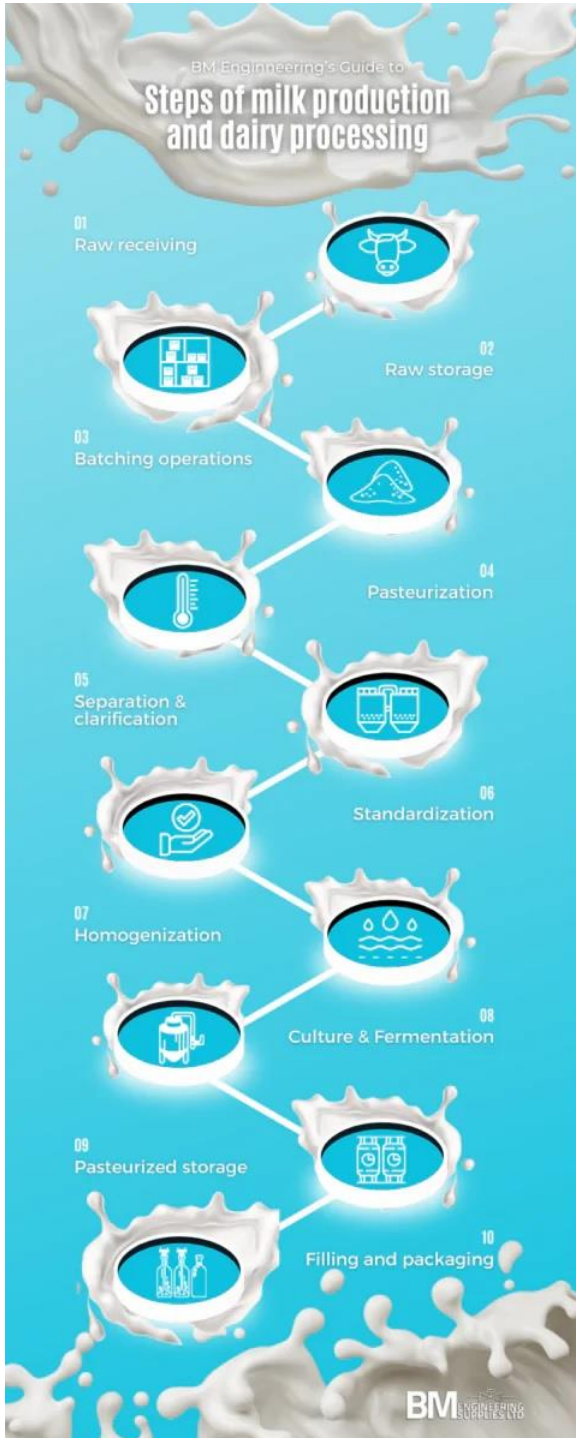
SÜT İŞLETMELERİNDE TEMEL İŞLEMLER





Öğr.Gör. Şevki ÇETİNER

Süt; dişi memeli hayvanların yeni doğurdukları yavrularını besleyebilmek üzere, süt bezlerinde hayvan türlerinde farklı sürelerde salgılanan, içinde yavrunun kendi kendisini besleyecek bir duruma gelinceye kadar almak zorunda olduğu tüm besin maddelerini gerekli oranlarda bulunduran, porselen beyazı (beyaz-krem) renginde, kendine has tat ve kokusu olan bir sıvıdır.



Süt elde edildiği canlıya göre isimlendirilir. Örneğin; inek sütü, koyun sütü, keçi sütü ve manda sütü gibi. Süt teknolojisinde genellikle sadece “süt” denildiği zaman inek sütü anlaşılır. Çünkü başta içme sütü olmak üzere birçok ürünün ham maddesi inek sütüdür.



https://www.treehugger.com/things-you-didnt-know-about-cows-4864280

Süt besleyici bir gıdadır. Süt diğer gıdalara oranla daha fazla yaşamsal besin öğeleri içerir. Bu besin öğeleri organizma tarafından kolayca alınabilecek ve sindirilebilecek şekilde olup, organizmanın gelişebilmesi için gerekli olan organik ve anorganik maddelerden oluşur. Bu nedenle süt, temel gıda maddesi olarak kabul edilir.



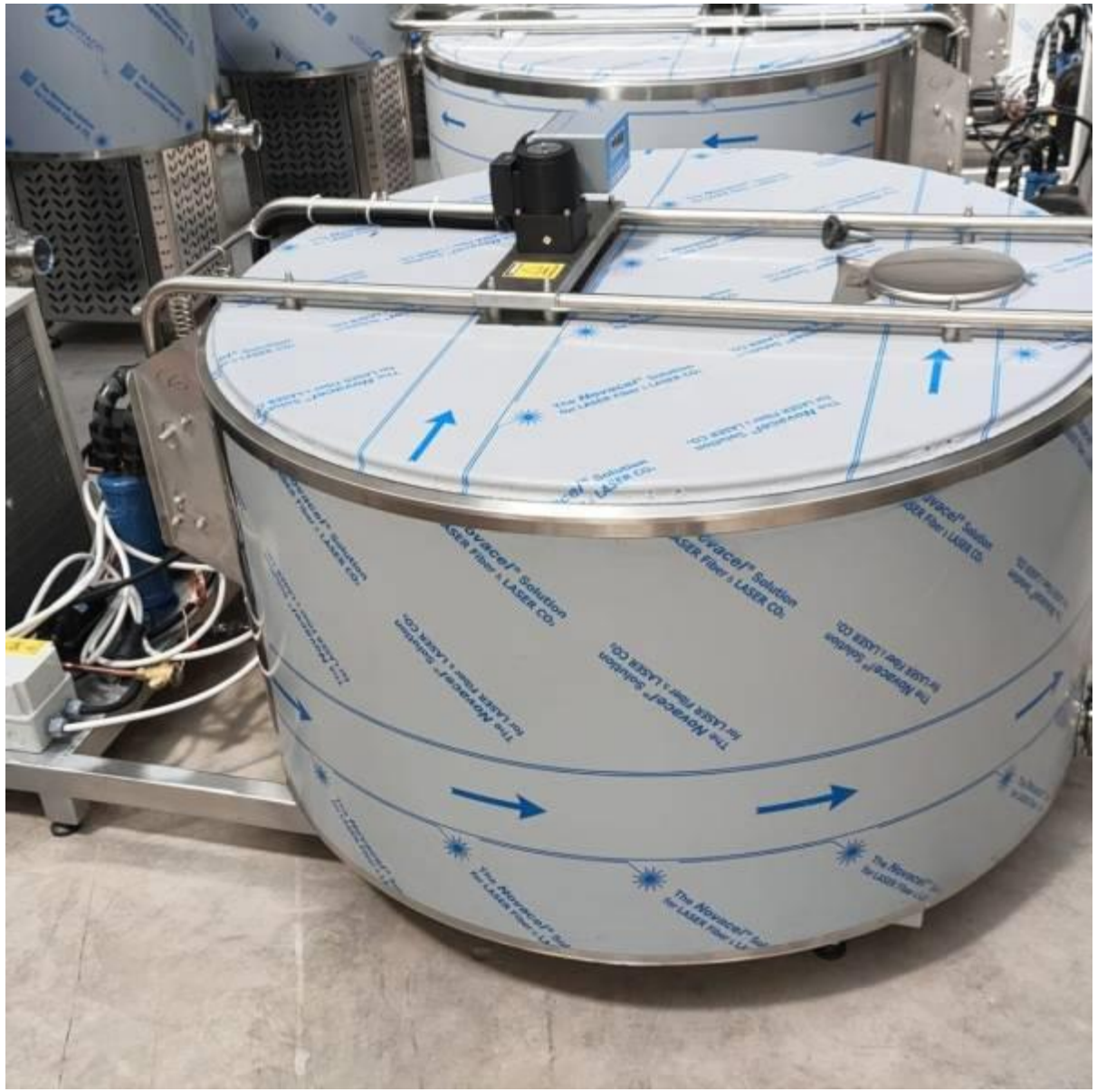
SÜTÜN ÜRETİLDİĞİ YERDE DEPOLANMASI



https://news.llu.edu/health-wellness/raw-milk-%C2%AD%E2%80%93-why-experts-say-you-shouldnt-drink-it

Çiğ süt çabuk bozulan bir üründür, bu nedenle mümkün olan en kısa sürede soğutulmalıdır. Sütün depolanması için en uygun sıcaklık 4°C'dir. Bu sıcaklıkta bakteri üremesi büyük ölçüde engellenir ve bu nedenle daha fazla süt üreticisi, tedarikçilerinden sütü bu sıcaklığa kadar soğutmalarını talep eder.

Süt soğutma süresinin de önemli bir kısmı vardır ve bu süre mümkün olduğunca kısa olmalıdır. Çoğu süt soğutucu üreticisi bu süreyi en fazla 2,5 saat olarak belirler. Kesin olan şu ki, soğutma süresi ne kadar kısa olursa, süt kalitesi o kadar yüksek olur ve içindeki bakteri sayısı o kadar az olur.



https://gidamaksan.com/milk-cooling-tank

https://agriculture.institute/diary-equipment-utilities/efficient-milk-reception-storage-dairy-plants/#google_vignette

Depolama Sıcaklığı ve Süresinin Toplu Tank Sütünün Bileşimi Üzerindeki Etkisi

Depolama boyunca taze süt eklenmesi nedeniyle bu çalışmada sütteki hem doğal hem de endojen enzimatik aktivitenin önemi tespit edilemeyebilir. Farklı bileşime ve bakteri kalitesine sahip sütün eklenmesi, depolama nedeniyle süt kalitesindeki değişikliklerin tespitini de sınırlayabilmektedir. Daha önce belirtildiği gibi, süt hattı örneklerinin bileşimi her laktasyon döneminde farklıydı ve değerler hafta içinde değişiyordu. Ancak, eşlik eden makalede özetlendiği gibi her sağımdan tanklara giren sütün TBC'sinin sayısal olarak farklı olmasına rağmen, örneklerin %75'inin TBC'sinin ≤4.800 cfu/mL olduğunu ve eklenen sütteki bakteri sayısının tutarlı olduğunu göstermektedir. Bu zorluklara rağmen, bu çalışma ticari süt çiftliklerinde yaşanan süt depolama koşullarını en iyi şekilde yansıtmaktadır. Dahası, bu çalışmadan elde edilen bulgular, süt işleyicileri ve çiftçiler için depolama sırasında süt bileşiminde beklenen bozulmaya ilişkin kılavuzlar oluşturmak için kullanılabilir.



https://calfstar.com/measuring-bacteria-levels-in-the-milk-we-feed-our-calves/

Süt endüstrisinde izlenebilirlik sistemi – temel aşamalar

1. Hammadde teslimat kaydı

Süt tesislerine yapılan her süt teslimatı, üreticiden alındığı noktada kayıt altına alınmalıdır. Şu anda süt, çiftliklerden doğrudan süt çiftliklerine teslim edilmekte ve kalitesi, analiz için numune alınarak yerinde değerlendirilmektedir. Her tedarikçinin belirli hijyen standartlarını karşılaması gerekmektedir. Temel gerekliliklerden biri, sütün çiftlikte depolanmadan önce mikroorganizmaların üremesini önlemek için +2 ila +6°C arasındaki sıcaklıklarda özel soğutmalı tanklarda depolanmasıdır.

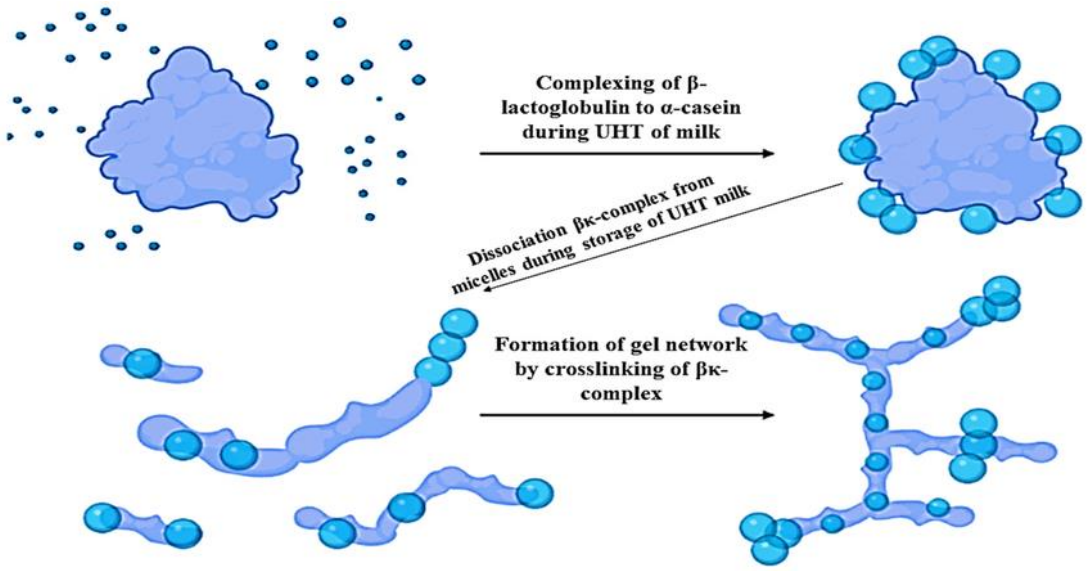


https://www.instagram.com/p/DHVhsp9o5uT/?img_index=6

Bu aşamada hangi parametreler değerlendiriliyor?

Fizikokimyasal göstergeler:

- Sütün kalitesini ve ticari değerini belirleyen yağ oranı;
- Protein içeriği – süt işlemede son derece önemlidir;
- Yoğunluk – Sütün suyla olası seyrelmesini tespit etmek için kullanılır;
- Süt pH'ı – tazeliği ve olası mikrobiyolojik kontaminasyonu gösterebilir;
- Donma noktası – eklenen suyun tespit edilmesine yardımcı olur;
- Sıcaklık – genellikle 6°C'yi geçmemelidir.



https://www.researchgate.net/figure/Effect-of-UHT-process-on-structural-chemistry-of-casein-proteins-36-According-to-the_fig2_354630346

Mikrobiyolojik parametreler:

- Toplam bakteri sayısı (TBC) – sağım ve depolama sırasındaki hijyeni yansıtır;
- Somatik hücre sayısı (SHS) – daha yüksek değerler daha düşük süt kalitesini gösterir;
- Patojenik bakterilerin varlığı – örneğin Salmonella, *Listeria monocytogenes*;
- Antibiyotik ve inhibitörlerin varlığı – ilaç kalıntılarını tespit eder.





Duyusal parametreler:

- Koku ve tat – Süt nötr olmalı, yabancı kokular içermemelidir;
- Renk – Beyaz veya hafif krem rengi olmalıdır.

Bu testlerin sonuçları sütün sınıflandırılmasını ve ticari değerini belirler.



https://www.cbc.ca/news/canada/london/ontario-dairy-farmer-milk-dump-1.6698926

2. Süt alımı – tanker boşaltma analizi

Tesise süt kabulü sırasında kalite analizi için numuneler alınmaktadır. Test edilen parametreler şunlardır:

- Süt sıcaklığı – genellikle 6°C'yi geçmemelidir;
- Koku ve görünüm – Süt homojen olmalı, tortu, renk değişikliği veya yabancı koku içermemelidir;
- Antibiyotik testi – Süt fermantasyonunu engelleyebilecek kalıntıların hızlı tespiti (CCP);
- İnhibitör testi – deterjanlar ve temizlik maddeleri (CCP) gibi bakteri büyümesini engelleyen maddeleri tespit eder;
- Süt pH'ı – 6,6 ile 6,8 arasında olmalıdır; sapmalar ekşime veya kontaminasyon belirtisi olabilir.



https://saferack.com/posts/liquid-bulk-tanker-truck-unloading-loading-procedures/

Antibiyotik varlığı gibi düzensizlikler tespit edilirse, parti boşaltılmamalı ve ya imha edilmeli ya da üçüncü kategori malzeme olarak sınıflandırılmalıdır.



https://explitia.com/blog/traceability-in-the-dairy-industry/

3. Sütün depolanması ve ayrılması

Süt, kabul edildikten sonra özel depolama tanklarında saklanır ve yaklaşık 2-3°C'ye soğutulur. Her tank, daha sonraki işlemlerden önce homojen kıvamı sağlamak için bir karıştırıcı ile donatılmıştır.



https://explitia.com/blog/traceability-in-the-dairy-industry/

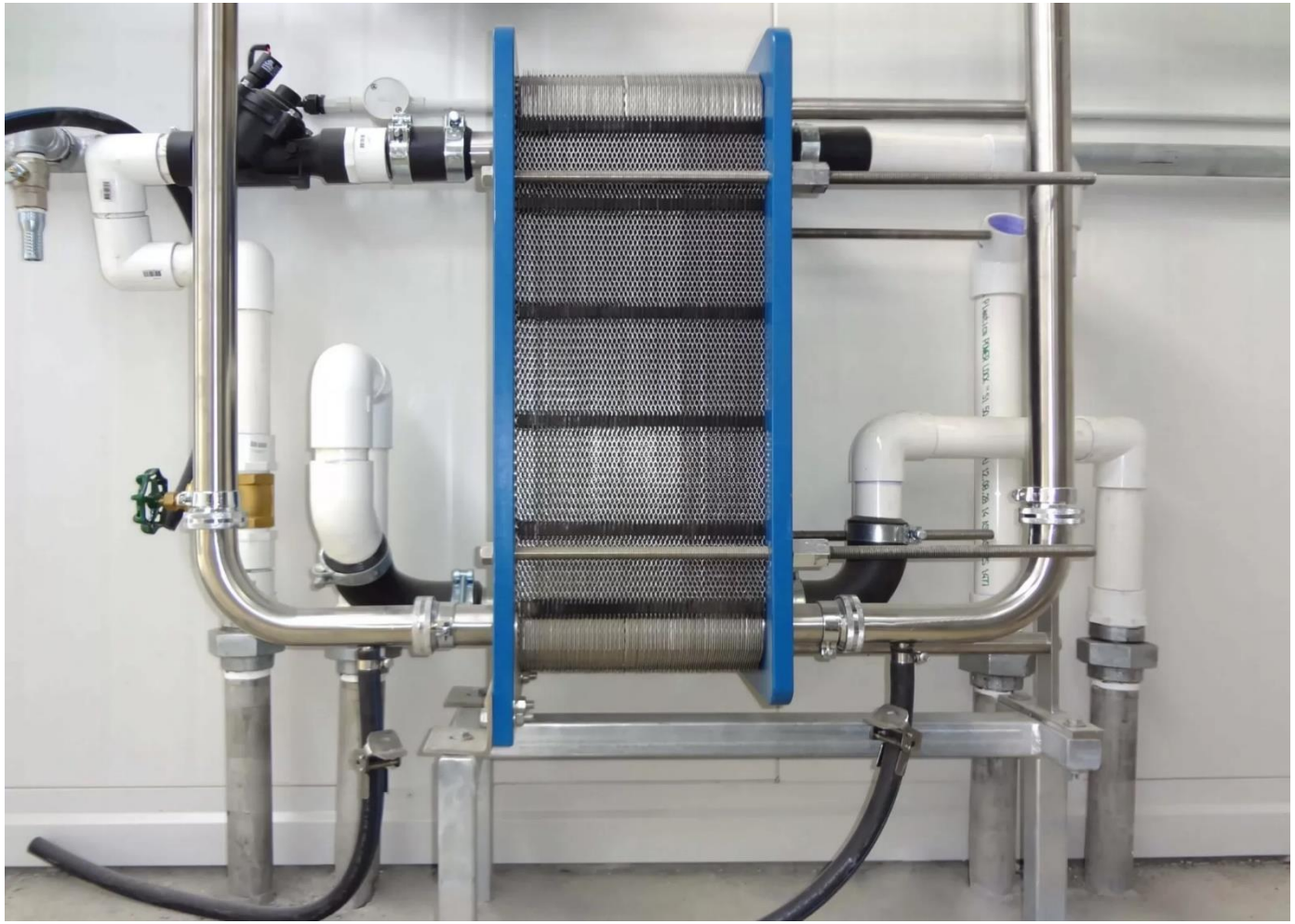
4. Isıl işlem ve pastörizasyon

Süt işlemenin ilk adımı, çiğ sütün birkaç saniye boyunca en az 72°C'ye ısıtılmasını içeren pastörizasyondur. Bu işlem, patojen mikroorganizmaları ortadan kaldırır ve hijyenik güvenliği sağlar. Bu aşamada yağ da ayrılabilir ve süt bileşimi üretim gereksinimlerine göre standartlaştırılabilir.

Süt şunlar olabilir:

- Tam yağlı süt olarak saklandı,
- Düşük yağlı süt üretimi için sütün yağı uzaklaştırılmıştır.
- Krema yapımında kullanılır.

Tam izlenebilirliği sağlamak için her pastörizasyon adımı dikkatlice izlenir ve kaydedilir.



https://www.readindustrial.co.nz/milking-system-components/plate-heat-exchanger/

Pastörizasyon sırasında izlenen parametreler:

Termal parametreler:

Pastörizasyon sıcaklığı işlem türüne göre değişir:

- Düşük sıcaklıkta uzun süreli (LTLT) – 30 dakika boyunca 63–65°C (endüstride nadiren kullanılır);
- Yüksek sıcaklıkta kısa süreli (HTST) – 15–30 saniye boyunca 72–75°C (en yaygın);
- Ultra yüksek sıcaklık (UHT) – 135–150°C 2 ila 6 saniye (UHT süt için kullanılır);
- Sıcaklık tutma süresi – etkili mikroorganizma yok edilmesi için gereklidir;
- Çıkış sütü sıcaklığı – Pastörizasyon sonrası süt 2–6°C'ye soğutulmalıdır.

Akış ve basınç parametreleri:

- Süt akışı – yeterli termal işlem süresini sağlamak için teknolojik varsayımlara uyulmalıdır;
- Isı değiştirici bölümlerindeki basınç – çapraz bulaşmayı önlemek için pastörize süt bölümündeki basınç, çiğ süt bölümündeki basınçtan daha yüksek olmalıdır.

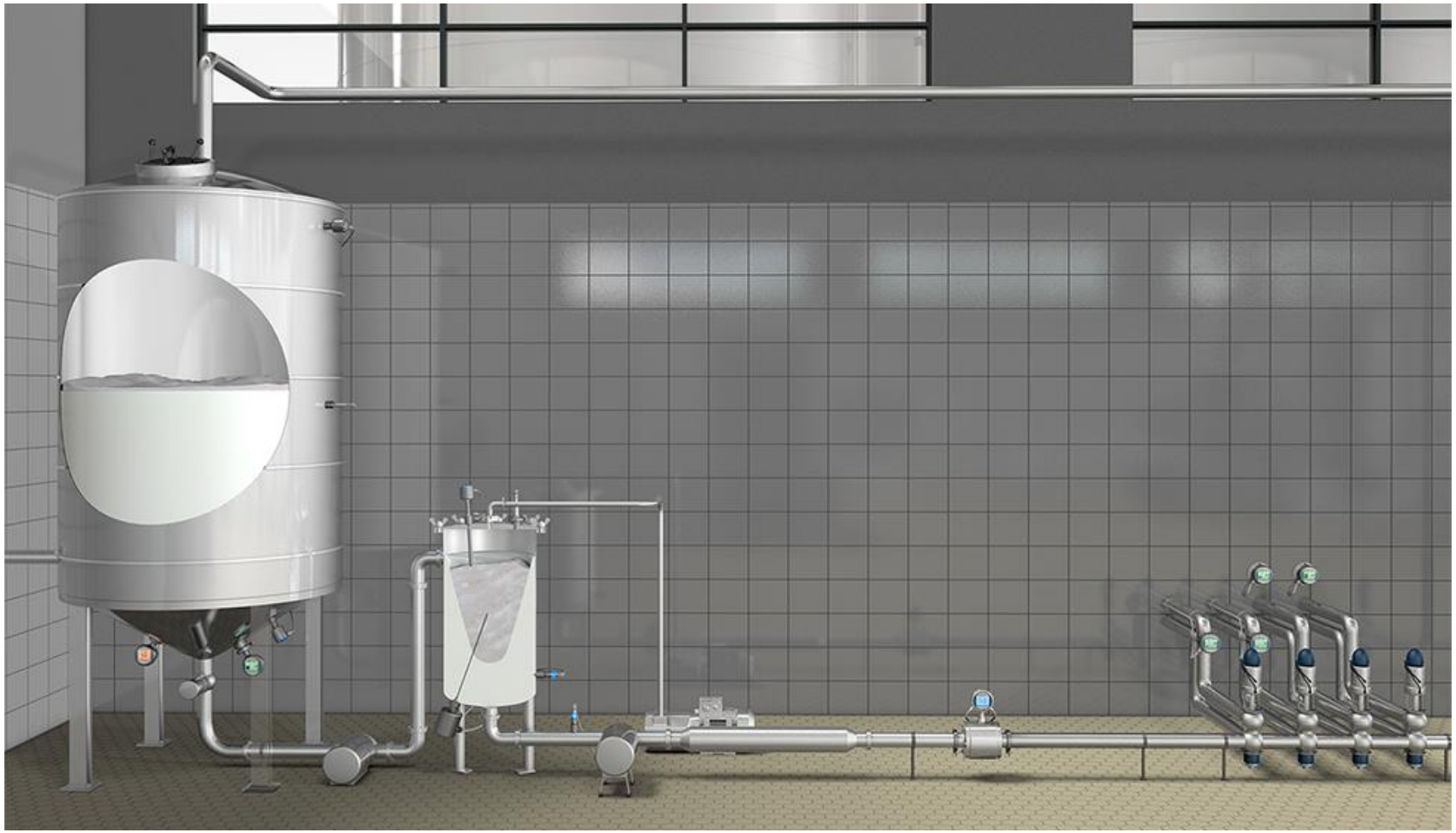


Pastörizasyon sonrası süt kalitesi:

- Mikroorganizmaların varlığı – bakteri sayısının azalması, örneğin tüketici sütünde 10^4 CFU/ml'nin altında olması;
- Protein denatürasyonu – Süt özelliklerinin korunması için aşırı olmamalıdır;
- Tat, koku ve renk – Sütte yanık protein aroması veya yabancı koku olmamalıdır.

5. Karıştırma odası kalite kontrolü

Yoğurt, kefir veya tatlı gibi süt ürünleri üreten işletmelerde süt, karıştırma tanklarına yönlendirilir ve burada yağ içeriği standardize edilir. Kuru malzeme dozajı da reçeteye bağlı olarak takip edilir.



https://www.baumer.com/us/en/milk-collection/a/Milk-receiving-area

6. Süt ürünleri imalatı

Üretim planına bağlı olarak süt, aşağıdaki gibi ileri teknolojik işlemlerden geçirilir:

- Homojen doku için homojenizasyon;
- Raf ömrü uzun ürünler için pastörizasyon veya sterilizasyon;
- Yoğurt ve kefir için fermantasyon.

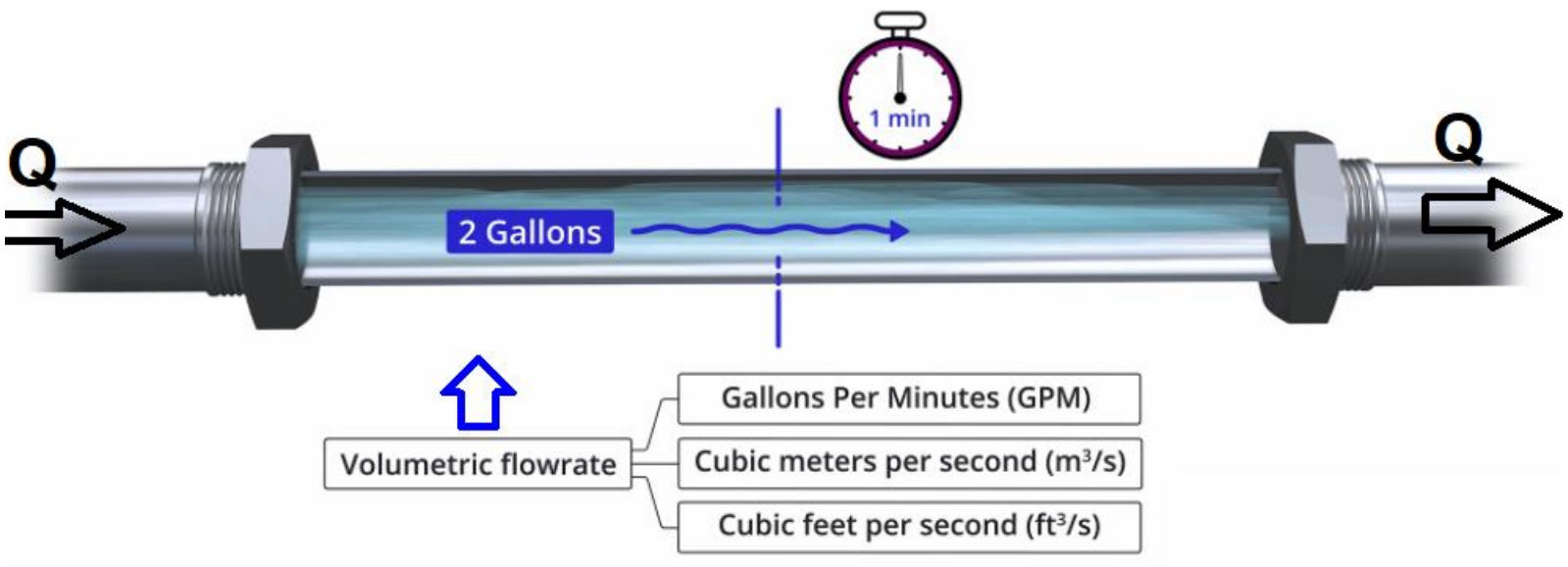
Her ürün partisi izlenebilirlik sistemine kaydedilerek, içeriklerin, süt partilerinin ve işleme parametrelerinin takibi sağlanır. Laboratuvarlar, bitmiş ürün üzerinde protein, yağ içeriği, doku ve mikrobiyolojik stabilite gibi ek kalite testleri gerçekleştirir.



https://www.dairyschool.co.il/milk-processing-training/

İzlenen temel parametreler:

- Karışımların pastörizasyon sıcaklığı – CCP;
- Bekletme süresi – mikrobiyal güvenlik açısından kritik öneme sahiptir;
- Çıkış süt sıcaklığı;
- Süt akış hızı;
- Isı değiştirici bölümlerindeki basınç – çapraz bulaşmayı önlemek için yoğurt karışımı bölümündeki basınç, çiğ süt bölümündeki basınçtan daha yüksek olmalıdır.



https://cfdflowengineering.com/basic-of-flow-measurement-technique/#google_vignette

7. Paketleme, depolama ve dağıtım

Süt ürünleri işlendikten sonra uygun kaplara paketlenir. Her ürüne, eksiksiz tanımlamayı sağlayan benzersiz bir seri numarası ve parti kodu verilir. Paketlenen mamul ürünler, mamul deposuna aktarılır. Depolama sıcaklığının CCP aralığında (2°C ila 6°C) tutulması çok önemlidir. WMS sınıfı bir sistem, benzersiz bir depolama konumu atamaya yardımcı olarak hassas ürün yerelleştirmesine olanak tanır.

Ürün lokasyonu ve parametre verileri ERP sisteminde saklanarak denetim ve uyumluluk için rapor oluşturulması ve kalite takibi yapılması sağlanır.



https://butlerscheeses.co.uk/products/the-perfect-british-cheeseboard-155g

Proses hattı hazırlığı

Üretim öncesinde tesislerin aşağıdaki işlemlerden geçmesi gerekmektedir:

1. CIP (Yerinde Temizlik): Deterjan konsantrasyonunu, sıcaklığı, akışı ve süreyi izleyerek boruları, tankları, pompaları ve vanaları temizler.

2. SIP (YerindeSterilizasyon): Sterilizasyon sıcaklığını ve süresini koruyarak mikrobiyal temizliği garanti eder. Tüm parametreler ERP/MES sistemlerine kaydedilir.



https://yogurt-machines.com/cip-system-yogurt-machine-cleaning-equipment/

Süt tesislerinde izlenebilirliği uygulamaya yönelik 4 adım

1. **Mevcut altyapıyı değerlendirin** – BT sistemlerini ve veri yakalama cihazlarını değerlendirin.
2. **Bütçeyi planlayın** – Donanım, yazılım ve entegrasyon maliyetlerini dahil edin.
3. **Personeli eğitin** – Çalışanları yeni araçları kullanmaya ve veri standartlarını korumaya hazırlayın.
4. **Otomasyonu kademeli olarak uygulayın** – Kalite izleme gibi temel alanlarla başlayın.

Süt endüstrisinde izlenebilirlik yalnızca yasal bir gereklilik değil, aynı zamanda ürün kalitesini iyileştirmek, süreçleri optimize etmek ve maliyetleri düşürmek için stratejik bir araçtır. Modern BT sistemleri, hammaddelerin, işleme parametrelerinin ve bitmiş ürünlerin tam görünürlüğünü sağlayarak operasyonel performansı artırır.



https://www.tickets-amsterdam.com/tr/volendam-cheese-factory-tour/



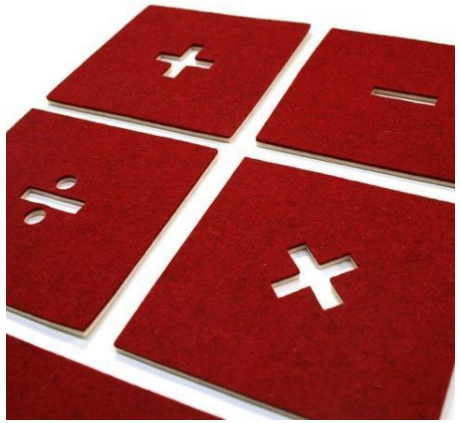
SÜT MİKTARININ BELİRLENMESİ



Fabrikaya gelen sütün miktarı; tartılarak **kg** cinsinden belirlenir veya hacim ölçümü yapan aygıtlar (sayaç) kullanılarak önce dm^3 ya da litre cinsinden hacimle ölçülür,
sonra sütün yoğunluğundan yararlanarak aşağıdaki formülle kütlesi hesaplanır.

$$M = V \cdot \rho$$

M: Kütle, kg
V: Hacim, dm^3 ya da litre
ρ: Yoğunluk, kg/litre



İşletmeye **havası alınmış** ve yoğunluğu 1,031 kg/l olan 15000 litre süt gelmişse; sütün kg olarak miktarı nedir?

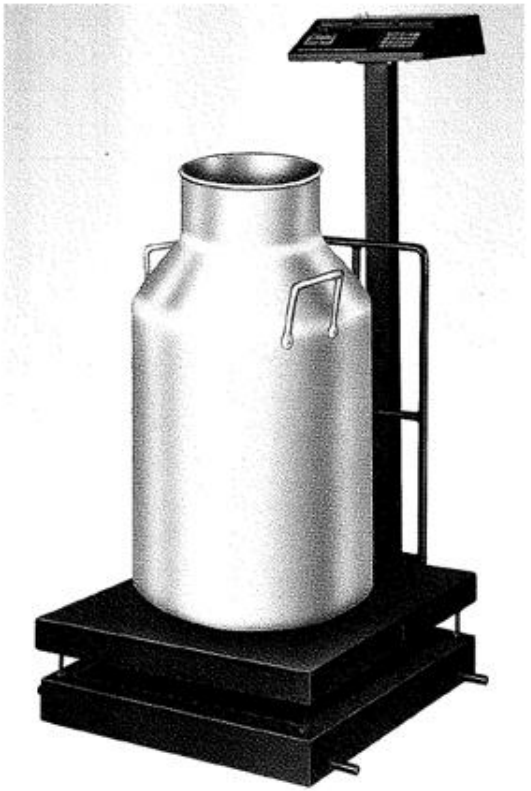
M = V . ρ

M: Kütle, kg
V: Hacim, dm^3 ya da litre
ρ: Yoğunluk, kg/litre

M = V . P
M=15000 x 1,031
M= 15465 kg'dır.

Süt miktarının belirlenmesinde süt alım terazisi veya kantar da kullanılır.





Eğer süt, işletmenin süt alım ünitesine güğümlerle gelmişse güğümler mekanik bir taşıma ve iletim düzeni yardımıyla işletmenin içine taşınır, kantarın kefesine boşaltılır, kefe dolunca ürün kantar altı havuzuna aktarılır ve buradan silo tanklara pompalanır.
Bu arada görevli kadrandaki ibrenin gösterdiği miktarı kaydeder ya da miktar otomatik olarak kayıtlara geçer.



Süt işletmeye toplama merkezlerinden veya büyük kapasiteli üretim birimlerinden tank veya tanker ile getirilmişse, tartım işlemi büyük kantarda yapılır.
Bu tip kantarlar işletme binasının içinde ayrı bir bölmeye yada bina dışındaki bir binaya yerleştirilirler.
Camlı bir bölmede bulunan bir görevli kantarı çalıştırır; vasıta dolu iken ve süt boşaltıldıktan sonra tartılır ve aradaki fark süt miktarı olarak kaydedilir. Bu amaçla dijital (sayısal) okumalı elektronik ve hafızalı kantarlar da kullanılabilir.

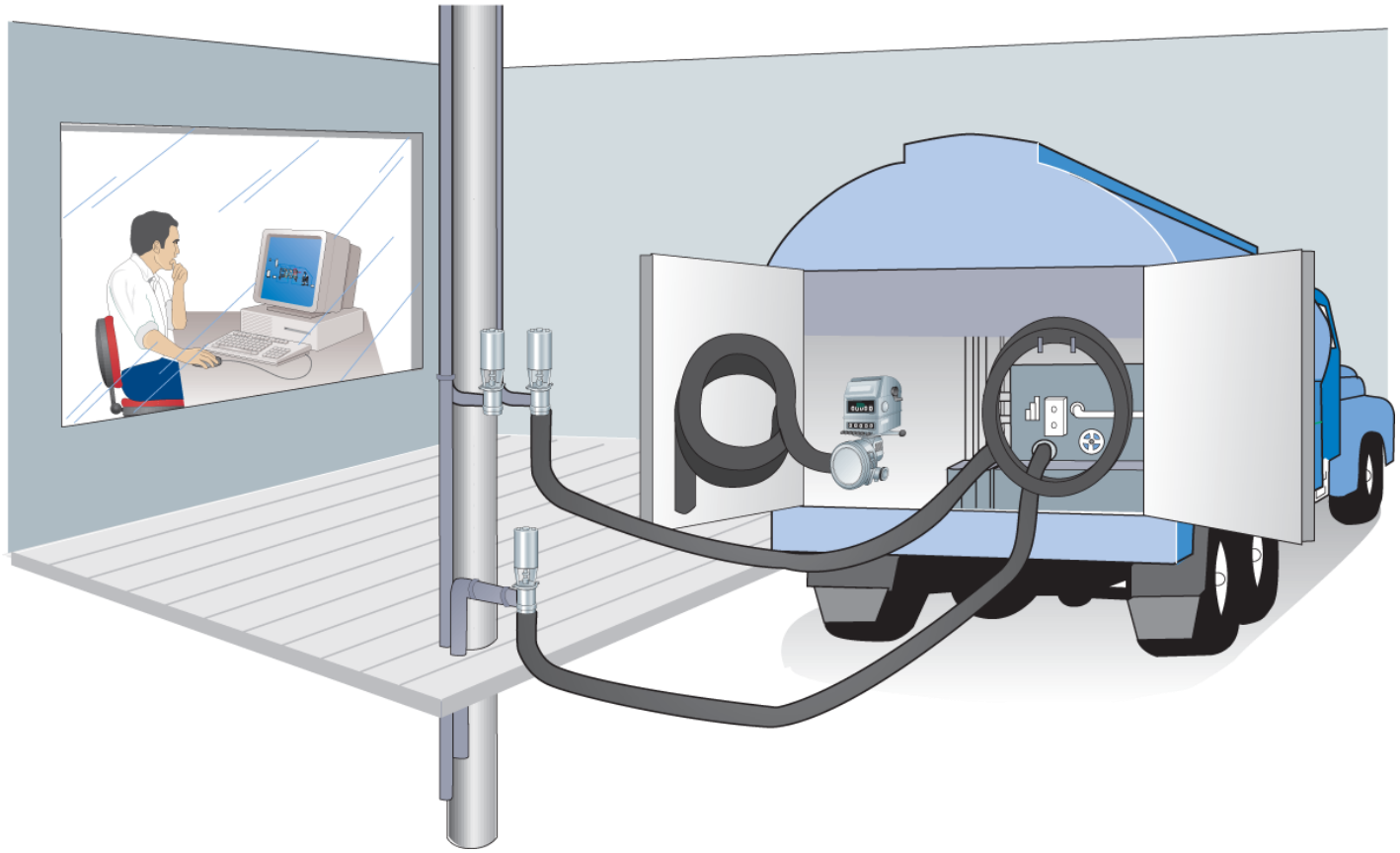




Süt miktarının belirlenmesinde kullanılan bir başka yöntem, ölçüm tankı sistemidir.
Bu sistemde, tartım tankı ayaklarının altına, ölçüm sonucunu gösteren ve kumanda panosuna elektriksel sinyal gönderen hassa uyarıcılar yerleştirilmiştir. Uyarıcıların sinyalleri, tankta dolmakta olan sütün ağırlığı ile orantısal olarak artar.
Süt alımı tamamlanınca yada tank dolunca kumanda panosunda okunan miktar kaydedilir.



Tankerle getirilen sütün miktarı doğrudan hacim ölçen aygıtlardan geçirilerek hacimsel olarak da belirlenebilir. Ancak sayaç sütün yanı sıra özellikle sütün çalkalanması sonucu sistemde oluşan havayı da ölçeceğinden yanlış sonuç elde edilir. Bu sorunu gidermek amacıyla sisteme sayaçtan önce bir hava alma ünitesi (deaeratör) yerleştirilir.



SÜTÜN TEMİZLENMESİ



Süt, sağımdan sonra üretim birimlerindeki olanaklarla süzülmüş olsa bile fabrikada tekrar temizlenmelidir.
Kaba temizleme olarak tanımlanan ve kıl, saman, ot, gübre ve benzeri organik ve inorganik yabancı maddelerin ayrılmasını amaçlayan bu işlem, klasik yada boru tip filtreler yardımı ile gerçekleştirilir.







Özellikle küçük işletmelere ulaştırılan sütler, süt alım terazisi üzerine yerleştirilmiş tülbent veya tel süzgeçler aracılığı ile süzülür yada boru hattına yatay veya dikey konumda monte edilmiş boru tip filtrelerden geçirilir.
Bu amaç için ayrıca özel süt filtrelerinden de yararlanılır.
Söz konusu filtreler krom nikel alaşımından yapılmış bir kazan, sık dokunmuş plastik esaslı bir süzgeç, süt giriş ve çıkış borularından oluşur.



Ancak esas etkili temizleme işlemi klarifikatör denilen seperatörler yardımı ile gerçekleştirilir. Buradaki prensip **yoğunluk farkından yararlanılarak** kaba temizlemeyle uzaklaştırılamayan somatik hücreler, kan pıhtıcıkları, lökositler, bazı mikroorganizmalar, bakterilerle zenginleşmiş protein topakçıkları ve diğer kirlilik etmenleri etkin bir şekilde arındırılır.



Bilindiği gibi; basit filtrasyondan geçmiş ana faz (süt) içerisindeki filtrelerin ayıramadığı katı, yarı katı veya yarı sıvı fazların santrifüj kuvveti ile sürekli olarak ayrılması işlemine klarifikasyon denir.
Klarifikatör yardımıyla sütün temizlenmesi sonucunda toplanan pislikte; meme ve kan hücreleri, çeşitli mikroorganizmalar ve basit filtrasyonla tutulamayan kirlilik öğeleri ile bir miktar süt proteini, eser miktarda süt yağı, laktoz gibi süt bileşenleri bulunur.
Normal koşullarda 10 000 litre sütten yaklaşık 1 kg kirlilik öğesi açığa çıkar.



SÜTÜN DEPOLANMASI

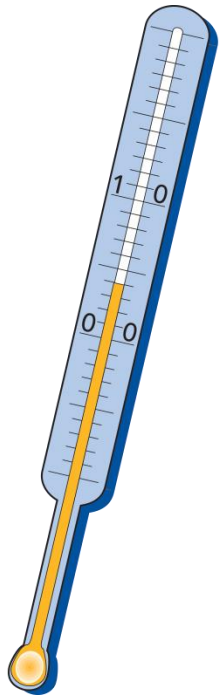


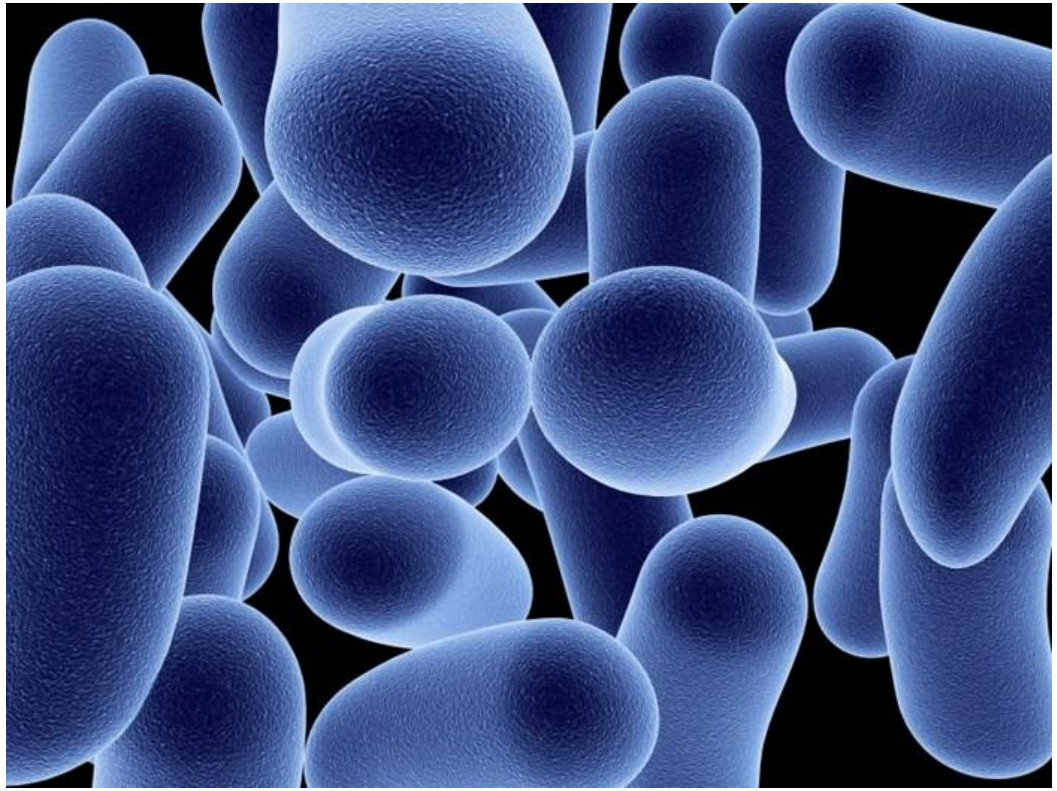
https://gpi-tanks.com/stainless-steel-tanks/vertical-storage-tanks/

ÇİĞ SÜTÜN DEPOLANMASI

ÜRETİM BİRİMLERİNDE ÇİĞ SÜTÜN DEPOLANMASI

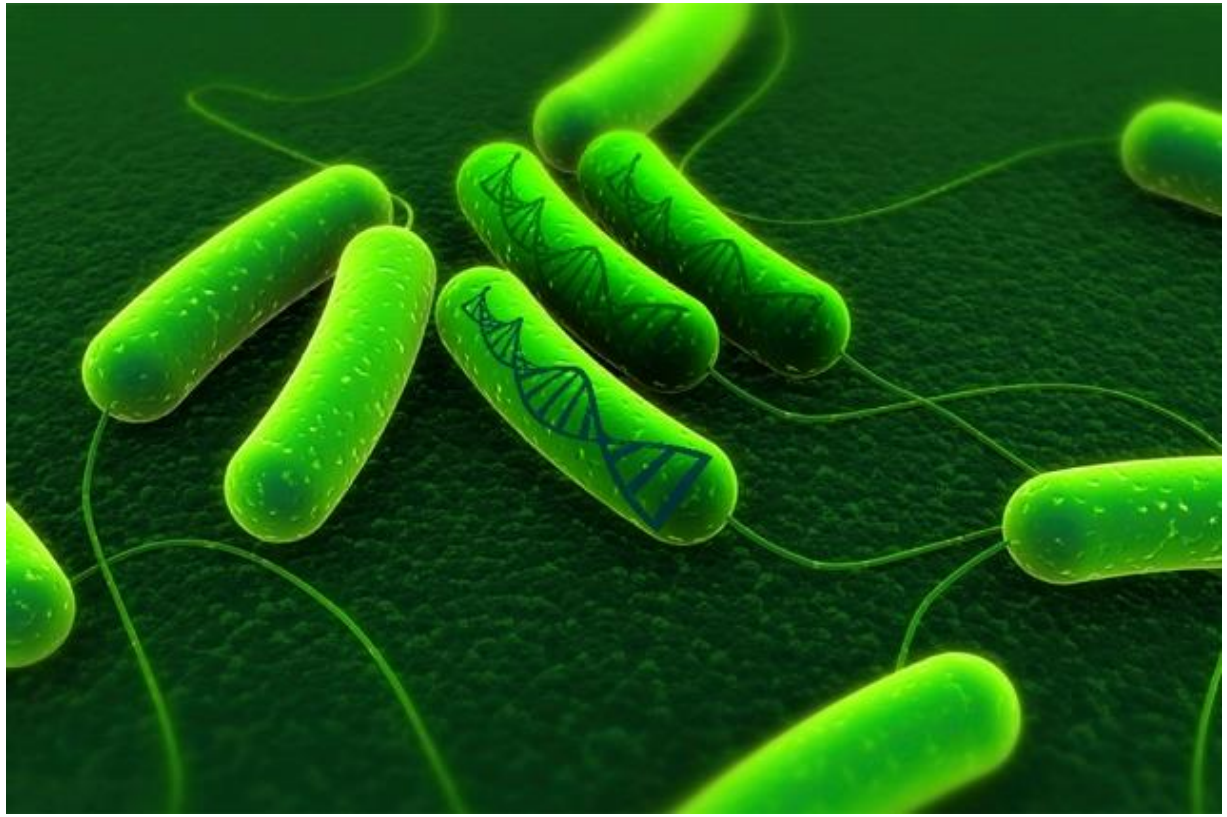
Üretim birimlerinde belirli bir miktar sütün biriktirilmesi ve aynı zamanda ürün kalitesinin korunabilmesi için süt üreticilerinin yapmak zorunda oldukları bazı işlemler vardır. Bunlar, soğutma ve soğuk koşullarda depolama işlemleridir.

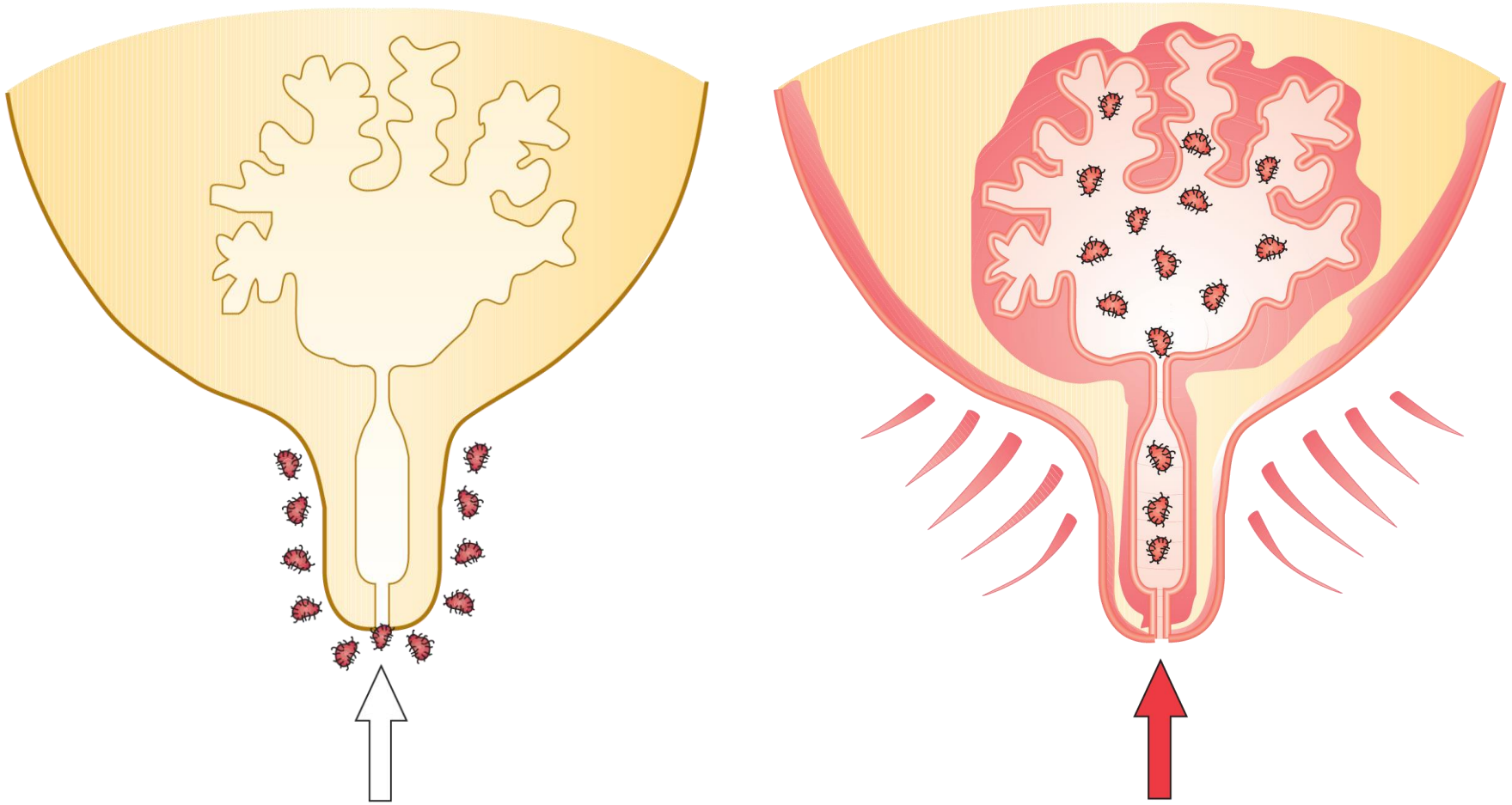




Sütün soğutulmasının nedeni

Üretim sırasında kontamine olan mikroorganizmaların gelişme ve etkinliklerini önlemek veya geciktirmektir. Sütün bozulmasında rolü olan etkenlerin en önemlisi hiç kuşkusuz mikroorganizmalardır. Sağlıklı bir hayvanın memesinde sentezlenen süt aslında mikroorganizma içermez. Ancak sağım işlemi tekniğine uygun bir şekilde ve hijyenik koşullarda yapılsa bile değişik kaynaklardan mikroorganizmalar süte bulaşırlar.





Meme içerisine mikroorgaizma kontaminasyonu ve mastitis

Değişik kaynaklardan süte geçen mikroorganizmalar gerekli önlemler alınmadığı taktirde gelişip çoğalarak kısa bir süre içerisinde sayıca çok yüksek düzeye ulaşırlar. Sonuçta çeşitli fermantasyonlara, parçalanmalara neden olurlar ve bu tür etkileri bağlamında sütün duyusal, fiziksel ve kimyasal özelliklerinde çok sayıda değişikliklere yol açarlar ve sütün süt ürünlerine işlenişini engellerler yada zorlaştırırlar. Ayrıca bazen tehlikeli hastalıklara ve salgınlara yol açabilirler.

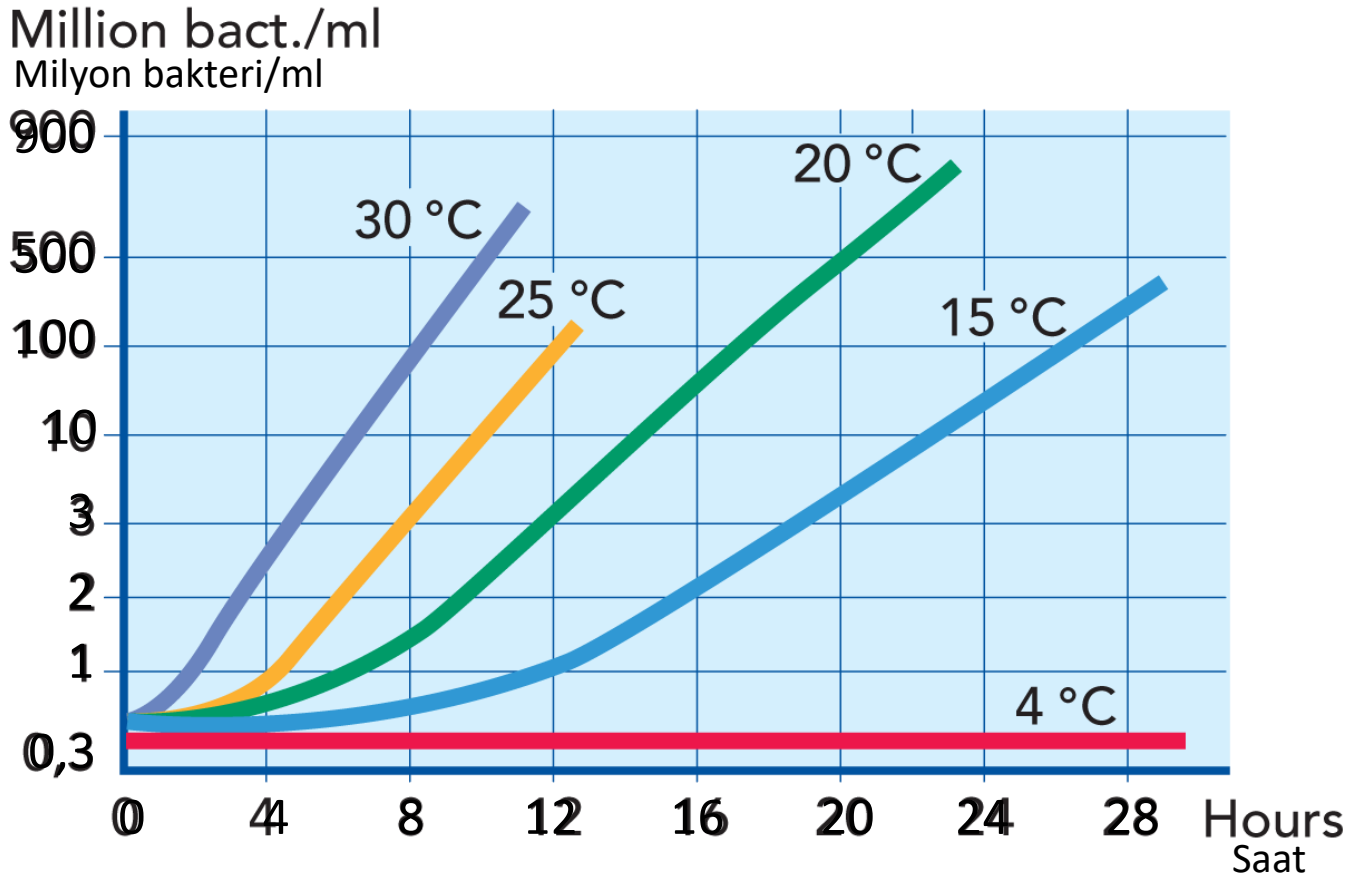




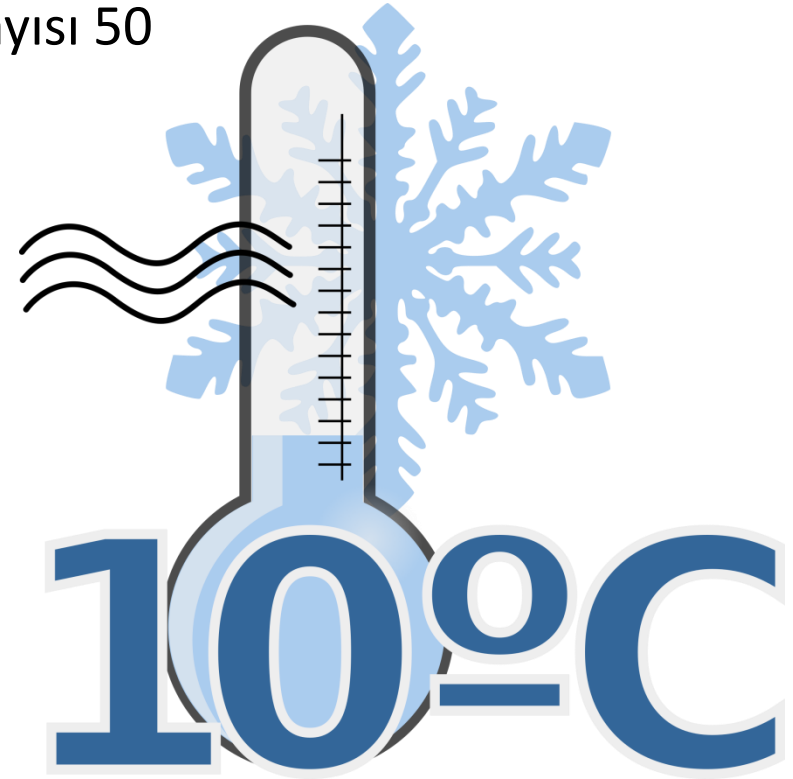
Sütün mikroorganizmalarla bulaşması (kontaminasyonu) kaçınılmaz olduğuna göre sütün doğal niteliğini belirli bir süre ve ölçüde koruyabilmenin başlıca yolu mikroorganizmaların gelişmesini, çoğalmasını ve etkinliğini frenlemektir. Bunun için de sütü sağar sağmaz çok hızlı bir şekilde soğutmak, mikroorganizma etkinliğinin yoğun olduğu sıcaklıktan uzaklaştırmak gerekir. Sağıldığında vücut sıcaklığında olan süt, 2-3 saat içerisinde 10^{o}C'nin altına en iyisi 4^{o}C'ye soğutulduğu taktirde sütteki mikroorganizma sayısı belli bir süre kontrol altında tutulabilir. Bunun için sağımdan sonra süt ahır dışına alınır ve kaba pisliklerinden uygun filtreler yardımı ile arındırıldıktan sonra süzülüp soğutulur.



Soğutmanın bakteri gelişmesi üzerinde ne denli etkili olduğunu ortaya koyan bir araştırmada: Yeni sağılan ve 1 ml'sinde 5000 adet bakteri içeren bir süt örneği, 10°C, 25°C ve 35°C'lerde 24 saat süreyle bırakılmış ve belirlenen sürenin sonunda, 35°C'de bırakılan sütün ml'sindeki bakteri sayısının 800 milyona, 25°C'de bırakılanda 57 milyona ve 10°C'de tutulan bölümde ise 7000'e ulaştığı belirlenmiştir.



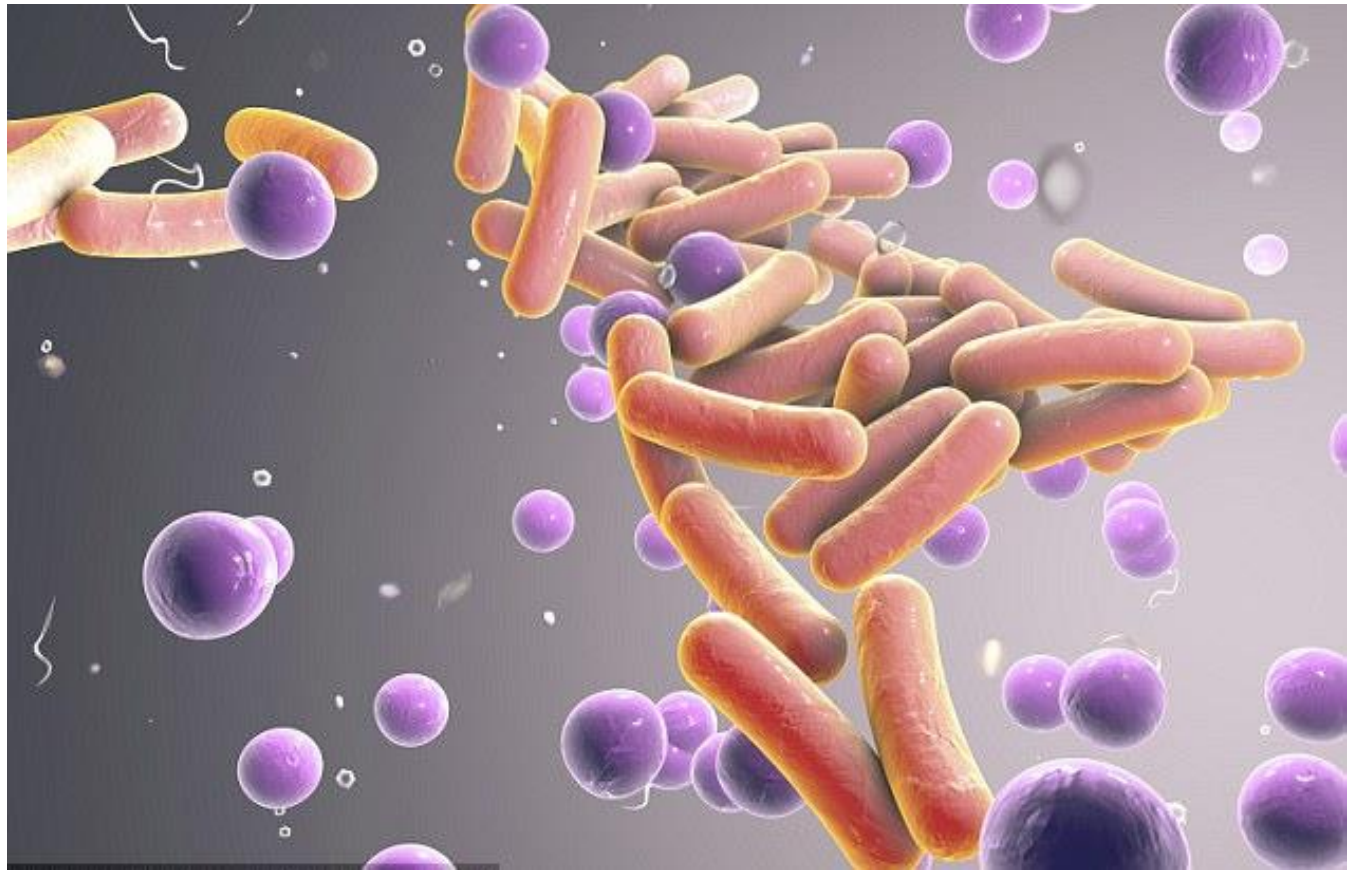
Soğutmanın sütteki bakteri gelişimi üzerindeki etkisini gösteren araştırmalar bize bu konunun başka bir yönünün açıklamaktadır. Söz konusu araştırmalardan birisinde; ml'sinde 5000, 100000, ve 960000 gibi az, orta ve yüksek sayıda bakteri içeren 3 süt örneğini 20°C, 15°C, 10°C ve 5°C'ye soğutarak birer saat ara ile 16 saat süreyle incelenmiştir.
İnceleme sonuçlarına göre; özellikle bakteri sayısı yüksek sütlerde 20°C'de bakteri sayısı hızla artarak 13 saat sonra 90 milyona yükselmiş ve sonra süt pıhtılaşmıştır (kesilmiştir). Aynı süt için 15°C'lik soğutma da yeterli olmamış ve 16 saat sonra süt kesilmese bile bakteri sayısı 50 milyona ulaşmıştır.
Orta ve düşük sayıda bakteri içeren sütlerde de 20°C'lik soğutma mikroorganizma gelişimi üzerinde fazla etkili olmamıştır. 15°C'lik soğutmada çoğalma temposu azalmakla beraber yine de 16 saat içerisinde bakteri sayısı 2-3 kat yükselmiştir.
10°C'de bakteri gelişimi çok yavaşlamış, 5°C'de ise özellikle az bakterili sütlerde hiçbir artış görülmemiştir.



Bu incelemelerden genellikle üç sonuç çıkarmak olasıdır. **Birincisi;** vücut sıcaklığından aşağı derecelere doğru sıcaklık düştükçe, bakteri gelişiminde bir gerileme görülmekle beraber, 20^{o}C'ye soğutmanın bakteri gelişimini arzulanan ölçüde frenlemediği, 15^{o}C dereceye soğutmanın da yetersiz olduğu ve soğutmadan iyi sonuç alabilmek için sütün mutlaka 10^{o}C derecenin altına hatta olanaklı ise 5^{o}C'nin aşağısına düşürülerek soğutulması zorunluluğu ortaya çıkmaktadır.



İkincisi; soğutmanın düşük bakterili sütlerde yüksek bakterilere kıyasla daha etkili olmasıdır. Belirtilmesi gereken bir diğer gözlem de; asit yapan bakterilerin sayısının artmasına karşın özellikle yüksek sıcaklıklarda bırakılan sütlerde asit oluşturmayan bakteri sayısında düşme olduğudur.
Şu halde sütlerin düşük ısısal derecelerde muhafaza edilmesi, gerek toplam bakteri gerekse koliform bakterileri sayısındaki artışı frenlemekte ve bu bağlamda asitlikteki yükselme de belirli bir düzeyin altında kalarak, sütün bozulması geciktirilebilmektedir.



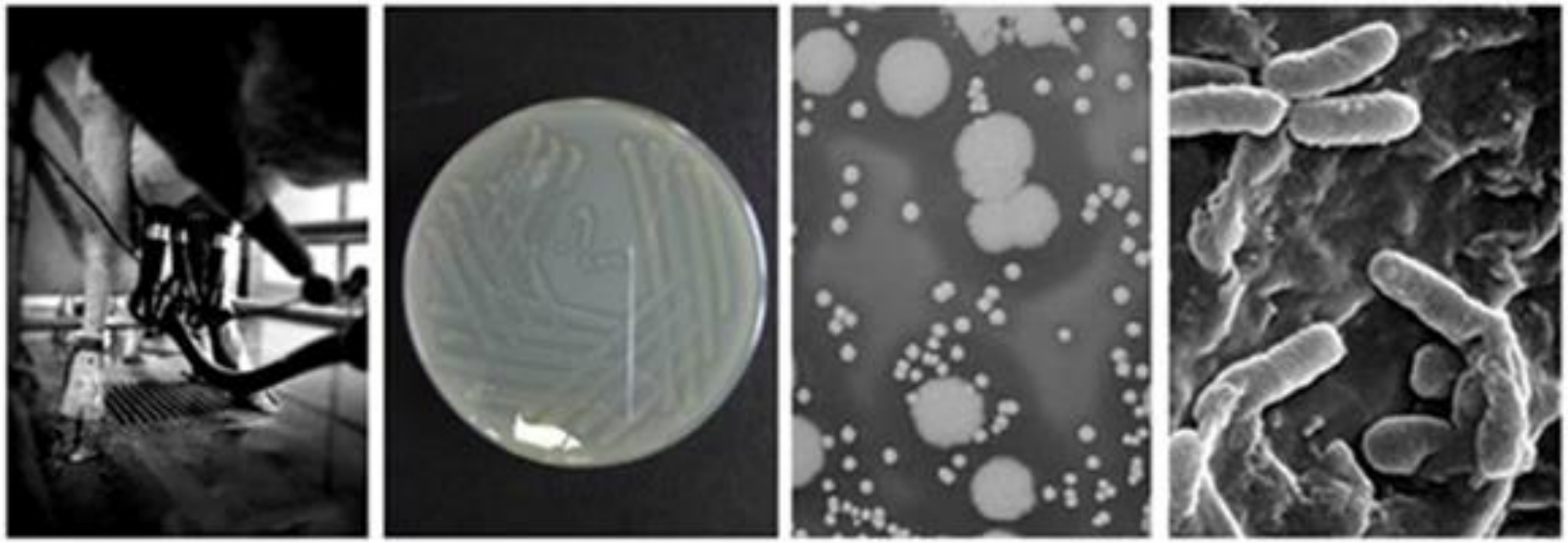
Soğutmada beklenen sonuca ulaşılabilmesi için düşük sıcaklığın yanı sıra o sıcaklığa **ulaşmak için gereken sürenin de önemi vardır.** Önceden de değinildiği gibi sütte bakteri etkinliği arttıktan sonra veya bakteri gelişimini önleyemeyecek şekilde yavaş yapılan soğutmadan yarar sağlanamaz. Bu nedenle sağımdan sonra süzülen sütün hemen soğutulması ve bu işi hızlıca yapacak ve istenen dereceye soğutacak araçların kullanılması gereklidir.



Sütün soğutma sıcaklığı bakterilerin miktarıyla birlikte florası üzerinde de etkili olmaktadır. Nitekim, vücut sıcaklığının biraz yukarısındaki sütte gaz yapanlar, vücut sıcaklığından biraz düşük derecelerde sütü ekşitenler, daha aşağı derecelerde de sütün tat ve kokusunu bozan mikroorganizmalar daha etkindirler.

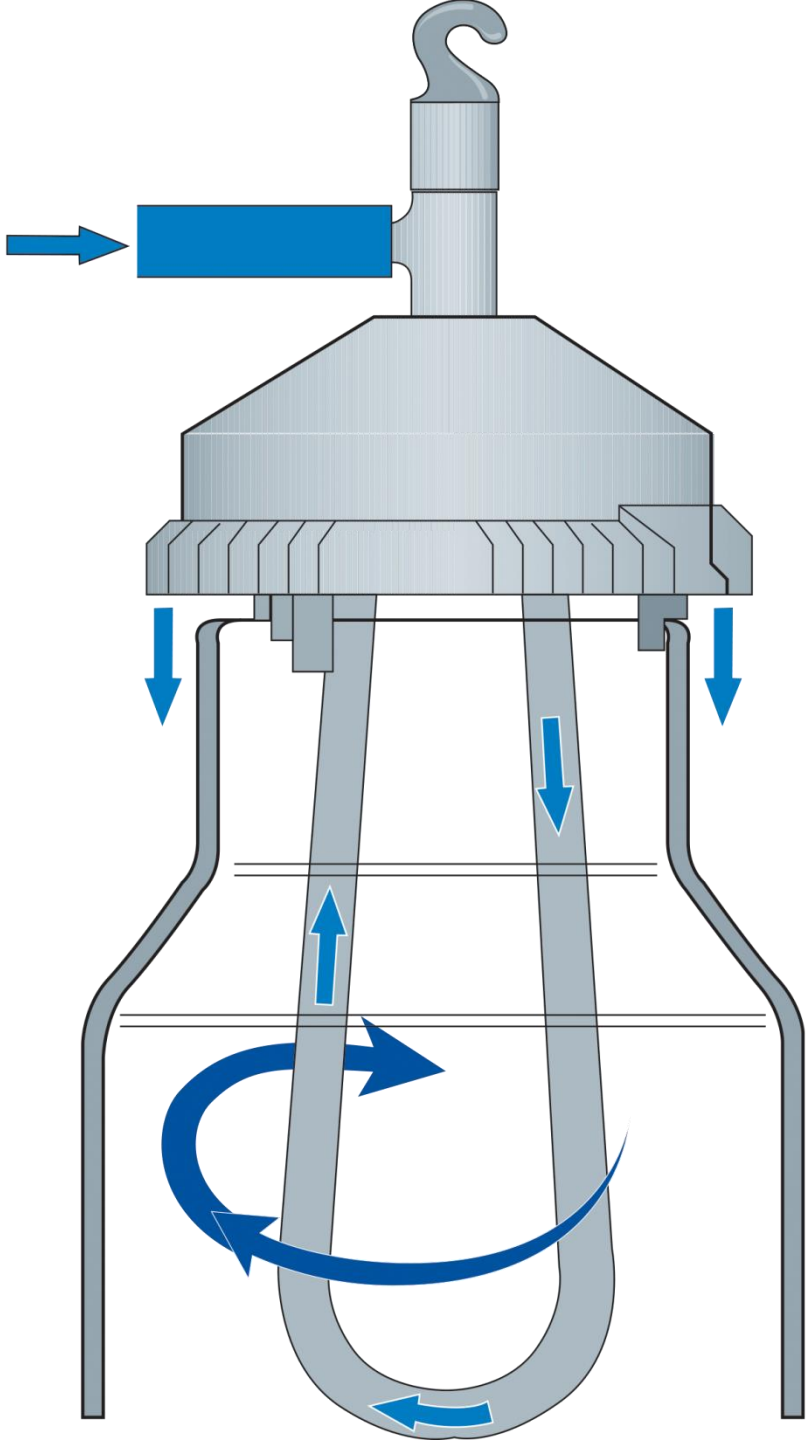


Bu sebeple soğutulan sütte mikroorganizma faaliyetinin kesinlikle önlenebileceği düşünülmemelidir. Zira süt soğutulduktan sonra 4-8^{o}C'de 24 saatten fazla bekletilecek olursa, optimum gelişme sıcaklıkları 15-20^{o}C olmasına rağmen psikrofil ve psikrotrof bakteriler donma noktasının altında -10^{o}C'ye kadar gelişme gösterebilirler. Ancak sıcaklık düştükçe gelişme hızları o oranda yavaşlar.



Soğutma Yöntemleri

Küçük üretim birimlerinde, süt güğümleri akarsuya veya içinde soğutulmuş su bulunan tanklara yada havuzlara daldırılarak belirli düzeyde soğutma gerçekleştirilebilir. Ancak soğutucu olarak kullanılan su yeterince soğuk değilse soğutma mikroorganizma gelişiminin frenlenmesi açısından yetersizdir. Soğutma havuzlarında yapılan soğutmada suyun soğutulması için buz veya mekanik soğutucu sistemlerinden yararlanılır. Küçük miktarlardaki sütün soğutulmasında ayrıca delikli halka püskürtmeli soğutucular, türbin tip güğüm soğutucular, daldırma (dalgıç) soğutucular ve yüzey soğutucular kullanılır.



Büyük üretim birimlerinde sütlerin soğutulmasında ise yaklaşık 300 litreden 6000 litreye kadar olan sütlerin soğutulması soğutma tanklarında gerçekleşir. Söz konusu tankların pek çok çeşidi vardır yine büyük üretim birimlerinde sütün soğutulmasında soğutma jeneratörlerinden de yararlanılır. Sütün belli aralıklarla ve değişik sıcaklıklarda gelmesi halinde bile sıcaklığı istenilen dereceye hızlı bir şekilde indirebilen soğutma jeneratörleri kullanılabilir. Bu iki yönteme ek olarak 5000-6000 litrenin üzerinde süt üretimi yapılan çiftliklerde sütün 37°C'den 4°C'ye çok hızlı bir şekilde soğutulmasında soğutma tankları yetersiz kalırlar. Büyük hacimler için en iyi soğutma yöntemi hiç kuşkusuz plakalı ısı değiştiriciler yardımı ile yapılan soğutmadır. Bu durumda tanklar sadece soğuk depolama görevi üstlenirler.



Çiğ sütün çiftlik ve toplama merkezlerinde depolanmasında ise; Sağımdan sonra süzülerek kaba kirlerinden arındırılan ve soğutulan süt, uygun depolarda depolanır. Soğutma ve depolama aynı tankta yapılabileceği gibi yalıtımlı ayrı tanklarda da yapılabilir. Depolama tanklarının karıştırma sistemi içermesi önemlidir. Depolama sürecinde süt sık sık karıştırılmalıdır. Aksi halde yüzeyde oluşan yağ tabakası, sütten gaz çıkışını engeller ve bu durum asitlik artışını, kötü tat ve koku oluşumunu kolaylaştırır.



Süt Toplama Merkezleri

Büyük kapasiteli fabrikalar sütü uzak birimlerinden ve dağınık üreticilerden sağladıkları için, sütler önce “süt toplama merkezleri” denilen merkezlerde toplanır; sonra bazı ön işlemlerin ardından işletmeye nakledilirler. Söz konusu merkezlerde oluşturulan küçük bir laboratuarda bazı analizler yapılarak farklı kalitede sütlerin ayrı nakledilmesi, uygun olmayanların kabul edilmemesi sağlanır. Ayrıca süzme ve soğutma olanakları bulunmayan üretim birimlerinden gelen sütlerin süzülmesi, soğutulması ve soğuk koşullarda belirli bir süre depolanmaları gerçekleştirilir.



Bir süt toplama merkezinde: Süt alım terazisi, süzme gereçleri, süt kabul tankı, santrifüj pompa, soğutma tankı veya soğutma jeneratörü, izolasyonlu depolama tankları, güğüm temizleme ekipmanları ve küçük bir laboratuar bulunur.

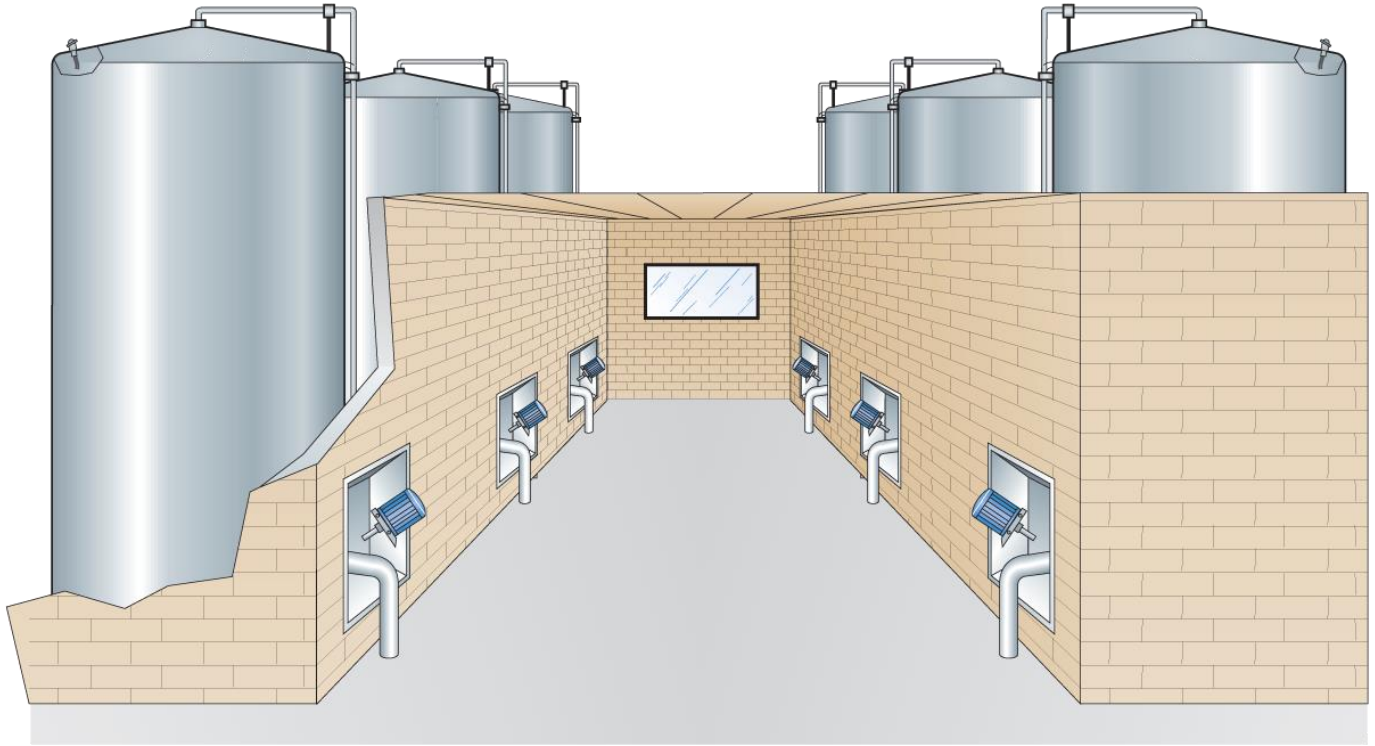


Toplama merkezlerinde duyusal özellikler ve laktodansimetre derecesi belirlenir. Asitlik, sıcaklık ve temizlik kontrolleri yapılır. Süt fiyatının belirlenmesinde gerekli olan süt yağı oranı ve kurumadde miktarı saptanır, antibiyotik ve benzeri testleri gerçekleştirilir.

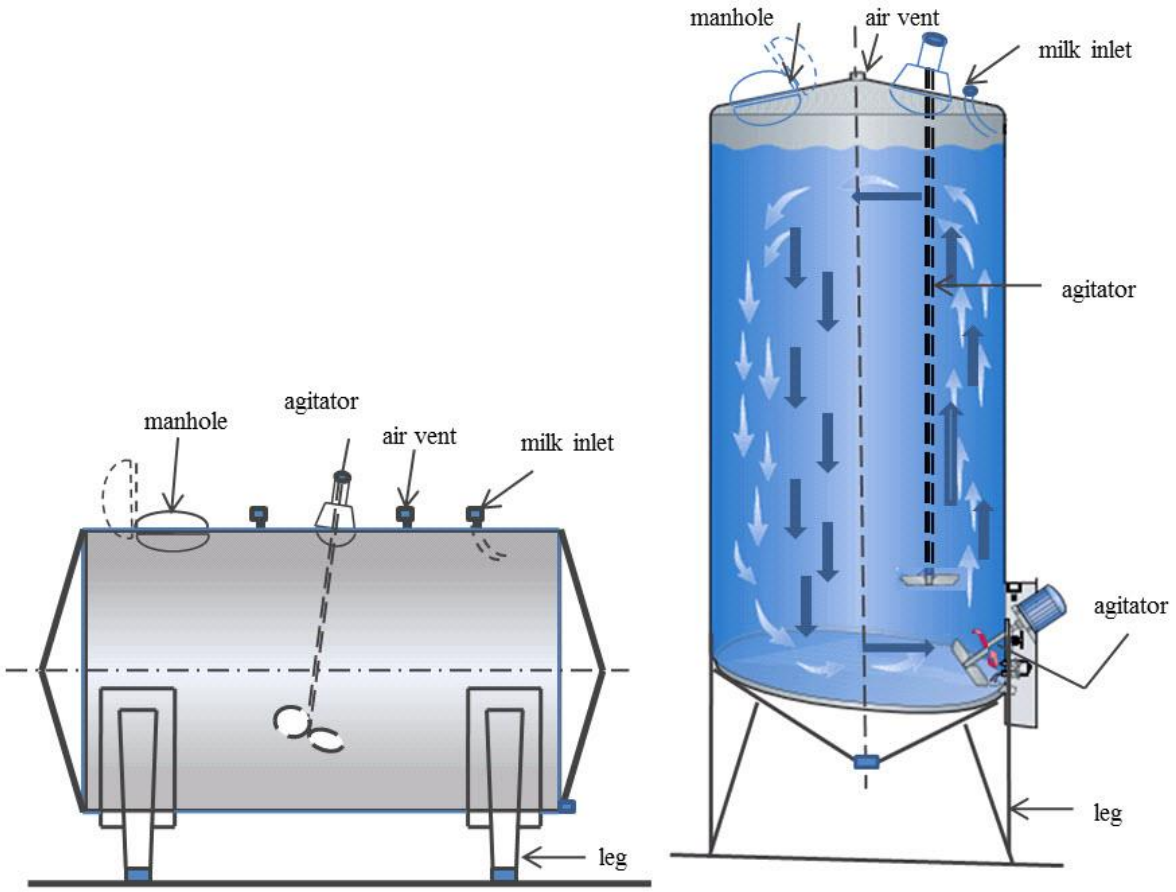


SÜT İŞLETMESİNE GELEN ÇİĞ SÜTÜN DEPOLANMASI

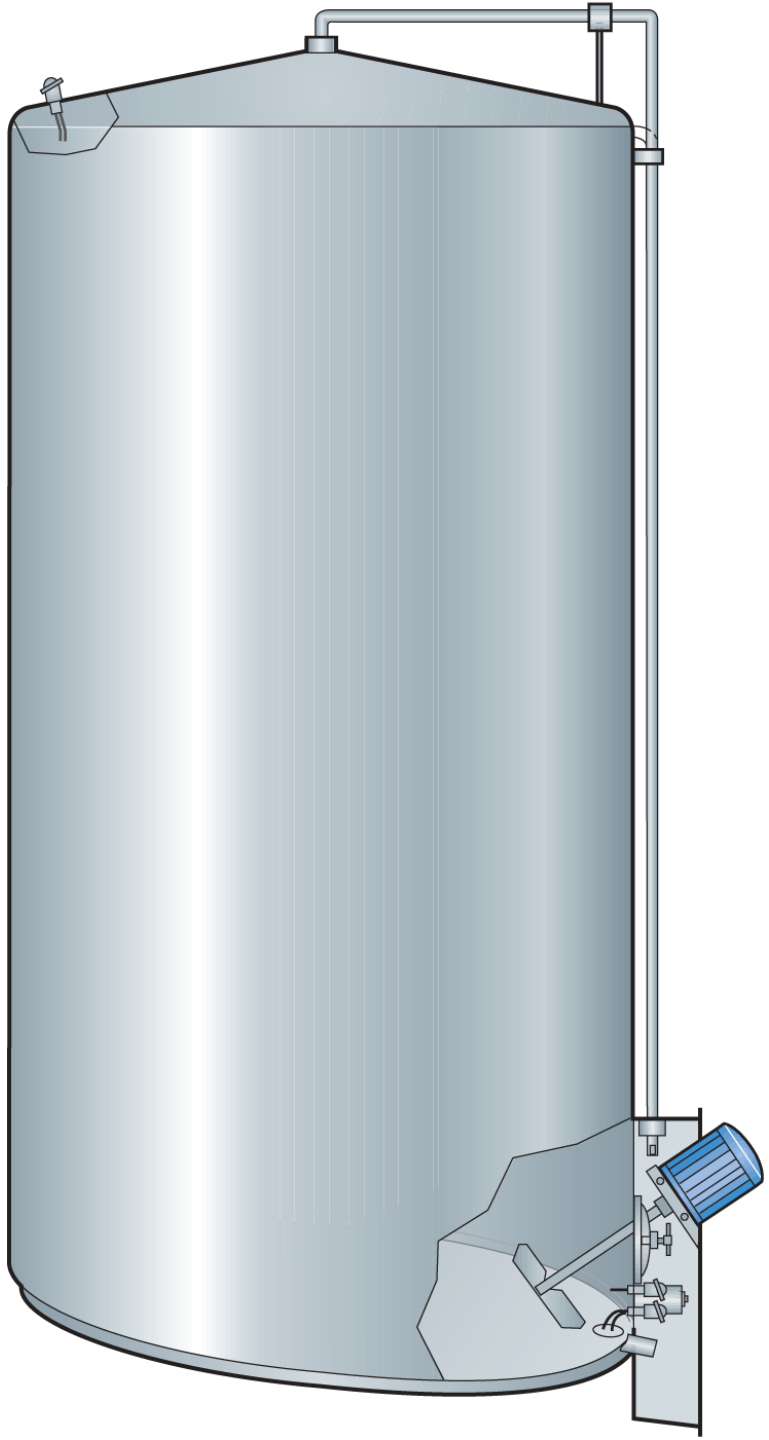
İşletmeye alınan çiğ süt, büyük hacimli dikey tanklarda (silo tank) depolanır. Bu tankların hacimleri yaklaşık 25 000…200 000 litre arasında değişir, ama genellikle 50 000…100 000 litrelik tanklar kullanılır. Küçük silo tanklar çoğunlukla işletmenin içerisine büyükleri ise dışına yerleştirilirler. Dışarıya yerleştirilen silo tanklar çift cidarlıdırlar ve arada izolasyon katmanı içerirler.

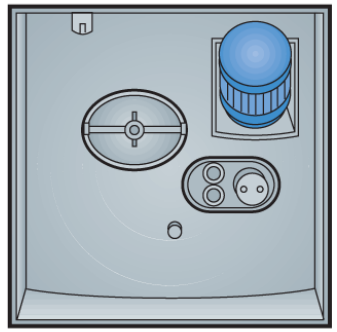


Büyük silo tanklarda depolanan sütün kaymak bağlamasını önlemek için karıştırma işlemi uygulanır. Ancak bu işlemin son derece dikkatli ve özenli yapılması, kuvvetli karıştırmadan kaçınılması gerekir. Çünkü kuvvetli karıştırma, süte hava girmesine ve yağ globüllerini çevreleyen membranların zarar görmesine, parçalanmasına yol açar.

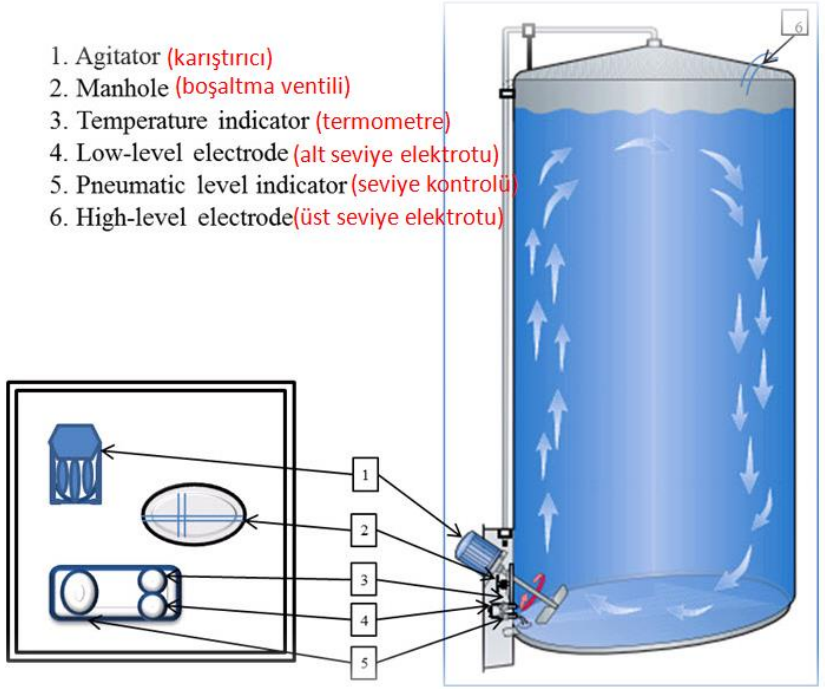


Bu durumda sütte doğal olarak bulunan ve bazı mikroorganizmalar tarafından da üretilen lipaz enziminin etkinliği artabilir ve bu bağlam süt yağı parçalanarak serbest yağ asitleri ortaya çıkabilir ve sütte hoşa gitmeyen ransit bir tat gelişebilir. İşte bu nedenle sütün özenli karıştırılabilmesi için silo tanklara pervaneli karıştırıcılar monte edilir.





Tanklarda ayrıca: sıcaklık göstergesi, pnömatik seviye göstergesi, doluluk seviyesinin karıştırıcının altında olduğu durumda karıştırıcıyı durduran ama karıştırıcının üstüne çıktığında karıştırıcıyı çalıştıran sistemi yönlendiren ve tankta uygun bir yüksekliğe elektrot, fazla doldurmayı (taşmayı) önleyen ve tankın tavanına yerleştirilen elektrot ve tankın tamamen boşalmış olduğunu gösteren ve tankın en alt noktası olan boşaltma noktasına monte edilen en alt seviye kontrol elektrotu bulunur. Silo tankın tamamen boşalmış olduğunun bilinmesi büyük önem taşır. Normal olarak tanktaki süt, proses hattına pompalandıktan ve tank boşaltıldıktan sonra tankın çıkış vanası ya elle yada otomatik kontrolü sistemlerde olduğu gibi kendiliğinden kapanarak temizlik işlemine geçilir.



SÜT YAĞININ AYRILMASI

Süte uygulanan ön işlemlerden biri de yağının kısmen veya tamamen ayrılmasıdır.
Bu işlem şu amaçlarla yapılır:

1. Az yağlı veya yağsız süt elde etmek
2. Tereyağı ve benzeri yağca zengin süt ürünleri için gerekli süt yağını konsantre etmek (krema kazanımı) ve
3. Sütün yağ oranını standardize etmek



krema

Süt yağının sütten mekanik bir yolla ayrılmasında santrifüj kuvveti etkisinden yararlanarak ayırma işlemi yapan santrifüj seperatörler kullanılır.
Süt yağının bu yolla ayrılmasının dayandığı temel ilke; polidispers bir sistem olan sütte, emülsiyon halde bulunması ve süt yağı yoğunluğu ($\rho \sim 0{,}93 g/cm^3$) ile yağsız süt yoğunluğu ($\rho \sim 1{,}035 g/cm^3$) arasındaki yoğunluk farkının oldukça büyük olmasıdır.



https://ginhong.com/water-in-oil-emulsion/

Krema Seperatörleri

Krema seperatörleri, genellikle hem temizleme hem de krema ayırma işini birlikte yapacak şekilde dizayn edilirler.
Ayrıca sütün istenen yağ oranına ayarlanmasını (standardizasyon) sağlayabilecek mekanizmaları da içerebilirler.
Klarifikasyon, seperasyon ve standardizasyon işlemlerinin tamamını yapabilen bu tip seperatörlere üniversal seperatörler denir.
Krema seperatörleri yapılarına göre üç gruba ayrılırlar. Bunlar;

1. Açık tip seperatörler
2. Yarı kapalı (yarı hermetik) tip seperatörler ve
3. Kapalı tip (hermetik) seperatörlerdir.



Krema seperatörleri, içinde biriken pisliklerin dışarıya atılış şekline göre de 2 gruba ayrılırlar. Bunlardan ilk gruba girenlerde; belli çalışma süreleri sonunda seperatörün durdurulması, pisliklerinden arındırılması, temizlenmesi ve yeniden montajı gerekirken; diğer gruptakinde biriken seperatör çamuru otomatik olarak dışarı atılarak çalışmada süreklilik sağlanmış olur.



Krema Ayırma Derecesini ve Krema Ayırma Kalitesini Etkileyen Faktörler

Krema ayırma derecesi dendiğinde işlem sonrası yağsız sütte kalan yağ miktarı anlaşılır.
Normal koşullarda bu değerin %0,01..0,04 arasında olması gerekir.
Eğer bu söz konusu değer %0,04'ün üzerinde olursa krema ayırma işleminde bir sorun olduğu kabul edilir.

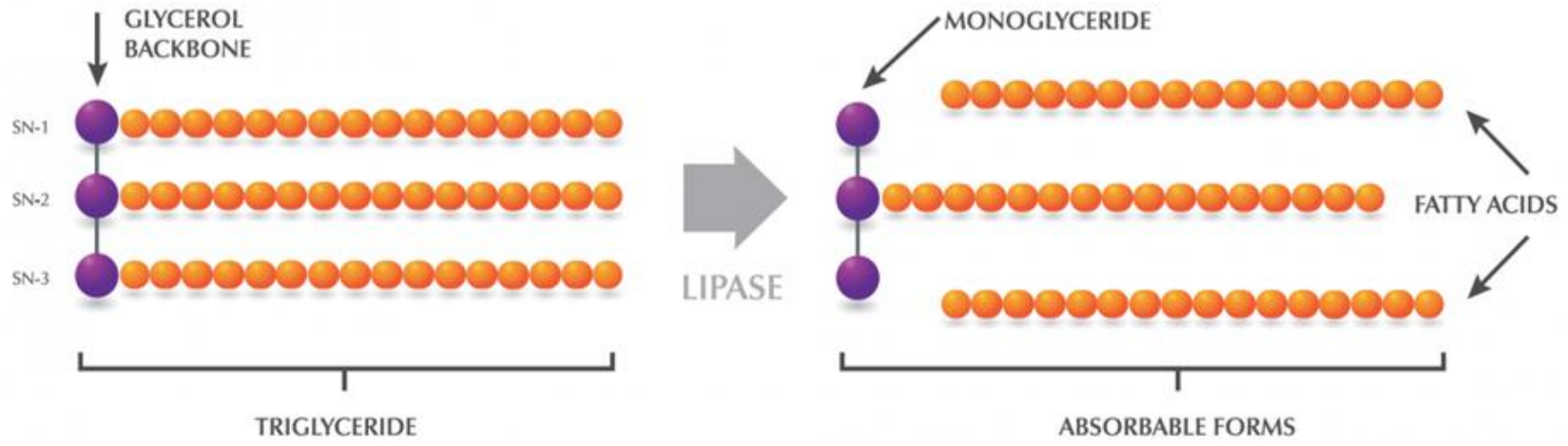


Krema ayrılma işlemini etkileyen faktörlerden bazıları aşağıda belirtilmiştir.

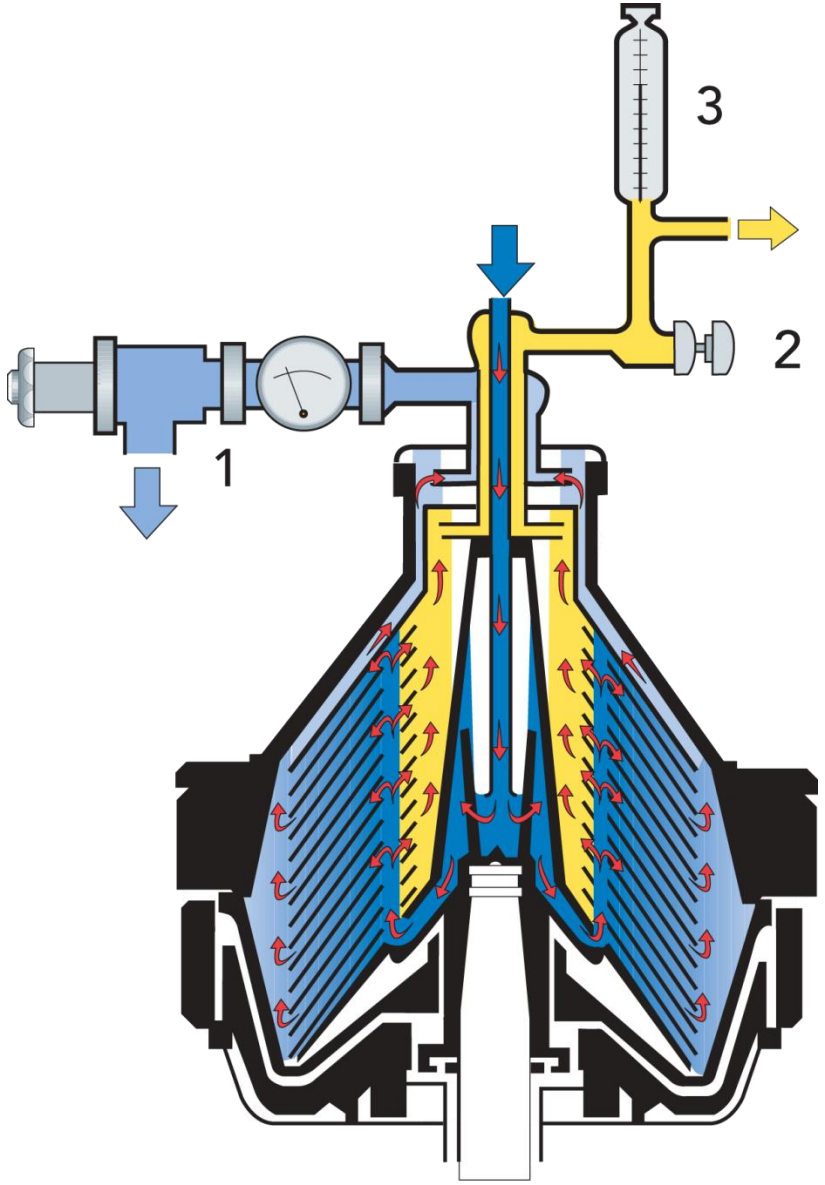
1. Krema ayırma işlemi öncesinde sütün kuvvetli mekanik etkilere maruz kalması krema ayırma kalitesinde olumsuz sonuçlara yol açar. Örneğin;
    A. Sütün yeterince doldurulmamış kap veya tanklarda taşınması sırasında kuvvetli çalkalanması
    B. Süte sağım makinelerinin sızıntı olan yerlerinde, pompalama işleminde veya depolama tanklarına doldurulması sırasında hava girmesi
    C. Özellikle düşük derecelere soğutulmuş sütün birçok kez pompalanması
    D. Süt üretim birimlerinde uygulanan soğutma işlemi veya ön depolama sırasında çok yoğun karıştırma yapılması
    E. Sütün bir kereden fazla sayıda separe edilmesi ve kremanın yağsız sütle defalarca Karıştırılması,



2. Bu tür mekanik etkileşimler sonucunda daha küçük parçalara bölünen yağ tanecikleri seperasyon sırasında kremaya tamamen geçmeyip yağsız sütte kalırlar. Aynı zamanda bu parçalanma sırasında yağ tanecikleri çevresindeki membran da zarar görür ve bu bağlamda oluşan serbest yağ da yağsız süte geçer. Ayrıca lipolitik parçalanma için de uygun ortam hazırlanmış olur.

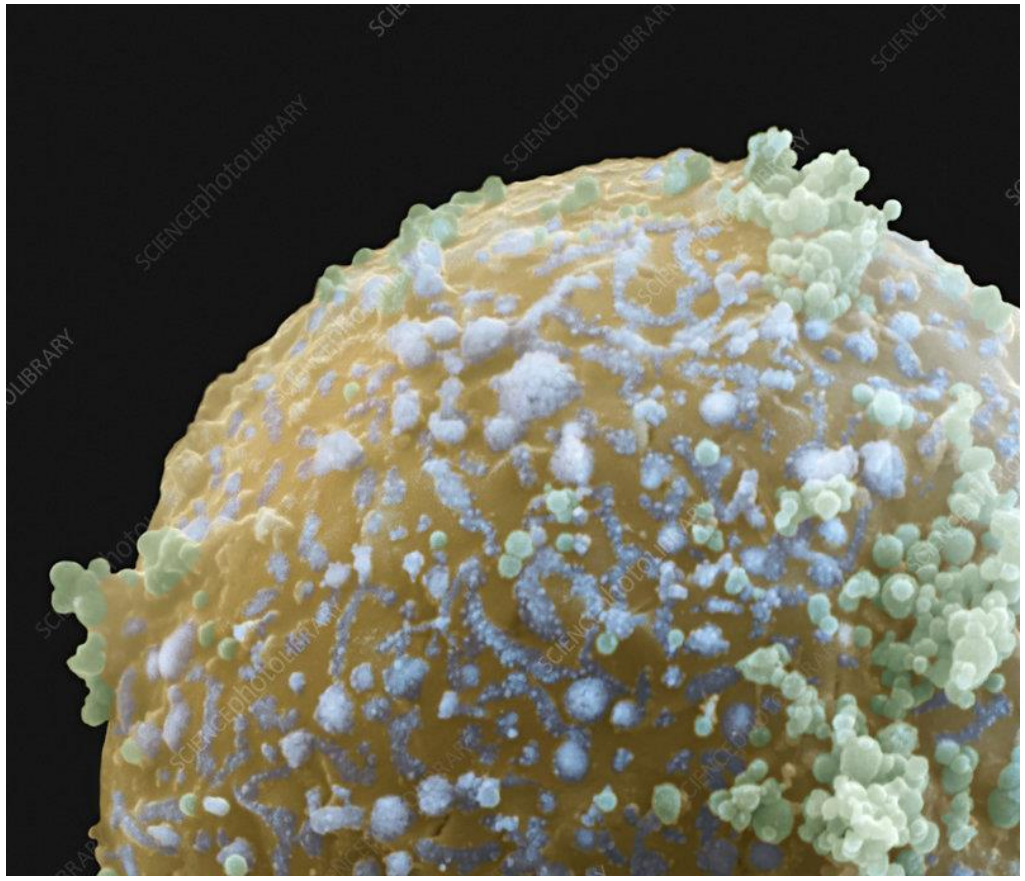


3. İşlem sırasında sütün sıcaklığı viskozite değişimi bağlamında krema ayrılma derecesini etkiler. Bilindiği gibi en uygun krema ayırma sıcaklığı 50-60°C arasındadır. Bu derecelerden sapma olduğunda sorunlar ortaya çıkabilir. Seperasyon sıcaklığı yükseldikçe krema ayrılma derecesi azalır. Zira viskozite, sıcaklık yükseldikçe azalır ve 75-85°C'de minimum düzeye ulaşır. Bunun zerindeki sıcaklık derecelerinde, serum proteinlerinin denaturasyonu nedeni ile viskozitede biraz yükselme başlar. Bu durum yağsız sütte kalan yağ miktarını arttırdığı gibi, seperatör çamuru miktarının da artmasına neden olur.



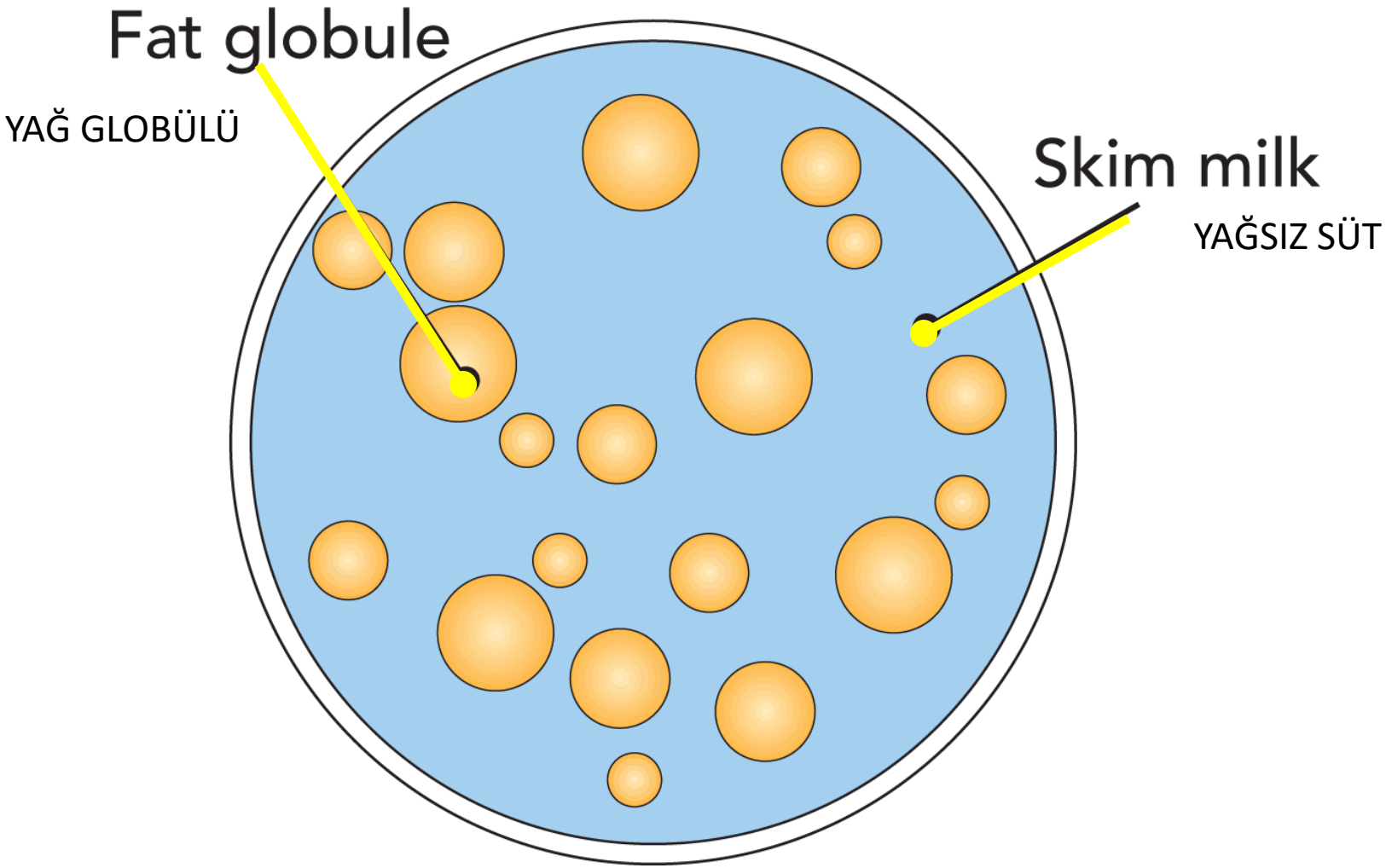
4. Öte yandan sütün fabrikaya kabul edildiği sıcaklıkta, yani 5-10^{o}C arasında iken seperasyon işlemi yapıldığı taktirde, gerçi optimum ayırma sıcaklığına ısıtma için gerekli enerjiden tasarruf sağlanır ama istenen krema ayırma derecesine ulaşabilmek için seperatörden geçen süt miktarının %30-50 azalması gerekir. Sıcaklığı düşmesi ile kremanın akması güçleşir; dolayısıyla seperatörün çıkış hızı düşer. Hatta bu durum separatörün tıkanmasına ve verimsiz çalışmasına yol açabilir. Bu sakıncanın giderilmesi çanaklar arasındaki mesafenin arttırılması ile mümkündür. Fakat bu durumda sütün giriş hızının arttırılması gerekir. Ama süt giriş hızının arttırılması yağın ayrılma oranını olumsuz etkiler. Düşük sıcaklıkta seperasyonun diğer bir sakıncası ise; küçük yağ tanecikleri de kremaya geçtiği için, bu krema tereyağına işlenirken tereyağı randımanında düşme olmasıdır. Çünkü küçük çaplı yağ taneciklerinin büyük bir çoğunluğu yayık altında kalır.

Süt yağının elektron mikroskpumdaki görüntüsü



https://www.sciencephoto.com/media/850383/view/milk-fat-droplet-sem

5. Çiğ sütün doğal yağ oranı krema ayırma kalitesini etkilemez ama yağ taneciklerinin büyük olması, kremanın ayrılma kalitesi üzerinde olumlu bir etkiye sahiptir.



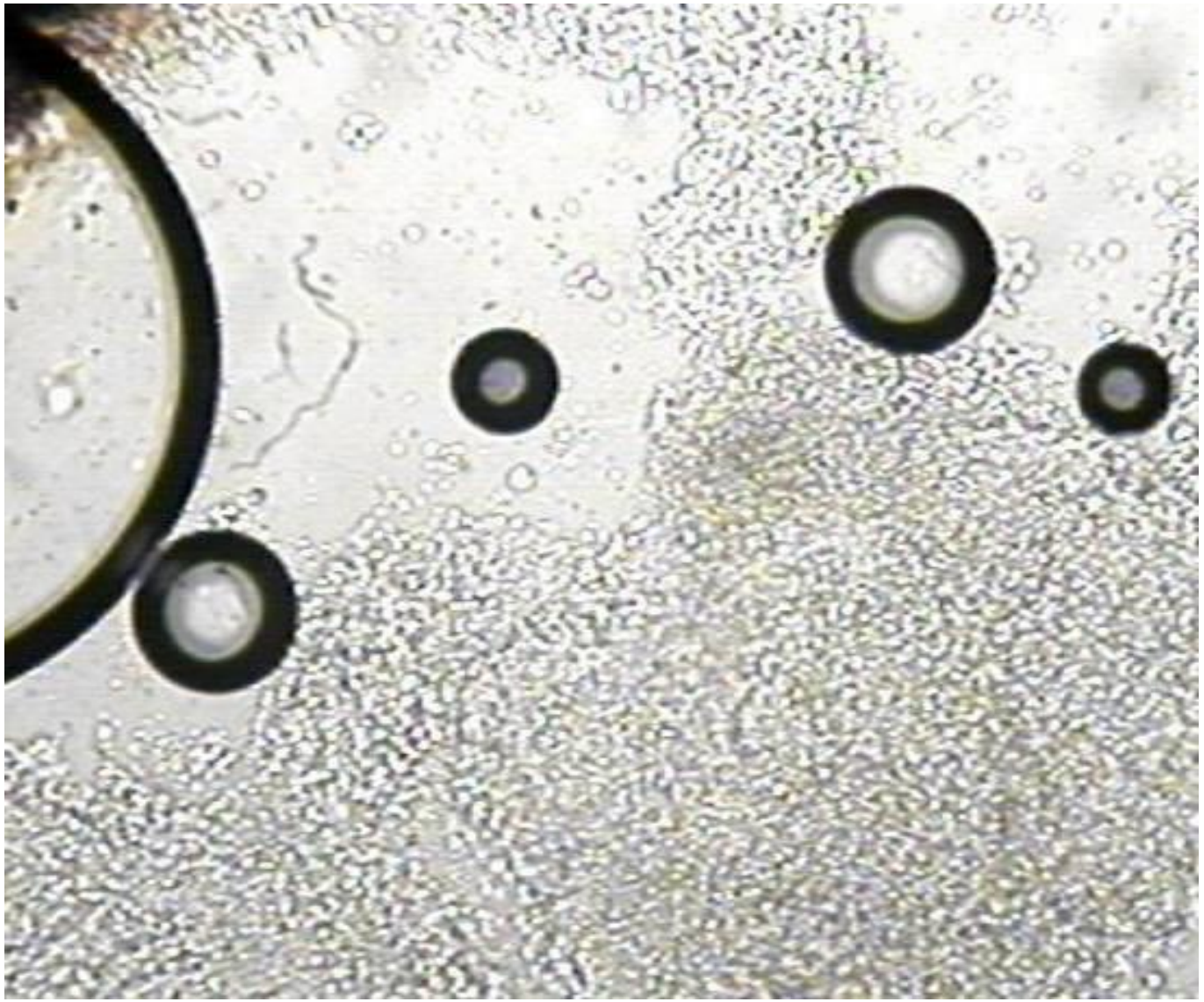
6. Seperatörün yapısı ve teknik özellikleri, krema ayırma kalitesi üzerinde son derece etkilidir. Yeni geliştirilen ve ileri teknoloji ürünü olan seperatörler %0,005 düzeyinde krema ayırma yeteneğine sahiptirler. Ancak aşağıda belirtilen faktörler krema ayırma kalitesini olumsuz yönde etkileyebilirler.
    6. Motorun bakım ve yağlanmasının zamanında yapılmaması ve benzeri nedenlerle yetersiz güç aktarımı ve seperatörün montaj hatası bağlamında tambur dönüş hızının düşük olması
    7. Seperatör yatağının kusurlu olması, tam yatay yerleştirilmemesi, tamburun ve tamburdaki konik disklerin yanlış montajı nedeniyle tamburun çok gürültülü ve sarsıntılı çalışması
    8. Seperatöre giren süt miktarının gerekenden çok yüksek olması
    9. Özellikle krema geçiş yolundaki contaların zarar görmesi
    10. Çanağımsı konik disklerin, özellikle ayırıcı çanakların fiziksel hasarlanması
    11. Seperatöre giren süt miktarının çok düşük olması veya başka nedenlerle süte çok hava girmesi
    12. Krema yağ oranının çok yüksek ayarlanması
    13. Seperatör çalışma süresinin çok uzun tutulması.



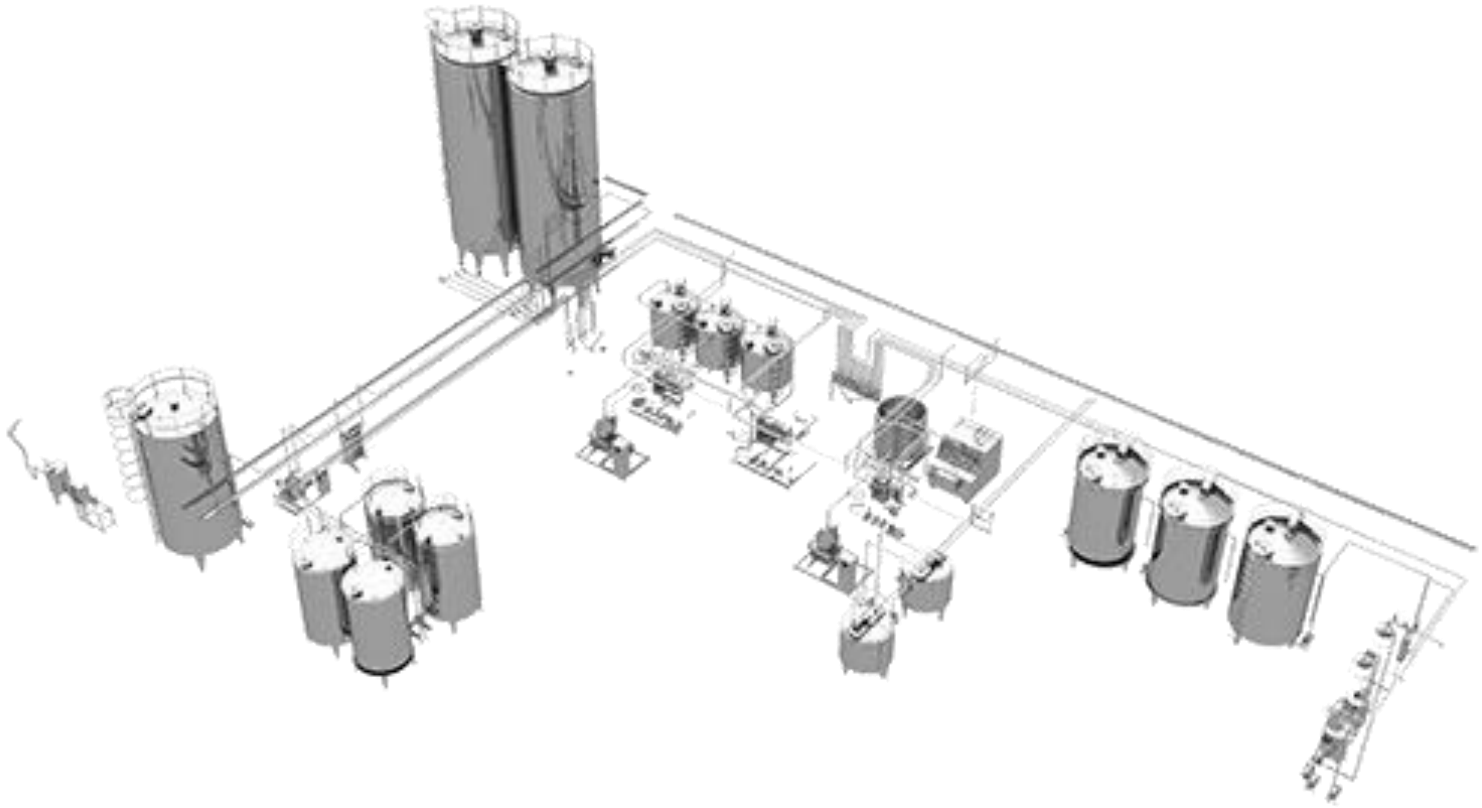
SÜTÜN HAVASININ ALINMASI (DEAERASYON)



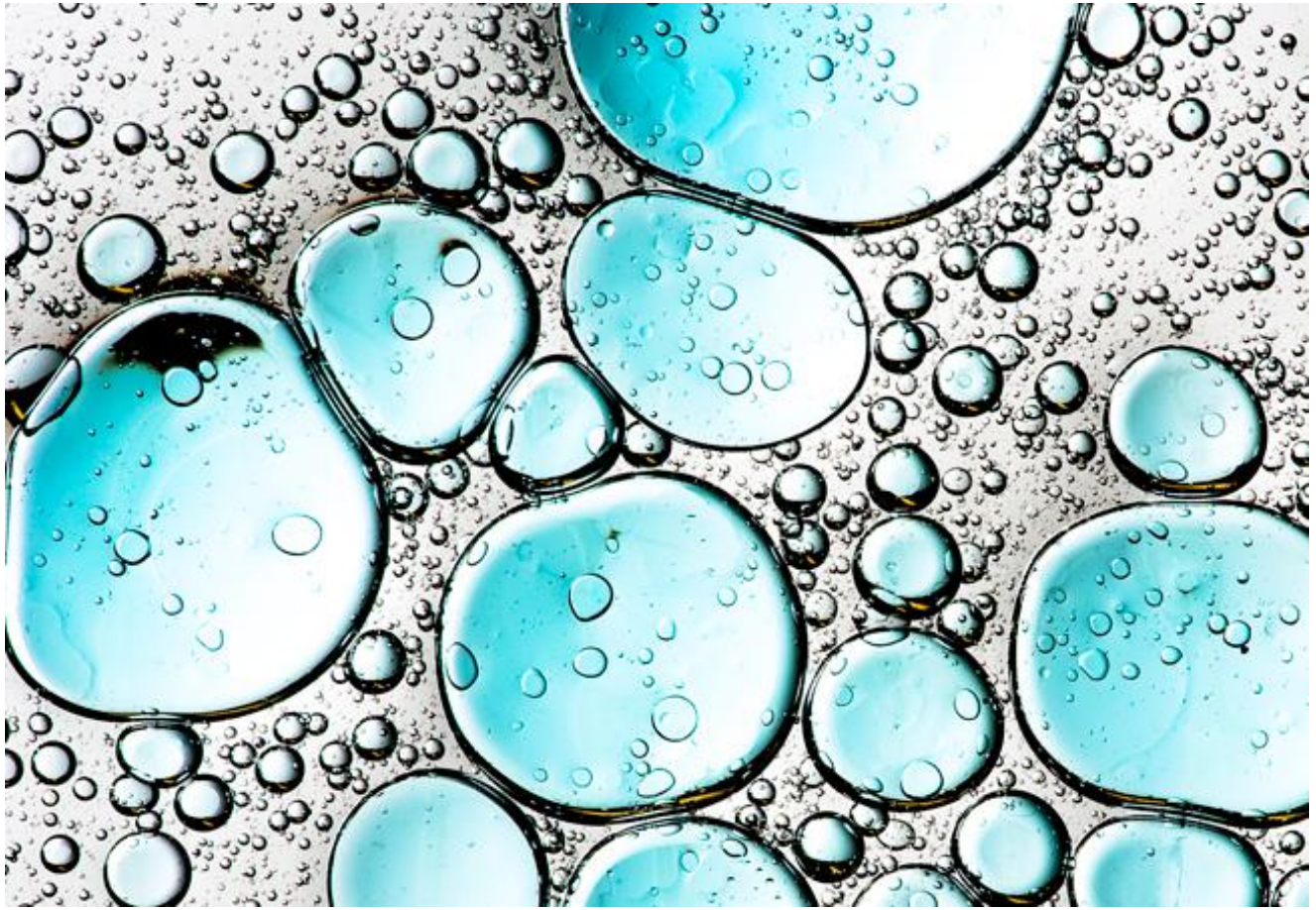
Bilindiği gibi süt belirli miktarda hava içerir. Henüz memede bulunan sütte hacimce %4,5-6 oranında oksijen, karbondioksit ve azot gazı bulunur.



Bunlardan oksijenin oranı yaklaşık %0,1, azotun %1,0 ve karbondioksitin ise %3,5-4,9 arasındadır. Ancak sütteki hava miktarı sağım sırasında artar. Sütün hava miktarındaki artış sağımdan sonra yapılan işlemler ve nakliye sırasında devam eder. Üretim sistemleri, hava sızdırmaz kapalı sistemler halinde tasarım ve imal edilmiş olsalar bile üretim hatlarındaki pompalarda, tanklarda, seperatör ve benzeri makinelerde süte mutlaka hava karışır.



Hava sütte; çözünmüş, kimyasal bağlanmış ve dağılmış (disperse) olmak üzere üç çeşit bulunur. Hava dağılımının bu üç olası formu arasındaki denge sıcaklık ve hava basıncına bağlıdır. Nitekim, belli bir sıcaklıkta belli hacimdeki bir sıvıda denge koşullarında çözünmüş gazların miktarı, bu gazların kısmi basınçlarıyla orantılıdır.



Sütte özellikle dağılmış halde (disperse) bulunan hava çeşitli teknik ve teknolojik sorunlara neden olur, örneğin:

- Sütün hacimsel miktarı doğru ölçülmez
- Pastörizasyon ve UHT ünitelerinde sütle temas eden sıcak yüzeylerde “kabuk oluşumu” bağlamında ısı transferi olumsuz etkilenir, verim düşer.
- Seperatörlerde krema ayırma verimi azalır.
- Otomatik standardizasyon aygıtlarında sağlıklı sonuç elde edilemez.
- Fermente süt ürünlerinin stabilitesi azalır (serum ayrılması).
- Kremada bulunan hava miktarına bağlı olarak; üretim hattında, yağ standardizasyonunda tam sonuç alınamaz, krema ısıtıcılarda “kabuk oluşumu” sorunu ortaya çıkar ve yayıklama işleminde tereyağı randımanı düşer ve serbest yağ ambalajın üst kısmına yapışır.

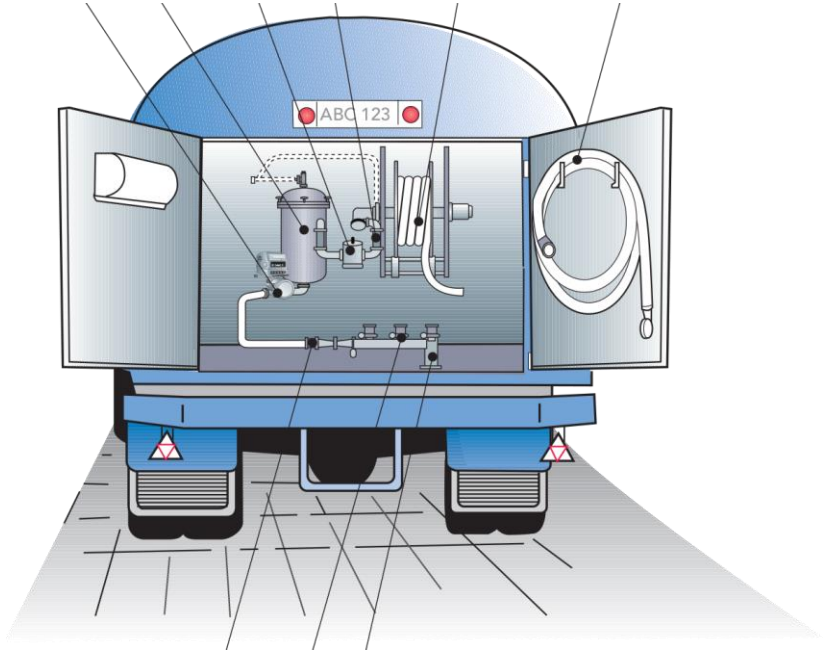


Sütte bulunan havanın oluşturduğu bütün bu olumsuzlukları önlemenin yolu, havanın önceden uzaklaştırılmasıdır.
Havanın uzaklaştırılması işlemine deaerasyon denir ve bu işlem deaeratör denen aygıtlarla gerçekleştirilir.
Sütün deaerasyonun da; “hava ayırıcılar ile deaerasyon” ve “vakum altında deaerasyon” olmak üzere başlıca iki yöntem uygulanmaktadır.

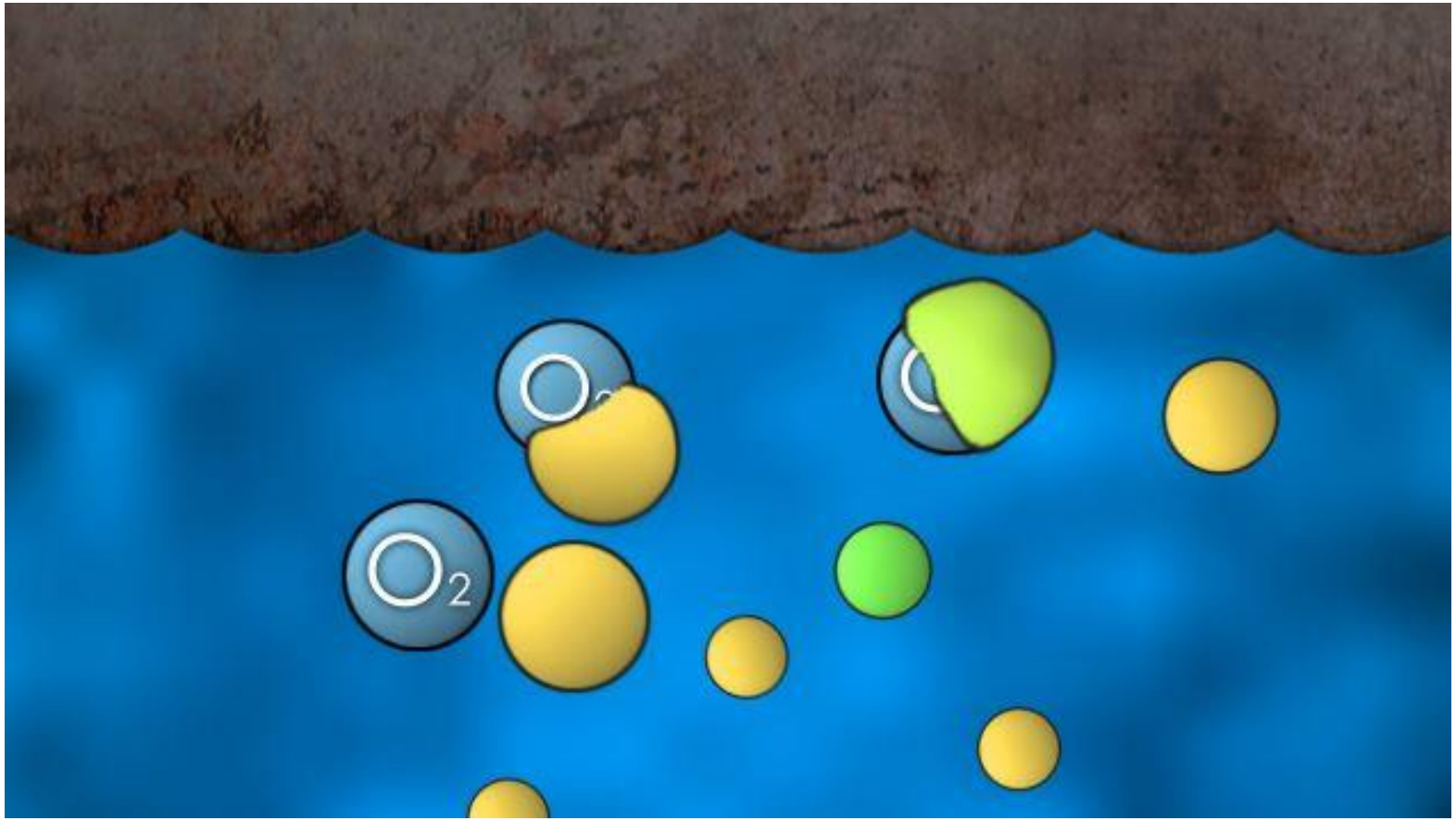


Hava Ayırıcılar İle Deaerasyon: Hava ayırıcı sistemler, süt tankerlerine monte edilirler ve sütün tankerlere doldurulması sırasında miktarın hatasız ölçülebilmesi için ölçüm işlemi öncesinde kullanılırlar.
Ancak süt fabrikaya taşınırken özellikle sarsıntının etkisiyle dağılmış (dispers) hava miktarı tekrar artar.
Tankerle getirilen sütün miktarı süt sayacından geçirilerek hacimsel olarak belirlenecekse, yanlış ölçüm yapılmaması için alım ünitesinde sayaçtan önce bir hava alma cihazından geçirilir. Bu sırada süt tankere göre daha düşük düzeyde konumlandırılan hava ayırıcının silindirik kabına pompalanmaz, kendi ağırlığı ile akar. Sistem manuel veya otomatik çalıştırılabilir.

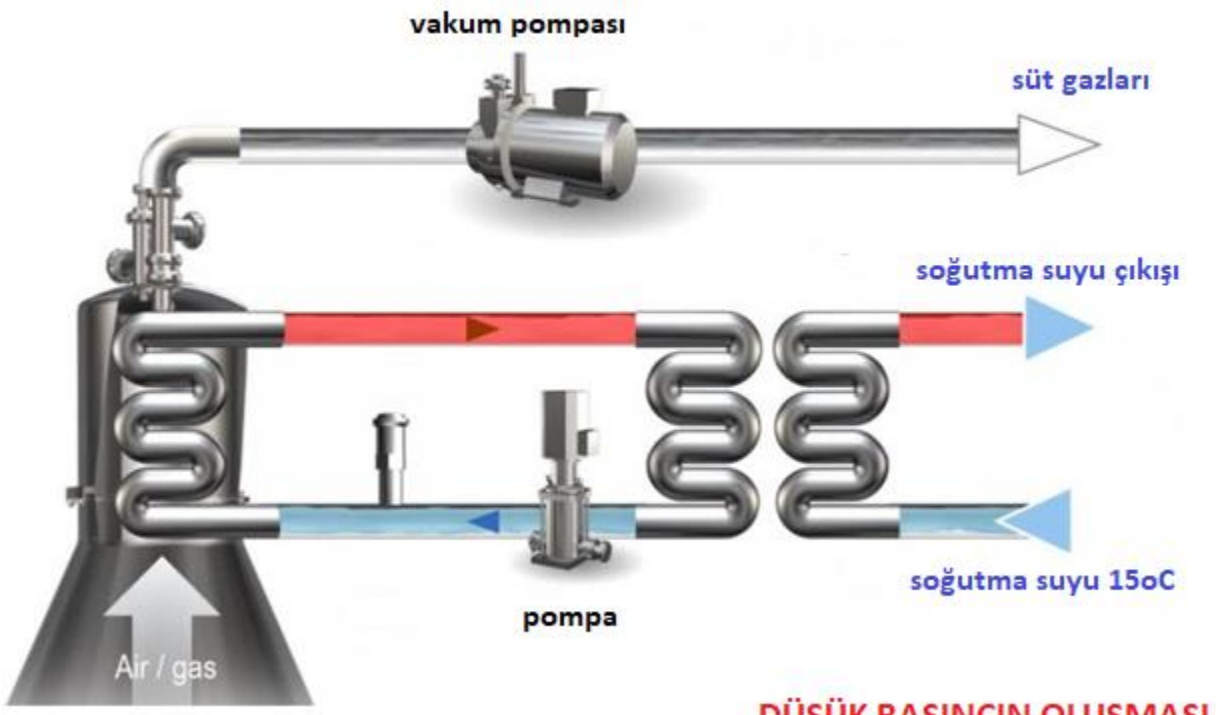




Vakum Altında Deaerasyon: Sütte çözünmüş ve dağılmış halde bulunan havanın uzaklaştırılmasında daha çok vakum altında deaerasyon yöntemi uygulanır. Bu yöntemle deaerasyonda, sütün sıcaklığı, viskozitesi, uygulanan vakum yüzeyi ve çıkarılacak hava miktarı etkili faktörler olmasına rağmen; vakum deaeratör sütteki havayı en homojen bir biçimde dağılmış yada çok iyi çözünmüş olsa da tamamen alabilmektedir.

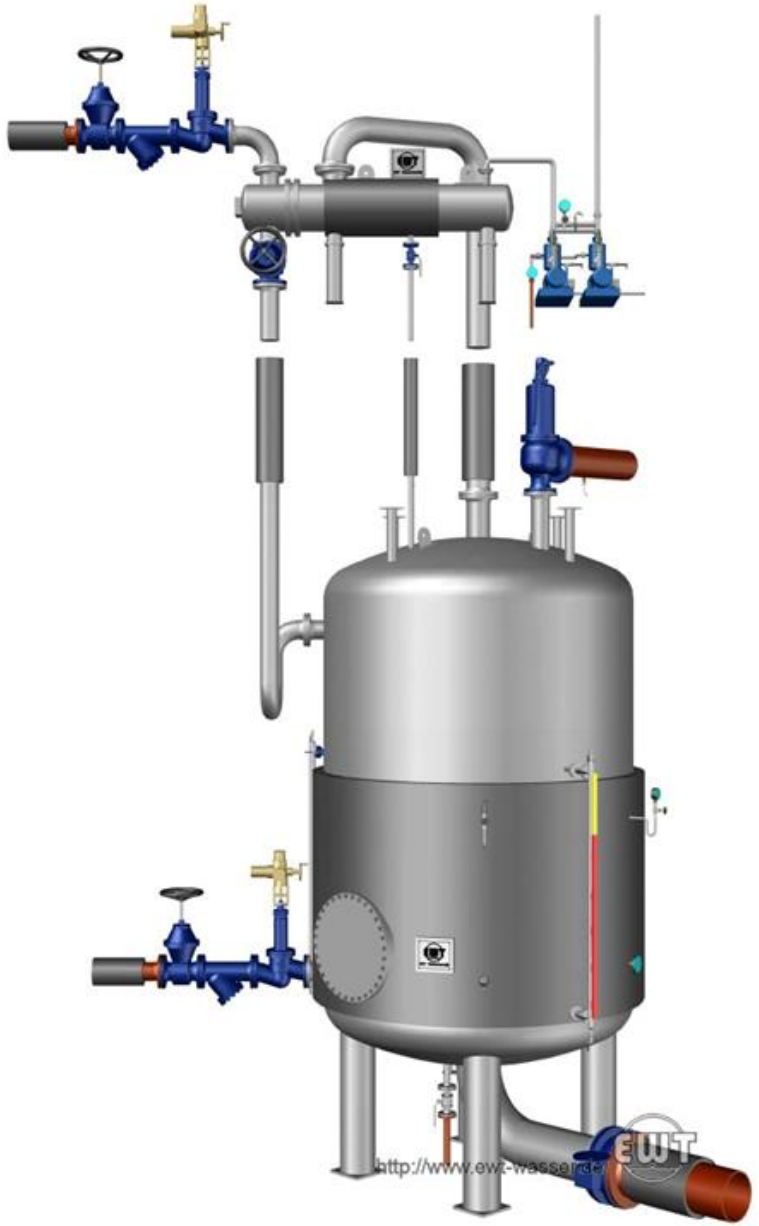


Deaerasyon üzerine en etkili faktör kuşkusuz deaeratördeki düşük basınçtır. Basınç ne kadar düşükse yani vakum ne kadar yüksekse, hava kabarcıklarının sıvıdan uzaklaşması o kadar kolaylaşmaktadır. Aynı şekilde hava kabarcığı yüzeye ne kadar yakınsa, sıvıdan o kadar kolay kurtulmaktadır. Bu nedenle deaerasyon uygulanacak sütün deaeratörde ince bir süt filmi haline getirilmesi gerekir.



DÜŞÜK BASINCIN OLUŞMASI

Bir vakum deaeratör sistemi; paslanmaz çelikten yapılmış ve vakum hücresi adı verilen kapalı bir vakum tankı, vakum oluşturan bir vakum pompası ile bir kondensörden oluşur.





1. Dahili yoğunlaştırıcı
2. Yatay süt girişi
3. Seviye kontrollü süt çıkışı

Ön ısıtma uygulanmış olan süt, vakum pompası yardımı ile basıncı atmosferik basıncın altında belirli bir düzeye düşürülmüş olan vakum hücresine gönderilir.

Vakum düzeyi, ön ısıtma sıcaklığının yaklaşık 7-8°C altındaki kaynama noktasına eşdeğer bir
düzeye ayarlanır.

Örneğin, ön ısıtma ile 68°C'de hücreye giren sütün sıcaklığı genleşme soğumayla aniden 68-8=60°C'ye düşer.

Basınçtaki azalma sütün normal kaynama derecesinin altındaki bir sıcaklıkta aniden
kaynattığından, çözünmüş halde bulunan hava üründen kolaylıkla uzaklaşır ve aynı zamanda
sıcaklık farkına bağlı olarak bir miktarda su buharlaşır.

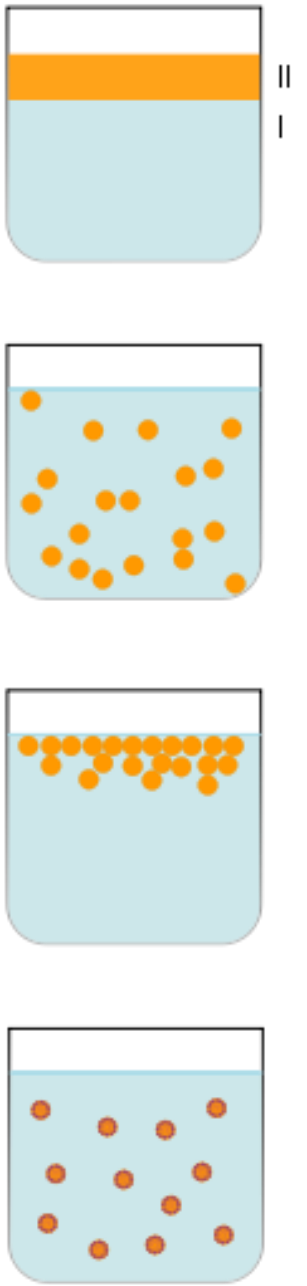
Oluşan brüde (sütten buharlaşarak ayrılan su) vakum hücresinin üst bölümünde bulunan su
soğutmalı spiral kondansatörden geçirilerek tekrar yoğuşturulur ve damlalar halinde süte geri verilir.

Hava ve yoğuşamayan gazlar (bazı kötü kokular) vakum pompası ile sistemden emilir.

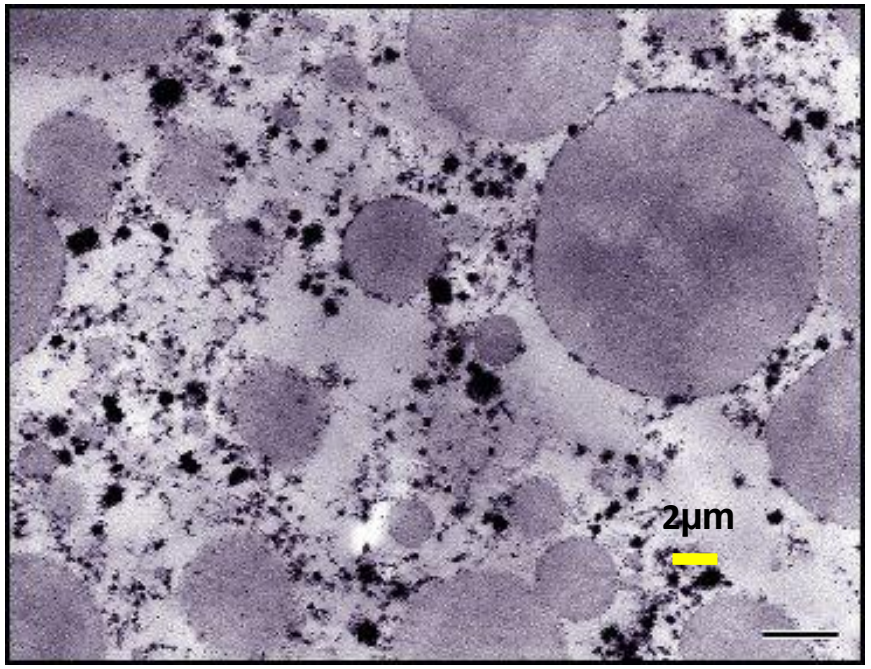
SÜTÜN HOMOJENİZASYONU

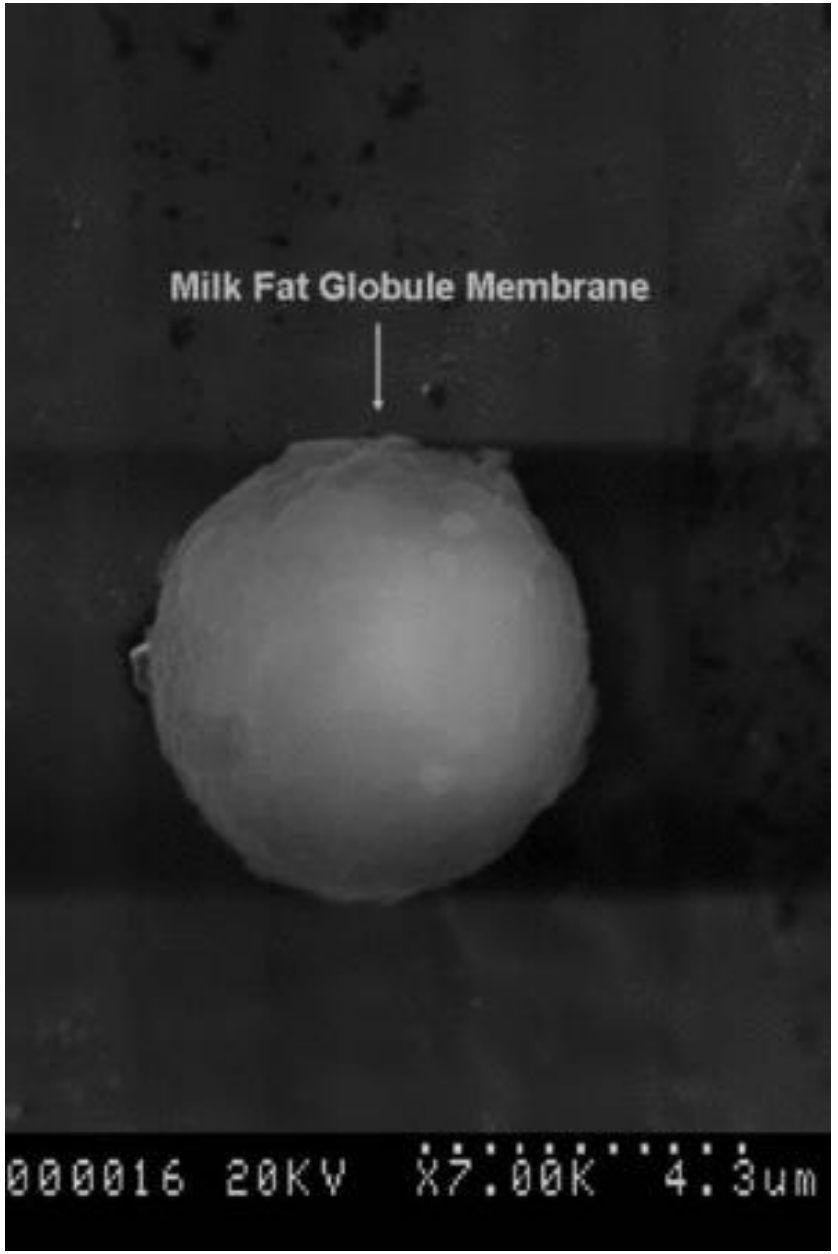


Sıvı faz içerisinde emülsiyon halde dağılmış bulunan parçacıkların çaplarını küçülterek ortamın emülsiyonunu stabil hale getirmek, diğer bir anlatımla emülsiyon fazındaki parçacıkların sıvı faz içerisindeki doğal sedimantasyonunu (hareketini) durdurmak veya yavaşlatmak amacıyla yapılan mekaniksel işleme homojenizasyon denir.

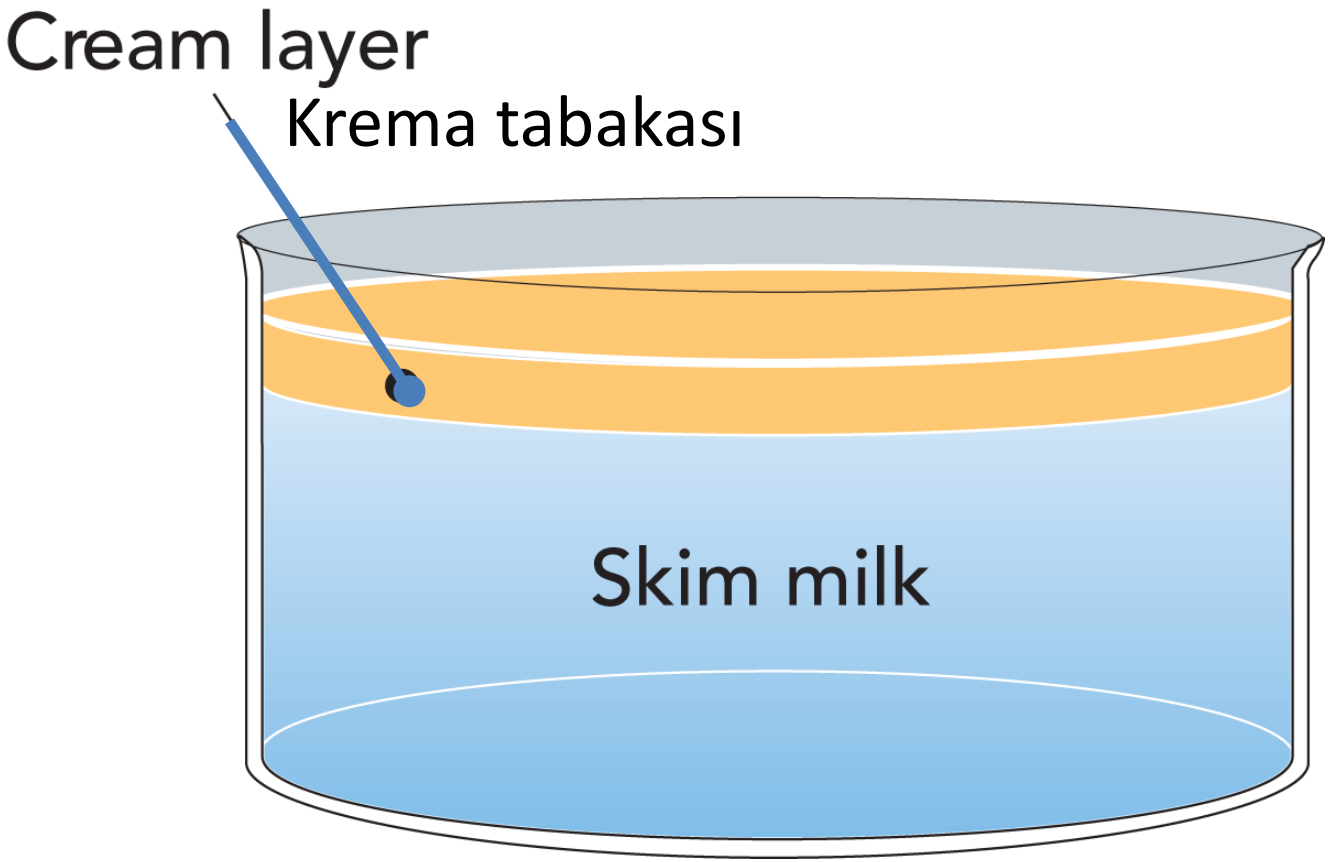


Süt teknolojisinde homojenizasyon işleminde amaç, büyük yağ taneciklerinin parçalanmasını sağlamak ve ortalama 3-4µm olan yağ kürecikleri çapını 0,5…1µm'ye getirmektir. Kuşkusuz homojenizasyonun; rengin beyazlatılması, viskozitenin arttırılması, tadın iyileştirilmesi gibi diğer amaçları da vardır.

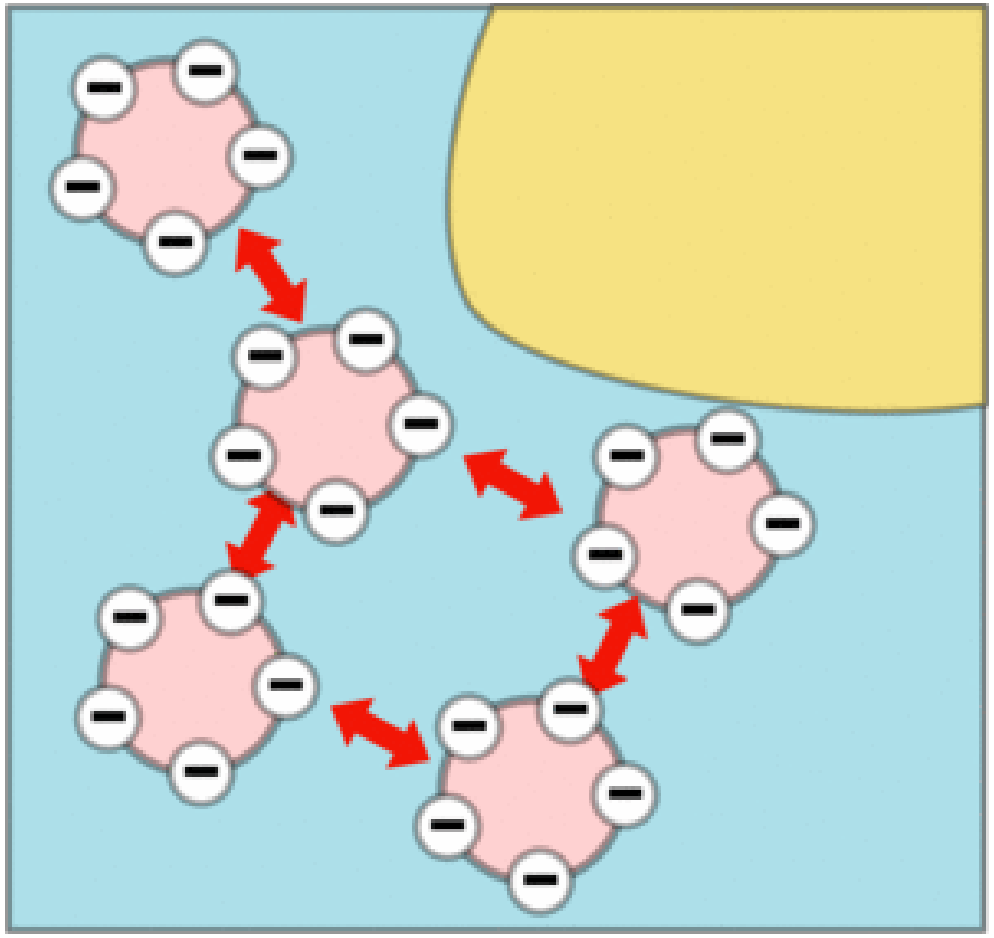




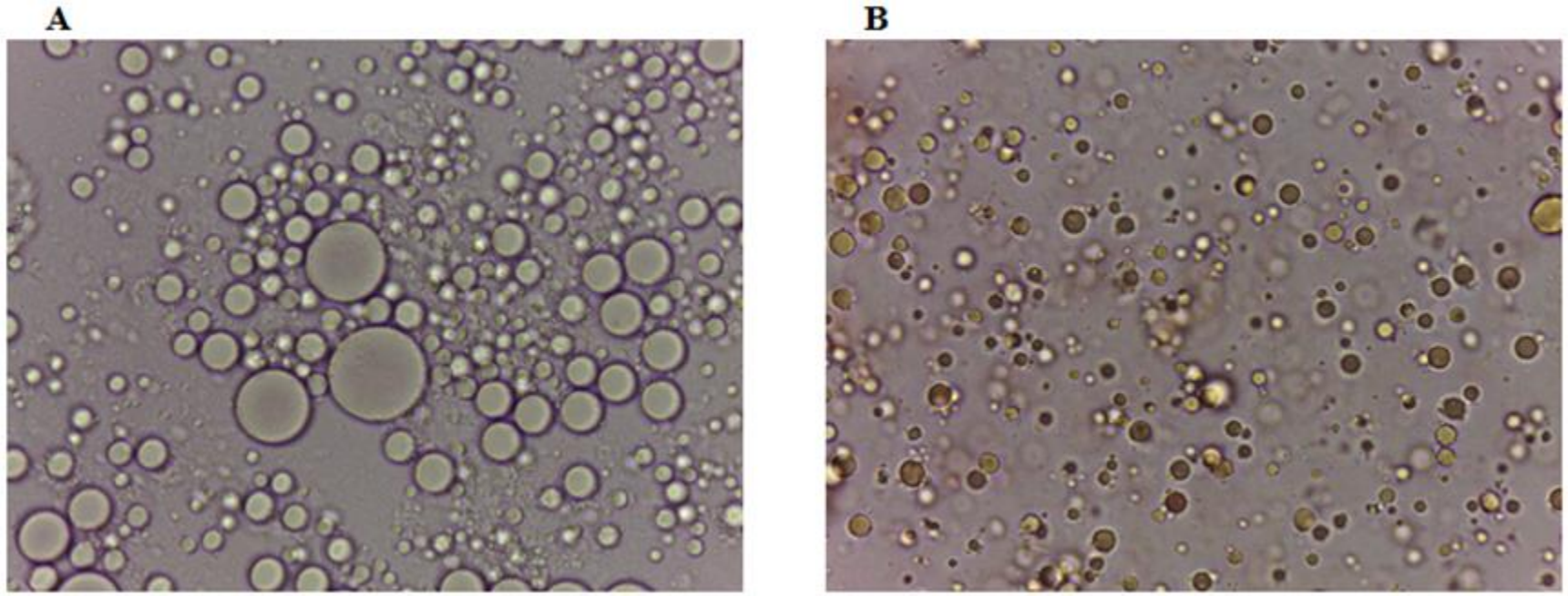
Asıl amaç, yukarıda da vurgulandığı üzere, yoğunluğu akışkan fazdan daha az olan ve doğal olarak yüzeyde toplanma eğiliminde bulunan yağ taneciklerinin çaplarını küçülterek hareketlerini durdurmak veya çok yavaşlatmaktır. Nitekim homojenizasyon öncesi çapı 3µm olan bir yağ taneciğinin doğal sedimantasyon hızı yaklaşık 0,6 mm/sn iken; homojenize edilmiş içme sütündeki yağ tanecikleri ortalama çaplarının 1µm olması durumunda bu taneciklerin doğal sedimantasyon hızları 0,07 mm/sn kadar olmaktadır.



Bilindiği gibi, sütteki yağ taneciklerinin etrafında protein-fosfolipid kompleksinden oluşan ve emülsiyonu sağlayan bir zar (membran) vardır. Bu zar ve yağ taneciklerinin elektriksel yükleri taneciklerin bir araya gelmesine engel olur.



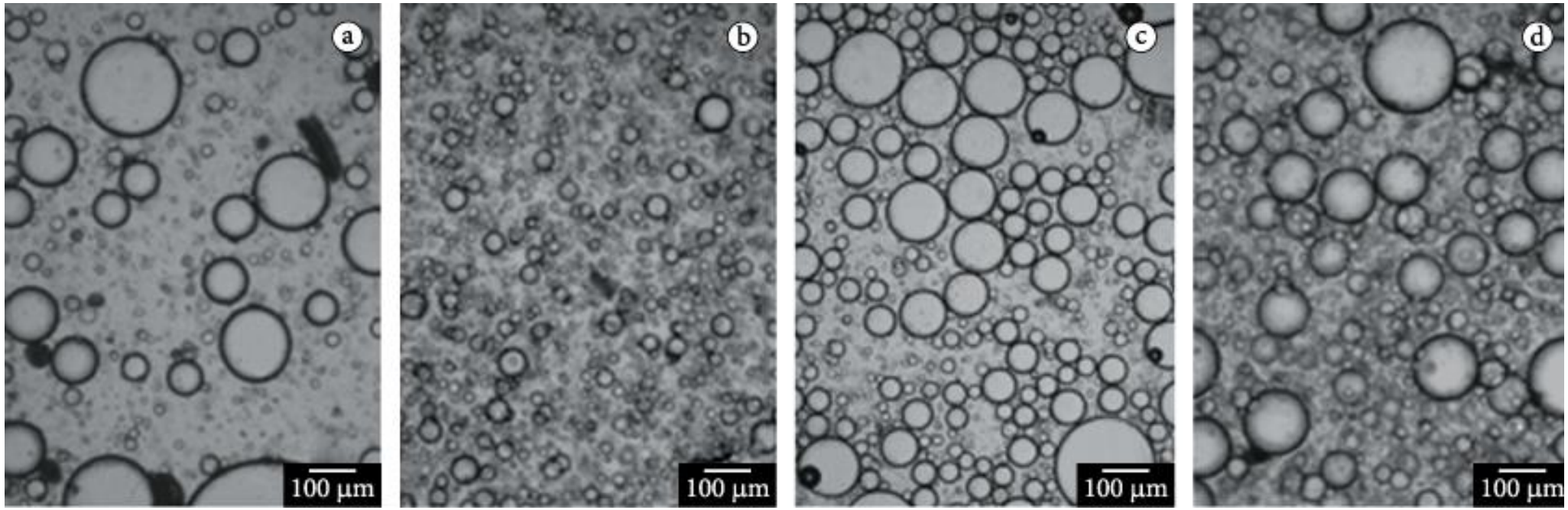
Ancak süt homojenize edildiğinde bu zar parçalanır ve ortamdaki yağ tanecikleri sayısı yaklaşık 1000 kat ve bununla bağlantılı olarak da yağ tanecikleri ile süt serumunun birbirine temas ettikleri alan 8-10 kat artar.



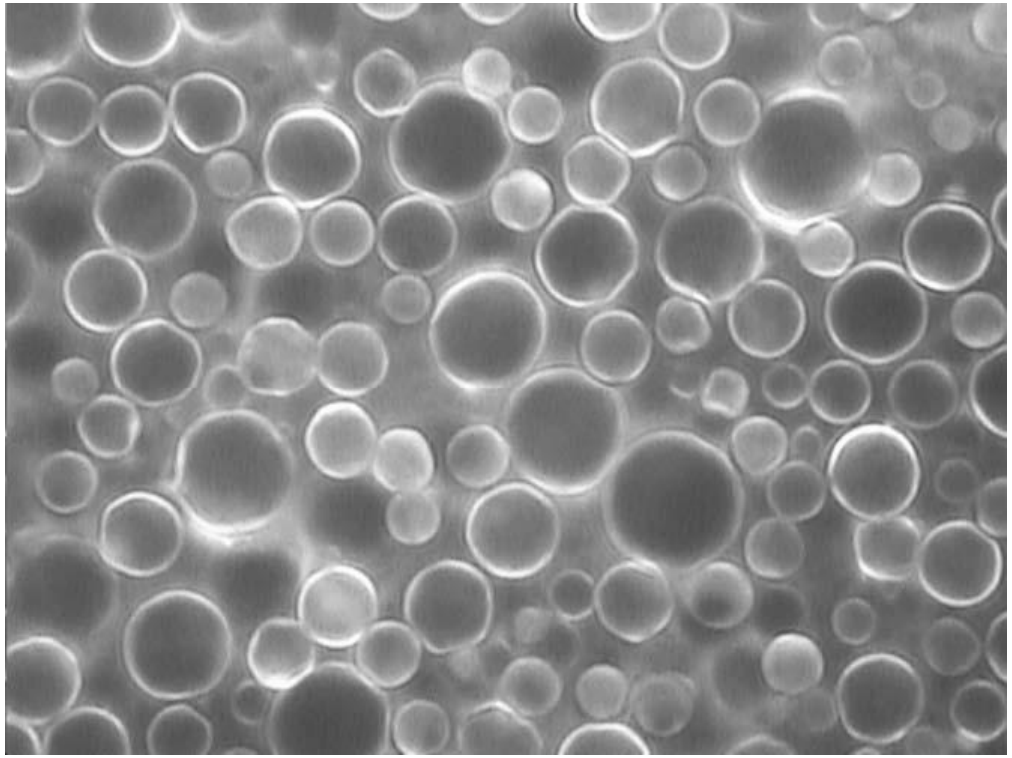
Homojenizasyon öncesi yağ globülleri

Homojenizasyon sonrası yağ globülleri

Yeni oluşan yağ küreciklerinin etrafında henüz zar olmadığından kısa süreliğine de olsa korunmasızdırlar.
Eskisine kıyasla aralarındaki uzaklıkları azalmış olan yeni yağ tanecikleri birbirlerine çarparak kümeler halinde birleşirler. Eğer homojenize sütün yağ oranı yüksekse, yağ tanecikleri arasındaki mesafe çok az olduğundan, yeni taneciklerin çevresinde zar oluşumu tamamlanıncaya kadar geçen süre içerisinde tanecikler kümeleşirler.
Ancak homojenize sütün yağ oranı düşükse tanecikler arasındaki mesafeler daha fazla olduğundan kümeleşme süresi uzar ve bu arada yeni yağ tanecikleri çevresinde zar oluşumu tamamlandığından birleşme gerçekleşmez.



Homojenizasyon işleminde amaçlanan yağ tanecikleri çapı, sütün kullanım amacına bağlıdır. Nitekim pastörize içme sütünde söz konusu çapın 1…1,5µm olması, birkaç günlük depolama süresince sütün kaymak bağlamasını önleme açısından yeterlidir.
Ama uzun ömürlü sütlerde çapın 0,2…0,7µm olması gerekir.



Yağın kaymak bağlamasının hangi düzeyde önlenebildiğini belirleyebilmek, yani homojenizasyon işleminin yeterli bir şekilde yapılıp yapılmadığını kontrol etmek için, homojenizasyon etkinliği veya homojenizasyon derecesi testi yapılır.

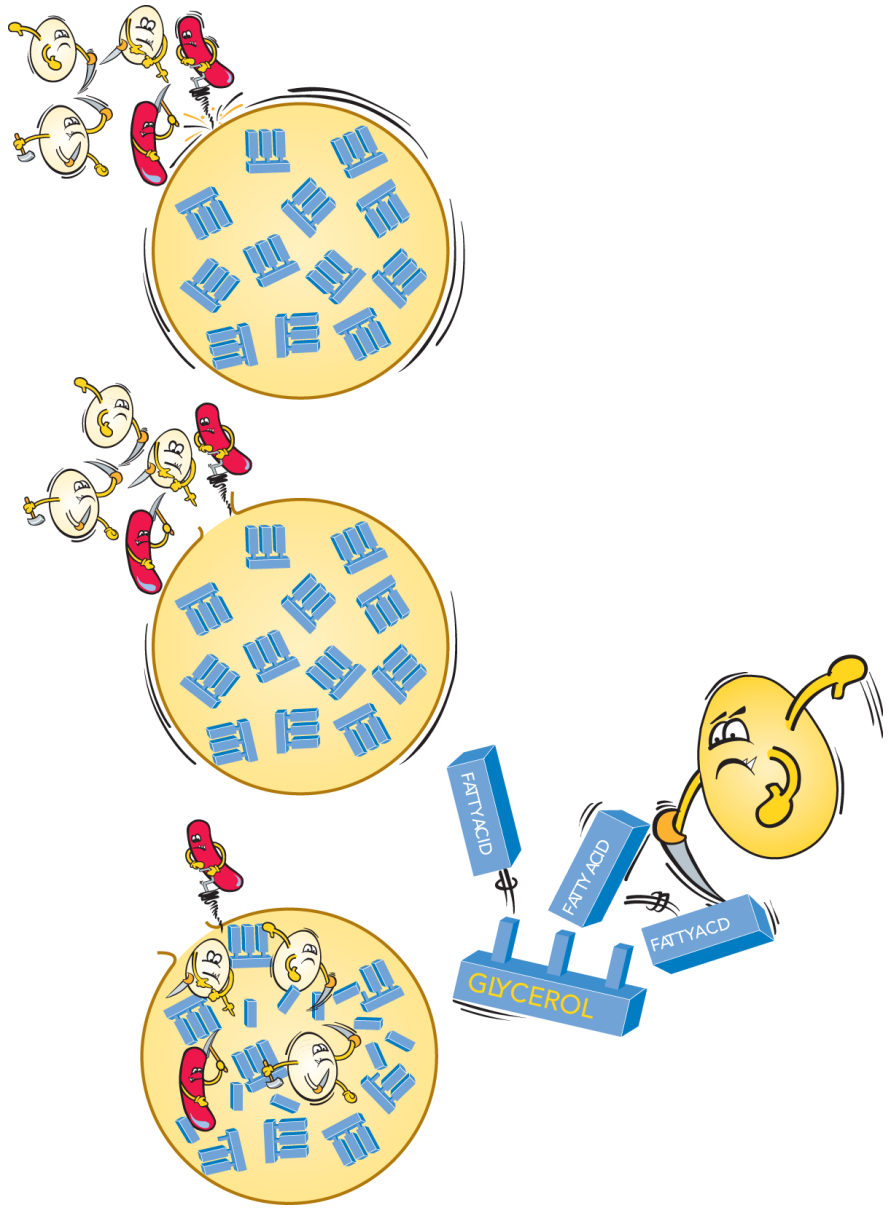
Homojenizasyon İşleminin Yararları

- Yağ taneciklerinin toplam yüzey alanı artar, taneciklerin homojen dağılımı sağlanır, böylece yağın yüzeyde toplanması önlenir veya güçleştirilir.
- Işığı yansıtma yeteneği artar, sütün rengi daha beyaz algılanır.
- Sütün viskozitesi artar.
- Yağın yüzey alanı arttığı için süt daha dolgun ve lezzetli algılanır.
- Aynı nedenle süt yağı daha iyi sindirilir.
- Peynir yapımında peynir suyuna geçen yağ miktarı azalır; yağ peynir telemesinde daha homojen dağılır; peynirden yağ sızması önlenir; özel küf kültürleri ile üretilen peynirlerde yağın biyokimyasal parçalanması kolaylaşır.
- Yoğurt ve benzeri fermente ürünlerde yapı, tat ve jel stabilitesi iyileşir; ürün daha az su salar.



Homojenizasyonun Olumsuz Etkileri

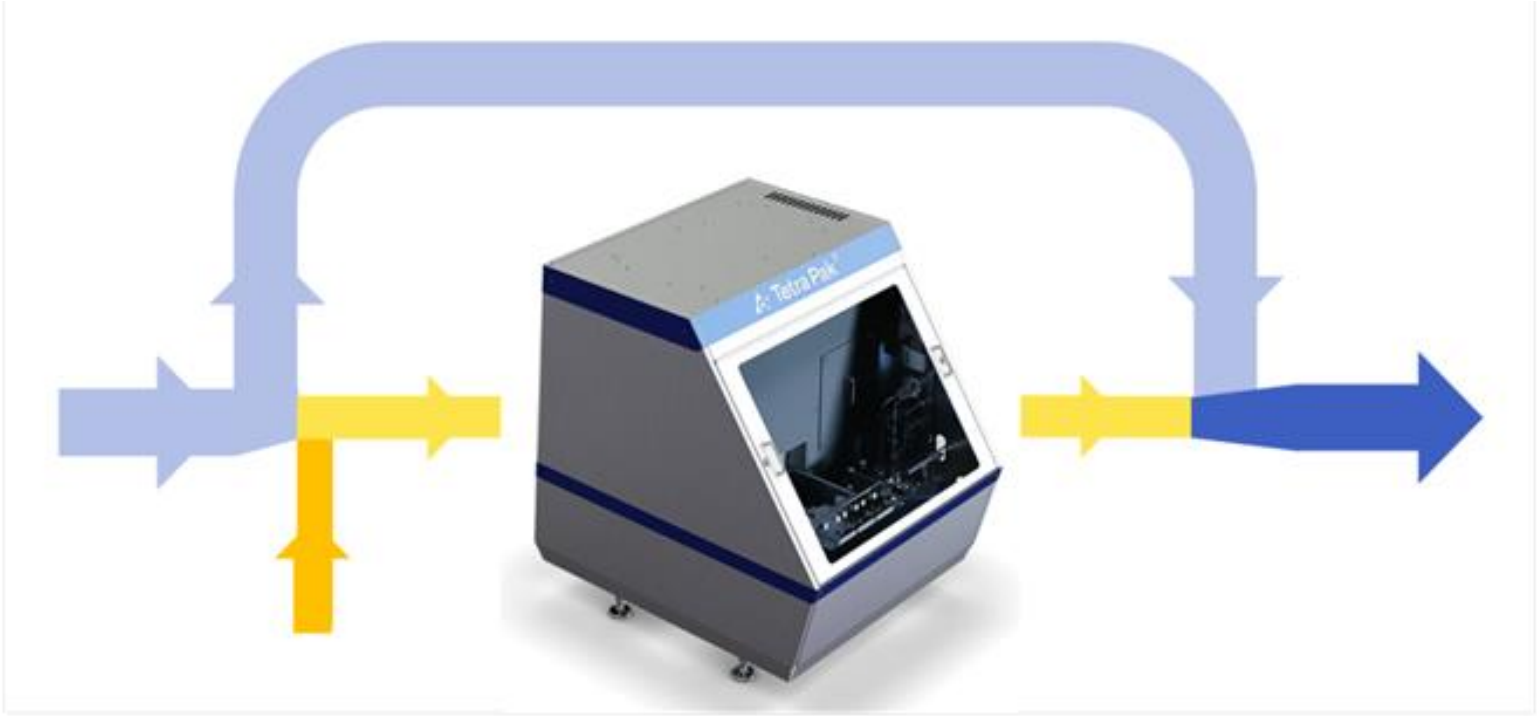
- Temas yüzeyi arttığı için, lipolitik değişikliklere neden olan mikrobiyal lipaz enzimlerinin etkisi daha da belirginleşir.
- Işık etkisine karşı duyarlılığı artar ve ransit, sabunumsu veya oksidasyon tadı gibi çeşitli tat kusurları ortaya çıkabilir.
- Mikrobiyal kontaminasyonlar için daha geniş bir yüzey alanı oluşur.
- Proteinlerin ısıl stabilitesi azalır; bu nedenle UHT süt üretiminde homojenizasyon işlemi sterilizasyondan sonra yapılır.
- Sütün peynir mayası ile pıhtılaşma süresi biraz kısalır ama peynir suyunun ayrılması belirgin ölçüde olumsuz etkilenir ve yumuşak pıhtı elde edilir.



Homojenizasyon Yöntemleri

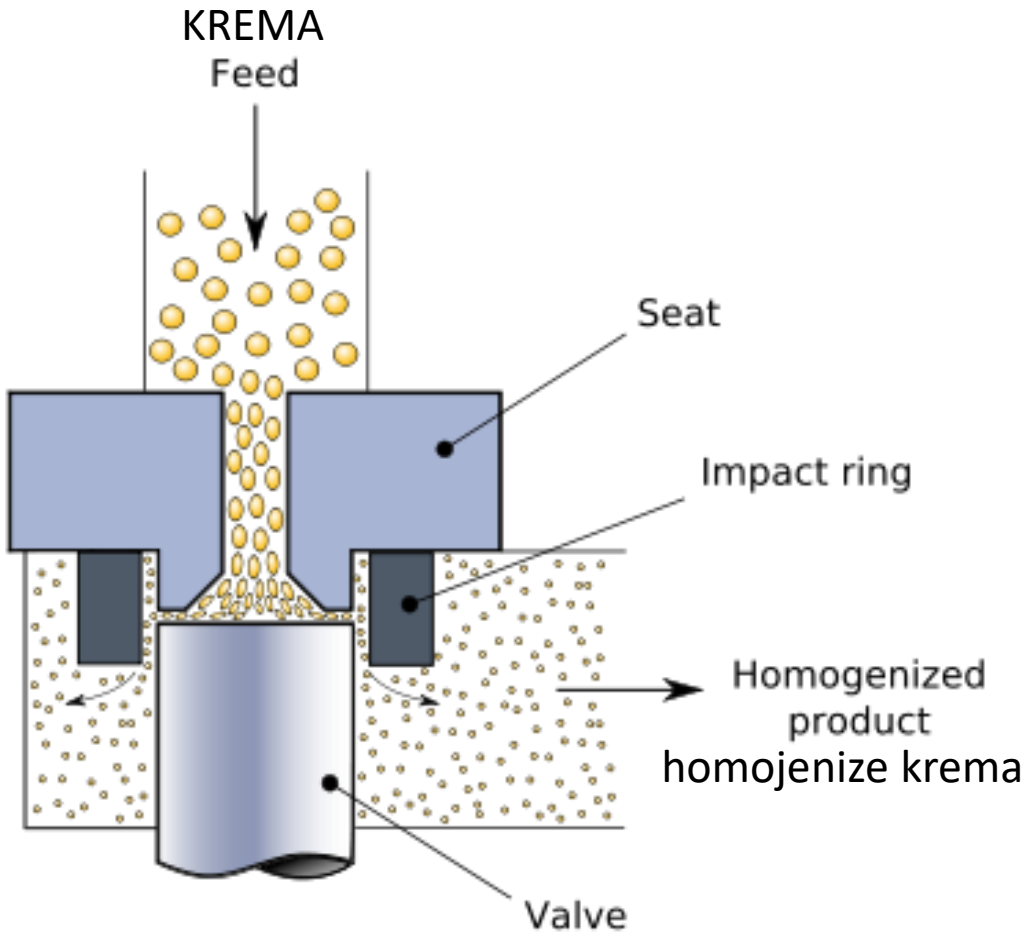
Tam Homojenizasyon:

Sütün tamamı homojenizatörden geçirilir. Bu yöntem, fazla zaman ve enerjiye gereksinim gösterdiği için işletmeler tarafından pek tercih edilmez.



Kremanın Homojenizasyonu:

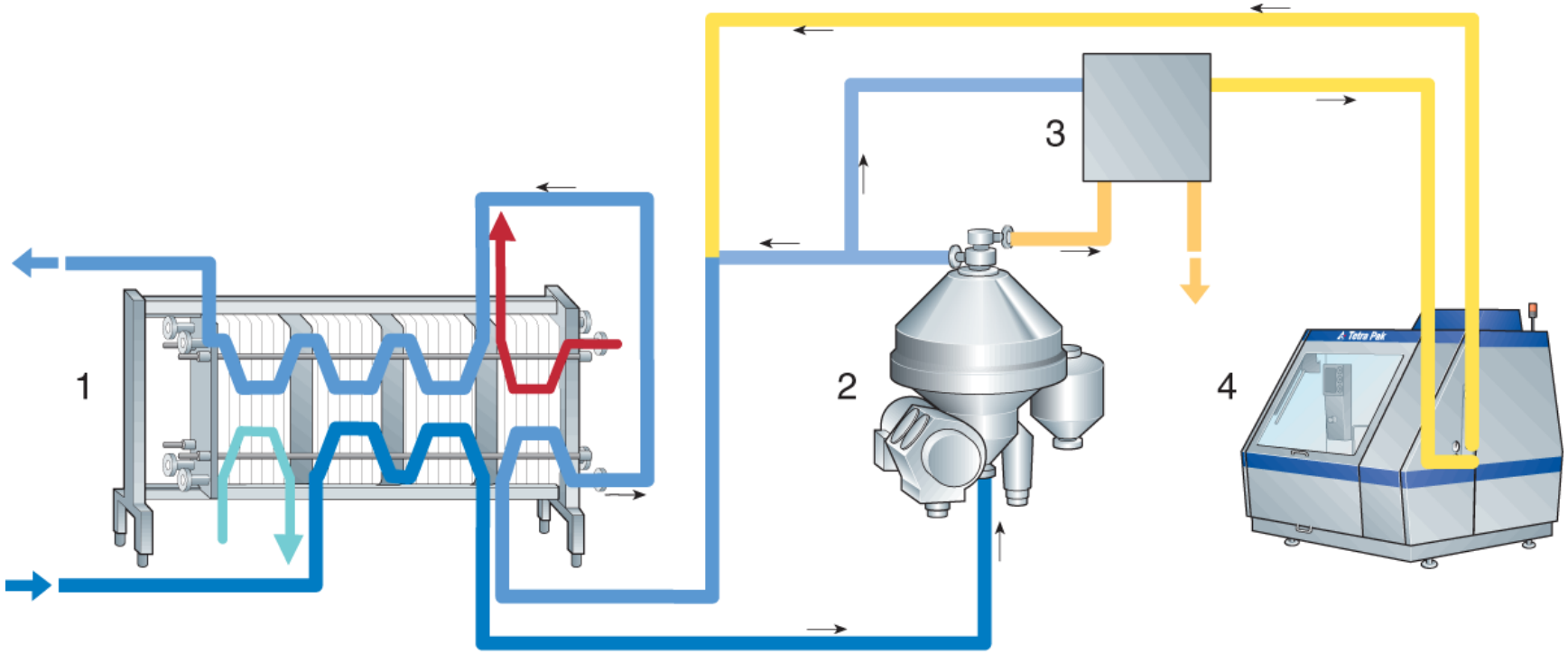
Sadece sütten kazanılan kremanın tamamı homojenize edilir ve ardından tekrar yağsız süte karıştırılır.



Kısmi Homojenizasyon:

Önce sütün kreması ayrılır ve kremanın yağ oranı %12-20 olacak şekilde yağsız sütle karıştırılır veya separatör ayarlanarak ya oranı 13-20 arasında olacak şekilde krema ayırma işlemi yapılır.
Bu durumda homojenizatörden geçirilecek süt miktarı, toplam süt miktarının %20-27'si kadar olur.
Homojenizatörden bu krema geçirilir. Homojenizasyon sıcaklığı 50-70^{o}C ve homojenizasyon basıncı tek kademeli olarak 150 bar veya iki kademeli olarak ilk homojenizasyonda 150 bar ve ikinci homojenizasyon aşamasında 30 bar kadardır.
Süt işletmelerinin çoğu kısmi homojenizasyonu tercih ederler. Bunun nedeni, enerji giderleri yüksek olan homojenizasyon işleminden ekonomi sağlamaktır. Ayrıca makine bedeli daha düşüktür.





%4 yağlı çiğ süt — Raw milk, 4 % fat
%35 yağlı krema — Cream, 35 % fat
%0,05 yağlı yağsız süt — Skim milk, 0,05 % fat
%18 yağlı krema — Cream, 18 % fat
Standardised milk, 3,5 % fat — %3,5 yağlı standardize süt
Cooling media — soğutucu materyal
Heating media — Isıtıcı materyal

Homojenizasyonu Etkileyen Faktörler

Homojenizasyon Sıcaklığı:

Homojenizasyon sıcaklığı yağ taneciklerinin birleşmesini etkilediği için büyük önem taşır. Sıcaklık arttıkça birleşme azalır; bu nedenle homojenizasyon sıcaklığının 50^{o}C'den aşağı olmasına izin verilmez. Süt için en uygun homojenizasyon sıcaklığı 65^{o}C'dir.



Homojenizasyon Basıncı:

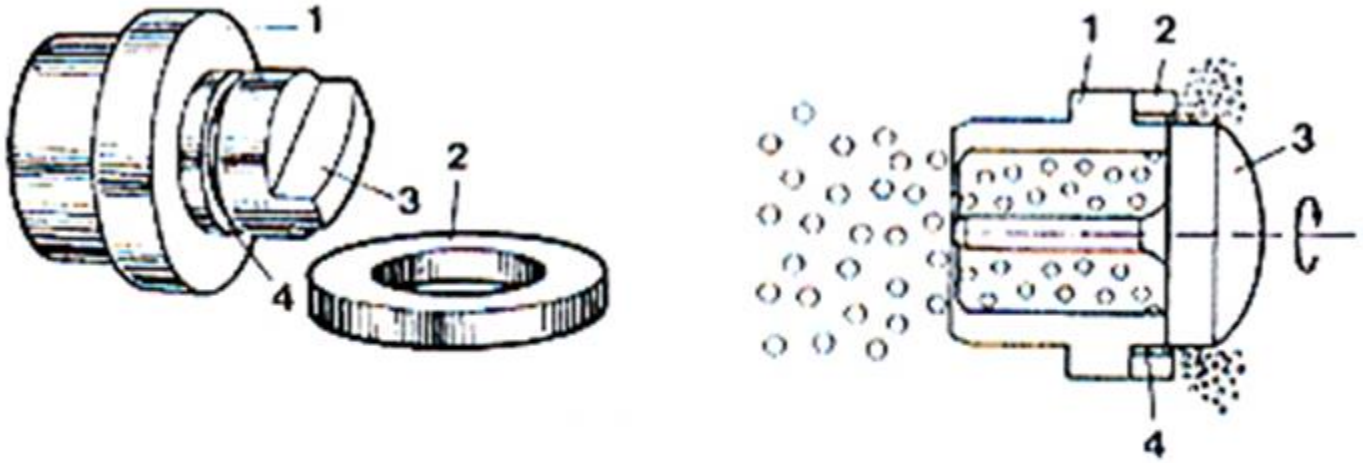
Homojenizasyon basıncının da birleşmeye etkisi vardır.
Basınç arttıkça parçalanma sonucu oluşan yeni yağ taneciklerinin çapları küçülür.
Süt için uygulanan homojenizasyon basıncı 100-200 bar arasında değişir.
Homojenizasyon sırasında uygulanan basıncın bir kısmı ısı enerjisine dönüştüğünden, sütün sıcaklığında artış görülür.
Bu nedenle sıcaklık artış miktarı hesaplanarak uygulanacak basıncın saptanmasında kullanılır.





Homojenizatör Memesinin Yapısı:

Bu da birleşmeyi etkileyen bir diğer faktördür. Düşük basınçta büyük kavitasyon etkisi yaratan meme, iyi bir homojenizasyon sağlamaktadır.



1- Dış halka
2- Homojenizasyon halkası
3- Göbek parçası
4- Yarık

SÜTÜN STANDARDİZASYONU



Sütün miktar ve bileşimini etkileyen çeşitli etmenler vardır. Bunların başlıcaları:

- Hayvanın ırkı
- Yaşı
- Kalıtım ve yetiştirme
- Mevsimler
- Sıcaklık, hava nemi ve ışık
- Laktasyon
- Meme dilimleri
- Hareket
- Sağım süresi ve sayısı
- Yem (rasyon) ve
- Mastitis hastalığı



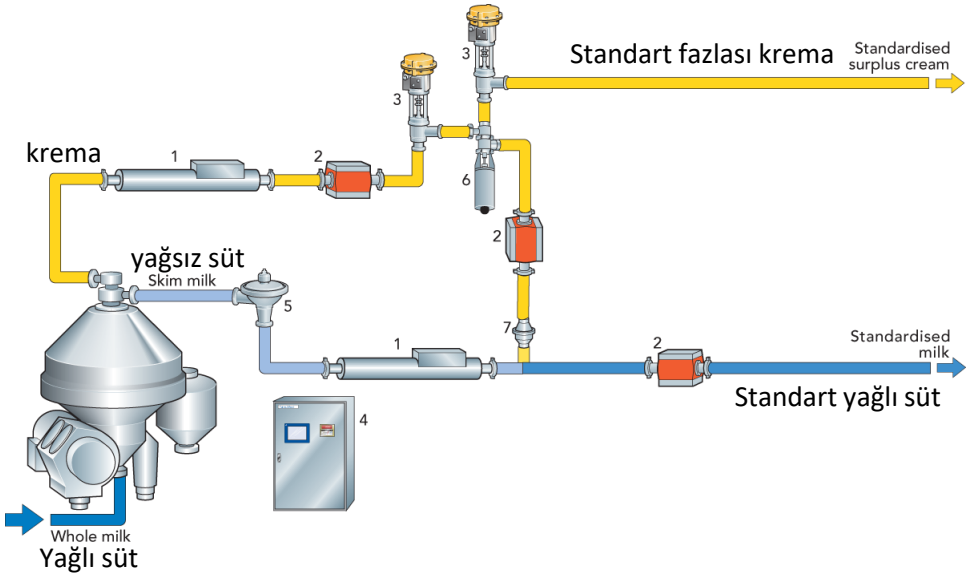
Söz konusu bu faktörlerin etkisi ile sütün protein ve özellikle de yağ miktarında değişmeler olur.
Eğer fabrikaya gelen sütler hiçbir ön işlem uygulanmaksızın süt ürünleri yapımında kullanılırsa, her bir üretim sürecinde farklı içerik ve kalitede ürün elde edilir.
O halde süt ürünlerine işlenecek sütün yağ ve kimi zamanda protein oranının standardize edilmesi, belli bir değere ayarlanması gerekir.
Bu uygulama, hem işletme verimi açısından hem de yasal kurallara uygun üretim için zorunlu bir işlemdir.



YAĞ ORANININ STANDARDİZASYONU

Süt yağı standardizasyonu, sütün yağ oranının belli bir orana ayarlanması işlemidir. Bu işlem genelde iki yolla gerçekleştirilebilir. Bunlar:

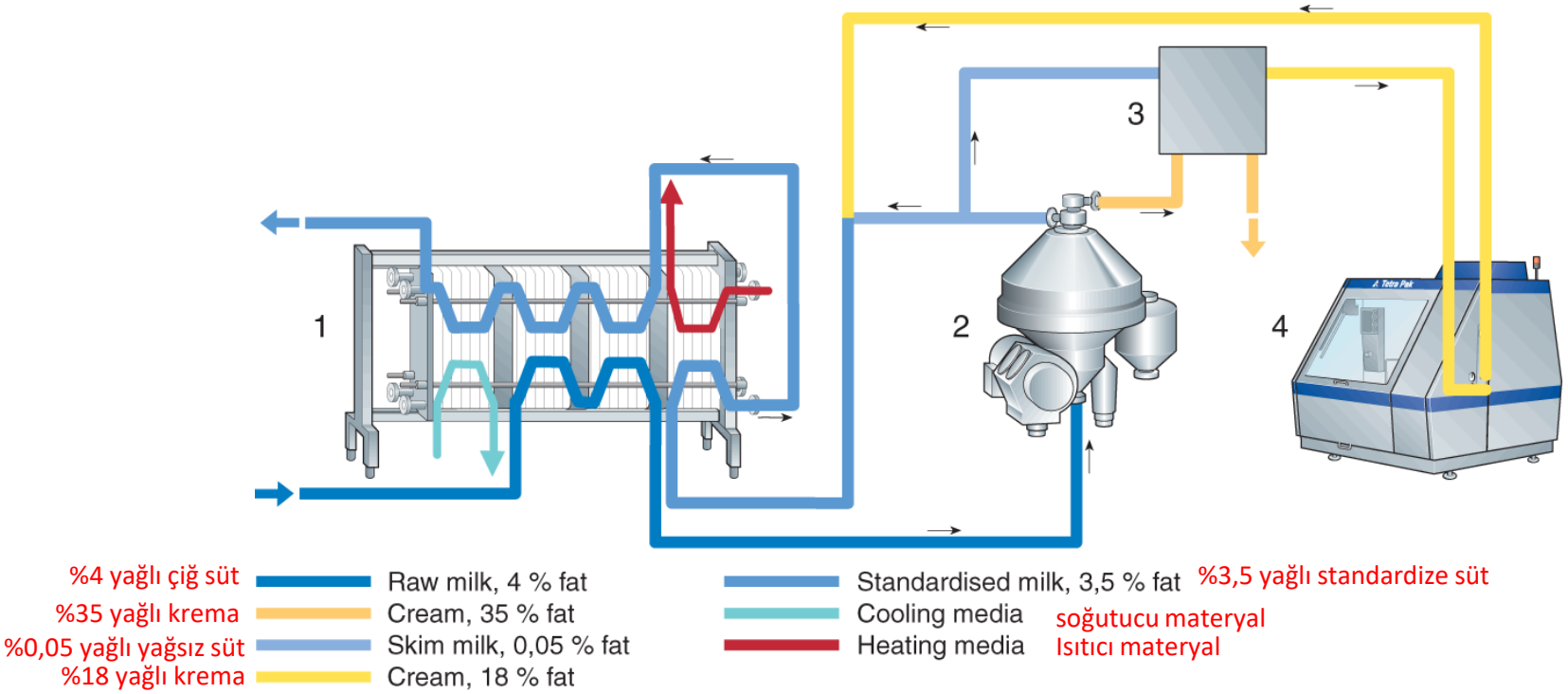
- Hesaplanan miktarda tam yağlı sütün veya kremanın yağsız sütle tanklarda karıştırılması ve
- Üretim hattında krema seperatörü yardımıyla direkt standardizasyondur.



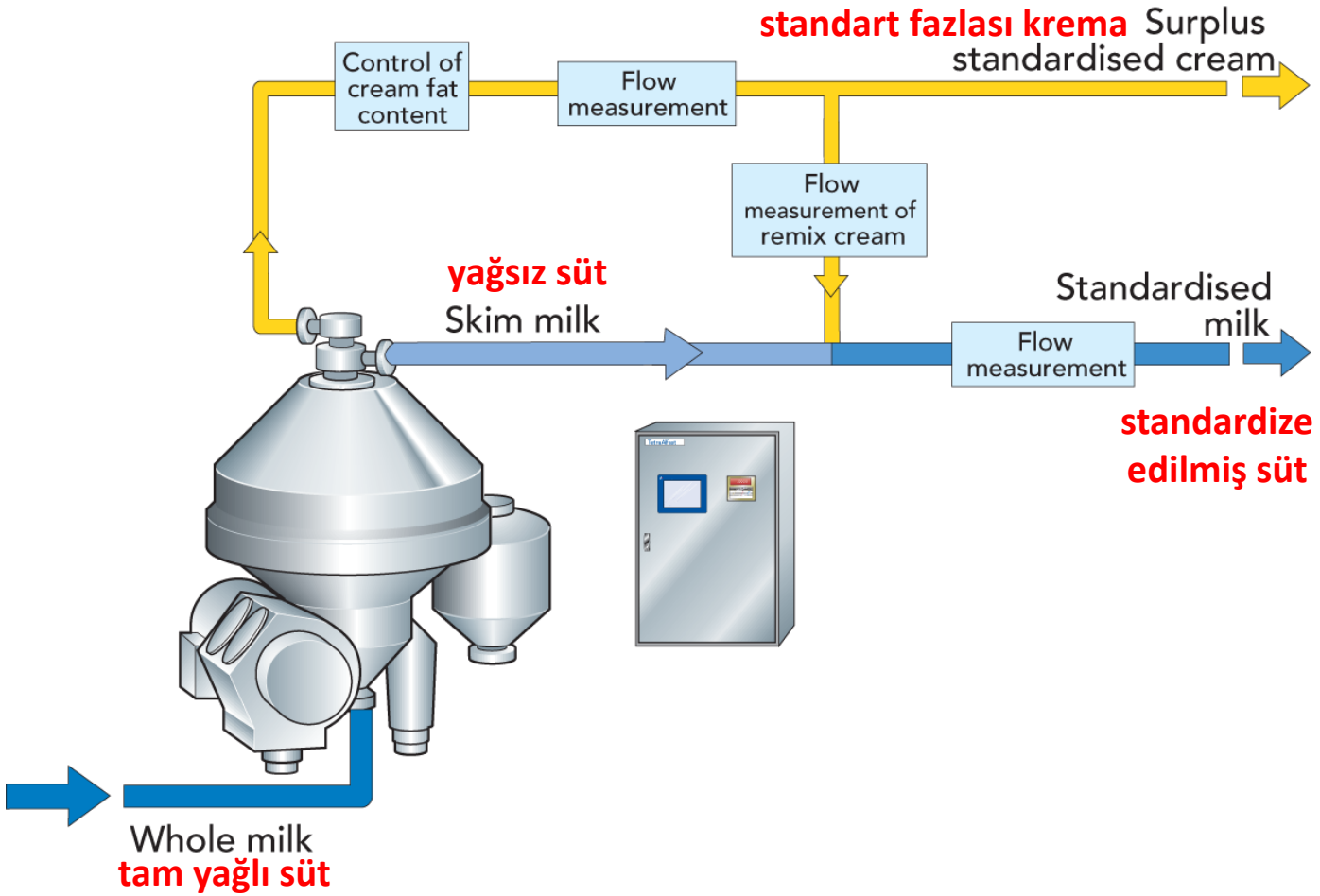
Hesaplanan miktarda tam yağlı sütün veya kremanın yağsız sütle tanklarda karıştırılması Küçük işletmelerde uygulanan bir standardizasyon yöntemi olup yukarıda da belirtildiği üzere; tam yağlı sütün veya kremanın yağsız sütle yada düşük yağ oranlı
sütle karıştırılması ilkesine göre gerçekleştirilir.
Söz konusu bu işlem ya pastörizasyondan önce yahut pastörizasyondan sonra yapılır.



Önce standardizasyon, sonra pastörizasyon yapılması istendiğinde şu yol izlenir;
çiğ sütün yağ oranı gerekli olan yağ oranından fazlaysa ve kreması ayrılmadan yağsız süt katılarak standardize edilecekse; önceden seperatörde ayrılan yağsız süt ile tam yağlı çiğ süt karıştırılarak istenen yağ oranına ayarlanır ve ardından pastörize edilir.
Eğer çiğ sütün yağ oranı istenilen değerden azsa bu kez çiğ süte krema eklenerek standardizasyon gerçekleştirilir, sonra pastörize edilir.
Homojenizasyon işlemi parsiyel yapılacaksa, kremanın çekilmesi ve homojenizasyon işleminden sonra standardizasyonun yapılması gerekir.

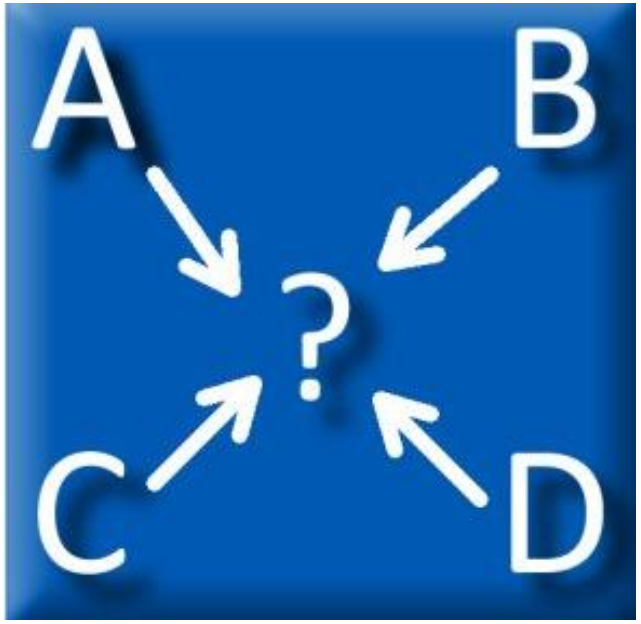


Diğer yandan önce pastörizasyon sonra standardizasyon yapılması istendiğinde ise şu yol izlenir.
Eğer çiğ sütün yağ oranı gerekli olan değerden düşük ise krema ile çiğ süt pastörize edildikten sonra karıştırılarak istenen yağ oranı sağlanır.
Çiğ sütün yağ oranı amaçlanan değerden yüksek ise bu kez pastörize edilmiş süte, pastörize edilmiş yağsız sütün eklenmesi gerekir.



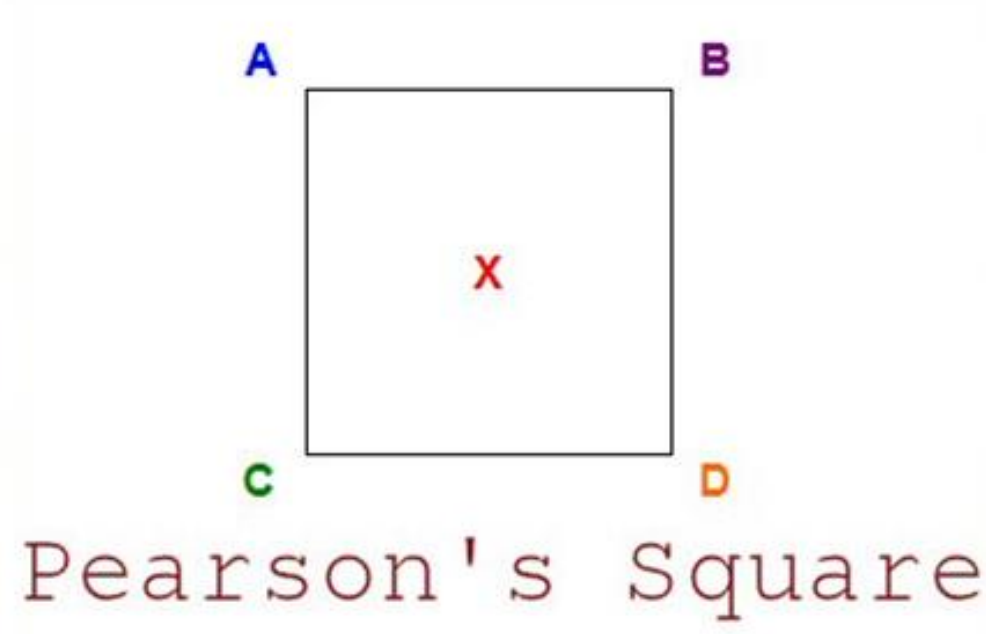
Depolama tankında yağsız sütün doğrudan krema ile standardizasyonu pek önerilmez. Çünkü soğutulmuş krema yağsız süte karıştırıldığında yağın sütte dağılımı homojen bir şekilde gerçekleşmeyebilir ve bu bağlamda yağ oranında farklılıklar ortaya çıkabilir.
Ayrıca depolama sürecinde süt yüzeyinde çoğu yağdan oluşan bir kaymak tabakası oluşabilir.
Ancak yağ oranının düzeltilmesinde çoğunlukla krema kullanılır.
Bu durumda yeterli bir karışım için kremanın yağ oranının %30'dan düşük olmasına dikkat edilmelidir.
Tam yağlı süt ile yağsız sütün hangi miktarlarda karıştırılacağının hesaplanması "Pearson Karesi Yöntemi" veya çeşitli formüllerden yararlanılarak yapılabilir.





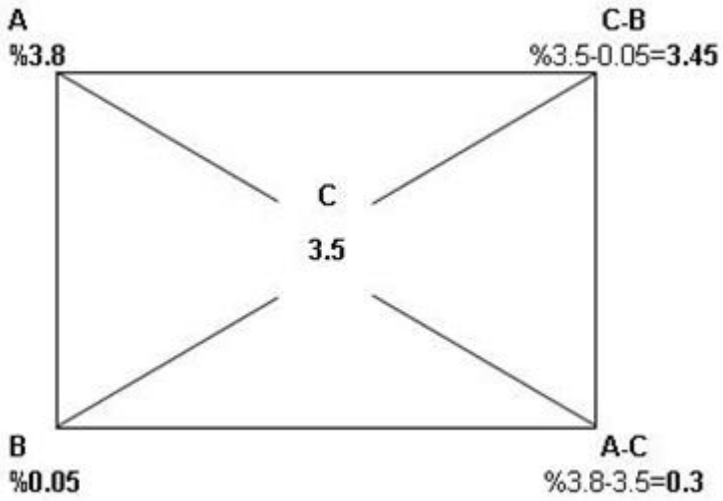
Yağ Oranları Bilinen Tam Yağlı ve Yağsız Sütün Karıştırılması İle Standardizasyon

Yaygın olarak kullanılan ve yaklaşık sonuçlar veren bu yöntem ile hesaplamada Köşegenleri ile birlikte bir dörtgen çizilir.
Köşegenlerin birleştiği yere sütte bulunması istenen yağ oranı, köşegenin sol üst köşesine yağlı sütün, sol alt köşesine ise yağsız (yağı alınmış) sütün yağ oranları yazılır. Merkeze yazılan istenilen yağ derecesi ile bu değerler birbirinden çıkarılır, farklar karşı köşelere yazılır ve karıştırılacak miktarlar basit bir orantı yardımı ile hesaplanır.





Örnek: %3.8 ve %0.05 yağlı yağsız sütlerin karışımından 50 000 litre %3.5 yağlı süt elde edilmesi istenmektedir. Karışım için gereken miktarları hesaplayınız.

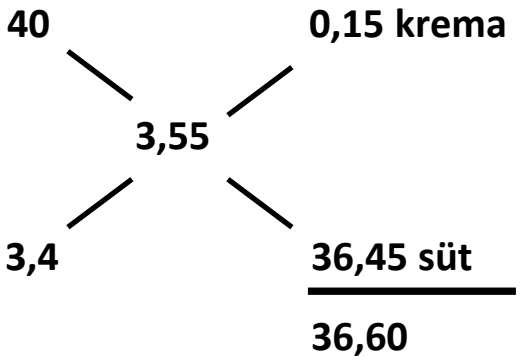


Veriler pearson karesine yerleştirildiğinde;
3.45 bölüm yağlı süt ile 0,3 bölüm yağsız sütün karıştırılması gerektiği görülür.
Şu halde %3.5 yağlı 50000 litre süt eldesi için gerekli miktarlar aşağıda belirtildiği gibi kolayca hesaplanabilir.

$$\frac{(C-B)}{(C-B)+(A-C)} \times 50000 = \frac{3,45}{3,75} \times 50000 =$$ 46000 lt %3,8 yağlı sütten

$$\frac{(A-C)}{(C-B)+(A-C)} \times 50000 = \frac{0,3}{3,75} \times 50000 =$$ 4000 lt %0,05 yağlı YAĞSIZ sütten

Örnek: Yağ oranı %3.4 olan 10 000 kg süt, %40 yağlı krema ile %3.55 yağ oranına standardize edilecektir. Gereken krema miktarını hesaplayınız.





O halde;

0,15kg / 36,45kg = X / 10000kg

X = (0,15 x 10000) / 36,45 = 41,15 kg krema kullanmak gerekir.

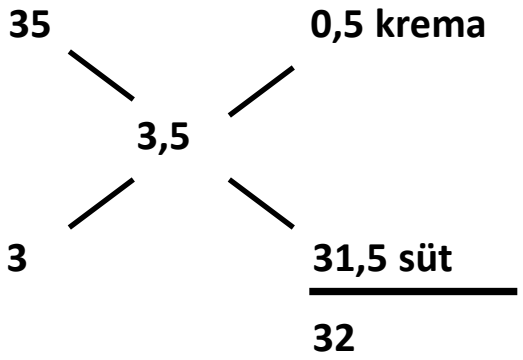
Bu çözümü aşağıdaki gibi yapmak da mümkündür.

Krema Miktarı = (10000 x (3,55 – 3,40)) / (40 – 3,5)

Krema Miktarı = (10000 x 0,15) / (36,45)

Krema Miktarı = 41,15 kg krema kullanmak gerekir.

Örnek: Yağ oranı %3 olan 40 000 kg süt, %35 yağlı krema ile %3.5 yağ oranına standardize edilecektir. Gereken krema miktarını hesaplayınız.

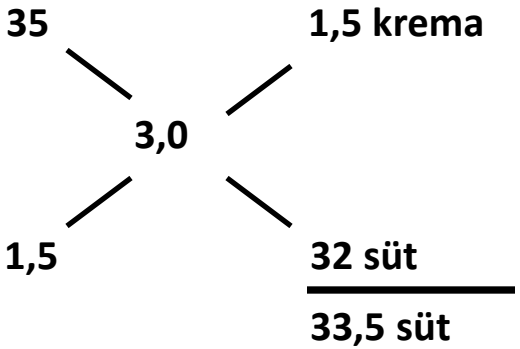




0,5kg / 31,5kg = X / 40000kg

X = (0,5 x 40000) / 31,5 = 634,920 kg krema kullanmak gerekir.

Örnek: %1,5 yağlı süt ve %35 yağlı kremanın karışımından 25000 litre %3 yağlı süt elde edilmesi istenmektedir. Karışım için gereken miktarları hesaplayınız.





O halde;

33,5 birim sütün 1,5 birimi kremadan geliyorsa

25000 litre sütün kaç kg' kremadan gelir?

25000 x 1,5 / 33,5 = 1119,402 kg krema gerekir.

33,5 birim sütün 32 birimi %1,5 yağlı sütten geliyorsa

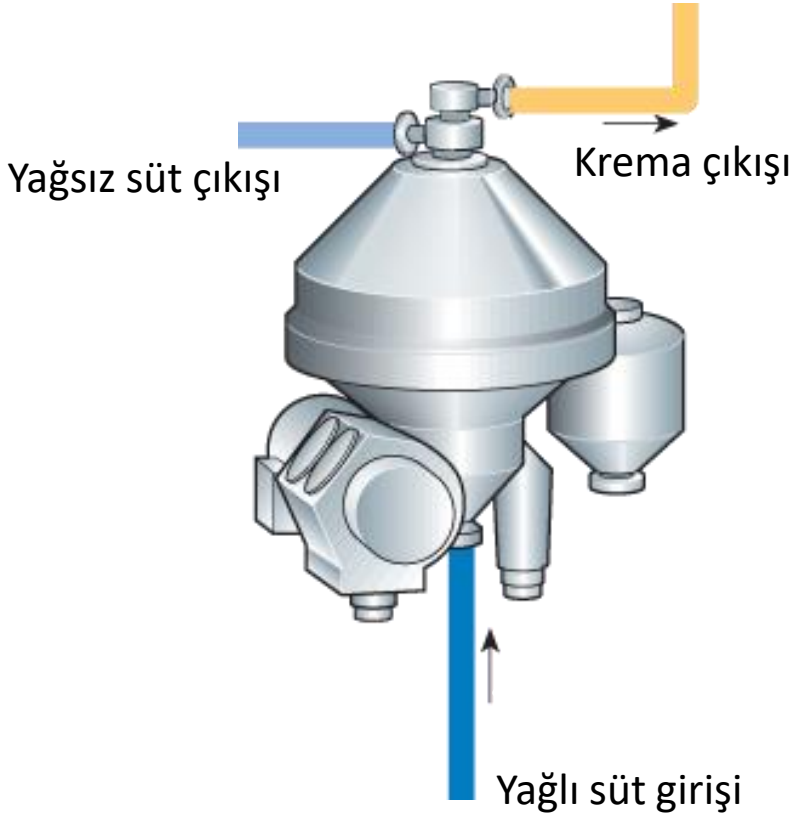
25000 litre sütün kaç kg'ı %1,5 yağlı sütten gelir?

25000 x 32 / 33,5 = 23880,598 kg %1,5 yağlı süt gerekir.

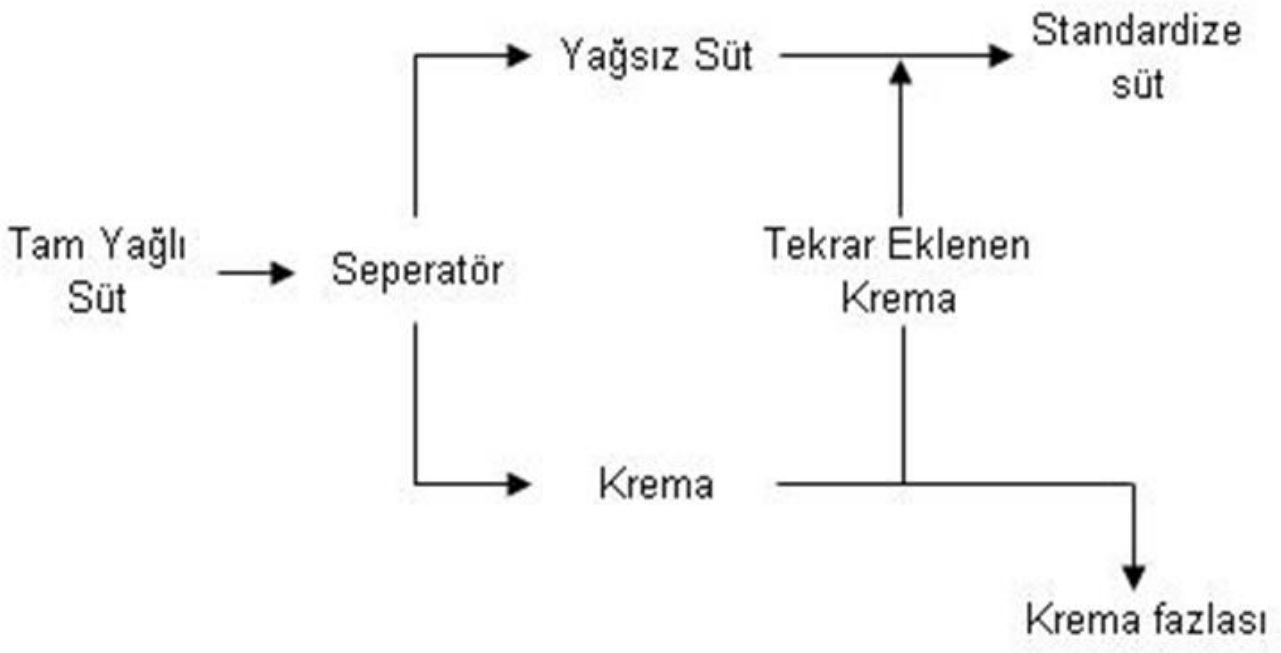
23880,598 + 1119,402 = 25000 kg %3 yağlı süt elde edilir.

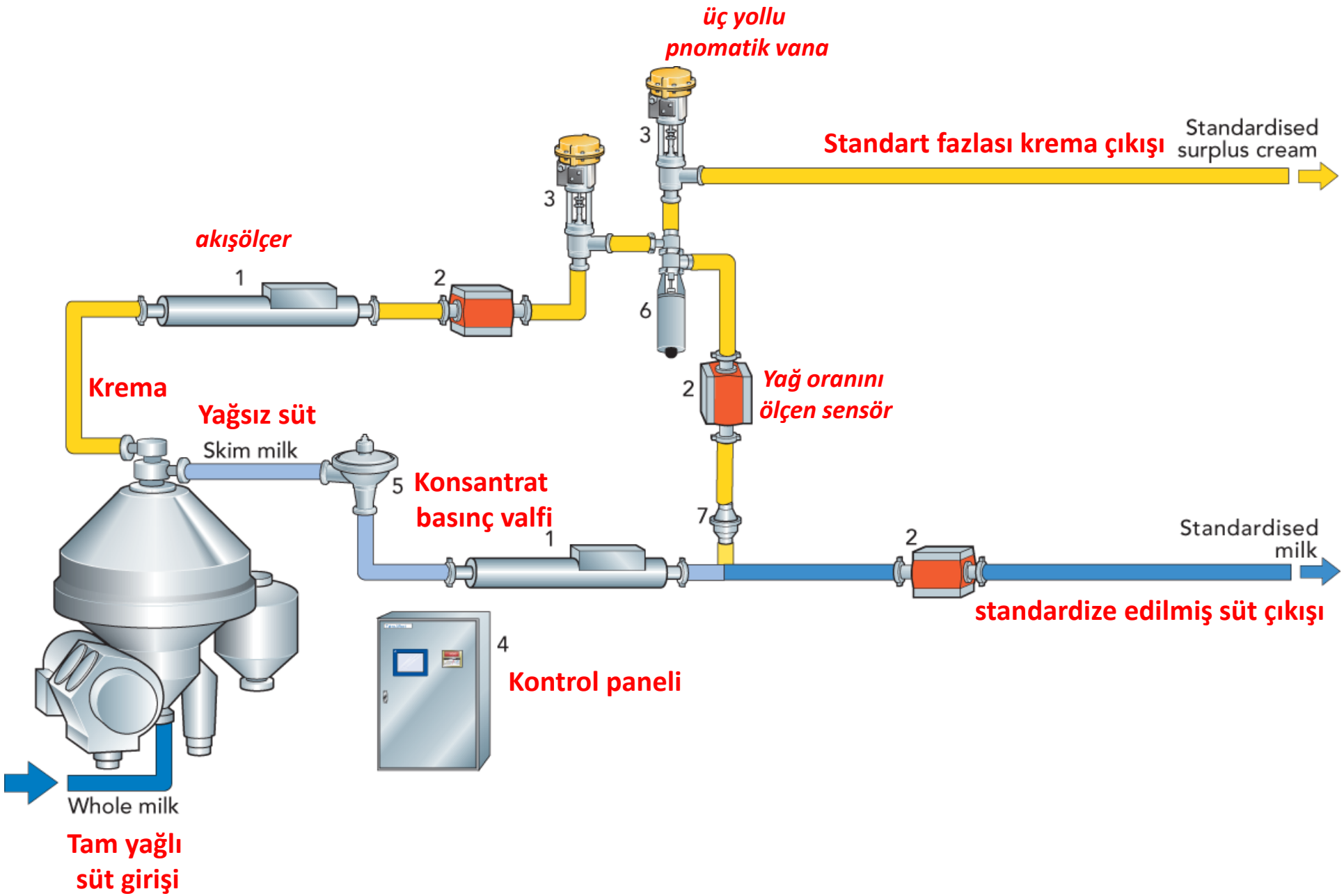
Krema Separatöründe Krema Çıkışındaki Vanaların Ayarlanması İle İşlem Hattında Direkt Standardizasyon:

Bilindiği gibi bir krema separatöründe bir adet yağlı süt girişi ve iki adette çıkış bulunur.
Bu çıkışlardan biri krema diğeri de yağı alınmış süt içindir.
Yani tam yağlı süt, seperatörden krema ve yağsız süt olarak ayrı kanallardan çıkar.



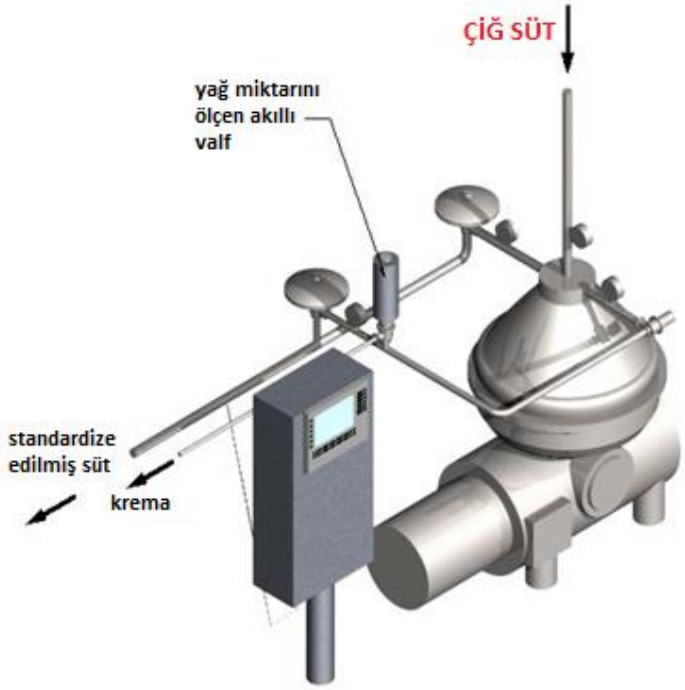
Diğer yandan krema akış hattında 2 adet ayar vanası ve bunlara bağlı 2 adet akışölçer bulunur. Bu iki vana arasında ise krema hattı ile yağsız süt hattını bağlayan bir boru ve üç yollu vana vardır. Krema çıkışından değişik yağ oranlı krema elde edilebileceği gibi, istenirse hiç krema alınmayabilir. Yağsız süt çıkışında ise yalnız yağsız süt alınabileceği gibi istenirse yağ oranı belirli bir düzeye ayarlanmış (standardize edilmiş) süt elde etmek veya giren sütün kremasını ayırmadan almak yani yalnız klerifiye etmek mümkündür.




üç yollu
pnomatik vana
Standart fazlası krema çıkışı
Standardised
surplus cream
3
3
akışölçer
1
2
6
Krema
Yağsız süt
Skim milk
2
Yağ oranını
ölçen sensör
5
Konsantrat
basınç valfi
7
1
2
Standardised
milk
standardize edilmiş süt çıkışı
4
Kontrol paneli
Whole milk
Tam yağlı
süt girişi

Krema Seperatörü İle Tam Yağlı ve Yağsız Sütün Otomatik Olarak Karıştırılması İle Standardizasyon:

Bu yöntemle de sağlıklı bir standardizasyon yapılabilmesi için tam yağlı sütün yağ oranının bilinmesi ve bunun sabit kalması gerekir.
Bir bilgisayar destekli sistemin kumanda panelinde istenen standardize süt miktarı ve yağ oranı ile tam yağlı ve yağsız sütün yağ oranlarına ilişkin veriler işlenir.
Sistem önce tam yağlı sütle başlar ve seperatörde ayrılan tüm krema tekrar yağsız süte karışır.



Kreması Çekilmesi Gereken Süt Miktarının Hesaplanması İle Standardizasyon *(Belirli miktar sütün kremasının tamamının çekilmesi ile standardizasyon)*:

Örnek: İşletmede 4000 litre %3,6 yağlı süt bulunmaktadır.
Bu sütün yağ oranını %2,8'e standardize etmek istiyoruz.
Sütün ne kadarının yağının çekilmesi ne kadarının da yağı çekilmeden işleme sokulması gerekmektedir?



100 kg'da 3,6 kg yağ varsa

4000 kg'da X kg yağ vardır

X = (4000 . 3,6) / 100 = 144 kg süt yağı vardır.

100 kg'da 2,8 kg yağ isteniyorsa

4000 kg'da X kg yağ istenir

X = (4000 . 2,8) / 100 = 112 kg süt yağı olmalıdır.

O halde; 144 – 122 = 22kg yağ çekilmelidir.

100 kg'da 3,6 kg yağ varsa

X litre sütün yağının Çekilmesi gerekir. 22 kg yağ çekmek için

X = (32 . 100) / 3,6 = 611,111 litre %3,6 yağlı sütün yağının tamamı çekilmeli.

611,111 litre %3,6 yağlı sütün yağının tamamı çekilince, miktarda çekilen krema kadar bir azalma olur.
Eğer 611,111 litre sütten çekilecek olan 22 kg saf yağı, %35 yağlı krema şeklinde çekmek istiyorsak;

100 lt'de	35 kg yağ varsa
X litre krema çekmek gerekmektedir	22 kg yağ çekmek için

X = (22 . 100) / 35 = 62,857 lt krema çekilmelidir.



611,111 – 62,857 = 548,254 litre yağsız süt ile 3451,746 litre yağlı süt karıştırılmalıdır.
Bu nedenle standardizasyonda ayrılan kremadan dolayı hacim düzeltmesi yapmak gerekir.
Ancak sütün miktarı, seperatöre girmeden bir sayaçla kontrol ediliyorsa bu düzeltmeye gerek yoktur.

Çekilecek Olan Belirli Yağ Oranlı Krema Miktarını Hesaplayarak Standardizasyon:

Örnek: İşletmede 3000 litre %3,4 yağlı süt bulunmaktadır.
Bu sütün yağ oranını %2,5'e standardize etmek istiyoruz. %40 yağlı ne kadar krema çekilmesi gerekir?

100 kg'da 3,4 kg yağ varsa

3000 kg'da X kg yağ vardır

X = (3000 . 3,4) / 100 = 102 kg süt yağı vardır.

100 kg'da 2,5 kg yağ isteniyorsa

3000 kg'da X kg yağ istenir

X = (3000 . 2,5) / 100 = 75 kg süt yağı vardır.

O halde; 102 – 75 = 27kg saf yağ çekilmelidir.

100 lt'de 40 kg saf yağ varsa

X 27 kg saf yağ çekmek için

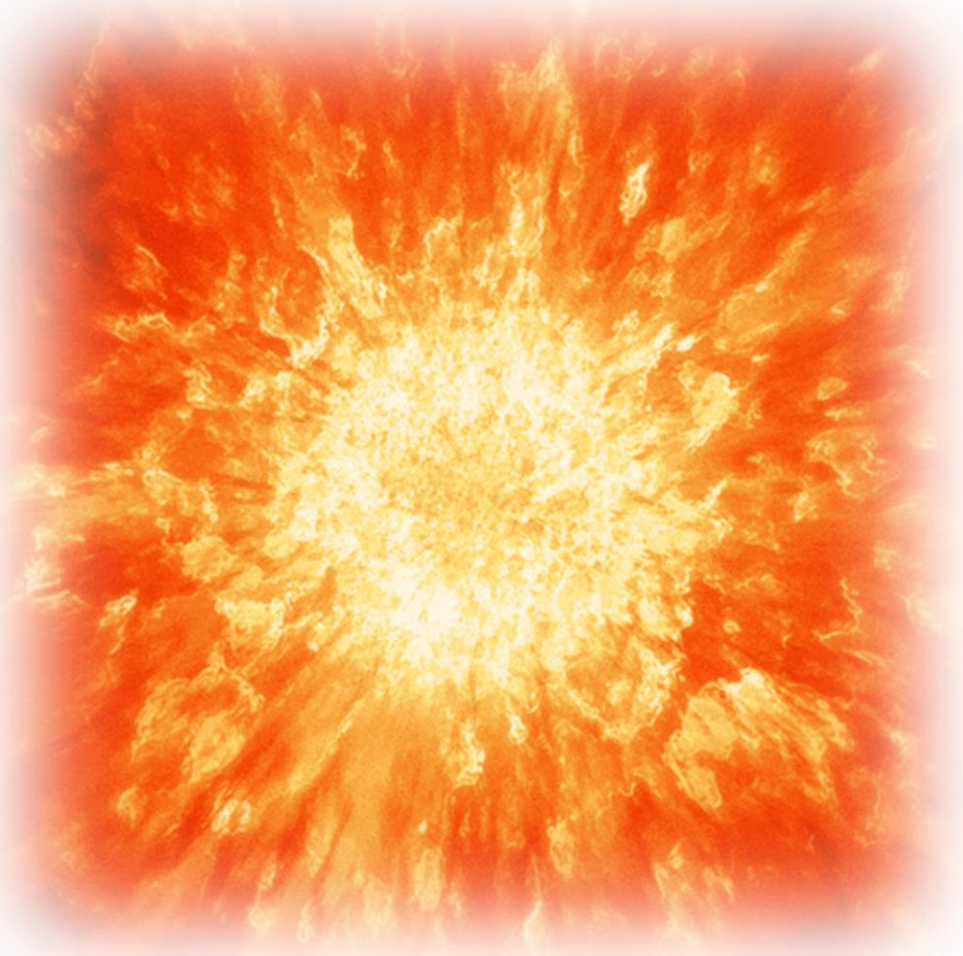
X = (27 . 100) / 40 = 67,5 litre

67,5 litre %40 yağlı krema çekilirse, sütümüz %2,5 yağa standardize edilmiş olacaktır.

SÜTE ISIL İŞLEM UYGULAMASI



Bilindiği gibi; gıdaların bozulmasına neden olabilecek mikroorganizmaları ısı etkisi ile inaktif hale getirmek suretiyle gıdalara dayanıklık kazandırma işlemine “ısı uygulayarak muhafaza” yöntemi ve bu amaçla uygulanan ısıtmaya da “ısıl işlem” denir.



Süt teknolojisinde ısıl işlemin başlıca hedefleri şunlardır:

- Sütte bulunan tüm patojen mikroorganizmaları öldürmek,
- Patojen olmasa bile, normal depolama koşullarında süt ürünlerinde bozulmaya neden olabilecek tüm mikroorganizmaları tamamen veya kısmen öldürmek,
- Enzimleri kısmen veya tamamen inaktive etmek,
- Bütün bu hedeflere ulaşırken, sütün kalitesinde ve beslenme değerinde en az olumsuzluğa neden olmak.
- Sütte olumlu fizikokimyasal değişimler meydana getirmek



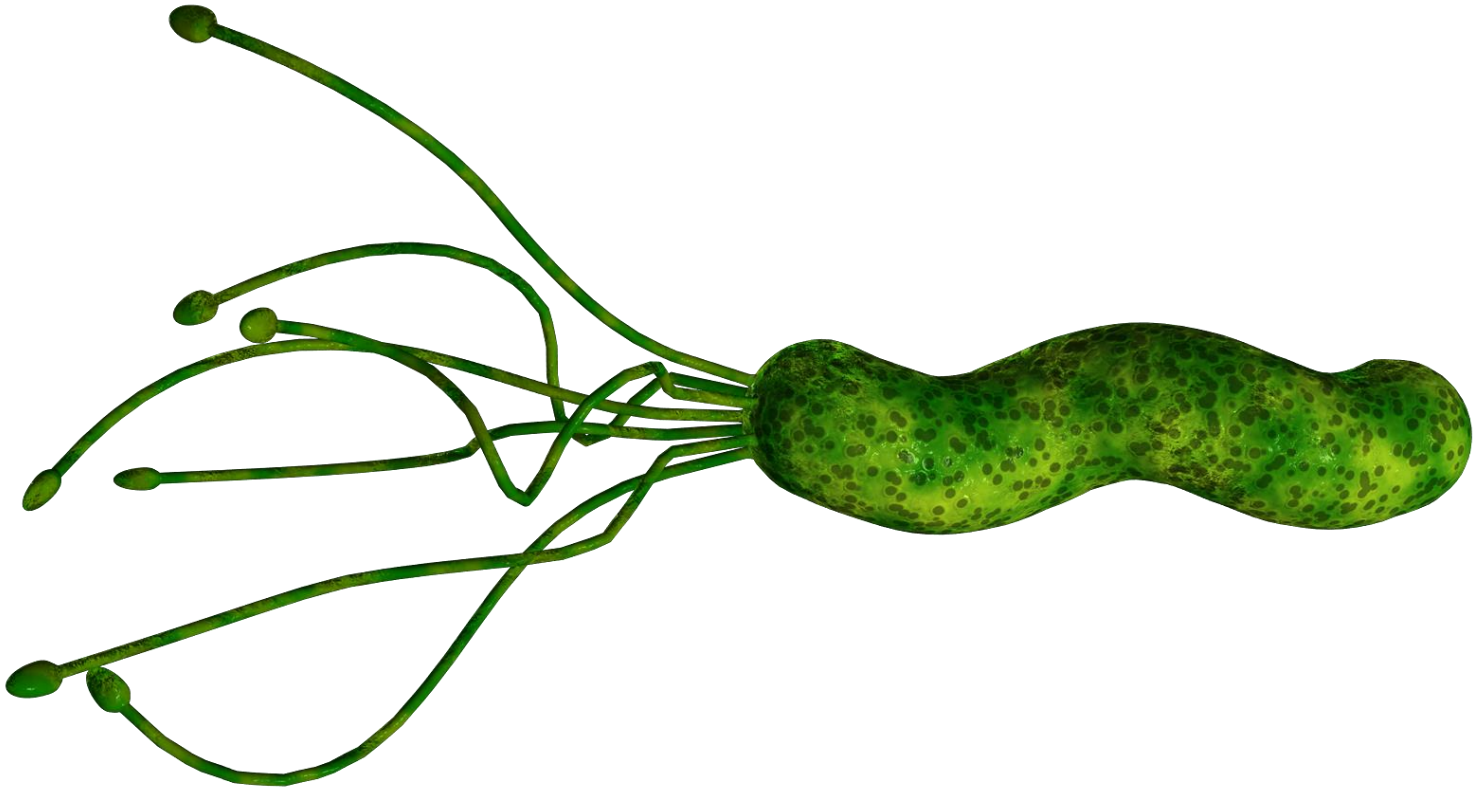
Bu amaçlara ulaşmak için ısıl işlemde öyle bir sıcaklık ve süre seçilmelidir ki, sütte bulunabilecek ısıya en dirençli patojen veya bozulma etmeni olabilecek mikroorganizma öldürülmüş olsun. Başka bir anlatımla; ısıl işlemde öldürülmesi hedeflenen mikroorganizma, ısıya en dirençli patojen veya bozulma etmeni mikroorganizmalardır.



Süt teknolojisinde ısıl işlem uygulamaları; pastörizasyon, sterilizasyon ve termizasyon olmak üzere üç grup altında toplanabilir.

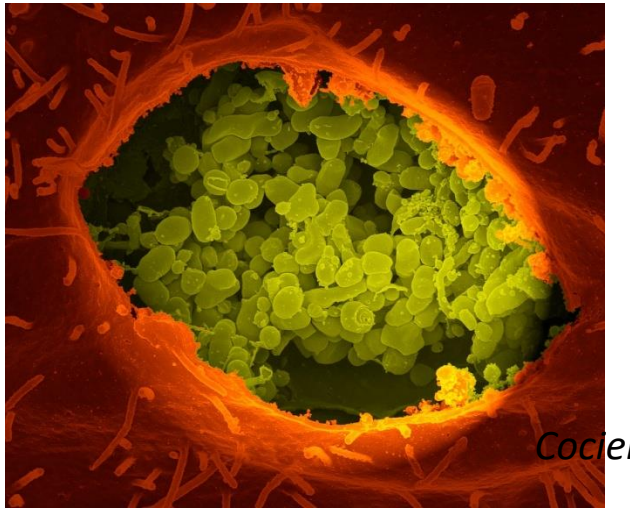
Pastörizasyon:

Mikroorganizmaları inaktif etmek amacı ile **100^{o}C'nin altındaki sıcaklıklarda uygulanan** ılımlı bir ısıl işlemdir. Pastörizasyon işleminden sonra ortamdaki çoğu vegetatif hücre ölür, bazı ikroorganizmalar ısısal şoka uğrarlar; bakteri sporları ve ısıya dirençli bazı termofilik mikroorganizmalar ise canlılıklarını korurlar.



Sütün pastörizasyonunda, sıcaklığa en dayanıklı patojen olan ve Q humması etmeni olarak bilinen *Cociella burnetii* hedef alınır. Süt teknolojisinde uygulanan pastörizasyon normları aşağıdaki gibidir:

	Sıcaklık/ Süre	**Mikroorganizma Öldürme Etkisi (bakteri redüksiyonu) %**
Düşük sıcaklıkta uzun süre pastörizasyon (LTLT)	62- 65°C'de 30-32 dakika	~95
Yüksek sıcaklıkta kısa süre pastörizasyon (HTST)	72-75°C'de 15-30 saniye	99.5
Çok yüksek sıcaklıkta pastörizasyon	85-90°C'de 8-15 saniye	99.9



Cociella burnetii

Sterilizasyon:

Mikroorganizmaları inaktif etmek amacı ile 100°C'nin üzerindeki sıcaklıklarda uygulanan yoğun bir ısıl işlemdir. Ancak bu işlem, uygulandığı gıdada hiçbir canlı mikroorganizmanın kalmadığı yoğunluktaki bir ısıl işlem (mutlak sterilizasyon) değildir.



Tüm patojenlerle, normal depolama koşullarında bozulma etmeni olabilecek diğer mikroorganizmaların yok edilmesini sağlayabilecek boyutta ve 100°C'nin üzerinde uygulanan bir ısıl işlemdir ki buna ticari sterilizasyon denir.

Sütün ticari sterilizasyonunda, ısıya dirençli spor oluşturan *Bacillus stearothermophilus* hedef alınır. Zira *Bacillus stearothermophilus* sporları bakteri sporları arasında ısıya en dirençli sporlardır. İçme sütü teknolojisinde kullanılan sterilizasyon normları aşağıdaki gibidir.

	Sıcaklık/ Süre	Mikroorganizma Öldürme Etkisi (bakteri redüksiyonu) %
Ambalajda sterilizasyon (klasik sterilizasyon)	>110°C/10-30 dakika	~100
UHT yöntemi ile sterilizasyon	>135°C/birkaç saniye	100



spor



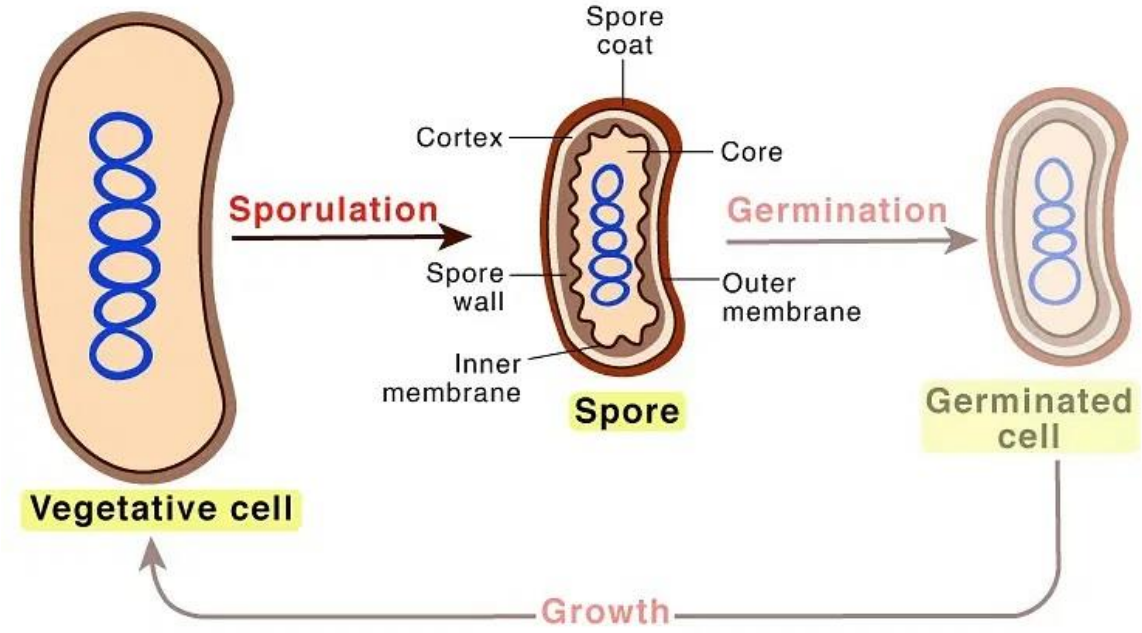
stearothermophilus

Termizasyon:

Çiğ sütün işleninceye kadar kısa bir süre depolanabilmesi için, sütteki bakteriyel gelişmeyi belirli bir süre önleyebilmek ve psikrotrof bakterilerin bir kısmını öldürebilmek amacıyla pastörizasyon normunun altında uygulanan bir ısıl işlemdir.

Termizasyon uygulamasında süt, **57-68°C'de 15-30 saniye** gibi kısa bir süre ısıtılır.

Ancak bu işlemin ardından sütün, spor oluşturan aerobik bakteri türlerinin gelişmesini önleyebilmek için 4°C veya daha düşük derecelere soğutulması gerekir.





Termizasyon işleminde mikroorganizma öldürme etkinliği, diğer bir anlatımla bakteri redüksiyonu %95'in altında gerçekleştiği için, bu işlemin bir pastörizasyon işlemi olarak kabul edilmesi söz konusu değildir.
Bu nedenle Termizasyon çok zorunlu hallerde uygulanmalı; en iyisi gelen süt 24 saat içerisinde pastörize edilmelidir.

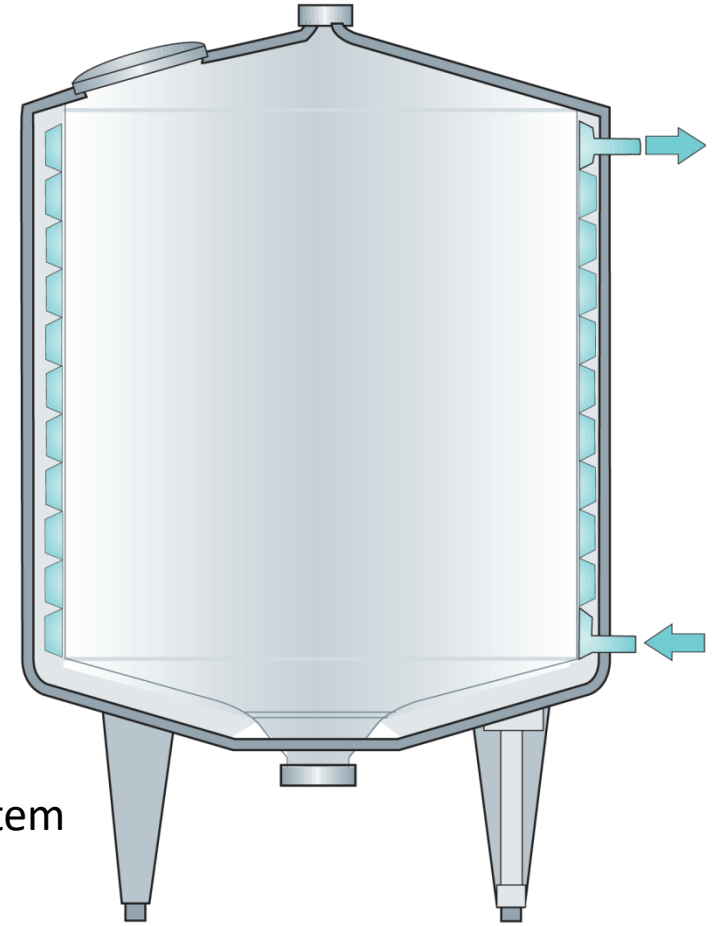


SÜT TEKNOLOJİSİNDE KULLANILAN ISI DEĞİŞTİRİCİLER



Kesikli Isı Aktarım Düzenleri:

Ortamlar arasındaki sıcaklık farkının değiştiği, yani sabit kalmadığı ısı aktarım düzenlerine kesikli ısı aktarıcılar denir.
Söz konusu düzenler genel olarak sıvı ve gaz (buhar) banyolu veya elektrikli basit sistemlerdir.
Ürünün ısıtıcı ortamla temas etmesinin istenmediği durumlarda ısı aktarım düzeni ceketli (gömlekli) yapılır.



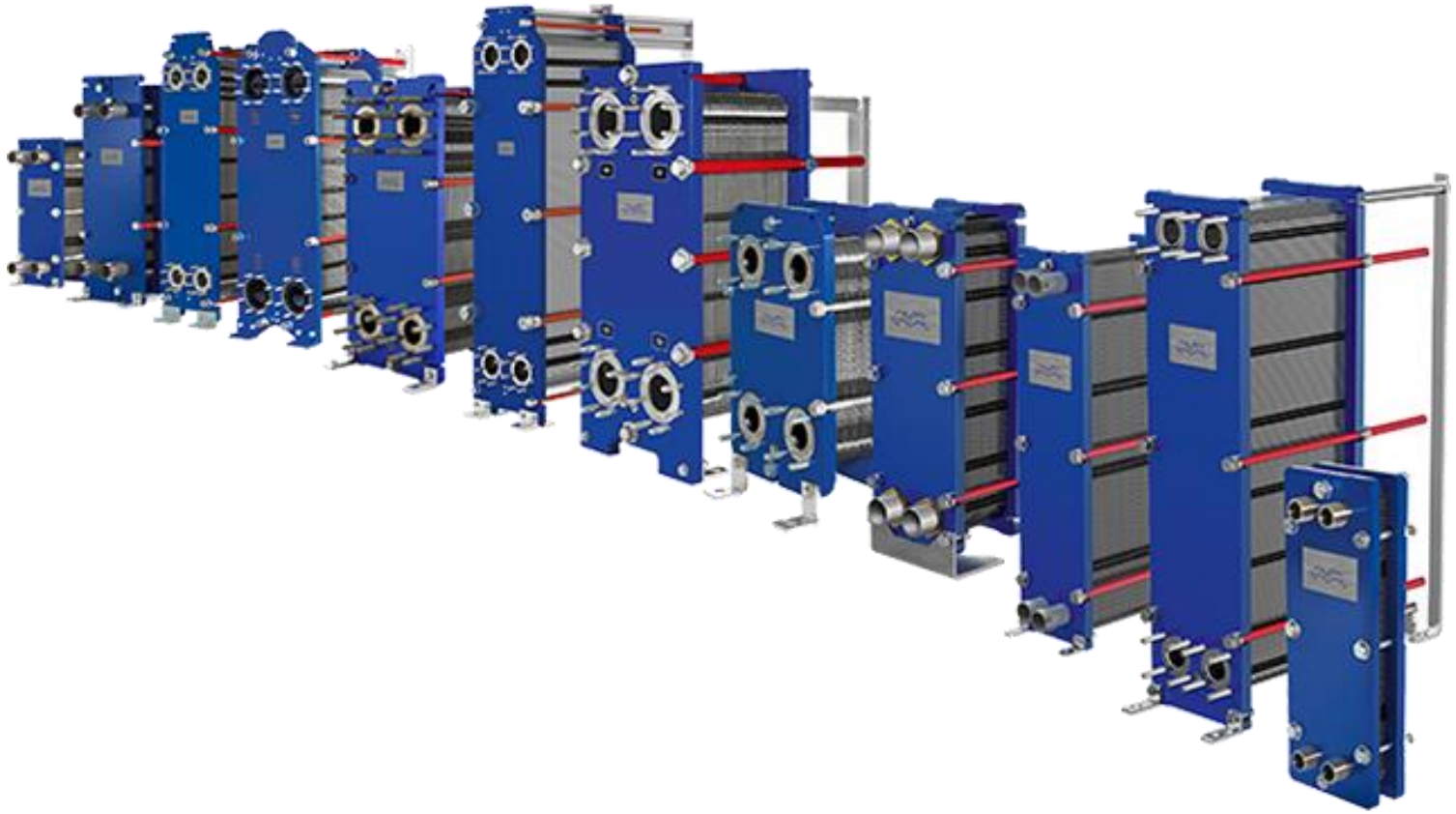
kesikli (batch) sistem

Bunlar küçük kapasiteli işletmelerdeki pastörizasyon, eritme, miks hazırlama ve benzeri işlemler için tercih edilirler. Bu ekipmanlar küçük hacimlidirler; çeşitli konstrüktif biçimlerde, açık veya kapalı tiplerde, atmosferik basınç veya vakum altında çalışabilen ceketsiz veya ceketli, paslanmaz çelikten yapılmış, gerektiğinde karıştırıcı düzeni bulunan kazanlardır.

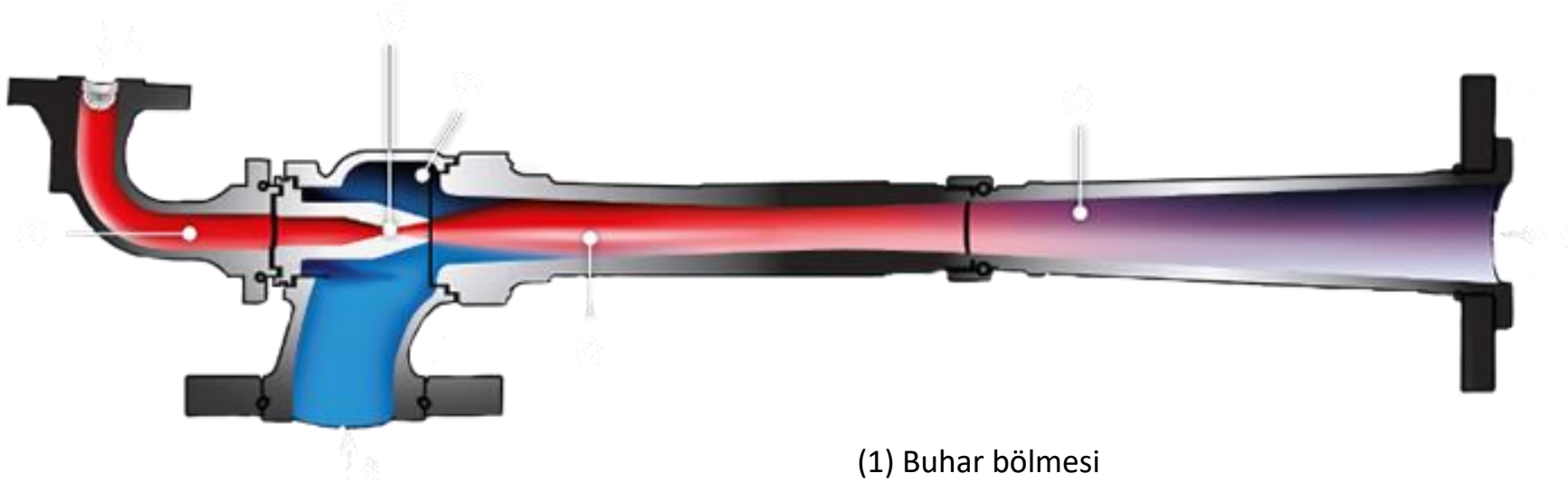


Sürekli Isı Aktarım Düzenleri:

Ortamlar arasındaki sıcaklık farkının sabit kaldığı, değişmediği düzenlere “sürekli ısı aktarım düzenleri” denir. Sürekli ısı aktarımında; doğrudan ısı aktarımı ve dolaylı (indirekt) ısı aktarımı olmak üzere iki farklı yöntem kullanılır.



Doğrudan ısı aktarımında, sıcak ve soğuk ortamlar birbirine karıştırılarak ısı aktarımı sağlanır. Örneğin; buharın suyun içine verilerek suyun ısıtılması, sütün buhar enjeksiyonu ile sterilize edilmesi gibi.



(1) Buhar bölmesi
(2) Buhar basınç arttırıcı (nozzle)
(3) Karışım bölmesi
(4) Giriş difüzörü
(5) Çıkış difüzörü
(A) Buhar girişi
(B) Isısı değiştirilecek akışkan girişi
(C) Buhar ürün karışımı

Dolaylı ısı aktarımında ise, sıcak ve soğuk ortamlar birbirleri ile karışmaksızın, aralarındaki ortak yüzeyden yararlanılarak ısı aktarımı sağlanır. Dolaylı ısı aktarımında kullanılan aygıta “eşanjör” yada “ısı değiştirici” denir.



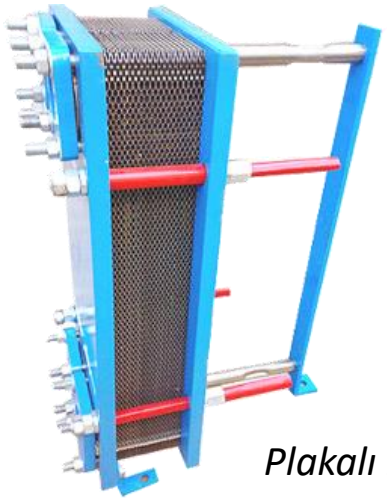
Isı Değiştirici Çeşitleri:

Süt fabrikalarında kullanılan ısı değiştiriciler 3 grup altında toplanabilir. Bunlar;

- Plakalı ısı değiştiriciler,
- Borulu ısı değiştiriciler ve
- Sıyırmalı yüzeyli ısı değiştiricilerdir.



Borulu ısı değiştirici



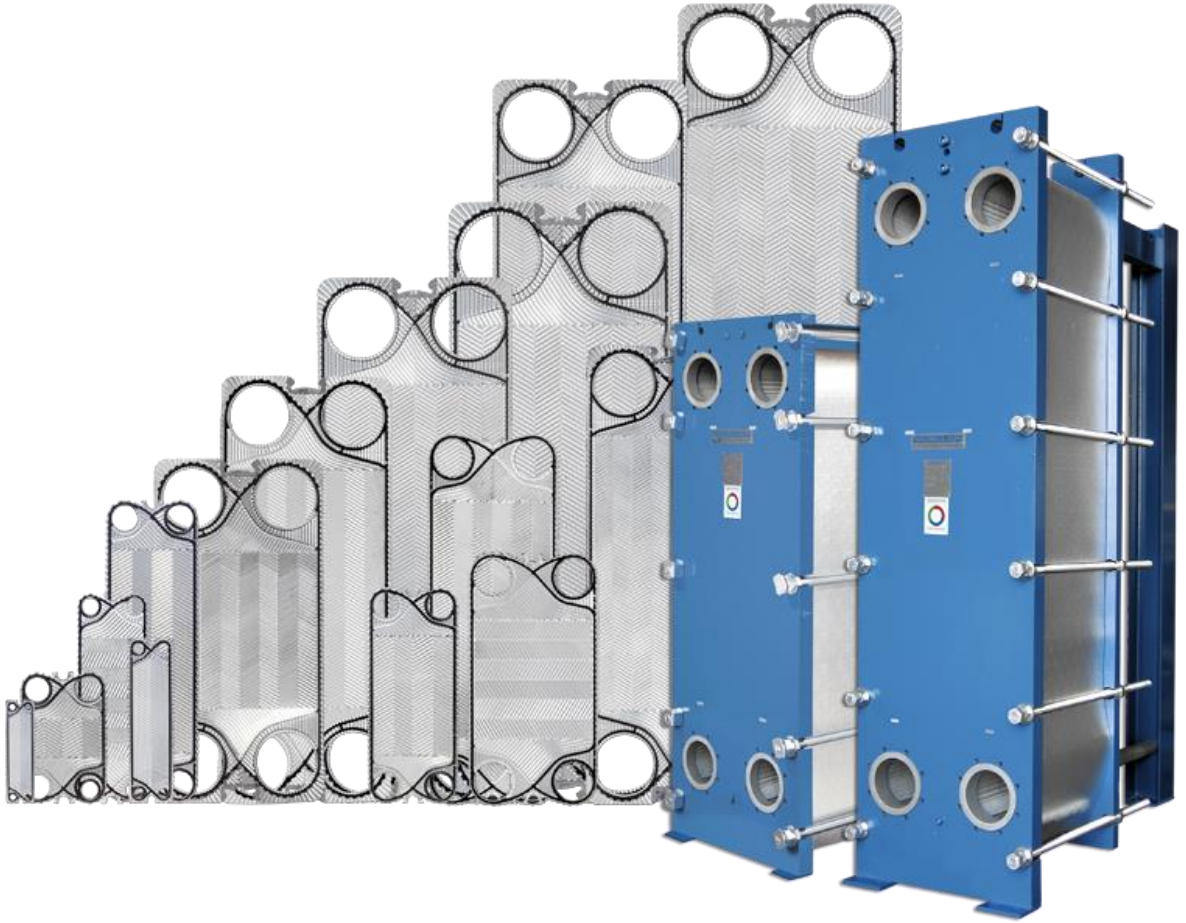
Plakalı ısı değiştirici



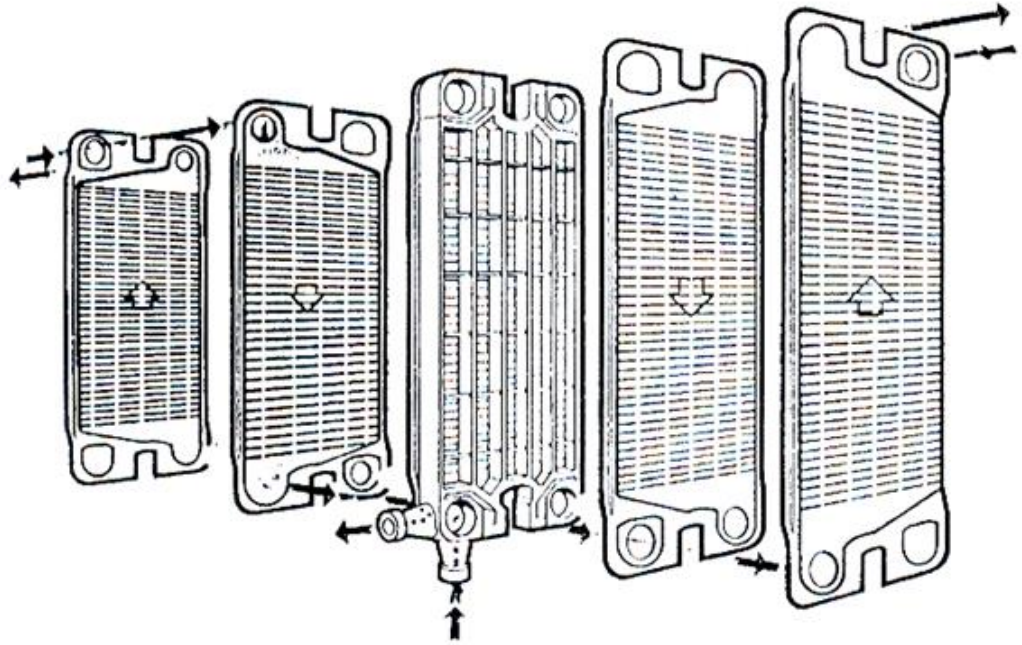
Sıyırmalı yüzeyli ısı değiştiri

Plakalı Isı Değiştiriciler:

Plakalı ısı değiştiriciler, süt teknolojisinde en yaygın kullanılan, paslanmaz çelikten veya Cr/Ni, Ni/Mo gibi çeşitli alaşımdan yapılmış malzemelerdir.
Plaka kalınlıkları 1.25- 3mm ve plakalar arasındaki boşluklar 1.25- 7.75mm arasında değişir



Plakalı ısı değiştiricide yerine göre “ön ısıtma”, “son ısıtma” ve “soğutma” bölümleri ile ısı aktarımsız “bekleme” bölümler gibi bölümler bulunur. Sistemde ısıtıcı akışkan olarak, vakum buhar veya sıcak su; soğutucu akışkan olarak ise ürünün çıkış sıcaklığına bağlı olarak soğuk su, buzlu su, salamura yada propilenglikol kullanılır.

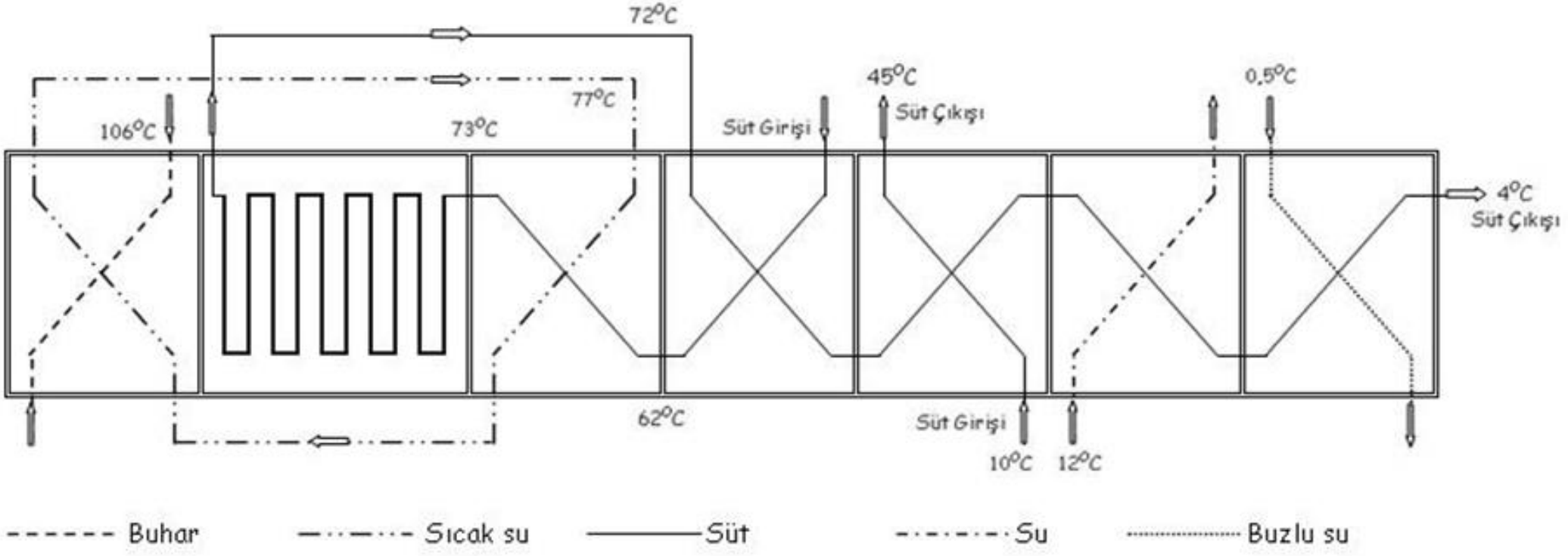


Plakalı ısı değiştiriciler ürünün yalnızca soğutulması ya da aynı anda ısıtılıp soğutulması gibi ısıl işlemlerde kullanılırlar ve bu bağlamda tek yada çok bölmeli tasarlanılırlar.

Ürünün yalnızca ısıtılması veya soğutulması için tek bölmeli ısı değiştiriciler yeterlidir.
Ancak aynı anda ısıtılıp soğutulması söz konusu ise plakalı ısı değiştiricinin çok bölmeli olması gerekir.

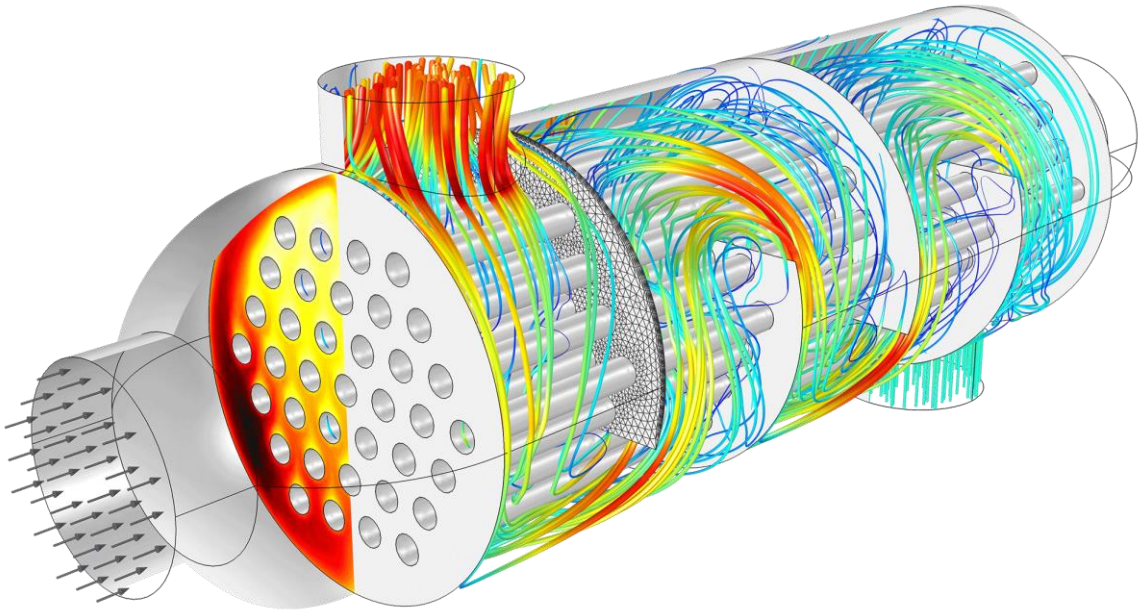


Isıtma ve soğutma işlemlerinin aynı plakalı ısı değiştiricide gerçekleştirilmesi, enerji tüketiminde ekonomi sağlanmasını zorunlu hale getirmiştir. Nitekim bu amaçla dizayn edilen plakalı ısı değiştiricilerde pastörize edilmiş sıcak haldeki süt sisteme yeni giren soğuk sütün ısıtılmasında kullanılmaktadır.



Borulu Isı Değiştiriciler:

Genellikle serpantinli ısı eşanjörü adı verilen borulu ısı değiştiriciler, bazen pastörizasyon için kullanılmakla beraber daha çok süt ve çeşitli süt mamullerinin UHT yöntemi ile sterilize edilmesinde kullanılırlar. Söz konusu ısı değiştiricilerde ısı aktarım
yüzeyi, ısıtılmak istenen akışkanın veya ürünün aktığı çok sayıda ve belli aralıklarla yerleştirilmiş düz, spiral veya petek (lamel) borulardan oluşur.
Bu ısı değiştiricilerde ürün boruların içinden, ısıtıcı veya soğutucu akışkan ise boruların dışında, boruların yerleştiği gövdenin (kovanın) içinde sirküle eder.




Tetra Pak®

KAYNAKLAR

1. Süt teknolojisi Sütün Bileşimi ve İşlenmesi Prof.Dr. Mustafa METİN Ege üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yayınları
2. Süt Teknolojisi Prof.Dr. Atilla YETİŞMEYEN Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları
3. Süt Teknolojisi Prof.Dr. Ahmet KURT Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları
4. https://sushilbandhu.wordpress.com/2015/10/16/the-chemistry-of-milk-final-part-2/