

## SÜT PASTÖRİZASYONUNDA YARARLANILAN DÜZENLER

Mehmet DEMİRCİ (1)

Yunus PINAR (2)

### Özet

*Sütün, günümüzde en önemli gıda maddelerinden birisi olduğu bilinen bir gerçektir. Bu önemli gıda maddesine uygulanan pastörizasyon ise, bugün süt teknolojisinin vazgeçilmez bir işlemi özelliğine sahiptir.*

*Pastörizasyon yöntemleri çok çeşitli olup, bu yazıda dünya ve ülkemizde en yaygın kullanılan "Düşük ısı derecesinde uzun zaman" ve "Yüksek ısı derecesinde kısa zaman" yöntemlerinde yararlanılan düzenler üzerinde durulmuştur.*

### 1. GİRİŞ

Pastörizasyon, sütün doğal ve biyolojik özelliklerine zarar vermeden hastalık yapıcı bakterilerin tamamının, diğer bakterilerin de büyük çoğunluğunun sıcaklıkla yok edilerek daha sonra sütün soğutulması işlemidir. (1),(2),(6).

Bu işlem ilk olarak 1860-1864 yılları arasında Fransız Pasteur tarafından şarabı dayanıklı hale getirmek için uygulanmış, daha sonra da 1873 yılında Jacoby ve 1886 yılında da Soxhlet tarafından sütte uygulanarak olumlu sonuçlar elde etmeleri üzerine zamanla yaygınlaşmış ve günümüzde ise süt teknolojisinde vazgeçilmez bir işlem özelliği kazanmıştır (5),(8),(9).

Pastörizasyon ısıtma derecelerinde tutulan sütlerdeki hastalık yapıcı organizmaların yanısıra, sütün bozulmasını ve dayanıklılığını azaltan mikroorganizmaların % 95-99'u da ölmektedir. Pastörize sütlerin dayanıklılıklarının artmasına karşın, ısıya dayanıklı bazı bakteriler canlılıklarını devam ettirebilmektedirler. Pastörizasyon sıcaklıklarının üzerindeki sıcaklıklara sütün ısıtılmasıyla spor verenler hariç bu bakterileri de öldürmek mümkündür. Fakat, yüksek ısılarda beslenme değerinin düştüğü ve diğer bazı olumsuz sonuçlar da doğurabildiği için sütün belli dere-

(1) Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Ürünleri Teknolojisi Bölümü Doçenti

(2) Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Mekanizasyon Bölümü Araştırma Görevlisi

celerden yukarı ısıtmamak gerekmektedir. Pastörize sütte bulunan sınırlı sayıdaki ölmemiş bakterilerin çoğalmasını önlemek için, süt pastörizasyondan hemen sonra soğutulur (8).

Çiğ süütün ısıtılmasında uygulanan sıcaklığın şiddet ve sürekliliğine göre pastörizasyon yöntemleri şöyle sıralanabilir:

1. Düşük ısı derecesinde uzun zaman (LTLT)<sup>x</sup> yöntemi; 63-66°C'de 30 dakika.
2. Yüksek ısı derecesinde kısa zaman (HTST)<sup>xx</sup> yöntemi; 78-80°C'de 40-60 saniye.
3. Kısa süre ısıtma; 71-74°C'de 40 saniye.
4. Yüksek derecede pastörizasyon; 85°C'de 10-15 saniye(4).

Bunlardan en yaygın olan ilk ve ikinci yöntem üzerinde durulacaktır.

## 2. PASTÖRİZÖRLERİN ÇALIŞMA İLKELERİ

Süt pastörizasyonunda yararlanılan ekipmanların çok çeşitli olmalarına karşın, çalışmaları bazı genel ilkelere dayanır (1).

Küçük ekipmanlarla pastörizasyonların yapıldığı LTLT yönteminde ısıtma sistemi, şişelerde yapılan pastörizasyon hariç pastörizasyon kazanlarının kendi yapılarında bulunur. Örneğin depo cidarları, depo içindeki dönen bir helezon veya bir karıştırıcı ısıtma sistemi görevini yaparlar (Şekil 1).

Büyük pastörizasyon düzenlerinden oluşan HTST yönteminde ısıtma düzeni dışarda olup, ısıtma işlemi genellikle ince bir metal plakanın bir yüzeyinden soğuk su, diğer yüzeyinden de sıcak su geçirmek ilkesine göre yapılmaktadır. Bu şekilde, süt yüzeyinde kaymak birikimi önlenmekte ve süt sıcaklığının kontrolü daha iyi yapılmaktadır. Bir HTST yöntemi olan "Vakum pastörizasyon" yöntemi ise en son olarak geliştirilmiştir ve bu düzende süt yüksek basınçlı su buharıyla ısıtmakta ve vakum odalarında soğutulmaktadır (1).

## 3. DÜŞÜK ISI DERECESİNDE UZUN ZAMAN PASTÖRİZASYON YÖNTEMİNDE YARARLANILAN DÜZENLER

Bu yöntemde, genellikle bu amaç için yapılmış çoğu silindir veya dikdörtgen prizması şeklindeki kazanlar kullanılır. Dikey veya yatay konulabilen bu kazanlar paslanmaz çelikten yapılabildiği gibi yüzeyleri camla kaplanmış diğer metal malze-

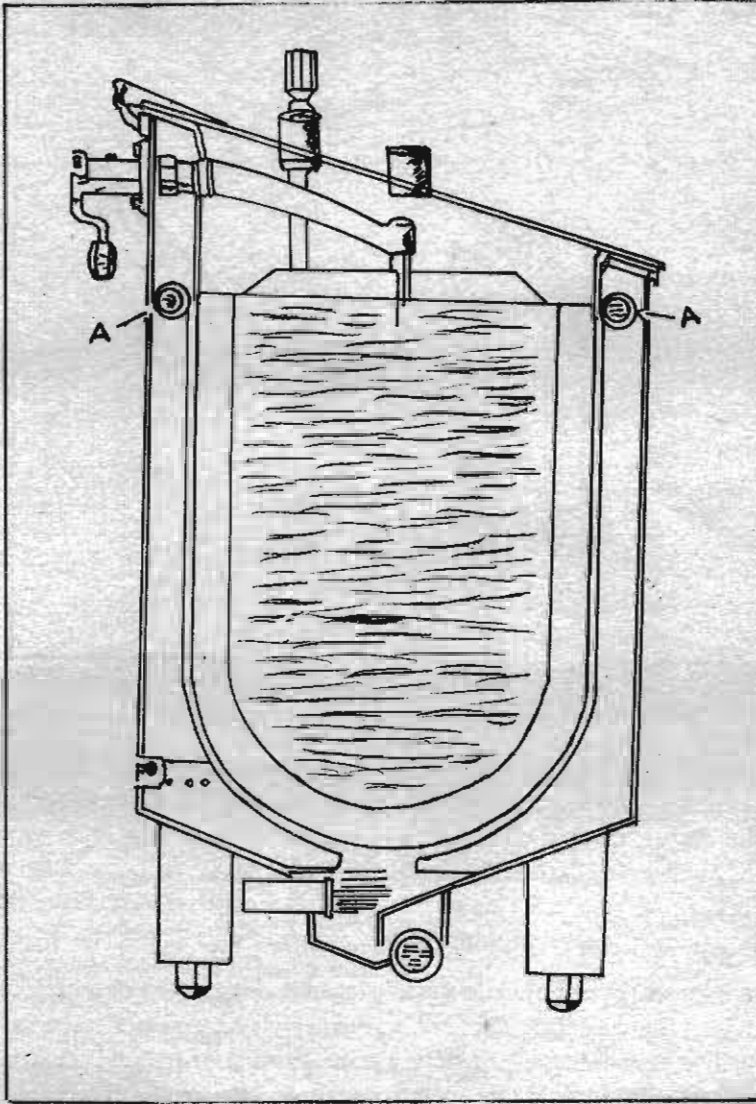
---

x Low temperature little time

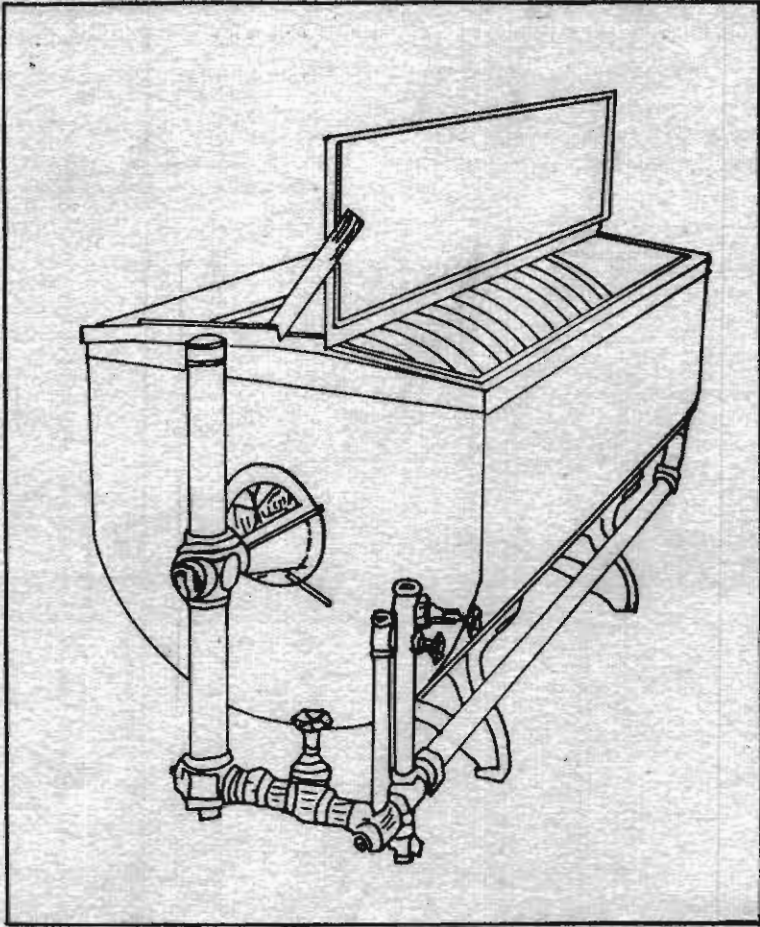
xx High temperature short time

melerden de yapılabilmektedir. Kazanlardan 6-8 tanesi seri olarak birbirine bağlanabilir. İçlerinde, sıcaklığı kazanın her tarafına yaymak ve kaymağın üst kısımda toplanmasını önlemek amacıyla bir karıştırıcı bulunur (Şekil 2).

Pastörizör kazanları iki cidarlı da yapılmış olabilirler. Böyle kazanlarda çiğ süt, cidarlar arasından sıcak su ve buhar geçirilerek ısıtılmakta, soğuk su geçirilerek de soğutulmaktadır.



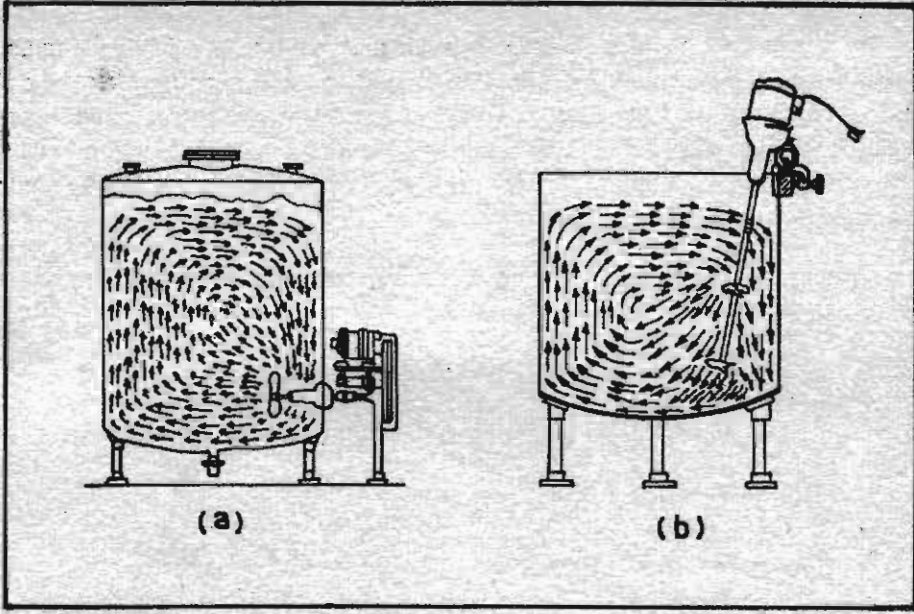
Şekil: 1 a



Şekil 1b. LTLT yöntemiyle çalışan iki pastörizör örneği (7)

Süt, LTLT yöntemiyle şişelerde de pastörize yapılabilmektedir. Şişelerde pastörizasyon iki şekilde yapılabilir. bunlardan birincisi, süt dolu şişeleri, sıcaklık derecesinin istenen düzeye çıkarılabildiği ortama koyarak pastörize yapmak, ikincisi ise, şişelere özel başlıklar takıldıktan sonra sıcak su banyosuna sokarak gerekli sıcaklığa ulaşıncaya kadar sıcak su içerisinde şişeleri tutmaktır. Her iki şekilde de soğutma, çevre sıcaklığı ile yavaş yavaş olur (7).

Pastörizasyon kazanlarında ısıtma süresince ısıtıcıya uzak olan kapak altı kısmında ısının birkaç derece düşük olması nedeniyle bazı patojen organizmaların ölmediği saptanmış olduğundan bu sakıncalı durumu ortadan kaldırmak için modern kazanlarda kapağa bir enjektör yerleştirilerek kızgın buhar püskürtülmektedir. Kazana, gerek iç kısımlardaki, gerekse yüzeydeki sütün ısısını kontrol



Şekil 2. İçerisinde karıştırıcı bulunan iki pastörizör kazanı (1)

etmek için yazıcı ve gösterici termometreler yerleştirilmektedir. Aynı zamanda makinalar otomatik olarak süt ısısını ayarlayabilmektedir. (1),(8).

Düşük ısı uzun zaman pastörizasyon yöntemiyle pastörize yapan bazı işletmelerde, ısıtıcı ile sütün bekletildiği kazan ayrılmıştır. Soğuk süt, herhangi bir ısıtıcıda ısıtıldıktan sonra buradan bekleme kazanlarına alınır Soğumayı önleyici önlemlerin alındığı bu kazanlarda süt yarım saat bekletilir (7), (8).

LTLT yönteminde, ısınması tamamlanan süt hızla 5°C'nin altına kadar soğutulur. Soğutma işlemi, ısıtıcıların içerisinden çok soğuk su geçirmek suretiyle yapılabildiği gibi, kapalı soğutucularda da yapılması mümkündür. Soğutma işleminin 15 dakikada bitirilmesi gerektiği yapılan denemelerle saptanmıştır. Bütün bu işlemler bittikten sonra pastörize olmuş temiz süt şişelere, karton veya plastik kaplara doldurularak tüketim zamanına kadar soğukta bekletilir (7),(8).

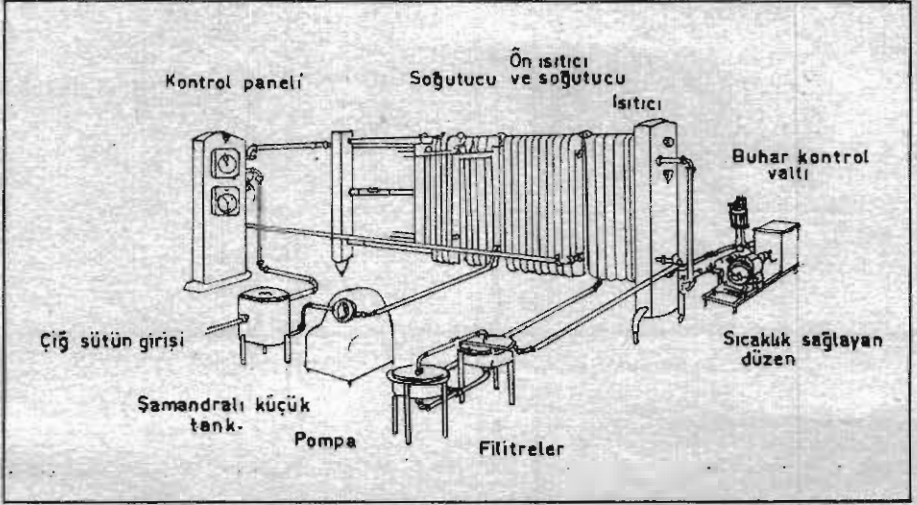
#### 4. YÜKSEK ISI DERECESİNDE KISA ZAMAN PASTÖRİZAYON YÖNTEMINDE YARARLANILAN DÜZENLER

Bu şekilde süt iki yöntemle pastörize yapılmaktadır. Bunlar:

1. Flash yöntemi, 2. Vakum yöntemidir (3),(7).

#### 4.1. Flash Yöntemi

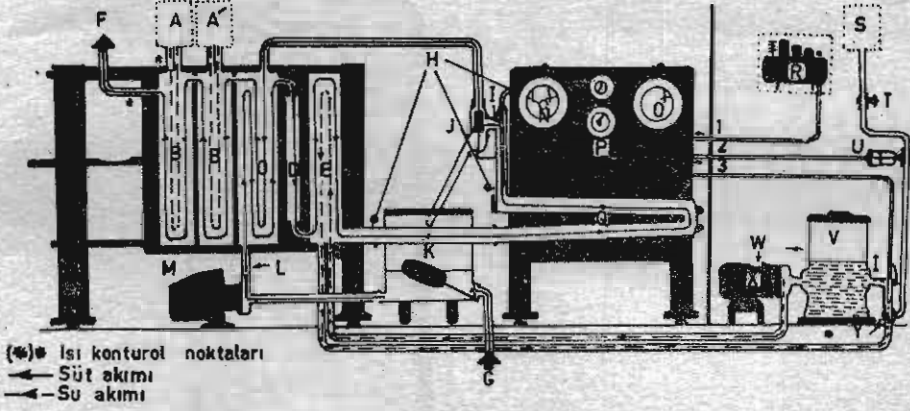
Bu yöntemde kullanılan düzenler genellikle, şamandıralı küçük bir süt tankı, plakalı ısıtıcı, soğutma blokları, filitre, kontrol paneli, süt pompası, akış kontrol valfi ve ayırıcı valften oluşmaktadır (Şekil 3). Ayrıca, soğuk ve sıcak su ile buhar sağlayan yardımcı düzenler de bulunabilir. Bir kısmında, homojenizatörler de devreye sokulmuştur. Akış kontrol valfleri ve ısı kontrol valfleri, modern düzenlerde otomatik çalışırlar (7),(9).



Şekil 3. HTST yöntemiyle pastörize süt yapan bir tesis (9).

Pastörize yapılacak süt, düzen çalışmaya başlayınca giriş borusundan şamandıralı küçük tanka dolar (Şekil 4). Süt bu tankta belirli bir düzeyde tutulmaktadır. Şamandıralı tanktan pompa ve akış kontrol valfinin yardımıyla süt belli bir miktar ve hızda ön ısıtıcıya gönderilir. Ön ısıtıcı dalgalı plakalardan yapılmıştır (Şekil 5). Plakalar birbirlerine 0,25 mm açıklıkla yaklaşmışlardır. Bu ön ısıtıcıda, plakanın bir yüzeyinden çiğ süt, diğer yüzeyinden de ısıtıcı sıvı geçirilerek süt 58-60°C'ye kadar ısıtılır. Günümüzde, modern pastörizasyon düzenlerinde ön ısıtmada, ısıtıcı sıvı olarak, soğutulmak üzere soğutucuya giden sıcak süttten yararlanılmakta, böylece hem çiğ sütün ısıtılmasında hem de ısınması biten sütün soğutulmasında kullanılan enerjinin yaklaşık olarak % 80'i tasarruf edilmektedir. Ön ısıtmadan sonra süt, süzülmesi kolay hale geldiği için basınçlı filtrelerden geçirilir. Bu sıcaklık derecesinde yağ tanecikleri de yumuşadığından dolayı gerekirse süt homojenizatörlerden de geçirilerek ısıtıcıya gönderilir (8),(9).

Ana ısıtıcı da plakalardan yapılmıştır. Süt burada, sıcaklık sağlayan düzenden gelen sıcak suyla pastörizasyon derecesine kadar ısıtılır. Isınan süt, kontrol

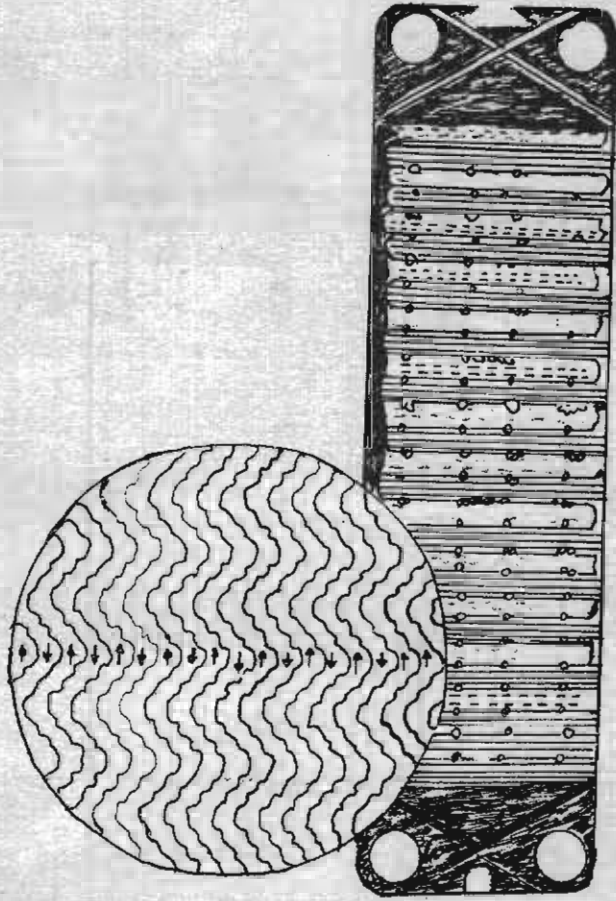


- |                           |   |
|---------------------------|---|
| G : Süt girişi            | J : Ayırıcı valf                                  |
| K : Şamandralı küçük tank | B : Plakaların, bir yüzeyinden su geçirilen kısmı |
| M : Süt pompası           | N : Sıcak sütün ısısını kaydeden termometre       |
| C : Ön ısıtıcı            | O : Soğutulmuş sütün ısısını kaydeden termometre  |
| L : Akış kontrol valfi    | P : Gösterici termometre                          |
| D : Süzgeç                |   |
| E : Esas ısıtıcı          |   |
| W : Sıcak su düzeni       |   |
| Q : Bekletme borusu       |   |

Şekil 4. HTST yöntemiyle pastörize yapan düzenin çalışma diyagramı (8)

panelinin alt tarafına yerleştirilen uzun bir bekleme borusunda 40-60 saniye bekletilerek ayırıcı valften geçirildikten sonra soğutucuya gönderilir. Süre ve sıcaklıklar kontrol panelindeki yazıcı ve gösterici termometrelerle saptanmaktadır. Bekletme borusunun sonuna yerleştirilen ayırıcı valf sıcaklığa karşı hassastır ve süt yeterli ısıya ulaştıncaya geçişe izin verir. Aksi durumda, yani sütün yeterli sıcaklığa ulaşamaması durumunda akış kanalını tıkararak pastörize olmamış çiğ sütün toplandığı şamandralı tanka geri akıtmaktadır (9).

Sütün soğutucularda soğutulması da yine bir yüzeyinden soğutucu sıvı geçen plakalı soğutucularda olmaktadır. Soğutma iki kademe yapılır. İlk kademe, soğutucu sıvı olarak pastörize edilmek üzere düzgene giren soğuk süttten yararlanır. Ön soğutucuda süt 18°C'ye kadar soğutulmaktadır. Esas soğutmada da plaka bloklarından yararlanır. Süt burada önce soğuk su geçirilmiş bloklarda 10°C'ye kadar, çok soğuk su geçirilen bölümlerde de 5°C'ye kadar soğutulur ve daha sonra şişeleme ve kartonlama bölümlerine gönderilir. Düzenden geçen sütün ısınma ve soğuması toplam olarak 2-2,5 dakika sürmektedir (8),(9).



Şekil 5. Plakalt ısıtıcı

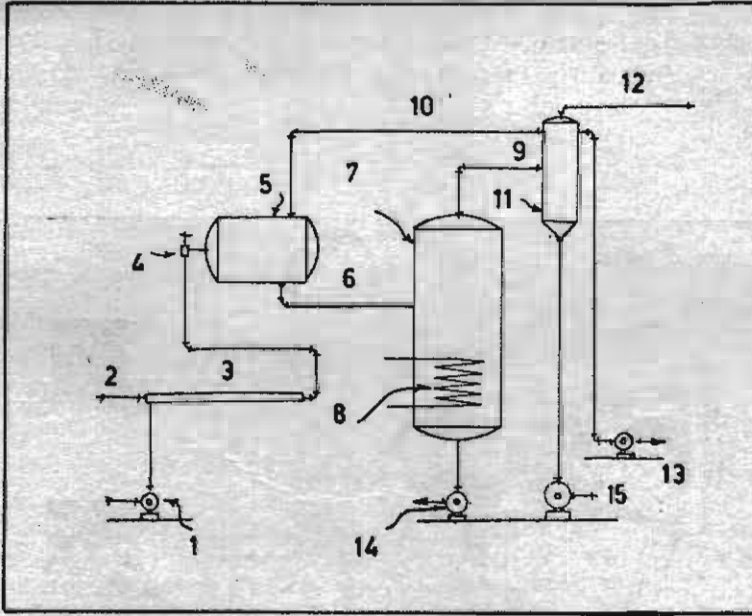
#### 4.2. Vakum Pastörizasyonu

Vakum pastörizasyonu, HTST yöntemlerinden en son olarak geliştirilene olup, son yıllarda üzerinde en çok durulan ve ilgi gören bir pastörizasyon yapma şeklidir. Bu işlem süte, Sharp ve Guthrie tarafından uygulanmış ve daha kaliteli süt elde edildiği bu araştırmacılar tarafından saptanmıştır. Yüksek ısı derecesinde kısa zaman pastörizasyon yönteminde en etkili ve pratik pastörizasyon vakum işleminde elde edilmektedir. (7).

Bu yöntemde süt, flash yöntemindekinden daha yüksek ısıtma sıcaklıklarında ısıtılmakta ve bu bazan 320°F'a kadar ulaşmaktadır. Daha sonra hemen bir vakum odasına alınan sütün içerisinde bulunan ve hoş olmayan kokuları, basınçtaki ani düşme nedeniyle dışarı atılmaktadır. Böylece sütte varlığı istenmeyen kokular yok edilmiş olmaktadır (7).



Bir vakum pastörizasyon düzeni Şekil 6'da görülmektedir. Vakum düzeni süt giriş pompası, kondensatör, su çıkış pompası, ısıtıcı, basınç valfi, iki düşük vakum odası, su çıkış ve hava çıkış pompalarından oluşmaktadır. Süt ilk anda pompayla alınarak düzene sevk edilir. Isıtıcıya yüksek basınçlı buhar enjekte edildikten sonra süt aniden ısıtılır. Yüksek sıcaklığa ulaşan süt ilk vakum odasına alınmaktadır. Burada bir miktar soğutulduktan sonra ikinci vakum odasına sevk edilerek çok yüksek vakumlu bu odada iyice soğutulur. Gerekli su için buharlaşma ısısını düşük basınçlı buhar kazanı sağlamaktadır. Kondensatör, su buharlarını yoğunlaştırmakta ve bu su, boşaltma pompasıyla düzenden dışarı verilmektedir. Sistemdeki hava da diğer bir pompayla dışarı atılır (7).



- |  |   |
|--|---|
| 1. Süt giriş pompası                         | 9. Sistemde oluşan buhar                |
| 2. Yüksek basınçlı buhar girişi              | 10. İlk vakum odasına taze buhar girişi |
| 3. Isıtıcı                                   | 11. Kondensatör (Yoğunlaştırıcı)        |
| 4. Basınç kapama valfi                       | 12. Soğutma suyu                        |
| 5. Düşük vakum odası, ilk soğutucu,          | 13. Hava çıkış pompası                  |
| 6. İkinci vakum odasına süt girişi           | 14. Süt çıkış pompası                   |
| 7. İkinci düşük vakum odası, ikinci soğutucu | 15. Su boşaltma pompası                 |
| 8. Düşük basınçlı buhar kazanı               |   |

Şekil 6. Vakum pastörizasyon düzeni (7)

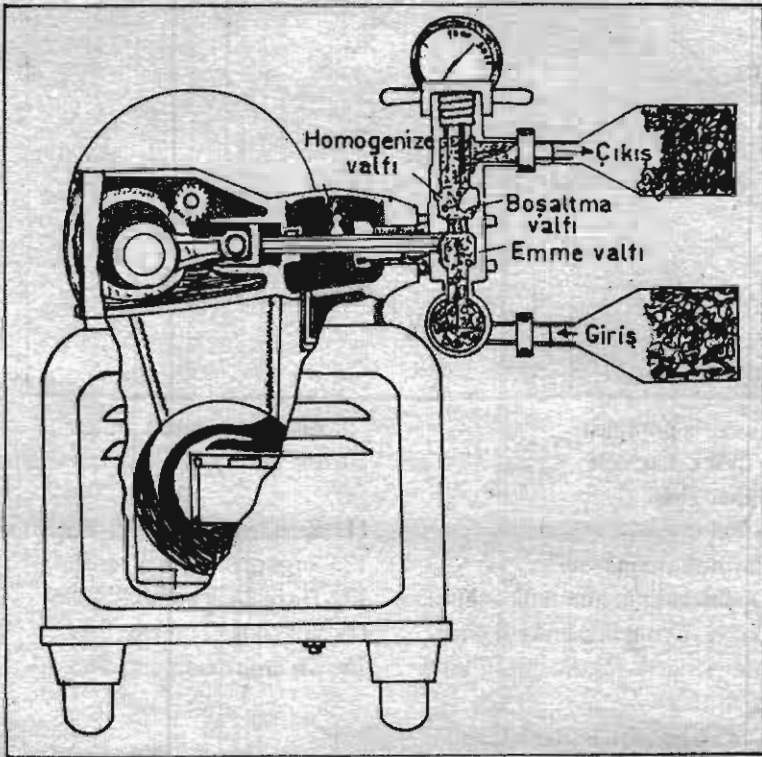
## 5. HOMOJENİZASYON ve HOMOJENİZATÖRLER

Homojenizasyon, sütün çok kuvvetli bir basınç etkisinde bırakılarak yağ taneciklerini birbiriyle birleşmeyecek ve kaymak tabakası meydana getiremeyecek şekilde parçalamaktır.

Homojenize sütün bileşim ve yapıları birbirine benzer ve daha düzgün, sindirimleri kolay, tatları da daha hoş olmaktadır.

Modern pastörizasyon düzenlerinde, sütün ön ısıtma ve filitrelerden geçtikten sonra homojenizatörlerde homojenizasyon işlemine tabi tutulurlar.

Homojenizatörler (Şekil 7), çok kuvvetli basınç oluşturabilen ve enme basma şeklinde çalışan birer tulumbadan ibarettir. Homojenizatöre emilen sütün, çok ince delikli veya halkalı bir valfin üzerinden kuvvetli bir şekilde itilerek ön ısıtma sonucu yumuşamış yağ taneciklerinin iyice parçalanması sağlanır (7),(8)(9).



Şekil 7. Pastörizasyon düzenlerinde kullanılan bir homojenizatör (8)

## YARARLANILAN KAYNAKLAR

1. Farral, A. W., 1958. Dairy Engineering. John Wiley and Sons, Inc., New York, USA.
2. Fouts, E. L., T. R. Freeman, 1948. Dairy Manufacturing Processes. John Wiley and Sons, Inc., New York, USA.
3. Judkins, H.F. and H. A. Keener, 1960. Milk Production and Processing. John Wiley and Sons, Inc., New York, USA.
4. Kiermeier, F., E. Lechner, 1973. Milch und Milcherzeugnisse, Verlag Paul Parey in Berlin und Hamburg.
5. Kurt, A., 1968. Süt ve Sütün İşlenmesi (Çeviri). Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, No. 52, Erzurum.
6. Kurt, A., 1981. Süt Teknolojisi. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, No. 257, Atatürk Üniversitesi Basımevi, Erzurum.
7. Petersen, W.E., 1965. Dairy Science Its Principles and Practice In Production, Management and Processing. J.B. Lippincott Company, USA.
8. Yöney, Z., 1965. Süt Teknolojisi (Genel Sütçülük). Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, No. 249, Ankara Üniversitesi Basımevi, Ankara.
9. Yöney, Z., 1970. Süt ve Mamülleri. Ankara Üniversitesi Yayınları, No. 421 Ankara Üniversitesi Basımevi, Ankara.