

# 1. Sütün asitle pıhtılaşması

Sütün asitliğinin artması, kazein misellerinin yüzey potansiyellerinin azalmasına ve kazeinlerin kalsiyum bağlama kapasitelerinin düşmesine, başka bir deyişle kalsiyumun çözünürlüğünün artmasına yol açar. Bunun sonucunda da, kalsiyum ve inorganik fosfatın ayrılması, yani misellerin demineralizasyonu gerçekleşir.

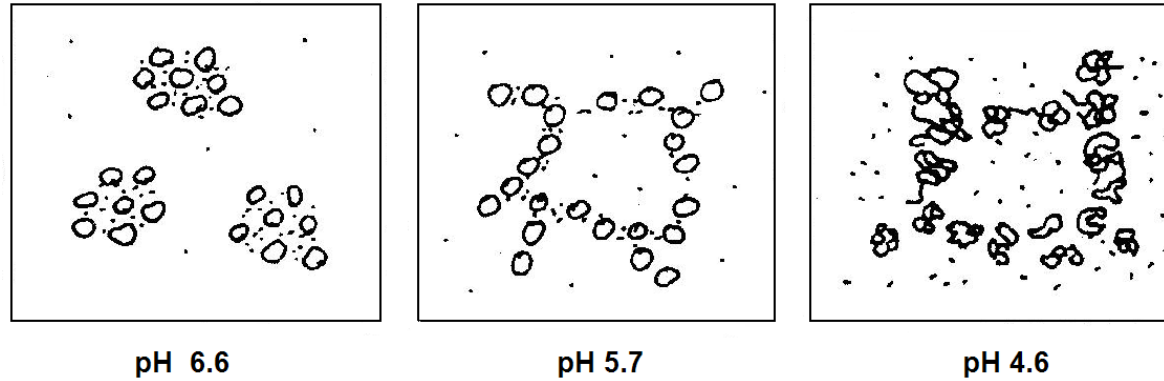
pH 5.7-5.8 olduğunda kolloidal kalsiyum fosfatın yaklaşık % 50'si misellerden ayrılır.

pH 4.8 civarına düştüğünde demineralizasyon hemen hemen tamamlanır,

pH değerinin 4.6'ya, yani izoelektrik noktasına düşmesiyle yükün nötürleşmesi ve hidrasyonun (su içeriğinin) önemli ölçüde azalması, kazeinin kolloidal durumunu kaybederek çökmesine neden olur.

Oluşan pıhtı, bir **asit pıhtısı** olup, önemli ölçüde modifiye ve demineralize olmuş alt-miseller (sub-micelles) ve bunların arasına hapsedilmiş su fazından oluşan bir **protein ağı** niteliği taşır.

Oldukça **kırılgan bir yapı** gösteren asit pıhtısında kazein, misellerdeki kompleks yapısını kaybetmiş durumdadır.



Şekil 5.2. Sütün asitle pıhtılaşmasında misel yapısındaki değişiklik

## 2. Sütün enzimle pıhtılaşması

Dünyada üretilen peynirlerin büyük bölümü (yaklaşık % 75), sütün özel proteolitik enzimlerle pıhtılaştırılması ile elde edilmektedir. Bu enzimlerin kullanıma hazır hale getirilmiş şekilleri de **peynir mayası (rennet)** olarak bilinmektedir.

Sütün enzimle, pıhtılaşması üç aşamada gerçekleşir.

- enzimatik aşama,
- agregasyon (kümeleşme) aşaması
- jelleşme aşamasıdır.

Enzimatik aşamada;

$\kappa$ -kazein, peynir mayasındaki asit proteazlar (rennin) tarafından gerçekleştirilen sınırlı bir proteoliz ile Phe-Met (fenilalanin-metiyonin) (105-106) bağından parçalanarak **para- $\kappa$ -kazein** ve **kazeinomakropeptit** (glikomakropeptit) olmak üzere iki kısma ayrılır.

rennet →

$\kappa$ -Kazein

Para- $\kappa$ -kazein + Glikomakropeptit

(kolloidal)

(çözünür)

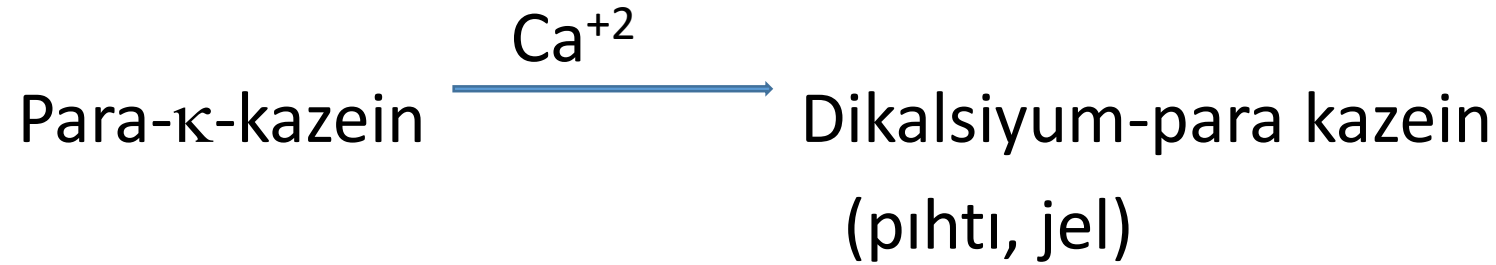
## Agregasyon (kümeleşme) aşamasında;

Misellerdeki  $\kappa$ -kazeinin en az %85'i enzim etkisiyle parçalandıktan sonra, stabiliteleri bozulan kazein miselleri, iyon halinde kalsiyum ( $\text{Ca}^{+2}$ ) varlığında, birbirleriyle birleşerek gözle görülebilir pıhtılar oluştururlar. Bu bir **agregasyon (kümeleşme)** olayıdır.

- Süte uygulanan ısı işlem, serum proteinlerinin denatürasyonuna, sütün kolloidal ve iyon halindeki kalsiyum miktarında değişmelere neden olduğu için, misellerin agregasyonunda etkili olmaktadır.

## Jelleşme aşaması;

Kümeleşen kazein miselleri birleşmeye devam ederek daha büyük partikülleri, bunlar da bir protein ağını, yani protein jelini oluşturur. Bu aşama jelleşme aşaması olarak değerlendirilir.



Sütün enzimle pıhtılaşmasında, süte enzim ilavesinden kesilebilir nitelikte bir pıhtı oluşuncaya kadar geçen toplam pıhtılaşma süresi iki kısımdan oluşur:

1. Gözle görülebilir pıhtıların oluşmasına kadar geçen süre yani; **pıhtı oluşma süresi** (renneting time)

2. Gözle görülebilir pıhtıların oluşmasından pıhtının kesilebilir bir nitelik kazanmasına kadar geçen süre, yani **pıhtının sıkılaştırma süresi** (clot-to-cut time).

□ Pıhtı oluşma süresi, sıkılaştırma süresinin **1/3'ü** kadardır. Süte ilave edilecek maya miktarının belirlenmesinde bu oran dikkate alınır.

## Sütün peynir mayası ile pıhtılaşmasını etkileyen birçok faktör vardır. Bunlar:

| Faktörler                    | Pıhtılaşma süresine etkisi |            |
|------------------------------|----------------------------|------------|
|                              | Kısaltır (+)               | Uzatır (-) |
| Isıl işlem                   |                            | -          |
| Homojenizasyon               | +                          |            |
| Soğuk depolama               |                            | -          |
| Mastitis                     |                            | -          |
| Maya miktarının artması      | +                          |            |
| pH'in düşmesi (6,6→6,0)      | +                          |            |
| Kazein içeriğinde artma      | +                          |            |
| Yağ içeriğinde artma         | +                          |            |
| Sıcaklığın artması (4→35 °C) | +                          |            |
| Kalsiyum içeriğinde artma    | +                          |            |



- Sütün enzimle pıhtılaştırılmasında, enzimatik aşama 0°C'de bile gerçekleşebilir. Ancak; pıhtılaşma 10°C' nin altında gerçekleşmez, 20°C' nin altında pıhtılaşma oldukça yavaş seyreder, sıcaklık bu derecenin üstüne çıktığında pıhtılaşma süresi (40-42°C'ye kadar) kısalır.
- Düşük derecelerde (21-27°C) elde edilen pıhtılar yumuşak ve jelimsi, 30°C'de elde edilenler sıkı ve ufalanmayan nitelikte, 33-36°C'lerde elde edilenler ise, sert ve lastiğimsi nitelikte olmaktadır.
- Yumuşak ve yarı sert peynirlerin yapımında mayalama sıcaklığı olarak 28-32°C'ler, sert peynirlerde ise, 32-35°C'ler kullanılır.

- Süte istenilen sürede pıhtılaşmayı sağlayacak miktarda peynir mayası (rennet) katılır. Bu nedenle katılacak maya miktarının doğru belirlenmesi gerekir. Çünkü pıhtılaşma süresindeki değişim pıhtı niteliğini etkiler.
- Genel bir kural olarak, pıhtılaşma süresi, sert ve yarı sert peynirlerde kısa (30-40 dakika), yumuşak peynirlerde ise uzun (90-150 dakika) tutulur.
- Peynir mayası miktarının doğru olarak hesaplanabilmesi için, her peynir çeşidi için önceden belirlenen ve sabitlenen mayalama koşullarında, kullanılacak mayanın kuvvetinin belirlenmesi gerekir.

## Pıhtı kesim olgunluğunun belirlenmesi

Peynir yapımında pıhtı kesim olgunluğunun belirlenmesi, gerek peynir kalitesi, gerekse randıman yönünden son derece önemlidir.

- Eğer pıhtı **erken** yani, yumuşakken kesilirse, pıhtı tozu denilen parçacıklar oluşmakta, böylece, yağ ve protein kaybı ortaya çıkarak randıman düşmektedir. Pıhtıda fazla su kalması nedeniyle, olgunlaşma döneminde sorunlar ortaya çıkmaktadır.
- Pıhtı **geç** kesilirse, sertleşmesi nedeniyle işlenmesi güçleşir. Pıhtıda oluşan kopmalar sonucu kayıplar artar ve randımanda düşme olur.

Pıhtının en yüksek elastikiyete eriştiği anda kesilmesi gerekir.

**Enstrümental yöntem;**

-Lactodynamograph vb. aletler kullanılmaktadır.

**Ampirik yöntemler;**

-teorik yöntem (pıhtı oluşma süresi ve pıhtı sıkılaştırma süresi),

-pıhtının kesilmesi yöntemi (bıçakla)

-pıhtının tekne kenarından ayrılması

-asitlik belirleme yöntemi (Sert ve yarı sert peynirlerde asitlikteki 1.0-1.5 °SH, yumuşak peynirlerde ise 1.5-2.0 °SH artış kontrol edilerek)

## **Pıhtının kesilmesi ve sinerez**

- ❑ Kesim olgunluğuna gelen pıhtı, peyniraltı suyunun ayrılması ve pıhtıya istenilen Őeklin verilmesi için, önce pıhtı kesim bıçakları yardımıyla değişik boyutlarda kesilir.
- ❑ Genel bir kural olarak, sert ve yarı sert peynirlerin yapımında pıhtı küçük (pirinç, bezelye iriliğinde), yumuşak peynirlerin yapımında ise büyük (fındık, ceviz iriliğinde) kesilir.

Sinerez, pıhtılaşıan proteinlerin oluşturduğu düzenli bağların kasılması olayıdır. Sinerezle birlikte peyniraltı suyu pıhtıdan yavaş yavaş ayrılır. Sinerezi etkileyen birçok faktör vardır. Bunlar aynı zamanda pıhtının reolojik niteliklerini de etkilerler

| Faktörler                           | Reolojik niteliğe etki | Sinereze etki |
|-------------------------------------|------------------------|---------------|
| pH'nın düşmesi (6.6 →6.0)           | +                      | +             |
| Sıcaklığın yükselmesi (25°C → 35°C) | +                      | +             |
| Maya miktarının artması             | +                      | +             |
| Kalsiyum klorür ilavesi             | + -                    | -             |
| Sütün yağ içeriğinin artması        | +                      | +             |
| Sütün protein içeriğinin artması    | -                      | -             |
| Sütün homojenizasyonu               | -                      | -             |
| Sütün soğukta depolanması           | -                      | -             |
| Pastörizasyon sıcaklığının artması  | +                      | -             |
| Koyulaştırma                        |                        |               |

Bunların yanında pıhtıya uygulanan işlemler de sinerezi etkilemektedir. Bunlar; pıhtının kesilmesi, pıhtının karıştırılması, pıhtının ısıtılması, pıhtının peyniraltı suyundan ayrılması ve tuz ilavesi gibi faktörlerdir. Pıhtının küçük boyutlarda kesilmesi sinerezi artırır.

## Pıhtıya uygulanan diğer işlemler

Temel işlemlerden başka, peynir çeşidine göre pıhtıya daha değişik işlemler de uygulanır. Örneğin;

□ Bazı peynir çeşitlerinde (Edam, Gouda), asitliği düzenlemek ve daha yumuşak bir tat elde etmek amacıyla pıhtı, peyniraltı suyu karışımına sıcak su ilave edilir.

□ Bazı peynir çeşitlerinde (Cheddar) ise, pıhtı belirli bir düzeyde asitlendirilir



## Telemenin (Taze peynirin) preslenmesi ve şekil verme

Pıhtının tam olarak süzülmesi ve istenilen kuru madde oranına erişmesi için yapılan son işlem **presleme**dir. Pıhtı ya direkt olarak (Beyaz peynirlerde olduğu gibi) yada kalıplandıktan sonra preslenir. Amaç;

- pıhtı tanelerinin kaynaşmasını hızlandırmak,
- kalan peynir suyunu uzaklaştırmak,
- peynire şekil vermek
- kabuk oluşumunu kolaylaştırmaktır.

Pıhtının peyniraltı suyundan ayrılarak, birleşmesi ve kaynaşması yani **teleme (taze peynir)** haline dönüşmesi gerekir. Dış basınç ortadan kaldırıldığında telemeye aldığı yeni şekli korumalıdır. Bu da **presleme**yle gerçekleştirilir.

- ❑ Şekil alma özelliği düşük olan telemelerden elde edilen peynirlerde yapısal bozukluklar (delik, çatlak vb.) oluşur.
- ❑ Presleme, ya kendi ağırlığı ile baskılama şeklinde ya da özel presler kullanılarak yapılır.
- ❑ **Presleme düşük basınçla başlamalı ve kademeli olarak artırılmalıdır. Baskı işlemi erken başlarsa ve yüksek basınç uygulanırsa peynirde kalan su artar.**
- ❑ Ayrıca presleme öncesinde ve esnasında hızlı sıcaklık düşüşlerinden kaçınılmalıdır. Çünkü bu durum pıhtı taneciklerinin kaynaşmasını ve kabuk oluşumunu engeller.
- ❑ Presleme ile peynir kalitesi arasında sıkı bir ilişki olduğu için preslemede basınç, süre, asitlik ve sıcaklık gibi parametrelere dikkat edilmelidir.

# Tuzlama

Kesilerek, peyniraltı suyu ayrılan pıhtı, yapılacak peynir çeşidine göre değişik aşamalarda ve farklı şekillerde tuzlanır. Tuzlama farklı yöntemlerle yapılabilir.

Peynir teknolojisinde uygulanan tuzlama yöntemleri şunlardır:

1. Süte tuz katılması (Domiatı)
2. Pıhtı, peyniraltı suyu karışımına tuz katılması
3. Kuru tuzlama
  - Telemeye kuru tuz katılması
  - Kalıplanmış (şekillendirilmiş) peynirlerin yüzeyine kuru tuzun sürülmesi

4. Salamurada tuzlama (Beyaz vd)
5. İki yöntemin birlikte kullanımı ile yapılan tuzlama (Mozzarella)

### **1. Süte tuz katılması**

Bu yöntem, çiğ sütün korunmasının zor olduğu sıcak ülkelerde uygulanan bir yöntemdir. Daha çok çiğ sütün korunmasına yönelik olan bu yöntemde, süte %5-15 oranlarında tuz ilave edilir.

- Yöntem, sütün pıhtılaşma niteliğini olumsuz etkiler.
- Pıhtılaşma süresi uzar, pıhtı sıklığı azalır.
- Ayrıca peyniraltı suyunu değerlendirmek zorlaşır.

## 2. Pıhtı, peyniraltı suyu karışımına tuz katılması

Yöntem, peynir altı suyunun bir kısmının (%10-30) ayrılmasından sonra, geride kalan pıhtı-peyniraltı suyu karışımına tuz katılarak uygulanır. Bu şekilde yapılan tuzlamada, pıhtıdan suyun ayrılması kolaylaşır. Ayrıca, pıhtıdaki bakteri ve enzim aktiviteleri kontrol edilebilir. Yöntem daha çok yumuşak peynirlerin yapımında kullanılır.

## 3. Kuru tuzlama

Çok kullanılan bir yöntemdir. İki şekilde uygulanır. Birinci şekilde, peyniraltı suyu ayrılmış, yani süzülmesi tamamlanmış telemeye kuru tuz katılarak karıştırılır. Cheddar ve **Tulum peynirlerinde** tuzlama bu şekilde yapılır.

İkinci şekilde ise, preslenmiş ve şekillendirilmiş taze peynirlerin yüzeyi kuru tuzla ovulur. Bu yöntemde, tuzun iriliği 1-2 mm kadar olmalı ve tuzun peynir yüzeyinde homojen dağılımı sağlanmalıdır. Bu şekilde yapılan tuzlama, Kaşar Tilsit, **Emmental** gibi peynirlerin yapımında kullanılır.

#### **4. Salamurada tuzlama**

En yaygın kullanılan tuzlama yöntemlerinden birisi de salamurada tuzlamadır. Bu yöntemde şekillendirilmiş peynirler, **%14-24 tuz içeren salamuralara** daldırılarak tuzlanır. Bu yöntem, diğerlerine göre, verimliliği yüksek olan bir yöntemdir. Ayrıca, peynire tuz geçişi daha homojen olur.

Salamuradaki tuz konsantrasyonu sert peynirlerde %20-24, yarı sert peynirlerde %18-21 ve yumuşak peynirlerde %16-20 düzeyinde olmalıdır. Tuz konsantrasyonu kesinlikle %10'un altına düşmemelidir. Salamura sıcaklığı, sert ve yarı sert peynirler için 8-16°C, yumuşak peynirler için ise, 16-20°C'dir. Salamuranın asitliği de telemeninkine uygun olmalıdır.

## **5. İki yöntemin birlikte kullanımı ile (Kombine) yapılan tuzlama**

Bazı durumlarda yukarıda belirtilen tuzlama yöntemleri birlikte de kullanılabilir. Telemenin haşlandığı durumlarda haşlama suyuna tuz katarak da (Kaşar peynirinde olduğu gibi) tuzlama yapılabilir.

- ❑ Peynirler genel olarak olgunlaştırıldıktan sonra tüketilenler ve olgunlaştırılmadan tüketilenler olmak üzere ikiye ayrılır.
- ❑ Olgunlaşma; her peynir çeşidinin kendine özgü, yapı, tat ve aroma gibi özellikleri kazanabilmesi için, belirli koşullarda (sıcaklık, nem vb), belirli bir sürede geçirdiği değişimlerin tamamıdır. Bu aşamada, taze peynirde, fiziksel, mikrobiyolojik ve enzimatik etkileşimler sonucu karmaşık biyokimyasal olaylar meydana gelir.



- Telemdeki enzimlerin etkisiyle, **glikoliz, proteoliz ve lipoliz** gibi enzimatik reaksiyonlar gerçekleşmekte, bunların sonucunda da, asitler, alkoller, esterler, aldehitler, ketonlar, hidrokarbonlar, peptitler, aminoasitler, aminler ve benzeri maddeler meydana gelmekte, boyece peynir kendine özgü yapı, tat ve aroma gibi özellikleri kazanmaktadır.
- Olgunlaşmada etkili olan enzimler, esas olarak, **peynir mayası** (rennet) enzimleri, **sütün doğal enzimleri** ve **starter kültür** olarak kullanılan mikroorganizmaların enzimleridir. Olgunlaşmayı hızlandırmak için ilave enzimler kullanıldığında, bunlarda olgunlaşmada etkili olmaktadır. Genellikle peynirin karakteristik özelliklerini, ikincil mikroorganizmalar olarak nitelendirilen kontaminantlar belirler.

□ Olgunlaşmada meydana gelen değişimlerden birisi, **laktozun** tamamına yakın bölümü birkaç gün içinde **laktik aside** dönüşmesidir. Ortamda heterofermentatif laktik asit bakterileri bulunması durumunda, laktozdan laktik asidin yanı sıra asetik asit, etil alkol, propiyonik asit, formik asit, asetaldehit, diasetil ve CO<sub>2</sub> gibi ürünler de oluşur.

□ Peynir olgunlaşmasında **proteoliz** de önemlidir. Proteolizde kazein önce büyük molekül ağırlıklı peptitlere, daha sonra da küçük molekül ağırlıklı peptitlere ve ardından da serbest aminoasitlere parçalanır. Oluşan aminoasitler olgunlaşmanın ileri aşamalarında parçalanır ve **aminler, amonyak, ketoasitler, aldehitler** gibi ürünler oluşur.

□ Proteolizin ilk aşamasında pıhtılaştırıcı enzimler etkili olmaktadır. İleriki aşamalarında, starter kültür enzimleri ve diğer kaynaklardan (sütten, kontaminatlardan) gelen enzimler etkili olmaktadır. Bu parçalanmalar sonucu oluşan ürünlerin farklı tatları vardır. Örneğin; prolin amino asidi tatlı, triptofan amino asidi acıdır. Bu nedenle proteolizin düzeyi iyi ayarlanmalıdır. Yetersiz proteoliz gibi, fazla proteoliz de peynirlerde kusurlara neden olur.

□ Olgunlaşma aşamasında meydana gelen değişimlerden birisi de **lipolizdir**. Lipidlerin enzimatik yolla parçalanması telemede bulunan lipolitik enzimler tarafından gerçekleştirilir. Lipoliz sonucunda ortaya çıkan **yağ asitleri** ve onların parçalanmaları sonucu ortaya çıkan ikincil ürünler, peynirin tat ve aromasında aminoasitler ve onların parçalanma ürünlerinden daha etkilidir.

□ Olgunlaşma önemsiz düzeylerde **oksidasyon** da oluşabilmektedir.

Peynirde olgunlaştırmayı etkileyen faktörler:

- ❑olgunlaşma ortamının (depoların) sıcaklığı,
- ❑nem içeriği ve hava kompozisyonu
- ❑peynirin su içeriği,
- ❑tuz içeriği,
- ❑enzim içeriği
- ❑asitlik

Genel olarak yumuşak peynirlerin olgunlaşma süresi (10-30 gün) kısa, sert ve yarı sert peynirlerin ise uzundur (3-12 ay).

## Peynirin randımanı

Genel anlamıyla randıman, belirli ağırlıktaki sütten elde edilen peynir miktarı olarak tanımlanmaktadır.

Bunlardan teorik randıman basit olarak aşağıdaki şekilde hesaplanabilir:

$$\text{Teorik randıman, \%} = \frac{50 \times \text{süt kurumaddesi (\%)}}{\text{Peynir kurumaddesi (\%)}}$$

Beyaz peynir yapımında, kullanılan sütün kurumadde oranı %12, Beyaz peynirde istenen kurumadde oranı %40 ise;

$$\text{Teorik randıman, \%} = \frac{50 \times 12}{40} = 15 \text{ olur.}$$

**Gerçek randıman** ise aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$\text{Gerçek randıman, \%} = \frac{\text{Peynirin ağırlığı (kg)}}{\text{Sütün ağırlığı (kg)}} \times 100$$

Beyaz peynir yapımında, 500 kg sütten 70 kg peynir elde edilmiş ise;

$$\text{Gerçek randıman \%} = \frac{70}{500} \times 100 = 14 \text{ olur.}$$

Genel olarak peynir randımanını bir çok faktör etkiler. Bunlar;

- sütün bileşimi ve özellikleri
- süte uygulanan işlemler (soğutma, ısı işlem, homojenizasyon vb.)
- kullanılan peynir mayası
- starter kültür ve katkı maddeleri