

SÜTÜN PIHTILAŞTIRILMASI VE PIHTININ İŞLENMESİ

Pıhtılaştırma ya organik asitlerle (asitle pıhtılaştırma) ya da peynir mayası ile, yani proteolitik enzimlerle (enzimle pıhtılaştırma) gerçekleştirilmektedir.

Sütün asitle pıhtılaştırması

Sütün asitliğinin artması (bu değişik şekillerde olabilir) kazeinlerin asidik karakterdeki fonksiyonel gruplarının (aspartik, glutamik ve fosfoserin rezidüleri) iyonizasyonunu geriletir. Bu durum, kazein misellerinin yüzey potansiyellerinin azalmasına ve kalsiyumun çözünürlüğünün artmasına yol açar. Bunun sonucunda da, kalsiyum ve inorganik fosfatın ayrılması, yani misellerin demineralizasyonu gerçekleşir. Ortamın pH'sı 5.7-5.8 olduğunda kolloidal kalsiyum fosfatın yaklaşık % 50'si misellerden ayrılır. Bu aşamadan sonra, misel yapısındaki parçalanmalar nedeniyle, sütün reolojik niteliklerinde meydana gelen değişimler gözlemlenebilir. Asitliğin artması esnasında, misellerde ve kazeinlerin dördüncü yapılarında önemli değişimler olur, pH 4.8 civarına düştüğünde demineralizasyon hemen hemen tamamlanır, pH değerinin 4.6'ya, yani izoelektrik noktasına dönüşmesiyle yükün nötrlenmesi ve hidrasyonun (su içeriğinin) önemli ölçüde azalması, kazeinin kolloidal durumunu kaybederek çökmesine neden olur. Oluşan pıhtı, bir asit pıhtısı olup, önemli ölçüde yapıları değişmiş ve demineralize olmuş alt-miseller (sub-micelles) ve bunların arasına hapsedilmiş su fazından oluşan bir protein ağı niteliği taşır. Oldukça kırılabilir bir yapı gösteren asit pıhtısında kazein, misellerdeki kompleks yapısını kaybetmiş durumdadır. Bu dönüşüm aşağıdaki şekilde gösterilebilir:

Kalsiyum kazeinat fosfat kompleksi + laktik asit → Asit kazein jeli + kalsiyum laktat + kalsiyum fosfat
(çözünmez) (çözünür) (çözünür)

5.4.7.2. Sütün enzimle pıhtılaştırması

Dünyadaki peynirlerin yaklaşık % 75'i sütün proteolitik enzimlerle pıhtılaştırılmasıyla elde edilmektedir. Bu enzimlerin kullanılabilen şekilleri ise peynir mayası (rennet) olarak bilinmektedir.

Sütün enzimle (peynir mayası) ile pıhtılaştırması üç aşamada gerçekleşir:

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

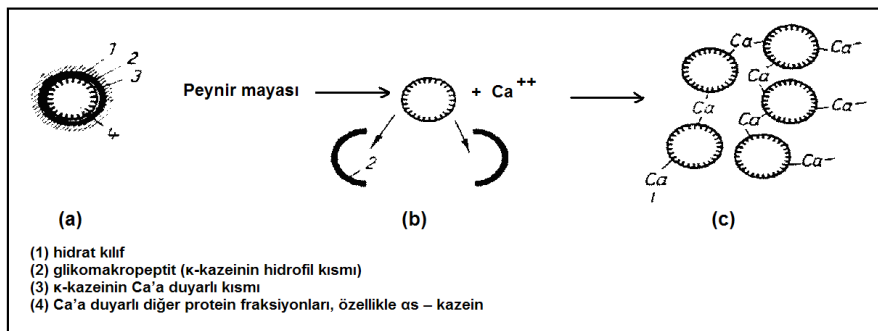
Enzimatik aşamada κ -kazein, peynir mayasındaki asit proteazlar (rennin) tarafından sınırlı bir proteoliz ile Phe-Met (fenilalanin-metiyonin) (105-106) bağından parçalanarak para- κ -kazein ve kazeinomakropeptit (glikomakropeptit) olmak üzere iki kısma ayrılır. Bunlardan para- κ -kazein oldukça hidrofobik olup miseller üzerinde tutulur. Kazeinomakropeptit ise, hidrofilik olup, misellerden ayrılarak seruma geçer. Bu durum, κ -kazeinin misel stabilitesi üzerindeki koruyucu etkisinin kaybolmasına ve pıhtılaşma için bir zeminin oluşmasına neden olur.

Misellerdeki κ -kazeinin en azından %85'i enzim etkisiyle parçalandıktan sonra, stabiliteyi bozulan kazein miselleri, iyon halinde kalsiyum varlığında, birbirleriyle birleşerek gözle görülebilir pıhtılar oluştururlar. Bu bir agregasyon (kümeleşme) olayıdır.

Kümeleşen kazein miselleri birleşmeye devam ederek daha büyük partikülleri, bunlar da bir protein ağını, yani protein jelini oluşturur. Bu aşama jelleşme aşaması olarak değerlendirilir. Kazeinin enzimle (rennetle) pıhtılaşması (Şekil 5.3 ve 5.4) aşağıdaki şekilde gösterilebilir.

κ -kazein rennet Para- κ -kazein + Glikomakropeptit
(kolloidal) (çözünür)

Para- κ -kazein Ca^{+2} Dikalsiyum-para kazein
(pıhtı, jel)



Kazein pıhtılaşmasının şematik görünümü. a) kazein miseli, b) koruyucu kolloid etkisiz kazein, c) Jel (kalsiyum parakazeinat) (Koçak 2015)

Sütün enzimle pıhtılaştırılmasında; enzimatik aşama $0^{\circ}C$ 'de bile gerçekleşebilir, pıhtılaşma $10^{\circ}C$ 'nin altında gerçekleşmez, $20^{\circ}C$ 'nin altında oldukça yavaş seyrederek, bu derecenin üstüne çıktığında pıhtılaşma süresi ($40-42^{\circ}C$ 'ye kadar) kısalmaktadır.

Yumuşak ve yarı sert peynirlerin yapımında mayalama sıcaklığı olarak 28-32°C'ler, sert peynirlerde 32-35°C'ler kullanılır. Yağ oranının yüksek olduğu durumlarda, verilen sınırlardaki yüksek sıcaklık derecelerinin seçilmesi gerekir. Peynir yapımında mayalama sıcaklığının iyi belirlenmesi yanında mayalanma sırasında sabit kalmasına da dikkat edilmelidir.

Pastörize edilmiş, kalsiyum klorür ve starter katılmış süt asitliğin 6,5-6,3 pH ya gelmesi beklenir. Bu aşamada sütün olgunlaşması sağlanır. Sütün asitliği istenilen düzeye geldiğinde, istenilen sürede pıhtılaşmayı sağlayacak miktarda peynir mayası (rennet) katılır.

Genel bir kural olarak, pıhtılaşma süresi, sert ve yarı sert peynirlerde kısa (30-40 dakika), yumuşak peynirlerde ise uzun (90-150 dakika) tutulur.

Kullanılacak maya toz, tablet ya da sıvı olabilir. Bunların kullanımında etiket bilgilerinin dikkate alınması ve kullanılmadan önce temiz su ile seyreltilmesi gerekir. Bu işlem homojen bir pıhtı oluşumu açısından önemlidir. Hazırlanan maya çözeltisi sürekli karıştırılan süte yavaş yavaş katılmalı ve karıştırma süresi, sütün pıhtılaşmaya başlama süresi dikkate alınarak kısa tutulmalıdır.

5.4.7.3. Süte katılacak peynir mayası miktarının hesaplanması

Süte katılacak peynir mayası miktarının doğru olarak hesaplanabilmesi için, mayanın kuvvetinin bilinmesi gerekir. Maya kuvveti, mayalamaya hazır hale gelmiş sütte belirlenmelidir.

Maya kuvveti; Bir birim mayanın 35°C'deki (mayalama sıcaklığı) normal (taze) süttten 40 dakikada (2400 sn) pıhtılaştırdığı miktardır. Örneğin; 1 ml maya belirlenen koşullarda 10 000 ml sütün pıhtılaştırmışsa, bu mayanın kuvveti 1/10 000'dir. İşletmede maya kuvvetini belirlemek için, mayalama teknesine alınan süttten 250 ml alınarak, buna 1 ml maya (su ile seyreltilerek) ilave edilir. Bu anda kronometre çalıştırılarak gözle görülebilir ilk pıhtıların oluşmasına kadar geçen süre belirlenir. Bu arada süt yavaş yavaş karıştırılır. Pıhtılaşma süresi saptandıktan sonra, aşağıdaki eşitlikten maya kuvveti belirlenir.

$$2400 \times V$$

Maya kuvveti= -----

$$T \times v$$

V: süt miktarı (ml) v: maya miktarı (ml) t: pıhtı oluşma süresi (sn)

Yukardaki miktarlarda süt ve maya kullanıldığında pıhtılaşma süresi 60 saniye saptanmışsa;

$$2400 \times 2$$

Maya kuvveti = ----- = 10 000 yani, 1/ 10 000'dir.

$$60 \times 1$$

Sütün enzimle pıhtılaşmasında, toplam pıhtılaşma süresi iki kısımdan oluşur:

a) enzim ilavesinden gözle görülebilir pıhtıların oluşmasına kadar geçen süre (pıhtı oluşma süresi (renneting time));

b) gözle görülebilir pıhtıların oluşmasından pıhtının kesilebilir bir nitelik kazanmasına kadar geçen süre (pıhtının sıkılaşma süresi)

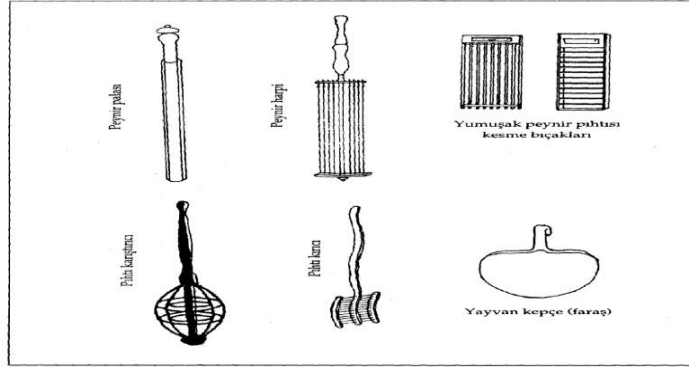
Pıhtı oluşma süresi ile pıhtı sıkılaşma süresi arasında az değişken olan bir oran vardır. Bu oran çeşitli faktörlere (ısı işlem, sütün türü vb) bağlı olarak değişebilmektedir. Genel olarak pıhtı oluşma süresi, sıkılaşma süresinin 1/3'ü kadardır. Süte ilave edilecek maya miktarının belirlenmesinde bu oran dikkate alınır. Ancak bu oran 1/2 ile 1/4 arasında değişir. Yani, bazı durumlarda sıkılaşma süresi pıhtı oluşma süresinin iki katı, bazı durumlarda 3 katı, bazı durumlarda ise 4 katı olabilir. Şirden mayası kullanılarak pastörize inek sütünden elde edilen pıhtılarda bu oran çoğunlukla 1/3 düzeyindedir. Yani sıkılaşma süresi, pıhtı oluşum süresinin üç katıdır.

Pıhtı kesim olgunluğunun belirlenmesi ve pıhtının kesilmesi

Pıhtı kesim olgunluğunun belirlenmesi, peynir kalitesi, ve randıman yönünden önemlidir. Kesim sırasında pıhtının belirli bir sertlikte olması ve kesime karşı yeterli bir direnç göstermesi gerekir. Eğer pıhtı erken yani, yumuşakken kesilirse, pıhtı tozu denilen parçacıklar oluşmakta, böylece, yağ ve protein kaybı ortaya çıkarak randıman düşmektedir. Ayrıca, pıhtıda fazla su kalması nedeniyle, olgunlaşma döneminde sorunlar ortaya çıkmaktadır. Pıhtı geç kesilirse, sertleşmesi nedeniyle işlenmesi güçleşir. Aynı zamanda pıhtıda oluşan kopmalar sonucu kayıplar artar ve randımanda düşme olur. Bu nedenle pıhtının en yüksek elastikiyete eriştiği anda kesilmesi gerekir. Pıhtı kesim olgunluğunun belirlenmesinde, enstrümental ve ampirik yöntemler kullanılmaktadır. Pıhtı kesim olgunluğunun doğru belirlenmesi için "Lactodynamograph" vb aletler geliştirilmiş olmakla birlikte, pratikte daha çok ampirik yöntemler kullanılmaktadır. Pratik uzun gözlemlere dayanan ampirik yöntemlerde; pıhtının bir bıçakla düzgün bir şekilde kesilmesiyle de saptanabilir. Eğer pıhtı düzgün bir şekilde parçalanmadan ayrılıyorsa ve dağılmadan alınabiliyorsa, berrak yeşilimsi-sarı renkte peyniraltı suyu ayrılıyorsa, pıhtı kesime hazır hale gelmiş demektir. Ayrıca, pıhtıya tekne kenarına yakın bir yerden, basınç uygulandığında (elle ve başka bir şekilde), pıhtı tekne kenarından kolaylıkla

(yırılmadan) ayrılabilirse kesim zamanı gelmiş demektir. Bunlar yanında, peynir sütünde asitliğinin artışı (1.0- 2.0 °SH olmalıdır. Peyniraltı suyunun asitliğine göre karar verilecekse, bunun maya katım anındaki sütün asitliğinden 1.5-2.0 °SH düşük olması gerekir.

Kesim olgunluğuna gelen pıhtı, peyniraltı suyunun ayrılması ve pıhtıya istenilen şeklin verilmesi için, önce pıhtı kesim bıçakları yardımıyla değişik boyutlarda kesilir. Pıhtıyı kesmek için farklı şekillerde bıçaklar kullanılır.



Pıhtının elle kesilip kırılmasında kullanılan çeşitli araç- gereçler (Koçak 2015)

Pıhtı kesimi peynir kalitesini ve randımanını etkilediği için dikkatli yapılmalıdır. Genel bir kural olarak, sert ve yarı sert peynirlerin yapımında pıhtı küçük (pirinç, bezelye iriliğinde), yumuşak peynirlerin yapımında ise büyük (fındık, ceviz iriliğinde) kesilir. Kesim işlemi değişik şekillerde yapılabilir. Yumuşak peynirlerde genel olarak bir defada gerçekleştirilirken, sert peynirlerde süreklilik gösterir. Kesme işleminin yapılması sırasında pıhtının tozlanmaması yani, kırıntı oluşmaması gerekir.

Yeni oluşan bir pıhtı stabil değildir. Pıhtının reolojik niteliği sinerez sırasında gelişmektedir. Sinerez, pıhtılaştıran proteinlerin oluşturduğu düzenli bağların kasılması olayıdır. Sinerezle birlikte peyniraltı suyu pıhtıdan yavaş yavaş ayrılır. Süzülme, sinerezin bir sonucu olup, değişik şekillerde gerçekleştirilebilir. sinerez çoğu kez peyniraltı suyunun pıhtıdan ayrılması anlamında kullanılmaktadır.

Pıhtının küçük boyutlarda kesilmesi, serum içinde pıhtının karıştırılması, pıhtının ısıtılması ve nedenle pıhtının serum dışına alınması sinerezi artırır. Yumuşak peynir çeşitlerinde kesilen pıhtının boyutları büyüktür, süzülme pıhtı kendi haline bırakılarak gerçekleştirilir.

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

fermentasyon aşaması geçirdikten sonra kalıplanır. Plastikleştirilmiş telemelerden elde edilen peynir çeşitlerine Pasta Filata (plastik teleme) peynirleri denir. Kaşar, Mozzarella bu tip peynirlere örnek gösterilebilir. Bu tip peynirlerin yapımında pıhtı önce hafif preslenir, sonra fermentasyona bırakılır. Bu aşamada demineralizasyon gerçekleşir ve kalsiyumun bir kısmı kalsiyum laktat haline dönüşür. Yani, toplam kalsiyum içindeki çözülmüş kalsiyum oranı %5'lerden %40'lara yükselir. Bu dönüşümün düzeyi çok önemlidir. Çünkü pıhtının işlenebilirlik özelliklerini belirler. Bu dönüşüm aşağıdaki gibi gösterilebilir.

Dikalsiyum parakazeinat + laktik asit → monokalsiyum parakazeinat + Ca-laktat

Pıhtıdan çıkan peyniraltı suyunun ortamdan uzaklaştırılması yani süzülme, değişik şekillerde yapılabilir. Pıhtıdan peyniraltı suyunun süzülmesi, yumuşak peynirlerin yapımında pıhtı kesiminden hemen sonra yapılır. Fakat, sert ve yarı sert peynirlerde pıhtı tanelerinin istenilen özellikleri kazanmasından (kalıplama olgunluğuna gelme) sonra yapılır. Süzme bezleri (cendere bezi) kullanılarak ya da delikli metal tekneler veya süzme düzenekleri (titreşimli süzme bantarı, süzme silindirleri vb.) yardımıyla yapılabilir. Bazı durumlarda pıhtı, peyniraltı suyu karışımı direkt olarak kalıplara aktararak süzme kalıplarda gerçekleştirilir. Bazı peynirlerin yapımında ise, pıhtı peynir teknesinin kenarlarına toplanarak süzülür. Özel kalıplarda şekillendirilen pıhtının kalıplara alınabilmesi için kalıplama olgunluğuna gelmesi gerekir. Peynir kalıpları paslanmaz çelikten, PP (Polipropilen) ve PVC (Polivinil klorür) gibi plastiklerden yapılabilir. Çoğunlukla dikdörtgen, kare ve dairesel şekillerde olan kalıplar kullanılır.

Telemenin (Taze peynirin) preslenmesi ve şekil verme

Pıhtının tam olarak süzülmesi ve istenilen kuru madde oranına erişmesi için yapılan son işlem preslemedir. Pıhtı ya direkt olarak (Beyaz peynirlerde olduğu gibi) yada kalıplandıktan sonra, pıhtı tanelerinin kaynaşmasını hızlandırmak, kalan peynir suyunu uzaklaştırmak, peynire şekil vermek ve kabuk oluşumunu kolaylaştırmak amacıyla preslenir. Presleme, ya kendi ağırlığı ile baskılama şeklinde ya da özel presler kullanılarak yapılır. Presleme düşük basınçla başlamalı ve basınç 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.