

## BÖLÜM 4

# SOĞUTMANIN SÜT BİLEŞENLERİNE ETKİLERİ VE SOĞUK MUHAFAZAYA ALTERNATİF YÖNTEMLER

### A- Soğutmanın süt proteinlerine etkileri

Sütün kolloidal dispers fazını kazein miselleri oluşturmaktadır. Çapları 30-300 nm arasında değişen miseller, kazein ile kalsiyum, magnezyum fosfat ve sitrat tuzlarından oluşmuştur. Kazein ise tek bir protein olmayıp birçok fraksiyonu bulunmaktadır. Kazein fraksiyonlarından  $\beta$ -kazein ısıya çok duyarlı olup, normal oda sıcaklığında molekül ağırlığı yüksek polimerler, 0-4 °C'de ise monomerler oluşturmaktadır.  $\beta$ -kazein'in bu özelliği, 25 °C'de 0.03 M kalsiyum (Ca) konsantrasyonunda çözünmemesinden, buna karşın 0-4 °C'de çözünmesinden ileri gelmektedir. 0-4 °C'de  $\beta$ -kazein'in çözünerek ayrılması nedeniyle orijinal kazein misellerinin boyutları küçülmektedir. Benzer bir durum serin proteinazlarında da görülmektedir. Bu enzim de düşük sıcaklıklarda misellerden ayrılmaktadır. Düşük sıcaklık derecelerinde  $\beta$ -kazein ve tripsin benzeri proteinazların serum fazındaki artışı  $\beta$ -kazein'in bir fragmenti olan  $\gamma$  (gamma) kazein miktarını da arttırabilmektedir. Eriyebilir kazein oranı 20 °C'de tüm kazeinin %5-7'si iken bu oranın 2 °C'de %15-20'ye yükseldiği görülmektedir. Bu durum,  $\beta$ -kazein'in farklı sıcaklıklarda farklı eriyebilme yeteneği göstermesinden kaynaklanmaktadır. Yapılan araştırmalarda, 35 °C'deki eriyebilir kazeinin %34'ünün, 4 °C'de ise eriyebilir kazeinin %47'sinin  $\beta$ -kazein'den oluştuğu belirlenmiştir. Bir başka araştırmada ise 2 °C'de 24 ve 48 saat bekletilen sütlerde misel boyutunun küçüldüğü, aynı sütlerin oda sıcaklığında 24 saat bekletilmesi durumunda ise misellerin eski boyutlarına ulaştığı belirlenmiştir. Bu durumda değişim ise tersinir olmakla birlikte düşük derecelerde misellerden ayrılmış olan  $\beta$ -kazein oda sıcaklığında misellere orijinal konumunda bağlanamadığından sadece misel yüzeyine adsorbe olmaktadır. Bu durumda misel strüktüründeki değişim tersinmez karakter taşımaktadır.

Kazein miselinin strüktüründe görülen bu değişikliğin yanı sıra misellerin bileşimi de değişmektedir. 0-5 °C'de kazein miseli %20 kazein, %76 su içerirken, 35-40 °C'de %28 kazein, %62 su içermektedir. Çizelge 7'de sıcaklığın kazein miseline etkileri gösterilmektedir.

**Çizelge 7.** Sıcaklığın kazein miseli konsantrasyonuna etkileri.

Misel bileşenleri	Konsantrasyon	
	0-5 °C	35-40°C
Kazein	20,00	28,00
Kalsiyum	0,70	1,00
Fosfor (anorganik)	0,24	0,29
Fosfor (toplam)	0,45	0,63
Su	76,00	62,00

Çizelge 7’de de görülebildiği gibi soğukta saklama sırasında misele bağlı olan su oranı da artış göstermektedir. Bu durum sütün kolloidal fazını daha kararlı bir hale getirmekte ve sütün peynir mayası ile pıhtılaşmasını etkilemekte, pıhtılaşma süresini uzatmakta, pıhtının kesilmeye karşı gösterdiği direnç (pıhtı sertliği) azalmaktadır. Bu durum, CaCl<sub>2</sub> ilavesi ile belirli bir düzeyde önlenmektedir. Yapılan çalışmalarda, sütü 3 °C’de 24 saat bekletmenin peynir mayası ile pıhtılaşma süresini %23, aynı sıcaklıkta 48 saat bekletmenin ise %27 arttırdığı saptanmıştır.

Soğutulmuş sütlerde görülen amonyak artışının, soğukta gelişen bakterilerin protein doğasında olmayan azotlu bileşenleri parçalamasından ileri geldiği belirtilmektedir. Parçalanma sonucunda oluşan bu azotlu bileşenler peynirin tadında olumsuz etkilere neden olmaktadır. Örneğin uzun süre 5 °C’de saklanmış sütlerden yapılan Cottage (Katiç) peynirinde acımsı, çürüğümsü ve patates tatlarının baskın olduğu saptanmıştır.

Soğukta saklama sırasında süt proteinlerinde görülen bu değişimler peynir teknolojisinde giderilmesi mümkün olan ve olmayan sorunlar yaratabilmektedir. Soğukta bir süre bekletilmiş süttten peynir yapıldığında, peynir altı suyunun ayrılma süresi uzamakta, pıhtı gevşek olmakta ve işlenmesi güçleşmektedir. Ek olarak; sınırlı da olsa randıman (verim) kaybı gözlenmektedir.

## **B- Soğutmanın süt yağına etkileri**

Bilindiği gibi sütün emülsiyon fazını çeşitli büyüklükteki yağ globülleri oluşturmaktadır. Bunların iç kısımlarında trigliseridler, dış kısmında da iki farklı bölgeden oluşmuş bir zar (membran) bulunmaktadır. Bu zarın, yağın emülsiyon durumunu korumada özel bir önemi bulunmaktadır. Trigliseridlerle tamamen birleşmiş olan zarın birinci bölümü iç

bölgede biyolojik bir membran gibidir ve birbirine çok sıkı bağlanmış lipoprotein fosfolipid kompleksinden oluşmuştur. Bu bölge çok duyarlı olmayıp ancak çok kuvvetli dış etmenlerle, örneğin; donma, tekrar çözünme, yayıklanma ve homojenizasyon ile parçalanabilmektedir. Zarın dış kısmındaki katmanın yapısı ise çok karmaşık olup, burada protein, enzim, iyon ve fosfolipidler yer almaktadır. Bu yapı çok değişken olduğu için dış zar değişik etkenlere karşı duyarlılık göstermektedir. Süt lipitlerinin %98-99'unu trigliseritler oluşturmaktadır. Serbest yağ asitleri ise özellikle yeni sağılmış sütlerde minimum düzeydedir. Sütün doğal yapısında yer alan serbest yağ asitleri soğukta saklama sırasında artmaktadır. Bunun nedeni esas olarak kazein sistemi ile birlikte bulunan lipaz enziminin düşük sıcaklık derecelerinde kazein miselinden ayrılmasıdır. Bunun sonucunda aktif lipaz enzimi miktarı artmaktadır. Ayrıca, düşük sıcaklık dereceleri yağ globüllerinin dış kısmında bulunan erime noktası yüksek ve doymamış lipitlerin hacmini küçültmekte ve kristalleşmelerine neden olmaktadır. Bu da globüller içerisinde yer alan sıvı haldeki lipitlerin dışarı çıkarak lipaz enzimi ile direkt temasını kolaylaştırmaktadır. Soğukta saklama süresi uzadıkça yağ globüllerine adsorbe olan lipaz enziminin neden olduğu lipoliz sonucu serbest yağ asidi miktarı artmaktadır. Özellikle serbest hale geçen yağ asitlerinden 6, 8, 10 ve 12 karbon atomlu (sırasıyla kaproik, kaprilik, kaprik ve lavrik asit) yağ asitleri sütte ve tereyağında acılaşmaya neden olmaktadır. Ayrıca kesif yemle ve silajla beslenen hayvanların sütleri ile akşam sağımı ve laktasyon sonu sütlerde soğutmanın daha fazla lipolize neden olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, soğutma derecesini düşürme ve soğutma süresini uzatma ve soğutma sırasında sütü karıştırma lipolizi hızlandırmaktadır. Bu nedenle, sütü uzun süre soğukta saklama, ürün kalitesini özellikle de krema ve tereyağı kalitesini olumsuz yönde etkilemektedir. Soğutma sırasında yağ globüllerini çevreleyen dış zarın (membranın) bileşiminin değiştiği, bileşenlerden 1/3'ünün kaybolduğu ve bazı durumlarda koloidal fazdaki bileşenlerin özellikle proteinlerin zar üzerine adsorbe olabileceği de belirtilmektedir.

Bu değişimler sonucunda yağ globüllerinin kümeleşmesi hızlanmakta ve kaymak bağlama yeteneği artmaktadır. Burada, yağ globülleri üzerine soğutma sonucu toplanan immünoglobulinlerin etkisi bulunmaktadır.

### **C- Soğutmanın mineral maddelere etkisi**

Sütün mineral maddeleri sütte çözünür ve kolloidal formlarda bulunmaktadır. Bu iki faz arasında bir denge söz konusudur. Soğutma, kolloidal ve çözünür mineraller arasındaki

dengeyi etkileyerek çözünür fazın artmasına neden olmaktadır. Düşük soğutma derecelerinde kalsiyum fosfat tuzlarının çözünürlüğü artmaktadır. Mineral madde dengesinde meydana gelen bu değişim sütün peynir mayası ile pıhtılaşma yeteneğini olumsuz yönde etkilemekte, pıhtılaşma süresini uzatmakta ve sonuçta gevşek bir pıhtı elde edilmektedir. Buna bağlı olarak da peynir randımanında azalma meydana gelmektedir. Süte  $\text{CaCl}_2$  ilavesi ile bu olumsuzluklar giderilebilmektedir.

### **Soğutmaya Alternatif Koruma Yöntemleri**

İlgili yasa ve yönetmelikler tarafından yasaklanmasına karşın çiğ sütün asitliğinin gelişiminin yavaşlatılması veya durdurulması amacıyla antibakteriyel ve nötralizan özelliğe sahip bazı kimyasal koruyuculardan yararlanılmaktadır. Ülkemiz gibi sıcak iklim kuşağında yer alan bölgelerde karbonat, çamaşır sodası, benzoik asit ve tuzları, sorbik asit ve tuzları, nitrat, nitrit, formaldehit ve hidrojen peroksit gibi kimyasal koruyucular sıklıkla kullanılmaktadır.

Bu uygulamalar içerisinde çiğ sütlere hidrojen peroksit ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) katımı ayrı bir önem taşımaktadır. Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Teşkilatı (FAO), soğuk zincirin koptuğu ya da kurulamadığı sıcak iklim bölgelerinde koruyucu amaçla çiğ süte konsantrasyonu 300 ppm'i aşmamak koşulu ile yalnızca  $\text{H}_2\text{O}_2$  katımına onay vermektedir.  $\text{H}_2\text{O}_2$ 'nin bu ayrıcalığı, ısı etkisi altında kolay, çabuk ve tamamen parçalanabilme özelliğinden kaynaklanmaktadır. Ayrıca, parçalanma ürünleri olan su ve oksijen toksik etki yaratmamaktadır. Bununla birlikte, tüketime sunulan süt ve süt ürünleri içerisinde  $\text{H}_2\text{O}_2$  bulunması sakıncalıdır. Kalıntı  $\text{H}_2\text{O}_2$ , süt ürünleri üretimi sırasında starter bakterilerinin gelişimini ve laktik asit başta olmak üzere metabolitlerin üretimini olumsuz yönde etkilediğinden inkübasyon süresi uzamakta ve son ürünün fiziksel ve duyuşal özellikleri zayıflamaktadır. Dolayısıyla,  $\text{H}_2\text{O}_2$  ilavesi ile korunmuş çiğ sütlere üretilen süt ürünlerinin uygun normlarda ısıl işleme tabi tutulmaları ve/veya katalaz enzimi (EC 1.11.1.6.; Catalase  $\text{H}_2\text{O}_2:\text{H}_2\text{O}_2$  Oxidoreductase) ile kalıntı  $\text{H}_2\text{O}_2$ 'nin parçalanması bir zorunluluktur.  $\text{H}_2\text{O}_2$ 'nin starter bakteriler üzerindeki etkileri  $\text{H}_2\text{O}_2$  konsantrasyonuna, bakteri sayısına ve ısıl işlemin etkinliğine bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Ayrıca, Gr (+) laktik asit bakterileri, Gr (-) laktik asit bakterilerine oranla  $\text{H}_2\text{O}_2$  uygulamasına daha dayanıklıdır. Patojen mikroorganizmalar içerisinde *Mycobacterium tuberculosis*'in  $\text{H}_2\text{O}_2$ 'ye karşı son derece dirençli olduğu bilinmektedir.

$\text{H}_2\text{O}_2$ 'nin süt teknolojisi açısından en belirgin sakıncası yüksek konsantrasyonlarda kullanımları durumunda son ürünün fiziksel özelliklerinde zayıflama ve tipik peynir ve yoğurt aromasında azalma meydana getirmesidir. Ayrıca, özellikle yağlı yoğurtlarda yağların ootoksidasyonun tetiklenmesinde  $\text{H}_2\text{O}_2$ 'nin etkili olduğu bilinmektedir.  $\text{H}_2\text{O}_2$  ilavesi ile

korunmuş sütlerden üretilen yoğurtlara iliŐkin bir çalıŐmaya ait sonuçlar izelge 8'de özetlenmiŐtir.

Çiğ sütün korunmasında kullanılacak olan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>'nin saf, ağır metallerden arındırılmıŐ ve elektrolitik yolla elde edilmiŐ olması ve sağımdan sonra 1 saat içerisinde süte ilave edilmesi gerekmektedir. Őu unutulmamalıdır ki, gerek insan sağlığı gerekse ürün kalitesi açısından H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> uygulaması çok zorunlu olmadıkça kaçınılması gereken bir uygulamadır.

**Çizelge 8.** Hidrojen peroksit ilavesi ile korunmuş sütlerden üretilen yoğurtlara ait bazı analiz sonuçları.

H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> Kons. (mg kg <sup>-1</sup> )	pH	Serum ayrılması (ml 25 ml <sup>-1</sup> yoğurt)	Peroksit deęeri (meq O <sub>2</sub> kg <sup>-1</sup> yağ)	Asetaldehit (ppm)	Tketic beęenisi*
0	4.26	7.05	0.97	14.14	20.1
100	4.30	7.25	1.25	13.63	18.1
140	4.23	7.35	1.32	13.58	17.4

\* Maksimum puan 25