

BÖLÜM 1

SÜT VE SÜT ÜRÜNLERİNİN SOĞUTULMASI

Süt, memelilerin yaşamlarının ilk periyodunda gereksinim duydukları besin elementlerini karşılayan tek gıdasıdır. Bu besin öğeleri, genç memelilerin büyüüp gelişmesi için gerekli olduğu kadar, yetişkinlerin günlük gereksinimlerini karşılamaları için de zorunludur. Birçok gıda maddesinin, canlıların ihtiyaç duyduğu besin öğelerinden sadece bir bölümünü, örneğin ya proteinleri ya da karbonhidratları karşılamalarına, başka bir deyişle tek yönlü gıda olmalarına karşın; süt, besin öğelerini yeterli ve dengeli bir şekilde içeren tek kaynaktır.

Süt, birçok gıda maddesi gibi doğal niteliğini uzun süre koruyamamaktadır. Yeni sağılan sütle, birkaç saat beklemiş süt arasında temel nitelikler açısından belirgin fark olduğu hemen anlaşılabilir. Süt işleme, taşıma, pazarlama ve depolama aşamalarında sürekli bir değişim içerisindedir. Çiğ süt, içerdiği mikroorganizma ve enzimlerin etkisiyle değişime uğrar. Bu değişimlerde çevre koşulları (sıcaklık, oksijen, vb.) da etkili olmaktadır.

Değişimler sonucunda, sütün tat, koku ve teknolojik niteliklerinde bozulmalar meydana gelmektedir. Böylece süt, insan gıdası olarak kullanılamaz bir durum alabilir. Bu nedenle çiğ sütün tüketim için uygun ve dayanıklı hale getirilmesi gerekir. Burada,

- 1- Tüketici için sütü tüketilebilme güvenliğine kavuşturma,
- 2- Dayanıklılık kazandırma,
- 3- Doğal niteliklerinde fazla değişim yaratmama, üzerinde durulması gereken önemli faktörlerdir.

Sütün dayanımını etkileyen en önemli faktör mikroorganizma ve enzim içeriğidir. Bu nedenle çiğ sütün dayanım süresini uzatmak için öncelikle süte mikroorganizma kontaminasyonunun önlenmesi gerekir. Bunun için de hayvanların sağlığına, ahırların ve sağım kaplarının temizliğine; kısacası üretim ve nakliye aşamalarında hijyen kurallarına çok dikkat etmek gerekmektedir. Sütteki enzimlerin bir kısmı doğal enzimlerdir. Ancak, esas sorun yaratan enzimler mikroorganizma kaynaklı olanlarıdır. Bu nedenle ilk etapta mikroorganizma kontaminasyonunun önlenmesi için tedbirler almak daha sonra da süte

bulaşmış mikroorganizmaların sütteki faaliyetlerini engellemek gerekir. Bu da ya mikroorganizmaların tamamen imha edilmesi ya da faaliyetlerinin ve çoğalmalarının durdurulması, daha doğrusu frenlenmesi ile mümkün olabilir. Mikroorganizmalar için alınan bu önlemler genel olarak enzim aktivitesini de etkileyecek ve enzimlerin faaliyetlerini ya sınırlayacak ya da durduracaktır.

Bilindiği gibi mikroorganizmalarla mücadelede kullanılan yöntemlerin bazıları bakterisit (öldürücü) bazıları da bakteriyostatik (durdurucu) etki yapmaktadır.

Sütteki mikroorganizmaların etkinliğini yok etmek ya da azaltmak için çok değişik yöntemler kullanılmaktadır. Bunlar genel olarak şöyle sıralanabilir.

1- Soğutma ve dondurma,

2- Isıl işlem

a) Termizasyon

b) Pastörizasyon

c) Sterilizasyon (klasik sterilizasyon ya da UHT)

d) Kaynatma

3- Kurutma veya su aktivitesini azaltma (tuz, şeker ilavesi, koyulaştırma)

4- Işınlama (ultraviyole, α , β , δ ve χ ışınları)

5- Antimikrobiyel maddeler (H_2O_2 gibi)

6- Yüksek frekanslı titreşimler (ultrasonik) uygulama

7- Ultra santrifüj (20.000 devir/dakika)

Bu yöntemlerden soğutma bu dersin ana konusunu oluşturmaktadır. Ayrıca; tropik, subtropik (sıcak kuşak) bölgelerde çiğ sütlerin korunması için önerilen H_2O_2 ilavesi ve laktoperoksidaz/tiyosiyanat/ H_2O_2 (LP) sisteminin aktivasyonu yöntemleri üzerinde de durulacaktır. Çünkü bu yöntemler, soğutmaya alternatif yöntemler olmaktan çok, soğutmanın yapılamadığı durumlarda kullanıldığında olumlu sonuçlar alınabilen yöntemlerdir.

SOĞUTMA

Bilindiği gibi, sıcaklık, mikroorganizmaların faaliyetlerini etkileyen en önemli faktördür. Bazı mikroorganizmalar yüksek sıcaklıklarda, bazıları orta veya düşük sıcaklıklarda gelişebilmekte ve aktivitelerini sürdürebilmektedir. Mikroorganizmalar, yüksek sıcaklıklarda gelişenler "*Thermophilic-termofilik*", orta sıcaklıkta gelişenler "*Mesophilic-*

mezofilik”, düşük sıcaklıklarda gelişenler “*Psychrophilic-psikrofilik*” ve çok düşük sıcaklıkta gelişenler “*Psychrotrophic-psikrotrofik*” olmak üzere 4 gruba ayrılır.

Mikroorganizmaların sıcaklık istekleri farklılık göstermektedir. Ancak, bu grupları kesin sınırlarla ayırmak da pek mümkün değildir. Çünkü termofilikler için minimum ve maksimum gelişim sıcaklık sınırları 25 °C - 90° C, mezofilikler için 5 - 50 ° C, psikrofilikler için 0 - 30 °C arasında olabilmektedir.

Genel olarak bakteriler, suyun donma sıcaklığı ile protoplazmadaki proteinlerin denatüre olduğu sıcaklık dereceleri arasında gelişebilir.*

Minimum değerinin altındaki sıcaklık dereceleri gelişmenin durmasına neden olurken, bakteriyi öldürmemektedir. Bakteriler -250 °C'nin altında 10 saatten fazla yaşayabilirler. Bununla birlikte donma ve çözünme işlemi sırasında zarar görürler. Bakterilerin yaşamsal fonksiyonları, suyun donma noktasına yakın sıcaklıklarda hemen hemen tamamen durur.

İşte bu nedenlerle sütteki mikroorganizma ve enzimlerin neden olduğu değişimleri (kimyasal, biyokimyasal) durdurmak veya frenlemek, başka bir ifade ile, sütün kalite özelliğini korumak ve dayanma süresini uzatmak için başvurulan yöntemlerden birisi soğutmadır. Süt ve ürünlerinin dayanma sürelerini birkaç gün veya birkaç hafta uzatmak için bunların sıcaklıklarını 0 °C'nin üzerinde bir sıcaklıkta tutmak gerekir. Böylece mikroorganizma gelişimi, enzim aktivitesi ve metabolik prosesler yavaşlatılarak ürüne belli bir dayanma süresi kazandırılabilir.

Dondurma işlemi (genellikle -15 °C'nin altında) ürüne daha uzun süre dayanım kazandırmak için başvurulan bir yöntemdir. Bu yöntemde, serbest suyun yokluğu nedeniyle metabolik olaylar hemen hemen durur. Bununla birlikte; bağlı suyun kristalize olmaması nedeniyle bazı enzimler aktivitelerini sürdürebilirler.

Su içeren gıdalar 0 °C'nin altına yavaş yavaş soğutuldukları zaman saf buz kristalleri oluşur. Gıda maddesinin geri kalan bileşenleri ise konsantre hale gelir. Buz kristallerinin geri kalan sıvıdan ayrılması (meyve sularında olduğu gibi) donmuş konsantrasyon olarak bilinir. Bu düşük sıcaklık derecesindeki konsantrasyon metodu, yüksek oranda uçucu aroma maddeleri içeren ürünler için uygundur.

Donma prosesleri, tereyağı ve kremanın muhafazası, dondurma yapımı ve yemeklerde kullanılan donmuş süt ürünleri yönünden önemlidir. Genel olarak; süt çiftliklerde değişik tip soğutucular kullanılarak sağımdan hemen sonra 10 °C'nin altına soğutulur. Bunun amacı ise; sütteki

* Kaynak : Dairy Handbook, Genel Mikrobiyoloji

mikroorganizma çoğalmasını fabrikaya ulaşıncaya kadar durdurmaktadır.

Stafilokoklar 10°C'nin altında gelişemez. *B. coli* , *B. proteus* ve micrococcus'ların önemli tiplerinin gelişmesi 0-5 °C arasında durur. Bununla birlikte; *B. proteus*, *Pseudomonas* ve *Achromobacter*'in bazı suşları ve diğer bazı bakteriler 0°C de gelişebilirler. Hatta bazıları donma olmaksızın -5 °C' ye soğutulmada bile gelişebilirler.

Eğer süt soğukta uzun süre tutulursa, psikrotrofikbakteriler çoğalarak, istenmeyen ve ısıya dayanıklı olan proteaz ve lipaz enzimlerini sentezlerler. Ayrıca, sütte bir takım değişimler de meydana gelir. Çizelge 1'de çiğ sütün soğutma sıcaklığı ile bakteri sayısı arasındaki ilişki verilmektedir.

Çizelge 1'de de görüldüğü gibi, yeni sağılan bir süt soğutulmadan 11.5 saat bekletildiğinde bakteri sayısı 4.426.000 adet/ml ye ulaşmıştır.

Çizelge 1. Çeşitli sıcaklık derecelerinin sütteki bakterilerin çoğalmaları üzerine etkisi.

Sıcaklık (°C)	Süre (Saat)	Bakteri sayısı (adet / ml)
32	11.5	4.426.000
27	11.0	2.631.000
21	11.0	188.000
15	10.5	15.120
10	10.0	11.580
0	10.0	3.000

Sütün 27 °C'ye soğutulması bakteri sayısını yarıya kadar düşürmüştür. 21 °C'ye soğutulan sütlerde ise bakteri sayısı 200000' nin altına düşmüştür. Daha aşağı derecelerde soğutmalar ise, daha etkili olmuştur. 10°C' nin altında bakteri sayısı 3000'e kadar düşmüştür. Bu durum da bize soğutmanın bakteri gelişmesi üzerindeki etkisini açıkça göstermektedir.

Soğutmanın etkisini incelemek için yapılan başka bir çalışmada farklı bakteri içerikli (A=5000 B=100.000 C= 960.000 adet/ml) üç süt numunesi 20 °C' , 15 °C , 10 °C ' ve 5 °C ' ye soğutulularak 16 saat depolanmış ve her saat bakteri sayısı balirlenmiştir. İnceleme sonuçlarına göre; özellikle bakteri sayısı yüksek sütlerde 20°C' de bakteri etkinliği süratle artarak 13 saat sonra 90 milyon adet/ml'ye yükselmiş ve süt pıhtılaşmıştır. Aynı süt için 15 °C'deki soğutma da yeterli olmamış 16 saat sonra bakteri sayısı 50 milyon adet/ml'ye ulaşmıştır.

Orta ve düşük sayıda bakteri içeren sütlerde de 20°C' lik soğutma bakteri etkinliği üzerinde

pek etkili olmamıştır. 15°C’de çoğalma hızı azalmakla birlikte yine de 16 saat içerisinde bakteri sayısı 2-3 kata çıkmıştır.

10 °C’de ise, bakteri etkinliği oldukça yavaşlamış, 5 °C’de ise, özellikle az bakteri içeren sütlerde hiçbir artış gözlenmemiştir. Çizelge 2’de değerlendirildiğinde, buradan iki sonuç çıkarmak mümkündür. Bunlardan birincisi; vücut sıcaklığından aşağı derecelere doğru sıcaklık düştükçe bakteri etkinliğinde bir gerileme görülmekle beraber, 20 °C’ye soğutmanın bakteri etkinliğini arzulanan ölçüde frenleyemediği, 15 °C’ye soğutmanın yetersiz olduğu ve soğutmadan iyi sonuç alabilmek için sütün mutlaka 10 °C’nin altına hatta olanaklı ise, 5 °C’nin aşağısına düşürülmesinin gerekli olduğudur.

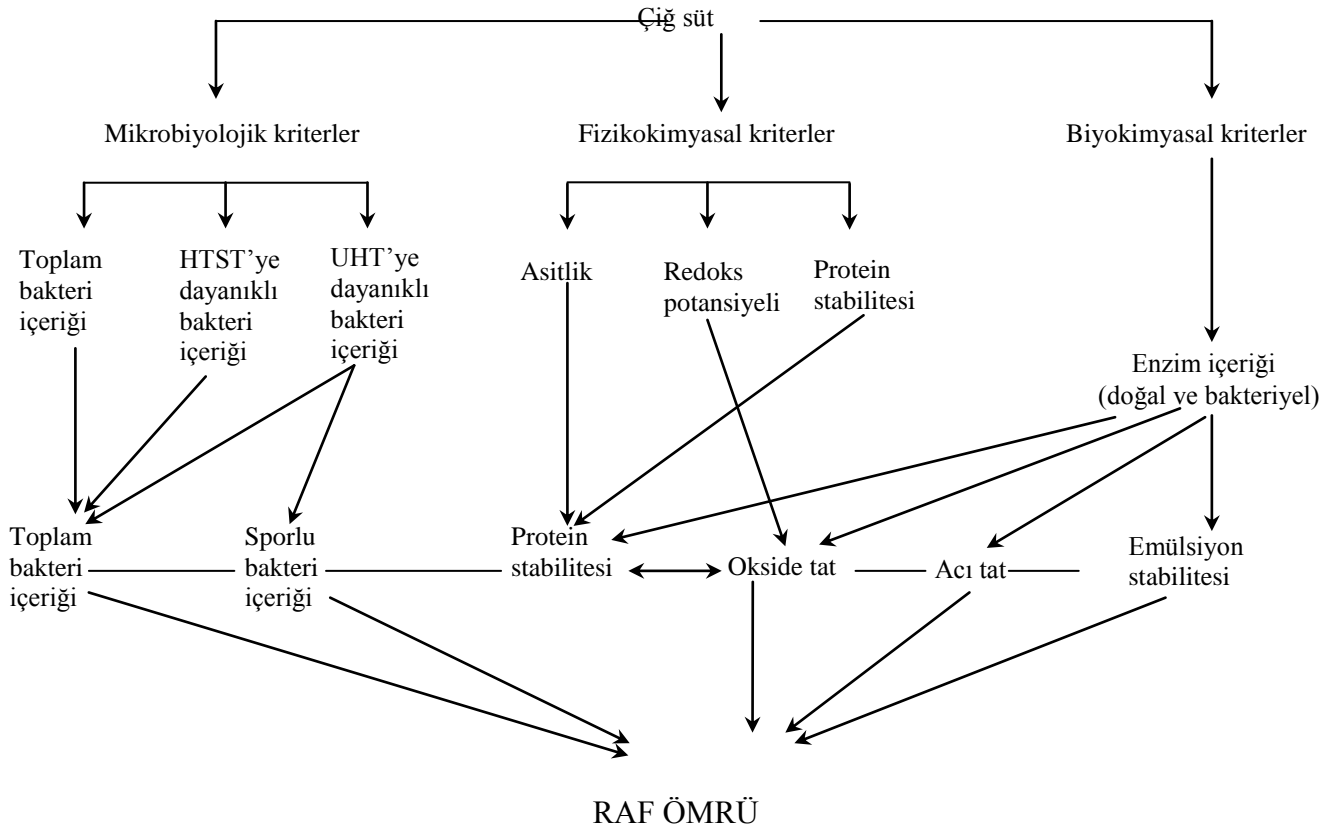
Çizelge 2. Farklı depolama sıcaklıklarında tutulmuş sütlerde ortalama bakteri sayısı (adet / ml).

Depolama Süresi (Saat)	Depolama Sıcaklığı (°C)		
	4.5 °C	10 °C	15.5 °C
0	4.295	4.295	4.295
24	4.138	13.961	1.587.333
48	4.566	127.727	33.011.111
72	8.247	5.725.277	326.500.000
96	19.693	39.490.625	962.785.714

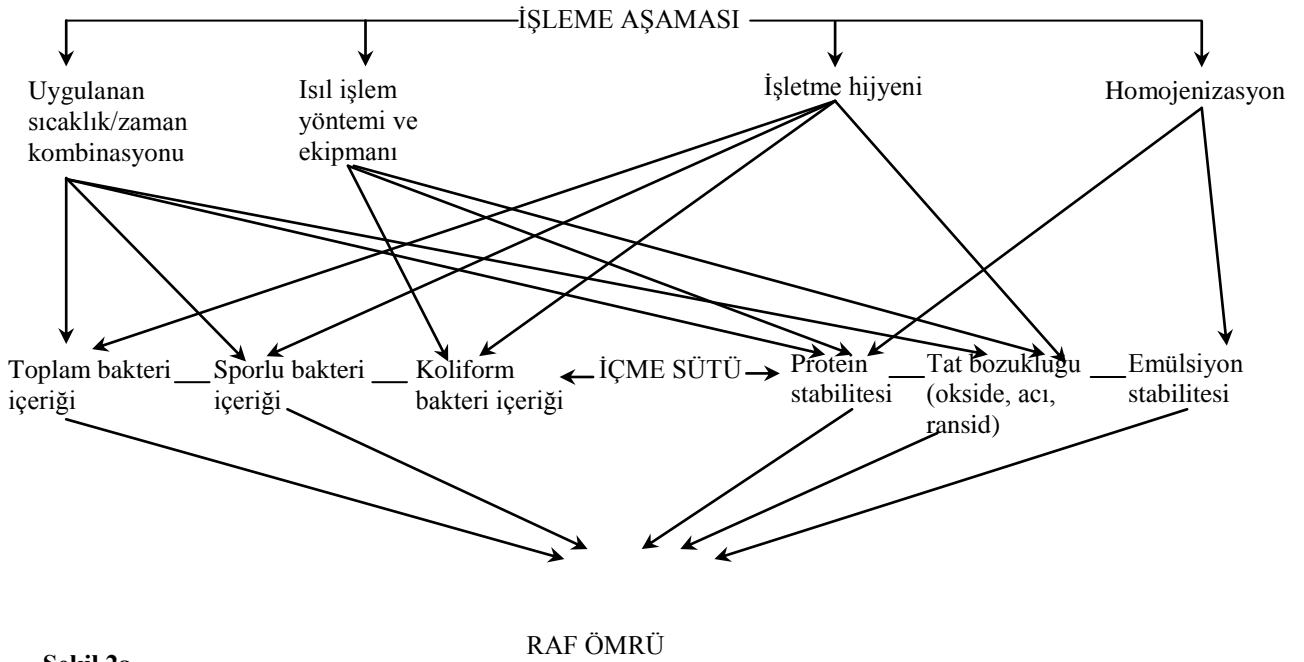
İkincisi ise; soğutmanın düşük sayıda bakteri içeren sütlerde, yüksek düzeyde bakteri içerenlere oranla daha etkili olamasıdır.

Soğutmada, beklenen sonuca ulaşmak için düşük sıcaklık yanında, o sıcaklığa ulaşmak için geçen süre de önemlidir. Sütte bakteri etkinliği arttıktan sonra ya da bakteri etkinliğini önlemeyecek şekilde yavaş yapılan soğutmadan yarar sağlanamaz. Bu yüzden, sağımdan sonra süzülen sütün hemen soğutulması ve bu işinde süratle yapılması gerekir. Ülkemizde, sütün bol olduğu dönemlerde havanın sıcak oluşu ve sütün temiz üretilmemesi nedeniyle soğutma derecesi ve soğutma hızı üzerinde titizlikle durmak gerekir. Soğutmada gecikme ve soğutma süresinin uzaması bakteri faaliyetini yeterince engellemeyecektir.

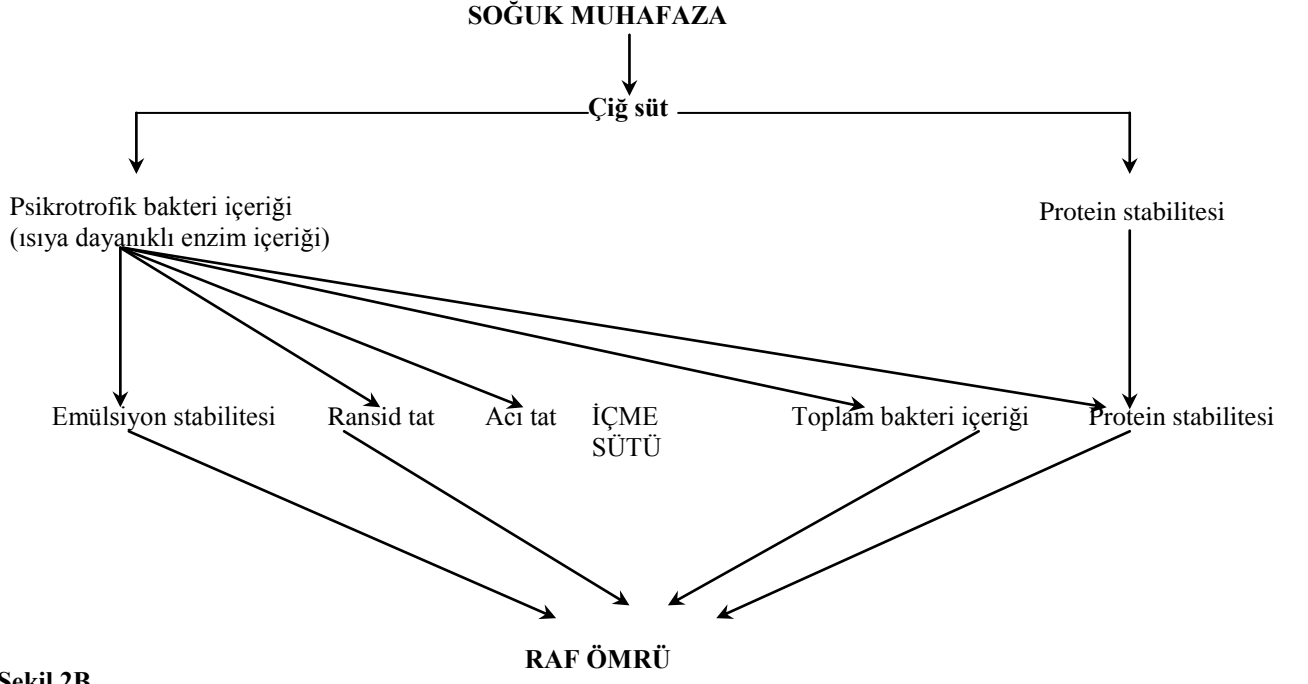
Soğutmadaki 2 saatlik bir gecikme ortalama bakteri sayısını % 22, 4 saatlik gecikme % 222, 6 saatlik gecikme %1230 ve 8 saatlik gecikme de % 6229 oranında arttırmaktadır. Çiğ sütün soğuk muhafazası ve işleme tekniğinin içme sütünün raf ömrü ile çiğ sütün niteliklerine etkileri Şekil 1 ve 2’de sunulmaktadır.



Şekil 1. Sütün raf ömrü üzerine etkili etmenler



Şekil 2a.



Şekil 2B.

Şekil 2. a) İşleme aşamalarının içme sütünün raf ömrü üzerine etkileri, b) Soğuk muhafazanın içme sütünün raf ömrü üzerine etkileri