

SÜT

sığircılığı
üretimi
güvenliği

Öğr. Gör. Dr. Onur ERZURUM
Öğr. Gör. Yasin AKKEMİK

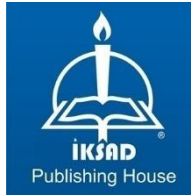


İKSAD
Publishing House

SÜT

siğirciliği
üretimi
güvenliği

ÖĞR. GÖR. DR. ONUR ERZURUM
ÖĞR. GÖR. YASİN AKKEMİK



Copyright © 2020 by iksad publishing house
All rights reserved. No part of this publication may be reproduced,
distributed or transmitted in any form or by
any means, including photocopying, recording or other electronic or
mechanical methods, without the prior written permission of the publisher,
except in the case of
brief quotations embodied in critical reviews and certain other
noncommercial uses permitted by copyright law. Institution of Economic
Development and Social
Researches Publications®
(The Licence Number of Publicator: 2014/31220)
TURKEY TR: +90 342 606 06 75
USA: +1 631 685 0 853
E mail: iksadyayinevi@gmail.com
www.iksadyayinevi.com

It is responsibility of the author to abide by the publishing ethics rules.
Iksad Publications – 2020©

ISBN: 978-625-7687-39-3
Cover Design: İbrahim KAYA
December / 2020
Ankara / Turkey
Size = 16 x 24 cm

*Hiçbir zaman desteğini esirgemeyen sevgili
ailelerimize ithafen,*

ÖNSÖZ

Canlıların büyümesi ve gelişmesi için çok değerli bir ürün olan “SÜT” bu kitabın yazımı için bir temel oluşmuştur. Süt gerek hayvanların gerekse insanların gelişmesinde en etkili elementlerden biridir. Kitabın yazımında Veterinerlik Zootekni alanı ile Veteriner Besin Hijyeni ve Teknolojisi alanının birlikteliği söz konusudur. Kitapta sütün üretiminden taşınması ve depolanmasına, sütün güvenilirliğine kadar aşamalı bir şekilde bahsedilmiştir. Umarız hayvancılığa gönül veren değerli okuyucuların, meslekte yetişmekte olan değerli öğrencilerin ve meslek camiamızın yararlanacağı faydalı bir eser olarak kitabımız kütüphanenizde yerini alacaktır.

Öğr. Gör. Dr. Onur ERZURUM¹

Öğr. Gör. Yasin AKKEMİK²

¹ Selçuk Üniversitesi, Karapınar Aydoğanlar MYO, Veterinerlik Bölümü, Konya, Türkiye, onurerzurum@selcuk.edu.tr, <https://orcid.org/0000-0001-7074-8573>

² Selçuk Üniversitesi, Karapınar Aydoğanlar MYO, Gıda İşleme Bölümü, Konya, Türkiye, yasinakkemik@selcuk.edu.tr, <https://orcid.org/0000-0002-9086-0324>

İÇİNDEKİLER

İTHAF	i
ÖNSÖZ	iii
BÖLÜM 1	9
1. Süt Sığırcılığı	10
1.1. İyi Bir Süt Sığırının Özellikleri	11
1.2. Yerli Sığır Irkları	17
1.2.1. Güney Anadolu Kırmızısı (GAK)	17
1.2.2. Doğu Anadolu Kırmızı (DAK)	18
1.2.3. Zavot	20
1.2.4. Boz Irk	21
1.2.5. Yerli Kara	22
1.3. Sütçü Kültür Irkları	23
1.3.1. Holstein-Friesian (Siyah-Beyaz Alaca)	23
1.3.2. Ayrshire	24
1.3.3. Jersey	26
1.3.4. İsviçre Esmeri	27
1.3.5. Simental (Sarı-Alaca)	29
2. Meme Sistemine Giriş	30
2.1. Meme Bezinin Anatomisi	31
2.2. Meme Başı	37
2.3. Salgı Dokusu ve Bağ Doku	38
2.4. Meme Bezinin Sinir Sistemi	40
2.4.1. Afferent Yol	40
2.4.2. Efferent Yol	41
2.5. Sütün Atılmasının Engellenmesi	41
3. Laktasyon Döngüsü	42
3.1. Emzirme Döngüsü	42

3.2. Kuru Dönem	44
3.3. Buzağılama ile Laktasyon Piki Arasındaki Dönem	46
3.4. Orta ve Geç Laktasyon	46
3.5. Laktasyon Kalıcılığının (Persistensinin) Teorik Modelleri	48
3.6. Kısa Laktasyon Uzunluğunun Etkileri	50
4. Buzağuların Sütten Kesilmesi	52
Bölüm 1 Kaynakça	54
BÖLÜM 2	55
1. Çiğ Sütün Fizikokimyasal Özellikleri	56
1.1. Sütün Yapısal ve Fizikokimyasal Özellikleri	56
1.2. Ana Bileşenlerin Oluşumu	57
1.3. Ana Bileşenlere Giriş	59
1.3.1. Su	60
1.3.2. Proteinler ve Diğer Azot Bileşikleri	60
1.3.3. Laktoz	63
1.3.4. Lipidler	67
1.3.5. Tuzlar	70
2. Çiğ Süt Mikrobiyolojisi	73
2.1. Giriş	73
2.2. Çiğ Süt ve Süt Ürünlerinde Bulunan Mikroorganizmalar	74
2.2.1. Hijyen Göstergesi Mikroorganizmalar	75
2.2.1.1. Mezofilik ve Psikotrofik Mikroorganizmalar	75
2.2.1.2. Koliformlar ve Enterobacteriaceae	77
2.2.2. Patojenik Mikroorganizmalar	78
2.2.3. Bozulmaya Neden Olan Mikroorganizmalar	81
2.2.4. Yararlı Mikroorganizmalar	83
2.3. Mikrobiyal Kontaminasyon Kaynağı Olarak Süt Zinciri	84
2.3.1. Hayvanlar ve Çiftlikler	85
2.3.2. Sağım	88

2.3.3. Depolama ve Taşıma	89
2.3.4. Süt Endüstrileri	92
2.4. Süt Ürünlerinde Mikrobiyal Kontrol Zorlukları	94
3. Sağım Sistemleri için Konvansiyonel ve Gelişmekte Olan Yerde Temizlik Yöntemleri	95
3.1. Giriş	95
3.2. Sağım Sistemleri için Konvansiyonel Temizlik ve Sanitasyon Yaklaşımları	97
BÖLÜM 2 Kaynakça	105

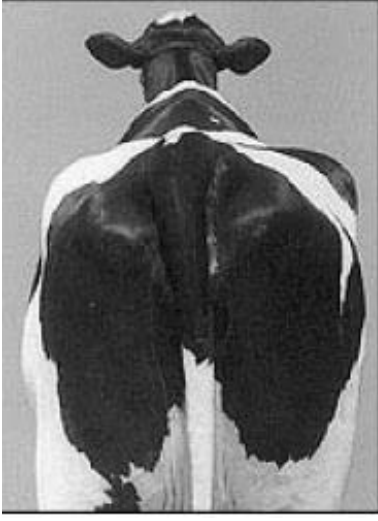
BÖLÜM 1

1. SÜT SIĞIRCILIĞI

Bir hayvanda tür, nesiller boyu süren özenli bir çalışma ve yetiştiriciler tarafından yapılan seçim yoluyla fonksiyonel gereksinimlere göre formüle edilen istenen hayvan için ideal özelliklerin toplanmış olduğu bir örnektir. Belirli işlevler ve bunların seçimi spesifik özelliklerin temelini oluşturmuştur. Bu nedenle, süt tipi formu veya türü, süt üretiminin işleviyle ilişkilendirilmiştir.

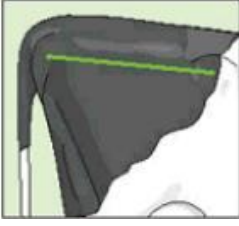
Süt sığırlarının değerlendirilmesinden önce, süt sığırı ile ne kastedildiğine dair net bir fikir edinilmelidir. Bunu yapmanın en iyi yollarından biriside, süt sığırı ile geniş ölçüde zıtlık gösteren etçi tip sığırı karşılaştırmaktır. Genel tip ve işlev açısından, sütçü sığır ve etçi sığır temelde üç noktada farklılık gösterir. Bunlar mizaç, canlı ağırlık artışının derecesi ve meme gelişimidir.

Süt mizacı, bir ineğin tükettiği besini süte dönüştürme yeteneği olarak tanımlanabilir. Süt sığırındaki bu işlev, açısız bir konformasyonla ilişkilendirilirken, etçi sığırlarda dikdörtgen bir gövde ile ortaya çıkar. Süt sığırlarında, vücudun geri kalanına oranla, etçi sığırlara göre daha büyük bir karın yapısı vardır. Bu yapı süt sığırlarında, kapasite ve konformasyon açısından arzu edilen, ancak etçi sığırlarda istenmeyen "gösterişli/şişman" bir görünüm verir.

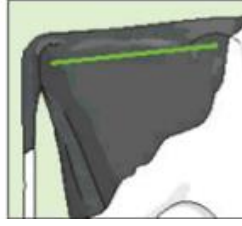


1.1. İyi Bir Süt Sığırının Özellikleri

- İskelet yapısı: Süt sığırlarına özgü olarak bir inceliğin/zarafetin olması istenir. Kemiklerde şekil bozuklukları istenmeyen bir faktördür. Yan taraftan bakıldığında vücut bölümleri birbirleriyle uyumlu olmalıdır.
- Boyun: Beden ile uyumlu olacak şekilde uzun olması istenir.
- Sağrı eğimi: Leğen kemiğinin ön ve arka çıkıntıları (ön: kalça yumrusu-tuber coxae, arka: oturak tümseği- tuber ischiadicum) arasındaki yükseklik farkını ifade eder. Kalçadan iğne kemiğine hafif/orta dereceli bir eğimin olması daha az buzağılama zorluğu, daha az üreme problemi ve daha uzun ömür ile ilişkilidir. Daha yüksekte konumlanan fibula, her zaman olmamakla birlikte, genellikle, pelvis yerleşiminin çok geride olmasından kaynaklanır. Sağrısı aşırı eğimli inekler bazen isteksiz bir şekilde dizlerine otururlar veya arka bacak hareketlerinde beceriksizlerdir.



Çok yüksek

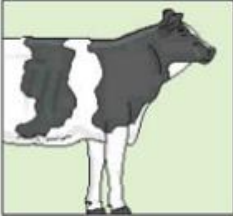


Düşük

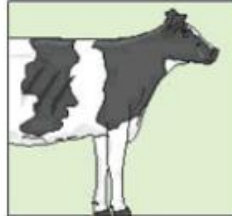


Çok düşük

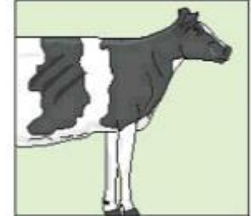
- Kaburgalar: Kaburgalar birbirinden geniş ve arkaya doğru eğimli olmalıdır. Kaburgalar arasındaki mesafe geniş olmalı ve yeterli derinliğe sahip olmalıdır. Göğüs etinde fazla yağ bulunmamalıdır.



Çok dar

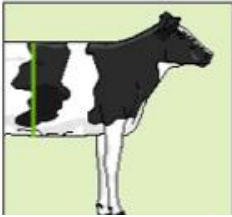


Orta

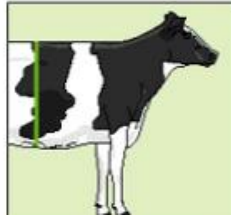


Güçlü, belirgin

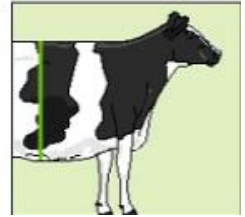
- Vücut derinliği: Vücut derinliği ilk olarak göğüs kafesine bakılarak değerlendirilir. Geleneksel düşünce, vücut kapasitesinin artmasıyla büyük miktarlarda yem tüketme ve dolayısıyla daha fazla süt üretme yeteneğinin artmasıdır. Karında sarkıklık, belde çukurluk, kavislilik veya kamburluk olmamalı, sırt; düz, geniş ve kuvvetli olmalıdır.



Dar



Orta



Derin

- Ayak açısı: Dik ayak açısına sahip inekler daha az tırnak kesimi gerektirir, daha iyi hareket kabiliyetine ve daha uzun ömürlülüğe sahiptir. İstenen açı ön ayaklarda 55° - 60° , arka ayaklarda ise 45° - 50° olmalıdır. Çok dik bir ayak açısı, bilek kısmının uygun tamponlama etkisine müdahale edebilir ve eklemler üzerinde gereksiz baskı oluşturabilir. Ökçe yüksekliğinin 3 cm olması istenen bir özelliktir.



Dar açılı 15°

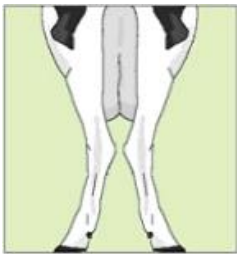


Orta açılı 45°

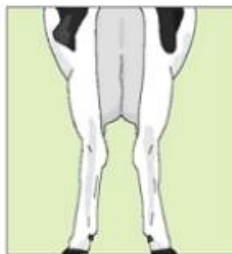


Dik açılı 65°

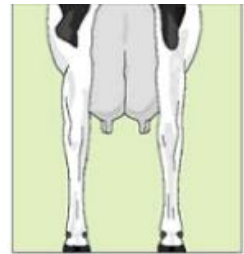
- Ayaklar ve bacakların arkadan görünümü: İçe ya da dışa dönük bir ayak görünümü ayaklar ve bacaklar üzerindeki baskıyı artırır ve yürürken arka memede travmayı artırabilir. O ve X bacaklılık; tırnakların düzensiz ve erken yıpranmasına yol açabilir bu yüzden istenmeyen bir durumdur. Düz, ayaklar kuvvetli, birbirinden uzak yerleşmiş olmalıdır. Bukağılar; biraz esnek, kısa ve kuvvetli olmalıdır.



Tırnak ucu aşırı
dışa dönük



Tırnak ucu dışa
açık



Ayaklar paralel

- Ayaklar ve bacakların yandan görünümü: Ortalama olarak istenen açıdan daha fazla ya da daha az açılı bir yapı bacak kaslarına ve tendonlara çok fazla baskı uygular. Geniş açılıya sahip ineklerin arka ayakları esnemekten yoksundur. Bu nedenle dizde şişliğe neden olabilir ve bacakları rahatsız edebilir. Diz bölgesinin ön iç seviyesinde orta derecede bir açı olmalıdır.



Arkaya doğru, düz

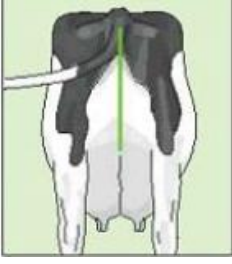


Orta dereceli eğik

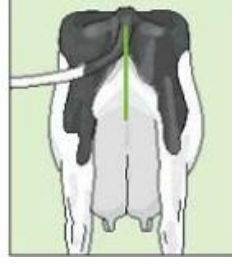


İçe doğru, eğik

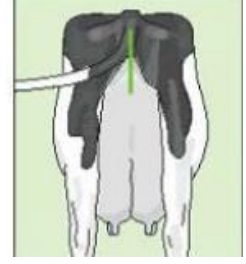
- Arka meme yüksekliği: Vulvanın tabanı ile meme dokusunun üstü arasındaki mesafe arka meme yüksekliğini belirler. Arka memenin yüksek bağlanması daha fazla süt depolama yeteneğinin göstergesi olduğu düşünülmektedir.



Alçak



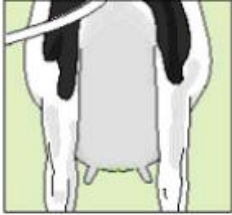
Orta yükseklik



Çok yüksek

Meme başlangıç noktası, vulvaya yakın olmalıdır. Arka meme lobunun geniş ve yüksek, yukarıdan aşağıya uniform yapıda olması istenir. Meme tabanına doğru hafifçe yuvarlanmalıdır.

- Arka meme genişliği: Arka memenin genişliği bağlanma noktasına göre değerlendirilir. Arka meme yüksekliği gibi, arka meme genişliği de süt depolama yeteneğinin bir göstergesidir. Meme lobları geniş olmalıdır.



Çok zayıf



Orta



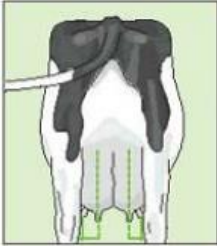
Güçlü

- Meme derinliği: Meme derinliği memenin en önemli fiziksel özelliğidir. Meme tabanının dizlere göre ilişkisi olarak değerlendirilir. Memelerin dizden yüksekte olması daha az mastitis, daha az meme yaralanması ve daha uzun ömür ile ilişkilendirilir. Meme derinliğini değerlendirirken, ineğin yaşı dikkate alınmalıdır.

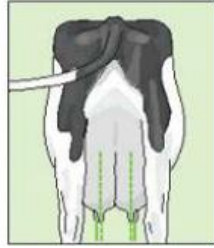
- Meme yarığı: Derin meme yarığı, güçlü bir medyan asıcı bağın göstergesidir. Bu, memenin ortasındaki elastik bir bağıdır ve meme desteğinin% 60'ını sağlar.

- Meme başlarının yerleşimi: Meme başlarının yerleşimi memenin ikinci en önemli fiziksel özelliğidir. Lopların merkezinin ön taraflarına konumlanmış meme başları sağım sırasında ineği rahatsız edebilir ve acı çekmesine neden olabilir. Arka meme başları çok yakın yerleşebilir ve bu da meme başlığının takılmasını zorlaştırır. Meme uçları arasındaki mesafe genellikle sonraki emzirmeler ile artar.

Her bir lobun tam altında ve hafif içe dönük bir şekilde yerleşmelidir. Yanlardan ve arkadan bakıldığında düzgün ve simetrik konumlanmış olmalıdır.



Aşırı dışa doğru



Merkezde



Aşırı içe doğru

- Ön memenin bağlanması: Ön meme bağlanması, ön memenin vücut duvarına lateral bağlar tarafından bağlanma gücünün bir değerlendirmesidir. Memenin üçüncü en önemli fiziksel özelliğidir. Yüksek verimli sütçü ineklerde ön memede orta miktarda şişkinlik olması beklenir.



Zayıf



Orta



Güçlü

1.2. Yerli Sığır Irkları

1.2.1. Güney Anadolu Kırmızısı (GAK)

Başta Kilis olmak üzere Güney Anadolu Bölgesi'nde bulunmaktadır. Yerli sığır ırkları içinde en yüksek yapılı olan ırktır. Uzun bacaklı, kısa, dar vücutlu ve ince kemikli bir yapıya sahiptir. Cidagosu yüksek asil görünüşlüdür. Vücut harmonisi dengeli olmadığı için sallantılı yürüyüşe sahiptirler. Renkleri kahverengi, sarı ve kırmızı arasındadır.



Kaynak: Anonim (2009)



Kaynak: Anonim (2009)

Süt, et olmak üzere kombine verimlidir. Yerli ırklar içinde en iri ve laktasyon süresine göre (200-250 gün) süt verim yönünden en yüksek olanıdır. Ortalama ağırlıkları ineğin 450 kg, boğanın 600 kg, yeni doğan buzağının ise 25 kg'dır.

Laktasyondaki süt verimi 2500 kg'ın üstüne kadar çıkabilmekte olup süt yağ oranı ortalama %4'tür.

1.2.2. Doğu Anadolu Kırmızısı (DAK)

Erzurum ve Kars olmak üzere Doğu Anadolu Bölgesi'nde bulunur. Kemik yapısı sağlam ve küçük bir vücut yapısı vardır. Kırmızının tonlarını içeren bir renge sahiptir. Kalitesiz yemlerle bile yaşamını devam ettirebilen bu ırk kötü çevre şartlarına dayanıklıdır.



Kaynak: Anonim (2009)

Süt, et olmak üzere kombine verimlidir. Ortalama ağırlıkları ineğin 350 kg, boğanın 450 kg, yeni doğan buzağının ise 19 kg'dır.

Laktasyondaki süt verimi 1200 kg'a kadar çıkabilmekte olup süt yağ oranı ortalama %3,6'dır.

1.2.3. Zavot

Ardahan, Kars ve çevresinde bulunmaktadır. Kemik yapısı sağlam olup vücutları orta iriliktedir. Kötü çevre şartlarına dayanıklıdır.



Kaynak: Anonim (2009)

Süt, et olmak üzere kombine verimlidir. Ortalama ağırlıkları ineğin 450 kg, boğanın 600 kg, yeni doğan buzağının ise 25 kg'dır.

Laktasyondaki süt verimi 3300 kg'a kadar çıkabilmekte olup süt yağ oranı ortalama %4'tür.

1.2.4. Boz Irk

Trakya, Marmara ve Ege Bölgesi'nde bulunmaktadır. Sağlam bir vücut yapısına sahiptir. Renkleri açık gümüş renginden kl rengine kadar değişmektedir. Kulak ileri siyah kıllarla kaplı olup mermenin etrafı beyaz bir halka ile çevrilidir.



Kaynak: Anonim (2009)

Et, süt olmak üzere kombine verimlidir. Ortalama ağırlıkları ineğin 400 kg, boğanın 500 kg, yeni doğan buzağının ise 24 kg'dır.

Laktasyondaki süt verimi 1900 kg'a kadar çıkabilmekte olup süt yağ oranı ortalama %4'tür.

1.2.5. Yerli Kara

Orta Anadolu Bölgesi'nde bulunmaktadır. Kısa yapılı ve uzun vücutludur. Bacakları ince ve kemik yapısı sağlamdır. Kötü çevre şartlarına dayanıklıdır.



Kaynak: Anonim (2009)

Et, süt olmak üzere kombine verimlidir. Ortalama ağırlıkları ineğin 300 kg, boğanın 400 kg, yeni doğan buzağının ise 19 kg'dır.

Laktasyondaki süt verimi 1200 kg'a kadar çıkabilmekte olup süt yağ oranı ortalama %4,5'tir.

1.3. Sütçü Kültür Irkları

1.3.1. Holstein-Friesian (Siyah-Beyaz Alaca)

İlk olarak Hollanda'da üretilmiş ve daha sonra dünya çapında yaygınlaşmıştır. Sıcak havaya uyum sağlaması ve yüksek üretime sahip olması nedeniyle İşkandinav lkeleri, İngiltere, Kuzey Amerika, Afrika, Asya başta olmak üzere Ortadoğu'da yetiştirilmektedir.



Kaynak: <http://www.thecattlesite.com/breeds/dairy/>

Siyah beyaz veya kırmızı beyaz rengi ile karakterize edilir. Kırmızı renk çekinik ve istenmeyen bir karakterdir. Alaca sığır en büyük süt ırkıdır. İneğin ortalama ağırlığı 600-650 kg, boğanın ağırlığı 800-850 kg, yeni doğan buzağının ortalama ağırlığı ise 35-45 kg'dır.



Kaynak: <http://www.thecattlesite.com/breeds/dairy/>

Ortalama süt üretimi, 305 gün için 5000 kg iken, süt yağı yüzdesi %3,5-3,8 arasında değişmektedir. Amerika'da yetiştiriciliği yapılanlarda laktasyon süt verimi 11000 kg kadar çıkabilmektedir. Yüksek miktarda süt üretimi nedeniyle yağ oranı nispeten düşüktür. Sütünün su içeriği yüksek, kuru maddesi ise düşüktür. Süt sığırları içerisindeki en iri ırktır.

Olumsuz koşullara, özellikle sıcak havaya adapte olabilme kabiliyeti nedeniyle dünya çapında bir süt sığırdır.

1.3.2. Ayrshire

İlk olarak İskoçya'nın Ayr bölgesinde yetiştirilmiştir. Hastalıklara karşı dayanma kabiliyeti yüksektir.



Kaynak: <http://www.thecattlesite.com/breeds/dairy/>

Beyaz, kahverengi veya siyah lekelerle sahiptir. Boynuzları yukarıya doğru kıvrıktır. İnek 450 kg, boğa 650 kg ağırlığında ve yeni doğan buzağı ortalama 35 kg ağırlığındadır. Memesi büyük, meme başları ise küçüktür. Meme başlarının küçük olması, zor sağım nedeniyle bir dezavantaj olarak kabul edilir.



Kaynak: <http://www.thecattlesite.com/breeds/dairy/>

Laktasyon verimleri 5500 kg kadar çıkabilmekte olup süt yağ oranları %4,8'tür. Meradan yararlanma oranları diğer ırklara göre iyidir.

1.3.3. Jersey

Jersey adası bölgesinden köken almıştır. Kahverengi ile sarı renk arası bir renge sahiptir. Dili ve ağzı genellikle siyah renge sahiptir.



Kaynak: <http://www.thecattlesite.com/breeds/dairy/>

Jersey ırkı küçük yapılı ve biraz agresif bir ırktır. Bununla birlikte, konformasyon ve düzen açısından iyi bir meme yapısına sahiptir. Ortalama inek ağırlığı 350-500 kg, boğa 500-700 kg ve yeni doğan buzağılar ise 25 kg'dır.



Kaynak: <http://www.thecattlesite.com/breeds/dairy/>

Uzun süren bir üretim ömrü ile karakterizedir. Süt yağı oranı %5,3 olup laktasyondaki süt verimleri 2500-3000 kg'dır. Süt, sarı rengi veren karoten bakımından zengindir. İnek ilk doğumunu 2 yaşında yapar ve iki doğum arasındaki süre yaklaşık 377 gündür.

Sıcak iklimlere dayanıklıdır. Süt yağı açısından diğer ırklardan üstündür.

1.3.4. İsviçre Esmeri

İsviçre Alp dağlarından köken alan bu ırk birçok Avrupa ülkesinde süt üretimi, sığır eti üretimi ve iş hayvanı olmak üzere üç amaç için yetiştirilmektedir.



Kaynak: <http://www.thecattlesite.com/breeds/dairy/>

Kahverengi tonlarına sahiptir. Dil, ağız ve kuyruk ise genellikle siyah renktedir. Meme yapısı büyüktür ve ortalama olarak inekler 600 kg, boğalar 700 kg'dır.



Kaynak: <http://www.thecattlesite.com/breeds/dairy/>

Laktasyondaki süt verimi 5500-8000 kg arasında değişmekte olup süt yağ oranı %4'tür. Süt retimnin kalıcılığı ile karakterizedir. Diğerlerine göre iskelet yapısı oldukça kuvvetlidir.

1.3.5. Simental (Sarı-Alaca)

İsviçre kökenli bir ırk olan Simental et üretimi, süt üretimi ve iş hayvanı olarak kullanılmaktadır.

Sarı beyaz lekeli bir görünüme sahip olup başları beyazdır. İneklerde canlı ağırlık 600kg, boğalarda 1100 kg civarındadır.

Laktasyondaki süt verimleri 3800 kg' kadar çıkabilmektedir. Süt yağ oranları ise %3,7'dir



Kaynak: <https://simmental.com.au>

2. Meme Sistemine Giriş

Memeliler sınıfındaki tüm hayvanların ortak yönü yavrularını beslemek için süt yapan bir meme dokusuna sahip olmalarıdır. Memenin süt yapan sekretorik dokusu annenin ilk yavrusuna gebe olduğu zaman gelişmeye başlayarak yavrunun doğmasıyla birlikte fonksiyonel hale gelir. Embriyonik dönemde meme bezi meme sürgünü olarak şekillenir.

Meme dokusunun gebelik ile birlikte gelişmesi, üreme sistemini kontrol eden bazı hormonların süt sekresyonu sisteminde de etkili olduğunu gösterir. Dolayısıyla meme yapısı ve süt yapımı üreme fonksiyonunun bir bölümü olarak değerlendirilir.

Süt sığırcılığı işletmelerinin esas dayanağı meme bezi dokusudur. Kârlılık üzerine kurulan bu işletmelerin amaçları doğrultusunda ilerleyebilmesindeki ilk faktör meme sistemini fonksiyonudur. Eğer ineğin memesinden yeteri kadar süt alınamıyorsa yani istenen verim düzeyine çıkılamıyorsa o inek sürü dışında kalır.

İnekler doğal yaşamlarında yavrularına yetecek kadar süt verme yeteneğine sahiptir. Genel olarak yavrunun beslenmesi için yaklaşık 5 ay gibi bir süre ile inek süt üretir. Buzağının günlük ortalama ihtiyacı olan sütü 4 litre aldığımızda ineğin 600 litre kadar süt vermesi beklenir. Ancak insanoğlunun devreye girmesiyle birlikte uzun süren seleksiyon çalışmaları sonucunda bu miktar 5-15 kat arasında bir artış göstermiştir. Bu değişiklik meme dokusunu etkileyerek memeyi çevresel faktörlere duyarlı hale getirmiştir.

2.1. Meme Bezinin Anatomisi

Meme bezinin gelişimi fetal yaşamın erken dönemlerinde başlar. Embriyonik dönemde meme sürgünü olarak beliren meme bezi dokusunda meme kanallarının şekillenmesinden önce meme başı deliği, meme başı ve meme bezi sisternaları gelişir. Daha sonra sütün akmasını sağlayacak olan küçükü büyüklü kanallar şekillenir. Bu kanallar üretilen sütün sinüs ve susterneya indirilmesini sağlar. Meme bezleri modifiye kutanöz bir deri bezidir. Yeni doğan yavru için süt sekresyonu yaptığından aksesör reproduktif bir organ olarak nitelendirilir. İnek, kısrak, koyun ve keçide meme bezi vücudun inguinal bölgesinde yer alır.

İneklerde 4 adet, kısrak, koyun ve keçide 2 adet meme bezi memeyi oluşturur (Tablo 1). Sığırlarda inguinal bölgede bulunan meme birbirinden ayrı dört loptan oluşur. Her lop birbirinden bağımsız olarak fonksiyon yapar ve her lopta fonksiyonel bir meme başı bulunur. Bazen esas meme başından ayrı olarak bir ya da iki adet fazla meme başı daha bulunabilir. Ancak bunlar sekretorik dokuya bağlı olmadıkları için süt vermezler. Bu fazla meme başları buzağı 1-2 aylık yaşta iken alınmalıdır.

Meme başları memenin alt yüzünden aşağıya doğru dik bir şekilde uzanırlar. Meme başlarının ideal olarak orta büyüklükte olmaları ve alt yüzün köşelerinde simetrik olarak yer almış olmaları istenir. İneklerde meme başı derisinde ter ve yağ bezleri ile tüy yoktur. Koyun ve keçilerde ise meme başında tüyler bulunur.

İneklerde her bir meme başının uzunluğu 7-8 cm'dir. İnek, koyun ve keçilerde her meme başında 1, kısıraklarda 2 adet ostium papillare bulunur. Ductus papillarisler küçük birer sisternaya dönüşerek süt kanalları ve bezlerin son kısımları ile beraber memenin kanal sistemini oluştururlar. Kısıraklarda her bir meme başı kanalı ayrı meme başı sisternasına sahiptir ve meme bezi sisternası ile bağımsız bir şekilde birleşirler. Keçilerde meme başının büyüklüğü farklılık gösterir. Bazı hayvanlarda elle dahi sağılamayacak kadar küçük iken bazılarında ise oldukça büyüktür. Meme başı, memenin bazisinde genişler ve memeden dışarı huni şeklinde çıkıntı yapar.

Tablo 1. Meme bezlerinin karşılaştırılması

Tür	Bez Sayısı	Meme bezi kanal sayısı	Meme başı sayısı
İnek	4	1	4
Kısırak	2	2	2
Koyun	2	1	2
Keçi	2	1	2

İneklerde meme lopları orta hattı bölen bir çizgi ile sağ ve sol olmak üzere iki yarıma ayrılır. Ön ve arka loplara birbirinden ayrı ise de bu ayırım çizgisi dışardan belli değildir. Arka loplara bir bölümü kısmen iki arka bacak arasında gizlenmiş durumdadır. Arka loplara bağlantısının geniş ve yüksekte olması istenir. Ön loplara, öne doğru uzanmış olup bunlar sağlam ve harmonik bir şekilde karın duvarına bağlanmalıdır.

Memenin toplam kapasitesinin yaklaşık %40'ına ön memenin oluşumunda bulunan loplara sahiptir. Geriye kalan %60'lık kısım ise arka memeyi oluşturan loplara yaklaşık kapasitesidir. Buradan da anlaşılacağı üzere, ön meme bölümlerinin kapasitesi arka meme bölümlerinin kapasitesinden daha düşüktür.

Bu bölümlerde içeriden dışarıya doğru; alveoller, süt kanalları, meme sarnıcı, meme başı kanalı ve meme başı bulunur.

Memenin bölümlerinin oluşumuna katılan sistemler vardır. Bunlar:

- Bağ doku
- Destek doku
- Parankim doku
- Lenf ve kan dolaşımıdır.

İneklerde memenin şekli ve büyüklüğü bir takım faktörlere bağlı değişkenlik gösterebilir. Bu faktörler:

- Yaş
- Kalıtım
- Süt verimi
- Laktasyon sayısı
- Laktasyon dönemidir.

Anne karnındayken başlayan meme yavrunun doğumundan sonrada büyümeye ve gelişmeye devam eder. Bu gelişme ve büyüme ergenliğe

kadar devam ederek gebeliğin son 1/3'lük döneminde yani gebeliğin son 3 aylık döneminde süt sentezlemek için hazır hale gelir. Sütün salgılanmasından sorumlu olan alveol hücreleri bu dönemde sütün sentezlenmesi ile birlikte dolmaya başlar. Meme giderek şişer ve gebeliğin sonuna doğru iyice fark edilir hale gelmiş olur.

İnekler memenin esneyebilir ipeksi bir dokuya sahip olması istenir. İdeal olarak, yandan bakıldığında memenin bakıldığında ineğin dizinin altına sarkmaması gerekir. Memenin en önemli kısmı merkezi veya medyan asıcı bağıdır. Bu bağ son derece güçlü ve iyi bağlanmış olmalıdır. Mükemmel bir merkezi bağa sahip memenin uzun ömürlü olduğu kabul edilmektedir. Bir diğer önemli noktada meme başının yerleşimidir. Ön meme başlarının memenin her bir çeyreğine eşit ve merkezi olarak yerleşmiş olması istenir. Meme ucu boyutu (aşırı büyük ve küçük meme başlarından kaçınılmalıdır), şekli ve yerleşimi kalıtsal bir durumdur.

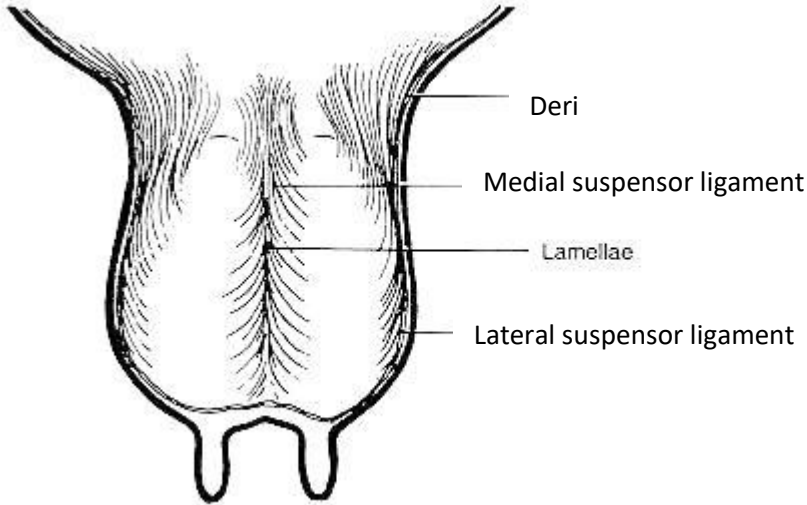
Meme vücuda sağlam ve dengeli bir şekilde bağlanmalıdır. Bir Holstein ineği, sağmak için sağım odasına girdiğinde vücudundan 50 kg ağırlık sarkabilir. Bu nedenle, memeyi ineğe bağlayan bağ sistemi ve diğer dokular, başarılı laktasyon için kritik öneme sahiptir. Memenin vücuda bağlantısında rol oynayan ve memenin en kuvvetli askısı medial suspensor ligamenttir. Meme derisi de memenin askıya alınmasında kısmen rol oynar. Bu deri esnekliğinin fazla olması sebebiyle olası bir bağ kopması durumunda ağırlığın etkisi ile birlikte esner.

Memeye destek sağlayan yedi farklı doku vardır:

- 1) En yüzeyel doku olan ve meme bezini örten deri, minör bir destektir (Şekil 1).
- 2) Yüzeyel fasya veya areolar subkutan doku, deriyi dokuya bağlayarak ineğin memesi için başka bir küçük destek görevi görür.
- 3) Areolar, ön kısmın sırt yüzeyi ile karın duvarı arasında gevşek bir bağ oluşturur. Bunların zayıflaması memenin karın duvarından kopmasına neden olur. Bunlar, ön kısımları vücut duvarına sıkıca tutturmak için önemlidir; ancak memenin ana destekleri değildir.
- 4) Subpelvik tendon gerçekte asıcı bağların bir parçası değildir, ancak yüzeyel ve derin lateral asıcı bağlara yol açar. Sürekli bir doku tabakası değildir, ancak pelvik kemiğe birkaç noktada tutturulur. Bu tendon memeyi doğrudan desteklemez, ancak yanal asıcı bağlara yol açar.
- 5) Yanal asıcı bağ, çoğunlukla subpelvik tendondan kaynaklanan fibröz dokudan (elastik doku ile birlikte) oluşur. Kasıktan aşığı ve öne doğru uzanırlar. Memeye ulaştığında aşığı doğru devam ederek deri altındaki dış meme yüzeyine doğru yayılır ve areolar dokuya yapışır (Şekil 1).
- 6) Derin lateral asıcı bağ (lameller) lateral asıcı bağın bir iç kısmıdır, ayrıca subpelvik tendondan da ortaya çıkar, ancak yüzeyel tabakadan, çoğunlukla fibröz dokudan daha kalındır. Meme üzerinde aşığıya doğru uzanır ve neredeyse onu sarar. Ligament, memenin dışbükey yan yüzeylerine, bezin içine geçen ve memenin interstisyel çerçevesi

ile sürekli hale gelen çok sayıda lamel ile bağlanır. Toplu olarak, yanal asıcı bağlar meme için önemli destek sağlar. Sol ve sağ yanal asıcı bağlar memenin alt kısmında birleşmez ve bu bağların lifli yapısı, meme bezi sütle dolduğunda gerilmedikleri anlamına gelir. Bu nedenle, meme bezi dolduğunda memenin merkezi vücuttan uzaklaşma eğilimindedir (Şekil 1).

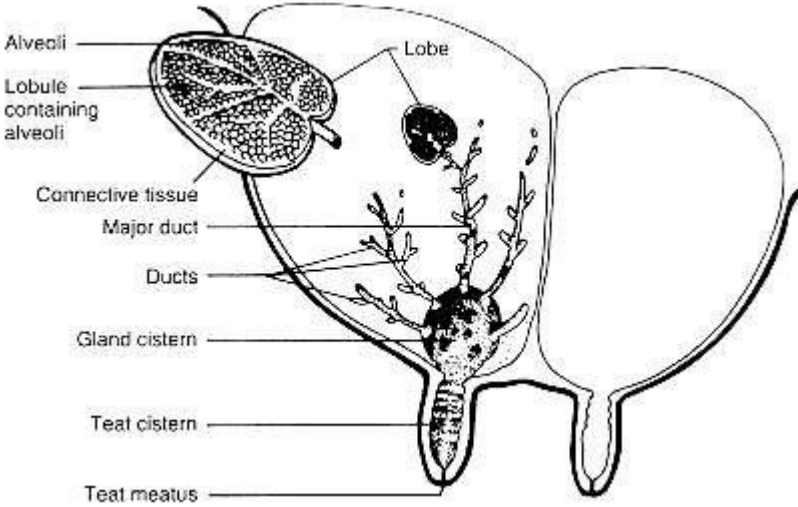
7) Medyan asıcı bağ, ineklerde asıcı sistemin en önemli parçasıdır. Karın duvarından ortaya çıkan ve iki meme yarısının medial düz yüzeylerine yapışan iki bitişik elastik doku tabakasından oluşur. Medyan asıcı bağ büyük bir gerilme direncine sahiptir. Meme bezinin ağırlığının artmasına izin vermek için bez sütle dolduğunda biraz esneyebilir. Dengeyi sağlayabilmek için memenin ağırlık merkezinde bulunur, böylece medyan askı bağı dışında kalan tabakalar kesilse bile meme bezi ineğin altında dengede kalır (Şekil 1).



Şekil 1. Arkadan bakıldığında ineğin meme bezlerinin destekleyici yapıları.

2.2. Meme Başı

Süt salgısının meme bezinden tek çıkış yolu ve buzağının sütü almasının tek yolu meme başlarıdır. Meme ucunun büyüklüğü ve şekli memenin boyutuna, şekline veya süt üretimine bağlı değildir. Ön meme başlarının büyüklüğü ortalama olarak yaklaşık 6,6 cm uzunluğunda ve 2,9 cm çapındadır. Arka meme başları ise ortalama olarak yaklaşık 5,2 cm uzunluğunda ve 2,6 cm çapındadır (Şekil 2).



Şekil 2. İneklerin meme bezinin dörtte birindeki kanal sisteminin şeması ve tek lob gösterilmiştir. Dört çeyrek tek bir bez kompleksinde kaynaşmıştır.

Tüm ineklerin yaklaşık % 50'sinde çok sayıda meme başı vardır. Bu ekstra meme başlarının bazıları "normal" bir salgı bezine açılır, ancak çoğu açılmaz. Genellikle bir yaşından önce alınırlar. Yalancı bir meme başında iz kanalı yoktur ve bu nedenle bezin iç yapılarıyla bağlantısı yoktur.

Bezin iç süt salgı sistemi ile dış ortam arasındaki tek deliğine çizgi kanalı veya meme ucu deliği denir. Meme ucu, yıldız şeklinde bir yarık oluşturmak için birbirine yakın uzanan üç ila beş dışbükey epitel çıkıntıdan oluşur. Çıkıntılar, ağız çevresindeki istemsiz sfinkter kasları tarafından kapalı tutulur. Meme başı kanalı iki sağım arasında sütün kaçmasını önleyerek bakteri ve yabancı maddeye karşı temel fiziksel koruma sağlar ve meme içi enfeksiyonunu önler. Bir inek sağıldığında, sfinkter kasları gevşeyerek ağzın açılmasına izin verir. Meme başı kanalı sağımdan sonra bir saat veya daha fazla süreyle açık kalır. Bu süre bakterilerin meme bezinin içine kolayca erişmesini sağlar. Sağım sonrası antiseptik meme başı daldırma dipleri, sağımdan sonra bakterilerin meme bezine erişim şansını en aza indirmeye yardımcı olmak için tasarlanmıştır. İneklerin sağımdan sonra taze yeme erişimlerini sağlamak gibi onları bir süre ayakta tutmak, meme başı tekrar kapanmadan önce kontaminasyonu en aza indirmeye yardımcı olur. Bir ineğin sağılma oranı kısmen meme başı deliğinin büyüklüğüne bağlıdır. Daha hızlı sağılan inekler genellikle daha büyük çaplı bir meme başı deliğine sahiptir.

Kuru dönemde (laktasyonun olmadığı dönem), meme başı deliğini kaplayan epidermal doku, antibakteriyel özelliklere sahip bir keratin tıkaçı oluşturur, bu açıklığın etkili bir şekilde kapatılmasını sağlar.

2.3. Salgı dokusu ve Bağ dokusu

Meme bezi, salgı dokusu ve bağ dokusundan oluşur. Memenin süt üretme kapasitesi için salgılayan doku miktarı veya salgılayan hücrelerin sayısı sınırlayıcı faktördür. Büyük bir memenin yüksek süt

Üretim kapasitesiyle ilişkili olduğu yaygın bir inanıştır. Ancak bu, genel olarak doğru değildir, nk büyük bir meme çok sayıda bağ ve yağ dokusu içerebilir.

Süt, alveol adı verilen küresel yapıda bir bazal membran üzerinde tek katman olarak düzenlenen salgı hücrelerinde sentezlenir (şekil 2). Alveol, süt üreten farklı bir birimdir ve her alveolün çapı yaklaşık 50-250 mm'dir. Alveoln lümeni, tek bir salgı epitel hcreti tabakası ile kaplıdır. Birkaç alveol birlikte bir lobül oluşturur ve her lobül 150-220 mikroskobik alveol içerir. Lobl grupları, bir bağ dokusu kılıfı ile çevrilidir ve lob adı verilen bir yapı oluştururlar.

Alveolar bölgede sürekli sentezlenen süt, iki sağım arasında alveollerde, süt kanallarında, meme ve meme başı sarnıcında depolanır. Sütün çoğu (% 60-80) alveollerde ve kk süt kanallarında depolanırken, sarnıç % 20-40 oranında süt içerir.

Meme bezinde büyük oranda kanal sistemi bulunur. Bu kanallar, sütün alınması için sütün alveollerden meme başına hareket etmesine izin verirler. Ayrıca meme başı ile geniş kanallar arasında meme başı sarnıcı adı verilen açık alanlar bulunur. Meme başı sarnıcı, sütün iki sağım arasında toplandığı boşluktur.

Meme sarnıcı olarak da adlandırılan salgı bezi sarnıçları veya sinüs laktiferöz, doğrudan meme başı sarnıcına açılır. Salgı bezi sarnıcı ve meme başı sarnıcı halka şeklindeki kıvrımla ayrılır. Salgı bezi sarnıcı sütün depolanmasında rol oynar (100-400 ml tutar). Salgı bezi sarnıcı,

boyut ve şekil bakımından büyük farklılıklar gösterir. Sarnıçta genellikle büyük kanalların sonunda oluşan cepler vardır.

2.4. Meme bezinin sinir sistemi

Alveolar süt fraksiyonunu sağlamak için sağım veya emzirme sırasında sütün atılması önemlidir. Elin veya sağım makinesinin memeye teması ile oksitosinin salgılanması, hipofiz bezinden salınması ve miyoepitelyal kasılma tetiklenmiş olur. Dokunsal bir uyarımın başlamasından sütün atılmasına kadar geçen süre yaklaşık olarak 40 saniye ile 2 dakika arasında değişir. Bu mekanizma, ineğin alışık olmadığı bir ortamda sağılması gibi durumlarda bozulabilir. Bu durum, oksitosinin azalması veya yokluğundan kaynaklanır.

Süt atma refleksi (boşaltma) nöroendokrin bir reflekstir. Refleksin afferent bir yolu (nöral) ve efferent bir yolu (hormonal, kan kaynaklı) vardır. Çok az sinir memenin iç kısmına gider. Bu nedenle doku biyopsisinin sadece cilde uygulanan lokal anestezi ile yapılabileceği anlamına gelir.

2.4.1. Afferent Yol

Meme bezindeki en büyük innervasyon, dermiste basınca duyarlı reseptörlerin bulunduğu meme başındadır. Memelerin mekanik uyarımı, basıncın spinotalamik sinir yolu yoluyla beyne giden sinir uyarılarına dönüştürüldüğü dermisteki basınca duyarlı reseptörleri harekete geçirir. Bu sinirler paraventriküler çekirdekte ve hipotalamustaki supraoptik çekirdekte sinaps yapar. Oksitosin içeren nöronların hücre gövdeleri, meme başından kaynaklanan bir şekilde

uyarıldığında, bir aksiyon potansiyeli hipotalamustaki hücre gövdesinden oksitosin içeren nöronları aksondan aşağı, arka hipofizde biten nörona doğru hareket ettirerek, oksitosinin kana salınmasına neden olur. Efferent yol bu noktada başlar.

2.4.2. Efferent yol

Efferent yol, oksitosinin kana salınmasıyla başlar. Oksitosin daha sonra kan yoluyla meme bezine gider, miyoepitelyal hücreler üzerindeki oksitosin reseptörlerine bağlanarak miyoepitelyal hücrelerin kasılmasına neden olur ve lümen içi (meme içi) basıncın artmasına ve alveolar lümeninden sütün atılmasına neden olur. Oksitosin reseptörleri, meme bezinin düz kası ile değil miyoepitelyal hücreler ile ilişkilidir.

Sütün atılmasındaki diğer mekanizmalar:

-Miyoeptelyal hücreler vazopressine (ADH veya antidiüretik hormon) yanıt olarak kasılır. Vasopressin, oksitosinin oksitosik aktivitesinin yaklaşık %20'sine sahiptir.

-Görsel veya işitsel uyaranlar da durum tepkisi olarak sütün atılmasına neden olabilir.

-Genital sistemin uyarılması büyük miktarlarda oksitosin salınımına neden olabilir.

2.5. Sütün Atılmasının Engellenmesi

Sütün atılmasını engelleyen çeşitli stres uyaranları, sempatik sinir sisteminin artan aktivitesi ile ilişkilidir. Oksitosin etkisi, böbreklerin

üzerinde lokalize olan adrenal bezlerin ürettiği katekolamin hormonları tarafından bloke edilebilir. Ana katekolaminler dopamin, norepinefrin ve epinefrindir. Bu hormonlar stresli durumlara yanıt olarak salınarak, meme kanalları ile kan damarlarının düz kaslarının tonunu artırır. Bu, miyoepitelyal hücrelere ulaşan oksitosinin azalmasına ve meme kanallarının kısmi olarak tıkanmasına neden olur. Ayrıca epineferin, oksitosinin miyoepitelyal hücrelere bağlanmasını doğrudan engeller. Bu durum sütün atılmasının periferik inhibisyonu olarak adlandırılır.

Sütün atılımının engellenmesinin yaygın bir nedeni de doğum sonrası erken dönemde sağım stresidir. Stres, arka hipofiz bezinden oksitosin salınımını engeller. Bu, sütün atılım merkezinin engellenmesi olarak adlandırılır. Eksojen oksitosin genellikle bu durumlarda uygulanır ve sütün atılmasına neden olur.

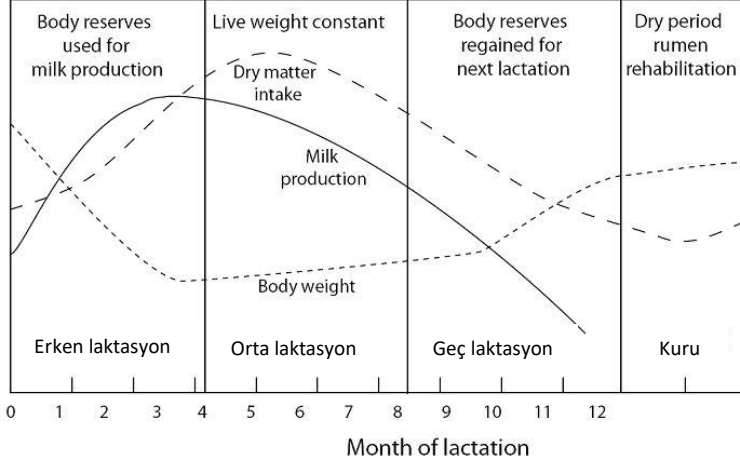
3. Laktasyon Döngüsü

3.1. Emzirme döngüsü

İneklerin süt üretmeleri için buzağılamaları gereklidir. Bir buzağılama ile diğer buzağılama arasındaki döneme de “laktasyon döngüsü” denir. Bu döngü her biri yaklaşık 120 gün olan erken, orta ve geç laktasyon dönemleri ile birlikte yaklaşık 65 gün süren kuru dönemi içerir. İdeal olarak ineklerin her 12 ayda bir buzağılaması istenir.

Farklı laktasyon dönemlerinde ineklerde bir takım değişiklik meydana gelir. Bunlar; süt üretimindeki değişikliklerin yanı sıra yem tüketiminde ve vücut kondüsyonunda görülen değişikliklerdir.

Aşağıdaki şekilde 14 aylık bir buzağılama aralığı, dolayısıyla 360 günlük bir laktasyon ile Alaca bir inek için yem tüketimi, süt verimi ve canlı ağırlık arasındaki karşılıklı ilişkiler gösterilmektedir (Şekil 3).



Şekil 3. Laktasyon döngüsü sırasında bir inekte kuru madde alımı, süt verimi ve canlı ağırlık değişiklikleri

İnekler buzağılamayı takiben günde 10 kg kadar süt üretmeye başlayabilir. Laktasyon başlangıcından yaklaşık 7 hafta kadar sonra 20 kg/gün olacak şekilde pik yapabilir. Daha sonra laktasyonun sonunda kademeli olarak yaklaşık 5 kg/gün seviyesine düşebilir. İneğin temel gereksinimleri değişmese de, süt üretiminin artmasıyla birlikte, rasyondan daha fazla enerjiye ve proteine ihtiyaç duyacaktır.

İnekler genellikle buzağılamadan yaklaşık 12 hafta sonra, tüketilene ek olarak enerji sağlamak için kendi vücut kondüsyonlarını kullanırlar. Açığa çıkan enerji, süt üretmek için kullanılır ve bu da onların tek başına rasyonlarıyla mümkün olandan daha yüksek süt üretim pikine ulaşmalarına izin verir. Buzağılamada iyi vücut

kondüsyonu ve buzağılamadan sonra yeterli beslenme programı, en yüksek süt üretimine ulaşılmasını teşvik eder.

Süt verimi ile süt proteini ve süt yağı içerikleri arasında genel olarak ters bir ilişki vardır. Verim arttıkça, bu iki elementin yüzde bileşimi azalır. Protein ve süt yağı yüzdeleri, laktasyonun zirvesinde düşük bir noktadadır ve daha sonra laktasyonun sonuna doğru kademeli olarak artar. Laktoz içeriği, laktasyonun sonuna doğru çok hafif bir düşüş gösterir ve kül içeriği, ilerleyen laktasyonla çok hafif bir artış gösterir.

3.2. Kuru Dönem

Süt ineğinin meme bezi, sonraki laktasyonda süt üretimini optimize etmek için yaklaşan bir doğumdan önce laktasyonsuz (kuru) bir süre gerektirir. Bu döneme kuru dönem denir ve sütün alınmasının durdurulması (sütün kesilmesi) ile sonraki buzağılama arasındaki süreyi içerir. Bu süre, meme bezinin salgı dokusunun yenilenmesine izin verir. Süt ineklerinde vücut kondüsyon skoru için 5 puanlık bir notasyon ölçeğinde, kuru inek için ideal vücut kondüsyon skoru hedefi 3,5'tir. Sonraki laktasyon durumunun erken döneminde tatmin edici bir sağlık ve performans elde etmek için puanın minimum 3 ile maksimum 4 arasında olması gerekir. Kuru dönemde vücut kondüsyonunu korumak (veya arttırmak), ineklerin erken laktasyon için yeterli vücut rezervlerine sahip olmalarını sağlamanın anahtarıdır.

Süt üretimi için vücut yağından yararlanılabilir: 1 kg vücut yağı yaklaşık 7 kg süt üretilmesi için enerji sağlar. Bununla birlikte, laktasyon döneminde vücut kondüsyonunun yüksek olması düveler

için zararlı olabilir. Buzağılamada yüksek kondüsyonlu olan bir inek, metabolik hastalıklara, özellikle de ketozise karşı daha hassastır.

Bir ineğin kuru döneme alınmasının normal prosedürü, kuru dönemin başlamasından birkaç gün önce tahılların rasyondan çıkarılması ve su kaynağının azaltılmasıdır. Bu şekilde süt üretimi büyük ölçüde azaltılmış olunur. Daha sonra beklenen buzağılama tarihinden yaklaşık 45 ila 50 gün önce sağım durdurulur. Sağım durdurulduktan sonra meme içi basınç artar, meme bezinde süt birikir ve daha fazla süt salgılanması engellenir. Bazen meme aşırı derecede tıkanır bu durumda yeniden sağılması gerekebilir. Bununla birlikte, bu uygulama daha fazla süt sentezini teşvik eder çünkü meme içi basınç azalır ve hipofiz hormonları (oksitosin ve prolaktin) salınır.

Kuru dönemde şu noktalara dikkat edilmesi gerekir;

- Optimum bir kuru dönem süresi vardır,
- 40 günden daha kısa bir kuru dönem sonraki üretimi azaltacaktır (70 veya 80 günün üzerindeki uzun kuru dönemler de sonraki laktasyonda üretimin düşmesine neden olacaktır),
- Kuru dönem sırasında meme bezinde, sonraki laktasyonda meme hücresi proliferasyonunu ve meme fonksiyonunu etkileyen bazı değişiklikler meydana gelir.

3.3. Buzağılama ile Laktasyon Piki Arasındaki Dönem

Laktasyon pikindeki süt verimi, o yıl için potansiyel süt üretimini belirler; zirvede günde fazladan bir kg alınması ile tüm laktasyon boyunca fazladan 200 kg/inek süt üretilebilir.

Piki en üste çıkarmak için erken laktasyonda sürüyü iyi beslemenin önünde bir dizi engel vardır. Bunların başında gönüllü gıda alımı gelmektedir.

Buzağılamada iştah, en yüksek alımda yem tüketiminin yaklaşık %50-70'i kadardır. Bunun nedeni, kuru dönemde, büyüyen buzağının yer kaplaması, rumen hacminin azalması ve rumen papillalarının yoğunluğu ve boyutunun azalmasıdır. Buzağılamadan sonra rumenin “gerilmesi” ve papillaların yeniden büyümesi zaman alır.

Laktasyonun pik dönemini takiben ineklerin iştahı, rasyonun yüksek kalitede olması koşuluyla üretim için gerekli tüm besinleri tüketene kadar kademeli olarak artar. İnekler laktasyonlarının bu döneminde ağırlıklarını koruma eğilimindedir (Şekil 3).

3.4. Orta ve Geç Laktasyon

Süt üretiminin azalmasıyla birlikte süt üretimi için gerekli olan enerjiye bu dönemde daha az ihtiyaç vardır. Ancak gebelik ve bir sonraki laktasyon için enerji rezervi hala önemlidir. Kuru dönemden ziyade geç laktasyonda sürünün durumunu iyileştirmek genellikle daha etkilidir.

Emzirme döneminde süt üretiminin kalıcılığı

Toplam laktasyon verimini belirleyen iki ana faktör, laktasyon piki ve pikten düşüş hızıdır. Ilıman iklimlerdeki süt ineği çiftliklerinde, 300 günlük laktasyon için toplam süt verimi, pik veriminin 200 ile çarpılmasıyla tahmin edilebilir.

Bu nedenle, günde 20 litre ile pik yapan inek bir laktasyonda 4000 litre süt üretmelidir. Günde 30 litrelik bir pik veriminde ise laktasyon döneminde 6000 litre süt üretmelidir. Bu, pik verimden ayda %7-8'lik bir düşüş oranına, yani ineğin her ay ortalama olarak bir önceki aya göre pik veriminin %7-8'i kadar daha az ürettiği anlamına gelir. Bu persistens seviyesi, ılıman bölgelerde iyi yönetilen, meraya dayalı sürülerin hedefidir.

Gerçek değerler, iyi beslenen ineklerde ayda % 3-4 arasında, çok yetersiz beslenen ineklerde, örneğin tropik bölgelerde yağışlı mevsimin ardından şiddetli bir kurak mevsimde, ayda %12 veya daha fazla olacak şekilde değişiklik gösterebilir.

Pik noktasından düşüş oranı veya persistens şunlara bağlıdır:

- En yüksek süt verimi
- En yüksek verimi takiben besin alımı
- Buzağılama sırasındaki vücut kondüsyonu
- Hastalık durumu ve iklimsel stres gibi diğer faktörler

Genel olarak, pik dönemde süt verimi ne kadar yüksekse, yüzde cinsinden kalıcılığı (persistensi) o kadar düşük olur.

Buzağılamadan hemen sonra ineklerin yetersiz beslenmesi pik dönem verimini azaltır, aynı zamanda kalıcılık ve doğurganlık üzerinde de olumsuz etkilere sahiptir. Süt inekleri, ek süt üretimi için vücut rezervlerini kullanmak üzere yetiştirilmiştir, ancak yüksek canlı ağırlık kaybı oranları östrusun başlamasını geciktirecektir.

Erken laktasyonda yüksek genetik değer taşıyan ineklerin yetersiz beslenmesi, nemli tropik bölgelerdeki birçok küçük çiftlik sahibinin karşılaştığı beslenmeyle tetiklenen en büyük sorunlardan biridir, çünkü genellikle yüksek genetik potansiyeli kullanmak için besleme sistemlerinde gerekli iyileştirmelere sahip değildir.

Yüksek genetik kalitedeki ithal inekler iyi beslenmezlerse, süt üretimi tehlikeye girer, ancak daha da önemlisi, buzağılamadan sonraki aylara kadar döngü yapmazlar.

3.5. Laktasyon Kalıcılığının (Persistensinin) Teorik Modelleri

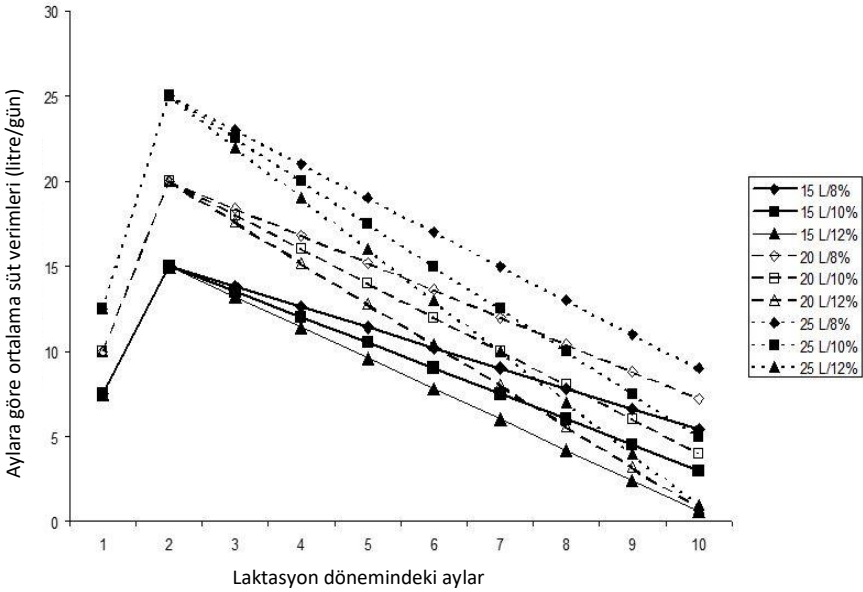
Tablo 2 ve Şekil 4, çeşitli pik süt verimleri ve laktasyon sürekliliklerine sahip olan ineklerde 300 günlük laktasyondan fazla süt verimi için verileri sunmaktadır.

Bu tür veriler, 12 aylık buzağılama aralıklarıyla süt ineği çiftlikleri sistemleri için sürü yönetimi kılavuzlarının temelini sağlar. Sürü doğurganlığına, dolayısıyla hedef laktasyon sürelerine bağlı olarak, 15 veya 18 aylık buzağılama aralıkları için benzer kılavuzlar geliştirilebilir.

Tablo 2 ve Şekil 4 yalnızca pik verimi günlük 15, 20 ve 25 litre süt veren olan inekler için veri sunmaktadır.

Tablo 2. 300 günlük laktasyon dönemine göre pik süt verimleri ile

Peak yield (L/d)	Persistency (%/mth)	Monthly milk decline (L/d)	Full lact yield (L)	Average milk yield (L/d)
15	8	1.2	2980	9.9
	10	1.5	2650	8.9
	12	1.8	2330	7.8
20	8	1.6	3970	13.2
	10	2.0	3540	11.8
	12	2.4	3110	10.4
25	8	2.0	4960	16.6
	10	2.5	4420	14.8
	12	3.0	3885	13.0



Şekil 4. Aya göre en yüksek süt verimi ve aylara göre laktasyon sürekliliği. Süt verimi (litre/gün), persistens (%) olarak gösterilmiştir.

İyi beslenme ve sürü yönetimine sahip nemli tropik bölgelerdeki küçük çiftlik işletmeleri, günde 15 litrelik pik verime ulaşabilmelidir ve yüksek genetik değeri olan inekler için gerçekçi rakam günde 20 veya 25 litredir.

Hemen hemen her işletme, ineklerinin günlük süt verimini kaydeder, böylece en yüksek verimi bilirler ve aylık düşüş oranını kolayca belirleyebilirler, bu da rasyon yönetim seviyelerini değerlendirmek için basit bir izleme aracıdır.

Yetersiz besleme yoluyla kalıcılıkları ayda yüzde 12'ye düşürülürse, 300 günlük laktasyon verimleri sadece 3900 litre ise ve buzağılamadan sonra aylarca döngü yapmazlarsa, “4000 litre inek” daha iyi bir yatırım olabilir. Tablo 1'den, bu tür inekler, ayda yüzde 8 süt kalıcılığı ile beslenebilirlerse benzer süt verimleri üretirler ve döngüye daha erken girme olasılıkları daha yüksektir.

3.6. Kısa laktasyon uzunluğunun etkileri

Potansiyel olarak yüksek verimli ineklerin kötü rasyon yönetimi birçok soruna neden olabilir. Laktasyon anöstrusu, ineklerin erken laktasyonda vücut rezervlerinden daha fazla yararlanmaya zorlanması nedeniyle ortaya çıkabilir. Bu, düşük pik süt verimine ve kısaltılmış laktasyon sürelerine yol açabilir.

İnekler, meme dokularında süt üretim süreçlerini sürdürmek için yetersiz rasyon ile karşılaşırorsa kuruya erken çıkarlar.

Azalan laktasyon sürelerinin 300 günlük laktasyon süt verimleri ve ortalama günlük süt verimleri üzerindeki etkisi Tablo 3'de

sunulmuştur. Bu veriler Tablo 2'de kullanılan aynı kalıcılık verilerine dayanmaktadır. Kısaltılmış laktasyon sürelerinin etkileri Tablo 4'te sunulmuştur.

10 aylık laktasyonlarla karşılaştırıldığında, düşük pik süt verimine sahip, düşük verimli inekler, yalnızca 9 aylık sağımla 20-160 litre süt veya yalnızca 8 ay sağılırsa da 90-360 litre süt kaybedebilirler.

Tablo 3. Azalan laktasyon sürelerinin 300 günlük laktasyon süt verimleri ve ortalama günlük süt verimleri üzerindeki etkisi

Lact length	Peak yield (L/d)	Persistency (%/mth)	300 days		270 days		240 days	
			300 d lact yield (L)	Av milk yield (L/d)	300 d lact yield (L)	Av milk yield (L/d)	300 d lact yield (L)	Av milk yield (L/d)
15	8	8	2980	9.9	2820	9.4	2620	8.7
	10	10	2650	8.9	2560	8.6	2430	8.1
	12	12	2330	7.8	2313	7.7	2240	7.5
20	8	8	3970	13.2	3760	12.5	3490	11.6
	10	10	3540	11.8	3420	11.4	3240	10.8
	12	12	3110	10.4	3084	10.3	2990	10.0
25	8	8	4960	16.6	4690	15.7	4360	14.6
	10	10	4420	14.8	4280	14.3	4050	13.5
	12	12	3885	13.0	3860	12.9	3740	12.5

Tablo 4. Kısaltılmış laktasyon sürelerinin 300 günlük verime göre karşılaştırılması

Lact length	Peak yield (L/d)	Persistency (%/mth)	270 days		240 days	
			300 d lact yield (L)	Av milk yield (L/d)	300 d lact yield (L)	Av milk yield (L/d)
15	8	8	162	0.5	360	1.2
	10	10	90	0.3	225	0.8
	12	12	18	0.1	90	0.3
20	8	8	216	0.7	480	1.6
	10	10	120	0.4	300	1.0
	12	12	24	0.1	120	0.4
25	8	8	270	0.9	600	2.0
	10	10	150	0.5	375	1.3
	12	12	30	0.1	150	0.5

Bu tablolar 300 günlük laktasyon sürelerine dayanmaktadır, yani ineklerin her 12 ayda bir buzağılaması ideal bir durumdur.

İneklerin bir sonraki laktasyondan önce meme dokusunun iyileşmesine izin vermek için iki aylık bir kuru dönem geçirmesi sağlanmalıdır. Bununla birlikte, sadece 8 aylık laktasyon süreleri ve ardından 8 ay daha kuru dönem uygulanması da yaygındır.

4. Buzağuların Sütten Kesilmesi

Sütten kesme, buzağuların hayatında önemli bir dönemdir. Sütten kesim sonrası yüksek kilo artışı sağlamak için süt bazlı beslenmeden katı yem içeren rasyona sorunsuz bir şekilde geçilmesi için gereklidir. Buzağular sütten kesilmeden önce en az 1 kg konsantre yem yiyebiliyor olmalıdır. Bu durum buzağı sütten kesildikten sonra büyüme performansının olumsuz etkilenmesinden kaçınmasına yardımcı olur. Sütten kesilmeden yetişkin rasyonuna sorunsuz bir geçiş sağlayacağından, buzağulara rumenin erken gelişimini teşvik etmek amacıyla 2 haftalıkken kaba yem içeren rasyon verilmelidir. Sütten kesme sırasında artan konsantre yem alımı, rumen gelişimine yardımcı olarak sütten kesildikten sonra daha yüksek konsantre yem alımına izin verir.

Sütten kesme yöntemi, tüketilen yem miktarını, rumen gelişimini ve sütten kesim sonrası kilo alımını büyük ölçüde etkilemektedir. Buzağularda sütten kesme işlemi kademeli olarak yapılmalıdır. Bu, günde iki kez besleniyorsa günde bir kez süt beslemesine geçerek veya 7-10 günlük bir süre boyunca verilen sütün miktarını azaltarak sağlanabilir. Bu yaklaşım, konsantre yem alımında bir artışa yol açacak ve sütten kesilme sonrası düşük kilo alımlarını önleyecektir. Buzağuların sütten kesilme işlemi ani bir şekilde yapılırsa bu durum

buzağılar için strese ve süttten kesilme sonrası düşük kilo alımlarına neden olacaktır.

Yetiştiriciler süttten kesim için buzağı seğerken genellikle buzağının yaşını, kilosunu, dış görünümünü veya konsantre yem alımını kullanırlar. Yakın zamanda yapılan bir ęalıřmada, buzağıların çoğunun yaşa göre süttten kesildiğini ve buzağıların süttten kesilme sırasında ortalama 9 haftalık yaşta olduğu belirtilmiştir. Bununla birlikte, süttten kesim sonrası dönemde yönetim kolaylığı için buzağılar tek tip gruplar halinde süttten kesilmelidir, yani buzağılar benzer ağırlık veya büyüklükte olmalıdır. Süt ile besleme döneminde büyüme oranları süttten kesilme sonrasına göre daha yüksek olma eğiliminde olduğundan, küçük buzağılar daha uzun süre sütte kalmalıdır.

Sonuç olarak, sütle beslenme döneminde buzağıların yetiştirilmesi için çok fazla ęaba harcanmaktadır. Süttten kesme yönetimi, süttten kesilme öncesi elde edilen ağırlık artışlarını korumak ve süttten kesme sonrası büyüme performansının olumsuz etkilenmesinden kaçınmak için çok önemlidir. Kısacası, buzağılar süttten kesilmeden önce en az 1 kg konsantre yem yemeli ve 7-10 gün içinde kademeli olarak süttten kesilmelidir.

KAYNAKÇA

- Alpan, O, & Aksoy A. R. (2009). Sığır Yetiştiriciliği ve Besiciliği, 5. Baskı, Zafer Ofset Matbaacılık, Erzurum.
- Anonim (2009). Türkiye evcil hayvan genetik kaynakları tanıtım kataloğu. T.C. Tarım ve Köyüşleri Bakanlığı Tarımsal Araştırmalar Genel Müdürlüğü.
- Boulle J. P. (2019). Breeding and selection of dairy cows. Erişim adresi <https://www.kzndard.gov.za/2-uncategorised/375-dairying-in-kwazulu-natal> (Erişim tarihi: 25.11.2020)
- Dinç, D. A. (1995). Evcil hayvanlarda memenin deri hastalıkları, dolaşım bozuklukları ve operasyonları, Konya.
- Dinç, D. A. & Maden, M. & İnal, Ş., (2007). SİYEP Eğitim Programı ve Sunumları, SİYEP-Süt İneği Yetiştiricileri Eğitim Projesi, Konya.
- Hurley W. L., (2009). Lactation biology. Online course module (ANSC 438), Animal Sciences Department of Animal Sciences University of Illinois.
- Kennedy, E., (2018). Weaning the dairy calf. Animal Health Ireland, AHI Bulletin May 2018.
- Seykora, T. & Hansen, L. (2000) Judging Dairy Cattle. University of Minnesota July 2000.
- Schmidt, G. H., & Van Vleck, L. D. (1974). Principles of dairy science. WH Freeman and Company.
- Web sayfası: <http://www.thecattlesite.com/articles/4248/managing-cow-lactation-cycles/> Erişim tarihi: 15.11.2020.
- Web sayfası: https://www.tarimorman.gov.tr/HAYGEM/Belgeler/Hayvancılık/Buyukbas%20Hayvancılık/2017%20Yılı/Damizlik_Sigir_Secimi.pdf Erişim tarihi: 10.10.2020

BÖLÜM 2

1. ÇİĞ SÜTÜN FİZİKOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ

1.1. Sütün Yapısal Ve Fizikokimyasal Özellikleri

Sütün ana bileşenleri su, laktoz, yağ ve proteindir. Sütün bileşimi, genetik faktörlere (tür ve ırka), mevsimlere, emzirme dönemlerine, hastalıklara ve beslenmeye göre değişir. Yapı; bir sistemdeki ve sütün kendisindeki kimyasal bileşenlerin fiziksel düzenlemesi olarak tanımlanabilir. Diğer sistemlerde olduğu gibi, sütün yapısı termodinamik dengeye geldiğinde değişken hale gelir. Sütteki yağ, 0,1 ile 20 μm arasında değişen çaplara sahiptir ve ortalama çapı yaklaşık 3,5 μm 'dir. Supramoleküler yapılar olan yağ globülleri oluşturacak şekilde emülsifiye edilir. Bir litre sütte, yüzlerce metrekareye kadar yüzey oluşturan yaklaşık 10 trilyon yağ globülü vardır. Yağ globülleri, süt yağının emülsifiye edildiği sürekli faza karşılık gelen süt plazmasını elde ederek santrifüjleme yoluyla süttten kolayca ayrılabilir. Kazein miselleri ise süt plazmasında koloidal yapıda bulunan sütün diğer supramoleküler bileşenidir. Bu kazein miselleri, 150-300 nm arasında değişen çapa sahip bir polidispers yapıda, proteinler ve mineraller (çoğunlukla kalsiyum ve fosfat) tarafından oluşturulan yüksek oranda hidratlanmış kümeler halindedir. Süt kuru maddesi içerisinde daha düşük oranlarda bulunmasına rağmen, sütte yağ globüllerine oranla 10.000 kat daha miktarda kazein miselleri bulunmaktadır. Kazein misellerini, ultrasantrifüjleme veya mikrofiltreleme yoluyla süt plazmasından ayırarak peynir altı suyu elde edilir. Peynir altı suyu, kazein misellerinin içinde dağıldığı sıvıdır. Peynir altı suyunda, birkaç nanometre (yaklaşık 5nm) çapa

sahip küresel proteinler olan peynir altı suyu proteinleri bulunur. Ultrafiltrasyonla peynir altı suyundan ayrıştırılabilmesi mümkündür. Tablo 1.1’de inek manda ve keçi sütüne ait kaba kimyasal bileşenler gösterilmiştir. Tabloda gösterilenlere ilave olarak sütün bileşiminde vitaminler, mineraller, enzimler ve diğer eser elementler de yer almaktadır. Bu elementler sütün besleyici değerini ve lezzetini önemli ölçüde arttırlar. Ayrıca biyokimyasal reaksiyonları katalize ederler. Bununla beraber antibiyotikler ve pestisitler gibi kontaminantların sütün bileşimini etkileyeceği de unutulmamalıdır.

Tablo 1.1 Bazı hayvan türlerine göre sütün kaba kimyasal bileşimi.

Bileşim (%)	İnek	Manda	Keçi
Toplam kuru madde	12.7	17.6	12.5
Yağ	3.7	7.0	3.8
Kazein	2.6	3.5	4.7
Peynir altı suyu proteini	0.6	0.8	0.4
Laktoz	4.8	5.2	4.1
Kül	0.7	0.8	0.8

1.2. Ana Bileşenlerin Oluşumu

Sütün bileşimi ve fizikokimyasal özelliklerinin oluşumu doğrudan hayvanın emzirme döneminde meydana gelen biyosentez süreci ile ilişkilidir. Temelde, üç faktör söz konusudur: salgılama (hücre içi sentez), salgı hücrelerinin salımı/çıkarılması, kanallarda ve alveollerde salgı hücrelerinin depolanması. Laktasyon kontrolü ise endokrin bez

hormonal aktivitesine bağlıdır ve doğrudan hayvanın fizyolojik durumundan etkilenir.

Süt bileşenlerinin kaynağı kandır. Bu bileşenler doğrudan kandan süte geçebilirler veya salgı hücrelerindeki kan öncülerinden sentezlenebilirler. Hayvan başlangıçta mammogenesisinden geçer. Ardından, artan progesteron ve östrojen konsantrasyonları eşliğinde meme dokusu hazırlığı gerçekleşir. Laktogenezde süt salgısı, prolaktin konsantrasyonunda bir artış ve progesteron ve östrojende bir azalma şekillenir. Galaktopoez sırasında üretim sürdürülür. Laktasyon ilerledikçe prolaktin seviyeleri azalırken progesteron ve östrojen seviyeleri yükselir.

Sütün yağ asidi bileşimi, beslenmeye (uzun zincirli yağ asitleri, asetat ve β -hidroksibütirat mevcudiyeti) ve ayrıca rumendeki mikroorganizmalar tarafından biyohidrojenasyona bağlıdır. Glikoz ve galaktozdan laktoz sentezi, laktoz sentetaz enzimine (galaktosiltransferaz 1 α -laktoalbümin) aracılığıyla gerçekleşir. Lümeneye salınması, başta klorürler olmak üzere tuzların geçişi ile birlikte dengede gerçekleşir. Süt, hayvanın kanıyla izotonik bir şekilde sentezlenmelidir. Bu durum süt bileşimi üzerinde fizyolojik sınırlamalar getirir. Laktasyonun sonunda ve meme enfeksiyonlarında, kan bileşenlerinin parasellüler bir yolla süte transferinde bir artış olur. Bu durum, sütün bileşimde (düşük laktoz konsantrasyonu, yüksek klorür ve serum proteinleri konsantrasyonu) ve fizikokimyasal özelliklerinde (termal stabilitede azalma, peynir üretimi sırasında pıhtı özelliklerinde değişiklik) bir takım değişikliklere neden olur. Protein

bileşimi ve özellikleri, ribozomlar tarafından oluşturulan aminoasit dizisine ve golgi veziküllerinde meydana gelen translasyonel değişikliklere bağlıdır. Dikkate değer dönüşümsel modifikasyonlar fosforilasyon, glikosilasyon, kalsiyum ve sitrat bağları ve sülfür bağlarıdır. Yağ globüllerinin üç tabakalı zarı, endoplazmik retikulumdan ve salgı hücrelerinin iki tabakalı apikal zarından gelen polar lipidlerden ve proteinlerden kaynaklanır. Bu durum sütün bileşimini ve özelliklerini belirler.

1.3 Ana Bileşenlere Giriş

Sütün ana bileşenleri su, proteinler, laktoz, lipitler ve tuzlardır. Sütteki çözünür moleküllerin içeriği (özellikle laktoz ve tuzlar) ozmotik basıncını (yaklaşık 700 kPa), su aktivitesini (yaklaşık 0,993), kaynama noktasını (yaklaşık 100,15°C) ve donma noktasını (yaklaşık -0,552°C ila -0,540) etkiler. Tuz içeriği ise sütün iyonik gücünü (yaklaşık 0,08 M), protein içeriği ile birlikte titre edilebilir asitliğini (yaklaşık %0,14 laktik asit olarak ifade edilir), pH (6,6-6,8) ve tamponlama kapasitesi etkiler. Sütün rengi, diğer faktörlerin yanı sıra, yağ globülleri ve kazein misellerindeki görünür ışığın yansınmasıyla ilgilidir. Sütteki yağ ve protein içeriği ayrıca viskozitesini (yaklaşık 2,1 mPa s, 20°C'de), kırılma indisini (yaklaşık 1,3440 1,3485, 20°C'de) ve yüzey gerilimini (yaklaşık 52 N m⁻¹) etkiler. Yağ içeriğinin ayrıca sütün yoğunluğu (1028 ile 1034 kg m⁻³ arasında), termal iletkenliği (yaklaşık 0.559 Wm⁻¹ K⁻¹) ve özgül ısısı (yaklaşık 3.93 kJ kg⁻¹ K⁻¹) üzerinde büyük bir etkisi vardır. Sütün redoks potansiyeli (25°C'de ve pH 6,7'de

+0,25+0,35 V) çözünmüş oksijen konsantrasyonu tarafından belirlenir.

1.3.1. Su

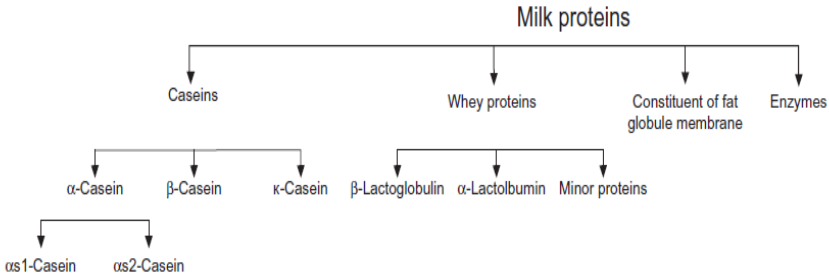
Sütte bulunan su, farklı büyüklüklerde farklı kimyasal etkileşimler gerçekleştirir. Hidrofilik bileşenler, su ile iyon dipol veya dipol dipol etkileşimleri yoluyla güçlü bir şekilde etkileşir. Sütte bulunan suyun bir kısmı düşük moleküler hareketliliğe sahiptir; -40°C sıcaklıklarda donmaz ve çözünenlerin ve susuz bileşenlerin yüzeyine çok yakındır. Süt içerisinde bulunan suyun en önemli yönlerinden biri kimyasal, fiziksel ve mikrobiyolojik stabilite üzerindeki etkisidir. Örneğin:

- Kimyasal stabilite: Maillard reaksiyonu, lipid oksidasyonu, vitamin kaybı, pigment stabilitesi ve protein denatürasyonu, sütteki su aktivitesinden etkilenen reaksiyonlara örnekleridir.
- Fiziksel stabilite: Tuz dengesi ve laktozun fiziksel durumu (amorf veya kristal) suyun mevcudiyetinden etkilenir.
- Mikrobiyolojik stabilite: Besiyerinin su aktivitesi, mikroorganizmaların gelişimine izin vererek veya bunları inhibe ederek mikrobiyal büyümeyi etkileme kapasitesine sahiptir.

1.3.2. Proteinler ve Diğer Azot Bileşikleri

Azot bileşikleri önemli süt bileşenleridir ve Kjeldahl yöntemi ile analiz edilebilir. Sütte bulunan nitrojen bileşikleri arasında protein yapılı bileşikler (yaklaşık %95, protein nitrojen (PN) olarak bilinir) ve protein olmayan bileşikler (yaklaşık %5, protein olmayan nitrojen

(NPN) olarak bilinir) bulunur. NPN, üre, ürik asit, kreatin ve amino asitlerden oluşur. Proteinler, Şekil 1.1'de gösterildiği gibi kazein, peynir altı suyu proteinleri, süt-yağ-globül-zarı ile ilişkili proteinler ve enzimler olarak gruplandırılabilirler.



Şekil 1.1 İnek sütü için azotlu protein fraksiyonunun alt bölümleri.

Kazeinler birincil süt proteinleridir ve sütteki toplam proteinlerin %78,3'ünü oluşturur. Kazeinler, izoelektrik noktalarının yakınında (pH 4.6) çökelirler. Bu durum kazeinleri aynı pH'da çökelmeyen peynir altı suyu proteinlerinden ayırır. Kazeinler sütte tek moleküller olarak değil, kazein miselleri olarak bilinen 150-300 nm arasında değişen bir çapa sahip kalsiyum fosfat açısından zengin büyük, kompleks supramoleküler yapılar olarak bulunurlar. Bu kazein miselleri, farklı kazein moleküllerinin (α s1-, α s2-, β - ve κ -kazein) kendiliğinden birleşmesi sonucu oluşur. Kazein miselleri, yaklaşık 10^5 kDa'lık bir moleküler kütleyle sahiptir ve kazein fraksiyonları, yapısında α s1: α s2: β : κ sırasıyla 4:1:4:1.3 oranına bulunur. Kazeinler şu sırayla kalsiyuma duyarlıdır: α s. β . κ -kazein. Peynir ve yoğurt gibi süt ürünleri matrislerinin oluşumu, kazein misel protein ağının

oluşturulmasına bağlıdır. Misel yapısı kuru bazda %94 protein ve %6 tuzlardan oluşur. Ortalama olarak sütün, mililitre başına birbirinden uzaklıkları yaklaşık 240 nm olan 10^{15} kazein miselleri vardır. Bunlar, gram protein başına 3,3 g su hapseden aşırı hidratlanmış yapılardır. Mikroskop ile yapılan görüntülemelerde heterojenlik nedeniyle kazein miselleri, kalsiyum fosfat alt birimleri veya kümeleri olarak yorumlanmıştır. Bu sub-miseller model, kalsiyum fosfat ile bağlanmış farklı kazein bileşimleriyle farklı alt yapıları açıklamaktadır. "Nanoküme modeli" terimi, kazein misellerinin spesifik birleşiminin, kalsiyum fosfat nanokümelerinin, kalsiyuma duyarlı kazeinlerin spesifik bağlanma bölgelerine tuz köprüsünden geldiği tezinden türetilmiştir. Son olarak, ikili bağlanma modeli, kazein miselinin iç kısmına referans olmaksızın bir polimerizasyon bakış açısından protein birleşimini tanımlar. İkili bağlanma ve nanoküme modelleri benzerdir ve kalsiyum fosfat nanokümelerinin, protein üzerinde kalsiyumun mevcut olduğu yapı olduğunu düşündürür. Protein dizisi boyunca yoğunlaşan fosfoamino asitler, kalsiyum fosfata stabil bir bağ ile fosfat merkezlerine dönüşür. κ -kazeinin genellikle kazein misellerinin yüzeyinde bulunur. Bu protein, kalsiyuma duyarlı kazeinlerin korunmasında rol oynar. Protein ayrıca kazein misellerinin sterik stabilitesini tüylü bir katmanın varlığıyla korur. Katman, kazein misellerinin yüzeyinden κ -kazeinin uzamasının sonucunda oluşur.

Peynir altı suyu proteinleri, sütün toplam protein içeriğinin ağırlıkça yaklaşık %20'sini oluşturur. Bunlar küresel proteinlerdir ve kazeinlere kıyasla süt işleme sırasında farklı özellikler gösterirler. Örneğin

kazeinden farklı olarak peynir altı suyu proteini ısıya duyarlıdır. β -laktoglobulin başlıca peynir altı suyu proteindir ve sütteki peynir altı suyu proteinlerinin yaklaşık %50'sini oluşturur. Sütte çoğunlukla bir dimer olarak bulunur ve ısıtıldıktan sonra oldukça reaktif hale gelen bir serbest tiyol grubuna sahiptir. Bu da diğer süt proteinlerinin yanı sıra kendisiyle de kümeler oluşmasına yol açar. β -laktoglobulin, daha yüksek konsantrasyonu ve daha kolay denatürasyonu nedeniyle işleme sırasında peynir altı suyu özelliklerine hakim olma eğilimindedir. α -laktalbümin, peynir altı suyundaki ikinci en yüksek proteindir ve peynir altı suyu proteinlerinin yaklaşık %20'sini oluşturur. Ca^{2+} e bağlanan bir metaloproteindir. α -laktalbümin, özel koşullar haricinde genellikle birleşmez ve özellikle başka hiçbir protein bulunmadığında ısıl işleme karşı çok hassastır. α -laktalbümin, laktoz sentezinde yer aldığından, bu iki bileşenin konsantrasyonları ilişkilidir ve α -laktalbümin, süt bileşimi ve üretim hacminde önemli bir rol oynar. Peynir altı suyunda bulunan diğer küçük proteinler arasında sığır serum albümini (BSA), immüoglobulinler, proteoz pepton ve laktoferrin bulunur.

1.3.3. Laktoz

Laktoz, sütün ana karbonhidrat bileşenidir ve bebekler için birincil enerji kaynağıdır. Laktoz, galaktoz ve glikoz molekülleri arasındaki β 1-4 glikosidik bağın oluşturduğu bir disakkarittir. Farklı türlerin sütündeki laktoz içeriği değişkendir. İnek ve insan sütleri sırasıyla ortalama %4.8 ve %7.0 oranında laktoz içerir. Laktoz, bifid bakterilerin gelişimini desteklediği ve kalsiyum ile D vitamini

emilimini artırdığı için prebiyotik bir molekül olarak da kabul edilir. Laktoz, D-galaktoz ve D-glikozdan oluşur; buradaki galaktozun aldehit grubu, bir β -1-4-glikosidik bağ ile C-4 glikoza bağlıdır. Bu bağlantı, laktozu oluşturan monosakkaritlere hidrolize eden β -galaktosidazın enzimatik etkisiyle bozulabilir. Hidrolizin sonucu olan kombine ürünler daha tatlı ve daha çözünür olduğundan, bu dönüşüm süt endüstrisi için oldukça önemlidir. Ayrıca doğrudan fermente edilirler ve bebeklerin bağırsakları tarafından hemen emilirler. Laktozun 20°C'de ortalama çözünürlüğü 18,2g/100g⁻¹ su iken, glikozun çözünürlüğü 107g/100g⁻¹ su ve galaktoz 50g/100 g⁻¹ sudur. Laktoz, sukroz, glikoz ve fruktoz gibi diğer şekerler kadar tatlı değildir. Laktozun sukrozdan beş kat daha az tatlı olduğu bildirilmektedir. Laktoz molekülü özellikleri, çeşitli süt ürünlerinin üretimini ve özelliklerini etkiler. Fermente süt ürünlerinin üretimi, laktozun fermantasyonuna dayanır. Bu fermentasyon işleminin ana yan ürünü laktik asittir. İkincil yan ürünler arasında karbon dioksit, asetik asit, diasetil ve asetaldehit bulunur. Laktoz fermantasyonu sütün, fermente süt, yoğurt ve peynir gibi ürünlere dönüştürülmesini sağlar. Ayrıca sütün korunmasında kullanılan yöntemlerden biridir. Laktozun düşük çözünürlüğünün, yoğunlaştırılmış süt, peynir altı suyu ve süt tozu üretimi üzerinde doğrudan bir etkisi vardır. Damakta algılanabilen kristallerin görünümü, konsantre süt ürünlerinin muhafazasındaki ana konulardan biridir. Yoğunlaştırılmış süt üretim teknolojisinde, mikro kristalizasyon veya zorla/indüklenmiş kristalizasyon, 16 μ m'den küçük laktoz kristalleri elde etmek için kullanılır. Bu da laktozu nihai ürünün dokusunu kontrol etmede temel

bir adım haline getirir. Laktaz (enzim) kullanımını kristalleşmeyi önler, ancak üretim teknolojisinde değişiklikler gerektirir. Çeşitli gıda ürünlerinde kristalleşmenin kontrolü veya önlenmesi, işlemin kinetiğinin anlaşılmasını ve kristal oluşumu ve depolama sırasında kütle transferi, enerji ve momentum özellikleri arasındaki etkileşimlerin bilgisini gerektirir. Örneğin, bir çözeltinin nihai laktoz içeriği ve ürün sıcaklığı, yoğunlaştırılmış süt ve kurutulmuş konsantre peynir altı suyu kristalizasyonu için belirleyici faktörlerdir. Çözeltideki nihai laktoz içeriği, ilk laktoz içeriğine ve nihai üründeki su miktarına bağlıdır. Ürün sıcaklığındaki bir düşüş, laktoz çözünürlüğünde bir azalmaya neden olarak kristalleşmeyi destekleyecektir. Yoğunlaştırılmış süt üretiminde, ikincil çekirdeklenme olarak da bilinen zorunlu veya indüklenmiş bir kristalizasyon gerçekleştirilir. İşlem üç adımdan oluşur: ürünün kontrollü soğutulması, kristalizasyon çekirdeklerinin (laktoz tozu) eklenmesi ve sürekli karıştırma. Kontrollü ve hızlı soğutma, kristalizasyon aşamasının itici gücünü yoğunlaştırır ve çekirdek oluşumunu kolaylaştırır. Laktoz tozunun (çekirdeklerin) eklenmesi, çok sayıda küçük kristalin elde edilmesine yardımcı olur. Daha küçük kristaller, tüketicinin mevcut kristalleri algılayışını engellediği için daha caziptir.

Laktoz molekülleri ayrıca, süt ve süt ürünlerinin çeşitli özelliklerini etkileyen, enzimatik olmayan bir esmerleşme reaksiyonu olan Maillard reaksiyonuna neden olabilir. Üretim açısından bu değişikliklerin bazıları arzu edilirken, bazıları özellikler üzerinde

olumsuz bir etkiye sahiptir. Maillard reaksiyonu sonucunda aşağıda belirtilen durumlar şekillenir;

- Sindirilemeyen bloke lizin kalıntıları nedeniyle protein besin değerinde azalma,
- Tat ve aroma üreten bileşiklerin üretimi;
- Reaksiyonun daha ileri aşamalarında antioksidan bileşiklerin oluşumu,
- Antibakteriyel bileşiklerin oluşumu,
- Melanoidinler nedeniyle kahverengimsi renklenme gelişimi.

Enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonuna müdahale eden ana faktörler sıcaklık, pH, su aktivitesi, karbonhidratın doğası, amino asitin doğası ve katalizör etkileridir. Maillard reaksiyonu düşük sıcaklıklarda daha yavaştır ve hız, 40-70°C aralığında 10°C'lik her artışla pratik olarak iki katına çıkar. Nötre yakın bir pH'da reaksiyon hızı maksimumdur. Su aktivitesi 0,9'dan yüksek olduğunda, yani, reaktanlar çok seyreltildiğinde ve çok sayıda bağlı olmayan su molekülü mevcut olduğunda, kahverengileşme hızında bir azalma olur ve bu hız, su aktivitesi 0.2'nin altındaki değerlere ulaştığında sıfırlanma eğilimindedir. Karbonhidratlar için, reaksiyon hızı monosakkaritlerde disakkaritlere göre daha yüksektir. Amino asitler için, protonlanmamış amino gruplarının mevcudiyeti, Maillard reaksiyonunun ilk aşamalarının hızını artırır. Son olarak, Maillard reaksiyonu, fosfat ve sitrat anyonları ve bakır iyonları varlığında hızlandırılır. Maillard reaksiyonunu etkileyen faktörleri anlamak, yumuşak (dulce de leche) süt ve yoğunlaştırılmış süt üretimi için çok

önemlidir, çünkü istenen renk yoğunluğu her pazarda farklı tercihlere bağlıdır.

1.3.4. Lipitler

Lipitler, suda çözünmeyen, ancak organik çözücüler içinde çözünebilen, moleküllerinde hidrokarbon zincirlerine sahip olan ve çok çeşitli gıdalarda oluşan bir organik bileşikler sınıfıdır. Lipid sınıfı, yağ asitlerini, triasilgliseroller ve fosfolipitleri içerir. İnek sütü, yaklaşık 2,8 g 100 ml⁻¹ ile 6,0 g 100 ml⁻¹ konsantrasyonlarında lipid içerir ve ortalama değerler ise 3,5 g 100 ml⁻¹ ile 4,0 g 100 ml⁻¹ arasındadır. Süt lipidleri yağ/su emülsiyonunun stabilitesine katkıda bulunan bir lipoprotein zarı ile mikroskobik globüller olarak bulunurlar. Sütteki baskın lipid fraksiyonları triasilgliserollerdir, ancak süt ayrıca glikolipidler, yağda çözünen vitaminler ve laktonlar, aldehytler ve ketonlar gibi tat ve aroma belirleyicileri de içerir. Triasilgliserollere ve fosfolipitlere bağlı yağ asitleri, süt lipidlerinin %90'ını oluşturur. Bununla birlikte, serbest yağ asitleri de sütte bulunur. Sütte 400'den fazla yağ asidi türü tanımlanmıştır, ancak bunların sadece küçük bir kısmı %1'in üzerindeki konsantrasyonlarda mevcuttur. Süt, nispeten yüksek konsantrasyonlarda kısa zincirli yağ asidi kalıntıları (C4:0 ile C10:0) ile karakterize edilir. Butirik asit kalıntıları (C4:0) ruminant sütlerine özgüdür. Palmitik, stearik ve miristik asitler, mevcut baskın doymuş yağ asidi kalıntıları arasındadır. Monoenoidlerden oleik asit kalıntıları en bol olanıdır. Monoenoik yağ asitleri ayrıca ortalama olarak süt lipidlerinin %3.7'sini temsil eden transizomerler içerir. Polienler, özellikle linoleik

ve α -linolenik, %3.0'a yakın seviyelerde bulunur. Süt lipidleri, C18:2 cis-9, trans-11'in (rumenik asit) hakim olduğu %0.2-2.0 konjuge linoleik asit (CLA) izomerlerini içerir.

Süt lipid bileşimi oldukça değişkendir ve varyasyonları beslenme, üreme ve emzirme döneminin yanı sıra hayvanın sağlığı ve yaşından etkilenir. Beslenme en baskın faktördür. İnsan sağlığını destekleyen ve kardiyovasküler hastalık riskini azaltmaya yardımcı olan süt ürünleri üretmek için, süt lipidlerinin kalitatif bileşimindeki değişikliklere artan bir ilgi vardır. Bu amaçla, CLA'nın endojen öncüsü olan oleik asit (C18:1 cis-9) ve aşı (vaccinic) asidi (C18:1 trans-11) seviyeleri yükseltilebilir. Artış, laurik (C12:0), miristik (C14:0) ve palmitik (C16:0) asitler gibi doymuş orta zincirli yağ asitlerinin düşük konsantrasyonlarını gerektirir. Süt yağının mikro yapısı, 0.1-20 μ m boyutunda (baskın boyut 3-5 μ m) kürecikler halinde kendini gösterir. Globüller, süt lipidlerinin %2-6'sına karşılık gelen üç katmanlı bir zarla çevrilidir. Yağ globül membranları asimetrikdir, iç ve dış katman bileşimleri farklıdır. Globülün dış yüzeyinde fosfatidilkolin, sfingomiyelin ve glikolipidler baskındır. Nötr lipidlerde fosfatidiletanolamin ve fosfatidilserin iç katman üzerinde yoğunlaşmıştır. Süt ürünleri üretmek için kullanılan endüstriyel işlemler, yağ globüllerinin bileşimini ve yapısını etkiler. Isıtma, zar bileşenlerinin denatüre peynir altı suyu proteinleri, özellikle β -laktoglobulin, ile etkileşime girmesine neden olabilir. Karıştırma, yağ globülünün birleşmesine ve membran kaybına neden olabilir. Homojenizasyon sırasında, globüllerin yırtılması ve bir mikrometreye

küçültülmesi yüzey alanlarını arttırır, böylece yeni oluşan globüllerin etrafına atılacak yeterli membran malzemesi kalmaz. Yeni zar, kazein gibi proteinlerin birikmesine bağlı bir süreç olan globülleri kaplamaya başlar. Tereyağı kreması durumunda, yağ globülü bozulması, ayrana geçen zar materyalinin kaybına neden olur.

Süt lipidleri, lipolize duyarlıdır. Doğal süt lipazı, bu bozunma reaksiyonundan birincil sorumlu maddedir. Süt ürünlerindeki hidrolitik karıştırmaya, psikrotrofik bakteriler tarafından üretilen termostabil lipaz aktivitesi veya artık doğal lipaz aktivitesi neden olabilir. Yağ globül membranları lipolize karşı koruma sağlar. Bununla birlikte, bazı sütler, membran rüptürü olmadan meydana gelen spontan lipoliz sergileyebilir. Tersine, zar hasarının bir sonucu olan indüklenmiş lipoliz, süt lipid hidrolizi için kullanılan ana mekanizmadır. Hem doğal lipazlar hem de bakteriyel lipazların çoğu, triasilgliserollerin terminal pozisyonlarında yağ asidi kalıntılarını hedefler. Süt yağı sn-3 konumunda nispeten yüksek oranda kısa zincirli esterlenmiş yağ asitleri içerdiğinden, lipoliz bu bileşiklerin serbest formdaki konsantrasyonunu arttırır. Kısa zincirli yağ asitleri, ayrışmamış formda, süt ve süt ürünlerinde hoş olmayan tat ve aromaya neden olabilir. Otoksidasyon, hidroperoksitler oluşturarak süt lipidlerini etkileyebilir. Bunlar, istenmeyen tat ve kokuya sahip karbonil bileşikleri oluşumuna neden olabilirler. Süt yağı, doymuş yağ asitlerinin baskınlığı ve α -tokoferol ve β -karoten gibi doğal antioksidanların varlığı nedeniyle oksidasyona nispeten dirençlidir. Süt lipid oksidasyonu, metalin, özellikle bakırın varlığıyla veya ışığa

maruz kalmasıyla indüklenebilir. Kendiliğinden otoksidasyon, gıda bileşimine ve sütteki antioksidan ve prooksidan bileşiklerin dengesine bağlı olarak meydana gelebilir. Oksidatif süreç esas olarak süt ve süt ürünlerinin depolanması sırasında meydana gelir. Otoksidasyon hızı, çözülmüş oksijen konsantrasyonuna, saklama sıcaklığına ve antioksidanların ve prooksidanların varlığına bağlıdır.

1.3.5. Tuzlar

Makrobesinler (protein, yağ ve karbonhidratlar), özellikle bebeklerin gelişimi için sütün besleyici rolünün odağındadır, ancak tuzların da benzersiz besin değeri vardır. Hem önemli konsantrasyonlarda bulunan mineraller hem de eser mineraller, kemik büyümesi ve gelişiminde, hücre fonksiyonunda ve ozmolaritenin korunmasında önemli roller oynarlar. Mineraller ayrıca tampon kapasiteleri, biyolojik işlevleri ve kolligatif özelliklerinden dolayı kazein misellerinin oluşumunda ve stabilizasyonunda anahtar rol oynarlar. Süt ürünleri üretiminde, minerallerin işleme sırasında protein stabilitesi üzerinde doğrudan bir etkisi vardır: protein jel dokusunu ve peynirin işlevselliğini ve dokusunu etkilerler, ayrıca emülsiyon stabilizasyonunu da sağlar.

Süt tuzları, sütte düşük molar kütleli iyonlar olarak bulunan maddelerdir. "Tuzlar" terimi "kül" içermez. Çünkü sütün yakılması organik tuz kaybına ve tuzsuz bileşiklerden kül oluşumuna neden olur. Sütteki birincil katyonlar kalsiyum, magnezyum, sodyum ve potasyumdur. Fosfatlar, sitratlar ve klorürler ana anyonları oluşturur. Sütte kalsiyum ve fosfat miktarı fazladır. Sütteki mineral içeriği sabit

değildir. Laktasyon dönemi, beslenme, çevresel ve genetik faktörlere göre değişir.

Mineraller, özellikle kalsiyum ve fosfat, kazein misellerinin yapısında ve stabilitesinde önemli bir rol oynar. Mineraller ayrıca işleme sırasında protein işlevselliğini ve süt özelliklerini etkiler. Bu süt fraksiyonu, proteinlerle karmaşık, dinamik ve güçlü bir etkileşim içindedir. Kalsiyum, inorganik fosfat ve diğer mineraller, çözünür faz ile koloidal faz (kazein miselleri) arasında dağılır ve bunların dağılımı, diğer faktörlerin yanı sıra belirgin şekilde pH, sıcaklık ve konsantrasyona bağlıdır. Çözünebilir fazda, iyon birleşmeleri şeklinde serbest olarak bölünebilir veya α -laktalbümin olarak proteinlere bağlanabilirler. Kalsiyumun yaklaşık üçte ikisi ve inorganik fosfatın yarısı koloidal fazdadır ve fosforin kalıntıları bağlanma bölgeleri aracılığıyla kazeinlere bağlanır. Misel kalsiyum kısmen doğrudan bu kalıntıların ara maddesi (kalsiyum kazeinat) tarafından kazeine bağlanır ve kısmen koloidal inorganik fosfat (kalsiyum fosfat) ile ilişkilidir. Kalsiyum ayrıca kazein miseline kalsiyum sitrat olarak da bağlanabilir.

Asidifikasyon, sütteki asit-baz gruplarının protonasyonuna yol açar ve bunun sonucunda kazeinlerden serum fazına kalsiyum fosfat salınır. Isıl işlem, kalsiyum fosfatın çözünürlüğünü azaltır ve koloidal kalsiyum fosfat (CCP) oluşumunu indükler ve çözünür fazda bu tuzların daha düşük konsantrasyonları gözlemlenebilir. Bu değişiklik 90°C'de birkaç dakikada geri döndürülebilir. Şiddetli ısıtma, hem tuz dağılımında hem de kazein misellerinde geri dönüşü olmayan

değişikliklere neden olur. Soğutma, çözünürlük üzerinde ters bir etkiye sahiptir ve CCP'nin çözünmesi ile sonuçlanır, bu da kazein misellerinden β -kazein ayrışmasına neden olabilir. Membran konsantrasyonu, fraksiyon oranlarını değiştirir ve bir miktar çözünür kalsiyum fosfat uzaklaştırıldıkça CCP'yi artırır. Diyafiltrasyon uygulanırsa, çözünür kalsiyum uzaklaştırma daha kapsamlıdır ve misel bütünlüğünü etkileyebilir. Şelatlama ajanları, tuzların fraksiyonasyonunun modülasyonunda önemli bir teknolojik ajandır. Şelatlama ajanları katyonlara afinite gösterir ve özel olarak kalsiyumun yerini değiştirebilir ve ısı stabilitesini artırabilirler. Şelatlama ajanlarının artan konsantrasyonu, kazein misel ayrışmasına ve misel yapısının parçalanmasına neden olur.

Çözünür tuzlar farklı iyonik formlarda ve noniyonize kompleks formlarda bulunurlar. Sodyum ve potasyum tamamen katyonlar halinde bulunur. Klorürler ve sülfatlar (kuvvetli asit tuzları) süt normal pH'sında anyonlar olarak bulunurlar. Fosfatlar, sitratlar ve karbonatlar (zayıf asit tuzları) çeşitli iyonik formlar olarak sütte dağılmış haldedirler. Sütte bulunan iyonik kalsiyum, β -laktoglobulinin denatürasyon sıcaklığını etkiler ve kümelenmesini destekler, ısı değiştiricilerin yüzeyinde adsorbe edilmiş proteinler arasında birikmeyi ve köprü oluşumunu artırır. Bu kümelenme önemlidir, çünkü ısı eşanjörlerinde kirlenme, ısı transfer verimini düşürdüğü ve sistemde artan bir basınç düşüşüne neden olduğu için bir işleme tesisinin karlılığını etkileyen ciddi bir sorundur. Kirlenmenin bir sonucu olarak, süt ısı işlem için gerekli sıcaklığa

ısıtılmayabileceğinden, ürün kalitesinin bozulma riskleri artar. Ayrıca, yan ürün akışı ile yıkanan tortular önemli kirlenmeye neden olabilir. Kalsiyum fosfat çökmesi olduğunda, tuz bölümü üzerindeki konsantrasyon etkisi verilir, çünkü süt kalsiyum ve fosfat ile doyurulur.

Tuzlar, lipitler veya proteinlerle karşılaştırıldığında süt içeriğinin küçük bir bölümünü temsil eder, ancak kazein misellerinin yapısı ve stabilitesinde önemli rol oynarlar. Fizikokimyasal işlem koşullarındaki küçük değişiklikler, bileşim varyasyonlarına veya tuz bölümlenmesine neden olabilir ve sonuç olarak kazein misel stabilitesini etkileyebilir. Sütün termal stabilitesi, yüksek kalsiyum aktivitesi, düşük fosfat ve sitrat aktivitesi ve ardışık ısıl işlemler nedeniyle azalabilir. Tuz dengesizliği ayrıca yanlış pozitif alkol veya alizarol testine neden olabilir.

2. ÇİĞ SÜT MİKROBİYOLOJİSİ

2.1. Giriş

Sığırların evcilleştirilmesinden bu yana, insanlar kendi tüketimi için süt üretmeye başlamışlardır. Bu durum karmaşık bir zincirin ortaya çıkmasına neden olmuştur. Sonuç olarak, sütün kendisinin ve yağ ile protein gibi bileşiklerinin çok yönlülüğü nedeniyle insan tüketimi için çeşitli süt ürünleri geliştirilmiştir. Ayrıca, çiftliklerde üretimin ilk adımlarından (sağım, depolama), süt endüstrisine nakliye ve işlemeden bu yana süt ürünleri zinciri için farklı ekipman ve süreçlerin tasarlanması gerekliliği oluşmuştur. Sonuç olarak bu karmaşık süt

ürünleri zinciri, çiftliklerdeki süt üretiminin doğası gereği yaygın olarak kabul edilebilecek olan sütteki mikrobiyal kontaminasyon olasılığını da arttırmıştır.

Sütte mikrobiyal kontaminasyonun kontrolü, süt ürünlerinin kalite ve güvenlik kontrolünde kilit bir nokta olarak kabul edilebilir. Sütü kontamine eden birçok mikroorganizma patojeniktir ve halk sağlığı için tehlike oluşturur. Patojen ve bozulma yapan (saprofit) mikroorganizmalar, süt üretimi ve depolamasının hijyenik koşullarda gerçekleşip gerçekleşmediğini göstererek üreticilerin, endüstrilerin ve gıda denetmenlerinin üretim koşullarını değerlendirmesine imkan tanır. Ayrıca süt ürünleri için süütün kullanılıp kullanılmayacağı hakkında bilgi verir. Yararlı mikroorganizmalar ise pozitif ve arzu edilen özellikler sunarak, probiyotikler olarak ve/veya fermente gıdalar için starter kültürler olarak teknolojiye kullanılırlar.

2.2. Çiğ Süt ve Süt Ürünlerinde Bulunan Mikroorganizmalar

Hayvansal gıdalar arasında süt, mikroorganizmaların çoğalması için en iyi koşulları sağlayan gıda olarak kabul edilmektedir. Bu durum pH, yüksek su aktivitesi ve önemli miktarda besin ögesi gibi faktörlerden kaynaklanmaktadır. Bu bolluk içerisinde mikroorganizmalar çoğalmaları için sütte uygun koşulları bulmuş olurlar.

Çiğ süt mikrobiyotası çok çeşitlidir ve saprofit, patojen mikroorganizmalar ve hatta önemli teknolojik öneme sahip mikroorganizmalardan (starter kültürler) oluşabilir. Bu mikrobiyal çeşitlilik, hayvanların sağlığından, çevresel hijyen koşullarından,

kullanılan sağım ekipmanları ve çiğ sütün işlenmesi, depolanması, soğutulması ve üretim prosesleri gibi faktörlerden doğrudan etkilenir.

Süt, memenin içerisinde sterildir. Ancak sağım sırasında, ortam havasına maruz kaldığında ve ekipman yüzeyleriyle temas halinde olduğunda kontaminasyon kaçınılmazdır. Çevresel (örn., su kalitesi, sağım alanının hijyeni) ve işletme koşulları (örn., kötü sterilize edilmiş ekipman, kötü kullanım, önerilenin üzerinde saklama sıcaklığı) kontrol edilmediğinde, süt kontamine olur ve bakteri popülasyonu gelişme ve çoğalma için en uygun koşulları bulur. Sonuç olarak sütün fiziksel-kimyasal özelliklerinin bozulması ve halk sağlığını tehlikeye atan önemli patojenler tarafından kontaminasyonu gerçekleşir.

2.2.1. Hijyen Göstergesi Mikroorganizmalar

Hijyen göstergesi olan mikroorganizmalar, sütte yüksek konsantrasyonlarda bulunduğunda, üretim, muhafaza etme veya işlemeye yönelik yetersiz hijyen uygulamalarını gösteren mikroorganizma grupları veya türleri olarak tanımlanır. Sütte hijyen göstergesi olarak en sık kullanılan mikroorganizma grupları aerobik mezofilik, psikrotrofik ve koliform mikroorganizmalardır.

2.2.1.1. Mezofilik ve Psikrotrofik Mikroorganizmalar

Mezofilik mikroorganizmalar, 25-40°C arasında değişen sıcaklıklarda çoğalabilen mikroorganizmalardır. Saprofit ve patojen mikroorganizmaların birçoğu bu grupta yer alır. Sütte bulunabilecek ana mezofilik bakteri türleri *Micrococcus*, *Staphylococcus*,

Enterococcus, *Escherichia*, *Serratia*, *Acinetobacter*, *Flavobacterium*, *Pseudomonas*, *Mycobacterium*, *Bacillus*, *Lactococcus*, *Lactobacillus*'tur. Mezofilik bakteriler evrensel hijyen göstergeleri olarak kabul edilir ve bu cinslerin çoğu hayvanın memesinde, sağımcıların ellerinde, ekipman yüzeylerinde, suda ve havada mevcut olduğu için sütteki varlığı kaçınılmazdır. Bu nedenle mezofilik sayımlar, sütün sağımdan sonra karşılaştığı koşullardan doğrudan etkilenir. Genel olarak 5.0 log KOB/ml'den yüksek mezofilik bakteri sayılarına sahip süt, sağım ve üretim sırasında zayıf hijyenik kaliteyi gösterdiği kabul edilir. 3.0 log KOB/ml'den düşük sayılar ise iyi üretim uygulamalarının göstergesi olarak kabul edilir. Sütün sağımdan hemen sonra +4°C'ye kadar soğutulması mezofilik bakterileri kontrol etmek için etkili önlemler arasında yer almaktadır.

Süt soğutma işlemleri sağımdan hemen sonra yapılmalı ve ısı işleme kadar mevcut mikrobiyotanın çoğalmasını kontrol etmek için sıcaklık hızla 4°C'ye getirilerek bu seviyede tutulmalı. Sağımdan hemen sonra çiğ sütün soğutulması, ürünün korunmasında ana etkindir. Ancak bu uygulama tek başına yeterli olmayabilir. Çünkü üretimin ilk aşamalarında çiğ sütü kontamine eden birçok mikroorganizma 10°C'nin altındaki soğutma sıcaklıklarında da çoğalma yeteneğine sahiptir. Bu özelliğe sahip olan mikroorganizmalar psikrotrofik mikroorganizmalar olarak adlandırılır ve günümüzde çiğ sütün mikrobiyal kontaminasyonu ile ilgili temel sorunlardan biri olarak kabul edilmektedir. Sütteki psikrotrofiklerin varlığı, bozulma aktiviteleri nedeniyle önemlidir ve dolayısıyla sütün raf ömrünün

kısalmasına neden olan etmenlerden birisidir. Psikrotrofik kontaminasyonun ana kaynakları, yetersiz şekilde sterilize edilmiş sağım ekipmanları ve sudur. Uygun sağım ve koruma koşulları altında, bu grup genellikle çiğ sütün mikrobiyotasının %10'unu oluşturur, ancak bu oran sütün, kötü hijyen koşulları altında elde edildiğinde, çiğ sütün toplam mikrobiyotasının yaklaşık %75'ine kadar çıkabilir.

Psikrotrofik mikroorganizmalar içerisinde *Pseudomonas* ve *Bacillus* olmak üzere birkaç cins yer alır. *Pseudomonas*, sıcaklık 4-7°C aralığında yoğun metabolik aktivitesi nedeniyle klasik bir psikrotrofik olarak kabul edilir. Bununla birlikte, *Bacillus* 8°C'den 10°C'ye kadar soğutma sıcaklıklarında baskındır. Psikrotrofiklerin çoğalması için ideal sıcaklık 4°C ile 10°C arasında olsa bile, sütün genellikle bu derecelerde muhafaza edilir. İyi hijyen uygulamalarına uyulmadığı takdirde, başlangıç yükünün fazla olması nedeniyle psikrotrofik mikroorganizma miktarı 24 saat içerisinde önemli oranda artar. Bu nedenle, hijyenik sağım ve 4°C veya daha düşük sıcaklıkta soğutma koşulları, çiğ sütte bu grubun varlığından kaynaklanan istenmeyen değişiklikleri önlemenin bir yolu olarak görülmektedir.

2.2.1.2. Koliformlar ve Enterobacteriaceae

Koliformlar, laktozu fermente ederek gaz oluşturan, gram negatif, mezofilik mikroorganizmalardır. Bu mikroorganizmalar 2.0 log KOB/ml üzerindeki sayılarda mevcut olduklarında, enteropatojenlerin olası varlığını göstermenin yanı sıra sütün işlemede yetersiz hijyen uygulamalarını kanıtlar. Koliformlar toprakta, arıtılmamış suda,

ekipman yüzeylerinde ve dışkıda bulunur. *Escherichia*, *Klebsiella*, *Enterobacter* ve *Citrobacter* koliform grubuna üyesidir, ancak yalnızca *Escherichia coli* (*E. coli*) birincil habitat olarak insan ve hayvanların intestinal sisteminde bulunur. Bu nedenle, sütün koliformlarla kontaminasyonu ürünün fekal kontaminasyonunu göstermez. Fekal kontaminasyonu göstermek için sütte *E. coli* varlığının kanıtlanması gereklidir.

Koliformlar laktozu fermente edebildiklerinden, *Enterobacteriaceae* sayımı sağım sırasında süt kontaminasyonunun bir göstergesi olarak kullanılmıştır. *Enterobacteriaceae*, glikozu fermente edebilen birkaç cinsten oluşan geniş bir ailedir. Bu aile, hem koliformları hem de laktozu fermente etmeyen diğer cinsleri içerdiğinden, *Enterobacteriaceae* sayımı, süt zincirinin çeşitli aşamalarında, özellikle sağım sırasında meydana gelen kontaminasyonun daha geniş bir göstergesi olarak kullanılmaktadır.

2.2.2. Patojenik Mikroorganizmalar

Süt, indikatör mikroorganizmalarla kontaminasyonun yanı sıra, çeşitli patojenleri de bulundurabilir. Bu nedenle, özellikle çiğ süt veya çiğ sütle üretilen süt ürünlerin tüketilmesi sonucunda halk sağlığını olumsuz etkileyebilir.

Patojenik mikroorganizmalar sütü iki farklı şekilde kontamine edebilir,

- Hayvanlarda var olan enfeksiyonlar sonucu etiyolojik ajanların stle birlikte atılması (rn., *Mycobacterium bovis*-*M. bovis*, *Brucella abortus*-*B. abortus*).
- *Staphylococcus aureus*, *Campylobacter* spp., *Salmonella*, *Listeria monocytogenes*, Shiga toksin üreten *E. coli* (STEC) gibi ekipman, zemin, toprak, su ve dşk yoluyla mikroorganizmaların kontaminasyonuna izin veren hijyenik olmayan sağım ve uygulamalar.

M. bovis ve *B. abortus*'un neden olduğu tüberküloz ve bruselloz, halk sağlığı ve ekonomiyi ilgilendiren önemli hastalıklardır. Bu etkenler, ya hasta hayvanlarla doğrudan temas yoluyla ya da yeterli ısıl işlem görmemiş çiğ süt veya süt ürünlerinin tüketilmesiyle insanları enfekte edebilir.

Staphylococcus aureus (*S. aureus*) ile kontamine süt ve süt ürünlerinin tüketilmesi ile gıda zehirlenmeleri meydana gelir. *S. aureus* sütü; ineklerde mastitis etkeni olması ve çalışanların deri, burun boşlukları ve orofarinks normal florasında bulunuyor olması nedeniyle, çiğ süt veya süt ürünlerinin işlenmesi sırasında kontamine eder. Hayvanların sağlıksız oluşu ve/veya hijyen kurallarına uyulmadığından gerçekleşen kontaminasyon sonucunda *S. aureus* tarafından enterotoksin üretimi şekillenir. İnsanlarda kusma ve dehidrasyon ile karakterize klinik tablo şekillenir.

Campylobacter türleri de çiğ süt ve süt ürünlerin tüketilmesi ile ilgili gıda kaynaklı hastalıkların ana etkenlerinden biri olarak kabul edilmektedir. ABD'de bu etkenin, gıda kaynaklı hastalıkların yaklaşık

%70'inden sorumlu olduğu tahmin edilmektedir. Bununla birlikte bazı ülkelerde, bu etkeni içeren gıdaların tüketimi sonucu oluşan salgınlar, gıda kaynaklı hastalıkların sörveyansındaki başarısızlıklar ve farklı bildirimler nedeniyle rapor edilememektedir. Bu cins içerisinde birkaç tür vardır ki en önemlisi *Campylobacter jejuni*'dir (*C. jejuni*). Yetersiz pastörizasyona tabi tutulan çiğ süt, Kamfilobakteriyöz salgınlarının en sık nedenidir. Bu patojenin bulaşması sağım sırasında meydana gelir. Çünkü sığırların bağırsak kanalında mevcut olabilir ve sağım sırasındaki yetersiz uygulamalar nedeniyle dışkı kirliliği oluşur. Sağım alanlarının temizliğinde kirlenmiş suyun kullanımının da bir kontaminasyon kaynağı olduğu bildirilmiştir.

Campylobacter, *Salmonella* ve STEC, çiğ sütle daha az sıklıkla bulaşabilen enteropatojenlerdir. *Salmonella* ve STEC dünyadaki gıda kaynaklı hastalıkların ana etkenidir; ancak, çok az sayıda salgın çiğ süt veya süt ürünlerinin tüketilmesinden kaynaklanmaktadır. Gıdalardaki ana kaynağı fekal kontaminasyon olduğundan, doğrudan ve/veya fomitler ve su yoluyla sütün dışkı ile temasını önlemek için hijyenik uygulamalar titizlikle gerçekleştirilmelidir.

Listeria monocytogenes (*L. monocytogenes*) doğada yaygın bir şekilde bulunur. Psikrotrofik özelliktedir ve ekipman ve sağım kaplarının yüzeylerinde biyofilm oluşturma yeteneğine sahiptir. Bakterilerin ilk tutunması için, hücrelerin yüzeylere güçlü bir şekilde yapışmasını sağlayan hücre dışı polimerik maddelerin çoğalması ve üretilmesi için uygun koşullar sağlayan nem ve organik maddenin varlığı gereklidir. Bu nedenle, süt üretimi sırasında çiğ sütle *L. monocytogenes* varlığını

önlemek için uygulanacak ana önlem, deterjan ve dezenfektan kullanımını içeren, yapışmanın ilk aşamalarıyla ilişkili faktörlerin varlığını azaltan hijyenik uygulamaların gerçekleştirilmesidir.

2.2.3. Bozulmaya Neden Olan Mikroorganizmalar

Bozulma mikroorganizmaları, süt endüstrisi için büyük önem taşımaktadır. Çünkü metabolik faaliyetlerin sürdürülmesi ve buna bağlı olarak hayatta kalabilmesi için sütün bileşenlerini kullanırlar. Ayrıca süt ürünlerinde önemli değişikliklere yol açarlar. Sağım alanında, ekipmanlarda ve işleme ortamında bulunabildikleri için çiğ süte bozucu mikroorganizmaların kontaminasyonu kaçınılmazdır. Sağımcılar, kontaminasyonu engellemek için önlemlerin uygulanmasından ve sonuç olarak ürünlerdeki değişikliklerden kaynaklanan ekonomik kayıpların azaltılmasından öncelikli olarak sorumludurlar. Birkaç bakteri türünün sütü bozma kapasitesi vardır. Bozulma mikroorganizmalarının sütte oluşturduğu temel değişiklikler, sakkarolitik mikroorganizmaların neden olduğu asitleşme ve bakteriyel enzimlerin (proteaz ve lipaz) etkisine bağlı proteoliz ve lipolizdir.

Bozulma mikroorganizmaları, süt pH'ını düşüren birincil metabolit olan laktik asit üretirler. pH düşüşü sütün stabilitesini etkiler. Çünkü kazein, süt pH'sı normal aralıkta (pH 6,6-6,8) olduğunda koloidal misel etrafında negatif yüklüdür. Çözeltideki H^+ iyonlarının konsantrasyonu arttıkça, miseller arasındaki itme kuvvetleri azalır, bu da kazeinin izoelektrik noktasına ulaşarak misel yapısının dengesizleşmesine neden olur. Ek olarak, H^+ iyonlarının yüksek

konsantrasyonu aynı zamanda koloidal fosfat bağlarının denatürasyonuna neden olur, bu da alt miseller arasındaki bağı korumak için önemli bir faktördür. Bu nedenle asidik süt, süte uygulanan termal işlemler sırasında pıhtılaşmaya yol açabilen kazein stabilitesinde değişiklikler sunarak endüstride kullanımı sınırlar. Asitleştirici ana mikroorganizmalar mezofildir, özellikle *Lactobacillus*, *Streptococcus*, *Lactococcus* ve bazı enterobakteriler bu grupta yer alır.

Psikrotrofikler ortama yayılır ve sütü kontamine ettikten sonra soğutma sıcaklığında yoğun şekilde çoğalabilir. Bu grup, *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Lactobacillus*, *Listeria* cinsine ait türleri içerir. Psikrotrofiklerin çoğu termolabildir ve süt endüstrisinde uygulanan ısı işlemlerle tahrip olur. Ancak *Bacillus*, *Clostridium*, *Streptococcus* gibi bazı cinsler ısı işleme dirençli termodürik özelliklere sahiptir. Psikrotrofiklerin en önemli özelliği, ısıya dayanıklı proteolitik ve lipolitik enzimler üretme, ısı işleminden sonra bile enzimatik aktivitesini sürdürme kabiliyetidir. Bu enzimler, sütün belirli bileşenlerinde etki alanlarına sahiptir ve tüm raf ömrü boyunca etki edebilir.

Enzimlerin proteolitik etkisi, esas olarak k-kazein üzerindeki etkiyle meydana gelir, protein hidrolizine ve bunun sonucunda miselin destabilizasyonuna neden olur. Bu istikrarsızlık, ultra yüksek sıcaklık (UHT) teknolojisi ile muamele edilen sütlerde görülebilen süt pıhtılaşmasına (jelleşme) yol açar. UHT sütte enzimlerin etkisi, süt paketinin dibinde biriken bir jel oluşumuna neden olur. Proteindeki

diğer değişiklik, kazeinin parçalanmasından kaynaklanan peptidlerin varlığından ileri gelen acı tadın ortaya çıkmasıdır. Ek olarak, proteazların etkisi, süt ürünleri üretimi için verimi azaltır.

Lipazlar, trigliseridler üzerindeki lipolitik potansiyeli artırarak yağ globülü membranının fosfolipidlerini hidrolize eder. Lipolitik enzimlerin trigliseridler üzerindeki etkisi, yüksek konsantrasyonlarda bütirik ve kaproik asit oluşumuyla sonuçlanan serbest yağ asitlerinin salınmasına neden olur. Serbest yağ asitlerinin varlığı, süt ve süt ürünlerinde kötü tada neden olur.

2.2.4. Yararlı Mikroorganizmalar

Sütte bulunan bazı mikroorganizmalar, endüstriyel ortamdan izole edildikten ve istenen metabolitlerin üretimi için tanımlanıp karakterize edildikten sonra önemli bir teknolojik rol oynayabilirler. Bu mikroorganizmalar, süt endüstrisinde starter kültürler olarak kullanılır, sütte arzu edilen değişiklikleri teşvik eder ve fermente sütler, yoğurt ve peynirler gibi farklı ürünlerin üretilmesinde rol oynarlar.

Süt endüstrisinde faydalı rol oynayan ana mikroorganizma grupları *Lactococcus*, *Lactobacillus*, *Streptococcus*, *Propionibacterium* ve *Leuconostoc*'dur. Bu mikroorganizmaların ana faaliyeti, sütün tadını, görünümünü ve yapısını değiştiren birincil metabolitler olarak çeşitli maddeler üreten fermantasyon sürecidir, Ek olarak, bu grupların çoğu lipolitik ve proteolitik kapasiteye sahiptir ve bu metabolizasyondan amino asitlerin ve trigliseridlerin dönüşümü ile aromatik bileşikler üretirler.

Bazı laktik asit bakterileri (LAB), bakteriyosin üretme yeteneğine sahiptir. Bakteriyosinler, ribozomlarda sentezlenen antimikrobiyal peptidlerdir ve amino asit bileşimi, biyosentez, nakil ve etki şekli açısından farklılık gösteren çok çeşitli bakteriyosinler tanımlanmıştır. Bakteriyosinler gıdalarda doğal olarak normal mikrobiyotanın ürünleri olarak bulunabilir veya starter kültürlerinden üretilir.

Patojenik ve bozucu mikroorganizmalara karşı bakteriyosin aktivitesi nedeniyle, bu peptitlerin gıdalardaki geleneksel kimyasal koruyuculara bir alternatif olarak kullanılmasıyla ilgili birkaç çalışma yayınlanmıştır. *Enterococcus faecium*, *Enterococcus faecalis*, *Enterococcus mundtii*, *Lactobacillus* sp., *Lactococcus* sp., *Pediococcus* sp., *Carnobacterium piscicola* gibi çeşitli mikroorganizmalar bakteriyosinler üretirler İnhibe edici etkiler, bu antimikrobiyal peptitlerin membran geçirgenliği, hücre duvarı sentezinin inhibisyonu veya hedef hücre RNA polimeraz aktivitesinin inhibisyonu üzerindeki etkisinden kaynaklanır.

2.3. Mikrobiyal Kontaminasyon Kaynağı Olarak Süt Zinciri

Diğer tüm gıdalar gibi süt ve süt ürünleri de gıda kaynaklı hastalıklara neden olma potansiyeline sahiptir. Veteriner ilaçları, pestisit ve insektisit kalıntıları gibi kimyasal katkı maddeleri, çevre kirliliği, besin bozunması gibi farklı faktörler sütün kalitesini etkileyebilir. Ancak mikrobiyolojik tehlikeler süt ve süt ürünleri ile ilgili başlıca gıda güvenliği tehlikelerini oluşturmaktadır. Süt, bakteriler, küfler ve mayalar da dahil olmak üzere mikroorganizmaların fiziksel-kimyasal

değişikliklerine ve çoğalmasına karşı eksiksiz bir protein, lipid, karbonhidrat, mineral ve vitamin kaynağıdır.

Bakteriyel kontaminasyonla ilgili olarak, süt, fermente süt ürünlerinde teknolojik dönüşümlere neden olabilen ve ayrıca biyoprezervatif olarak işlev gören antimikrobiyal maddeler (asitler, diasetil, bakteriyosinler, vb.) üretebilen LAB gibi bazı yararlı bakteri türlerini barındırabilir; ancak aynı zamanda *Salmonella*, *E. coli* O157: H7, *L. monocytogenes*, *S. aureus*, *Yersinia enterocolitica*, *Bacillus cereus*, *Clostridium botulinum*, *M. bovis*, *B. abortus* ve *Brucella melitensis* gibi bazı insan patojenlerini ve özellikle psikrotroflar gibi bozulma yapan mikroorganizmaları da bulundurabilir.

Sütün başlangıçtaki mikrobiyolojik kalitesi büyük ölçüde değişebilir. Mikroorganizmalar, süt hayvanlarından ve çiftlik ortamından, sağım prosedürü ve müteakip depolama ve nakliye sırasında veya süt işleme sırasında sütü kontamine edebilir. Personel ve ekipmanla temas, çapraz kontaminasyon kaynağı oluşturabilir. Tüm bu sebepler nedeniyle, sütün güvenliğini ve uygunluğunu sağlamak için, süt ürünleri zinciri boyunca kontaminasyonu kontrol etmek adına iyi hijyen uygulamalarının izlenmesi esastır.

2.3.1. Hayvanlar ve Çiftlikler

Sığırlar süt için önemli mikrobiyal kontaminasyon kaynaklarıdır. Bruselloz, tüberküloz, mastitis gibi hastalıkların ve süt yoluyla insanlara bulaşabilen diğer bulaşıcı hastalıkların bulunmadığından emin olmak için hayvanlar veteriner hekim kontrolü altında olmalıdır.

Ayrıca hayvanlar iyi beslenmeli, sağlıklı olmalı ve tedavi görüyorlarsa bu süre zarfında ürünleri kullanılmamalıdır. Sağım hayvanları için bekletme alanı temiz olmalı ve hastalıklı hayvanlar izole edilmelidir.

Süt kontaminasyonu memeden çıktığı anda başlar. Ancak hayvanlarda bir hastalık durumu varsa, meme bezinden salgılanmaya bağlı olarak sütte patojen varlığı şekillenebilir. Meme enfeksiyonları, önemli ekonomik maliyetleri olan ve hayvancılık işletmelerinde yaygın olarak karşımıza çıkan hastalıklardır. Mikroorganizmaların meme ucundaki kanaldan memeye girmesi ve yaralanmaya bağlı meme ucu hasarının meme kanalının sağladığı koruyucu bariyeri bozduğu bilinmektedir. Mikroorganizmalar bu şekilde, genellikle sağım sırasında meme ucundan girerler ve daha sonra meme ucu sarnıcı (sistern) dokusuna bağlanırlar.

Patojenler memeleri enfekte eder ve meme içerisindeki süt kontamine olur. Sağımın gerçekleşmesiyle birlikte sağım başlıkları, sağımcının elleri, memeleri temizlemek için kullanılan bezler ve diğer noktalar da kontamine olur. Bu durum enfeksiyonun sürü arasında aktarılması için bir aracı oluşturur. *S. aureus* ve koliformlar, ruminantlarda klinik ve subklinik mastite neden olan mikroorganizmalardır. *L. monocytogenes*, *Mycoplasma bovis*, *Streptococcus agalactiae* ve *Streptococcus uberis* gibi diğer türler de mastite neden olabilir ve sütü kontamine edebilir.

E. coli, özellikle konakçı immüno-suprese olduğunda doğum ve erken laktasyon dönemlerinde, klinik vakaların çoğunda baskın bir izolattır. Altılık ve dışkı, *E. coli* kontaminasyonunun birincil kaynağıdır Klinik

mastitis vakalarını araştıran Keane (2016), üç *E. coli* izolatının çoklu ilaç dirençli olduğunu ve birinin yedi antibiyotiğe dirençli olduğunu bildirmiştir. Bu durum insanlarda da çapraz dirençle ilgili bir endişeyi gündeme getirebilir. Jorgensen ve ark. (2005), *S. aureus*'un Norveç dökme sütünde oldukça yaygın görüldüğünü ve izolatların sıklıkla enterotoksin ürettiğini, ayrıca enterotoksin genleri taşıdığını bildirmişlerdir. Enterotoksijenik *S. aureus* da çiğ süt ürünlerinde bulunmuştur. Bir başka ilginç çalışma, hayvanların çiftlik yapımı karışık rasyon ve nemli tahıllar ile beslenmesi, ayrıca sağım alanında toz bulunmasının, sütte *Clostridium* spp. spor sayıları için risk faktörleri olduğunu göstermiştir (Arias vd., 2013).

Pek çok ölke, süt sağımından sonra meme ucunun dezenfeksiyonu, antibiyotiklerle tedavi ve ineğin sağımdan önce ve sonra uygun şekilde hijyenik olarak hazırlanması dahil olmak üzere mastiti azaltmak için kontrol sistemleri kullanmıştır. Süte geçebilecek antibiyotik veya diğer veteriner ilaçları nedeniyle tedavi edilen hayvanların sütünün kullanılmaması önemlidir.

Çiftlikte kullanılan su ve bu suyun hijyeni, süt kontaminasyonunu etkileyen diğer bir faktördür ve doğru şekilde yönetilmelidir. Kirlenmiş su; yemi, ekipmanı veya sağım hayvanlarını kontamine edebilir ve sonuç olarak sütün kontaminasyonuna neden olabilir. İçilebilir nitelikte suyun bulunmadığı çiftliklerde arıtma yöntemleriyle suyun temizlenmesi gerekir. Koliformlar, çevrede her yerde bulunabilir. Bu nedenle, süt ürünleri üretimi için kullanılan suyun kalitesini doğrulamak için, bunların varlığının araştırılması gereklidir.

Ayrıca atıklar (gübre, yem artıkları, atık su, vb.), sinek popülasyonunu ve nihai bakteriyel kontaminasyonu önlemek için uygun şekilde yönetilmelidir.

2.3.2. Sağım

Sağım süreci, çiğ süt ve süt ürünlerinin kalitesini ve güvenliğini doğrudan etkileyebilir. Mikrobiyal kontaminasyonun ana kaynakları meme bezi, meme ve meme başlarının dışı ve sağım ekipmanı olarak kabul edilir. Bu şekilde, meme ve meme başlarının, sağımçıların ellerinin ve sağım bölgesinin temizliği, sütteki bozulma ve patojenik mikroorganizmalarla kontaminasyonu azaltmanın ve son hijyen koşullarını iyileştirmenin anahtarıdır. Sağım işleminin adımları aşağıdaki gibidir:

1. Sağmadan önce hayvanlar değerlendirilmeli ve her meme başından alınan süt gözle görülür kusurlar açısından test edilmelidir. Hastalıklı hayvanlar (örn., klinik mastitisli hayvanlar) ayrı tutularak, farklı bir sağım ekipmanı kullanılarak yada elle sağım ile en son sağılmalı, elde edilen sütler insan tüketimi için kullanılmamalıdır.
2. Meme ve meme başları her zaman içilebilir nitelikte su kullanılarak temizlenmeli ve her inek için tek kullanımlık bez tercih edilmelidir.
3. Her memeden alınan ilk süt özel kaplara alınmalı ve insan tüketimi için kullanılmamalıdır.

4. Sağımdan sonra meme enfeksiyonunu önlemek için meme tekrar temizlenmeli, tercihen meme başı daldırma ile dezenfekte edilmelidir. Ayrıca tüm prosedür sırasında enfeksiyonlardan kaçınmak için bazı diğer önlemler de alınmalıdır.

Sağım ekipmanı ve kapların kirliliği, buralardan geçen sütün mililitre başına mikroorganizma yükünü belirgin bir şekilde artırır. Ancak bu ekipmanların kullanımdan önce ve sonra iyice temizlenmesi ve dezenfekte edilmesi ile birlikte bu durumun önüne geçilir. Bakteriler ve süt artıkları, temizlenmesi zor alanlarda ve kötü tasarlanmış ekipmanlarda biyofilm oluştururlar. Sağım ekipmanında biyofilm oluşumunun önlenmesi, güvenli ve yüksek kaliteli süt ihtiyacının karşılanmasında oldukça önemli bir adımdır.

Sağım elle de yapılabilir, ancak sağımcıların sağlıklı olması ve ellerinin temiz ve kuru olması önemlidir. Sağımcılar ellerini kendi üzerine yada hayvanların üzerine silmemelidir, sütü mümkün olan en hızlı şekilde doğrudan sağım kabına aktarmalıdır. Sağımdan sonra, mikrobiyal üremeyi önlemek için süt hemen soğutulmalıdır.

2.3.3. Depolama ve Taşıma

Sütteki mikrobiyal çoğalmayı kontrol etmenin ana yöntemi, üretimin ilk aşamalarından itibaren çiğ sütü soğutmaktır. Çiğ sütün saklanması için ideal sıcaklık, mikrobiyotasının gelişimini uygun şekilde kontrol eden 4°C'dir. Ülkelere göre sütün mikrobiyolojik kriterleri tablo 2.1'de verilmiştir. Kabul edilen kriterler, temel olarak süt çiftliklerinin özelliklerine ve süt ürünlerinin ekonomilerindeki önemine bağlıdır.

Depolama koşulları süt mikrobiyotasında değişikliklere neden olabilir. Süt, uzun süre uygun olmayan sıcaklıklarda bekletilirse, psikrotrofik adı verilen mikroorganizma grubunun çoğalmasına gerçekleşir. Bu mikroorganizmalar 7°C'de veya altında çoğalabilirler ve optimal çoğalma sıcaklıkları 20-30°C arasındadır. Bu mikroorganizmaların çoğu pastörizasyon sıcaklığına duyarlıdır, ancak bazı türler, bu grupla ilişkili süt ve süt ürünlerinin ana bozulma faktörleri olarak kabul edilen ısıya dayanıklı lipolitik ve proteolitik enzimler üretebilirler. Bu bakterilerin sütte bulunması en yaygın olarak pastörizasyon sonrası kontaminasyonla ilişkilidir.

Tablo 2.1 Resmi kaynaklara göre farklı ülke ve bölgelerde çiğ sütün depolanması için kabul edilen gereksinimler ve mikrobiyolojik sayımlar

Ülke/Bölge	Depolama Koşulları	Mikrobiyal Kriterler*
Türkiye	4°C	100,000 kob/ml**
Arjantin	≤5°C	200,000 kob/ml**
Brezilya	4-7°C (dökme tank)	300,000 kob/ml**
Kanada	1-4°C	50,000 kob/ml**
Kolombiya	2-6°C	700,000 kob/ml**
Ekvator	Standart yok	Standart yok
Avrupa	8°C (günlük toplama) 6°C (uzun süreli)	100,000 kob/ml**
Meksika	≤5°C	Metilen mavisi indirgeme testinde minimum 120 dakika
Yeni Zellanda	7°C	100,000 kob/ml**
ABD	4.4°C	100,000 kob/ml**

*Maksimum

**Mezofilik aerobik mikroorganizma sayısı

Perin ve ark (2012), çiğ sütün farklı depolama koşullarının, farklı hijyen göstergesi mikroorganizmalar üzerindeki etkisini karşılaştırmış

ve psikrotrofik bakteriler arasında *Pseudomonas* ve *Serratia*'nın kontaminasyonun ana türleri olduğunu bildirmişlerdir. Sütü 4°C'de depolamak, mezofilik aerobların ve toplam koliformların gelişimini uygun şekilde kontrol etmek için idealdir. Sağım sürecinin ilk adımlarından itibaren iyi üretim uygulamalarının sağlanması ayrıca önemlidir. Çiğ sütün başlangıçtaki mikrobiyolojik kalitesinin, depolama sıcaklığından bağımsız olarak çiğ sütteki bozulma ve patojen mikroorganizma gruplarının gelişimi üzerinde doğrudan bir etkisi olduğu çok açıktır.

Amerika Birleşik Devletleri Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) tarafından yayımlanan Süt ve Süt Ürünlerinde Hijyenik Uygulama Koduna göre süt depolamak için kullanılan tank ve benzeri ekipmanlar, süte bulaşabilen maddelerin girmesini önleyecek ve sütteki mikroorganizmaların çoğalmasını en aza indirecek şekilde tasarlanmalı, inşa edilmeli ve bakımı yapılmalıdır. Ayrıca, ekipmanların ve aletlerin temizlik ve dezenfeksiyonu için yeterli içilebilir nitelikte suyun olması gereklidir. Sütün nakli sırasında sıcaklığın 8°C'nin altında olması gerekmektedir. Ayrıca nakil sırasında gereksiz gecikmelerden kaçınmak gerekir. Süt teneke kutularda taşınıyorsa, uygun şekilde kapatılmalı ve doğrudan güneş ışığından korunmalıdır. Süt ile temas eden tüm ekipman, çapraz kontaminasyon olasılığını ortadan kaldırmak için kolay temizlenebilir ve dezenfekte edilebilir olmalıdır. Ayrıca, çalışanlardan kaynaklı kontaminasyonu önlemek için personel hijyenine dikkat edilmeli ve hasta olan personelin çalışması engellenmelidir. Bununla birlikte

nakliye sırasında ve tankeri tahliye ederken iyi hijyen uygulamaları benimsemelidir.

2.3.4. Süt Endüstrileri

Süt, işletmeye ulaştığında, işlenmeye uygunluğunu belirlemek ve kalitesini ölçmek için gerekli kontrollerin yapılması gerekir. FAO/WHO (2004)'e göre süt kalitesini doğrulamak için aşağıdaki testler kullanılır:

- Titre edilebilir asitlik testi,
- 10 dakika resazurin testi,
- Kaynama testi,
- Tortu testleri,
- Yarım saatlik metilen mavisi indirgeme testi,
- pH tayini,
- Koruyucu ve antibiyotik testleri

Mezofilik aerobların sayımı da rutin bir analizdir. Kalite kontrol programlarında ve gıda denetimlerinde, izleme için faydalıdır. Ancak nihai sonuçlar için 24-48 saatlik bir süreye ihtiyaç duyulduğundan, karar verme sürecinde yeterince pratik değildir.

Bazı ülkelerde çiğ sütün satışına izin verilir, ancak halk sağlığına yönelik potansiyel risk dikkate alınmalıdır. Süt endüstrisinde çiğ süt, peynir gibi bazı geleneksel süt ürünleri üretiminde kullanılabilir. Bu tür ürünler, duyuşsal özellikleri ve beslenme kalitesi nedeniyle tüketiciler tarafından beğenilmektedir. Ancak tüketime sunulmadan

önce gerekli hijyenik önlemlerin alınarak bozulma ve patojen etkenlerin ortadan kaldırılması halk sağlığı için oldukça önemlidir.

Sağımın ilk aşamalarından itibaren kontrol edilen çiğ sütün mikrobiyal kalitesi, üretim kayıplarını önlemek ve süt ürünlerinde optimum raf ömrünü sağlamak için önemlidir. Geleneksel olarak süt, pastörizasyon ve sterilizasyon (UHT) olmak üzere iki ana ısıl işleme tabi tutulur. Minimum pastörizasyon koşulları, sütün her partikülünün 15 saniye süreyle 72°C'ye (sürekli akış pastörizasyonu) veya 30 dakika (toplu pastörizasyon) boyunca 63 C'ye ısıtılması prensibine dayanır. Pastörizasyonda hedef mikroorganizmalar *M. tuberculosis* ve Q ateşine neden olan *Coxiella burnetii*'dir. Pastörizasyon uygulamasından canlı çıkabilen termodurik mikrobiyota, *Microbacterium*, *Micrococcus*, *Bacillus* sporları, *Clostridium* sporları ve *Alcaligenes* cinslerin içerir. Ancak, bu mikroorganizmalar ortam sıcaklıklarında bile çiğ sütte kayda değer bir şekilde çoğalmazlar. Bu mikroorganizmaların fazla sayıda olması sağım ekipmanından kaynaklı kontaminasyonun göstegesidir. Bu nedenle, bu tür sütün muhafaza edilmesi, soğutulması ve raf ömrü UHT süte göre daha sınırlıdır. Isıl işlemde hemen sonra, mikrobiyal gelişmeyi önlemek için sütün sıcaklığı çok hızlı bir şekilde 4°C'ye düşürülmelidir. Sütün kontaminasyonuna neden olan *E. coli* ve koliform grubu mikroorganizmalar ise genellikle pastörizasyon sonrası süreçle ilişkilidir

Gıda endüstrisi, gıdaların kalitesini korumak ve garanti altına almak için İyi Üretim Uygulamaları (Good Manufacturing Practices-GMP),

İyi Hijyen Uygulamaları (Good Hygiene Practice –GHP) ve Tehlike Analizi ve Kritik Kontrol Noktaları (Hazard Analysis and Critical Control Points-HACCP) gibi prosesleri uygulamak durumundadır.

2.4. Süt Ürünlerinde Mikrobiyal Kontrol Zorlukları

Sütteki muhtemel mikrobiyal kontaminasyonun kontrolü, süt üreticileri ve çiftlikleri, süt ürünleri endüstrisi, tüketiciler ve gıda denetmenleri tarafından karşılaşılan sürekli bir zorluğu içerir. Çiğ sütte doğal olarak bulunan bazı mikroorganizmaların tüketiciler için oluşturduğu potansiyel riskler açıktır. Bu durum tehlikeli patojenlerin varlığından ve insanlar tarafından olası tüketiminden kaçınmak için sıkı bir kontrol ve izlemeyi gerektirir. Bununla birlikte, süt ve süt ürünleri, probiyotik ve/veya starter kültür olarak adlandırılan faydalı mikroorganizmaların da doğal kaynaklarıdır. Fakat belirli mikrobiyal gruplar, kalite kontrol programlarının bir parçası olarak izlenmeli ve tüketicilere düşük kaliteli süt ürünleri üretiminden kaçınmak için gıda denetimlerinin resmi faaliyetlerinde üretim başarısızlığının ve kötü hijyen koşullarının belirlenmesine olanak sağlamak için izlenmelidir. Bu nedenle, çiğ süütün mikrobiyotasının kontrolü ve izlenmesi, süt ürünlerinin kalitesi, tüketicilerin kabulü ve resmi yönergeler üzerinde doğrudan bir etkiye sahiptir.

Bununla birlikte, mikrobiyal grupların sayımı ve patojenik bakterilerin tespiti için geleneksel prosedürler, büyük ölçüde zaman alıcıdır ve sonuçlar, genellikle, işlenmemiş süt ve ürünlerinin işlenmesinden veya tüketiminden sonra elde edilir. Bu sınırlamaya rağmen, kalite kontrol programları bu tür grupların sürekli izlenmesini talep ederek, olası

sorunların tahminine ve bunları çözmek için uygun eylemlere izin vererek sayılardaki ve yaygınlıktaki dalgalanmaların tespitini yapmak durumundadır. Bu yöntemlerin çoğu geleneksel ve moleküler prosedürlere dayanmaktadır. Günümüzde süt ürünleri endüstrilerinde mikrobiyal izleme araçları olarak moleküler uygulamalar giderek daha da fazla kullanılmaktadır. Burada esas olan, yöntemden ziyade çiğ süt ve süt ürünlerinde mikrobiyal kontaminasyonun ele alınması gerekliliğidir.

Çiğ süt ve ürünlerinde mikroorganizmaların doğal varlığı ve patojen mikroorganizma bulundurma potansiyeli, üretimin farklı aşamalarında sıkı bir kontaminasyon kontrolünü gerektirir. Hayvan hastalıklarının kontrolü, sağım, depolama, nakliye ve işleme sırasında sıkı hijyenik prosedürlere uyulmalı ve personel bilincini arttırmak için, düzenli olarak gerekli eğitim desteğinin verilmesi gerekir. Ayrıca tüketime uygun ürünlerin üretimini sağlamak için gıda denetim mekanizmasının uygun ve güvenilir izleme yapması da oldukça önemlidir.

3. SAĞIM SİSTEMLERİ İÇİN KONVANSİYONEL VE GELİŞMEKTE OLAN YERİNDE TEMİZLİK YÖNTEMLERİ

3.1. Giriş

Gıda ve Tarım Örgütü'nün 2013 raporuna göre dünya toplam süt üretimi 768,6 milyon tondur. 2003 yılında 631,8 milyon ton olan süt üretimine kıyasla %21,7'lik önemli bir artış olduğu görülmektedir. Besin değerleri ve sağlık yararları göz önüne alındığında, süt ve süt

ürünleri tüketimi dünya çapında artmaya devam etmektedir. Dünya çapında sütün %80'inden fazlası inekten üretildiği için, bu bölümde örnek olarak inek süt için sağım sistemi ele alınmıştır.

Geleneksel bir süt çiftliğinde süt genellikle inekten elle veya vakum altında bir sağım ünitesi aracılığıyla toplanır. Sağlıklı bir ineğin sütü steril olmalıdır. Ancak, toplama aşamasında (elle sağım veya sağım ünitesiyle) ve/veya taşıma aşamasında (süt, süt kovanında tutulduğunda veya süt hattında taşındığında), çiğ sütün olası kontaminasyonu mümkündür. Bu nedenle, sütle temas eden yüzeylerin uygun şekilde temizlenmesi ve dezenfeksiyonunun yapılması kontaminasyonun önlemesi açısından oldukça önemlidir.

Temizlik uygulaması farklı şekillerde yorumlanabilir:

- Süt ile temas eden yüzeylerdeki gözle görülebilir kirleri gidermek için fiziksel (örn., su) olarak temizlenebilir,
- Deterjanlar vb. kimyasallar ile bazı mekanik kuvvetler (örn., bulaşık fırçası) kullanılarak kimyasal olarak temizlenebilir
- Mikroorganizmaları kabul edilebilir bir düzeye indirmek amacıyla mikrobiyolojik olarak temizlenebilir.

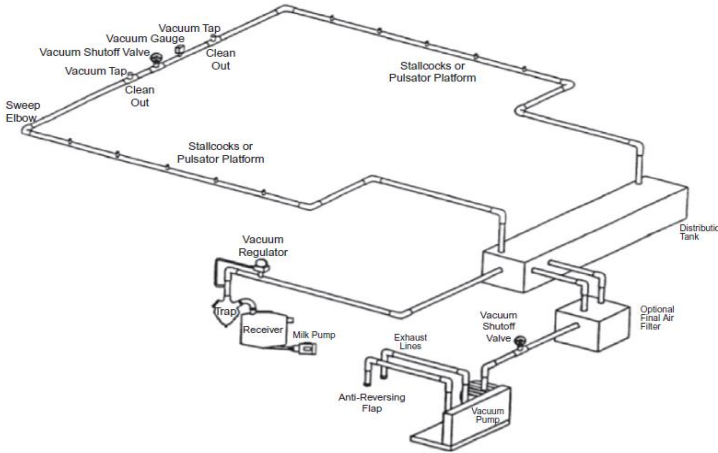
Farklı aşamaların temizliği için farklı işleme teknikleri uygulanabilir. Örneğin, sağım sistemi için, süt hattının ucuna süt filtrelerinin takılmasıyla “kir” partikülleri kolaylıkla uzaklaştırılabilir.

Süt işletmelerinde; kimyasal kontaminasyonun olmaması koşuluyla (yani, kimyasal solüsyonun aşırı kullanımı veya sızması), çiğ sütü kontamine eden patojenik mikroorganizmaların sistemden

uzaklaştırılması günümüzün ana odak noktasıdır. *L. monocytogenes*, *Salmonella Typhimurium*, *Bacillus cereus*, *C. jejuni*, *Yersinia enterocolitica*, *S. aureus*, *E. coli* O157: H7, bir süt çiftliğinde ve çiğ sütte yaygın olarak görülen kontaminant mikroorganizmalardan bazılarıdır. Bu mikroorganizmalar sütün kalitesi ve güvenliği için potansiyel bir tehlike oluşturdukları için ortadan kaldırılması gerekir.

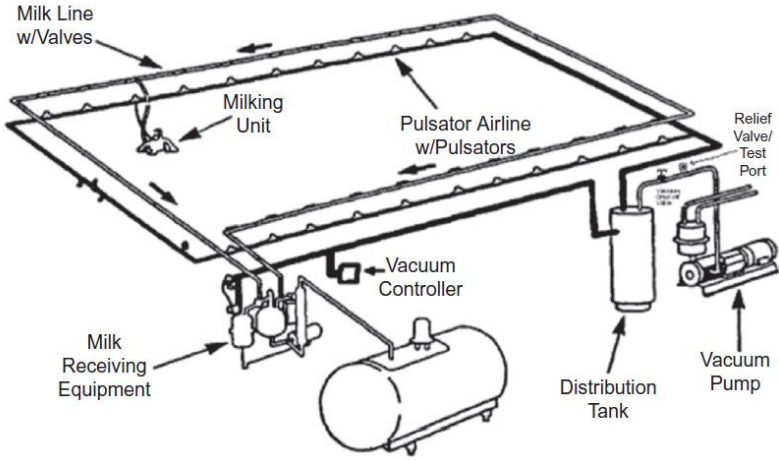
3.2. Sağım Sistemleri İçin Konvansiyonel Temizlik ve Sanitasyon Yaklaşımları

Günümüzde tipik bir süt çiftliğindeki sağım sistemi, vakum sistemi (Şekil 3.1) ve sıhhi boru sistemi (Şekil 3.2 ve 3.3) olarak kategorize edilebilir. Vakum, sağım ve temizlik sırasında gücü sağlar. Vakum pompasının boyutlandırılması, seviye testi, egzoz hattı tasarımı ve kontrolü, uygun bir sağım ve temizlik yapmak için gereklidir. Sütle temas eden tüm yüzeylerin, sağımın tamamlanmasının ardından temizlik ve sanitasyona tabii tutulması gerekir.



Şekil 3.1 Vakumlu Sağım Sistemi

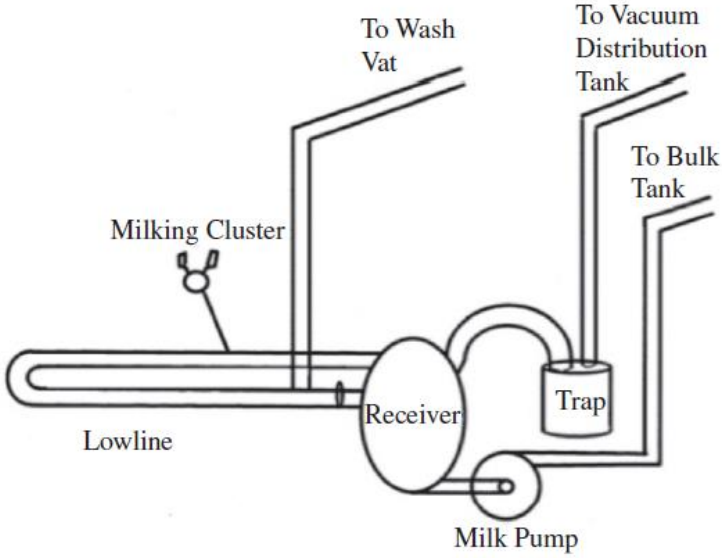
Elle sağım; zahmetli, zaman alıcı, sağım ve temizlik sırasında uygunsuz kullanımdan kaynaklanan potansiyel kontaminasyona sebep olabilen bir yöntemdir. Günümüzde küçük ölçekli işletmelerde halen uygulanmaktadır. Elle sağım yapan süt çiftlikleri için, çiğ süt ineğin meme başlarından bir süt kovaşına akıtılır ve ardından bir depolama ve/veya soğutma tankına taşınır. Elle sağım sisteminde temizlik ve sanitasyon işlemleri su ve fırçalar yardımıyla, temiz su ve seyreltişmiş deterjan kullanarak, süt kovaşının, depolama ve/veya soğutma tankının, valflerin, kapaklar, contalar vb. ilgili bağlantı parçalarının yıkanması ile gerçekleştirilir. Bu kadar basit bir sistemin avantajı, kurulumunun kolay olması ve ek ekipmana gerek olmamasıdır. Ancak işçilik maliyeti oldukça yüksektir. Sistemin temizliğinden önce, personel uzun süre sağımla ilgilendiği için, potansiyel yetersiz uygulamalar ve daha yüksek kontaminasyon riski oluşabilir. Temizlik sırasında personel, deterjan solüsyonu ile fazlaca temas halinde olacağı için bu durumdan olumsuz yönde etkilenebilir. Bu nedenle uygun koruyucu önlemler alınmalıdır. Bununla birlikte personel temizleme ve sanitasyon prosedürünü tam olarak uygulayamayabilir sonuç olarak süt temas yüzeylerinin köşeleri diğer ulaşılabilir yerleri kirli kalabilir.



Şekil 3.2 Boru Hatlı Sağım Sistemi

Günümüzde birçok orta ve büyük ölçekli süt çiftlikleri için, sağım süreci ve sonraki temizleme ve sanitasyon süreci belirli bir düzeyde otomasyon içerir. Bu işletmelerde elle sağımın yerini kovalı sağım veya vakumla çalışan sağım üniteleri almıştır. Buna bağlı olarak temizlik ve sanitasyon işlemleri de belirli bir otomasyon derecesine sahiptir.

Temizlik; değişik deterjanların sıcak su ile hazırlanan solüsyonları yardımı ile yüzeylerdeki kirlerin uzaklaştırılması işlemidir. Bu işlemin ardından içilebilir özellikte su yardımı ile sistem durulanır ve kurutma aşamasına geçilir. Temizlik en basit şekliyle elle yapılabileceği gibi alet ekipmanlar yardımıyla da yarı otomatik (COP-Cleaning out of place-Yerlerinde ayırarak temizleme) veya tam otomatik (CIP-Cleaning in place-Yerinde temizleme) olarak da yapılabilir. Özellikle süt işletmeleri gibi borulu sistemlerin bulunduğu yerlerde yarı otomatik (COP) ve otomatik (CIP) temizleme sistemleri kullanılır.



Şekil 3.3 Boru Hatlı Sağım Sistemi Alt Ünitesi

Tank, temizleme ve sanitasyon performansını artırmak için genellikle yüksek hacimli sirkülasyon pompası ve motorlu fırçalarla donatılmıştır. Yıkama tankının geniş yüzey alanı ve yıkama sırasında tankta yüksek sıcaklık düşüşü olasılığı nedeniyle, her COP sistemi için bir sıcaklık kayıt çizelgesi ve otomatik sıcaklık kontrollü buhar vanası gereklidir. Yıkama solüsyonu sıcaklığı, temizleme ve sanitasyon performansını sağlamak için gerektiğinde yükseltilebilir. COP sistemi için enerji kullanımı tipik olarak yüksektir ve sütle temas eden yüzey parçalarının sökölüp yeniden monte edilmesi ekstra işçilik gerektirdiğinden süt hayvancılığı çiftliklerinde COP kullanımı azalmaktadır. Bu nedenle, işçilik maliyetini (manuel temizleme ve sanitasyona kıyasla) ve enerji tüketimini (COP'ye kıyasla) azaltmak ve aynı zamanda potansiyel biyolojik kontaminasyon ve biyofilm

oluşumunu önleyen temizlenmiş ve sterilize edilmiş süt temas yüzeyini sağlamak için CIP sistemi günümüzde süt işletmelerinde yaygın olarak kullanılmaktadır.

Makina ve ekipmanları parçalamaya gerek duymadan çalkalama suyu ve deterjan çözeltisinin üretim hattında sirkülasyonu ile yapılan yöntem CIP denir. CIP tipik olarak oldukça otomatiktir ve işgücü ihtiyacı minimumdur. Sağım sistemlerinde uygulanan CIP için farklı otoritelerden çeşitli öneriler bildirilmiştir. Her temizleme ve sanitasyon döngüsü gereksinimlerindeki küçük farklılıklara rağmen, CIP temelde üç ana işlevi barındırır:

- Karbonhidrat, lipid ve protein dahil organik süt kalıntılarını gidermek,
- Süt taşı gibi inorganik kalıntıları uzaklaştırmak,
- Mikroorganizmaları inaktive etmek.

Organik kalıntıların giderilmesi için alkali çözeltiye ihtiyaç duyulurken, minerallerin giderilmesi için asidik çözelti gerekir. Sistem boyutuna bakılmaksızın, sağım sistemi CIP uygulaması, bir sonraki sağımından önce, bir ön döngü, bir alkali yıkama döngüsü, bir asit yıkama döngüsü ve bir sanitasyon döngüsü yaparak temizlik ve dezenfeksiyonu gerçekleştirir (Tablo 3.1). Ön yıkama döngüsünde, gevşek kalıntıları (karbonhidratlar dahil) uzaklaştırmak için berrak ılık sudan yararlanır ve devir daim olmadan tek geçişli durulama ile kalıntıların tekrar sağım sisteminde birikmesi önlenir. Bu aşamada soğuk su yerine ılık su kullanımı önerilir. Böylece kalıntıların daha

etkili bir şekilde uzaklaştırılması sağlanır. Ancak süt proteinlerinin denatürasyona uğrayarak temizliğini zorlaştırmamak için su sıcaklığının 50°C'yi geçmemesi gerekir.

Alkali yıkama döngüsünde, süt yağı, protein ve kalan karbonhidratlar dahil olmak üzere organik kirleri çıkarmak için yüksek alkalın çözeltisi (genellikle klorlu) kullanılır. Alkalın yıkama döngüsü, yüksek bir çözelti sıcaklığı ve uzun devir daim süresi gerektirir. Bir sonraki asit yıkamasının, alkali çözelti ile nötralizasyonunu önlemek için ılık suyla tek geçişli ara temiz durulama yapılması (zorunlu değildir) önerilir.

Asit yıkama döngüsünde mineralleri uzaklaştırmak için asidik çözelti kullanılır. Bu döngüde sabit öneriler benimsenmemiştir. Çünkü uygulama alkalın yıkama döngüsü ve sağım sisteminin durumu ile ilişkilidir. Bununla birlikte, asit çözeltisi, nispeten daha kısa yıkama süresi (alkalin yıkama döngüsünden) gerektirir ve genellikle pH:3 dolaylarında bir uygulama yapılır.

Tablo 3.1 CIP Uygulaması

CIP adımı	Sıcaklık (°C)	pH	Uygulama Süresi (dk)	Ek Öneriler
Ilık suyla durulama	43.3-48.9	-	-	Döngü süresi hat uzunluğuna bağlıdır
Alkalın yıkama	Başlangıç: 71.1-76-7 Bitiş: ≥48.9	11.5-12	8-10	Hava vuruş sayısı ≥ 20, klor konsantrasyonu ≥120 ppm; alkalinite, ≥1100 ppm
Durulama	Ilık	-	Bir döngü	-
Asit yıkama	-	3.0-4.0	≥2-3	-
Sanitasyon	-	-	-	EPA tescilli ürünleri

Yıkama solusyonları, yağın sabunlaştırılması ve süt kalıntılarına nüfuz ederek kolaylıkla uzaklaştırılmasını sağlar. Ayrıca süt yağını parçalamak ve yıkama solüsyonunda (alkali yıkama) daha homojen kalıntı süspansiyonları oluşturmak için emülgatör görevi görürler. Özellikle sert su koşullarında minerallerin yeniden birikmesini (asit yıkama) önler, yıkama solüsyonunun yüzey gerilimini düşürür ve süt kalıntısı ile daha iyi temas (hem alkali hem de asit yıkamaları) edilmesini sağlarlar.

ABD Çevre Koruma Ajansı (US EPA) onaylı dezenfektan çeşitleri arasında klor içeren dezenfektanlar, iyodoforlar, asit dezenfektanlar ve hidrojen peroksit solüsyonları bulunur. Sterilizasyon döngüsü tamamlandığında, sağım sistemi ve ekipmanının sanitasyon döngüsünün performansını garanti altına almak için tekrar suyla durulanmaması gerektiğini özellikle vurgulamaktadır. Ayrıca bazı potansiyel aşındırıcı dezenfektanlar (örn., hipokloritler) için, dezenfektanların sağım sistemi ve ekipmanı ile temas süresi yarım saati geçmemelidir.

Temizleme performansını artırmak ve su kullanımını azaltmak için, hava, bazen sağım sistemi CIP'inde “topaklar (hava sert vuruş- slug velocity)” oluşturmak için kullanılır. Bu uygulamada amaç çözülmüş kirleri ileriye doğru itmek ve süt birikintilerine uygulanan kesme kuvvetini artırmaktır. Uygulamada hava, sürekli olarak su ile aynı miktarda süt sağım sistemine gönderilebilir (spontan sert vuruş hızı) veya su seviyesi emme borusu girişinin altına düştüğünde (spontan yıkama titreşimi) ya da daha sık olarak uygulanan, süt hattına

kontrollü ve periyodik hava ve su değişim modeli (kontrollü yıkama titreşimi) şeklinde gerçekleştirilebilir.

Daha önce belirtildiği gibi, CIP performansını etkileyen faktörler arasında mekanik kuvvetler (akış hızı ve hava hızı), deterjanlar ve dezenfektan seçimi, CIP süresi ve CIP solüsyonlarının sıcaklığı yer alır. Isı faktörünün (çözelti sıcaklığı) önemini özellikle vurgulamak gerekir. Ilık suyla durulama sıcaklığı (43-49°C) süt proteinini denatüre etmek ve süt katılarını "pişirmek" için çok yüksek olmasa da, süt yağının süt temas yüzeyinde kristalleşmemesini ve yeniden birikmemesini sağlar. Öte yandan, süt kalıntılarını çözmek ve emülsifiye etmek için alkali yıkama solüsyonu sıcaklığı yüksek (71-77°C) olmalıdır. Alkali yıkama tamamlandığında sıcaklık 49°C olmalı ve süt kirlerinin süt temas yüzeylerine olası yeniden birikmesi önlenmelidir. Asit yıkama çevrimi için belirli bir çözelti sıcaklığı önerilmemektedir. Oda sıcaklığında asitle yıkama yeterlidir. Minimum 2-3 dakikalık, ortalama 7-10 dakikalık uygulama süresi gereklidir. Eğer asit yıkamada "şok temizlik" yapılacaksa, sıcaklığın alkali yıkama kadar yüksek olması gerekmektedir. Ayrıca deterjan konsantrasyonu, su sertliğine ve diğer fiziksel-kimyasal özelliklere göre ayarlanmalıdır.

KAYNAKÇA

- AMR Features, 2015. <http://www.delaval.com/en/-/Product-Information1/Milking/Systems/DeLaval-AMR/AMR-Features/> (accessed 15.06.2020).
- Anema, S.G., 2009. The whey proteins in milk: thermal denaturation, physical interactions and effects on the functional properties of milk. In: Thompson, A., Boland, M., Singh, H. (Eds.), *Milk Proteins: From Expression to Food*, first ed Academic Press, Amsterdam, pp. 239_282.
- Angelidis, A.S., 2015. The microbiology of raw milk. In: Papademas, P. (Ed.), *Dairy Microbiology: A Practical Approach*. CRC Press/Taylor & Francis Group, Boca Raton, pp. 22_69.
- Arias, C., Oliete, B., Sesen~ a, S., Jimenez, L., Pe´rez-Guzma´n, M.D., Arias, R., 2013. Importance of on-farm management practices on lactate-fermenting *Clostridium* spp. spore contamination of Manchega ewe milk: determination of risk factors and characterization of *Clostridium* population. *Small Ruminant Res.* 111, 120_128.
- Canadian Quality Milk Program, 2015. Reference manual for the CQM program. <https://www.dairyfarmers.ca/what-we-do/programs/canadian-quality-milk> (accessed 15.06.2020).
- Chambers, J.V., 2005. The microbiology of raw milk. *Dairy Microbiology Handbook: The Microbiology of Milk and Milk Products*. John Wiley & Sons, Hoboken, NJ, pp. 39_90.
- de Kort, E., Minor, M., Snoeren, T., Van Hooijdonk, T., Van der Linden, E., 2012. Effect of calcium chelators on heat coagulation and heat-induced changes of concentrated micellar casein solutions: the role of calcium-ion activity and micellar integrity. *Int. Dairy J.* 26 (2), 112_119.
- de Kruif, C.G., Holt, C., 2003. Casein micelle structure, functions and interactions. In: Fox, P.F., Mcsweeney, P.L.H. (Eds.), *Advanced Dairy Chemistry—*

Volume 1 Proteins Part A, third ed Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York, pp. 233_276.

DPC, 2000. Number 70, in Guidelines for the design, installation, and cleaning of small ruminant milking systems. Dairy Practices Council Publication.

DPC, 2001. Number 29, in Guidelines for cleaning and sanitizing in fluid milk processing plants. Dairy Practices Council Publication.

DPC, 2005. Number 9, in Guideline for fundamentals of cleaning and sanitizing farm milk handling equipment. Dairy Practices Council Publication.

DPC, 2006a. Number 59, in Guidelines for the production and regulation of quality dairy goat milk. Dairy Practices Council Publication.

DPC, 2006b. Number 102, in Guideline for effective installation, cleaning and sanitizing of tie barn milking systems. Dairy Practices Council Publication.

DPC, 2007. Number 2, in Guidelines for effective installation, cleaning and sanitizing of basic parlor milking systems. Dairy Practices Council Publication.

DPC, 2010. Number 4, in Guidelines for installation, cleaning, and sanitizing of large and multiple receiver parlor milking systems. Dairy Practices Council Publication.

Efficient Cleaning, 2001. www.delaval.com/Global/PDF/Efficient-cleaning.pdf (accessed 15.06.2020).

FAO/WHO, 2004. Code of Hygienic Practice for Milk and Milk Products CAC/RCP57-2004.

Jay, J.M., 2012. Modern Food Microbiology. Springer Science & Business Media, New York.

- Jørgensen, H.J., Mørk, T., Høga^osen, H.R., Rørvik, L.M., 2005. Enterotoxigenic *Staphylococcus aureus* in bulk milk in Norway. *J. Appl. Microbiol.* 99, 158_166.
- Keane, O.M., 2016. Genetic diversity, the virulence gene profile and antimicrobial resistance of clinical mastitis-associated *Escherichia coli*. *Res. Microbiol.* 167, 678_684.
- Lucey, J.A., Horne, D.S., 2009. Milk Salts: Technological Significance. In: Fox, P.F., Mcsweeney, P.L.H. (Eds.), *Advanced Dairy Chemistry—Volume 3 Lactose, Water, Salts and Minor Constituents*, third ed Springer, New York, pp. 351_389.
- O'Mahony, J.A., Fox, P.F., 2013. Milk proteins: introduction and historical aspects. In: Mcsweeney, P.L.H., Fox, P.F. (Eds.), *Advanced Dairy Chemistry Volume 1A Proteins: Basics Aspects*, fourth ed. Springer, New York, pp. 43_85.
- Perin, L.M., Moraes, P.M., Almeida, M.V., Nero, L.A., 2012. Interference of storage temperatures in the development of mesophilic, psychrotrophic, lipolytic and proteolytic microbiota of raw milk. *Semina: Cie[^]ncias Agra[^]rias* 33, 333_342.
- Raspor, P., Smo^zina, S.S., Ambro^zi^zic, M., 2015. Basic concepts of food microbiology. In: Papademas, P. (Ed.), *Dairy Microbiology: A Practical Approach*. CRC Press/Taylor & Francis Group, Boca Raton, pp. 1_22.
- Swaigood, H.E., 2003. Chemistry of the caseins. In: Mcsweeney, P.L.H., Fox, P.F. (Eds.), *Advanced Dairy Chemistry—Volume 1 Proteins Part A*, third ed. Kluwer Academic/Plenum Publishers, New York, pp. 139_201.
- Walstra, P., Wouters, J.T.M., Geurts, T.J., 2006. *Dairy Science and Technology*, second ed. CRC Press, Boca Raton, FL, 808 pp.
- Watkinson, W.J., 2008. Chemistry of detergents and disinfectants, *Cleaning-in-Place: Dairy, Food and Beverage Operations*, third ed. Blackwell Publishing, Oxford, UK, Chapter 4.

Yun, Y., 2014. Evaluation of Electrolyzed Water for Clean-in-Place of Dairy Processing Equipment (Master of Science thesis). Department of Food Science, College of Agricultural Sciences, The Pennsylvania State University, University Park, PA.



ISBN: 978-625-7687-39-3