

T.C.
ABANT İZZET BAYSAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



SAĞIM SONRASI ISI UYGULANMASI
VE DEPOLAMA ESNASINDA
KEÇİ SÜTÜNDE MEYDANA GELEN BAZI DEĞİŞMELER

YÜKSEK LİSANS TEZİ

DAMLA YANMIŞ

BOLU, KASIM - 2017

T.C.
ABANT İZZET BAYSAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI



SAĞIM SONRASI ISI UYGULANMASI
VE DEPOLAMA ESNASINDA
KEÇİ SÜTÜNDE MEYDANA GELEN BAZI DEĞİŞMELER

YÜKSEK LİSANS TEZİ

DAMLA YANMIŞ

BOLU, KASIM - 2017

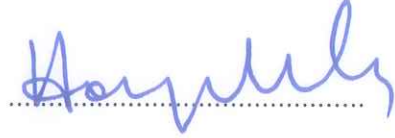
KABUL VE ONAY SAYFASI

Damla YANMIŞ tarafından hazırlanan“SAĞIM SONRASI ISI UYGULAMASI VE DEPOLAMA ESNASINDA KEÇİ SÜTÜNDE MEYDANA GELEN BAZI DEĞİŞMELER” adlı tez çalışması Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı'nda 01/12/2017 tarihinde ABANT İZZET BAYSAL ÜNİVERSİTESİ Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Danışman
Prof. Dr. Hayri Coşkun
Abant İzzet Baysal Üniversitesi

İmza



Üye
Prof. Dr. Muhammet Arıcı
Yıldız Teknik Üniversitesi



Üye
Yrd. Doç. Dr. Ahmet Emirmustafaoğlu
Abant İzzet Baysal Üniversitesi



Mezuniyet tarihi:/...../20....

Prof. Dr. Duran KARAKAŞ

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü



Anneme,

ETİK BEYAN

Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

1. Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
 2. Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
 3. Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
 4. Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
 5. Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,
- bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Damla YANMIŞ

ÖZET

SAĞIM SONRASI ISI UYGULANMASI VE DEPOLAMA ESNASINDA KEÇİ SÜTÜNDE MEYDANA GELEN BAZI DEĞİŞMELER

YÜKSEK LİSANS TEZİ

DAMLA YANMIŞ

ABANT İZZET BAYSAL ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
(TEZ DANIŞMANI: PROF. DR. HAYRİ COŞKUN)

BOLU, KASIM - 2017

Bu çalışmada; keçi sütünün farklı sıcaklıklarda ısıtılması ve farklı ambalaj materyallerinde depolanması sırasında meydana gelen değişimler incelenmiştir. Bu amaçla Bolu’da keçi sütü üreten bir çiftlikten alınan örnekler iki gruba ayrılmış, birinci grup 65 °C’de 30 dakika (DP) ve ikinci grup 95 °C’de 5 dakika (YP) pastörize edilmiştir. Pastörize edilen her bir grup süt örneği, tekrar ikiye ayrılarak farklı ambalaj kaplarına (şeffaf cam ve amber cam) dolum yapılmıştır. Deneme iki tekerrürlü yapılmıştır. Örnekler çiğ süttten, ısı uygulamalarından sonra ve depolamanın (+4 °C) 0., 5. ve 10. günlerinde alınmıştır. Alınan süt örneklerinde pH, asitlik, kuru madde, yağ, protein, alkali fosfataz, toplam hidroksimetilfurfural (HMF), enzimatik olmayan esmerleşme bileşikler (EOEB), A, E, B₁, B₂, B₁₂ vitaminleri ile viskozite, sedimentasyon ve renk değişimleri izlenmiştir. Çiğ keçi sütüne uygulanan ısı işlemlerin ardından alınan örneklerde, ısıtma işlemlerinin keçi sütü örneklerinde kurumadde oranının artmasına neden olduğu (P<0.05); ancak yağ, asitlik ve viskozite değerlerinde önemli bir değişikliğe neden olmadığı tespit edilmiştir (P>0.05). Süt örneklerinin pH ve sedimentasyon değerleri YP ile ısıtılmış örneklerde önemli (P<0.05) çıkarken, renk değerlerinden L* değeri ısıtma derecesi arttıkça yükselmiştir. Isıl işlemin vitamin değerlerine etkisi önemsiz (P>0.05) bulunmuştur. Isıl işlem görmüş süt örneklerinde HMF ile EOEB değerleri ısıtma derecesi arttıkça artış göstermiştir (P<0.05). DP ve YP yöntemleri ile ısıtılan sütlerin farklı kaplarda ambalajlanarak depolaması esnasında meydana gelen değişiklikler de izlenmiştir. Depolama boyunca keçi sütü örneklerinin kurumadde, yağ ve protein değerlerinde önemli bir fark oluşmamıştır (P>0.05). Örneklerin asitlik değerleri, depolama boyunca artış göstermiştir. DP ve YP ile ısıtılan ve farklı ambalajlarda saklanan örnekler arasında pH değerleri önemsiz (P>0.05) bulunmuştur. DP ve YP süt örneklerinin HMF ve EOEB değerleri birbirinden farklı (P<0.05) çıkmış; ambalaj farklılığı ve depolamanın etkisi ise her ikisinde de önemsiz (P>0.05) bulunmuştur. DP ve YP ile pastörize edilerek farklı ambalajlarda ambalajlamanın ve farklı sürelerde depolamanın incelenen vitaminler üzerine etkisi önemsiz çıkmıştır (P>0.05). Sedimentasyon değerleri YP yöntemiyle ısıtılan sütlerde ve depolamanın 10. gününde yüksek bulunmuştur. Örneklerin renk parametrelerinden L* değerleri DP ve YP sütleri arasında önemli (P<0.05) bulunmuştur. Ayrıca L* ve a* değerleri depolamadan etkilenmiştir (P<0.05).

ANAHTAR KELİMELER: Keçi sütü, Pastörizasyon, Depolama

ABSTRACT

THE CHANGES IN GOAT MILK DURING HEATING AND STORAGE AFTER MILKING

MSC THESIS

DAMLA YANMIŞ

**ABANT İZZET BAYSAL UNIVERSITY GRADUATE SCHOOL OF
NATURAL AND APPLIED SCIENCES**

DEPARTMENT OF FOOD ENGINEERING

(SUPERVISOR: PROF. DR. HAYRİ COŞKUN)

BOLU, NOVEMBER 2017

In this study, the changes in goat milk were investigated during heating at different temperatures and storage in different packaging materials. For this purpose, samples from a farm producing goat milk in Bolu were divided into two groups, the first group was pasteurized at 65 °C for 30 minutes (LP) and the second group at 95 °C for 5 minutes (HP). Each group of pasteurized milk samples was again divided into two group and filled into different packaging containers (transparent glass and amber glass). The trial was conducted in two replicates. Samples were taken from raw milk and heat treated milks and on 0th, 5th and 10th days of storage period (+4 °C). Viscosity, sedimentation and color changes and also pH, acidity, dry matter, fat, protein, alkaline phosphatase, total hydroxymethylfurfural (HMF), nonenzymatic browning compounds (EOEB) and vitamins A, E, B₁, B₂ and B₁₂ were observed in milk samples. In the samples taken after the heat treatment applied to the raw goat milk, the heat treatment caused the increase of the dry matter ratio in the goat milk samples ($P<0.05$); but it did not cause any significant change in fat, acidity and viscosity values ($P>0.05$). The pH and sedimentation values of the milk samples increased significantly ($P<0.05$) in the samples heated with HP, while the L* value of the color values increased as the heating value increased. The effect of heat treatment on vitamin values was not significant ($P>0.05$). In heat treated milk samples, HMF and EOEB values increased as the heating temperature increased ($P<0.05$). The milk samples heated by LP and HP methods were packed in different packaging materials and the changes that occurred during storage were also observed. There was no significant difference in the dry matter, fat and protein values of goat milk samples throughout storage ($P>0.05$). The acidity values of the samples increased during storage. Values of pH were not significant ($P>0.05$) among the samples heated with LP and HP and stored in different packages. The HMF and EOEB values of the LP and HP milk samples were different ($P<0.05$), while the packaging difference and the storage effect were not significant ($P>0.05$). The effects of pasteurization on investigated vitamins with LP and HP, storing in different packaging materials and storage at different times were negligible ($P>0.05$). Sedimentation values were found to be high in milk heated by HP method and on the 10th day of storage. L* values of the color parameters of the samples were found to be significant ($P<0.05$) between LP and HP milk. Also, L* and a* values were affected by storage ($P<0.05$).

KEYWORDS: Goat milk, Pasteurization, Storage

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET.....	v
ABSTRACT	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ŞEKİL LİSTESİ.....	ix
ÇİZELGE LİSTESİ.....	x
KISALTMA VE SEMBOLLER LİSTESİ	xii
TEŞEKKÜR	xiii
1.GİRİŞ	1
2. KAYNAK BİLDİRİŞLERİ	5
2.1 Keçi Sütünün Bileşimi.....	5
2.2 Süte Isıl İşlem Uygulanması.....	11
2.2.1 Isıl İşlem Türleri	11
2.2.1.1 Termizasyon.....	12
2.2.1.2 Düşük Pastörizasyon	12
2.2.1.3 Yüksek Pastörizasyon	13
2.2.1.4 Sterilizasyon.....	13
2.2.1.5 Ön Isıtma	14
2.2.1.6 Kaynatma	14
2.2.1.7 ESL (Genişletilmiş Raf Ömrü).....	14
2.2.1.8 Yenilikçi Buhar Enjeksiyonu (ISI).....	15
2.2.2 Isıl İşlemin Süt Bileşenlerine Etkisi	15
2.2.2.1 Protein	16
2.2.2.2 Enzimler	17
2.2.2.3 Vitaminler	21
2.2.3 Isıl işlemin Etkisi İle Yeni Maddelerin Oluşumu	24
2.2.3.1 Laktozun Laktuloz’a İzomerizasyonu	24
2.2.3.2 Maillard Tepkime Ürünleri	25
2.2.3.3 Diğer Ürünler	28
2.3 Ambalajlama ve Depolama	32
3. MATERYAL VE METOT	39
3.1 Materyal.....	39
3.2 Metot	39
3.2.1 Deneme Düzeni ve Kuruluşu	39
3.2.2 Uygulanan Analizler	41
3.2.2.1 Kimyasal analizler.....	41
3.2.2.1.1 pH Tayini.....	41
3.2.2.1.2 % Asitlik Tayini	42
3.2.2.1.3 Yağ Tayini	42
3.2.2.1.4 Protein Tayini	42

3.2.2.1.5 Kurumadde Tayini.....	43
3.2.2.2 Biyokimyasal Analizler.....	44
3.2.2.2.1 Alkali Fosfataz Tayini.....	44
3.2.2.2.2 Toplam Hidroksimetilfurfural (HMF) Tayini.....	44
3.2.2.2.3 Enzimatik Olmayan Kahverengileşme Bileşikleri.....	44
3.2.2.2.4 A ve E Vitamini Tayini.....	45
3.2.2.2.5 B ₁ , B ₂ , B ₁₂ Tayini.....	46
3.2.2.3 Fiziksel analizler.....	47
3.2.2.3.1 Viskozite Tayini.....	47
3.2.2.3.2 Sedimentasyon Testi.....	47
3.2.2.3.3 Renk Tayini.....	47
3.2.2.4 İstatistiksel Analizler.....	47
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	48
4.1 Isıtmanın Keçi Sütünün Bazı Özelliklerine Etkisi.....	48
4.2 Farklı Isıtma Yöntemleri ile Pastörize Edilen ve Farklı Ambalaj Kaplarında Depolanan Keçi Sütü Örneklerinde Depolama Boyunca Meydana Gelen Kimyasal Değişmeler.....	52
4.2.1 Kurumadde Değerleri.....	52
4.2.2 Protein Değerleri.....	53
4.2.3 Yağ Değerleri.....	54
4.2.4 Asitlik Değerleri.....	55
4.2.5 pH Değerleri.....	55
4.3 Farklı Isıtma Yöntemleri ile Pastörize Edilen ve Farklı Ambalaj Kaplarında Depolanan Keçi Sütü Örneklerinde Depolama Boyunca Meydana Gelen Biyokimyasal Değişmeler.....	56
4.3.1 Hidroksi Metil Furfural (HMF) Değerleri.....	56
4.3.2 Enzimatik Olmayan Esmerleşme Bileşikleri (EOEB).....	58
4.3.3 Alkali Fosfataz Enzim Aktivitesi Değerleri.....	58
4.3.4 Retinol RE Değerleri.....	59
4.3.5 α -Tokoferol ED Değerleri.....	60
4.3.6 B ₁ Vitamin Değerleri.....	61
4.3.7 B ₂ Vitamin Değerleri.....	62
4.4 Farklı Isıtma Yöntemleri ile Pastörize Edilen ve Farklı Ambalaj Kaplarında Depolanan Keçi Sütü Örneklerinde Depolama Boyunca Meydana Gelen Fiziksel Değişmeler.....	62
4.4.1 Sedimentasyon Değerleri.....	62
4.4.2 Viskozite Değerleri.....	64
4.4.3 Renk Değerleri.....	64
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	66
6. KAYNAKLAR.....	69

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1. Süt enzimlerinin inaktivasyonu için tipik zaman-sıcaklık eğrileri	18
Şekil 2.2. Maillard tepkime mekanizması	27
Şekil 3.1. Ambaljanarak buzdolabında depolanan keçi sütleri.....	40
Şekil 3.2. Pastörize keçi sütü üretim şeması	41
Şekil 4.1. Farklı derece ve sürelerde ısıtılarak ayrı ambalajlarda depolanan keçi sütlerinin alkali fosfataz enzim aktivitesine ait renk değişimi	59



ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 1.1. Süt keçisi ırklarına ait önemli veriler.....	2
Çizelge 2.1. Keçi sütünün temel kimyasal özellikleri.....	8
Çizelge 2.2. Bazı ırk ve türlere göre keçi sütünün bileşimi	9
Çizelge 2.3. Bazı önemli endojen süt enzimlerinin, üretim için kullanılan ısıtılma işlemleri altında davranışları	21
Çizelge 2.4. Sütün işlenmesi sırasında zarar gören vitaminler	22
Çizelge 2.5. Sütte Bulunan Bazı Vitaminlerin Isıl İşleme Oluşan Kayıpları	24
Çizelge 4.1. Farklı derecelerde ısıtılan keçi sütü örneklerinin bazı fiziksel, kimyasal ve biyokimyasal özelliklerinde meydana gelen değişimler	48
Çizelge 4.2. Farklı derece ve sürelerde ısıtılarak farklı ambalajlarda depolanan keçi sütlerine ait kurumadde (%) değerleri.	52
Çizelge 4.3. Farklı derece ve sürelerde ısıtılarak, farklı ambalajlarda depolanan keçi sütlerinin kimyasal özelliklerine ait verilerin istatistiksel analiz sonuçları	53
Çizelge 4.4. Farklı derece ve sürelerde ısıtılarak farklı ambalajlarda depolanan keçi sütlerinin protein (%) miktarları	54
Çizelge 4.5. Farklı derece ve sürelerde ısıtılarak farklı ambalajlarda depolanan keçi sütlerinin yağ (%) miktarları	54
Çizelge 4.6. Farklı derece ve sürelerde ısıtılarak ayrı ambalajlarda depolanan keçi sütlerinin titrasyon asitliği (% laktik asit) değerleri	55
Çizelge 4.7. Farklı derece ve sürelerde ısıtılarak ayrı ambalajlarda depolanan keçi sütlerinin pH değerleri	56
Çizelge 4.8. Farklı derece ve sürelerde ısıtılarak ayrı ambalajlarda depolanan keçi sütlerinin toplam hidroksimetilfurfural (HMF) değerleri	57
Çizelge 4.9. Farklı derece ve sürelerde ısıtılarak, farklı ambalajlarda depolanan keçi sütlerinin biyokimyasal özelliklerine ait verilerin istatistiksel analiz sonuçları.....	57
Çizelge 4.10. Farklı derece ve sürelerde ısıtılarak ayrı ambalajlarda depolanan keçi sütlerinin enzimatik olmayan kahverengileşme bileşik miktarları (A ₃₄₀ absorbans değeri).....	58
Çizelge 4.11. Farklı derece ve sürelerde ısıtılarak ayrı ambalajlarda depolanan keçi sütlerinin alkali fosfataz enzim aktivitesi	59
Çizelge 4.12. Farklı derece ve sürelerde ısıtılarak ayrı ambalajlarda depolanan keçi sütlerinin Retinol RE miktarları (mg/L)	60
Çizelge 4.13. Farklı derece ve sürelerde ısıtılarak ayrı ambalajlarda depolanan keçi sütlerinin α -Tokoferol ED (E vitamini) miktarları (mg/L).....	61
Çizelge 4.14. Farklı derece ve sürelerde ısıtılarak ayrı ambalajlarda depolanan keçi sütlerinin B ₁ vitamini miktarları (mg/L)	61
Çizelge 4.15. Farklı derece ve sürelerde ısıtılarak ayrı ambalajlarda depolanan keçi sütlerinin B ₂ vitamini miktarları (mg/L)	62
Çizelge 4.16. Farklı derece ve sürelerde ısıtılarak ayrı ambalajlarda depolanan keçi sütlerinin sedimentasyon değerleri (g kuru ağırlık/40 ml)	63

Çizelge 4.17. Farklı derece ve sürelerde ısıtılarak, farklı ambalajlarda depolanan keçi sütlerinin fiziksel özelliklerine ait verilerin istatistiksel analiz sonuçları	63
Çizelge 4.18. Farklı derece ve sürelerde ısıtılarak ayrı ambalajlarda depolanan keçi sütlerinin viskozite değerleri (mPa.s)	64
Çizelge 4.19. Farklı derece ve sürelerde ısıtılarak ayrı ambalajlarda depolanan keçi sütlerinin renk (üstten aşağıya sırasıyla L^* , a^* , b^*) değerleri	65



KISALTMA VE SEMBOLLER LİSTESİ

CLA	: Konjuge Linoleik Asit
DP	: Düşük Pastörizasyon
EOEB	: Enzimatik Olmayan Esmerleşme Bileşiği
ESL	: Extended Shelf Life
FFA	: Free Fatty Acids
FLD	: Floresans Dedektör
DAD	: Diode Array Dedektör
HMF	: Hidroksi Metil Furfural
HP	: High Pasteurization
HTST	: High Temperature Short Time
KOH	: Potasyum Hidroksit
LP	: Low Pasteurization
LTLT	: Long Temperature Long Time
mL	: Mililitre
MPa	: Megapaskal
NaOH	: Sodyum Hidroksit
TCA	: Trikloroasetik Asit
TKM	: Toplam Kuru Madde
UHT	: Ultra High Temperature
YP	: Yüksek Pastörizasyon

TEŞEKKÜR

Bu tezin şekillenmesi, gerçekleştirilmesi ve tamamlanması aşamalarında bana her türlü desteği sağlayan ve her an yanımda olan danışman hocam Abant İzzet Baysal Üniversitesi Rektörü Sayın Prof. Dr. Hayri COŞKUN'a en içten teşekkür ve saygılarımı sunarım. Tez çalışmalarımın yürütülme sürecinde ilgi ve anlayışıyla desteğini hiç esirgemeyen değerli hocam Sayın Prof. Dr. Gül Rengin KÜÇÜKERDOĞAN'a, laboratuvar çalışmalarında bilgi ve tecrübelerini benimle paylaşan hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. Ahmet EMİRMUSTAFAOĞLU'na, teşvik ve yardımları için Arş. Gör. Furkan AYDIN'a sonsuz teşekkür ederim.

Tez projeme (2017.09.04.1127 Nolu BAP Projesi) verdikleri desteklerden ötürü Abant İzzet Baysal Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi'ne teşekkür ederim.

Son olarak maddi ve manevi destekleriyle her zaman yanımda olan, şu an bulunduğum noktada olmamda en büyük payın sahipleri aileme teşekkürü bir borç bilirim.

1.GİRİŞ

Süt, dişi memeli hayvanların yeni doğurdukları yavrularını besleyebilmek üzere, süt bezlerinde salgılanan, içinde yavrunun kendi kendisini besleyecek bir duruma gelinceye kadar almak zorunda olduğu besin maddelerinin tümünü yeterli miktarlarda içeren porselen beyazı renginde, kendine has tat ve kokusu olan bir sıvı şeklinde tanımlanmaktadır (Yapık, 2014; Metin, 1996). Süt yeni doğan ve yetişkin beslenmesinde organizma yapısının oluşturulması ve yaşam fonksiyonlarının sürdürülebilmesi için gerekli bir gıda maddesidir. Bu nedenle çok eski zamanlardan beri tüketilen bir besin ögesi olmuştur. Her yaş ve fiziksel aktivite grubundaki insanlar sağlıklı ve dengeli beslenebilmek için yeterli miktarda enerji, protein, yağ, vitamin, mineral madde ve diğer elzem besin elementlerini almak zorundadır. Bu sebeple süt ve süt ürünleri yaşamın her döneminde çocuk, genç, gebe, emzikli kadınlarda ve yaşlılarda vazgeçilmez bir gıda maddesidir (Özkan, 2002; Kon, 1959).

Süt proteinleri süt ve süt ürünlerinin en önemli bileşenidir. Peynir gibi ürünlerin üretiminde randımanı doğrudan etkilemekte bu nedenle miktarı sürekli olarak kontrol edilmektedir. Bazı ülkelerde sütün fiyatlandırılmasında süt yağı ile birlikte dikkate alınan bir etkidir. Süt yağı ayrıca süt mamullerinin fiziksel özellikleri ile tat ve aromasını olumlu yönde etkilemekte, duysal bir üstünlük kazandırmaktadır. Bileşiminde yer alan esansiyel ve orta karbon zincirli yağ asitleri ile beslenme fizyolojisi açısından da önem kazanmaktadır. Günlük enerji ihtiyacının %25'ini sağlamakla birlikte vücut sıcaklığında sıvı olması nedeniyle sağlık açısından da bir risk taşımamaktadır. Süt şekeri olan laktoz, kalsiyum, magnezyum, fosfor gibi mineral maddelerin emilimini arttırdığı için özellikle gençler ve hamile kadınların beslenmesinde oldukça önemlidir. Diğer karbonhidratlara kıyasla daha düşük enerji sağlaması, diyet gıdalar açısından kullanılabilirliğini arttırmaktadır. Sindiriminin yavaş olması bağırsak florasının sürekli asidik halinin devamına neden olduğu, bunun da kokuşma yapan bakteriler üzerinde bir antiseptik etki sağladığı bilinmektedir. Bu etkinin insan hayatını uzattığına dair çalışmalar mevcuttur (Metin, 2013). İnek sütü ile ilgili ortaya konan bu bilgiler elbette diğer sütler için de yol gösterici niteliktedir.

Ancak her tür sütün bileşimi ve özellikleri farklı olduğundan bilim insanları diğer sütler için de gerekli araştırma faaliyetlerini yapmak durumundadırlar.

Toplumların kültürüne bağlı olarak tüketilen süt türü farklılık göstermektedir. Bunun sonucu dünya genelinde toplam süt üretiminin %84'ü inek sütü, %13'ü manda sütü, %2'si koyun sütü, %1'i keçi sütüyken, Türkiye'de ise üretilen sütün %92'si inek sütü, %6.1'i koyun sütü, %1.7'si keçi sütü, %0.26'sı manda sütüdür. Ülkemizde 2015 yılında üretilen 18 milyon 655 bin ton sütün %90.8'ini inek sütü, %6.3'ünü koyun sütü, %2.6'sını keçi sütü ve %0.3'ünü ise manda sütü oluşturmaktadır (TÜİK, 2016).

Türkiye 2016 yılı itibariyle 10.794.915 baş keçi varlığına sahiptir ve bu rakam içerisinde en yaygın görülen türler sırasıyla Kıl keçisi, Ankara keçisi, Malta/Malta melezleri, Kilis keçileri ve Saanen/Saanen melezleridir. İsviçre'nin Saanen vadisinde yetiştirilen Saanen ırkı, yüksek süt ve döl verimi, bakım kolaylığı, güçlü adaptasyon özellikleri nedeniyle dünyanın birçok yerinde olduğu gibi Türkiye'de de yaygınlaşmıştır. İlk olarak 1959 yılında Türkiye'ye getirilen ırk, Batı Anadolu'nun kıyı şeridinde varlık göstermektedir. Genellikle kirli beyaz ve krem renkli, kısa parlak ve sık tüylü, boynuzsuz veya boynuzlu olabilmektedirler. Ergin canlı ağırlığı erkek ve dişide sırasıyla 70 ve 50 kg olan ırkın, süt verimi ise iyi bakım-besleme şartlarında ve küçük sürülerde ortalama 800-900 kg civarındadır. Bir Saanen keçisinin ortalama veriminin yaklaşık 10 adet Kıl keçisinin verimine eşdeğer olduğu bilinmektedir (Yeniurt ve Vuran, 2016). Saanen ırkının süt veriminin diğer keçi ırklarıyla karşılaştırılması Çizelge 1.1'de gösterilmiştir.

Çizelge 1.1. Süt keçisi ırklarına ait önemli veriler (Anonim, 2014)

Keçi İrki	Günlük Süt Verimi (Kg)	Laktasyon Süresi (Gün)	Laktasyondaki Süt Verimi (Kg)	Sütteki Yağ Oranı (%)	Teke Ağırlığı (Kg)	Keçi Ağırlığı (Kg)	Doğum Oranı
Saanen	2-3	280	600-900	3.50	75	60	1.6
Malta	2	250-270	500-600	4.00	60	45	2,0
Boer	1.5	270	400	5.60	100	70	2.0-3.0
Halep	2.5	280	750	4.5	80	60	1.6
Kıl	0.7	140	70-80	5.0	65	45	1.2
Honamlı	1-1.3	150	170-180	4.5	80	60	1.4
Kilis	1.5	250	350-400	4.5	70	55	1.5
Tiftik	-	-	-	-	45	35	1.4

Sağlıklı bir hayvanın sütü meme içerisindeyken steril olarak kabul edilmesine rağmen, sütün sağımı sırasında veya sağım sonrasında çeşitli faktörlere bağlı olarak (sağım kapları, taşıma kapları, süt işleme ekipmanları) birçok mikroorganizma süte kontamine olabilmekte ve kolayca gelişebilmektedir (Engin vd., 2009; Üçüncü, 2005; Metin, 2014). Bu mikroorganizmaların bulunması bazı ürünlerin üretiminde arzu edilirken genellikle sütün bozulması, kalite kayıpları, raf ömrünün kısalması ve hastalıklara neden olabileceği için süttten uzaklaştırılmaktadır (Engin vd., 2009; Lewis, 2003; Demirci ve Şimşek, 1997). Bu amaçla uygulanan en yaygın yöntem ısıl işlem uygulamasıdır. Fakat süte uygulanacak sıcaklık derecesi ve süre kombinasyonu büyük önem taşımaktadır. Aksi halde besin değeri kaybı, renk, aroma ve lezzet bozuklukları gibi istenmeyen bazı değişimler vuku bulabilmektedir (Engin vd., 2009; Metin, 2003; Lewis, 2003; Demirci ve Şimşek, 1997).

Sütün 70 °C’de birkaç saniye tutulması herhangi bir değişiklik meydana getirmezken bundan sonraki sıcaklık ve süre artışları sütte su kaybına, kurumadde artışına, viskozite ve asitlik derecesinde azalmaya, bazı vitamin kayıplarına, enzimlerde inaktivasyona sebep olmaktadır. Sıcaklık ve süre normlarının en fazla etkilediği süt bileşeni proteinlerdir. 65 °C’de serum proteinlerinin denatürasyonu başlamakta, 90 °C’de 60 saniye boyunca uygulanan bir ısıl işlemle tamamı denatüre edilebilmektedir. 90 °C’de 10 dakika süren bir ısıl işlem sonucunda serum proteinlerinin (β -laktoglobulin) %60’ı kazeinle (k-kazein) interaksyona girerek sütün peynir mayasıyla pıhtılaşmasını geciktirmektedir. Bunun dışında su absorpsiyon miktarının artışı sinerizis oranını azaltır ki, bu durum yoğurt teknolojisinde istenilen bir durum olmasına rağmen peynir teknolojisinde peynir suyunun ayrılmasını zorlaştırdığı için kaçınılmaktadır. 93.5 °C ve üzerindeki artışlar α -laktozun β -laktoza dönüşümünü sağlamakta, dolayısıyla laktozun çözünürlüğünü arttırmaktadır. Nitekim bilindiği gibi β -laktozun suda çözünme yeteneği, α -laktozdan daha yüksektir. Laktozun sıcaklığa bağlı çözünürlüğü 0 °C’de %12, 30 °C’de %25, 50 °C’de %45’tir. 100 °C’nin üzerinde uygulanan uzun süreli ısıl işlem ise üründe renk, tat ve koku değişiklikleri oluşturan ve süt ürünlerinde bir kusur olarak görülen ‘Maillard Tepkimesi’ni meydana getirmektedir. Isının etkisiyle laktalbuminin yapısında bulunan –SH gruplarının ayrılması sonucu pişmiş süt lezzeti meydana gelmekte ve bu sorun UHT süt üretiminde en sık karşılaşılan problem olmaktadır. Fakat pastörizasyon normunda süt şekerinde bu değişikliklerin hiç birisi meydana gelmemektedir.

Sıcaklığın artışı sütün tuz dengesi üzerinde de bazı değişiklikler meydana getirmektedir. Sütte çözünmüş şekilde bulunan kalsiyum ve fosfor mineralleri sıcaklığın etkisiyle kolloidal kalsiyum-fosfat formuna geçerek kazein misellerinin üzerine çökmekte ve kısmen de ısıtma yüzeyine yapışmaktadır. 80 °C'ye kadar bu tepkime geri dönüşlüdür. 100 °C'nin üzerinde yapılan ısıtma işlemi süt yağında yanmaya ve bunun sonucunda keskin kokulu ve sağlık açısından tehlikeli bir bileşen olan akrolein maddesinin oluşumuna sebep olmaktadır. Uygulanan ısıl işlemin derecesine göre lesitin miktarında da bazı kayıplar meydana gelebilmektedir. Bu kayıp pastörizasyonda %14, 80-95 °C'de 30 dakikalık bir ısıl işlem için ise yaklaşık %25'tir (Burton, 1994).

Süt teknolojisinde uygulanan ısıl işlem pastörizasyon, sterilizasyon veya termizasyon olmak üzere üç grup altında toplanmaktadır. Fakat son yıllarda; kayıpların azaltılmasını sağlayan ve teknolojik işlemlerin sütün kalitesi üzerindeki olumsuz etkisini hafifleten, geleneksel işleme tekniklerine göre genellikle daha düşük sıcaklıklarda gerçekleştirilen Vurgulu Elektrik Alanı (PEF), Yüksek Basınç (HP), Ultrasound (US) ve Ultraviyole (UV) uygulamaları gibi yeni gıda işleme teknolojileri de önem kazanmıştır (Engin vd., 2009).

Gerek ülkemizde ve gerekse dünyada keçi sütüne ilgi artmaktadır. Bu meyanda keçi sütü ve ürünleri üretimi de artmaktadır. Bundan dolayı da keçi sütü ve ürünleri hakkında gerek üretim ve gerekse işleme ile ilgili olarak daha fazla bilgiye ihtiyaç duyulmaktadır. Bu çalışma ile süte farklı sıcaklık ve sürelerde ısıl işlem uygulamasının ve farklı ambalaj materyallerinde buzdolabı sıcaklığında (+4 °C) depolanmasının sütte neden olduğu değişimlerin ortaya konması amaçlanmıştır. Çalışmada denenen parametreler içinde keçi sütü için en uygun ısıl işlem sıcaklığı, depolama sıcaklığı ve ambalaj materyali belirlenmeye çalışılmıştır. Ayrıca tüm bu parametrelerin sütte meydana getirdiği değişimler ortaya konmuştur. Artan keçi sütü üretimi yanında ortaya konulan bu bilgiler keçi sütü üretimi ve işlenmesinde önemli rol oynayacaktır.

2. KAYNAK BİLDİRİŞLERİ

2.1 Keçi Sütünün Bileşimi

Keçi sütünün temel besin kompozisyonu inek sütüne benzemektedir; her iki sütte de yüksek protein ve kül ile düşük oranda laktoz bulunmaktadır. Keçi sütünün, inek sütüne kıyasla türetilen ürünlerde daha pürüzsüz bir doku, düşük α -kazein miktarı, daha yumuşak jel ürünleri, daha yüksek su tutma kapasitesi ve daha düşük viskozite gibi teknolojik avantajlar sağlayan bazı özelliklere sahip olduğu bilinmektedir. Bununla birlikte, keçi sütünün lezzeti inek sütüne kıyasla daha yoğundur (Gomes vd., 2013). Ayrıca, kazein misellerinin yapısı, bileşimi ve büyüklüğü, bireysel protein fraksiyonlarının oranı ve keçi sütünün içindeki daha yüksek orandaki protein içermeyen azot ve mineral bileşikleri bakımından da temel farklılıklar mevcuttur (Küçükçetin vd., 2011; Domagala, 2009).

Keçi sütü, inek sütüne kıyasla daha az oranda kazein ve daha yüksek oranda serum proteini içermektedir. Fakat genel protein bileşiminin 3/4' ü kazeinden meydana geldiği için kazeinli sütler grubunda yer almaktadır. İnek sütünün kazein oranı %85, keçi sütünün ise %75'dir. Bu durum keçi sütünün oluşturduğu pıhtının yumuşak, üretilen ürünün yapısının zayıf olmasına neden olmaktadır. Pıhtının yumuşak olması sindirimi kolaylaştırırken üründeki tekstür bozuklukları verim kaybına neden olmaktadır (Emirmustafaoğlu ve Coşkun, 2012). Bebeklerde görülen ani ölüm olayı; kusma, ishal, karın ağrısı, burun akması, hırıltılı nefes alma veya deride kızarıklık-kabarıklık görüntüleri meydana getiren ve inek sütü alerjisi ile ilişkilendirilen bir durumdur. α_{s1} -kazein ve β -laktoglobulin süt proteinlerine gösterilen alerji ile belirlenen inek sütü alerjisi, 1 aydan daha küçük çocuklarda gıda kaynaklı alerjilerin toplamının %12.6'sını oluşturmaktadır. Amerika Birleşik Devletleri Sağlık Bakanlığı'nın raporlarına göre; bebeklerdeki ölüm sebeplerinin 1/5'ine ani ölümlerin neden olduğu, bu oranın 1/3'ünün inek sütü alerjisinden kaynaklandığı ortaya konmuştur. İngiltere'de ise her yıl 40.000 bebekten 4000'e yakını aynı sebeple can vermektedir (Mackenzie, 1970; Anitaş vd., 2017). Keçi sütünün α_{s1} -kazeini iz miktarda içermesi ve aminoasit kompozisyonundaki farklılık sebebiyle alerjisi olan

çocuklar için inek sütünün alternatifi olarak kullanılabilmektedir. Birçok keçi ırkında iz miktarda görülen α_{s1} -kazeini proteinine Alpine ve Saanen keçi ırklarına ait sütlerde rastlanmamıştır (Yüksel Önür, 2015). Anne sütüne oranla protein ve fosforca zengin olan keçi sütü, mide asitliğini nötralize edebilmektedir. Bu nedenle mide rahatsızlığı, alkali ve asit zehirlenmesi, peptik ülserlerin tedavisinde kişilere keçi sütü tüketmesi önerilmektedir (Torunoğlu, 2014).

Keçi sütünün laktoz miktarı yaklaşık %4.2 civarındadır. Bu değer inek sütüne göre %0.2-0.5 daha azdır. Sütün laktoz dışındaki şekerlerinden olan nükleotidler keçi sütünde daha yüksektir (154 $\mu\text{mol}/100\text{ mL}$). Keçi sütünde mevcut oligosakkaritlerin miktarı ise az, fakat çeşitlidir. Yapılan bir çalışmada Murciano Granadina ırkına ait keçi sütlerinde 20 farklı oligosakkarite rastlanmıştır (Yüksel Önür, 2015).

Keçi sütünün lipit profili, inek sütüne benzer şekilde çoğunluğu oluşturan trigliseritler ve diğer basit lipitler (monogliseritler, digliseritler, kolesterol esterleri), kompleks lipitler (fosfolipitler) ve yağda çözünen bileşenler (steroller, kolesterol esterleri, hidrokarbonlar)'den oluşmaktadır. Keçi sütünde bulunan süt yağının kürecik çapı yaklaşık 2 mikrometredir. Bu değer inek sütünde 21-31 mikrometreye kadar çıkabilmektedir. Keçi sütünde yağ kürecik çapının küçük olması onun sütte daha iyi dağılımını sağlamak ve sütün daha homojen yapı kazanmasına neden olmaktadır. Bunun sonucu olarak keçi sütü daha az kaymak bağlama kabiliyetine sahiptir. Keçi sütünün sindirimini kolaylaştıran bir diğer etken aglütinin denen proteini içermemesidir. Böylece herhangi bir topaklanma veya yüzeyde tabaka oluşumu meydana gelmemektedir. Yani keçi sütü doğal homojenize süt olarak görülmektedir. Keçi sütü, peynirlerin tat-koku karakteristiklerini oluşturan ve hazmı kolay kısa ve orta zincirli yağ asitlerince [kaproik (C6:0), kaprilik (C8:0), kaprik (C10:0) ve laurik (C12:0)] zengindir. Kaprilik ile kaprinik yağ asitlerinin değerinin yüksek oluşu diğer sütlere göre daha yüksek bir polenske sayısına sahip olmasına neden olmaktadır. Keçi sütü insan vücudu için esansiyel olan yağ asitlerinden konjuge linoleik asit (CLA)'ce zengin bir kaynaktır. Yağların vücutta depolanmasını sağlayan lipoprotein lipaz (LPL) enziminin çalışmasını inhibe etmek, depolanmış yağların kaslarda enerji kaynağı olarak kullanılması ve vücuttaki yağ miktarının azaltılmasını sağlamak, yağsız kasların ve kas kitlesinin artırılmasında destekleyici rol oynamak CLA'nın başlıca işlevlerindendir. Keçi sütü ürünlerine karakteristik tat-kokuyu veren, 11 karbon

atomundan daha az karbon atomu içeren dallanmış yapıdaki serbest yağ asitlerinden ilki, cis-9 trans-11 C18:2'dir. Linoleik asidin geometrik izomeri olan bu yağ asidinin antiaterojenik ve antikanserojenik etkilerinin de olduğu düşünülmektedir. Bir diğeri ise 4-etilositanoik'dir. Keçi sütündeki trans-C18:1 yağ asidi miktarının, inek sütündekinden düşük oluşu keçi sütünün koroner kalp hastalarına karşı koruyucu bir faktör olarak görülmesini sağlamıştır (Yüksel Önür, 2015; Anitaş, 2017).

Keçi sütü genel olarak diğer sütlere göre yüksek Cl ve P içeriği ile ayırt edilmekle birlikte K, Mg ve Ca miktarı bakımından da inek sütünden üstün, Na ve S mineralleri bakımından fakirdir (Yüksel Önür, 2015). Keçi sütünün, kalsiyum içeriği bakımından zengin olması nedeniyle bebek gelişimi için iyi bir kalsiyum kaynağı olarak görülmektedir. Bu sebeple keçi sütü, bebek maması formülasyonunda ideal bir kaynak olarak karşımıza çıkmaktadır (Anitaş, 2017). Keçi sütünün fosfor bakımından da zengin oluşu, et ve balık tüketme alışkanlığı olmayan insanlarda, fosfat eksikliğini gidermek için alternatif bir kaynak olmasını sağlamaktadır (Emirmustafaoğlu ve Coşkun, 2012). Mn, Cu, Fe ve Zn mineralleri ise eser miktarda bulunmakta ve miktarları sırasıyla 0.032, 0.05, 0.07, 0.56 mg/100 g'dır. Keçi sütünün Fe miktarı inek sütüyle eşdeğer, koyun ve insan sütünden ise azdır. Yapısındaki zengin nükleotid içeriğinin demir emilimini kolaylaştırması, keçi sütünün demirden elde ettiği biyoyararlılığın inek sütüne kıyasla daha yüksek olmasına neden olmaktadır. Ayrıca keçi sütü insan sütünden daha fazla I ve Zn, inek sütünden daha fazla Se içermektedir (Yüksel Önür, 2015).

Keçiler ineklere göre bünyelerindeki karoteni daha fazla A vitaminine dönüştürme yeteneğine sahip olduğu için A vitamini miktarı daha fazladır (185 IU/100 g). Bu da renginin daha beyaz görünmesine sebep olmaktadır. Zira karoten sarı renkte iken vitamin A renksizdir (Coşkun, 2005). Bunun dışında tiamin (68 µg/100 g), riboflavin (0.21 mg/100 g), pantotenik asit (0.31 mg/100 g) bakımından yeterli bir kaynak olarak görülürken, D (2.30 IU/100 g) ve E vitamini (120 µg/100 g), folik asit (1.29 µg/100 g), pridoksin, siyanokobalamin bakımından gerekli ihtiyacı karşılayamamaktadır. Bu vitaminlerden özellikle folik asit ve B₁₂ vitaminin oldukça yetersiz düzeyde olması nedeniyle uzun süre sadece keçi sütü tüketen inşalarda "keçi sütü anemisi" görülebilmektedir. Keçi sütündeki bu iki vitamin oranı inek sütüne göre beş kat daha düşüktür. Yapılan bir çalışmada, sütün raf ömrünü uzatmakla birlikte

vitaminleri korumak için de en uygun yöntemin ‘yüksek sıcaklık-kısa süre’ (HTST) pastörizasyon yöntemi olduğu belirtilmiştir (Yüksel Önür, 2015).

Sütün herhangi bir türünün bileşimi, hayvanın ırk ve sağlık durumuna, genotipine, laktasyon evresine, mevsime, beslenmeye, bakıma ve çoğalma özelliklerine, lokaliteye ve sosyoekonomik ortama göre değişiklik göstermektedir. Ancak ortalama olarak, keçi sütünün temel besin maddelerinin bileşimi Çizelge 2.1’de verilmiştir.

Çizelge 2.1. Keçi sütünün temel kimyasal özellikleri (Kesenkaş vd., 2010).

	KuruMadde (%)	Yağ (%)	Protein (%)	Laktoz (%)	Özgül Ağırlık	pH	SH
En Düşük	9.19	1.80	2.12	2.94	1.025	6.51	4.14
En Yüksek	14.99	5.50	5.03	5.30	1.035	7.08	7.87
Ortalama	11.74	3.42	3.41	4.31	1.033	6.74	5.49

Keçi sütünün kimyasal bileşimindeki değişim oldukça mevsimseldir (Guo vd., 2001). Laktasyon süresi boyunca (6-7 ay arasında) kimyasal içerikte mevsime bağlı değişiklikler meydana gelmektedir (Haenlein ve Wendorff, 2006; Gürsoy, 2015). Keçi sütünün temel unsurları laktasyonun başında ve sonuna doğru yüksektir (Guo vd., 2001). Laktasyonun sonuna doğru yağ, protein, katılar ve mineral içerikleri artmakta, laktoz içeriği ise azalmaktadır (Haenlein, 2004). Buna göre Mart Nisan aylarından itibaren sütteki artma süreci Temmuz-Ağustos aylarına kadar devam etmekte bu tarihten sonra hayvanın laktasyon sürecinin son bulduğu Kasım ve Aralık’a kadar azalma sürmektedir. Aralık ve Şubat ayları arasında kalan süreç keçi sütü üretimin en az olduğu zaman dilimidir (Yaman ve Coşkun, 2017; Guo vd., 2001).

Ayrı tür ve ırkların süt kompozisyonlarındaki farklılığın yanı sıra, aynı tür ve ırka ait hayvanlarda da farklı coğrafyalarda yetiştirilmeleri sonucunda sütlerinin bileşimlerinde birtakım değişiklikler meydana gelebilmektedir (Yüksel Önür, 2015). Bu değişiklikler Çizelge 2.2’de de açıkça görülmektedir. Literatürde bu konuya ilişkin yapılan bazı çalışmalar şu şekildedir:

Tayvan Alpin, Nubian, Saanen ve Toggenburg ırklarının süt kalitesinin değerlendirilmesine yönelik yapılan bir çalışmada bu dört ırkın sütleri arasında önemli farklılıklar belirlenmiştir. Alpin, Nubian, Saanen ve Toggenburg ırklarının yağ içerikleri sırasıyla %3.40, %4.48, %2.55, %3.54 olarak tespit edilmiştir. Elde edilen

sonuçlara göre Alpin ve Toggenburg'un yağ yüzdeleri orta, Saanen yağ yüzdesi düşük, Nubian'ın yağ oranı toplam ortalamanın üzerinde bulunmuştur (Sung vd., 1999).

Çizelge 2.2. Bazı ırk ve türlere göre keçi sütünün bileşimi (Yüksel Önür, 2015).

Ülke	İrk	TKM (%)	Yağ(%)	Protein (%)	Laktoz (%)	Kül (%)
İngiltere	British Saanen	11.6	3.48	2.61	4.3	0.8
Fransa	Alpine Saanen	-	3.6	3.2	-	-
İtalya	Sardinian	-	5.1	3.9	-	0.71
Yunanistan	Lokal	14.8	5.63	3.77	4.76	0.73
Türkiye	Kaz dağları Saanen	13	4.33	3.02	-	-
Türkiye	Kaz dağları Saanen	14.4	5.45	3.5	-	-

Clark ve Sherbon (2000) keçi sütünün α_{s1} -kazein, süt bileşimi ve pıhtılaşma özelliklerini araştırmış; bunun için Alpine, LaMancha, Nubian, Oberhasli, Saanen, Toggenburg ırkları ve Nubian x Alpine, Saanen x Alpine melezlerinin sütlerini analiz etmişlerdir. Bu çalışma kapsamında ırkların kurumadde içerikleri sırasıyla %12.93, %13.67, %16.02, %11.70, %12.98, %11.83, %13.98, %12.06 olarak tespit edilmiştir. Yapılan araştırma sonucu α -s1-kazein, bireysel süt bileşenleri ve pıhtılaşma zamanı ile yüksek oranda korelasyon gösterdiği belirtilmiştir. Bundan dolayı zaman alıcı ve pahalı olan α_{s1} -kazein ölçümü yerine kurumadde, yağsız kurumadde veya protein analizlerinin tericisinin keçi yetiştiricileri veya peynir yapımcıları tarafından daha makul olacağı sonucuna varılmıştır.

Guo (2003)'e göre keçi sütünün toplam kurumaddesi %12.90, yağ oranı %4.10, protein değeri %3.50 ve laktoz içeriği %0.80'dir. Metin (2005) keçi sütünün toplam kurumadde, yağ ve protein içeriğini sırasıyla %13.2, %4.5 ve %3.2 şeklinde tespit etmiştir.

Park vd. (2007) keçi sütünde yağsız kurumaddeyi %8.9, yağı %3.8, laktozu %4.1, proteini %3.4 ve kül miktarını %0.8 olarak saptamışlardır. Koyun ve keçi sütünden geleneksel yolla ultrafiltrasyon tekniği ile üretilen beyaz peynir telemeleri üzerine farklı pastörizasyon normları ve pıhtılaştırıcı enzimlerin etkisinin incelendiği bir çalışmada; keçi sütünün toplam kurumaddesi 11.015 ± 0.493 , yağı 2.85 ± 0.05 , titrasyon asitliği 0.13 ± 0.00 ve pH değeri 6.70 ± 0.07 olarak belirlenmiştir (Gencer, 2003).

Ceballus vd. (2009) yaptıkları bir çalışmada, keçi sütünün toplam kurumadde değerini %13.57, yağını %5.23 ve protein miktarını %3.28 olarak kaydetmişlerdir.

Güler ve Park (2009) keçi sütü, keçi sütünden yapılan normal ve tuzlu yoğurdun renk ve kimyasal bileşimlerini inceledikleri çalışmalarında keçi sütüne ait L, a, b değerlerini sırasıyla 85.2 ± 2.98 , -3.38 ± 0.25 , 7.76 ± 0.26 olarak bulmuşlardır.

Pastörize keçi sütünün dondurulması ve dondurarak depolanması sırasında sütte meydana gelen değişmelerin incelendiği bir çalışmada ise keçi sütünün toplam kurumadde, protein, yağ, laktoz, kül, pH ve asitlik değerleri sırasıyla 13.46 ± 0.152 , 3.77 ± 0.223 , 4.78 ± 0.106 , 4.86 ± 0.002 , 0.81 ± 0.039 , 6.57 ± 0.035 , 0.19 ± 0.013 olarak tespit edilmiştir (Yaman ve Coşkun, 2017).

Yapılan bir çalışmada; 220 adet Saanen x Kilis keçisinden 22 hafta boyunca alınan süt örnekleri ile laktasyon dönemi süresince sütün bileşimindeki değişimler incelenmiştir. Çalışmada ortalama olarak; kurumadde %12.12, yağ %3.45, protein %3.81, laktoz %4.12, pH 6.86, titrasyon asitliği 6.71 SH bulunmuştur. Laktasyon döneminin keçi sütlerinin kurumadde, yağ, yağsız kurumadde, protein, laktoz, asitlik ve pH'sı üzerine etkisinin önemli olduğu saptanmıştır (Güzeler vd., 2010).

Emirmustafaoğlu ve Coşkun (2012) keçi sütü, inek sütü ve bu sütlerin karışımından yapılan otlu peynirlerde olgunlaşma boyunca meydana gelen değişimleri inceledikleri çalışmalarında; keçi sütünün toplam kurumaddesini 13.89 ± 0.636 , yağını 4.75 ± 0.636 , pH'sını 6.29 ± 0.262 ve titrasyon asitliğini 0.19 ± 0.035 olarak bulmuşlardır.

Sarıca (2014) inek, keçi ve inek-keçi sütü karışımı olmak üzere 3 farklı hammadde ve hammaddeye süt tozu ilavesi, hammaddenin evapore edilmesi, ürünün süzülmesi ve ürünün evapore edilmesi olmak üzere 4 farklı üretim metodu kullanarak üretilen konsantre asidofiluslu sütlerin özelliklerini incelediği çalışmasında yarım yağlı UHT keçi sütünün toplam kurumadde, yağ, yağsız kurumadde, protein, kül, pH ve titrasyon asitliğini sırasıyla 7.80 ± 0.40 , 1.60 ± 0.00 , 6.20 ± 0.40 , 2.02 ± 0.03 , 0.65 ± 0.00 , 6.49 ± 0.05 , 0.19 ± 0.02 olarak belirlemiştir.

Teker (2016) protein oranı standardize edilmiş yağsız inek, koyun ve keçi sütünün asit koagülasyon özelliklerini karşılaştırmaya yönelik yapmış olduğu

alışmasında, keçi sütünün kurumadde, yağ, asitlik ve protein değerlerini sırasıyla $\%11.94 \pm 0.04$, $\%4.50 \pm 0.00$, $\%0.15 \pm 0.00$, $\%3.60 \pm 0.02$ olarak belirlemiştir.

Songun (2016) inülin takviyesi ile üretilmiş inek ve keçi sütlerinden elde edilen kefirin özelliklerini belirledikleri çalışmasında keçi sütlerinde yağsız kurumaddeyi $\%8.53 \pm 0.21$, yağı $\%4.5 \pm 0.10$, proteini $\%3.5 \pm 0.11$ ve laktoz miktarını $\%4.4 \pm 0.10$ olarak bulmuşlardır.

2.2 Süte Isıl İşlem Uygulanması

Neredeyse tüm süt ve süt ürünlerinin imalatı ısıl işlemi gerektirmektedir. Sütün sağlıklı bir şekilde tketelebilmesi ve kalitesini muhafaza edebilmesi için mikrobiyolojik ve enzimatik olarak kararlı hale getirmesi gerekir. Süte uygulanan ısıl işlem;

Tüketicinin güvenliğini garanti eder. Oldukça ılımlı bir ısıl işlem ile sütte bulunması muhtemel *Mycobacterium tuberculosis*, *Coxiella burnetii*, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella* serotipleri, *Listeria monocytogenes* gibi insan sağlığını tehdit eden patojenler tamamen ortadan kaldırılır. Isıl işlem öncelikle ürün muhafaza kalitesini arttırmaktadır. Depolama sürecinde üründe istenmeyen oluşumlara sebebiyet veren bozulma yapan mikroorganizma ve sporlarının öldürülmesi ve enzim inaktivasyonunu sağlamaktadır. Ayrıca yağların otoksidasyonu ile kimyasal bozulma, yoğun ısı işlemi ile sınırlanabilmektedir. Isı uygulamasıyla tatmin edici bir yoğurt kıvamı elde edilmekte, sütün asitlenmesi sırasında serum proteinleri kazein ile koagüle olmakta; başlangıç bakterilerinin büyümesini arttırmak için (immünoglobülinler ve laktoperoksidaz-CNS-H₂O₂ sistemi gibi) bakteriyel inhibitörler inaktive edilmektedir. Sterilizasyon sırasında buharlaşan sütün pıhtılaşma stabilitesini arttırmak için sütü buharlaştırmadan önce ısıtma işlemi uygulanmaktadır (Walstra vd., 1999).

2.2.1 Isıl İşlem Türleri

Son yıllarda geliştirilen muhafaza yöntemlerinden darbeli elektrik alan, ohmik ısıtma ve yüksek basınç işlemi gibi alternatif koruma yöntemleri; yüksek çalışma maliyeti, daha az sağlamlık ve endüstriyel lkte daima mevcut olmaması gibi

dezavantajlardan dolayı ısıtım kadar geniş bir kullanım alanı bulamamıştır. Isıtım uygulaması, halen uygulanan en yaygın koruma yöntemidir. Ürün türüne bağılı olarak aşağıdaki ısıtım muameleleri kullanılmaktadır:

2.2.1.1 Termizasyon

Termizasyon, çiğ sütün işlenmeden önce daha uzun süre saklanabilmesini sağlamak ve sütteki organizma sayısını azaltmak amacıyla 60-69 °C'de 20 sn ısıtılması işlemine denir (Walstra vd., 1999). Bu işlemten sonra sütte fosfataz enzimi hala pozitif reaksiyon gösterir. Isıtım plakalı veya borulu ısı eşanjörleri ile yapılır. Isıtımda, dolaylı şekilde ısıtım ortamı olarak sıcak su kullanılır (De Jong, 2008). Amacı, bakterileri, özellikle de psikotrofları öldürmektir. Bunların birçoğu ısıtım işlemine dayanıklı lipazlar ve proteinazlar üretmekte ve sonuçta süt ürünlerinin bozulmasına neden olmaktadır.

2.2.1.2 Düşük Pastörizasyon

Düşük ısı dereceli pastörizasyonda süt 63 °C'de 30 dakika (LTLT) veya 72 °C'de 15 saniye (HTST) ısıtılarak hemen soğutulmaktadır. Bu uygulamada alkalın fosfataz inaktive olmaktadır. Sütün içinde bulunabilecek hemen hemen tüm patojenler öldürülür; özellikle daha önce en ciddi patojenler arasında yer alan nispeten ısıya dirençli hedef organizma olan *Mycobacterium tuberculosis* ve *Coxiella burnettii*'yi etkili bir şekilde yok edecek şekilde tasarlanmıştır. *C. burnettii* sütte olması muhtemel spor yapmayan patojendir ve pastörizasyon, sütteki *C. burnettii*'yi en az 5 logaritmik birim azaltmaktadır (Codex Alimentarius, 2003; FAO, 2005). Maya ve küflerin tümü, vejetatif bakterilerin ise çoğu öldürülür. Sütte gelişimi yavaş bazı *Microbacterium* türleri öldürülemez. Ayrıca tamamı olmasa da enzimlerin bir kısmı inaktive edilir. Sütün lezzetinde fazla bir değişiklik olmaz, serum proteini az miktarda denatüre olur veya olmaz, soğuk aglütinasyon ve bakteriyostatik özellikler neredeyse hiç bozulmadan kalır. Bununla birlikte, daha yoğun bir ısıtım uygulanırsa (örneğin, 75 °C'de 20 saniye) bu, immünoglobülinlerin denatürasyonuna (dolayısıyla soğuk aglütinasyonda ve bakteriyostatik aktivitede azalma) ve bazen de süt tadında algılanabilir bir değişikliğe neden olmaktadır (Walstra vd., 1999). Bu işlemle süt bakteriyolojik olarak

güvenli hale getirilip, besleyici değeri önemli derecede değiştirilmeden, raf ömrünü 10 ila 14 güne çıkarmak mümkündür (Miller vd., 2007).

2.2.1.3 Yüksek Pastörizasyon

Yüksek pastörizasyon sütteki laktoperoksidaz enzimini inaktive edecek sıcaklık-süre normunun uygulanacağı şekilde yapılan ısıl işlemdir. Bunun için gerekli sıcaklık ve süre 85 °C’de 20 saniyedir. Bununla birlikte, bazen 100 °C’ye varan yüksek sıcaklıklar da uygulanır. Neredeyse tüm vejetatif mikroorganizmalar inaktive olur, ancak bakteriyel sporlar öldürülemez. Çoğu enzim etkisiz hale getirilir fakat süt proteinazı (plazmin), bazı bakteriyel proteinazlar ve lipazlar inaktive olmaz veya tamamen etkisiz hale getirilemez. Sütün çoğu bakteriyostatik özellikleri yok edilmektedir. Bu ısı uygulamasında serum proteinlerinin bir kısmı denatüre olmaktadır. Diğer yandan pişmiş tat gelişebilmektedir. Eğer krema içeriyorsa gazlı bir lezzet oluşabilmektedir. Bu uygulamada C vitamini kaybı dışında, besleyici değerde önemli bir değişiklik meydana gelmez. Ürünün, yağın otooksidasyonuna karşı stabilitesi artar. Sadece birkaç geri dönüşü olmayan kimyasal reaksiyon meydana gelmektedir (Walstra vd., 1999).

2.2.1.4 Sterilizasyon

Bu ısıl işlemde bakteri sporları da dahil olmak üzere ortamdaki tüm mikroorganizmaları öldürmek ana hedeftir. Çiğ sütte ısıya en dirençli patojenik spor olarak kabul edilen ve onun inaktivasyonu baz alınarak yapılan *Clostridium botulinum* nadiren bulunsa da, *Bacillus stearothermophilus* ve *Bacillus sporothermoduran*’lar gibi bozulmaya neden olabilecek ancak patojenik olmayabilen ısıya daha dirençli sporlar vardır. Bu tür sporları ihtiva edebilen gıdalar için, F_0 değerine karşılık gelen iki veya daha fazla ondalık düşüş elde eden bir ısıl işlem önerilmektedir (Smit, 2003). Bu amaçla, 110 °C’de (şişe içi sterilizasyon) 30 dakika, 130 °C’de 30 saniye veya 145 °C’de 1 saniye genellikle yeterlidir. Son ikisi, UHT (ultra-yüksek sıcaklık, kısa süreli) muamele olarak adlandırılan örneklerdir. Ayrıca, bu tür ısı işlemlerinin etkileri farklıdır. 110 °C’de 30 dakika ısıtma, tüm süt enzimlerini inaktive etmekte, ancak tüm bakteri lipazlarını ve proteinazları tamamen etkisiz hale getirememektedir.

Esmerleşmeye, sterilize edilmiş süt tadının oluşmasına ve mevcut lisinin bir miktar kaybına yol açan Maillard reaksiyonlarına neden olmaktadır. Bazı vitaminlerin içeriğini azaltmakta; kazein de dahil olmak üzere proteinlerde önemli değişikliğe neden olmakta ve süt pH değerini yaklaşık 0.2 birim düşürmektedir. Sütün 145 °C'de 1 sn süreyle ısıtılması, tüm enzimleri inaktive edememektedir, (örneğin plasmini inaktive etme etkisi neredeyse hiç yoktur) bazı bakteri lipazları ve proteinazları da tamamen yok edilememektedir. Dolayısıyla bu çeşit ısıtma işlemi nadiren uygulanır. Kimyasal reaksiyonlar pek görülmemekte, çoğu serum proteini değişmeden kalmakta ve sadece zayıf bir pişmiş lezzet gelişmektedir (Walstra vd., 1999).

2.2.1.5 Ön Isıtma

Ön ısıtma, çok hafiften oldukça yoğun ısıtmaya kadar geniş bir aralıktaki ısıtma işlemi ifade etmektedir. Çoğunlukla düşük pastörizasyon ve sterilizasyon arasındaki sıcaklık yoğunlukları ile ilgilidir (Walstra vd., 1999).

2.2.1.6 Kaynatma

Genellikle ev tipi uygulanan bir ısıtma türü olan kaynatma, açık sütlerde güvenilir olarak tüketilebilen sıcaklık ve süre normunda pek çok besinsel kayıplar meydana getirdiğinden çok fazla önerilmemektedir. Çiğ sütün içerisindeki mikroorganizma ve toksinleri inaktive etmek için 15–20 dakika, besin kaybını minimum seviyede tutmak için 5-10 dakikalık kaynatma işlemi uygulanmalıdır. Kaynatma süresi ve ısısının yüksek oluşu, sürekli hava ile temasın olması yöntemin besin kaybına sebep olan dezavantajlarıdır. En temel kayıplar B₁, B₆, B₁₂, folik asit ve askorbik asit (C vitamini) gibi vitaminlerde olup, bu kayıplar ortalama %60–100 seviyelerindedir. Ayrıca protein, karbonhidrat ve yağ yapılarında da birtakım değişiklikler meydana gelmektedir (Nergiz, 2006).

2.2.1.7 ESL (Genişletilmiş Raf Ömrü)

Genişletilmiş raf ömrü (ESL) süt için yasal, uluslararası kabul görmüş bir tanım olmamakla birlikte genellikle, eşit soğutulmuş dağıtım ve depolama koşulları altında

pastörize süttten daha uzun raf ömrüne sahip bir ürün olarak tanımlanabilir. Bu işlemin amacı, pastörize süttüne yakın organoleptik ve besleyici özelliklere sahip sütt üretmektir (Park ve Haenlein, 2013). ESL teknolojisi, soğutulmuş sıvı gıdalara da uygulanabilir. Örneklere beyaz ve aromalı sütt, fermente ürünler, krema, sütt tatlıları, soya içecekleri ve buzlu çay ve kahve dahildir. Raf ömrünün birkaç gün daha uzaması, sütt işletmelerine ve perakendecilere önemli avantajlar sağlamakta ve dağıtım zincirini genişletmelerine izin vermektedir. Sıvı ESL ürünlerinin tipik raf ömrü, 7 °C’de 15-25 gün’dür (De Jong, 2008).

2.2.1.8 Yenilikçi Buhar Enjeksiyonu (ISI)

Yeni bir koruma yöntemi olarak, yenilikçi buhar enjeksiyonu (ISI) yaklaşımı temel alınmaktadır. Patentli ISI teknolojisi mevcut UHT muamelesine dayanmakta, ancak çok kısa ısıtma çok yüksek sıcaklıklarla (150-200 °C’de 0.1 saniyeden az) birleştirilmektedir (Huijs vd., 2004). ISI teknolojisinin işlem maliyetleri mevcut UHT işleminden %10 daha yüksektir ve ISI teknolojisi normalde ESL ürünleri için kullanılan mikro filtreleme gibi alternatif teknolojilere kıyasla daha ucuzdur. Oda sıcaklığında aylarca stabil olan bir ISI süttü elde etmek için plasmin inaktivasyonunu sağlayan ilave bir ön ısıtma adımı gereklidir. Bu ön ısıtma yapılırsa, ISI süttü soğutulmuş koşullar altında 60 günden daha uzun bir raf ömrüne sahip olmaktadır (De Jong, 2008).

2.2.2 Isıl İşlemin Sütt Bileşenlerine Etkisi

Isı uygulaması sütt ve ürünlerinde kaçınılmaz bir durum arz etmektedir. Sıcaklık ve ısıtma süresi kombinasyonuna bağılı olarak süttün yapısında geri dönüşümlü veya geri dönüşümsüz bazı değışiklikler meydana gelmektedir. Bu değışikliklerin bir kısmı önemlidir çünkü hem ısıl işlemin bakteriyel inaktivasyonuna hem de olumsuz kimyasal değışikliklerin boyutuna bağılı olarak ürünün bazı özellikleri etkilenebilmektedir. Isıl işlemin dikkatli bir şekilde optimize edilmemesi sütte kahverengileşme, pişmiş lezzet gelişimi, gıda bileşenlerinde kalite kaybı, bakteriyel inhibitörlerin inaktivasyonu ve pıhtılaşma yeteneğinin bozulması gibi sonuçlar meydana getirebilmektedir (Burton, 1994).

Isıl işlem uygulanmasıyla süt bünyesindeki CO₂ de dahil olmak üzere gazlar sıcaklık artışı ile beraber uzaklaşmaktadır. Bu aşamada özellikle O₂ kaybı, ısıtma sırasında oksidasyon reaksiyonlarının hızı ve sonrasında bazı bakterilerin büyüme oranı için önemlidir. Koloidal fosfat miktarı artmakta ve [Ca²⁺] azalmaktadır. Laktoz izomerize olmakta ve laktüloz, organik asit gibi bileşenlerine ayrışmaktadır. Fosforik esterler, özellikle kazein esterleri hidroliz edilmekte, inorganik fosfat miktarı artmaktadır. Sütün pH'sı düşmekte ve ağırlıklı titrasyon asitliği artmaktadır. Serum proteinlerinin çoğu denature olmakta, böylece çözünmez hale gelmektedir. Enzimler de inaktive olmaktadır. Özellikle yüksek sıcaklıklara çıkıldıkça protein ve laktoz arasında “kullanılabilir lizin” kaybına neden olan Maillard reaksiyonları meydana gelmektedir. Serbest sülfhidril grupları oluşmaktadır. Bu etki redoks potansiyelinin düşmesine neden olmaktadır. Kazein miselleri toplanması, agregasyon sonunda koagülasyona neden olabilmektedir. Yağ globül zarında, örneğin Cu içeriğinde çeşitli değişiklikler meydana gelmektedir. Gliseridler hidrolize olmakta ve interesterifikasyon meydana gelmektedir. Yağdan laktonlar ve metil ketonlar oluşmaktadır. Bazı vitaminler bozunabilmektedir (Walstra vd., 1999).

2.2.2.1 Protein

Süt proteinleri ısıl işleme tabi tutulduğunda, yapılarında yüksek oranda α -heliks konfigürasyonu ve kükürtlü amino asit bulunduran peyniraltı suyu proteinleri, ısıtma koşullarına bağlı olarak protein açılımı ve hidrofobik gruplara maruz kalma ile birlikte denatürasyon olarak bilinen yapısal bir değişime uğramaktadır (Jang ve Swaisgood, 1990). Bu proteinlerin ısı denatürasyonundan kaynaklanan kimyasal etkiler, işlenmiş süt veya ondan yapılmış ürünlerin özellikleri için büyük önem arz etmektedir. Bu etki özellikle β -laktoglobulin için geçerlidir. Denatürasyon esnasında serbest bırakılan serbest -SH grupları, ısıtılmış sütün lezzetine etki etmekte, besleyici veya organoleptik olarak ürünün bozulmasına neden olabilecek oksidatif reaksiyonları geciktirmekte ve ısı eşanjörleri içindeki tortu oluşumunu etkilemektedir (Burton, 1994).

Isıl işlem sırasında artan sıcaklık, zamanla birleşip büyüyerek denatüre β -laktoglobulin agregatlarını meydana getiren küçük boyutlu β -laktoglobulin parçacıklarını oluşturmaktadır (Jang ve Swaisgood, 1990). Ardından artan ısıtma

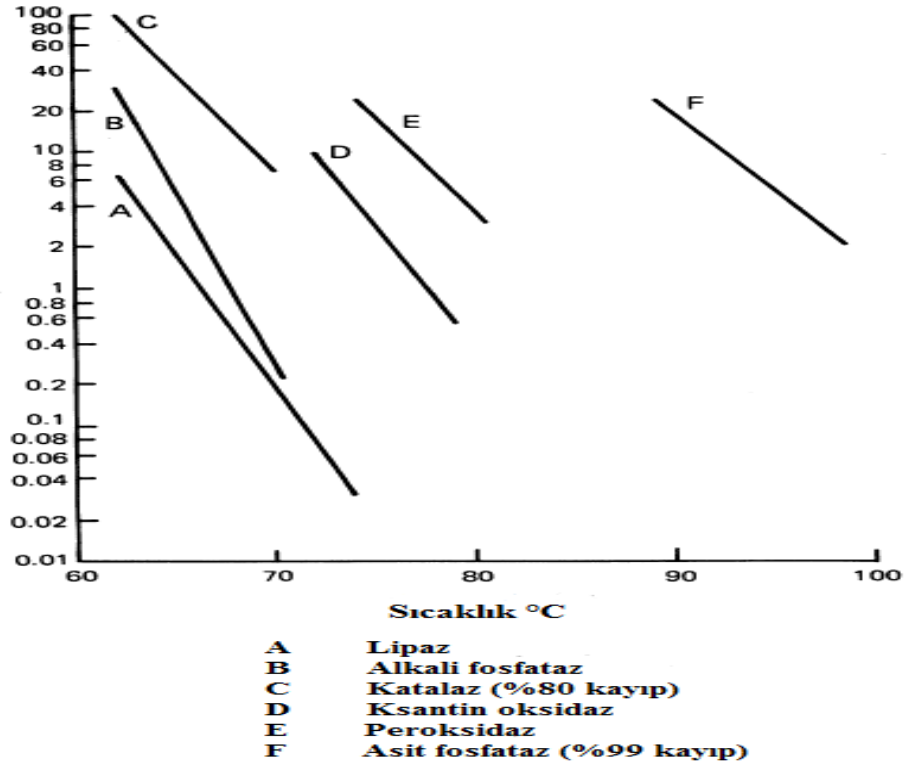
ve/veya zaman ile birlikte, büyük denatüre β -laktoglobulin agregatları ile kompleksler oluşturan bir laktalbumin denatürasyonu başlamaktadır. Her iki protein de kazein misellerin yüzeyine bağlanmaktadır. Kazein misellerinin yüzeyinde bulunan k-kazein ile peyniraltı suyu proteinleri arasında bir reaksiyon vardır ve bu sayede bu iki bileşik arasında kompleks bir yapı oluşmaktadır (Oldfield vd., 2000). Oluşan yapı, peynir mayasının k-kazeine bağlanmasını ve hidrolizini geciktirmekte bu da pıhtılaşma süresini uzatarak meydana gelen pıhtının sulu ve zayıf yapıda olmasına neden olmaktadır.

Serum proteinlerinin ısıdan etkilenme dereceleri farklılık göstermektedir. Isıya karşı dayanıklılığı en fazla olan protein proteoz peptonlardan (95-100 °C'de 30 dk) sonra sırasıyla α -laktalbuminler (100 °C'de 5 dk), β -laktoglobulinler (84-86 °C'de 5 dk), imminoglobulinler ve serum albumini (74 °C'de 15 sn)'dir. Uygulanan teknolojiye göre yüksek sıcaklıkta kısa süreli pastörizasyonda (71-74 °C'de 40-45 saniye) dikkate değer bir denatrasyon gerçekleşmezken, ultra pastörizasyonda (85 °C'de 15 saniye) bu değer %10-20, direk UHT işleminde %40-60, indirekt UHT işleminde %70-80 ve klasik sterilizasyon yönteminde %90-100 arasındadır. İlâveten, uygulanan ısı işlem şiddetine bağlı olarak kazein miselindeki kalsiyum ve fosfatın kompleksten uzaklaştırılmasına neden olmaktadır. Pıhtılaşmayı yavaşlatan bu etki çok yüksek yoğunluktaki ısı işlem uygulamalarında (kaynatma, sterilizasyon vb.) tamamen pıhtılaşmanın durmasına bile sebep olabilmektedir (Metin, 2014).

2.2.2.2 Enzimler

Henüz meme içindeki sütte, çok sayıda enzimatik aktivite meydana getiren endojenik doğal enzimler bulunmaktadır. Bunlar süt ürünlerinin depolama sırasındaki üretimini ve stabilitesini etkileyebilmektedirler. Bu enzimlerin çoğu ısı ile inaktive olurlar ve bu nedenle pastörize sütü bozmamaktadırlar. Fakat depolama esnasında UHT sütün kararsızlığında anahtar rol oynayan plazmin gibi dikkate değer istisnalar da mevcuttur. Buna ek olarak, alkali fosfataz ve laktoperoksidaz gibi bazı enzimler kabul edilebilir ısı işlem indikatörleri olarak kullanılmaktadır ve ısı işlem görmüş sütte etkinliklerinin değerlendirilmesi zorunludur (Moatsou, 2010, 2011). Süt enzimlerinin inaktivasyonu için gerekli tipik zaman-sıcaklık eğrileri Şekil 2.1'de verildiği gibidir.

Zaman, dakika



Şekil 2.1. Süt enzimlerinin inaktivasyonu için tipik zaman-sıcaklık eğrileri (Jenness ve Patton, 1959)

Plazmin, pastörizasyon sırasında aktif kalan ve birçok UHT uygulamasına karşı dirençli, ısıl stabilitesi yüksek bir proteazdır. Sütteki protein fraksiyonlarından β -, α_{s1} - ve α_{s2} - kazeinlerin parçalanmasına bunun sonucu olarak lezzet ve tekstürde değişmelere neden olmaktadır. Rennet enzimi ile pıhtılaşma süresinin kısılması, daha sulu pıhtı oluşumu, peynir veriminde azalma, UHT sütte oluşan jelleşme, sütte istemeyen acı tat oluşumu bu değişikliklerden bazılarıdır (Aydemir vd., 2008). Saflaştırılmış enzimin termal inaktivasyonu, 80 °C’de pH 7.0’da 10 dakika ısıtıldıktan sonra sağlanırken, sütteki inaktivasyonu için 73 °C’de 40 dakika süreyle muamele edilmesine eşdeğer sıcaklık-zaman kombinasyonları gereklidir. Düşük sıcaklıkta yapılan pastörizasyon, plazminojen inhibitörlerinin inaktivasyonuna neden olarak, plazminojenin plazmine dönüştürülmesini sağlamakta ve böylece sütteki plazmin aktivitesini arttırmaktadır; sadece uygun bir UHT uygulaması (140 °C’de 15 sn) plasmin sistemini etkisiz hale getirebilmektedir (Prado vd., 2006; Walstra vd., 2006).

Lipoprotein lipaz ısıya duyarlıdır ve düşük pastörizasyon (30 dakika 63 °C’de veya 15 saniye 72 °C’de) ile neredeyse inaktive olmaktadır. Bu nedenle, market sütünü potansiyel olarak bozabilen bir ajan değildir (Deeth, 2006; Walstra vd., 2006).

Alkali fosfataz, sütün ısıl işlemiyle güçlü şekilde bağlantılı bir enzimdir. Bu nedenle aktivitesi, sütün pastörizasyonunun yeterliliğini izlemek için kullanılmaktadır. Enzimin inaktivasyonu, sütte bulunan tüm spor yapmayan patojen mikroorganizmaların, *Mycobacterium tuberculosis* referans alınarak uygulanan ısıl işlemle öldürülmesini sağlamaktadır. Ayrıca bu koşullar altında laktik asit bakterilerinin ve gram negatif çubuk bakterilerin hepsi değil ancak çoğu öldürülmektedir. Sığır sütündeki alkali fosfataz enzimi için D değeri 70 °C’de 33 saniye ve 60 °C’de 24.6 dakikadır (Clayes vd., 2002). Alkali fosfatazın bir ısıl işlem indikatörü olarak kullanımı ile ilişkili bir komplikasyon, süte UHT uygulanmasından sonra yeniden etkinleşmesidir. Pastörize sütte hiçbir yeniden etkinleşme gözlenmemekte ve ısıl işlemden önce yapılan homojenizasyon, yeniden etkinleşmenin derecesini azaltmaktadır. Mg^{2+} ve Zn^{2+} varlığında yeniden etkinleşme artmaktadır. En önemli faktörün, UHT koşullarında denatüre edilmiş peynir altı suyu proteinlerinin SH grupları olduğu düşünülmektedir. Bu peynir altı suyu proteinlerinin SH grupları ağır metalleri şelatlandırır ki aksi durumda enzimin SH gruplarına bağlanabilirler (Shakeel-Ur-Rehman vd., 2003).

Asit fosfataz, mastitisli sütte önemli ölçüde artmaktadır. Düşük sıcaklıkta yapılan pastörizasyon sonrasında kalıntıların etkinliği oldukça önemlidir. Bu nedenle ısıl işlem uygulanmış sütte büyük bir problem olabilmektedir. D değeri 100 °C’de 45 saniyedir. UHT uygulaması ile inaktif hale getirilmekte ve Alkali fosfataz enziminin tersine Mg^{2+} tarafından aktif edilmemektedir (Shakeel-Ur-Rehman vd., 2003; Walstra vd., 2006).

Laktoperoksidaz çiğ sütte çok önemli bir doğal antimikrobiyal faktördür ve ısıya karşı en kararlı endojen enzimlerden biridir. D değeri 80 °C’de 4 saniye ve 71 °C’de 38.6 dakikadır (Clayes vd., 2002; Walstra vd., 2006). Tam inaktivasyon, 15 saniye süreyle 78 °C veya daha yüksek sıcaklıklarda sağlanmaktadır. Sütün pH koşullarındaki ısı kararlılığı nedeniyle Laktoperoksidaz aktivitesi sütün ısı uygulamalarına yönelik bir indikatör olarak kullanılır (Griffiths, 1986; Marín vd., 2003).

Ksantin oksidoredüktaz enziminin substratının oksidasyonu, çok reaktif süperoksit iyon ve hidrojen peroksit üretmektedir. Bu nedenle, güçlü bir pro-oksidan madde olarak kabul edilmekte ve sütte yüksek seviyelerdeki varlığı doğal oksidatif ekşime (bayatlama) ile ilişkilendirilmektedir. Enzimi inaktif hale getirmek için 73 °C'de 7 dakikalık bir ısıtım işlemi yeterlidir (Bhavadasam ve Ganguli, 1980; Griffiths, 1986; Steffensen vd., 2004; Walstra vd., 2006).

Somatik hücre sayısı arttıkça katalaz aktivitesi artmaktadır. Enzim aktivitesinin yaklaşık %26'sı, 60 °C'de 16 saniye süreyle süte uygulanan termizasyon sonrası yok edilebilmektedir. Düşük sıcaklıkta yapılan pastörizasyon, bu enzimin aktivitesini %92 oranında azaltmaktadır. D değeri 80 °C'de 2 saniyedir. Isıl işleminden geçirilmiş sütün soğutulması sırasında gözlemlenen katalazın yeniden aktifleşmesi, ısıya dirençli mikroorganizmalarla bağıntılandırılmıştır (Griffiths, 1986; Hirvi ve Griffiths, 1998; Walstra vd., 2006).

Diğer endojen enzimlerden lizozim sütte 80 °C'de 15 saniye süreyle yapılan ısıtım işleminden sonra aktif kalabilmektedir (Griffiths, 1986). Ribonükleaz aktivitesi, düşük sıcaklıkta yapılan pastörizasyonda aktif kalmakta ancak UHT uygulaması ile yok edilmektedir (Griffiths, 1986). Süperoksit dismutaz sütte lipid oksidasyonuna karşı etkili bir antioksidan faktördür ve ısıya karşı son derece dayanıklıdır. İnaktivasyonu 75 °C'de 65 dakika ısıtılarak gerçekleştirilmektedir (Hicks vd., 1979; Walstra vd., 2006). Katepsin D, 70 °C'de 10 dakika süreyle tamamen inaktif olan ancak kısmi pastörizasyon sonucu hayatta kalabilen bir lizozomal proteinazdır (Hayes vd., 2001). Katepsin B'nin 72 °C'de 30 saniye boyunca yapılan ısıtım işlemi sonrasında %20'den fazlası aktif kalarak sütte aktivite gösterebildiği belirlenmiştir (Magboul vd., 2001). Bazı önemli endojen süt enzimlerinin, ısıtım işlemleri altında davranışları Çizelge 2.3'de gösterilmiştir.

Psikotroflardan gelen enzimler, endojenik enzimler olmadığı için bu kategoriye dahil değildir. Bu tür enzimler ısıya karşı dayanıklıdır. *Pseudomonas spp*'den gelen proteinaz ve lipazın D değerleri 130 °C'de 160-700 saniye aralığında değişmektedir. Psikotroflardan bazı proteinazlar, yaklaşık 55 °C'de birkaç dakika ısıtım ile inaktivasyona karşı duyarlıdır, ancak, 100 °C'nin üzerindeki sıcaklıklarda ısıtım inaktivasyonundan hesaplanan D değerlerine göre, orta sıcaklıklarda ısıtım süresi

birkaç saat olmalıdır (Griffiths vd., 1981). Bu enzimlerin sütteki varlığını önlemek için psikrotrofların gelişimi kontrol altında tutulmalıdır.

Çizelge 2.3. Bazı önemli endojen süt enzimlerinin, üretim için kullanılan ısıt işlemler altında davranışları (Moatsou 2010, 2011).

Enzim	Kaynak	Süt fazında dağılımı	Isıl işlem sonrası kalıntı aktivitesi		UH T
			LTLT	HTST	
Plasmin (serin proteinaz)*	Kan	Kazein miselleri	Yüksek	Yüksek	
Lipoprotein lipaz	Meme bezi	Kazein miselleri	~0	0	0
Alkalın fosfataz	Meme bezi	Ağırlıklı olarak MFGM	~0	0	0
Asit fosfataz		MFGM / SM	Dikkate değer Orijinalin %60'ı	Orta derece	0
Laktoperoksidaz	Meme bezi	Serum		0	0
Ksantin oksidaz (Oksidoredüktaz)	Kan	MFGM	Gelişmiş >Orijinalin %50'si	İz miktar	0
y-glutamil (Transpeptidaz)	Meme bezi	MMSM / MFGM	~Orijinalin %8'i	0	0
Katalaz	Somatik hücreler	Krema / SM	Kısmen mevcut	0	0
Lizozim	Lizozomlar	Serum	Dikkate değer		0
Ribonuclease	Kan	Serum	Kısmen mevcut	Kısmen mevcut	0
Süperoksit dismutaz		Serum	Kısmen mevcut		
Katepsin D (aspartik proteinaz)	Somatik hücreler	Asit peynir altı suyu proteini	Kısmen mevcut	0	
Katepsin B benzeri (sistein proteinaz)	Somatik hücreler		>Orijinalin% 20'si		

SM, yağsız süt; MFGM, süt yağı globül zar; MMSM, yağsız sütte membran malzemesi.

2.2.2.3 Vitaminler

Çiğ süt özellikle A, B₁, B₂, B₆ ve B₁₂ başta olmak üzere birçok vitaminin kaynağıdır. Süt vitamin bakımından zengin bir çeşitliliğe sahip olmasına rağmen bazılarının miktarı gereksinimi karşılayacak düzeyde değildir. Bunlardan yağda eriyen vitamin olarak gruplandırılan A, D, E, K vitaminlerinin içeriği, hayvanın beslenmesi ve çevresel koşullarından (örneğin sezonun mevsimi, hayvanın bakımı) etkilenirken, B ve C gibi suda çözünen vitaminlerin konsantrasyonu, rumende çoğunlukla mikrobiyolojik popülasyonlar tarafından sentezlendiğinden genellikle sabittir. Ancak sonradan uygulanan teknolojik işlemler bu vitaminlerin miktarını etkileyebilmektedir. Isıl işlem görmüş sütteki vitamin içeriği, özellikle düşük pastörizasyon koşullarında

sıcaklık ve zamanın kombinasyonundan, ambalaj tipinden (ışığa maruz kalmasından, oksijen geçirgenliğinden), depolama şartlarından (sıcaklık ve süre) etkilenmektedir (Çizelge 2.4).

Çizelge 2.4. Sütün işlenmesi sırasında zarar gören vitaminler (Metin, 2014).

Etki Eden Faktörler	Zarar Gören Vitaminler
Yüksek sıcaklık	B ₁ , B ₁₂ , C
Oksijen	A, C, E
Ağır metaller	C, A
Işık (özellikle UV)	A, B ₂ , B ₆ , C, E, K, nikotinik asit, folik asit
Depolama sırasında	A, E, K, C, B ₁

Sütte bulunan A, D, E, β -karoten, riboflavin, nikotinik asit, pantotenik asit ve biyotin gibi vitaminlerin çoğu, ısıya dayanıklıdır ve pratik ısıl işlem proseslerinden etkilenmemektedir (Ford ve Thompson, 1981).

Askorbik asit ise genellikle ısı kararsızlığı ile bilinmekte ve hafif ısı uygulamasında dahi kayba uğramaktadır. Vitaminin sütte salgılandığı şekli olan indirgenmiş askorbik asit ısıya dayanıklı olmasına rağmen, oksijen varlığında ve hafif katalizör ile indirgenmiş askorbik asit dehidro-askorbik asite okside olmaktadır. Böylece vitaminin aktivitesini korunmakta, ancak ısıya hassasiyeti pastörizasyonla sıcaklığında bile yok edilmesine yol açmaktadır. Bu nedenle, ısıl işlem sırasında meydana gelen askorbik asit kaybı, daha çok ısıl işlem öncesi gerçekleşen oksidasyon kaybını temsil etmektedir. Isıl işlemde sonra azalan indirgenmiş askorbik asit, oksijen varsa, depolama sırasında oksidasyon ile hızla kaybolmaktadır. Aslında, pastörizasyondan daha yoğun olan ısıl işlemler, depolamada gelişecek kaybı önleyerek sütteki düşük askorbik asit miktarını korumaya yardımcı olmaktadır (Ford vd., 1986).

Tiamin (B₁ vitamini) ısıyla yok edilir ve genellikle sterilizasyon işleminin neden olduğu kimyasal değişikliğin göstergesi olarak sıklıkla kullanılmıştır (Ball ve Olson, 1957). Isı ve bazik pH'ya dayanıksız olan tiyaminlerin pastörizasyon ve sterilizasyondaki kayıpları sırasıyla % 3-20 ve % 30-50 seviyelerindedir.

Riboflavin (vitamin B₂) genellikle ısıl işlem sonrası kararlıdır, ancak ışığa en duyarlı olan vitamindir. Sıcaklığa karşı son derece dayanıklı olduğundan UHT sterilizasyonda bazı araştırmacılar tarafından kayıp gözlenmezken, bazılarınınca çok

düşük bir düzeyde kayıp belirlenmiştir. Bunun sebebi UHT sütte oluşan serbest sülfidril gruplarının sütteki redoks potansiyelini düşürmesidir. Pastörizasyondaki kayıp ise %2.7 oranında ve çok düşük bir seviyededir. Normal şişelere konularak güneş ışığında bırakılan sütlerde oluşan kaybın yarım saat sonunda %28'e, 3.5 saat sonunda ise %72 düzeyine ulaştığı belirtilmiştir. Kağıt ambalaj ve koyu renk şişelerin kullanımı ile kayıp oranı %6'ya düşürülebilmektedir. Genel olarak, flöresan tüplerden gelen yapay ışık, doğrudan güneş ışığına kıyasla enerji açısından zengindir ve bu nedenle daha az zarar vermektedir (Bosset vd., 1995). Riboflavin ve askorbik asitteki (vitamin C) değişiklikler, diğer vitaminlerin içeriğini azaltabilmektedir. Bir fotosensitizör görevi görerek görünür aralıkta ışığı emerek enerjiden aşırı reaktif oksijen formlarına aktaran Riboflavin, sütte bir singlet oksijeni üretmektedir. Singlet oksijen doymamış lipidler, askorbik asit (vitamin C), vitamin D, tiamin (vitamin B₁), piridoksal (vitamin B₆ türevi) ve folik asit ile reaksiyona neden olmaktadır. Buna ek olarak, kükürt içeren proteinler ve amino asitlerin, ışığa maruz kalan sütteki tatların oluşumunda rol oynayan uçucu bileşikler ürettiği tepkimelerde bulunmaktadır (Borle vd., 2001). Bu bileşikler, sütteki A vitamininin bozunması da dahil olmak üzere gıdalardaki besin kayıplarına neden olabilmektedir (Choe vd., 2005). Bu nedenle, riboflavinin foto-oksidasyonu ve oksijen varlığı, ısıyla işleminden geçirilmiş sütlerin vitamin statüsünü ve organoleptik stabilitesini belirlemektedir.

B₆ vitamini, ısıdan çok az etkilenmektedir. Ancak işleminden sonraki depolama, oda sıcaklığında 90 gün sonunda %50'ye kadar varan ciddi kayıplara neden olmaktadır (Ford, 1967; Ford vd., 1969).

B₁₂ vitamini ve folik asit, ısıya karşı kararsızdır ve bunların tahribatı, oksijen ve askorbik asit veya serbest -SH grupları gibi indirgeyici ajanların birbirleriyle olan etkileşimi ile gerçekleşmektedir (Ford, 1967; Ford vd., 1974). Sterilize edilmiş süt ve süt ürünlerinin üretiminde giderek daha fazla kullanılan tekrarlanan ısıl işlemler, toplam ısıl işleminden kaynaklanan vitamin B₁₂ ve folik asit kaybını da değiştirmektedir (Burton vd., 1967). Sütte Bulunan Bazı Vitaminlerin Isıl İşlemle Oluşan Kayıplarına ilişkin veriler Çizelge 2.5'de gösterilmiştir.

Çizelge 2.5. Sütte Bulunan Bazı Vitaminlerin Isıl İşleme Oluşan Kayıpları (Ford ve Thompson, 1981).

Vitaminler	100 mL Çiğ Sütteki Miktar	Kayıp (%)		
		Pastörize Süt	Sterilize Süt	UHT Süt
Tiamin (B ₁)	45 µg	<10	30	<10
Riboflavin (B ₂)	180 µg	ns	ns	ns
Nikotinik asit	80 µg	ns	ns	ns
B ₆ vitamini	40 µg	<10	20	10
B ₁₂ vitamini	0.3 µg	<10	<90	10
Pantotenik asit	350 µg	ns	ns	ns
Biyotin	2.0 µg	ns	ns	ns
Folik asit	5.0 µg	<10	50	15
Askorbik asit	2.0 µg	20	90	25
A vitamini	30 µg	ns	ns	ns
D vitamini	22 µg	ns	ns	ns
E vitamini	86 µg	ns	ns	ns
β-karoten	17 µg	ns	ns	ns

2.2.3 Isıl işlemin Etkisi İle Yeni Maddelerin Oluşumu

Isıl işlem görmüş sütte ısıtmadan kaynaklanan laktoz reaksiyonları sonucu birtakım yeni bileşikler açığa çıkmaktadır. Bu kategoriye ait iki tip ürün bulunmaktadır. Bunlar laktozun izomerleştirilmesinden ve laktozun proteinlerle reaksiyonundan (Maillard reaksiyonu) ortaya çıkan ürünlerdir. Sütün sterilizasyonu veya UHT işlemi sırasında laktoz izomerizasyonu, depolanması veya daha yüksek sıcaklıklarda ısıl işleme maruz kalması sırasında ise Maillard tepkimesi önem kazanmaktadır (Romero vd., 2001; Akbulut Pınar, 2009). Bu tepkime ürünlerinden bazıları, işlenmiş sütlerin ısı yükünü değerlendirmek için uygun endekslerdir.

2.2.3.1 Laktozun Laktuloz'a İzomerizasyonu

Laktoz hem maillard hem de izomerizasyon tepkimesinin ana bileşenidir. Maillard tepkimesi ürünü olmadığı halde ısıtmanın etkisiyle glukozun früktoza dönüşümüyle oluşan laktuloz da indikatör olarak kullanılan maddelerden biridir (Van

Boekel, 1998; Akbulut Pınar, 2009). Bağırsaktaki bifidobakteriyel çoğalmayı arttıran bir prebiyotik olarak da düşünülmektedir (Seki ve Saito, 2012).

Laktuloz, çiğ sütte ve HTST pastörize sütte bulunmadığından ısıl işlemin ciddiyetini değerlendirmek için iyi bir indeks sağlamaktadır (Elliott vd., 2005; Cattaneo vd., 2008). Doğrudan veya dolaylı yöntemlerle işlenmiş sütler arasında ayırım yapmak için kullanılabilir. UHT süt için laktuloz konsantrasyonları 100 ila 600 mg/L aralığında iken, 600 mg/L'nin üzerindeki bir laktuloz içeriği olan sütün sterilize edildiğini göstermektedir. ESL (Uzatılmış raf ömürlü pastörize süt) süt için yüksek bir sınırın 30 mg/L olabileceğini bildirmiştir (Mayer vd., 2010). Depolama esnasında oldukça kararludur (Elliott vd., 2005; Cattaneo vd., 2008).

Epilaktoz, glukozun mannoza izomerleştirilmesinden kaynaklanan toplam laktoz izomerlerinin %10' unu içerir ve bu nedenle sadece sterilize edilmiş sütlerde tespit edilebilmektedir. Ayrıca disakkaritlerin bozunması, sterilizasyon koşulları altında tagatoza izomerleştiren serbest galaktozda bir artışa neden olmaktadır (López-Fandiño ve Olano, 1999).

2.2.3.2 Maillard Tepkime Ürünleri

Maillard reaksiyonu indirgen şekerler ile amino asitlerin serbest amino grupları arasında gerçekleşmektedir. Bu reaksiyon, gıdalarda özellikle süt ürünlerinde kaliteyi doğrudan etkilediği için büyük önem taşımaktadır. Tepkime lisinde ve ürünün besin değerinde kayıplar, protein polimerizasyonu, aroma oluşumu, renkte esmerleşme, antioksidan, mutajenik, antimutagenik ve antikarsinojenik bileşiklerin oluşumu gibi istenen ve istenmeyen birçok sonuca sebebiyet vermektedir (Güneşer vd., 2013). Maillard reaksiyonu toplam 3 aşamada tamamlanmaktadır: erken Maillard reaksiyonu, ileri Maillard reaksiyonu ve nihai Maillard reaksiyonu (Mauron, 1981).

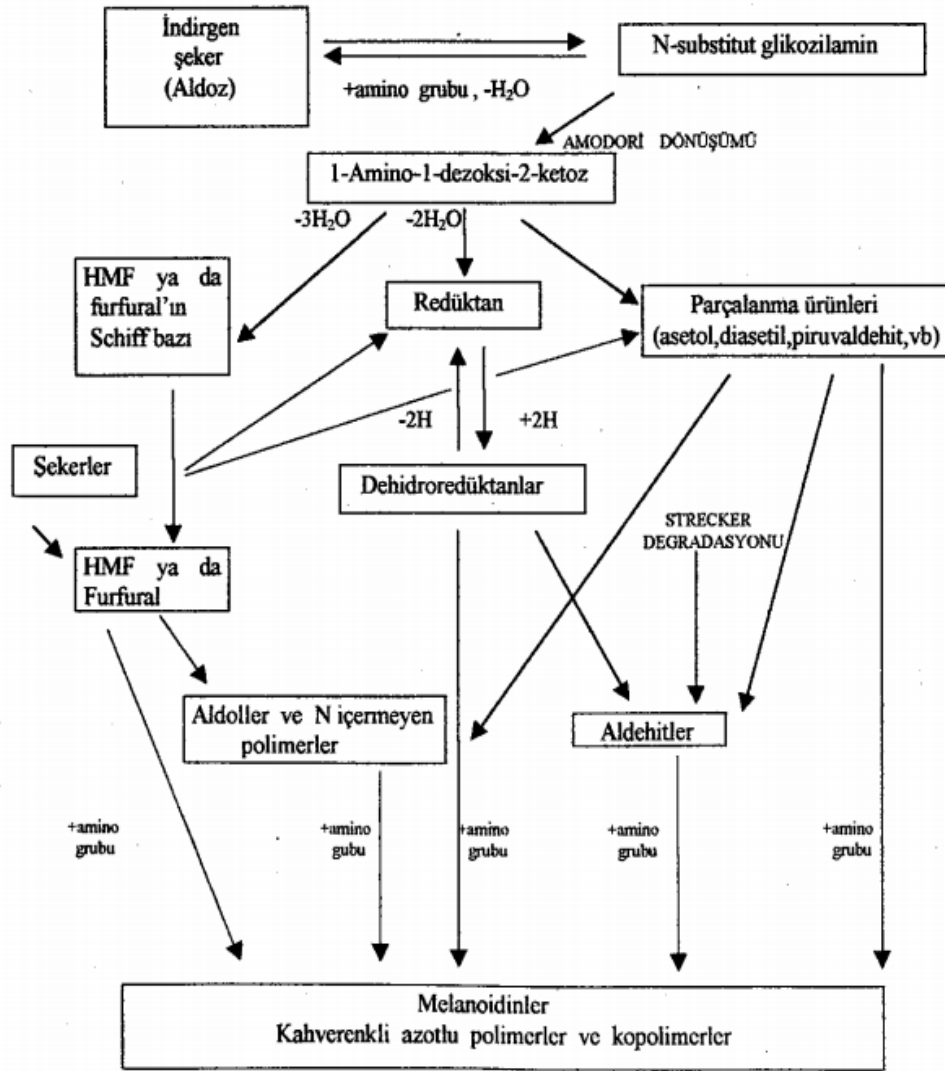
İlk aşama (Erken Maillard reaksiyonu) indirgen şekerin amino grubu ile tepkime vermesi ve su kaybıyla beraber kapalı halka formundaki glikozilamin (Schiff's bazı)'in oluşumunu kapsamaktadır (Burdurlu ve Karadeniz, 2002). Hafif asidik çözeltide muamele ile yeniden düzenlenerek Amadori ürününe (1-amino-1-deoksi-2-

ketoz) dönüşmektedir. Reaksiyon geri dönüşlü, oluşan ürün ise renksiz ve biyolik değeri olamayan bir maddedir (Metin, 2014).

İkinci aşamada (İleri Maillard reaksiyonu) ilk aşamada oluşan Amadori ürünü dehidrasyonla furfural ($-3H_2O$) veya redükton ($-2H_2O$) ve dealdolizasyonla sayısız fizyon ürününe bölünmektedir (asetol, diasetil, pirüvaldehit vb.). Aminoasitlerle dikarboniller arasındaki etkileşimde bir molekül CO_2 çıkışı ile sonuçlanan parçalanmada oluşan Strecker aldehitleri de bu aşamada meydana gelmektedir (Metin, 2014).

Maillard reaksiyonunun üçüncü ve son aşaması, ileri Maillard reaksiyonunda oluşan karbonil ürünlerinin (furfural, fizyon ürünleri, dehidroredüktonlar, strecker aldehitleri) polimerize proteine ve kahverengi pigmentlere yoğunlaştırılmasıdır. Azot olmadığında aldoller, azot varlığında ise ‘melanoidin’ denilen kahverengi, yüksek molekül ağırlıklı pigmentler meydana gelmektedir (Van Boekel, 1998; Metin 2014).

Melanoidin oluşumuna bağlı olarak hidroksimetilfurfural (HMF), laktulosillisin, furozin ve enzimatik olmayan esmerleşme bileşikleri, süt veya ürünlerinin Maillard reaksiyon derecesinin saptanması ve bundan kaynaklı ısı hasarının göstergesi olarak kullanılmaktadır (Güneşer vd., 2012) (Şekil 2.2). Çiğ süt için çok düşük miktarlarda değerler verse de, UHT’den sterilizasyona kadar süt ısı işlemlerinin değerlendirilmesi için hidroksimetilfurfural (HMF) kullanılmaktadır (Morales ve Jiménez-Pérez, 1999).



Şekil 2.2. Maillard tepkime mekanizması (Hodge, 1953; Burdurlu ve Karadeniz, 2002).

Furosin, Maillard reaksiyonlarının ilk aşamalarıyla ilgili kararsız laktulosilisin bileşiğinin asit hidroliziyle üretilen sabit bir üründür. Furosin laktuloz ile karşılaştırıldığında daha elverişli bir indekstir, çünkü neredeyse her türlü ısı işlemi kapsamaktadır. Düşük sıcaklıkta pastörize edilen sütler için 8 mg/100 g protein, ve yüksek sıcaklıkta pastörize edilmiş ve UHT sütler için 20 ve 250 mg/100 g protein için üst limit önerilirken, ESL sütlerde ise bu değer 20 mg/100 g'dır (Clayes vd., 2002; Mayer vd., 2010).

HMF bileşiği ısıtma sırasında ortaya çıkan iki reaksiyonunun sonucudur. Bunlardan ilki izomerizasyon ve şeker bozunma reaksiyonları, ikincisi ise Maillard reaksiyonları sırasında laktulosilisinin ayrışmasıdır. Birinci yola karşılık gelen serbest

HMF ve ikinci yola karşılık gelen ise toplam HMF olarak adlandırılmaktadır (Clayes vd., 2002; Walstra vd., 2006).

2.2.3.3 Diğer Ürünler

Bu bileşikler dışında yine ısıtılma sırasında sütteki serin ve sisteinden oluşan dehidrolainin, lisinle tepkimeye girerek lisinoalanini oluşturabilmektedir. Lisinoalaninin değerlendirilmesinin UHT sütünün saklama koşullarının bir göstergesi olabileceği bildirilmiştir (Cattaneo vd., 2008). Literatürde bu konulara ilişkin yapılan bazı çalışmalar şu şekildedir:

Kisza vd. (1966) tarafından sütün kaynatılması sırasında C vitamini parçalanmasının süreye bağlı olarak 5 dakika sonra %22'si ve yarım saat sonra %43'ünün parçalandığı gözlemlenmiştir. Başka bir araştırmada 161 °F de (71.6 °C) 16 sn ısıtılan inek sütünün, karoten miktarında %4, vitamin A miktarında %7 oranlarında kayıp olduğu, bununla birlikte 5 dakika süren kaynatma sonucu karoten ve vitamin A kayıplarının sırasıyla %7 ve %26 olduğu belirtilmiştir.

Lechner vd. (1969) tarafından yapılan bir araştırmada dehidroaskorbik asitin ortalama değerleri yüksek derecede ısıtılmış içme sütünde 2.5 mg; buna karşın çiğ sütte 5.0 mg/L olarak bulunmuştur.

Bazı araştırmacıların elde ettikleri veriler sonucu pastörizasyonun, %4 vitamin A ve %5.2 karoten kaybına neden olduğu, ayrıca sütün kendi haline bırakıldığında da %0.11 ile %0.2 ilave kayıplar meydana geldiği belirtilmiştir (Akyüz, 1976).

Bayoumi ve Reuter (1980) pilot ölçekli bir UHT tesisi kullanarak 120-145 °C ve 2-32 saniyelik direkt ısıtma işlemi sonucunda tiyamin kaybını %22 seviyesinde bulmuşlardır.

Görner vd. (1980) UHT sterilizasyon ve oda sıcaklığında 6 haftalık depolama sonucunda sütte %10'luk bir tiyamin kaybı meydana geldiğini belirlemişlerdir.

Isı eşanjöründeki ısıtma ve soğutma süreleri için düzeltmeler ile 120-145 °C'lik sıcaklık aralığında dolaylı bir UHT sistemi kullanılarak oluşan tiyamin kaybı %29 olarak tespit edilmiştir (Bayoumi, 1981).

Horak ve Kessler (1981) 120-150 °C arasındaki sıcaklık ve 5000 saniyeye kadar tutma süresini sağlamak için buhar odasında paslanmaz çelik tüplerde ısıtılan sütteki tiyamin kaybını %80 olarak belirlemişlerdir.

Haddad ve Loewestein (1983) yaptıkları bir çalışmada, çiğ inek sütüne 72 °C'de 16 s, 80 °C'de 16s, 110 °C'de 3.5 s ve 140 °C'de 3.5 s ısıtma işlemi uygulamış ardından -40 °C'de 14 gün depolamaya bırakmışlardır. Çalışmada çiğ inek sütünün tiyamin oranı 0.202 mg/L olarak belirlenmiş ve süte uygulanan tüm ısıtma işlem normlarında tiyamin miktarında ortalama %10'luk bir azalma gözlemlenmiştir. Süte ısıtma işlemi uygulanması riboflavin miktarında bir değişime neden olmamıştır. Askorbik asit miktarlarına bakıldığında ise ısıtma işlemi ile %16-30 oranında C vitamini miktarında azalma belirlenmiştir.

Scott ve Bishop (1984) pastörize ve UHT sütlerindeki suda çözünür vitaminlerin karşılaştırmıştır. UHT sütlerin, askorbik asidin tümünü kaybettiği ve pastörize sütle karşılaştırıldığında sadece dörtte biri folat, yaklaşık olarak B₁₂ vitamini ve yaklaşık üçte biri C vitamini içerdiği belirlenmiştir. Diğer vitaminler ise benzer seviyelerde bulunmuştur. Bu bulgu pastörize sütün ışığa az maruz kalması ile ilişkilendirilmiştir.

Zoeren-Grobbe vd. (1987) insan sütünde depolama kutusunun yapısı, Holder pastörizasyon ve tüple besleme koşullarının seçili vitamin konsantrasyonları üzerine etkisini incelemişler ve yağda çözünen A, D, E vitaminlerinin etkilenmediğini ancak suda çözünen birkaç vitaminde azalma meydana geldiğini gözlemlemişlerdir. Polipropilen kaplarda depolanan sütlerdeki C vitamini miktarı düşüşünün cam kaplardakine göre önemli bir seviyede olmadığı belirlenmiştir. Holder pastörizasyonda C vitamininde %36, folasinde %31 ve B₆ vitamininde %15'lik bir azalma görülmüştür. Tüple beslemede ise C vitamini miktarını %44 ve B₆ vitamini miktarını %19 azalttığı tespit edilmiştir.

Lavigne vd. (1989), keçi sütünün B₁, B₂ ve C vitamini içeriğindeki değişiklikler açısından farklı pastörizasyon ve sterilizasyon işlemlerini incelemişlerdir. Keçi sütüne uygulanan HTST (76 °C’de 16 saniye), UHT (135 °C’de 4 saniye), sterilizasyon (121 °C’de 15 dakika) ve düşük sıcaklıkta uzun süre (LTLT; 63.5 °C 30 dakika) işlemleri sonucunda C vitamini seviyesi sırasıyla %40, 25, 30 ve 70 oranında azaldığı belirlenmiştir. HTST ve UHT işlemi ile B₂ vitamini içeriğinde önemli bir düşüş gözlenmezken, LTLT ve sterilizasyon işleminin sırasıyla %20 ve %30 oranında vitamin B₂ içeriğini azalttığı görülmüştür.

Kwok vd. (1998) çalışmalarında ısıl işlemin soya sütündeki tiamin ve riboflavin içeriğine etkisini araştırmışlardır. Soya sütü bir dizi sıcaklıkta (90-140 °C) ve birkaç kez (0-6 saat) ısıtılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre 90 °C’de 60 dk’lık ısıl işlem %12, 120 °C’de 15 dk’lık ısıl işlem %32 ve 140 °C’de 30 sn’lik ısıl işlem %3’lük tiyamin kaybına neden olmuştur. Yine çalışmada riboflavinin tiyamine kıyasla ısıya karşı daha stabil olduğu gözlenmiştir.

Farklı süt yağı içeriğinin ısıl işlem süresince serbest ve total HMF oluşumu üzerine etkisinin araştırıldığı bir çalışmada; pastörize sütün HMF miktarı yağ içeriğine göre 36, 15 ve 3 g/kg yağlı olan sütlerde sırasıyla 1.77 ± 0.07 , 0.95 ± 0.03 , 2.14 ± 0.05 µmol/L bulunmuştur (Morales ve Jiménez-Pérez, 1999).

Başka bir çalışmada Sierra ve Vidal-Valverde (2001) yağlı ve yağsız süte uygulanan 90, 110 ve 120 °C’deki mikrodalga işleminin B₁ ve B₆ vitaminleri üzerine etkisini incelemişlerdir. 90 °C’de tam yağlı ve yağsız süttün vitamin B₁ ve B₆ miktarında herhangi bir kayıp gözlenmemiştir. 110 ve 120 °C’de sütlerdeki B₁ içeriği yine sabit kalırken, B₆ vitaminlerinden piridoksamin (yağlı sütte %4-5, yağsız sütte %9-11) artmış, piridoksal (yağlı sütte %5-6, yağsız sütte %9-12) azalmıştır.

Brands ve Van Boekel (2001) model sistemler (kazein-monosakkarit) üzerindeki çalışmasında, inek sütüne 120 °C’de 40 dk uygulanan bir ısıl işlem sonucu pH değerlerinde 0.3-0.4 birimlik bir azalma belirlemiştir. Bu durum artan formik ve asetik asit miktarına bağlanmıştır.

Yapılan bir çalışmada çiğ süte uygulanan üç farklı ısıl işlem normu (65 °C’de 30 dk, 72 °C’de 2 dk ve 85 °C’de 45 saniye) sonucu pastörize edilmiş inek sütü

örneklerinde yapılan tiamin, riboflavin analizlerinde yüksek sıcaklıkta kısa süre pastörizasyon ile daha fazla tiamin kaybı olduğu gözlenmiştir. Kayıplar tiamin ve riboflavinde sırasıyla %11.3 ve %1.47 olarak belirlenmiştir. Ayrıca riboflavin sıcaklığa karşı tiaminden daha stabil bulunmuştur (Şahin ve Kurdal, 2002).

Walstra vd. (2006), doğrudan UHT yönteminin ısıya duyarlı B₆, B₁₂, C vitaminleri ve folatın %20'sine varan kayıplar belirlemiştir. Ancak bu oran 3 aylık depolamadan sonra, ışık ve oksijen maruziyetine bağlı olarak, C vitamini ve folik asitin %20-100'ü ve B₆ ve B₁₂ vitaminlerinin %20-50'lerine kadar ulaşmıştır.

Yaman ve Coşkun (2017) pastörize keçi sütünü dondurup farklı sıcaklıklarda depolayarak sütte bileşimindeki değişiklikleri incelediği çalışmada, pastörize keçi sütüne ait L, a ve b değerlerini sırasıyla 94.40 ± 0.381 , -3.13 ± 0.049 ve 11.20 ± 0.434 olarak bulmuştur.

Asadullah vd. (2010) süte evlerde uygulanan ısıtma işleminin (yaklaşık 100 °C'de 15 dakikalık kaynatma) vitamin B₁, B₂, B₃, B₆ ve folik asitte sırasıyla %27, 27, 29, 24 ve 36.2'lik bir kayıp oluşturduğunu belirtmişlerdir.

Moltó-Puigmartí vd. (2011) LTLT pastörizasyonunun ve yüksek basınç işleminin insan sütündeki askorbik asit (C vitamini) ve α -ve δ -tokoferol izomerleri (E vitamini) üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Düşük sıcaklıkta uzun süre (LTLT) işleme tabi tutulan ürünlerde, C vitamini ve α -ve δ -tokoferol kaybının sırasıyla %16.2, 0.97 ve 2.08 oranlarında olduğu belirlenmiştir. Yüksek basınçlı işlemin ise, askorbik asit ve tokoferol düzeylerini önemli ölçüde etkilemediği tespit edilmiştir.

MacDonald vd. (2011) yaptıkları çalışmada, yoğunluğuna bağlı olarak, ısı işleminin C vitamini, folat, riboflavin, vitamin B₁₂ ve vitamin E konsantrasyonlarını önemli ölçüde azalttığını belirlemiştir. Özellikle, ısı işlem süresi folat indirgemesi ile pozitif korelasyon gösterirken, C vitamini pastörizasyon sıcaklığı ile ters orantılı azaldığı belirlenmiştir. B₂ ve B₁ vitamininin UHT işleminden neredeyse etkilenmediği, B₆ vitamini için ise bu etkinin, %4-35'lik kayıplar oluşturduğu görülmüştür. Aynı koşullar altında B₁₂ vitaminindeki kayıplar yaklaşık %30 seviyesinde bulunmuştur.

Güneşer vd. (2012) keçi sütüne 75, 85 ve 95 °C sıcaklıklarda ısı işlem uygulayarak hidroksimetilfurfural, enzimatik olmayan kahverengi bileşikler ve serbest

sülfidril gruplarının oluşumun kinetiğini inceledikleri çalışmalarında; keçi sütünün enzimatik olmayan kahverengi bileşikleri spektrofotometrede 340 nm’de sıcaklıkla artan seyirde 0.1-0.2 units/min arasında bulmuşlardır. Ayrıca keçi sütündeki HMF ve enzimatik olmayan renkli bileşiklerin oluşumu sıcaklık ve zaman arttıkça artmış ve renkli bileşikler ile HMF içeriği arasında iyi bir lineer korelasyon bulunmuştur.

Bir başka çalışmada 72–74 °C’de 15–40 saniyelik bir pastörizasyon işleminin koyun sütünde başlangıçtaki 0.93 ± 0.07 ve 2.93 ± 0.87 mg/kg, keçi sütünde 0.79 ± 0.08 ve 1.29 ± 0.35 mg / kg olan vitamin A ve E miktarını sırasıyla; koyun sütünde %13 ve %14, keçi sütünde %23 ve %14 oranında azalttığı görülmüştür (Michlová vd., 2015).

Khan vd. (2017) inek ve manda sütüne 65 °C’de 30 dakika pastörizasyon ve 1 dakika kaynatma işlemlerini uygulamış, ardından süt numunelerini 250 mL’lik PET şişelerde 6 gün boyunca 4 °C’de depolamışlardır. Yapılan çalışmada pastörizasyon ve kaynatmanın yağ, protein, laktoz, kül, yağsız kurumadde ve toplam kurumadde üzerinde herhangi bir etkisi olmadığı belirlenmiştir. Çalışmada A ve E vitamini miktarları uygulanan ısı işlemleri ile herhangi bir değişikliğe uğramamış ancak inek ve manda sütünün pastörize edilmesinde C vitamininin kaybı sırasıyla %40 ve %42 kaynatılmasında %82 ve %61 bulunmuştur.

2.3 Ambalajlama ve Depolama

Genellikle keçi sütünün işlenmesinde görülen başlıca sorunlardan olan; bireysel işleme, sezonluk üretim ve ulaşımdaki zorluklar keçi sütünün büyük ölçekli sanayileşmesini sınırlamakta ve çiftçilerin çiğ sütü işleme öncesi 1 günden fazla depolamasına sebep olmaktadır (Fonseca vd., 2013). Depolama sırasında sütlerin bozulmasına neden olan faktörler proteoliz, lipoliz gibi süt kaynaklı veya işleme, ajitasyon, saklama, sıcaklık, ışığa maruz kalma ve metal veya mikroorganizmalarla kirlenme gibi dış kaynaklı olabilmektedirler (Vassila vd., 2002).

Doymamış yağ asitlerinin yapısında bulunan çift bağlara etki eden oksijen, süt yağının tat, koku ve yapısının bozulmasına neden olmaktadır. Süt ve ürünlerinin bünyesindeki oksijenin mümkün olduğunca uzaklaştırılması, sütün soğukta

depolanması, oksidasyonu katalizleyen metal aletlerden korunması, ışığın etkisinden uzak tutulması, dışarıdan antioksidan madde ilavesi veya 80 °C'nin üzerinde uygulanacak bir ısı ile işlemle açığa çıkan sülfidril antioksidanlarından yararlanılması oksidasyonun hızını yavaşlatabilmektedir. Depolama sürecinde meydana gelen bir diğer oksidasyon ışığın etkisiyle aminoasitlerde meydana gelen ve sütte tatlımsı bir lezzet bozukluğu ile algılanan reaksiyondur. Birkaç dakikalık kısa sürelerde bile ışığa maruz kalan sütlerde bu tepkime gözlemlenebilmektedir (Metin, 2013).

İşlemden önce birkaç gün boyunca çiğ sütün depolanması, 4-7 °C'de olsa da psikrotrofik bakterilerin çoğalmasına izin vermektedir (Fonseca vd., 2013). Depolama sıcaklığının yüksek olması veya uzun süreli muhafaza kaynaklı psikrotrofik bakteriler tarafından üretilen proteazlar ve lipazlar üründe tat değişimine neden olmakta, bu da tüketici tercihi olumsuz etkilemektedir. Lipaz enzimi süt yağını, süt ürünlerinde kokulu ve sabunlu aromalar üreten, serbest yağ asidi olarak adlandırılan daha küçük bileşiklere hidrolize etmektedir. Sütün lipolitik kokusu hem doğal süt lipazları hem de mikrobiyel kaynaklı lipazlar tarafından başlatılabilmektedir. Bununla birlikte, doğal süt lipazlarının sadece birkaçı, süt ve diğer süt ürünlerinde kalite ve raf ömrü üzerinde çok önemli etkiye sahiptir (Muir, 1996). Depolanmış sütte kaprik tade ait yoğunluğun artması, yüksek miktarda kaprilik, kaproik ve kaprik asit içeren keçi gibi küçükbaş geviş getirenlerin sütünde özellikle bol miktarda bulunan kısa zincirli serbest yağ asidi miktarlarındaki artışa bağlıdır. Sıvı sütteki lipoliz oranı yüksekse keçi sütü ürünlerinde kısa zincirli serbest yağ asitlerinin neden olduğu kokulu lezzet ortaya çıkmaktadır. Psikrotrofik bakterilerin lipazları alkollerin mevcudiyetinde butirik, izovalerik ve heksanoik asit esterleri üretebilmekte ve bu da sütte meyveli kokulu lezzete neden olabilmektedir (Delacroix-Buchet ve Lamberet, 2000). Pastörizasyonla süt kaynaklı lipazlar inaktive edilirken, sonradan sütte meydana gelen mikrobiyel kaynaklı lipazlar HTST pastörizasyon hatta UHT sterilizasyonda dahi tamamen inaktive edilememektedirler (Metin, 2014).

Mikrobiyel kontaminasyon, ışık ve oksijen gibi dış etkilere sütün etkili bir şekilde korunması için ambalaj çok önemli bir faktördür. Etkili bir muhafaza ile depolamanın ilk 2 veya 3. gününde ortaya çıkan “yanmış güneş ışığı lezzeti” olarak tanımlanan protein oksidasyonu ve depolamadan 2 gün sonra gelişen metalik tat ile tanımlanan lipit oksidasyonundan kaynaklı istenmeyen lezzet gelişimi ve besin

kayıpları önlenebilmektedir. Özellikle 500 nm'nin altındaki dalga boylarındaki ışığa maruz kalma, çoğunlukla riboflavin ve A vitamini gibi ışığa duyarlı vitaminlerin yok edilmesine neden olmaktadır. B₂ ve B₆ vitaminleri ışığa (özellikle UV) hassas diğer vitaminlerdir (Moyssiadi vd., 2004). Literatürde bu konuya ilişkin yapılan bazı çalışmalar şu şekildedir:

Haddad ve Loewenstein (1983) yaptıkları bir çalışmada, çiğ inek sütüne 72 °C'de 16 s, 80 °C'de 16s, 110 °C'de 3.5 s ve 140 °C'de 3.5 s ısıtma işlemi uygulamış, ardından -40 °C'de 14 gün amber renkli polietilen şişelerde depolamaya bırakmışlardır. Çalışma, dondurulmuş saklama sırasında sütün tiamin, riboflavin içeriğinin sabit kaldığını göstermiştir. Ancak amber polietilen şişelerde çiğ sütün -40 °C'de 2 hafta depolanması, C vitamininde önemli miktarda kayıplara (%27.78) neden olmuştur. Isı işlem uygulandıktan sonra dondurularak muhafaza edilen sütte ise bu işlem daha az kayıp (%5.38 ila %8.51) oluşturmuştur. Bu düşüş, işleme sırasında oksijenin kısmen uzaklaştırılmasına bağlanmıştır.

Vidal-Valverde vd. (1993) tarafından yapılan bir çalışmada UHT inek sütleri 30 °C, 40 °C ve 50 °C'lerde 2 ay süresince depolanmıştır. Sonuçta depolama süresi ve sıcaklığı arttıkça E vitamini değerlerinin azaldığı gözlemlenmiştir. İki aydan daha kısa süreli depolamalarda E vitamini miktarlarında herhangi bir değişim belirlenemezken, 4-8 aylık depolamalarda önemli azalmalar rapor edilmiştir.

Ramsey ve Swartzel (1984) ultra yüksek sıcaklıkta işleme ve depolama koşullarının aseptik ambalajlı sütün sedimentasyon ve yağ ayırma oranları üzerindeki etkisini inceledikleri çalışmalarında, sedimentasyonun artan ısı uygulaması ve saklama sıcaklığı ile arttığını, ancak homojenizasyon basıncı arttıkça azaldığını belirlemişlerdir.

Gürsel ve Bozbay (2001) keçi sütünü 4 °C'de 100 veya 400 ppm H₂O₂ ilavesiyle 20 ve 35 °C'de, 20:20 veya 60:60 ppm SCN:H₂O₂ ilavesiyle 20 ve 35 °C'de olmak üzere 3 farklı şekilde depolayarak sütün kalitesine farklı muhafaza çeşitlerinin etkisini incelemişlerdir. Çalışmada 4 °C'de muhafaza edilen süt örneklerinde 0. saatte 0.151 olarak ölçülen titrasyon asitliği değerinin 9. Gün sonunda 0.226'ya kadar yükseldiği görülmüştür.

Vassila vd. (2002) düşük yoğunluklu polietilen (LDPE, berrak ve TiO₂ pigmentli, 60 mm kalınlıkta), ko-ekstrüzyonlu (LDPE / poliamid / LDPE, berrak ve TiO₂ pigmentli, 60 mm kalınlıkta) ve ko-ekstrüzyonlu (LDPE + %2 TiO₂ / LDPE + %2 TiO₂ / LDPE + %4 karbon siyahı pigment / LDPE + %2 TiO₂ / LDPE + %2 TiO₂) farklı ambalaj materyallerini kullanarak, pastörize sütlerin floresan ışık altında 41 °C’de depolamışlar ve 7 gün boyunca kimyasal ve mikrobiyolojik kalite parametrelerindeki değişiklikleri izlemişlerdir. Elde edilen sonuçlara göre başlangıçta 0.53 mg/mL⁻¹ olan Vitamin A konsantrasyonu, hem berrak hem de TiO₂ pigmentli LDPE ve LDPE / poliamid / LDPE torbalarında %50.9’dan %73.6’ya kadar bir degradasyona maruz kalmıştır. Riboflavin için ise %34.4’den %45.3’e kadar yüksek bir vitamin ayrışması gözlemlenmiştir. Koekstrüde edilmiş (LDPE + %2 TiO₂ / LDPE + %2 TiO₂ / LDPE + %4 karbon siyahı pigment / LDPE + %2 TiO₂ / LDPE + %2 TiO₂) keselerde, vitamin kaybı önemli derecede düşük bulunmuştur. Kayıplar A vitamini için sırasıyla %15.1 ile %18.9 arasında, riboflavin için %18.8 ile %21.5 arasında, A vitamini için %15.1 ve riboflavin için %19.5 arasında değişmektedir. Beyaz (TiO₂) ve siyah (karbon siyahı) pigmentlerin (110 mm kalınlıklı) birlikte ekstrüzyon yapılmış torbalarının aşırı vitamin ayrışmasını önlediği ve kaplamalı karton kutuya kıyasla ucuz, çekici ve kullanışlı bir süt ambalaj alternatifi olarak kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

Turgut ve Çakmakçı (2003) sütlerde B₂ vitaminin hasarında ışık kaynağı, şiddeti ve depolama süresinin etkisini araştırdıkları bir çalışmada, pastörize edilmiş inek sütünü 500 mL’lik saydam cam şişelerde 1100, 2400, 5800 lux ışık şiddetlerinde floresan ışık ve normal ışık kaynakları ile 4 °C’de 5 gün süreyle depolamışlardır. Kontrol grubu örneklerini ise karanlıkta muhafaza etmişlerdir. Çalışma sonucunda karanlıkta saklanan süt örneklerindeki B₂ vitamin seviyesi diğer gruplardan yüksek bulunmuştur (1.862 mg/L). Floresan ışıktaki muhafaza edilen örneklerdeki vitamin miktarı normal (1.652 mg/L) ışıktakilere kıyasla (1.704 mg/L) daha düşük bulunmuş, ayrıca bu örnekler arasında da ışık yoğunluğunun artışıyla ters orantılı olarak vitamin miktarında bir düşüş saptanmıştır. Depolamada süre arttıkça başta 1.890 mg/L olan B₂ vitamini miktarı 120. saatin sonunda 1.543 mg/L’ye kadar azalmıştır.

Yapılan bir çalışmada çok tabakalı pigmentli [HDPE (yüksek yoğunluklu polietilen) +20 g kg⁻¹ TiO₂ / HDPE + 40 g kg⁻¹ karbon karası / HDPE + 20 g kg⁻¹ TiO₂],

tek katmanlı pigmentli [HDPE + 20 g kg⁻¹ TiO₂], berrak PET (polietilen tereftalat) ve pigmentli [PET + 20 g kg⁻¹ TiO₂] 500 mL'lik şişelerde 4 °C'de flüoresan ışığı altında 7 günlük bir süre boyunca saklanan düşük yağlı pastörize sütteki kimyasal ve duyusal değişiklikler izlenmiştir. Elde edilen verilere göre kaydedilen A vitamini kayıpları, çok katmanlı ve tek katmanlı pigmentli HDPE ve pigmentli PET şişeler için %11, karton kutular için %16 ve temizleme yapılan PET şişelerde 7 gün depolama sonunda %31 şeklindedir. Ürün için en iyi genel korumanın, tek katmanlı TiO₂-pigmentli HDPE şişesinin izlediği çok tabakalı tabaka ile sağlandığı rapor edilmiştir (Moyssiadi vd., 2004).

Başka bir çalışmada tam yağlı pastörize inek sütü üç farklı renk yoğunluğundaki 1 litrelik polietilen tereftalat (PET) şişelerde flöresan ışığı altında 8 °C'de 10 gün boyunca saklanmıştır. Berrak PET şişelerde başlangıç A vitamini içeriğinin %22'si, B₂ vitamini içeriğinin ise %33'ü kadar bir azalma görülmüştür. Ancak paket ışık geçirgenliğinin vitamin B₁₂ içeriğine etkisi gözlemlenememiştir (Saffert vd., 2006).

Schamberger ve Labuza (2006) ısıtıl işlem sırasında sütte gelişen maillard kahverengileşmesinin gelişimini incelemek için HMF'ye alternatif bir metod olarak ön yüz flüoresans spektroskopisini (FFFS) kullanmışlardır. Sütlerle yapılan FFFS analizinde de HMF gibi, Maillard reaksiyonunun sonucu olarak herhangi bir görsel değişim tespit edilmeden önce, termal olarak indüklenen reaksiyonlarla ilgili değişikliklerin tespit edebildiği belirlenmiştir. Bu çalışma sırasında yapılan HMF analizinde 443 nm'de 110 ila 140 °C arasında 5, 15, 20, 25, 30 saniyeler süresince yapılan ısıtıl işlem sonucu sıcaklık ve süre artışına paralel olarak 0.00 ila 0.25 nm arası değerler bulunmuştur.

Zeng vd. (2007) çiğ keçi sütünün sağımdan sonra soğutmalı tanklarda 7 güne kadar depolanmasının sütün kompozisyonu, somatik hücre sayısı (SCC), pH ve mikrobiyolojik kalitesi üzerine etkisini araştırdıkları çalışmalarında; süt yağında, proteinde, laktozda, yağsız kurumaddede, pH'da depolama süresi esnasında belirgin bir değişiklik tespit edememişlerdir.

Popov-Raljić vd. (2008) UHT sistemi uygulanmış tam yağlı ve yarım yağlı inek sütlerini 90 gün süresince oda sıcaklığında depolamış ve renkte oluşan

değişimleri incelemişlerdir. Depolamanın ilk gününde tam yağlı inek sütünde $L=89.88$; $a=-3.26$; $b=9.27$ olan renk değerlerinin, depolamanın 90. gününde $L=77.15$; $a=3.12$; $b=7.06$ değiştiği rapor edilmiştir.

Akbulut Pınar (2009) yaptığı bir çalışmada; üç farklı yağ oranına (%0, %1.5, %3) sahip UHT inek sütünü, üç farklı depolama sıcaklığında (4 °C, 20 °C, 40 °C) 120 gün boyunca depolamış ve ürünlerdeki renk, pH, protein, Maillard tepkime ürünleri, lizin, antioksidan aktivitesindeki değişimleri izlemiştir. Farklı yağ oranına sahip her üç gruptaki örneklerde 4 °C ve 20 °C’de pH değerlerinde önemli bir değişiklik görülmezken 40 °C’deki örneklerde 120 gün sonunda pH’nın 6.58 ± 0.01 ’dan 6.19 ± 0.01 ’a düşüşü anlamlı bulunmuştur. Tüm örneklerin protein miktarında azalma meydana gelmiş olup bu azalma 45. günden sonra gerçekleşmeye başlamıştır. İncelenen UHT süt örneklerinde L değerinin depolama süresince azaldığı görülmüştür, ancak bu azalma 40 °C de muhafaza edilen sütlerde anlamlı bulunmuştur. Depolaması 40 °C’de yapılan ve %0, %1.5 ve %3 yağ içeren örneklerin 1. gün renk ölçümlerinde sırasıyla 90.20, 92.30 ve 93.28 olan L^* değerlerinin, 120. günün sonunda 82.14, 86.67 ve 87.72’ye düştüğü tespit edilmiştir. Örneklerde a değerinin depolama sıcaklığı ve süresine, b değerinin ise depolama sıcaklığı, süresi ve örneklerin yağ içeriğinin azalmasına bağlı olarak artış gösterdiği belirlenmiştir. Örneklerin toplam HMF içeriklerinde depolamanın 90. gününden itibaren bir artış görülmüştür. Bu artış miktarının yüksek sıcaklıkta depolanan örneklerde daha fazla olduğu tespit edilmiştir.

Fonseca vd. (2013) çiğ keçi sütünün, süt tozunun kalitesine etkisini araştırmışlardır. Çalışmalarında sağımdan sonra taze keçi sütünü, üç eşit fraksiyona bölerek 5 gün boyunca 4 °C’de saklamışlardır. Çalışmada 1., 3. ve 5. günlerde yapılan analizler sonucunda çiğ sütün toplam kurumadde miktarlarında önemli bir değişiklik görülmemiştir. Saklama süresinin, süt kompozisyonunu etkilemediği sonucuna varılmıştır.

Tremonte vd. (2014) kaynatma, mikrodalga işleme ve soğutmanın sütün mikrobiyolojik kalitesi üzerine etkisini inceledikleri çalışmalarında başlangıçta ısıtılmamış örnekte 6.72 ± 0.06 olan pH değerinin buzdolabında depolama (4.0 ± 0.5 °C) şartlarında, 72 saatte 6.27 ± 0.04 ’e kadar kademeli olarak azaldığı gözlenmiştir. Bu sonuç mikrobiyal gelişmedeki artışa bağlanmıştır.

Michlová vd. (2015) dondurucuda (-20 °C'de) bir sene depolanmış keçi sütünde ölçülen E vitamininin yanı sıra A vitamininin içeriğinin, çiğ ve pastörize sütteki orijinal içeriğin hemen hemen aynı olduğunu gözlemlemişlerdir.

Teker (2016) protein oranı standardize edilmiş yağsız inek, koyun ve keçi sütünün asit koagülasyon özelliklerini karşılaştırdığı çalışmada; türler arası viskozite karşılaştırmasında en fazla viskozite sırasıyla inek (4033.33 cp), koyun (3133.33 cp) ve keçi (3200.00 cp) sütünde bulmuştur. Viskozite değerlerinin inkübasyonun sonuna doğru inek sütünde 11733.33 cp, koyun sütünde 10503.33 cp ve keçi sütünde 5470.00 cp'e çıktığı saptanmıştır.

Khan vd. (2017) inek ve manda sütlerine 65 °C'de 30 dakika pastörizasyon ve 1 dakika kaynatma işlemlerini uyguladıkları, ardından süt numunelerini 250 mL'lik PET şişelerde 6 gün boyunca 4 °C'de depoladıkları çalışmalarında; depolama süresinin süt örneklerindeki A, E ve C vitamininin konsantrasyonu üzerinde belirgin bir düşüşe sebep olduğunu rapor etmişlerdir. Bu düşüşün depolamanın 3. gününden sonra ortaya çıktığını saptamışlardır.

Li ve Wu (2017)'nin çalışmasında pastörize inek sütü 8, 10 ve 12 °C'de 5 gün boyunca depolanmış ve sütteki fiziksel, kimyasal ve duyuşal değişimler izlenmiştir. Depolama süresince örnekler arasında yağ, protein, laktoz, yağsız kurumadde açısından önemli bir farklılık gözlenmezken, asitlik 12 °C'deki örneklerde artış göstermiştir. Örneklerin 8 ve 10 °C'de saklanması herhangi bir değişiklik saptanmamıştır. Duyusal özellikler bakımından, 8 ve 10 °C'de saklanan örneklerde 5 gün boyunca değişim olmazken, 12 °C'de saklanan örneklerde 4. günden itibaren bozulma görülmeye başlamıştır.

3. MATERİYAL VE METOT

3.1 Materyal

Çalışmada kullanılan süt, Bolu’da Saanen ırkı keçi yetiştiriciliği yapan yerel bir keçi sütü üreticisinden alınmıştır. Keçi sütünün pastörizasyonu, dolum ve depolama işlemleri Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü Süt Teknolojisi laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Denemede 1 L’lik amber ve şeffaf renkli cam şişeler kullanılmıştır. Cam şişeler Desibel firmasından temin edilmiştir.

3.2 Metot

3.2.1 Deneme Düzeni ve Kuruluşu

Çalışmada toplamda 68 L süt kullanılmıştır. Bu süt 2 ayrı zaman diliminde temin edilmiştir. İlk tekerrür için 34 L süt alınarak, Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü Süt Teknolojisi laboratuvarına getirilmiş ve sütün birinci 15 L’lik kısmı düşük sıcaklıkta pastörizasyon (DP), ikinci 15 L’lik kısmı yüksek sıcaklıkta pastörizasyon (YP) ve 4 L’lik bölümü çiğ sütün özelliklerini belirlemek amacıyla ayrılmıştır.

Çiğ keçi sütünün 4 litresi süzme işleminin ardından gerekli analizlerin yapılması için +4 °C’deki buzdolabına yerleştirilmiştir.

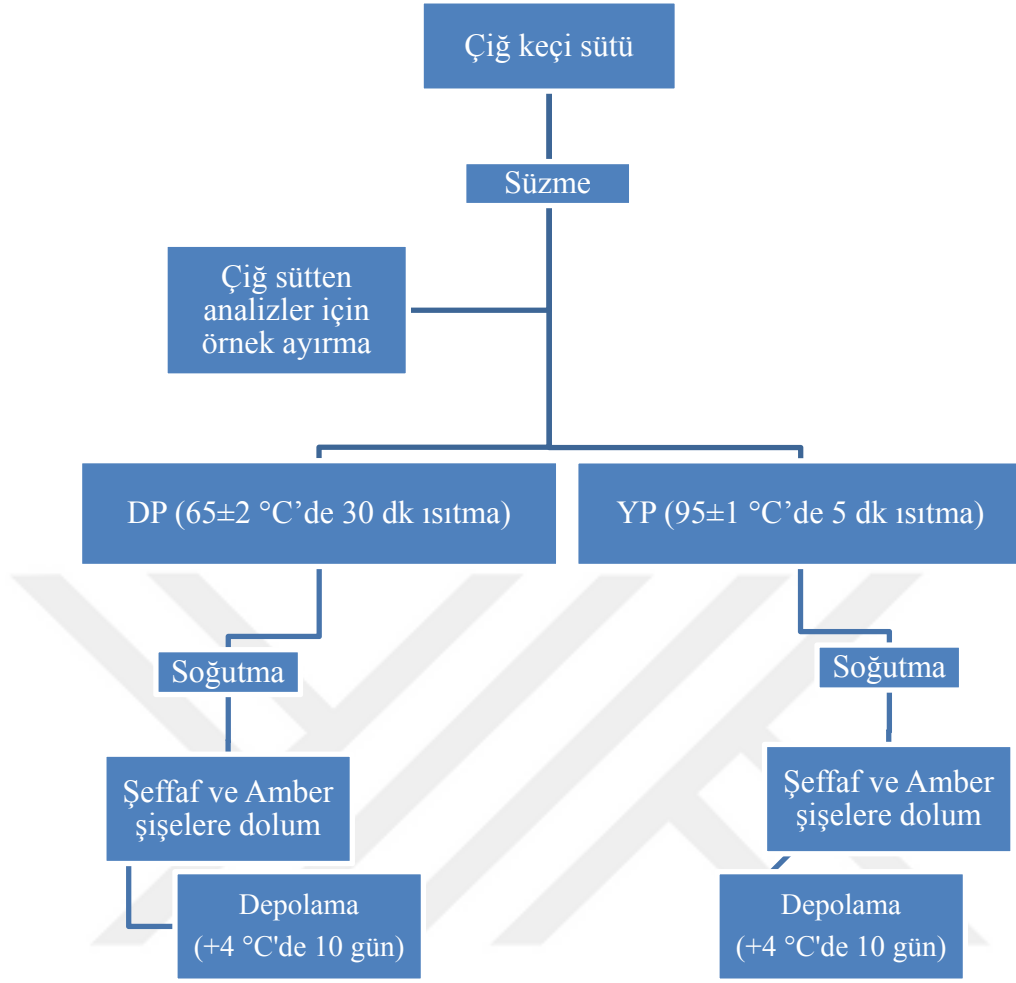
Birinci grup çiğ keçi sütü süzülerek pastörizatör tankına alınmış ve 65 ± 2 °C’de 30 dakika pastörize (DP) edilmiştir. Ardından süt soğutulmuştur. Soğutulmuş süt kendi arasında ikiye ayrılarak birinci kısmı amber renkli şişelere, geriye kalan kısmı da şeffaf cam şişelere doldurularak depolama için +4 °C’deki buzdolabına yerleştirilmiştir.

Süzölüp pastörizasyon tankına alınan ikinci grup keçi sütüne 95 ± 1 °C’de 5 dakikalık ısıtma (YP) işlemi uygulanmış ve ardından soğutulmuştur. Soğutulmuş sütler kendi arasında ikiye ayrılarak birinci kısmı amber renkli şişelere bir kısmı şeffaf cam şişelere doldurulmuştur. Sütler depolama için +4 °C’deki buzdolabına yerleştirilmiştir.

Buzdolabına yerleştirilen ısıtma işlem görmüş keçi sütlerine, depolamanın 0., 5. ve 10. günlerinde çalışmada öngörülen fiziksel, kimyasal ve biyokimyasal analizler uygulanmıştır. Deneme iki tekerrürlü yapılmıştır. Farklı derece ve sürelerde ısıtılarak farklı ambalajlarda depolanan keçi sütlerinin resimleri Şekil 3.1’de, üretim şeması ise Şekil 3.2’de gösterilmiştir.



Şekil 3.1. Ambalajlanarak buzdolabında depolanan keçi sütleri



Şekil 3.2. Pastörize keçi sütü üretim şeması

3.2.2 Uygulanan Analizler

3.2.2.1 Kimyasal analizler

3.2.2.1.1 pH Tayini

Örneklerin pH'sı pH metre ile ölçülmüştür. Bu amaçla pH metre, pH değeri 7 ve 4 olan tampon çözeltiler yardımıyla standardize edilmiştir. Ardından, elektrot 20 °C'ye getirilen keçi sütü örneğinin içerisine daldırılarak ölçüm yapılmıştır (Metin, 2008).

3.2.2.1.2 % Asitlik Tayini

Keçi sütü örneklerinden 20 mL alınarak erlene aktarılmış, üzerine 1 mL %1’lik fenolftalein belirteci katılmıştır. N/10’luk NaOH ile açık pembe renk oluşuncaya kadar titre edilmiştir. Titrasyonda harcanan NaOH miktarı formülde yerine konularak % süt asidi cinsinden hesaplanmıştır (Metin, 2008).

$$\text{Süt asidi (\%)} = \frac{v \times 0.009 \times F}{m \times d}$$

Formüldeki;

v: Tüketilen N/10’luk NaOH miktarını (mL) olarak,

m: Süt miktarını (mL) olarak,

d: Yoğunluğu (g/mL) olarak,

F: 0.1 N NaOH çözeltisinin faktörünü simgelemektedir.

3.2.2.1.3 Yağ Tayini

Keçi sütü örneklerinde yağ miktarı Gerber metodu ile belirlenmiştir. Bu amaçla süt butirometresine sırasıyla 10 mL sülfürik asit, 20 °C’ye ayarlanmış 11 mL süt ve son olarak da 1 mL amil alkol ilave edilmiştir. Lastik bir tıkaç ile ağzı sıkıca kapatılan butirometre pıhtı tamamen çözününceye kadar yavaşça çalkalanmıştır. Daha sonra butirometre en az 5 dakika süreyle santrifüj edilmiş ve 65 °C’deki su banyosunda 3-5 dakika arasında bekletilmiştir. Ölçülü kısımdan % yağ miktarı okunmuştur (Metin, 2008).

3.2.2.1.4 Protein Tayini

Örneklerin protein miktarı Kjeldahl metodu ile belirlenmiştir. Yakma tüpü içerisine 5 g süt örneği ve 10 g (yaklaşık 2 spatül) katalizör tartılmış ve 13 mL derişik sülfürik asit eklenerek dikkatlice karıştırılmıştır. Tüpler yakma cihazına yerleştirilerek sıcaklık kademeli olarak 430 °C’ye kadar yükseltilmiştir. Berrak yeşil bir renk

oluşuncaya kadar yakma işlemine devam edilmiştir. Bu rengin oluşumunun ardından 30 dakika daha yakma işlemi sürdürülmüştür. Yakma tüpündeki örnek yeterince soğuduktan sonra üzerine 50 mL damıtık su eklenmiştir. Destilasyon ünitesinin sol tarafına örnek, sağ tarafına ise içerisinde 25 mL borik asit çözeltisi bulunan 250 mL'lik erlen yerleştirilmiştir. Cihazdan otomatik olarak yaklaşık 50 mL %40'lık NaOH tüp içine alınmıştır. Destilasyon işlemi sonucu toplanan destilat 0.1 N HCl ile titre edilmiştir. Önce renk yeşilden gri-mora, ardından gri-leylak rengi belirleninceye kadar titrasyona devam edilmiştir. Harcanan asit miktarı formülde yerine konularak %N (azot) miktarı bulunmuş ve azot oranının 6,38 faktörü ile çarpılması sonucunda % ham protein miktarı hesaplanmıştır (Metin, 2008).

$$\text{Azot (\%)} = \frac{(\text{S-Stanık}) \times F \times 0.0014 \times 100}{\text{Örnek Miktarı (g)}}$$

Formüldeki;

S: Titrasyonda harcanan 0.1 N HCl miktarı (mL),

F: HCl çözeltisinin faktörünü simgelemektedir.

$$\% \text{ Toplam Protein} = (\% \text{ azot miktarı}) \times 6.38$$

3.2.2.1.5 Kurumadde Tayini

Yaklaşık 102 °C'de 30 dakika tutulduktan sonra desikatörde muhafaza edilen nikel kabın darası alınmış ve bu kaba 3 mL süt tartılarak, kurutma fırınında 105 °C'de 2-3 saat kurutulmuştur. Elde edilen değerler ile örneklerin % kurumadde miktarı hesaplanmıştır (Metin, 2008).

3.2.2.2 Biyokimyasal Analizler

3.2.2.2.1 Alkali Fosfataz Tayini

Keçi sütünün alkali fosfataz tayini Aschaffenburg ve Mullen metodu ile belirlenmiştir. İçerisinde 10 mL disodyum-p-nitrofenil fosfat tampon çözeltisi bulunan deney tüpüne 1 mL ısıtılmış keçi sütü örneğinden ilave edilerek iyice karıştırılmıştır. Deney tüpüne birkaç damla kloroform ilave edilmiş ve örnekler 2 saat süre ile 37 °C’de inkübasyona bırakılmıştır. Kontrol örneği olarak çiğ süt kullanılmıştır. Inkübasyon sonunda oluşan sarı renk kontrol örneği ile karşılaştırılarak enzimin aktivitesi belirlenmiştir (Metin, 2008).

3.2.2.2.2 Toplam Hidroksimetilfurfural (HMF) Tayini

10 mL keçi sütü örneği 50 mL’lik falcon tüpüne konulmuş ve üzerine 5 mL oksalik asit (0.3 N) eklenmiştir. Ardından karışım 1 saat boyunca su banyosunda (GFL, Germany) kaynar suda (100 °C’de) muhafaza edilmiştir. Daha sonra 5 mL %40’lık trikloroasetik asit eklenmiş ve karışım Whatman no 42 filtre kağıdı ile süzölmüştür. Süzölen sıvıdan 4 mL filtrat 15 mL’lik falcon tüpüne aktarılmış ve 1 mL 0.05 M tiyobarbitürik asit eklenmiştir. Tüp 40 °C’de 30 dk bir su banyosunda (GFL) tutulduktan sonra karışım soğutulup absorbansı bir spektrofotometre (Shimadzu) ile 443 nm’de ölçölmüştür. Aynı işlem kullanılarak, süt yerine distile su ile bir boş numune hazırlanmıştır. Sonuçlar sütün her litresindeki toplam HMF (µmol/L) olarak ifade edilmiştir (Keeney ve Bassette, 1958).

3.2.2.2.3 Enzimatik Olmayan Kahverengileşme Bileşikleri

Enzimatik olmayan kahverengileşme bileşiklerinin tayininde Guingamp vd. (1999) tarafından önerilen yöntem modifiye edilerek kullanılmıştır. Bu amaçla, 1 mL keçi sütü ve 1 mL distile su 15 mL’lik bir falcon tüpü içerisinde karıştırılmıştır. Daha sonra 1.2 mL berraklaştırıcı ajan (Sigma-Aldrich, Steinheim, Germany) eklenmiş ve karışım çalkalanıp 37 °C’de 8 dakika boyunca inkübe edilmiştir. Ardından karışımın absorbansı bir spektrofotometre kullanılarak (UV-mini1240; Shimadzu, Kyoto, Japan)

340 nm’de ölçülmüştür. Distile su ile boş bir numune hazırlanmış ve sonuçlar 340 nm’de absorbans birimleri olarak verilmiştir.

3.2.2.2.4 A ve E Vitamini Tayini

Her iki vitaminin analizi Sanchez-Machado vd. (2006)’ne göre hizmet alımı yoluyla yapılmıştır. Bunun için 1 g homojenize edilmiş keçi sütü örneği kapaklı plastik bir tüpte tartılmış ve üzerine 200 µl metanolik pirokatekol ve 5 mL 1M KOH eklenmiştir. Oluşan bu karışım 20 saniye boyunca vorteksten geçirildikten sonra 10 dakika boyunca ultrason varlığında sabunlaştırılmış ve sonrasında tekrar 20 sn boyunca vortekslenmiştir. Daha sonra, karışıma 5 mL hekzan ve 1 mL distile su eklenmiş ve 1 dakika boyunca vortekslenmiştir. Ardından üst hekzan tabakasından 3 mL alınarak ve Buchi rotovapor R- 215 rotary evaporator (Büchi Labortechnik GmbH, Essen, Germany) ile kuruyana kadar evapore edilmiştir. Tortu 0.5 mL metanol içinde çözdürülmüş ve bir miktar sıvı kısım naylon filtreden geçirilerek -20 °C’de 30 dakika boyunca bekletilmiş ependorf tüpüne aktarılmıştır. Örnek 2 dakika boyunca santrifüj edilmiş (Eppendorf miniSpin plus microcentrifuge, 14.4 rpm) ve küçük amber renkli bir viyale aktarılmıştır. Analiz, dördüncül pompa, soğutulmuş otomatik numune alma cihazı, sütun ısıtıcı, FLD ve DAD detektörlerine sahip olan Ultimate 3000 Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisi (Thermo Fisher Scientific, Dionex, Sunnyvale, USA) ile yapılmıştır. Örneklerdeki tokol ve tokoferoller HPLC-FLD ile: analitik kolon Develosil 5 µm RP AQUEOUS (250 × 4.6 mm) (Phenomenex, Tor-rance, USA); precolumn Develosil 5 µm C30 UG-100A (10 × 4 mm) (Phenomenex, Torrance, USA); hareketli faz metanol : deiyonize su (93 : 3, v/v), HPLC super gradient metanol (Lach-Ner, Nera-tovice, Czech Republic) ve Milli-Q su, izokratik elüsyon; akış hızı 1 mL/min; enjeksiyon 10 µl, kolon sıcaklığı 30 °C; saptama FLD (uyarma 292 nm, emisyon 330 nm). Retinol miktarı DAD detektör kullanılarak aynı kromatografik şartlar altında ($\lambda = 325$ nm) hesaplanmıştır. Tokoferol ve Vitamin A tespit sınırı, sinyal-ses oranı değerinin 3 katının oranı olarak ifade edilmiştir. Sonuçlar α -tokoferol ve retinol ED olarak, mg/L sütteki miktarı ile ifade edilmiştir.

3.2.2.2.5 B₁, B₂, B₁₂ Tayini

Bu vitaminlerin tayini hizmet alımı yoluyla Albala-Hurtado vd. (1997)'nin metoduna göre yapılmıştır. 10.5 g örnek 50 mL'lik santrifüj tüpüne (30 mm çapında) tartılarak aktarılmıştır. 1 g TCA solid ve bir manyetik karıştırma parçası eklenmiştir. Karışım 10 dakika boyunca manyetik karıştırıcı üzerinde iyi bir şekilde çalkalandıktan sonra 10 dakika boyunca 1250 x g'de iki fazı birbirinden ayırmak suretiyle santrifüj edilmiştir. Daha sonra, 3 mL %4'lük TCA elde edilen katı tortuya eklenmiş ve 10 dakika iyi bir şekilde karışması sağlandıktan sonra santrifüj edilmiştir. Bunun sonucunda elde edilen katı faz boşaltılmıştır. İki asit özütü 10 mL'lik volumetrik flask içinde karıştırılmış ve hacim %4'lük TCA ile tamamlanmıştır. Numune tüpleri ve şişeler alüminyum folyo ile kaplamak suretiyle ışıktan korunmuş ve düşük ışık koşulları altında çalışılmıştır. HPLC düzeneği (Hewlett-Packard, CA, USA), Hp 1050 sistem kontrol pompası, bir adet 1050 serisi gaz arıtma cihazı, 20 mikrolitre sabitlenmiş öze injektörünü içeren bir adet HP 1100 otomatik örnek alıcı ve bir adet HP 1050 serisi UV detektöründen oluşmaktadır. Öte yandan, veri alımı Chemstation system HP 3365-11 ile gerçekleştirilmiştir. Stok solüsyonları: %2.4'lük (v/v) sulu asetik asit çözeltisinde çözünmüş 100 mg riboflavin; %5'lik (w/v) sodyum bikarbonatta çözünmüş 500 mg/L folik asit; %2.4'lük (v/v) sulu asetik asit çözeltisinde çözünmüş 1000 mg/L nikotinamid, piridoksal, piridoksin, pridoksiamin, tiamin ve sianokobalamin'den oluşmaktadır. Ara çözücüler: sulu asetik asit çözeltisinde çözünmüş 10 mg/L riboflavin, sodyum bikarbonatta çözünmüş 5 mg/L folik asit ve sulu asetik asitte çözünmüş 50 mg/L diğer vitaminlerden meydana gelmiş, çalışılan çözeltiler: %2.4'lük sulu asetik asit çözeltisinde çözünmüş 3, 5, 7, 8, 10, 20 ve 25 mg/L nikotinamid ve 0.05, 0.1, 0.5, 0.8, 1, 1.5, 2, 3 ve 5 mg/L diğer analitlerden oluşmuştur. Bütün solüsyonlar 0.45 µm membrandan (milipor) geçirilerek ve ışıktan korunarak 4 °C'de muhafaza edilmiştir. Hareketli faz 5 mM oktansulfonik asit, %0.5'lik triethyamin, %2.4'lük glisial asetik asit ve %15'lik methanol içermektedir. Ayırma işlemi, eşleşen koruma kartuşu ile Tracer Spherisorb ODS 2 C18 column 250X4.6 mm üzerinde 5 mikrolitre, (Teknokroma, Barcelona, Spain) ve 1 mL/min akış hızında oda sıcaklığında izokratik olarak gerçekleştirilmiştir. İhtiyaç duyulan toplam analiz süresi ise yaklaşık olarak 55 dakika civarında olmuştur.

3.2.2.3 Fiziksel analizler

3.2.2.3.1 Viskozite Tayini

Oda sıcaklığındaki keçi sütü örneğinden 100 mL alınarak behere aktarılmış ve vizkometre cihazı (AND vibro viscometer SV-10, Japonya) ile ölçüm yapılmıştır. Sonuçlar mPa.s birimi ile ifade edilmiştir.

3.2.2.3.2 Sedimentasyon Testi

Keçi sütü örneklerinden 40 mL alınarak santrifüj tüpüne koyulmuş ve 1540 x g'de 10 dakika santrifüje edilmiştir. Süpernatant faz ve üst kısımda kalan yağ kalıntıları temizlendikten sonra elde edilen sediment kütlesi 105 °C'de 3 saat kurutulmuş ve sedimentasyon değeri hesaplanmıştır. Bu değer tartımlar arası farktan hesaplanarak g/40 mL örnek şeklinde ifade edilmiştir (Katsiari vd., 2002).

3.2.2.3.3 Renk Tayini

Keçi sütü örneklerinin her birinden 50 mL alınarak cihazın cam kabına konulmuş ve Hunter Lab kromametre cihazı (Hunter, LabColorFlex A60, ABD) kullanılarak ölçüm yapılmıştır. Okunan L^* , a^* ve b^* değerleri ile örneklerin sırasıyla parlaklık, kırmızıdan yeşile ve sarıdan maviye renk yoğunlukları belirlenmiştir.

3.2.2.4 İstatistiksel Analizler

Çalışmada ısıtma, ambalajlama ve depolamadan elde edilen verilerin varyans analizi yapılmış ve gruplar arası farklılığı tespit etmek amacıyla Tukey çoklu karşılaştırma veya t testi kullanılmıştır. Ortalamalar arası farklılıkları ortaya koymak amacıyla veriler $P < 0.05$ önem düzeyine göre test edilmiştir. B₁ vitamininde ise Games-Howell testi kullanılmıştır (Kayri, 2009). Tüm veriler Minitab 18 paket programı ile analiz edilmiştir.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1 Isıtmanın Keçi Sütünün Bazı Özelliklerine Etkisi

Çalışmada kullanılan çiğ keçi sütü ve bu süte uygulanan ısı işlemler neticesinde analizi yapılan her bir özelliğe ait veriler Çizelge 4.1’de sunulmuştur.

Elde edilen sonuçlara göre ısı uygulanmış sütlerde kurumadde değeri az da olsa yüksek bulunmuştur ($P<0.05$). Bunun nedeninin, sütün ısıtılması esnasında meydana gelen su kaybından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Çizelge 4.1. Farklı sıcaklıklarda ısıtılan keçi sütü örneklerinin bazı fiziksel, kimyasal ve biyokimyasal özelliklerinde meydana gelen değişimler ($\bar{x} \pm SD$, $n=2$).

Özellik	Ç	DP	YP
Kurumadde (%)	12.11 $\pm$ 0.024 ^{b*}	12.28 $\pm$ 0.011 ^a	12.24 $\pm$ 0.027 ^a
Protein (%)	3.11 $\pm$ 0.170 ^a	3.29 $\pm$ 0.071 ^a	3.15 $\pm$ 0.099 ^a
Yağ (%)	3.80 $\pm$ 0.000 ^a	3.75 $\pm$ 0.071 ^a	3.75 $\pm$ 0.071 ^a
Asitlik (% Laktik Asit)	0.14 $\pm$ 0.001 ^a	0.13 $\pm$ 0.004 ^a	0.13 $\pm$ 0.001 ^a
pH	6.69 $\pm$ 0.028 ^b	6.70 $\pm$ 0.028 ^a	6.64 $\pm$ 0.014 ^b
Sedimentasyon (g kuru ağırlık/40 mL)	0.043 $\pm$ 0.001 ^{ab}	0.042 $\pm$ 0.000 ^b	0.050 $\pm$ 0.003 ^a
Vizkozite (mPa.s)	2.67 $\pm$ 0.099 ^a	2.52 $\pm$ 0.141 ^a	2.49 $\pm$ 0.099 ^a
Renk (L*, a*, b*)	81.323 $\pm$ 0.304 ^b -2.958 $\pm$ 0.032 ^a 5.983 $\pm$ 0.465 ^a	82.055 $\pm$ 0.226 ^{ab} -3.415 $\pm$ 0.079 ^b 5.964 $\pm$ 0.459 ^a	82.858 $\pm$ 0.219 ^a -3.318 $\pm$ 0.034 ^b 5.930 $\pm$ 0.485 ^a
HMF (μmol/L)	0.026 $\pm$ 0.004 ^a	0.030 $\pm$ 0.004 ^b	0.052 $\pm$ 0.003 ^b
EOEB (A ₃₄₀)	0.095 $\pm$ 0.020 ^b	0.110 $\pm$ 0.017 ^{ab}	0.175 $\pm$ 0.010 ^a
Retinol RE (mg/L)	0.026 $\pm$ 0.0008 ^a	0.028 $\pm$ 0.0014 ^a	0.027 $\pm$ 0.0013 ^a
α-tokoferol ED (mg/L)	0.30 $\pm$ 0.028 ^a	0.32 $\pm$ 0.035 ^a	0.32 $\pm$ 0.028 ^a
Vitamin B ₁ (mg/L)	1.76 $\pm$ 0.007 ^a	1.74 $\pm$ 1.230 ^a	1.74 $\pm$ 1.230 ^a
Vitamin B ₂ (mg/L)	0.99 $\pm$ 0.000 ^a	1.17 $\pm$ 0.010 ^a	1.07 $\pm$ 0.085 ^a
Vitamin B ₁₂ (mg/L)	-	-	-

Ç: Çiğ Süt, DP: 65 $\pm$ 2 °C’de 30 dakika pastörize edilmiş süt, YP: 95 $\pm$ 1 °C’de 5 dakika pastörize edilmiş süt, n=analiz edilen örnek sayısı, SD: Standart sapma, HMF: hidroksi metil furfural, EOEB: Enzimatik olmayan kahverengileşme bileşiği değeri, L = Siyah(0) - beyaz (100+); a = yeşil (-) - kırmızı (+); b = mavi (-) - sarı (+), *:Analiz edilen her bir özelliğe ait ortalamalardan aynı harfi taşıyanlar istatistiksel bakımdan birbirinden farklıdır ($P>0.05$), farklı harf taşıyanlar birbirinden farklıdır ($P<0.05$).

Çizelgenin incelenmesinden anlaşılabacağı üzere; çiğ ve ısıtma işlemi uygulanmış süt örneklerinde protein ve yağ değerlerinde pek değişme gözlenmemiştir. Nitekim yapılan istatistiksel analizlerde ısıtma işlemi uygulamanın keçi sütünde protein ve yağ değerleri üzerindeki etkisi önemsiz ($P>0.05$) bulunmuştur. Benzer sonuçlar Khan vd. (2017) tarafından da rapor edilmiştir.

Isıtmayla birlikte keçi sütü örneklerinin pH ve asitlik değerlerinde hafif değişimler meydana gelmiştir. Yapılan istatistiksel analizler neticesinde asitlik değerlerindeki değişimler önemsiz çıkarken ($P>0.05$), pH değeri YP yönteminde en düşük çıkmıştır. YP örneğinin pH'sındaki bu değişim ısıtma ile bünyedeki CO₂ de dahil olmak üzere gazların uzaklaşması ile açıklanabilir. Brands ve Van Boekel (2001) model sistemler (kazein-monosakkarit) üzerindeki çalışmada, inek sütüne 120 °C'de 40 dk uygulanan bir ısıtma işlemi sonucu pH değerlerinde 0.3-0.4 birimlik bir azalma belirlemiştir. Bu durum artan formik ve asetik asit miktarına bağlanmıştır.

Keçi sütü örneklerinde sedimentasyon miktarı YP örneklerinde yüksek çıkmıştır ($P<0.05$). Bu sonuca ısıtma sıcaklığına bağlı olarak artan asitlik sonucu yüzeydeki elektrik yükünün azalmasıyla çarpışma enerjisinin düşmesi ve baskın hale gelen çekme güçlerinin, birbiri ile çarpışan kolloidal parçacıkları kümeleştirerek çökmesi olarak tanımlanan kazein parçacıkları destabilizasyonunun neden olacağı düşünülmektedir (Yaman, 2010; Tumerman vd., 1954). Yapılan bir çalışmada, pastörize keçi sütünün ortalama sediment miktarı 0.05 g kuru ağırlık/40 mL olarak verilmiştir (Yaman ve Coşkun, 2017). Bu sonuç çalışmamızda elde edilen değerle benzerlik göstermektedir.

Keçi sütü örneklerinin viskozitesi üzerine ısıtma işleminin etkisi incelendiğinde; örneklerin viskozite değerlerinde bir miktar azalma görülmüş, ancak azalma istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($P>0.05$). El-Hatmi vd. (2015) tarafından yapılan çalışmada çiğ keçi sütünün viskozite değeri 2.49 mPa.s olarak belirlenmiştir. Yaman ve Coşkun (2017) ise pastörize keçi sütünün viskozitesini 2.77 mPa.s şeklinde bulmuştur. Nitekim ısıtma işleminin artmasıyla birlikte kazeinlerin toplanması ve agregatları oluşturması örneklerin viskozite değerlerinde bir miktar azalmaya neden olabilmektedir. Ayrıca viskozite değerini; hayvanın beslenmesi, laktasyon dönemi vb. etmenlerden dolayı protein ve yağ gibi süt bileşenlerinde meydana gelen farklılıklar etkileyebilmektedir (Walstra vd., 1999).

Çalışmamızda keçi sütüne ısı uygulamasıyla ortaya çıkan renk değişimleri de incelenmiştir. Keçi sütüne ısı işlemi uygulamasıyla örneklerin L^* (açıklık-koyuluk) değeri artırmış ve bu artış çiğ süte göre YP örneklerinde önemli ($P<0.05$) çıkmıştır. Diğer yandan DP ve YP örneklerinin a^* değerleri (yeşil-kırmızı) çiğ süt örneğinkinden düşük ($P<0.05$) bulunmuştur. Isıtılmış süt örneklerinin b^* değerleri çiğ süttten düşük ($P>0.05$) çıkmıştır. Elde edilen L^* , a^* , b^* değerleri, Yaman (2010)'ın bulduğu sonuçlardan düşük, Güler ve Park (2009)'ın bulduğu değerlere ise benzerlik göstermektedir. Söz konusu bu farklılığın hayvanın beslenmesinden, sütlerin bileşiminden veya uygulanan ısıtma teknolojisinin farklı olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Sütün bileşiminde bulunan A vitamini (L değerini), β karoten (b değerini) ve bunların birbirine dönüşüm oranının sütün rengine doğrudan etki ettiği bilinmektedir. Süte uygulanan ısıl işlemin ısıtma yoğunluğunun artmasıyla beraber sütte karamelizasyon ve esmerleşme tepkimelerini ortaya çıkardığı bunun da sütün rengine kahverengileşmeye neden olduğu belirtilmektedir (Walstra vd., 1999). Ayrıca süte beyaz renk veren vitamin A'nın degradasyona uğraması da sütte bir miktar rengin koyulaşmasına neden olabilmektedir (Popov-Raljac vd., 2008).

Çizelge 4.1'in incelenmesinden anlaşılaçağı üzere; keçi sütünün ısıtılmasıyla hidroksi metil furfural (HMF) değerleri ısıtma derece ve süresi arttıkça artış göstermiştir. Çiğ keçi sütü örneğı ile kıyaslandığında, DP ve YP yöntemleriyle ısıtılmış süt örneklerinde HMF değerlerindeki artış önemli ($P<0.05$) bulunmuştur. Çalışmada elde edilen bulgular Schamberger ve Labuza (2006) ile Güneşer vd. (2012)'nin çalışmaları ile uyumludur.

Aynı şekilde ısıtılmış keçi sütü örneklerinde enzimatik olmayan esmerleşme bileşiklerine (EOEB) ait değerler, ısıtılmış keçi sütü örneklerinde ısı derecesi ve süresi arttıkça artmıştır. YP yöntemiyle ısıtılmış keçi sütü örneklerinin EOEB değeri çiğ süte kıyasla en yüksek çıkmıştır ($P<0.05$). Guingamp vd., (1999) yaptıkları bir çalışmada; A_{340} değerlerini çiğ inek sütü için ortalama 0.081, pastörize süt için 0.095, UHT süt için 0.124 ve sterilize süt için 0.222 bulmuşlardır. Çalışmamızda elde edilen bulgular, Guingamp vd., (1999) tarafından elde edilen değerlerle benzerlik göstermektedir.

Çiğ ve ısıtılmış süt örneklerine ait retinol RE (Vitamin A aktivitesi) değerleri, çiğ keçi sütü, DP ve YP yöntemiyle üretilen sütler için sırasıyla 0.0264, 0.0275 ve 0.0272 mg/L çıkmıştır. Yapılan istatistiksel değerlendirmede çiğ süt ve ısıl işlem

görmüş süt örnekleri arasında fark önemsiz ($P>0.05$) bulunmuştur. Nitekim Vitamin A ısıtma işleminden etkilenmemektedir (Metin, 1996). Ancak elde edilen retinol RE olarak vitamin A değerleri normale göre çok düşük çıkmıştır. Gerçekte keçi sütlerinde vitamin değerleri çok değişkendir. Örneğin Michlová vd. (2015) vitamin A değerini keçi sütü için 0.79 mg/kg şeklinde rapor ederken, Kondyli vd. (2007) bu değeri 0.13 mg/L olarak vermektedir. Çalışmadan elde ettiğimiz değerler Smith (2012)'in inek sütü için elde ettiği değerden yüksektir. Diğer yandan sütlerde vitamin değerlerini mevsimsel değişimler ve yemleme büyük ölçüde etkilemekte, retinol miktarı da bu meyanda yeşil yem alımıyla artmakta, içeride kuru otlar beslemede büyük oranda düşmektedir (Fedele vd., 2004). Park vd. (2007) keçilerin aldığı tüm karoteni vitamin A'ya dönüştürdüğünü rapor etse de, diğer bazı araştırmacılar (Muehlhoff vd., 2013) keçi sütünde karoten (18 $\mu\text{g}/100\text{g}$ süt) bulunduğunu rapor etmişlerdir. Dolayısıyla keçi sütünde Vitamin A değerini ortaya koyabilmek için karoten yönünden de analiz edilmesi, retinol ve karoten ile diğer Vitamin A eşdeğeri bileşenlerle toplanması gerekmektedir. Yapılacak çalışmalarla Türkiye'de üretilen keçi sütlerinin tüm özellikleri daha detaylı ortaya konmalıdır.

Analiz edilen çiğ ve ısıtılmış keçi sütü örneklerinde α -tokoferol ED değerleri Çizelge 4.1'de sunulmuştur. Elde edilen değerler, Michlová vd. (2015) tarafından Saanen keçi sütleri için Nisan ayında tespit ettiği değerden (0.19 mg/kg) yüksek, Mayıs ayı için tespit ettiği değere (0.31 mg/kg) benzerdir. Aynı araştırmacı incelediği keçi sütlerinde vitamin E değerini Haziran, Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarında artışla seyrettiğini rapor etmiştir. Diğer yandan ısıtılan sütlerde vitamin E değeri hafif yüksek çıksa da, istatistiksel bakımdan önemsizdir ($P>0.05$). Ayrıca, Metin (2014) vitamin E'nin ısıdan etkilenmediğini bildirmiştir.

İncelemeye alınan ısıtılmış keçi sütü örneklerine ait vitamin B₁ değerleri (Bknz. Çizelge 4.1) çiğ keçi sütü örneklerine göre hafif düşük çıkmıştır. Vitamin B₁ sütün ısıtılmasından etkilenmektedir (Metin, 2014); ancak çiğ ve ısıtılmış sütler arasındaki fark istatistiksel bakımdan önemsizdir ($P>0.05$). Elde edilen değerler, Muehlhoff vd. (2013) tarafından keçi sütleri için verilen en yüksek vitamin B₁ değerine yakındır.

Analiz edilen çiğ ve ısıtılmış keçi sütü örneklerinde vitamin B₂ değerleri sırasıyla 0.99, 1.17 (DP) ve 1.07 (YP) mg/L çıkmıştır (Bknz Çizelge 4.1). Elde edilen

değerler, Muehlhoff vd. (2013) tarafından keçi sütü için bildirilen değerlerin arasında (0.4-1.8 mg/kg) yer almıştır. Isıtılmış sütlerde vitamin B₂ değerleri, çiğ sütüne göre yüksek olsa da istatistiksel bakımdan önemsizdir (P>0.05).

Çalışma kapsamında yapılan vitamin B₁₂ analizleri neticesinde, analiz edilen süt örneklerinde bu vitamine rastlanılmamıştır. Muehlhoff vd. (2013) keçi sütünde B₁₂ vitamin değerlerini çok düşük miktarlarda rapor etmiştir. Benzer şekilde Parkash ve Jennes (1968) keçi sütünde vitamin B₁₂ değerini 0.0006 mg/L şeklinde bildirmektedir. Esasen keçi sütü vitamin B₁₂ ve demir bakımından fakirdir (Coşkun ve Öndül, 2004; Yetişemiyen, 2007).

4.2 Farklı Isıtma Yöntemleri ile Pastörize Edilen ve Farklı Ambalaj Kaplarında Depolanan Keçi Sütü Örneklerinde Depolama Boyunca Meydana Gelen Kimyasal Değişmeler

4.2.1 Kurumadde Değerleri

Farklı sıcaklık ve sürelerde ısıtılarak farklı ambalajlarda depolanan keçi sütü örneklerine ait ortalama kurumadde değerleri Çizelge 4.2’de bir araya getirilmiştir.

Çizelge 4.2. Farklı sıcaklık ve sürelerde ısıtılarak farklı ambalajlarda depolanan keçi sütlerine ait kurumadde (%) değerleri.

Isıl İşlem	Ambalaj Türü (Cam)	Depolama Zamanı (Gün) ($\bar{x} \pm SD$, n=2)		
		0	5	10
DP	Şeffaf	12.28±0.016	12.30±0.037	12.22±0.083
	Renkli	12.28±0.014	12.34±0.061	12.26±0.095
YP	Şeffaf	12.24±0.031	12.31±0.048	12.17±0.190
	Renkli	12.24±0.031	12.29±0.024	12.25±0.054

DP: 65 °C’de 30 dakika pastörize edilmiş süt, YP: 95 °C’de 5 dakika pastörize edilmiş süt, n=analiz edilen örnek sayısı, SD: Standart sapma.

Çizelge 4.3. Farklı sıcaklık ve sürelerde ısıtılarak, farklı ambalajlarda depolanan keçi sütlerinin kimyasal özelliklerine ait verilerin istatistiksel analiz sonuçları

Faktörler	Kimyasal Özellikler (%)				
	Kurumadde	Protein	Yağ	Asitlik	pH
Isıtma (n=12)					
YP	12.25±0.069 ^{a*}	3.16±0.055 ^b	3.76±0.052 ^a	0.136±0.004 ^a	6.62±0.030 ^a
DP	12.28±0.058 ^a	3.30±0.059 ^a	3.80±0.074 ^a	0.142±0.018 ^a	6.61±0.127 ^a
Ambalaj (Cam) (n=12)					
Renkli	12.28±0.053 ^a	3.22±0.087 ^a	3.78±0.072 ^a	0.136±0.005 ^a	6.63±0.064 ^a
Şeffaf	12.26±0.075 ^a	3.23±0.099 ^a	3.78±0.062 ^a	0.142±0.017 ^a	6.60±0.112 ^a
Depolama zamanı (Gün) (n=8)					
0	12.26±0.029 ^{ab}	3.22±0.099 ^a	3.75±0.054 ^a	0.131±0.003 ^b	6.67±0.040 ^a
5	12.31±0.038 ^a	3.24±0.099 ^a	3.80±0.093 ^a	0.136±0.002 ^b	6.65±0.030 ^a
10	12.23±0.083 ^b	3.22±0.086 ^a	3.79±0.035 ^a	0.150±0.018 ^a	6.52±0.093 ^b

P: 65°C'de 30 dakika pastörize edilmiş süt, K: 95°C'de 5 dakika pastörize edilmiş süt, n=analiz edilen örnek sayısı, SD: Standart sapma, *:Analiz edilen her bir özelliğe ait ortalamalardan aynı harfi taşıyanlar istatistiksel bakımdan birbirinden farklıdır, farklı harf taşıyanlar birbirinden farklıdır (P<0.05).

Çizelge 4.3'te görüleceği üzere; uygulanan ısı işlem normları ve farklı materyallerde ambalajlama keçi sütü örneklerinin kurumadde değerlerinde önemli bir fark oluşturmamıştır (P>0.05). Depolamanın 10. gününde kurumadde değeri düşük çıkmıştır (P<0.05). Fonseca vd. (2013) sağımdan sonra taze keçi sütünü, üçe bölerek 5 gün boyunca 4 °C'de saklamışlar; 1., 3. ve 5. günlerde yapılan analizler sonucunda çiğ sütün bileşimindeki toplam kurumadde miktarlarında önemli bir değişiklik tespit etmemişlerdir. Li ve Wu (2017) pastörize inek sütleri üzerinde yaptığı bir çalışmada benzer sonuçlar bulmuştur.

4.2.2 Protein Değerleri

Keçi sütü örneklerine uygulanan farklı ısı işlem ve ambalajlamanın, depolama boyunca protein değerlerinde meydana getirdiği değişiklikler Çizelge 4.4'de gösterilmiştir. Çizelgede sunulan protein değerlerine bakıldığında, 3.15 ile 3.31 arasında artma/azalma şeklinde değişiklik gösterse de farklı ambalaj ve farklı sürelerde depolamanın etkisi önemsizdir (P>0.05). Ancak ısıtma işleminin protein değerleri üzerinde etkisi önemli (P<0.05) çıkmıştır (Bknz Çizelge 4.3).

Çizelge 4.4. Farklı sıcaklık ve sürelerde ısıtılarak farklı ambalajlarda depolanan keçi sütlerinin protein (%) miktarları

Isıl İşlem	Ambalaj Türü (Cam)	Depolama Zamanı (Gün) ($\bar{x} \pm SD$, n=2)		
		0	5	10
DP	Şeffaf	3.29±0.071	3.34±0.085	3.29±0.113
	Renkli	3.29±0.071	3.31±0.042	3.27±0.028
YP	Şeffaf	3.15±0.099	3.17±0.042	3.16±0.057
	Renkli	3.15±0.099	3.16±0.071	3.15±0.057

DP: 65 °C’de 30 dakika pastörize edilmiş süt, YP: 95 °C’de 5 dakika pastörize edilmiş süt, n=analiz edilen örnek sayısı, SD: Standart sapma.

Elde edilen değerler Fonseca vd. (2013) ile Li ve Wu (2017)’nin bulduğu sonuçlar ile de benzerlik göstermektedir. Uzun süreli depolamalarda oluşan psikrotrofik bakteri kaynaklı proteaz ve lipazlar protein ve yağ miktarında birtakım değişikliklere neden olabilmektedir; ancak bu değişimler önemli boyutta değildir.

4.2.3 Yağ Değerleri

Keçi sütünün farklı sıcaklık ve sürelerde ısıtılarak farklı ambalajlarda depolanması sonucunda elde edilen yağ değerleri Çizelge 4.5’te sunulmuştur. Çizelgenin incelenmesinden anlaşılabileceği üzere, keçi sütü örneklerinin % yağ değerleri ısı uygulamaları, farklı ambalaj materyalleri ve depolama süresinde önemli bir değişiklik göstermemiştir.

Çizelge 4.5. Farklı sıcaklık ve sürelerde ısıtılarak farklı ambalajlarda depolanan keçi sütlerinin yağ (%) miktarları

Isıl İşlem	Ambalaj Türü (Cam)	Depolama Zamanı (Gün)($\bar{x} \pm SD$, n=2)		
		0	5	10
DP	Şeffaf	3.80±0.071	3.90±0.071	3.80±0.071
	Renkli	3.80±0.071	3.90±0.000	3.80±0.000
YP	Şeffaf	3.80±0.071	3.80±0.071	3.80±0.000
	Renkli	3.80±0.071	3.70±0.000	3.80±0.000

DP: 65 °C’de 30 dakika pastörize edilmiş süt, YP: 95 °C’de 5 dakika pastörize edilmiş süt, n=analiz edilen örnek sayısı, SD: Standart sapma.

Nitekim yapılan istatistiksel analizlerde keçi sütüne uygulanan farklı ısı işlem normları, farklı ambalaj materyalleri ve depolama süresinin yağ miktarı üzerine etkisi önemli bulunmamıştır (P>0.05) (Bknz. Çizelge 4.3). Bu araştırmadan elde edilen bulgular diğer araştırmalarla uyum içindedir (Fonseca vd., 2013; Li ve Wu, 2017).

4.2.4 Asitlik Değerleri

Analiz edilen keçi sütü örneklerinin titrasyon asitliği (%) değerlerine ait bulgular Çizelge 4.6’da sunulmuştur. Çizelgeden izleneceği gibi, farklı derecelerde pastörize edilmiş ve farklı ambalaj materyallerinde depolanmış keçi sütü örneklerinin asitlik değerleri, depolama boyunca artış göstermiştir. Ayrıca yüksek sıcaklıklarda ısıtılmış keçi sütü örneklerinin asitlik değerlerinin, düşük sıcaklıkta pastörize edilmiş örneklere kıyasla daha düşük olduğu gözlenmiştir.

Çizelge 4.6. Farklı sıcaklık ve sürelerde ısıtılarak ayrı ambalajlarda depolanan keçi sütlerinin titrasyon asitliği (% laktik asit) değerleri

Isıl İşlem	Ambalaj Türü (Cam)	Depolama Zamanı (Gün)($\bar{x} \pm SD$, n=2)		
		0	5	10
DP	Şeffaf	0.130±0.004	0.136±0.001	0.178±0.008
	Renkli	0.130±0.004	0.135±0.003	0.144±0.004
YP	Şeffaf	0.132±0.001	0.137±0.003	0.140±0.004
	Renkli	0.132±0.001	0.136±0.001	0.138±0.003

DP: 65°C’de 30 dakika pastörize edilmiş süt, YP: 95 °C’de 5 dakika pastörize edilmiş süt, n=analiz edilen örnek sayısı, SD: Standart sapma.

Yapılan istatistiksel analizlerde; keçi sütü örneklerini DP ve YP yöntemiyle ısıtmanın ve farklı ambalajlarda depolamanın asitlik üzerine etkisi önemsiz ($P>0.05$) bulunmuştur (Bknz Çizelge 4.3). Ancak 10. gün analizlerinde depolamanın asitliğe etkisi önemli ($P<0.05$) çıkmıştır. Depolamanın 10. gününde özellikle DP yönteminde asitlik değerinde meydana gelen artış, zamanla mikrobiyal gelişmedeki artışa bağlanmıştır. Zira DP yöntemiyle yıkımlanan mikroorganizma sayısının YP yöntemine göre daha az olması beklenen bir durumdur. Benzer sonuçlar Gürsel ve Bozbay (2001) tarafından tespit edilmiştir.

4.2.5 pH Değerleri

Çalışmada farklı yöntemlerle ısıtılan, farklı ambalajlarda ambalajlanan ve depolanan keçi sütü örneklerine ait pH değerleri Çizelge 4.7’de sunulmuştur. İncelenen keçi sütü örneklerinin pH değerleri, depolama boyunca düşüş göstermiştir. Ancak YP yöntemiyle ısıtılmış sütün pH değerleri, DP yöntemine göre daha düşük bulunmuştur. Bunun nedeni, yüksek sıcaklıkta (YP) ısıtılmış sütlerde ortamdaki mikroorganizmaların inaktivasyonun daha fazla olmasıdır.

Çizelge 4.7. Farklı sıcaklık ve sürelerde ısıtılarak ayrı ambalajlarda depolanan keçi sütlerinin pH değerleri

Isıl İşlem	Ambalaj Türü (Cam)	Depolama Zamanı (Gün)($\bar{x} \pm SD$, n=2)		
		0	5	10
DP	Şeffaf	6.70 $\pm$ 0.042	6.66 $\pm$ 0.014	6.38 $\pm$ 0.057
	Renkli	6.70 $\pm$ 0.042	6.69 $\pm$ 0.007	6.52 $\pm$ 0.014
YP	Şeffaf	6.64 $\pm$ 0.014	6.62 $\pm$ 0.014	6.57 $\pm$ 0.042
	Renkli	6.64 $\pm$ 0.014	6.63 $\pm$ 0.007	6.60 $\pm$ 0.007

DP: 65 °C’de 30 dakika pastörize edilmiş süt, YP: 95 °C’de 5 dakika pastörize edilmiş süt, n=analiz edilen örnek sayısı, SD: Standart sapma.

Yapılan istatistiksel analizlerde keçi sütü örneklerinin pH değerleri üzerine ısıtmanın ve ambalajın etkisi önemsiz ($P>0.05$) bulunmuştur. Ancak depolamanın etkisi 10. günde önemli ($P<0.05$) çıkmıştır. Tremonte vd. (2014) kaynatma, mikrodalga uygulaması ve soğutmanın sütün mikrobiyolojik kalitesi üzerine etkisini inceledikleri bir çalışmada; başlangıçta ısıtılmamış örnekte 6.72 olan pH değerinin buzdolabında depolama (4.0 °C) şartlarında, 72 saatte 6.27’ye kadar kademeli olarak azaldığını kaydetmişlerdir.

4.3 Farklı Isıtma Yöntemleri ile Pastörize Edilen ve Farklı Ambalaj Kaplarında Depolanan Keçi Sütü Örneklerinde Depolama Boyunca Meydana Gelen Biyokimyasal Değişmeler

4.3.1 Hidroksi Metil Furfural (HMF) Değerleri

Farklı sıcaklık ve sürelerde ısıtılarak farklı renk ambalajlarda depolanan keçi sütlerinin toplam hidroksimetilfurfural (HMF) değerleri Çizelge 4.8’de verilmiştir. Isıtma işleminin keçi sütü örneklerinin HMF değeri üzerindeki etkisine Çizelge 4.1 için yapılan açıklamalarda değinilmişti. Bu çizelgede de ısıtmanın etkisi bariz bir şekilde dikkati çekmektedir. HMF miktarının ısıtmayla artan oranda seyrettiği, bununla beraber amber ve şeffaf renkli şişelerdeki örneklerin birbirine yakın sonuçlar verdiği çizelgeden anlaşılmaktadır. Ayrıca HMF değerlerinin depolama boyunca arttığı yine çizelgede görülmektedir.

Çizelge 4.8. Farklı sıcaklık ve sürelerde ısıtılarak ayrı ambalajlarda depolanan keçi sütlerinin toplam hidroksimetilfurfural (HMF) değerleri ($\mu\text{mol/L}$)

Isıl İşlem	Ambalaj Türü (Cam)	Depolama Zamanı (Gün) ($\bar{x} \pm \text{SD}$, n=2)		
		0	5	10
DP	Şeffaf	0.030 $\pm$ 0.003	0.032 $\pm$ 0.003	0.038 $\pm$ 0.004
	Renkli	0.030 $\pm$ 0.003	0.034 $\pm$ 0.001	0.037 $\pm$ 0.001
YP	Şeffaf	0.052 $\pm$ 0.004	0.055 $\pm$ 0.006	0.063 $\pm$ 0.007
	Renkli	0.052 $\pm$ 0.004	0.055 $\pm$ 0.004	0.061 $\pm$ 0.006

DP: 65 °C’de 30 dakika pastörize edilmiş süt, YP: 95 °C’de 5 dakika pastörize edilmiş süt, n=analiz edilen örnek sayısı, SD: Standart sapma.

Bununla birlikte yapılan istatistiksel analizler neticesinde, ısıl işlem uygulamasının keçi sütünün HMF miktarı üzerindeki etkisi önemli ($P<0.05$), ambalaj farklılığı ve depolamanın etkisi ise önemsiz ($P>0.05$) bulunmuştur (Çizelge 4.9). Elde edilen sonuçlar literatür ile uyum içerisindedir. Schamberger ve Labuza (2006) ısıl işlem sırasında sütte gelişen Maillard oluşumunu incelediği çalışmasında, 443 nm’de 110 ila 140 °C arasında 5, 15, 20, 25, 30 saniyeler süresince yapılan ısıl işlem sonucu sıcaklık ve süre artışına paralel olarak 0.00 ila 0.25 nm arası değerler bulunmuştur.

Çizelge 4.9. Farklı sıcaklık ve sürelerde ısıtılarak, farklı ambalajlarda depolanan keçi sütlerinin biyokimyasal özelliklerine ait verilerin istatistiksel analiz sonuçları

Faktörler	Biyokimyasal Özellikler					
	HMF ($\mu\text{mol/L}$)	EOEB (A_{340} abs.)	Vit-A (mg/L)	Vit-E (mg/L)	Vit-B ₁ (mg/L)	Vit-B ₂ (mg/L)
Isıtma (n=12)						
YP	0.056 $\pm$ 0.006 ^{a*}	0.180 $\pm$ 0.007 ^a	0.030 $\pm$ 0.0034 ^a	0.34 $\pm$ 0.0370 ^a	1.74 $\pm$ 0,010 ^a	1.11 $\pm$ 0.065 ^a
DP	0.033 $\pm$ 0.004 ^b	0.121 $\pm$ 0.015 ^b	0.029 $\pm$ 0.0018 ^a	0.33 $\pm$ 0.0397 ^a	1.75 $\pm$ 0,007 ^a	1.15 $\pm$ 0.060 ^a
Ambalaj (Cam) (n=12)						
Renkli	0.045 $\pm$ 0.012 ^a	0.152 $\pm$ 0.032 ^a	0.029 $\pm$ 0.0026 ^a	0.34 $\pm$ 0.0398 ^a	1.74 $\pm$ 0,010 ^a	1.14 $\pm$ 0.062 ^a
Şeffaf	0.045 $\pm$ 0.013 ^a	0.150 $\pm$ 0.034 ^a	0.030 $\pm$ 0.0030 ^a	0.34 $\pm$ 0.0384 ^a	1.75 $\pm$ 0,007 ^a	1.12 $\pm$ 0.071 ^a
Depolama zamanı (Gün) (n=8)						
0	0.041 $\pm$ 0.012 ^a	0.142 $\pm$ 0.036 ^a	0.027 $\pm$ 0.0007 ^a	0.32 $\pm$ 0.024 ^b	1.740 $\pm$ 0,000 ^a	1.12 $\pm$ 0.088 ^a
5	0.044 $\pm$ 0.012 ^a	0.154 $\pm$ 0.032 ^a	0.030 $\pm$ 0.0021 ^{ab}	0.33 $\pm$ 0.027 ^b	1.748 $\pm$ 0,012 ^a	1.13 $\pm$ 0.054 ^a
10	0.050 $\pm$ 0.014 ^a	0.155 $\pm$ 0.031 ^a	0.032 $\pm$ 0.0032 ^b	0.37 $\pm$ 0.039 ^a	1.747 $\pm$ 0,005 ^a	1.14 $\pm$ 0.058 ^a

DP: 65 °C’de 30 dakika pastörize edilmiş süt, YP: 95°C’de 5 dakika pastörize edilmiş süt, n=analiz edilen örnek sayısı, SD: Standart sapma, HMF: hidroksi metil furfural, EOEB: Enzimatik olmayan esmerleşme bileşiği, *:Analiz edilen her bir özelliğe ait ortalamalardan aynı harfi taşıyanlar istatistiksel bakımdan birbirinden farklıdır ($P>0.05$), farklı harf taşıyanlar birbirinden farklıdır ($P<0.05$).

4.3.2 Enzimatik Olmayan Esmerleşme Bileşikleri (EOEB)

Denemeye alınan keçi sütü örneklerinin enzimatik olmayan esmerleşme bileşiklerine ait (EOEB) değerler Çizelge 4.10'da, istatistiksel analiz sonuçları da Çizelge 4.9'da sunulmuştur. Çizelgenin incelenmesinden anlaşılabacağı üzere, EOEB için elde edilen veriler HMF'ye benzerlik göstermiştir. EOEB değerleri, ısıtma derecesi ve depolama süresiyle birlikte artış göstermiştir. Farklı ambalajlarda depolanan keçi sütü örneklerinin EOEB değerleri birbirine yakın çıkmıştır.

Çizelge 4.10. Farklı sıcaklık ve sürelerde ısıtılarak ayrı ambalajlarda depolanan keçi sütlerinin enzimatik olmayan kahverengileşme bileşik miktarları (A_{340} absorbands değeri)

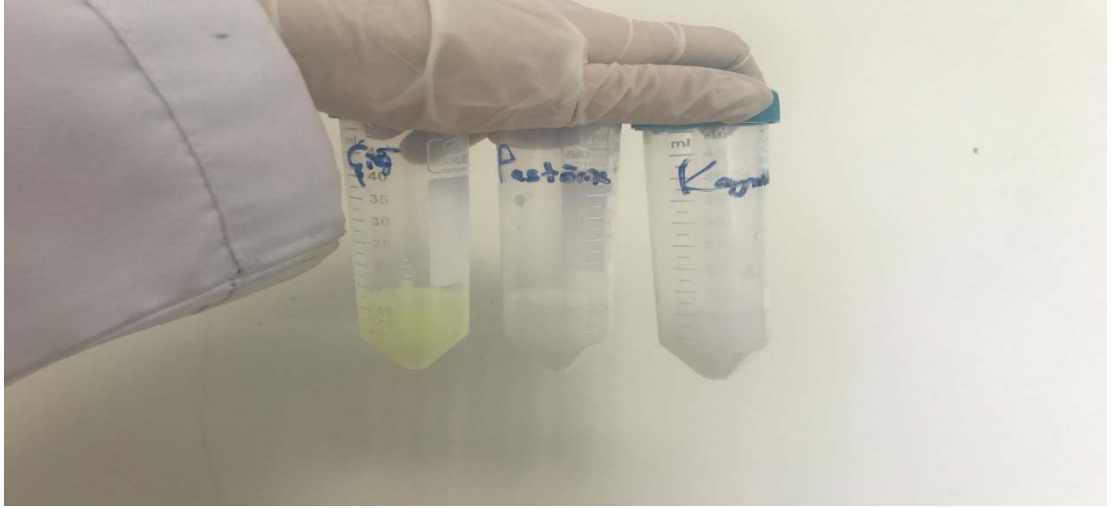
Isıl İşlem	Ambalaj Türü (Cam)	Depolama Zamanı (Gün) ($\bar{x} \pm SD$, n=2)		
		0	5	10
DP	Şeffaf	0.110 $\pm$ 0.017	0.122 $\pm$ 0.018	0.126 $\pm$ 0.017
	Renkli	0.110 $\pm$ 0.017	0.131 $\pm$ 0.023	0.127 $\pm$ 0.006
YP	Şeffaf	0.175 $\pm$ 0.010	0.183 $\pm$ 0.006	0.182 $\pm$ 0.004
	Renkli	0.175 $\pm$ 0.010	0.181 $\pm$ 0.008	0.185 $\pm$ 0.006

DP: 65 °C'de 30 dakika pastörize edilmiş süt, YP: 95 °C'de 5 dakika pastörize edilmiş süt, n=analiz edilen örnek sayısı, SD: Standart sapma.

Benzer şekilde Çizelge 4.9'da da görüleceği gibi, ısıl işlem uygulamasının keçi sütü örneklerindeki EOEB değerlerine etkisi önemli ($P<0.05$) bulunurken, ambalaj farklılığı ve depolamanın etkisi ise önemsiz ($P>0.05$) bulunmuştur. Güneşer vd. (2012) keçi sütüne 75, 85 ve 95 °C sıcaklıklarda ısıl işlem uygulayarak hidroksimetilfurfural, enzimatik olmayan kahverengi bileşikler ve serbest sülfidril gruplarının oluşumun kinetiğini inceledikleri çalışmalarında depolama boyunca değişen enzimatik olmayan kahverengileşme bileşiklerinin değişimine dair benzer sonuçları bulmuşlardır.

4.3.3 Alkali Fosfataz Enzim Aktivitesi Değerleri

Uygulanan ısı yöntemlerinin etkinliğini ortaya koymak amacıyla analiz edilen tüm ısıtılmış süt örneklerinde alkali fosfataz testi yapılmıştır. Farklı sıcaklık ve sürelerde ısıtılarak ayrı ambalajlarda depolanan keçi sütlerinin alkali fosfataz enzim aktivitesine ait renk değişimi Şekil 4.1'de, sonuçlar da Çizelge 4.11'de gösterilmiştir.



Şekil 4.1. Farklı sıcaklık ve sürelerde ısıtılarak ayrı ambalajlarda depolanan keçi sütlerinin alkali fosfataz enzim aktivitesine ait renk değişimi

Çizelge 4.11’den de izleneceği üzere, depolamanın çeşitli günlerinde yapılan analizler sonucu alkali fosfataz enzim aktivitesi beklendiği gibi negatif sonuç vermiştir. Alkali fosfataz enziminin sadece ısıl işlemin yeterliliğini belirlemek için yapılan bir kontrol testi olduğu bilinmektedir. Bu nedenle depolama boyunca değişmesi beklenmemektedir.

Çizelge 4.11. Farklı sıcaklık ve sürelerde ısıtılarak ayrı ambalajlarda depolanan keçi sütlerinin alkali fosfataz enzim aktivitesi

Isıl İşlem	Ambalaj Türü (Cam)	Depolama Zamanı (Gün) ($\bar{x} \pm SD$, n=2)		
		0	5	10
DP	Şeffaf	Negatif	Negatif	Negatif
	Renkli	Negatif	Negatif	Negatif
YP	Şeffaf	Negatif	Negatif	Negatif
	Renkli	Negatif	Negatif	Negatif

DP: 65 °C’de 30 dakika pastörize edilmiş süt, YP: 95 °C’de 5 dakika pastörize edilmiş süt, n=analiz edilen örnek sayısı, SD: Standart sapma.

4.3.4 Retinol RE Değerleri

Denemeye alınan keçi sütlerinin vitamin düzeylerine ilişkin değerlendirmeler 4.1 başlığı altında sunulmuştu. Bu bölümde, keçi sütü örneklerinde ısıtmanın, farklı ambalajlarda paketlemenin ve depolamanın vitaminler üzerindeki etkilerine değinilecektir.

Keçi sütlerinin DP ve YP ile ısıtılmaları, farklı ambalaj materyallerinde saklanmaları ve depolamaları esnasında elde edilen Retinol RE değerleri Çizelge 4.12’de sunulmuştur. Çizelgenin incelenmesinden anlaşılabacağı üzere, tüm örneklerde Retinol RE değerleri 0.027 ile 0.033 mg/L arasında değişmiştir.

Çizelge 4.12. Farklı sıcaklık ve sürelerde ısıtılarak ayrı ambalajlarda depolanan keçi sütlerinin Retinol RE değerleri (mg/L)

Isıl İşlem	Ambalaj Türü (Cam)	Depolama Zamanı (Gün)($\bar{x} \pm SD$, n=2)		
		0	5	10
DP	Şeffaf	0.027 $\pm$ 0.035	0.029 $\pm$ 0.035	0.031 $\pm$ 0.057
	Renkli	0.027 $\pm$ 0.035	0.028 $\pm$ 0.057	0.030 $\pm$ 0.050
YP	Şeffaf	0.028 $\pm$ 0.028	0.033 $\pm$ 0.014	0.031 $\pm$ 0.042
	Renkli	0.028 $\pm$ 0.028	0.030 $\pm$ 0.014	0.033 $\pm$ 0.021

DP: 65 °C’de 30 dakika pastörize edilmiş süt, YP: 95 °C’de 5 dakika pastörize edilmiş süt, n=analiz edilen örnek sayısı, SD: Standart sapma, RE: Retinol eşdeğeri.

Yapılan istatistiki değerlendirme sonucunda, farklı derece ve sürelerde ısıtmanın ve farklı ambalaj materyallerinde depolamanın Retinol RE değerleri üzerine önemli bir etkisi bulunmamıştır ($P>0.05$) (Çizelge 4.9). Ancak depolamanın 10. gününde elde edilen değerler 0. gün ve 5. günden yüksek çıkmıştır ($P<0.05$). Bunun varyasyondan kaynaklandığı tahmin edilmektedir.

Benzer şekilde Duarte Fávoro vd. (2011), A vitamininin kararlılığını etkileyen bazı koşullar gözlemlendiğinde (örneğin 30 °C’yi aşmayan bir sıcaklık, ışıktan muhafaza, ambalajlı ürünle temasta oksijen bulunmaması veya güvenli bir şekilde depolanması) A vitamininin önemli kayıplar olmadan depolanabileceğini savunmuşlardır.

4.3.5 α -Tokoferol ED Değerleri

Isıtmanın, şeffaf ve renkli cam şişelerde ambalajlamanın ve depolamanın keçi sütü örneklerinin α -tokoferol ED değerleri üzerine etkilerini ortaya koymak amacıyla denemeye alınan süt örneklerine ait analiz sonuçları Çizelge 4.13’te verilmiştir.

Çizelgenin incelenmesinden de anlaşılabacağı üzere, farklı örneklerle ait α -tokoferol ED değerleri birbirine yakın çıkmıştır. Ancak depolamanın 10. gününde örnekler arasında farklılaşma gözlenmiştir. Yapılan istatistiksel değerlendirmede keçi sütü örneklerinin α -tokoferol ED üzerine, ısıtmanın ve farklı ambalajlarda saklamanın

etkisi $P>0.05$ düzeyinde önemsiz çıkarken, depolamanın 10. gününde önemli ($P<0.05$) çıkmıştır. İstatistiksel analiz sonuçları Çizelge 4.9’da gösterilmiştir. Vidal-Valverde vd. (1993) UHT inek sütleri üzerine yaptıkları çalışmada iki aydan daha kısa süreli depolamalarda E vitamini miktarlarında herhangi bir değişme belirlenemezken, 4-8 aylık depolamalarda önemli azalmalar rapor etmişlerdir.

Çizelge 4.13. Farklı sıcaklık ve sürelerde ısıtılarak ayrı ambalajlarda depolanan keçi sütlerinin α -Tokoferol ED (E vitamini) miktarları (mg/L)

	Ambalaj Türü (Cam)	Depolama Zamanı (Gün)($\bar{x} \pm SD$, n=2)		
		0	5	10
DP	Şeffaf	0.32 $\pm$ 0.035	0.33 $\pm$ 0.035	0.37 $\pm$ 0.057
	Renkli	0.32 $\pm$ 0.035	0.32 $\pm$ 0.057	0.34 $\pm$ 0.050
YP	Şeffaf	0.32 $\pm$ 0.028	0.33 $\pm$ 0.014	0.38 $\pm$ 0.042
	Renkli	0.32 $\pm$ 0.028	0.33 $\pm$ 0.014	0.40 $\pm$ 0.021

DP: 65 °C’de 30 dakika pastörize edilmiş süt, YP: 95 °C’de 5 dakika pastörize edilmiş süt, n=analiz edilen örnek sayısı, SD: Standart sapma, ED: α -tokoferol eşdeğeri.

4.3.6 B₁ Vitamin Değerleri

Keçi sütü örneklerine uygulanan farklı ısıtma işlem ve ambalajlamanın depolama boyunca B₁ Vitamin değerlerinde meydana getirdiği değişikliğe ilişkin veriler Çizelge 4.14’te sunulmuştur.

Çizelge 4.14. Farklı sıcaklık ve sürelerde ısıtılarak ayrı ambalajlarda depolanan keçi sütlerinin B₁ vitamini miktarları (mg/L)

Isıl İşlem	Ambalaj Türü (Cam)	Depolama Zamanı (Gün)($\bar{x} \pm SD$, n=2)		
		0	5	10
DP	Şeffaf	1.744 $\pm$ 0.000	1.751 $\pm$ 0.009	1.751 $\pm$ 0.001
	Renkli	1.740 $\pm$ 0.000	1.745 $\pm$ 0.004	1.759 $\pm$ 0.000
YP	Şeffaf	1.742 $\pm$ 0.000	1.746 $\pm$ 0.000	1.751 $\pm$ 0.004
	Renkli	1.742 $\pm$ 0.000	1.757 $\pm$ 0.018	1.746 $\pm$ 0.005

DP: 65 °C’de 30 dakika pastörize edilmiş süt, YK: 95 °C’de 5 dakika pastörize edilmiş süt, n=analiz edilen örnek sayısı, SD: Standart sapma.

Farklı derece ve sürelerde ısıtılarak farklı ambalajlarda depolanan keçi sütlerinin B₁ vitamini miktarları üzerine ısıtma, ambalaj farklılığı ve depolama süresinin önemli bir etkide bulunmadığı belirlenmiş ($P>0.05$) ve sonuçlar Çizelge 4.9’da gösterilmiştir. Elde edilen sonuç Scott vd. (1984)’nın çalışması ile benzerlik göstermektedir.

4.3.7 B₂ Vitamin Değerleri

Keçi sütü örneklerine uygulanan farklı ısıtma işlem ve ambalajlamanın 10 günlük depolama boyunca B₂ vitamin miktarında meydana getirdiği değişiklikler Çizelge 4.15'te gösterilmiştir.

Yapılan istatistiki analizler neticesinde (Çizelge 4.9) keçi sütünü farklı derecelerde ısıtmanın, farklı materyallerde ambalajlamanın ve depolamanın keçi sütü örneklerinde B₂ Vitamini üzerine etki etmediği saptanmıştır ($P>0.05$). Elde edilen sonuç Saffert vd. (2006) ile Turgut ve Çakmakçı (2003)'nın belirlediği sonuçlardan farklı; Scott vd. (1984)'nın elde ettiği sonuçlarla ise benzerlik göstermektedir.

Çizelge 4.15. Farklı sıcaklık ve sürelerde ısıtılarak ayrı ambalajlarda depolanan keçi sütlerinin B₂ vitamini miktarları (mg/L)

Isıl İşlem	Ambalaj Türü (Cam)	Depolama Zamanı (Gün) ($\bar{x} \pm SD$, n=2)		
		0	5	10
DP	Şeffaf	1.17 $\pm$ 0.099	1.14 $\pm$ 0.092	0.16 $\pm$ 0.050
	Renkli	1.17 $\pm$ 0.099	1.14 $\pm$ 0.071	1.16 $\pm$ 0.050
YP	Şeffaf	1.07 $\pm$ 0.085	1.09 $\pm$ 0.028	1.10 $\pm$ 0.106
	Renkli	1.07 $\pm$ 0.085	1.15 $\pm$ 0.042	1.16 $\pm$ 0.057

DP: 65 °C'de 30 dakika pastörize edilmiş süt, YP: 95 °C'de 5 dakika pastörize edilmiş süt, n=analiz edilen örnek sayısı, SD: Standart sapma.

4.4 Farklı Isıtma Yöntemleri ile Pastörize Edilen ve Farklı Ambalaj Kaplarında Depolanan Keçi Sütü Örneklerinde Depolama Boyunca Meydana Gelen Fiziksel Değişmeler

4.4.1 Sedimentasyon Değerleri

Farklı sıcaklık ve sürelerde ısıtılarak farklı ambalajlarda depolanan keçi sütü örneklerine ait ortalama sedimentasyon değerleri Çizelge 4.16 'da görülmektedir.

Çizelge 4.16'dan görüleceği üzere, sedimentasyon değerleri YP yöntemiyle ısıtılan sütlerde ve depolamanın 10. gününde yüksek bulunmuştur. Nitekim yapılan istatistiksel analizlerde farklı sıcaklıklarda ısıtmanın ve depolamanın sedimentasyon değerleri üzerindeki etkisi önemli ($P<0.05$) bulunmuştur. Buna karşın ambalaj farklılığının sediment miktarı üzerine bir etkisi bulunmamıştır ($P>0.05$).

Çizelge 4.16. Farklı sıcaklık ve sürelerde ısıtılarak ayrı ambalajlarda depolanan keçi sütlerinin sedimentasyon değerleri (g kuru ağırlık/40 mL)

Isıl İşlem	Ambalaj Türü (Cam)	Depolama Zamanı (Gün) ($\bar{x} \pm SD$, n=2)		
		0	5	10
DP	Şeffaf	0.04±0.000	0.04±0.001	0.05±0.001
	Renkli	0.04±0.000	0.04±0.001	0.05±0.004
YP	Şeffaf	0.05±0.003	0.05±0.003	0.06±0.004
	Renkli	0.05±0.003	0.05±0.004	0.06±0.013

DP: 65 °C'de 30 dakika pastörize edilmiş süt, YP: 95 °C'de 5 dakika ısıtılmış süt, n=analiz edilen örnek sayısı, SD: Standart sapma.

Sütlerin buzdolabında depolanmasının çözünür kalsiyum miktarında zamanla bir azalmaya sebep olduğu ve bunun sonucunda meydana gelen protein destabilizasyonunun tortu oluşumuna yol açtığı düşünülmektedir (Yaman ve Coşkun, 2017). Elde edilen sonuçlar Ramsey ve Swartzel (1984) ile Yaman ve Coşkun (2017)'ın bulduğu sonuçlarla benzerlik göstermekte, Wilson vd. (1960)'ın ortaya koyduğu sonuçlardan ise farklılık arz etmektedir.

Çizelge 4.17. Farklı sıcaklık ve sürelerde ısıtılarak, farklı ambalajlarda depolanan keçi sütlerinin fiziksel özelliklerine ait verilerin istatistiksel analiz sonuçları

Faktörler	Fiziksel Özellikler (%)				
	Sedi- mentasyon	Viskozite	Renk Değerleri		
			L*	a*	b*
Isıtma (n=12)					
YP	0.055±0.007 ^{a*}	3.74±0.960 ^a	82.460±0.374 ^a	-3.214±0.113 ^a	5.603±0.403 ^a
DP	0.045±0.004 ^b	3.41±0.766 ^a	81.751±0.322 ^b	-3.240±0.145 ^a	5.835±0.396 ^a
Ambalaj (Cam) (n=12)					
Renkli	0.050±0.008 ^a	3.59±0.890 ^a	82.153±0.506 ^a	-3.192±0.146 ^a	5.708±0.342 ^a
Şeffaf	0.050±0.006 ^a	3.56±0.880 ^a	82.058±0.506 ^a	-3.261±0.102 ^a	5.730±0.481 ^a
Depolama zamanı (Gün) (n=8)					
0	0.046±0.004 ^b	2.50±0.094 ^c	82.457±0.461 ^a	-3.366±0.069 ^b	5.947±0.357 ^a
5	0.047±0.006 ^{ab}	3.78±0.367 ^b	81.997±0.440 ^{ab}	-3.178±0.090 ^a	5.484±0.285 ^a
10	0.056±0.008 ^a	4.43±0.358 ^a	81.863±0.430 ^b	-3.136±0.078 ^a	5.726±0.465 ^a

P: 65 °C'de 30 dakika pastörize edilmiş süt, YP: 95°C'de 5 dakika pastörize edilmiş süt, n=analiz edilen örnek sayısı, SD: Standart sapma, L = Siyah(0) - beyaz (100+); a = yeşil (-) - kırmızı (+); b = mavi (-) - sarı (+), *:Analiz edilen her bir özelliğe ait ortalamalardan aynı harfi taşıyanlar istatistiksel bakımdan birbirinden farklıdır, farklı harf taşıyanlar birbirinden farklıdır (P<0.05).

4.4.2 Viskozite Değerleri

Çalışma boyunca analiz edilen keçi sütü örneklerinin viskozite değerleri Çizelge 4.18’de sunulmuştur. Çizelge’den de anlaşılabacağı üzere, keçi sütü örneklerinin viskozite değerleri depolama boyunca artış göstermiştir.

Keçi sütü örneklerinin viskozite değerlerinin istatistiksel analizi sonucunda, incelenen ana varyasyon kaynaklarından olan depolama zamanının örneklerin viskozite değerleri üzerine $P<0.05$ düzeyinde etkili olduğu saptanmıştır. Uygulanan farklı ısıtma işlem normları ve farklı ambalaj materyallerinin viskozite değeri üzerine etkisi önemli bulunmamıştır ($P>0.05$) (Çizelge 4.17).

Çizelge 4.18. Farklı sıcaklık ve sürelerde ısıtılarak ayrı ambalajlarda depolanan keçi sütlerinin viskozite değerleri (mPa.s)

Isıl İşlem	Ambalaj Türü (Cam)	Depolama Zamanı (Gün) ($\bar{x} \pm SD$, n=2)		
		0	5	10
DP	Şeffaf	2.52±0.141	3.51±0.311	4.05±0.424
	Renkli	2.52±0.141	3.45±0.226	4.39±0.396
YP	Şeffaf	2.49±0.099	4.05±0.198	4.73±0.156
	Renkli	2.49±0.099	4.12±0.113	4.55±0.184

DP: 65 °C’de 30 dakika pastörize edilmiş süt, YP: 95 °C’de 5 dakika pastörize edilmiş süt, n=analiz edilen örnek sayısı, SD: Standart sapma.

Bu sonuç, ısıtma esnasında suyun kısmen uçarak ortamdan uzaklaşması ve soğutarak saklama esnasında jel yapının ortaya çıkmasıyla ürünün tiksotropisine bağlanmıştır. Peynir altı suyu protein çözeltisinin tiksotropisi, disülfid ve Van der Waals bağlarının kırılması ve protein partikülleri arasındaki iyonik ve hidrofobik etkileşimler ile karakterize edilmektedir (Gomes vd., 2013). Ayrıca asitlik artışıyla birlikte kazein misellerinin oluşturduğu pıhtının suyu bağlama kapasitesine bağlı olarak artmış olabileceği de düşünülmektedir. Yaman ve Coşkun (2017) yaptığı bir çalışmada dondurulmuş keçi sütünün viskozite değerlerinin depolama boyunca arttığını gözlemlemiştir.

4.4.3 Renk Değerleri

Keçi sütü örneklerine uygulanan farklı ısıtma işlem, farklı kaplarda ambalajlama ve depolama boyunca renk değerlerinde meydana gelen değişiklikler Çizelge 4.19’da

gösterilmiştir. Örneklerin L^* (açıklık-koyuluk) değerlerinin depolama boyunca azalma eğilimi gösterdiği belirlenmiştir. Bunun yanında depolama boyunca a^* (yeşil-kırmızı) değerinde artma, b^* (mavi-sarı) değerlerinde ise azalma belirlenmiştir. Isıtma ve ambalaj farklılığının ise renk değerlerinde belirgin bir değişim oluşturulmadığı çizelgede izlenmektedir.

Çizelge 4.19. Farklı sıcaklık ve sürelerde ısıtılarak ayrı ambalajlarda depolanan keçi sütlerinin renk (L^* , a^* , b^*) değerleri

Isıl İşlem	Ambalaj Türü (Cam)	Depolama Zamanı (Gün)($\bar{x} \pm SD$, n=2)			
		0	5	10	
DP	Şeffaf	L*	82.055±0.226	81.632±0.355	81.485±0.192
		a*	-3.415±0.079	-3.180±0.034	-3.223±0.028
		b*	5.963±0.457	5.963±0.434	5.963±0.272
	Renkli	L*	82.055±0.226	81.727±0.440	81.553±0.252
		a*	-3.415±0.079	-3.063±0.044	-3.141±0.045
		b*	5.963±0.457	5.578±0.199	5.578±0.269
YP	Şeffaf	L*	82.858±0.219	82.212±0.339	82.107±0.296
		a*	-3.318±0.034	-3.288±0.047	-3.142±0.047
		b*	5.930±0.485	5.422±0.406	5.267±0.257
	Renkli	L*	82.858±0.219	82.417±0.252	82.305±0.341
		a*	-3.318±0.034	-3.180±0.037	-3.038±0.052
		b*	5.930±0.485	5.453±0.386	5.617±0.412

DP: 65 °C'de 30 dakika pastörize edilmiş süt, YP: 95 °C'de 5 dakika pastörize edilmiş süt, n=analiz edilen örnek sayısı, SD: Standart sapma, L = Siyah(0) - beyaz (100+); a = yeşil (-) - kırmızı (+); b = mavi (-) - sarı (+).

Keçi sütünü YP ile ısıtma daha düşük L^* değeri ile sonuçlanmış ve bu önemli ($P<0.05$) bulunmuştur. Ambalaj farkı L^* değerini etkilememiştir ($P>0.05$). Ancak Depolamanın 5. ve 10. Günlerinde elde edilen L^* değerleri 0. güne göre farklı bulunmuştur ($P<0.05$). Keçi sütü örneklerinin a^* değeri ısıtma ve ambalaj farklılığından etkilenmemiş ($P>0.05$), ancak depolamanın 5. ve 10. günlerindeki artışı önemli ($P<0.05$) bulunmuştur. Örneklerin b^* değerlerinde meydana gelen değişimler önemsiz bulunmuştur ($P>0.05$) (Çizelge 4.17). Örneklerin L^* değerinde meydana gelen değişim yağ ve protein yapısında depolama süresince gerçekleşen değişiklikten kaynaklanmış olabilir (Doan ve Baldwin, 1936; Winder, 1962). Ayrıca Vitamin A'da gerçekleşen parçalanmalar da L^* değerinde, β -karotendeki parçalanmalar ise b^* değerinde düşüşe neden olabilmektedir. Elde edilen sonuçlar Popov-Raljić vd. (2007) ile Akbulut Pınar (2009)'ın çalışmalarıyla benzerlik göstermektedir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, farklı derece ve sürelerde ısıtılarak ayrı ambalajlarda muhafaza edilen keçi sütü örneklerinin depolama süresi boyunca bazı özelliklerinde meydana gelen değişimler incelenmiştir. Çalışmada keçi sütüne 95 °C’de 5 dakika ve 65 °C’de 30 dakikalık iki farklı ısıtma işlemi uygulanmıştır. Isıl işlemin süt üzerindeki etkisini tespit etmek için, ısıtılmamış çiğ keçi sütü çalışmanın kontrol grubunu oluşturmuştur. Isıl işlemin ardından soğutulan örnekler iki farklı renkteki cam kaplara (amber ve şeffaf) aktarılıp, +4 °C’de depolama süresi boyunca muhafaza edilmiş ve depolamanın 0., 5. ve 10. günlerinde bazı fiziksel, kimyasal ve biyokimyasal analizler yapılmıştır. Çalışma iki tekerrürlü yürütülmüştür. Araştırma neticesinde elde edilen sonuçlar şöyledir:

1. Çiğ keçi sütlerinde ortalama kurumadde oranı %12.11, protein oranı %3.11, yağ oranı %3.80, titrasyon asitliği 0.14 (% laktik asit), pH 6.69, sedimentasyon değeri 0.043 g kuru ağırlık/40 mL süt ve viskozite değeri 2.67 mPa.s olarak tespit edilmiştir. İlaveten çiğ keçi sütünün HMF miktarı 0.026 (μmol/L), EOEB değeri 0.095 (A_{340}) ve renk değerleri L^* , a^* , b^* değerleri sırasıyla 81.323, -2.958, 5.983 şeklinde belirlenmiştir. Ayrıca yapılan vitamin analizlerinde çiğ keçi sütündeki retinol RE miktarı 0.026 (mg/L), α - tokoferol ED miktarı 0.30 (mg/L), Vitamin B₁ miktarı 1.76 (mg/L), Vitamin B₂ miktarı 0.99 (mg/L) olarak ölçülmüştür. Çiğ süt örneklerinde yapılan alkali fosfataz enzim aktivitesi pozitif sonuç vermiştir.
2. Çiğ keçi sütlerinin 65 °C’de 30 dakika pastörizasyon ve soğutulma işlemlerinden sonra tanktan alınan pastörize süt örneklerinin kurumadde oranı %12.28, protein oranı %3.29, yağ oranı %3.75, titrasyon asitliği 0.13 (% laktik asit), pH 6.70, sedimentasyon değeri 0.042 g kuru ağırlık/40 mL süt ve viskozite değeri 2.52 mPa.s seviyesinde bulunmuştur. HMF miktarı 0.030

($\mu\text{mol/L}$), EOEB değeri 0.110 (A_{340}) ve renk değerleri L^* , a^* , b^* değerleri sırasıyla 82.055, -3.415, 5.964 olarak belirlenmiştir. Yine düşük sıcaklıkta uzun süre tutulan keçi sütlerinin vitamin analizlerinde ısıtılmış keçi sütündeki retinol RE miktarı 0.028 (mg/L), α -tokoferol ED miktarı 0.32 (mg/L), Vitamin B₁ miktarı 1.74 (mg/L), Vitamin B₂ miktarı 1.17 (mg/L) olarak saptanmıştır. Isıtılmış süt örneklerinde yapılan alkali fosfataz enzim aktivitesi testi ise negatif sonuç vermiştir.

3. Çiğ keçi sütlerinin 95 °C'de 5 dakika uygulanan yüksek ısıl işlemi takiben soğutulmasının ardından uygulanan analizlerde keçi sütünün kurumadde oranı %12.24, protein oranı %3.15, yağ oranı %3.75, titrasyon asitliği 0.13 (% laktik asit), pH 6.64, sedimentasyon değeri 0.050 g kuru ağırlık/40 mL süt ve viskozite değeri 2.49 mPa.s olarak rapor edilmiştir. Yüksek sıcaklıkta ısıl işlem uygulanan sütlerdeki HMF miktarı 0.052 ($\mu\text{mol/L}$), EOEB değeri 0.175 (A_{340}) ve renk değerleri L^* , a^* , b^* değerleri sırasıyla 82.858, -3.318, 5.930 bulunmuştur. Ayrıca incelenen keçi sütü örneklerindeki retinol RE miktarı 0.027 (mg/L), α -tokoferol ED miktarı 0.32 (mg/L), Vitamin B₁ miktarı 1.74 (mg/L), Vitamin B₂ miktarı 1.07 (mg/L) olarak tespit edilmiştir. Isıtılmış süt örneklerinde yapılan alkali fosfataz enzim aktivitesi testi ise negatif sonuç vermiştir.
4. Isıtılmış ve çiğ keçi sütü örneklerinde gerçekleştirilen analizlerde elde edilen verilerin istatistiksel analizi sonucunda ısıl işlem normunun kurumadde, HMF miktarı, EOEB değerleri üzerine $P<0.05$ düzeyinde etkili olduğu tespit edilmiştir. Yüksek sıcaklıkta ısıtılan keçi sütlerinde HMF ve EOEB değerlerinin daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Süt örneklerinin pH ve sedimentasyon değerleri ise YP ile ısıtılmış örneklerde farklılık göstermiştir ($P<0.05$). Yine sıcaklık artışıyla beraber L^* değeri bir miktar artma ($P<0.05$), a^* ($P<0.05$) ve b^* ($P>0.05$) değerleri ise bir miktar azalma eğilimi göstermiştir.
5. Farklı derece ve sürelerde ısıtılarak ayrı ambalajlarda buzdolabı sıcaklığında muhafaza edilen keçi sütlerinin kurumadde, protein ve yağ değerlerinde depolama boyunca hafif değişimler meydana gelmiş, ancak bu değişimlerde ambalaj ve depolama süresinin etkisi önemli bulunmamıştır ($P>0.05$).

6. Keçi sütlerinin pH ve asitlik (%) değerlerinde depolama boyunca gerçekleşen değişimler 5 ila 10. gün arasında istatistiki açıdan önemli bulunmuştur ($P<0.05$). Ambalajın bu değişiklikteki etkisi istatistiki açıdan önemsiz bulunmuştur ($P>0.05$).
7. Örneklerin viskozite ve sedimentasyon değerlerinin depolama süresi boyunca artış gösterdiği belirlenmiştir ($P<0.05$). Sedimentasyon değerinde artış 10. günde önemli bulunmuştur ($P<0.05$). Örneklerin L^* (açıklık-koyuluk) ve a^* (yeşil-kırmızı) değerlerinde depolama boyunca meydana gelen değişimler sırasıyla, 10 ve 5. günlerde önemli görülmüştür ($P<0.05$). Burada ambalaj farklılığının parametrelere etkisi ise önemsiz bulunmuştur ($P>0.05$).
8. Farklı derece ve sürelerde ısıtılarak ayrı ambalajlarda buzdolabı sıcaklığında muhafaza edilen keçi sütlerinin depolama süresi uzadıkça HMF ve EOEB değerlerinin arttığı tespit edilmiştir. Bu değerler buzdolabı sıcaklığında yavaş olsa da ilerleme göstermiştir. Ancak artış istatistiki bakımdan önemsiz seviyededir ($P>0.05$). Ambalaj farklılığının HMF ve EOEB üzerindeki istatistiki etkisi de önemsiz bulunmuştur ($P>0.05$).
9. Depolama boyunca keçi sütü örneklerinin vitamin değerlerinde meydana gelen değişimler önemsiz bulunmuştur ($P>0.05$). Genel olarak bakıldığında ambalaj farklılığının da keçi sütlerinin vitamin değerleri üzerinde etkili bir faktör olmadığı belirlenmiştir ($P>0.05$).
10. Çalışmadan elde edilen genel kanaate göre ülkemizde süt ve ürünleri üretimi, işlenmesi, pazarlanması ve tüketimi politikalarının geliştirilebilmesi için; toplam süt üretimimizde payı olan inek, koyun, keçi ve manda sütlerinin bileşimi ve işlenmesi esnasında meydana gelen değişimler üzerine daha geniş ve kapsamlı araştırmalara ihtiyaç duyulmaktadır. Yapılacak ilave çalışmalar, ülkemizin ihtiyacı olan ve literatürde eksikliği bulunan konulara açıklık getirmesi bakımından önem taşımaktadır.

6. KAYNAKLAR

- Akbulut Pınar B (2009) UHT Sütün Yağ İçeriği ve Depolama Sıcaklığının Maillard Tepkime Kinetiği Üzerine Etkisi, Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Akyüz N (1976) “İnek Sütünde Vitamin A Seviyesine Yemin, Mevsim ve Coğrafi Bölgenin, Irkın, Laktasyonunun Elektromanyetik Radyasyonun Isının ve Depolamanın Tesiri”, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 4 (7): 181-191.
- Albala-Hurtado S, Veciana-Nogues MT, Izquierdo-Pulido M ve Vidal-Carou MC (1997) “Determination of Free and Total Furfural Compounds in Infant Milk Formulas by High-Performance Liquid Chromatography”, J. Agric. Food Chem., 45: 2121-2133.
- Anıtaş Ö, Bingöl S ve Mevliyaoğulları E (2017) Türkiye Keçi Sütü Üretimi ve Keçi Sütünün Özellikleri
[http://www.muratgorgulu.com.tr/ckfinder/userfiles/files/ozgul%20keci%20sutu-son%20\(1\)\(2\).pdf](http://www.muratgorgulu.com.tr/ckfinder/userfiles/files/ozgul%20keci%20sutu-son%20(1)(2).pdf), 17 Ekim 2017
- Anonim (2014) Hayvan Bilgisi, Keçilerde Süt Verimi – Süt Veren Keçiler, <http://www.hayvanbilgisi.com/keci-yetistircigi/kecilerde-sut-verimi-3871/>, 9 Ekim 2017.
- Asadullah KN, Tarar OM, Ali SA, Jamil K ve Begum A (2010) “Study to Evaluate The Impact of Heat Treatment on Water Soluble Vitamins in Milk”, J. Pak. Med. Assoc., 60:909–912.
- Aydemir O, Dervişoğlu M, Temiz H, Yazıcı F (2008) “Süt Alkali Proteinazı Plazmin”, Gıda, 33 (5): 235-240.
- Ball CO ve Olson FCW (1957) Sterilization in Food Technology, New York: McGraw-Hill, Chapter 15.
- Bayoumi ES (1981) Abbau von Thiamin Während des Ultrahocherhitzens von Vollmilch, Dissertation Christian-AlbrechtsUniversität, Kiel.
- Bayoumi ES ve Reuter H (1980) “Destruction of Vitamin B₁ During UHT Treatment of Milk”, Milchwissenschaft, 35 (5): 278-279.

- Bhavadasam MK ve Ganguli NG (1980) "Free and Membrane-Bound Xanthine Oxidase in Bovine Milk during Cooling and Heating", *Journal of Dairy Science*, 63, 362–367.
- Borle F, Sieber R ve Bosset LO (2001) "Photo-Oxidation and Photoprotection of Foods, with Particular Reference to Dairy Products—An Update of a Review Article (1993–2000)", *Sciences des Aliments*, 21(6): 571–590.
- Bosset JO, Sieber R ve Gallmann PU (1995) Light Transmittance: Influence on the Shelf Life of Milk and Milk Products, Technical guide for the Packaging of Milk and Milk Products (3rd ed.), Bulletin of the International Dairy Federation (Vol. 300, pp. 19–39), Brussels, Belgium: International Dairy Federation.
- Brands CMJ ve Van Boekel MAJS (2001) "Reactions of Monosaccharides during Heating of Sugar–Casein Systems: Building of a Reaction Network Model", *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49 (10): 4667–4675.
- Burdurlu HS ve Karadeniz F (2002) "Gıdalarda Maillard Reaksiyonu", *Gıda*, 27(2): 77-83.
- Burton H (1994) Ultra-High-Temperature Processing Of Milk And Milk Products, Springer Science Business Media, New York, ABD.
- Burton H, Ford JE, Franklin JG ve Porter JWG (1967) "Effects of Repeated Heat Treatments on the Levels of Some Vitamins of the B-Complex in Milk", *Journal of Dairy Research*, 34(3): 193.
- Cattaneo S, Masotti F ve Pellegrino L (2008) "Effects of Overprocessing on Heat Damage of UHT Milk", *European Food Research and Technology*, 226: 1099–1106.
- Ceballus LS, Morales ER, de la Torre Adarve G, Castro JD, Martinez, LP ve Sampelayo MRS (2009) "Composition of Goat and Cow Milk Produced Under Similar Conditions and Analyzed by Identical Methodology", *Journal of Food Composition and Analysis*, 22 (4): 322-329.
- Choe E, Huag R ve Min DB (2005) "Chemical Reactions and Stability of Riboflavin in Foods", *J. Food Sci.*, 70:28–36.
- Clark S ve JW Sherbon (2000) "α_{s1}-Casein, Milk Composition and Coagulation Properties of Goat Milk", *Small Ruminant Research*, 38: 123-134.
- Clayes WL, Van Loey AM ve Hendrickx ME (2002) "Intrinsic Time Temperature Integrators for Heat Treatment of Milk, Trends in Food Science and Technology", 13: 293–311.
- Codex Alimentarius (2003) Report of the Thirty-Fourth Session of the Codex Committee on Food Hygiene, Orlando, FL. Appendix III. Proposed draft of Code of Hygienic Practice for Milk and Milk Products.

- Coşkun H (2005) Otlı Peynir, Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları, No:31.
- Coşkun H ve E Öndül (2004) “Keçi Sütü ve İnsan Beslenmesindeki Önemi”, Gıda, 29 (6): 413-418.
- De Jong P (2008) Thermal Processing of Milk, In: Advanced Dairy Science and Technology (eds T.J. Britz & R.K. Robinson), pp. 1–34. Blackwell Publishing Ltd., Oxford.
- Deeth HC (2006) “Lipoprotein Lipase and Lipolysis in Milk”, International Dairy Journal, 16: 555–562.
- Delacroix-Buchet A ve Lamberet G (2000) “Intensity of the Spontaneous Lipolysis in Goat Milks and Perception of the “Goaty” Aroma in Cheeses”, 7th Proc. Int. Conf. Goats, Tours, France, sf: 1019–1020.
- Demirci M ve Şimşek O (1997) Süt İşleme Teknolojisi, Hasad Yayıncılık, İstanbul, Türkiye, 245 s.
- Doan FJ ve Baldwin FB (1936) “Observations on the Freezing of Milk and Cream II. The Destruction of the Fat Emulsion in Frozen Cream”, Journal of Dairy Science, 19(4): 225-233.
- Domagala J (2009) “Instrumental Texture, Syneresis and Microstructure of Yoghurts Prepared from Goat, Cow and Sheep Milk”, International Journal of Food Properties, 12: 605–615.
- Duarte Fávoro RM, Iha MH, Mazzi Fávoro R ve Lourdes Pires Bianchi M (2011) Stability of Vitamin A During Storage of Enteral Feeding Formulas, Food Chemistry, 126: 827–830.
- El-Hatmi H, Jrad Z, Salhi I, Aguib A, Nadri A ve Khorchani T (2015) “Comparison of Composition and Whey Protein Fractions of Human, Camel, Donkey, Goat and Cow Milk”, Mljekarstvo, 65 (3): 159-167.
- Elliott AJ, Datta N, Amenu B ve Deeth HC (2005) “Heatinduced and Other Chemical Changes in Commercial UHT Milk”, Journal of Dairy Research, 72: 442–446.
- Emirmustafaoğlu A ve Coşkun H (2012) “Keçi Sütü, İnek Sütü ve Bu Sütlerin Karışımından Yapılan Otlı Peynirlerde Olgunlaşma Boyunca Meydana Gelen Değişmeler”, Gıda, 37 (4): 211-218.
- Engin B, Güneşer O ve Karagül Yüceer Y (2009) “Ultraviyole Işıklarının Sütün Mikrobiyal Özellikleri Üzerine Etkisi”, Gıda, 34 (5): 303-308.
- FAO (2005). <http://www.fao.org/docrep/meeting/008/j2308e/j2308e02>.
- Fedele V, Rubino R, Claps S, Manzi P, Marconi S ve Pizzoferrato L (2004) “Seasonal Variation in Retinol Concentration of Goat Milk Associated with

Grazing Compared to Indoor Feeding”, South African Journal of Animal Science, 34 (5): 48-150.

Fonseca CR , Bordin K, Fernandes AM, Rodrigues CEC, Corassin CH, Cruz AG and Oliveira CAF (2013) “Storage of Refrigerated Raw Goat Milk Affecting The Quality of Whole Milk Powder”, J. Dairy Sci., 96 :4716–4724.

Ford EJ, Porter GWJ ve Thompson YS, (1974) “Influence of Added Ascorbic Acid on the Stability of Folic Acid and Vitamin B12 in Milk During UHT Processing and Subsequent Storage”, XIX Int. Congr., Nat. Inst. Dairy., U.K., sf: 567-569.

Ford JE (1967) “The Influence of the Dissolved Oxygen in Milk on the Stability of Some Vitamins Towards Heating and During Subsequent Exposure to Sunlight”, Journal of Dairy Research, 34:239.

Ford JE ve Thompson SY (1981) The Nutritive Value of UHT Milk, International Dairy Federation, Brussels, 133: 65-70.

Ford JE, Porter JWG, Toothill J ve Edwards-Webb J (1969) “Effects of Ultra-High-Temperature Processing and of Subsequent Storage on the Vitamin Content of Milk”, Journal of Dairy Research, 36: 447.

Ford JE, Schröder MJA, Bland MA, Bleasdale KS ve Scott KJ (1986) “Keeping Quality of Milk in Relation to the Copper Content and Temperature of Pasteurization”, Journal of Dairy Research, 53: 391. Frozen Sheep’s Milk”, Food Chemistry, 77(4):413-420.

Gencer N (2003) Ultrafiltre Koyun ve Keçi Sütlerinin ve Telemelerinin Bazı Nitelikleri Üzerine Farklı Pastörizasyon Normları ve Pıhtılaştırıcı Enzimlerin Etkisi, Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Gomes JLL, Duarte AM, Batista ASM, Figueiredo RMF, Sousa EP, Souza EL ve Queiroga RCR (2013) “Physicochemical and Sensory Properties of Fermented Dairy Beverages Made with Goat’s Milk, Cow’s Milk and A Mixture of The Two Milks”, LWT - Food Science and Technology, 54:18-24.

Görner F Uherova R (1980) “Vitamin Changes in Ultra-High Temperature Sterilised Milk During Storage”, Nahrung, 24 (4/5): 373-379.

Griffiths MW (1986) “Use of Milk Enzymes as Indices of Heat Treatment”, Journal of Food Protection, 49: 696–705.

Guingamp MF, Humbert G, Midon P, Nicolas M ve Linden G (1999) “Screening Procedure for Evaluating Heat Load in Commercial Milks”, Elsevier, 79:457-463.

Guo M (2003) Goat milk, Encyclopedia of Food Science and Nutrition, Academic Press, Londra, 2944-2949.

- Guo MR, Dixon PH, Park YW, Gilmore JA ve Kindstedt P (2001) "Seasonal Changes in the Chemical Composition of Commingled Goat Milk", J Dairy Sci., 84(E, Suppl) E79-E83.
- Güler Z ve Park YW (2009) "Evaluation of Chemical and Color Index Characteristics of Goat Milk, Its Yoghurt and Salted Yoghurt", Tropical and Subtropical Agroecosystems, 11: 37 - 39.
- Güneşer O ve Karagul-Yuceer Y (2012) "Effect of Ultraviolet Light on Water- and Fat-Soluble Vitamins in Cow and Goat Milk", Journal of Dairy Science, 11(95): 6230-6241.
- Gürsel A ve Bozbay E (2001) "Keçi Sütünün Farklı Yöntemlerle Muhafazası", Gıda, 26(3): 209-220.
- Gürsoy A (2015) Süt Kimyası ve Biyokimyası, Ders Notları.
- Güzeler N, Say D ve Kaçar A (2010) "Compositional Changes of Saanen x Kilis Goats' Milk During Lactation", Gıda.
- Haddad GS ve Loewenstein M (1983) "Effect of Several Heat Treatments and Frozen Storage on Thiamine, Riboflavin, and Ascorbic Acid Content of Milk", Journal of Dairy Science, 66(8): 1601-1606.
- Haenlein GFW (2004) Goat Milk in Human Nutrition, Small Ruminant Research, 51, 155-163.
- Haenlein GFW ve Wendorff WL (2006) Sheep Milk – Production and Utilization of Sheep Milk, In: Handbook of Milk of Non-Bovine Mammal,. Blackwell Publishing Professional, Oxford, UK, and Ames, Iowa, USA, 137-194.
- Hayes MG, Hurley MJ, Larsen LB, Heegaard CW, Magboul AAA, Oliveira JC, McSweeney PLH ve Kelly AL (2001) "Thermal Inactivation Kinetics of Bovine Cathepsin D", Journal of Dairy Research, 68: 267–276.
- Hicks CL, Bucy J ve Stofer W (1979) "Heat Inactivation of Superoxide Dismutase in Bovine Milk", Journal of Dairy Science, 62: 529–532.
- Hirvi Y ve Griffiths MW (1998) "Milk Catalase Activity as an Indicator of Thermization Treatments Used in the Manufacture of Cheddar Cheese", Journal of Dairy Science, 81: 338–345.
- Hodge JE (1953) "Dehydrated Foods, Chemistry of Browning Reactions in Model Systems", J. Agric. Food Chem., 1(15): 928–943.
- Horak FP ve Kessler HG (1981) "Die Farbmessung als Indikator hitzebehandelter Lebensmittel am Beispiel von Milchprodukten", Z Lebensm Technol Verfahrenstech, 32: 180-184.

- Huijs G, Van Asselt AJ, Verdurmen REM ve De Jong P (2004) “High Speed Milk, a New Way of Treating Milk”, Dairy Industries International November, 30–32.
- Jang HD ve Swaisgood HE (1990) “Disulfide Bond Formation Between Thermally Denatured β -Lactoglobulin and κ -Casein in Casein Micelles”, Journal of Dairy Science, 73(4): 900-904.
- Jenness R ve Patton S (1959) Principles of Dairy Chemistry, Chapman & Hall, New York, USA.
- Katsiari MS, Voutsinas LP, Kondyli E, (2002) “Manufacture of Yoghurt from Stored Frozen Sheep’s Milk”, Food Chemistry, 77(4): 413-420.
- Kayri M (2009) “Araştırmalarda Gruplar Arası Farkın Belirlenmesine Yönelik Çoklu Karşılaştırma (Post-Hoc) Teknikleri”, Fırat University Journal of Social Science, 19(1): 51-64.
- Keeney M ve Bassette R (1959) “Detection of Intermediate Compounds in the Early Stages of Browning Reaction in Milk Products”, Journal of Dairy Science, 42(6): 945-960.
- Kesenaş H, Dinkçi N, Kınık Ö, Gönç S ve Ender G (2010) Saanen Keçisi Sütünün Genel Özellikleri, Akademik Gıda, 8(2): 45-48.
- Khan IT, Nadeem M, Imran M, Ayaz M, Ajmal M, Ellahi MY ve Khalique A (2017) “Antioxidant Capacity and Fatty Acids Characterization of Heat Treated Cow and Buffalo Milk”, Lipids in Health and Disease, 16:163.
- Kisza J, Batura K ve Kruk A (1966) Int. Milohw., Kongr., EIF, 91.
- Kon SK (1959) Milk and Milk Products in Human Nutrition, FAO Nutr. Stud., No. 17.
- Kondyli E, Katsiari MC ve Voutsinas LP (2007) “Variations of Vitamin and Mineral Contents in Raw Goat Milk of the Indigenous Greek breed during Lactation”. Food Chemistry, 100 (1): 226-230.
- Küçükçetin A, Demir M, Aşçı A ve Çomak EM (2011) “Graininess and Roughness of Stirred Yoghurt Made with Goat’s, Cow’s or A Mixture of Goat’s and Cow’s Milk”, Small Ruminant Research, 96, 173-177.
- Kwok K, Shiu Y, Yeung CH ve Niranjana K (1998) “Effect of Thermal Processing on Available Lysine, Thiamine and Riboflavin Content in Soymilk”, Journal of the Science of Food and Agriculture, 77: 478-478.
- Lavigne C, Zee JA, Simard RE ve Béliveau B (1989) “Effect of Processing and Storage Conditions on the Fate of Vitamins B₁, B₂, and C and on the Shelf-Life of Goat's Milk”, Journal of Food Science, 54(1):30-34.

- Lechner E ve Kiermeier F (1969) "Ascorbic Acid and Dehydroascorbic Acid Content of Milk", *Zeitschrift für Lebensmittel-Untersuchung und -Forschung*, 141: 23-29.
- Lewis MJ (2003) Improvements in the Pasteurisation and Sterilisation of Milk, In: *Dairy Processing Improving Quality*, Smit G (chief ed), Woodhead Publishing, CRC Press, Boca Raton, USA, pp. 81-100. 4.
- Li D ve Wu D (2017) "Effect of Storage Temperature on the Quality of Glass Bottled Pasteurized Whole Milk", *Agricultural Science&Technology*, 18(5): 948-951.
- López-Fandiño R ve Olano A (1999) "Review: Selected Indicators of the Quality of Thermal Processed Milk", *Food Science and Technology International*, 5: 121-137.
- MacDonald LE, Brett J, Kelton D, Majowicz SE, Snedeker K ve Sargeant JM (2011) "A Systematic Review and Meta-Analysis of the Effects of Pasteurization on Milk Vitamins, and Evidence for Raw Milk Consumption and Other Health-Related Outcomes", *Journal of Food Protection*, 74 (11): 1814-1832.
- Mackenzie D (1970) *Goat Husbandry*, 3rd edn., 368 pp, Faber and Faber, London.
- Magboul AAA, Larsen LB, McSweeney PLH ve Kelly AL (2001) "Cysteine Proteinase Activity in Bovine Milk", *International Dairy Journal*, 11: 865-872.
- Marín E, Sánchez L, Pérez MD, Puyol P ve Calvo M (2003) "Effect of Heat Treatment on Bovine Lactoperoxidase Activity in Skim Milk: Kinetic and Thermodynamic Analysis", *Journal of Food Science*, 68: 89-93.
- Mauron J (1981) "The Maillard Reaction in Food; a Critical Review from the Nutritional Standpoint", *Progress in Food & Nutrition Science*, 5(1-6): 5-35.
- Mayer HK, Raba B, Meier J ve Schmid A (2010) "RP-HPLC Analysis of Furosine and Acid-Soluble β -Lactoglobulin to Assess the Heat Load of Extended Shelf Life Milk Samples in Austria", *Dairy Science and Technology*, 90: 413-428.
- Metin M (1996) *Süt Teknolojisi*, Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yayınları, No:33, Bornova, İzmir.
- Metin M (2008) *Süt ve Mamülleri Analiz Yöntemleri*, Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yayınları, İzmir.
- Metin M (2014) *Süt Teknolojisi Sütün Bileşimi ve İşlenmesi*, Ege Üniversitesi Basımevi, Bornova, Türkiye, 802 s.
- Michlová T, Dragounová, H., Horníčková S ve Hejtmánková A (2015). Factors Influencing The Content of Vitamins A and E in Sheep and Goat Milk. *Czech J. Food Science*, 33(1): 58-65.

- Miller GD, Jarvis JK ve McBean LD (2007) Handbook of Dairy Foods and Nutrition, 3: 1–44. CRC Press, Boca Raton, FL.
- Moatsou G (2010) “Indigenous Enzymatic Activities in Ovine and Caprine Milks”, International Journal of Dairy Technology, 63: 16–31.
- Moatsou G (2011) Milk and Dairy products, Enzymes, In: Practical Food and Research (ed. R.M.S. Cruz), Nova Science, New York, 299-338.
- Moltó-Puigmartí C, Permanyer M, Castellote AI ve López-Sabater MC (2011) “Effects of Pasteurisation and High-Pressure Processing on Vitamin C, Tocopherols and Fatty Acids in Mature Human Milk”, Food Chemistry, 124: 697–702.
- Morales FJ ve Jiménez-Pérez S (1999) “HMF Formation during Heat treatment of Milk-type Products as Related to Milkfat Content”, Journal of Food Science, 64(5):855 – 859.
- Moyssiadi T, Badekaa A, Kondylis E, Vakirtzis T, Savvaidisa I ve Kontominasa MG (2004) “Effect of Light Transmittance and Oxygen Permeability of Various Packaging Materials on Keeping Quality of Low Fat Pasteurized Milk: Chemical and Sensorial Aspects”, International Dairy Journal, 14: 429–436.
- Muehlhoff E, Bennet A ve McMahon D (2013) Milk and Dairy Products in Human Nutrition, Food and Agricultural Organisation of the United Nations, Rome.
- Muir DD (1996) “The Shelf-Life of Dairy Products: 3. Factors Influencing Intermediate and Long Life Dairy Products”, Journal of Society of Dairy Technology, 49(3): 67–72.
- Nergiz R (2006) Ankara Piyasasında Satışa Sunulan Isıl İşlem Geçirmemiş Sütlerle Uygulanan Geleneksel Kaynatma İşleminin, Sütün Protein ve Serbest Amino Asit Düzeylerine Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Oldfield DJ, Singh H, Taylor MW ve Pearce KN (2000) “Heat-Induced Interactions of β -lactoglobulin and α -lactalbumin with the Casein Micelle in pH-Adjusted Skim Milk”, International Dairy Journal, 10: 509-518.
- Özkan B (2002) Pastörize Sütün A ve D Vitamin Kayıplarının İncelenmesi ve A – D Vitaminlerince Zenginleştirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Park YW ve Haenlein GFW (2013) Milk and Dairy Products in Human Nutrition: Production, Composition and Health, Blackwell, UK.
- Park YW, Juarez M, Ramos M ve Haenlein GFW (2007) “Physico-chemical Characteristics of Goat and Sheep Milk, Small Ruminant Research”, 68: 88-113.

- Parkash S ve Jennes R (1968) "The Composition and Characteristics of Goat's Milk: A Review", Dairy Sci., 30(2): 67.
- Popov-Raljić JV, Lakić NS, Laličić-Petronijević JG, Barać MB ve Sikimić VM (2008) "Color Changes of UHT Milk During Storage", Sensors, 8(9): 5961-5974.
- Prado BM, Sombers SE, Ismail B ve Hayes KD (2006) "Effect of Heat Treatment on the Activity of Inhibitors of Plasmin and Plasminogen Activators in Milk", International Dairy Journal, 16: 593–599.
- Ramsey JA ve Swartzel KR (1984) "Effect of Ultra High Temperature Processing and Storage Conditions on Rates of Sedimentation and Fat Separation of Aseptically Packaged Milk", Journal of Food Science, 49: 257-262.
- Romero C, Morales FJ ve Jimenez-Perez S (2001) "Effect of Storage Temperature on Galactose Formation in UHT Milk", Food Research International, 34: 389-392.
- Saffert A, Pieper G ve Jetten J (2006) "Effect of Package Light Transmittance on The Vitamin Content of Pasteurized Whole Milk", Packaging Technology and Science, 19(4): 211–218.
- Sanchez-Machado DI, Lopez-Hernandez J ve Paseiro-Losada P (2002) "High Performance Liquid Chromatographic Determination of α -Tocopherol in Macroalgae", J. Chromatogr. A, 976: 277–284.
- Sarıca E (2014) İnek ve Keçi Sütü Kullanılarak Farklı Yöntemlerle Üretilen Konsantre Asidofiluslu Sütlerin Fizikokimyasal, Mikrobiyolojik ve Duyusal Bazı Özelliklerinin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Antalya.
- Schamberger GP ve Labuza TP (2006) "Evaluation of Front-face Fluorescence for Assessing Thermal Processing of Milk", Journal of Food Science, 71(2):C69 - C74.
- Scott KJ ve Bishop DR (1986) "Nutrient Content of Milk And Milk Products: Vitamins of The B Complex and Vitamin C in Retail Market Milk and Milk Products", International Journal of Dairy Technology, 39(1): 32–35.
- Scott KJ, Bishop DR, Zechalko A ve Edwards-Webb JD (1984) "Nutrient Content of Liquid Milk: II. Content of Vitamin C, Riboflavin, Folic Acid, Thiamin, Vitamins B₁₂ and B₆ in Pasteurized Milk as Delivered to the Home and After Storage in the Domestic Refrigerator", Journal of Dairy Research, 51(1): 51-57.
- Seki N ve Saito H (2012) "Lactose as a Source for Lactulose and Other Functional Lactose Derivatives", International Dairy Journal, 22(2): 110-115.

- Shakeel-Ur-Rehman, Farkye NY ve Fox PF (2003) Indigenous Phosphatases of Milk, In: Advanced Dairy Chemistry, Vol. 1. Proteins, 3rd edn (eds P.F. Fox & P.L.H. McSweeney), Part A, pp. 524–543. Kluwer Academic/ Plenum Press, New York.
- Sierra I ve Vidal-Valverde C (2001) “Vitamin B1 and B6 Retention in Milk after Continuous-Flow Microwave and Conventional Heating at High Temperatures”, Journal of Food Protection, 64 (6): 890–894.
- Smit G (2003) Dairy Processing. CRC Press, Boca Raton, FL.
- Smith JM (2012) Variations in Carotenoids in Plasma From Jersey Cows at an Organic Dairy Compared to a Conventional Dairy Over Time, Honors Theses and Capstones, University of New Hampshire, 29.
- Songun EG (2016) İnülin Takviyesi ile Üretilmiş İnek-Keçi Sütü Kefirinin Bazı Özelliklerinin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Balıkesir.
- Steffensen CL, Hermausen JE ve Nielsen JH (2004) “The effect of milk fat composition on release of xanthine oxidase during cooling”, Milchwissenschaft, 59: 176–179.
- Sung YY, Wu TI ve Wang PH (1999) “Evaluation of Milk Quality of Alpine, Nubian, Saanen and Toggenburg Breeds in Taiwan”, Small Ruminant Research, 33: 17-23.
- Şahin M ve Kurdal E (2002) “Farklı Sıcaklıklarda Pastörize Edilen Sütlerde Thiamin ve Riboflavin Değişimi Üzerine Bir Araştırma”, Gıda ve Yem Bilimi-Teknolojisi, 2: 27-30.
- Teker E (2016) Protein Oranı Standardize Edilmiş Yağsız İnek, Koyun ve Keçi Sütünün Asit Koagülasyon Özelliklerinin Karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Şanlıurfa.
- Torunoğlu (2014) Keçi Sütünün Özellikleri ve Faydaları, <http://www.saanen.gen.tr/?/blog/bilgi-bankasi/keci-sutunun-ozellikleri-ve-faydaları>, 9 Ekim 2017.
- Tremonte P, Tipaldi L, Succi M, Pannella G, Falasca L, Capilongo V, Coppola R ve Sorrentino E (2014) “Raw Milk from Vending Machines: Effects of Boiling, Microwave Treatment, and Refrigeration on Microbiological Quality”, J Dairy Sci, 97(6):3314-20.
- Tumerman L, Fram H ve Cornely KW (1954) “The Effect of Lactose Crystallization on Protein Stability in Frozen Concentrated Milk”, Journal of Dairy Science, 37(7): 830-839.

- Turgut T ve akmakı S (2003) “Pastörize Sütlerde B2 Vitamininin tahrip Olması Üzerine Işıık Kaynağı, Işıık Şiddeti ve Muhafaza Süresinin Etkisi”, Gıda, 28(5): 461-465.
- Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) (2015), Süt ve Süt Ürünleri Üretim Miktarı, tarım. www.tuik.gov.tr. Erisim tarihi: 17.10.2017.
- Üçüncü M (2005) Süt ve Mamulleri Teknolojisi, Meta Basım, Bornova, Türkiye, 571 s.
- Van Boekel MAJS (1998) “Effect of Heating on Maillard Reactions in Milk”, Food Chemistry, 62 (4): 403-414.
- Vassila E, Badekaa A, Kondylib E, Savvaidisa I ve Kontominasa MG (2002) “Chemical and Microbiological Changes in Fluid Milk as Affected by Packaging Conditions”, International Dairy Journal, 12: 715–722.
- Vidal-Valverde C, Ruiz R, Medrano A (1993) “Effects of Frozen and Other Storage Conditions on α Tocopherol Content of Cow Milk”, Journal of Dairy Science, 76(6): 1520-1525.
- Walstra P, Geurts TJ, Noomen A, Jellema A ve Van Boekel MAJS (1999) Dairy Technology, Marcel Dekkel, New York, ABD.
- Walstra P, Wouters JTM ve Geurts TJ (2006) Dairy Science and Technology, 2nd ed. Taylor and Francis, Boca Raton, FL.
- Wilson HK, Herreid EO ve Whitney RM (1960) “Ultra-Centrifugation Studies of Milk Heated to Sterilization Temperatures”, J. Dairy Sci., 43: 165.
- Winder WC (1962) “Physical-Chemical Stability of Frozen Whole and Concentrated Milks”, Journal of Dairy Science, 45(8): 1024-1027.
- Yaman H ve Coşkun H (2017) “Optimization of Production Technology of Kes for Pasta”, Indian J Dairy Sci., 70 (2): 167-177.
- Yapık Ö (2014) Adıyaman İlinde Süt Üretim Çiftliklerinde Üretilen Çiğ Sütler İle Sokak Sütlerinin Bazı Kimyasal ve Mikrobiyolojik Özelliklerinin Belirlenmesi Üzerine Karşılaştırmalı Bir Araştırma, Yüksek Lisans Tezi, Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Şanlıurfa.
- Yeniuyurt H ve Vuran A (2016) Saanen (Sanen) Keçisi, <http://www.veteriner.cc/keci/saanen.asp>, 9 Ekim 2017.
- Yetişemiyen A (2007) Süt teknolojisi, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları: 1560, Ankara, 298s.
- Yüksel Önur Z (2015) “Keçi ve Koyun Sütlerinin Kimyasal Bileşimleri”, Gıda, 40 (6): 363-370.

Zeng SS, Chen SS, Bah B ve Tesfai K (2007) “Effect of Extended Storage on Microbiological Quality, Somatic Cell Count, and Composition of Raw Goat Milk on a Farm”, *Journal of Food Protection*, 70(5): 1281-1285.

Zoeren-Grobbe DV, Schrijver J, Van den Berg H ve Berger HM (1987) “Human Milk Vitamin Content After Pasteurisation, Storage, or Tube Feeding”, *Disease in Childhood*, 62: 161-165.



ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Damla YANMIŞ

Doğum Yeri ve Tarihi : Kahramanmaraş, 28/08/1992

Lisans Üniversite : Abant İzzet Baysal Üniversitesi

Elektronik posta : d.yanmis@iku.edu.tr

İletişim Adresi : Cumhuriyet Mahallesi Aşık Veysel Caddesi
Yıldız Apt. No: 89 Küçükçekmece/İSTANBUL

Yayın Listesi : Bostancı Ş ve Yanmış D (2017) “Gastronomi Kavramlarının Temelinde Lezzet Algısı”, Futourism Congress, 28-30 Eylül 2017, Mersin, Türkiye.

Bostancı Ş ve Yanmış D (2017) “3D Baskı ve Dijital Gastronomi”, Futourism Congress, 28-30 Eylül 2017, Mersin, Türkiye.