T.C.
HARRAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

PROTEİN ORANI STANDARDİZE EDİLMİŞ YAĞSIZ İNEK, KOYUN VE KEÇİ SÜTÜNÜN ASİT KOAGÜLASYON ÖZELLİKLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

Ergül TEKER

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ŞANLIURFA
2016

T.C.
HARRAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

PROTEİN ORANI STANDARDİZE EDİLMİŞ YAĞSIZ İNEK, KOYUN VE KEÇİ SÜTÜNÜN ASİT KOAGÜLASYON ÖZELLİKLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

Ergül TEKER

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ŞANLIURFA
2016

Yrd. Doç. Dr. Çağım AKBULUT ÇAKIR danışmanlığında Ergül TEKER'in hazırladığı **"Protein oranı standardize edilmiş yağsız İnek, Koyun ve Keçi sütünün asit koagülasyon özelliklerinin karşılaştırılması"** konulu bu çalışma 03/10/2016 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı'nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

İmza

Danışman :Yrd. Doç. Dr. Çağım AKBULUT ÇAKIR .....

Üye : Prof. Dr. Buket Mutlu AKIN .....

Üye : Doç. Dr. Tülay ÖZCAN .....

Bu Tezin Gıda Mühendisliği Anabilim Dalında Yapıldığını ve Enstitümüz Kurallarına Göre Düzenlendiğini Onaylarım.

Prof. Dr. Recep GÜNDOĞAN
Enstitü Müdürü

Bu Çalışma HÜBAK Tarafından Desteklenmiştir.
Proje No: 14180

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların Kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖZET i
ABSTRACT ii
TEŞEKKÜR iii
ÇİZELGELER DİZİNİ iv
ŞEKİLLER DİZİNİ v
1.GİRİŞ 1
1.1. Süt Üretim Miktarı 2
1.2. Sütün Tanımı ve Bileşimi 3
1.3. Farklı Hayvan Türlerine Ait Sütler 5
1.3.1. İnek sütü bileşimi ve özellikleri 6
1.3.2. Koyun sütü bileşimi ve özellikleri 10
1.3.3. Keçi sütü bileşimi ve özellikleri 12
1.4. Sütün Asit Kuagülasyonu 14
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR 18
3. MATERYAL ve YÖNTEM 24
3.1. Materyal 24
3.2. Yöntem 24
3.2.1. Sütlerin hazırlanması ve asit süt jeli üretimi 24
3.2.2. Yapılan analizler 25
3.2.2.1. pH tayini 26
3.2.2.2. Titrasyon asitliği tayini 26
3.2.2.3. Kurumadde tayini 26
3.2.2.4. Yağ ve yağsız kurumadde tayini 26
3.2.2.5. Protein tayini 26
3.2.2.6. Kazein tayini 27
3.2.2.7. Türbidite 27
3.2.2.8. Mineral tayini 27
3.2.2.9. SDS-PAGE jel elektroforez tayini 28
3.2.2.10. Toplam kül miktarı tayini 29
3.2.2.11. Viskozite tayini 30
3.2.2.12. Serum ayrılması 30
3.2.2.13. Mikroyapı 30
3.2.3. İstatistiksel analizler 30
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA 31
4.1. Çiğ Süt 31
4.2. Standardize Süt 32
4.2.1. Bileşim analizleri 32
4.2.2. SDS-PAGE jel elektroforezi 34
4.3. Asit Süt Jeli 36
4.4. İnkübasyon Aşaması 40
4.4.1. Türbidite 40
4.4.2. pH 41
4.4.3. Viskozite 44
4.5. Depolama Aşaması 47
4.5.1. pH 47
4.5.2. Viskozite 49
4.5.3. Serum ayrılması 51
4.5.4. Mikroyapı 52
5. SONUÇLARve ÖNERİLER 54
KAYNAKLAR 57
ÖZGEÇMİŞ 62

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

PROTEİN ORANI STANDARDİZE EDİLMİŞ YAĞSIZ İNEK, KOYUN VE KEÇİ SÜTÜNÜN ASİT KOAGÜLASYON ÖZELLİKLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

Ergül TEKER

Harran Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Çağım AKBULUT ÇAKIR
Yıl: 2016 Sayfa:62

İnek, koyun ve keçi sütleri aynı temel protein ve fraksiyonlarını içermekle beraber, bu fraksiyonların oranları, yapıya bağlı mineral miktarları, ısıl stabilite, boyut ve hidrasyon gibi özellikleri ile farklılık göstermektedir. Bu değişimin getirdiği sonuçların değerlendirilebilmesi için bu çalışmada toplam protein oranlarının standardize edilmesi amaçlanmıştır. İnek, koyun ve keçi sütlerinin yağı alındıktan sonra, laktoz ve su ilavesiyle protein ve toplam kurumadde eşitlenerek, %1.3 oranında Glukano Delta Lakton (GDL) ile asitlendirip inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon aşamasında pH gelişimi takip edilmiş, türbidite ve viskozite belli aralıklarla ölçülmüştür. Asit süt jeli örneklerinin bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri üretimin 1, 7 ve 14. günlerinde ölçülmüştür. İnkübasyon aşamasında sütlerde pH değişimi inek ve keçi sütünde aynı olup pH 4.6'nın altına kadar düşmüştür, koyun sütünde ise pH 4.6'nın üstünde kalmıştır. İnkübasyon aşamasında viskozite değişimi incelenmiş olup, en yüksek viskozite inek asit süt jeli örneğinde bulunmuş ve bunu sırasıyla koyun ve keçi asit süt jeli örneği takip etmiştir. Çalışmada elde edilen sonuçlar incelendiğinde, inek, koyun ve keçi sütlerinin protein ve toplam kurumadde değerleri standardize edilmesine rağmen asit koagülasyon özellikleri önemli farklılıklar göstermiştir. Bu sonuçların proteinler arası farklılıklardan, özellikle de kazein fraksiyonları arasındaki miktar ve oran farklılıklarından kaynaklandığı düşünülmektedir.

ANAHTAR KELİMELER: İnek sütü, Koyun sütü, Keçi sütü, Protein, Asit Koagülasyonu

ABSTRACT

MSc Thesis

A COMPARISON OF THE ACID COAGULATION PROPERTIES OF NON-FAT BOVINE, EWE AND CAPRINE MILKS WITH STANDARDIZED PROTEIN CONTENTS

Ergül TEKER

Harran University
Graduate School of Naturel and Applied Sciences
Department of Food Engineering

Supervisor: Yrd. Doç. Dr. Çağım AKBULUT ÇAKIR
Year: 2016, Page: 62

Bovine, ewe and caprine milk have the same protein fractions, however show differences in their ratios, bound mineral contents, heat stability, size and hidration properties. In order to evaluate the results of these differences, we standardized the total protein contents of the milks. Skimmed ewe, caprine and bovine milks were adjusted to same total protein and dry matter level by adding lactose and water; incubated after acidification with 1.3% Glucono delta lactone (GDL). pH development was followed throughout the incubation; turbidity and viscosity was measured at certain intervals. Some chemical and physical properties of acid milk gel samples were measured at 1, 7 and 14th day of production. pH changes were similar between bovine and caprine milks through the incubation and both droped below 4.6, while ewe milk pH was higher and was above pH 4.6 at the end of incubation. Viscosity was monitored during incubation and bovine milk showed the higher viscosity followed by ewe and caprine with the lowest viscosity. Results showed that, although the total protein and dry matter content of milk samples were standardized, acid coagulation properties of milk samples showed dramatic differences. These differences were likely as a result of the differences between proteins, particularly the different ratio and amounts of caseins found in the different milk types.

KEY WORDS: Bovine milk, Ewe milk, Caprine milk, Protein, Acid Coagulation

TEŞEKKÜR

Bu tezin konusunun seçiminden araştırmanın yürütülmesine kadar her türlü konuda bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım danışman hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. Çağım AKBULUT ÇAKIR'a, çalışmamın analizlerinde düşünce ve önerilerinden faydalandığım bölüm hocalarıma, çalışmalarda bana yardımını esirgemeyen arkadaşlarım Azamet KOÇHAN, Serap KAYAHAN, Fatih RENÇBER, Mesut ÇINAR'a ve tüm hayatım boyunca maddi ve manevi, destek ve yardımlarını hiçbir zaman esirgemeyen AİLEM'e teşekkür ederim.

.

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa No

Çizelge 1.1 Türkiye'de türlerine göre süt üretim miktarı ..... ……..2
Çizelge 1.2. İnek, koyun ve keçi sütü mineral madde miktarları 4
Çizelge 1.3. Çeşitli tür sütlerin ortalama bileşenleri 5
Çizelge 1.4. İnek, koyun ve keçi sütünün bileşim özellikleri.....……..……6
Çizelge 1.5. Fiziko-kimyasal özellikleri açısından inek sütünün bileşenleri ve bir litre sütteki miktarları 7
Çizelge 1.6. Koyun ırklarına ait sütlerin ortalama bileşimleri..... 11
Çizelge 1.7. Keçi ırklarına ait sütlerin ortalama bileşimleri..... 13
Çizelge 2.1. Eşit ısıtma koşullarında agregasyona uğrayan β-laktoglobulin oranları 18
Çizelge 2.2. İnek, koyun ve keçi sütlerinin kazein fraksiyon oranları..... 20
Çizelge 2.3. İnek, koyun ve keçi sütlerinin kazein miseli özellikleri 20
Çizelge 4.1. Çiğ sütte yapılan bazı bileşim analiz sonuçları 31
Çizelge 4.2. Çiğ sütte yapılan kazein analiz sonucu..... 31
Çizelge 4.3. Standardize edilmiş sütte bileşim analiz sonuçları..... 32
Çizelge 4.4. Standardize edilmiş sütte mineral madde (ICP) sonuçları..... 33
Çizelge 4.5. Standardize edilmiş sütte bağlı kalsiyum sonucu..... 34
Çizelge 4.6. Asit süt jeli örneklerinde bazı bileşim analiz sonuçları..... 37
Çizelge 4.7. Asit süt jeli örneklerinde mineral madde (ICP) sonuçları 39
Çizelge 4.8 Asit süt jeli örneklerinin inkübasyon aşamasındaki türbidite testinde ölçülen absorbans değerleri..... 40
Çizelge 4.9. Asit süt jeli örneklerinin inkübasyon aşamasındaki pH sonuçları..... 43
Çizelge 4.10. Asit süt jeli örneklerinin inkübasyon aşamasındaki viskozite sonuçları 46
Çizelge 4.11. Asit süt jeli örneklerinin depolama aşamasındaki pH sonuçları..... 48
Çizelge 4.12. Asit süt jeli örneklerinin depolama aşamasındaki viskozite sonuçları 50
Çizelge 4.13. Asit süt jeli örneklerinin depolama aşamasındaki serum ayrılması sonuçları 51

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1.1. İnek sütünün ortalama bileşimi ……...6
Şekil 1.2. Yoğurt üretimi……..16
Şekil 3.1. Protein ve Kurumaddesi standardize edilmiş sütlerden asit süt jeli üretim akım şeması……25
Şekil 4.1. Standardize edilmiş süt örneklerinin SDS-PAGE Jel Elektroforez görüntüsü……..36
Şekil 4.2. Asit süt jeli örneklerinin inkübasyon aşamasındaki zamana bağlı türbidite değişim grafiği……41
Şekil 4.3. Asit süt jeli örneklerinin inkübasyon aşamasındaki zamana bağlı pH değişim grafiği.....42
Şekil 4.4. Asit süt jeli örneklerinin inkübasyon aşamasındaki zamana bağlı viskozite değişim grafiği……47
Şekil 4.5. Asit süt jeli örneklerinin depolama aşamasındaki zamana bağlı pH değişim grafiği……49
Şekil 4.6. Asit süt jeli örneklerinin depolama aşamasındaki zamana bağlı viskozite değişim grafiği……50
Şekil 4.7. İnek asit süt jeli örneğinden elde edilen 3µm ve 10 µm'lik SEM görüntüsü……..53
Şekil 4.8. Koyun asit süt jeli örneğinden elde edilen 3µm ve 10 µm'lik SEM görüntüsü……..53
Şekil 4.9. Keçi asit süt jeli örneğinden elde edilen 3µm ve 10 µm'lik SEM görüntüsü……..53

1. GİRİŞ

Süt, doğumla beraber alınan yaşamın ilk evresindeki besin maddesi ve faydalı gıdalardan bir tanesidir. Bebekler ilk önce anne sütü ile beslenirler, daha sonraki süreçte bebeklere hem anne sütü ve bununla beraber hayvani sütler verilir. Süt binlerce yıldan beri insan vücudunun en çok ihtiyacı olan besinler içinde yer almaya devam etmektedir (Demirci ve ark., 1992).

M.Ö. 8000 yılına ait Anadolu'da tapınak duvarlarındaki çizimlerde, evcilleştirme, taşıma, et ve süt ihtiyacı amacıyla kullanılan sığırlara ait figürler olduğu görülmüştür. 5000 yıldan beri insanoğlu süt içmektedir. İlk kanıtlar ise Dicle ve Fırat ırmaklarının arasında kurulmuş olan Sümer Uygarlığına ait Ur kentinde bulunmuştur. Zengin besin değerine sahip sütün, insan yaşamında yeri insanlık tarihi kadarda eskidir. M.Ö.26. yüzyılı zamanına ait Babil kabartmalarında, süt ve süt kesiğine ait temaların işlendiği görülmüştür (Anonim, 2014).

Yüzyıllar boyunca besinsel açıdan sağlığa en yararlı olan içeceğin süt olduğu söylenmektedir. M.Ö. 8. Yüzyılda ise Homer'in yazılarına bakıldığı zaman süt ve süt kesiği, peynir ile alakalı anlatımların olduğu görülmüştür. İbrahim Peygamber'in ekşi ve tatlı sütü üç meleğe sunduğu da İncil'de anlatılmaktadır. Antik Trakya ahalisi, M.Ö. 4. yüzyılda yoğurt ya da yoğurt benzeri olan ekşi süt üretmişler ve buna 'Prokiş' adı vermişlerdir. Moğollar, Türkler ve göçebe kavimlerin Orta ve Doğu Avrupa ülkeleri ve bugünkü Rusya'ya süt işleme tekniklerini tanıttıkları tahmin edilmektedir (Anonim, 2014).

Sütün asit koagülasyonu, starter kültür bakterilerinin ürettiği laktik asidin kazein misellerindeki net negatif yükü nötralize etmesi ve misellerdeki kalsiyumun çözünür hale geçmesiyle kazein misellerinin destabilizasyonu sonucu gerçekleşmektedir. Sütün asit koagülasyonu yoğurt başta olmak üzere birçok süt ürününün üretiminde önem taşımaktadır (Lucey, 2002). İnek sütlerinden elde edilen yoğurtların asit kuagülasyon süreci ve reolojik özellikleri birçok çalışmada incelenmiştir, fakat koyun

ve keçi sütleri üzerinde bu konuyla ilgili yapılan çalışmalar sınırlı sayıdadır (Park ve ark., 2007). Bu çalışmada, protein oranları standardize edilmiş inek, koyun ve keçi sütlerinin asit koagülasyon özelliklerinde farklılık bulunup bulunmadığını, sütün asit kuagülasyon sürecinin üründe bazı fiziksel ve kimyasal özellikler üzerine etkileri araştırılmıştır.

1.1. Süt Üretim Miktarı

Çizelge 1.1. Türkiye'de türlerine göre süt üretim miktarı (TÜİK, 2015)

Hayvan türleri	**2010**	**2011**	**2012**	**2013**	**2014**	**2015**
Süt üretimi (Ton)	**13.543,67**	**15.056,21**	**17.401,26**	**18.223,71**	**18 630 86**	**18 654 68**
Sığır (Ton)	**12.418,54**	**13.802,43**	**15.977,84**	**16.655,01**	**16 998 85**	**16 933 52**
Kültür	6.309,07	7.239,64	8.554,40	8.946,13	9 383 81	9 672 57
Kültür melezi	4.861,84	5.341,22	6.166,76	6.531,57	6 628 34	6 315 37
Yerli	1.247,64	1.221,56	1.256,67	1.177,31	986 70	945 58
Koyun (Ton)	**816,83**	**892,82**	**1.007,01**	**1.101,01**	**1 113 94**	**1 177 23**
Merinos	24,71	27,25	33,39	38,74	44 50	47 99
Yerli	792,12	865,58	973,62	1.062,27	1 069 44	1 129 24
Keçi (Ton)	**272,81**	**320,59**	**369,43**	**415,74**	**463 27**	**481 17**
Kıl keçisi	270,47	318,27	367,21	413,44	460 52	477 82
Tiftik keçisi	2,33	2,32	2,22	2,30	2 75	3 35

Türkiye'de 2015 yılı itibarı ile toplam canlı hayvan sayısı 55.918,171; sığır sayısı 13.994,071, koyun sayısı 31.507,934, keçi sayısı ise 10.416,166 olarak verilmiştir (TÜİK, 2015).

Dünya toplam süt üretiminin %84'ü inek sütü, %13'ü manda sütü, %2'si koyun sütü, %1'i keçi sütüdür. Türkiye'de ise üretilen sütün %92'si inek sütü, %6,1'i koyun sütü, %1,7'si keçi sütü, %0,26'sı manda sütüdür (BAKA, 2011).

Çizelge 1.1'de görüldüğü gibi Türkiye'nin 2015 yılı süt üretimi 18.65 milyon tondur; inek sütü 16.93 milyon ton, koyun sütü 1.18 milyon ton keçi sütü ise 0.48 milyon tondur (TÜİK, 2015).

1.2. Sütün Tanımı ve Bileşimi

Dişi memeli hayvan türlerinin doğumdan hemen sonra meme bezlerinde salgılanmış olan ve süt yağının etkisiyle porselen beyazı renginde olan sıvıya süt denir ve çok besleyici bir üründür. Her memeli hayvanın sütündeki bileşim farklılık göstermektedir. Bu farklılıktan dolayı sütler alındığı hayvanın türüne göre anılmaktadır. İnek sütü başlıca süt kaynağı olarak kabul edildiği için, süt denildiği zaman, inek sütü anlaşılmaktadır. İnek sütü birçok ürünün hammaddesidir ve bunlardan içme sütü en baştan gelir. İnek sütü dışındaki sütler elde edildiği canlının adı ile anılır (Üçüncü, 2012a).

Süt polidispers bir sistem olup, bileşiminde bulunan süt yağı, emülsiyon; protein, koloidal dispersiyon; laktoz ile mineral maddeler de gerçek çözelti halindedir (Üçüncü, 2012a).

Sütün rengi kalsiyum kazeinat gibi koloidal maddeler ile ışığı yansıtan süt yağının etkisiyle porselen beyazı renginde algılanır. Sütün donma noktası (herhangi bir katkı yok) -0.54°C, kaynama noktası ise 100.16°C'dir. Yağsız sütün refraktometre indisi 1.3440-1.3480 şeklinde değişmektedir (Metin, 2003).

Süt, insan yaşamının her evresinde gerekli bir besindir. Süt içermiş olduğu C vitamini ve Demir (Fe) dışındaki makro ve mikro besinsel öğeler için önemli bir kaynaktır. Çocukluk, gebelik ve ileriki zamanda yaşlılık dönemlerinde kemiklerin sağlığı açısından önemli olan sütün; hipertansiyon, kanser ve obezite gibi kronik hastalıklarla ilişkilerini gösteren çalışmalar mevcut olmakla birlikte, bu yöndeki bilimsel araştırmalardaki artış da mevcuttur (Ünal ve Besler, 2012).

Çizelge 1.2. İnek, koyun ve keçi sütü mineral madde miktarları (Park ve ark., 2007)

Bileşen (Mineral maddeler)	İnek	Koyun	Keçi
Ca (mg/100g)	122	193	134
P (mg/100g)	119	158	121
Mg (mg/100g)	12	18	16
K (mg/100g)	152	136	181
Na (mg/100g)	58	44	41
Cl (mg/100g)	100	160	150
S (mg/100g)	32	29	28
Fe (mg/100g)	0.08	0.08	0.07
Cu (mg/100g)	0.06	0.04	0.05
Mn (mg/100g)	0.02	0.007	0.032
Zn (mg/100g)	0.5 3	0.57	0.56
I (mg/100g)	0.021	0.020	0.022
Se (µg/100g)	0.96	1.00	1.33
Al (mg/100g)	n.a.	0.05-018	n.a.

n.a: not applicable

Yeterli ve dengeli besin öğelerinin ve enerji alınımının sağlanması için süt ve süt ürünleri tüketilmesinin arttırılması gerekmektedir (Ünal ve Besler, 2012).

Süt ve süt ürünleri kalsiyum, fosfor, protein ve bazı B grubu (Riboflavin gibi) vitaminlerin kaynağı olması açısından önemli bir besin grubudur. Süt proteinlerinin özellikle büyüme ve gelişmeye katkısı, dokulardaki etkisinin yanı sıra; kalsiyumun emilimi ve immün fonksiyonlarının üzerinde, olumlu özelliği olduğu, ayrıca vücut ağırlığının ve diş çürüklerinin kontrolünde etkin olduğu, kan basıncı ve kanser riskinin azaltmasına yardımcı olduğu bilinmektedir (Ünal ve Besler, 2012).

Memelilerin neonatal dönemi dahil büyüme ve gelişme amacıyla sütün alımı önemli ve gereklidir. Yapısında mevcut olan ve fizyolojik açıdan önemli olanlar immünoglobulinler, enzimler ve enzim inhibitörleri, büyüme ve diğer hormonlar,

antibakteriyel ajanlar, büyüme faktörleri benzeri protein ve peptid yapılı öğeler ve yağ asitleri, vitaminler ve minerallerden dolayı çok fazla önemli özelliğe sahiptir (Ünal ve Besler, 2012).

1.3. Farklı Hayvan Türlerine Ait Sütler

Bazı memeli hayvanların sütlerine ait ortalama bileşimler Çizelge 1.3.'de verilmiştir. Tabloda görüldüğü gibi; süt türlerinin kurumadde oranı %11-38, yağ oranı 1.9-22.0, protein oranı 2.0-10.5, laktoz oranı %1.8-6.7 ve mineral madde oranı % 0.5-1.7 arasında değişmektedir (Üçüncü, 2012a).

Çizelge 1.3. Çeşitli tür sütlerin ortalama bileşenleri (Üçüncü, 2012a)

Süt türü	K.M (%)	Yağ (%)	Toplam protein (%)	Kazein (%)	Serum proteinleri (Albumin+ Globulin)	Laktoz (%)	Mineral md. (%)
Kadın	12.4	3.8	1.0	0.4	0.6	7.0	0.2
İnek	**12.6**	**3.7**	**3.4**	**2.8**	**0.6**	**4.7**	**0.7**
Koyun	**18.8**	**7.5**	**5.6**	**4.6**	**1.0**	**4.6**	**1.0**
Keçi	**13.2**	**4.5**	**3.6**	**3.0**	**0.6**	**4.3**	**0.8**
Manda	17.5	7.5	4.3	3.6	0.7	4.8	0.8
Deve	13.4	4.5	3.6	2.7	0.9	4.5	0.8
Kısrak	11.2	1.9	2.5	1.3	1.2	6.2	0.5
Eşek	10.8	1.5	2.0	1.0	1.0	6.7	0.5
Lama	16.2	2.4	7.3	6.2	1.1	6.0	-
Tibet sığırı	17.7	6.7	5.5	-	-	4.6	0.9
Ren geyiği	32.6	18.0	10.5	8.5	2.0	2.6	1.5
Balina	37.5	22.0	12.0	-	-	1.8	1.7

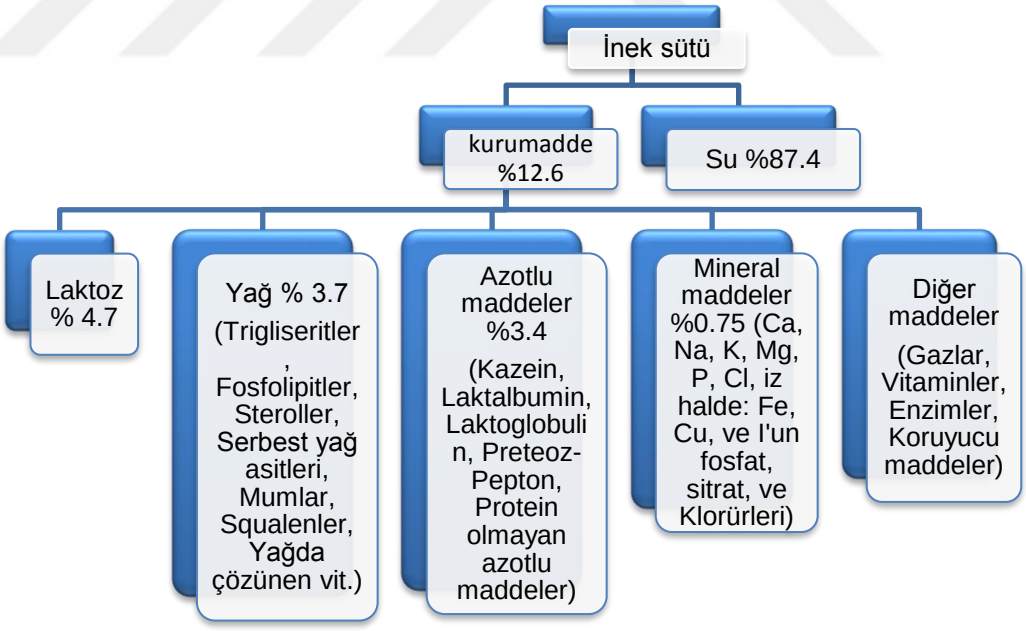
K.M: Kurumadde

İnek, koyun ve keçi sütüne ait bileşim özellikleri ve değişim aralıkları Çizelge 1.4.'de verilmiştir. En yüksek kurumadde, protein ve yağ miktarının koyun sütünde olduğu, keçi ve inek sütlerinin bileşim özelliklerinin birbirine daha yakın olduğu Çizelge 1.4.' de görülmektedir.

Çizelge 1.4. İnek, koyun ve keçi sütünün bileşim özellikleri (Kielwein, 1976; Scott, 1986; Robinson, 1986; Metin, 2003; Barłowska ve ark., 2007; Ocak ve ark., 2009)

Süt Bileşenleri	İnek	Koyun	Keçi
Kurumadde (%)	10.5-14.5	10.9-23.40	12-16
Yağ (%)	2.5-6.0	6.0-8.0	3.0-6.0
Toplam Protein (%)	2.9-5.0	6.0-8.6	3.0-4.0
Kazein (%)	2.4-3.0	4.0-5.0	2.4-3.0
Laktoz (%)	3.6-5.5	4.5-5.0	3.8-4.8
Mineral Madde (%)	0.6-0.9	0.51-1.12	0.70-0.95
Sütün Asitliği (SH°)	6,2-8,9	8,0-12,0	6,4-10,0
Sütün Yoğunluğu (g/mL)	1,028-1,039	1,030-1.045	1,028-1,041

1.3.1. İnek sütü bileşimi ve özellikleri



Şekil 1.1. İnek sütünün ortalama bileşimi (Üçüncü, 2012a)

Şekil 1.1'de inek sütü bileşiminin ortalama değerleri ve bileşenlerin kurumadde içerisinde bulunan oranları verilmiştir. İnek sütünün kurumaddesi %10.5-14.5, laktoz

oranı %3.6-5.5, protein oranı %2.9-5.0, yağ oranı %2.5-6.0, mineral madde oranı %0.6-0.9, bileşimine bağlı olarak asitlik değeri 6.2-8.9°SH ve yoğunluğu 1.028-1.039 g/mL değerleri arasında değişmektedir (Üçüncü, 2012a).

İnek sütünde kurumaddenin yaklaşık %27'sini azotlu maddeler, %29'unu ise süt yağı oluşturmaktadır. Laktoz kurumadde de %37'lik bir oranda olup en büyük oransal paya sahiptir. Toplam kurumadde içerisine de %5.95'lik oran ise mineral maddelerdir. İnek sütünün bileşiminde yer alan diğer maddeler miktar olarak önemli olmasa da işlev bakımından büyük öneme sahiptirler (Üçüncü, 2012a).

Çizelge 1.5. Fiziko-kimyasal özellikler açısından inek sütünün bileşenleri ve bir litre sütteki miktarları (Üçüncü, 2012a)

1. Emülsiyon halinde olanlar	**Miktar**
Trigliseridler	**30-45 g**
Fosfolipidler Lesitin Kefalin Sifongomiyelin	**0.3 g**
Steroller Kolesterol Lanosterol 7-dehidrekolesterol	**0.1 g**
Gliseridler Digliseritler Monogliseritler	**0.15-0.22 g**
Yağda çözünen vitaminler	
Vitamin A	0.1-0.5 mg
Provitamin A (karoten)	0.1-0.6 mg
Vitamin D	0.4 mg
Vitamin E	1.0 mg
Vitamin K	30.0 mg
Serbest yağ asitleri	**1 mEq**

Çizelge 1.5. (devam)

2. Koloidal Dispersiyon Halinde Olanlar	Miktar
Kazein	**28-32 g**
α_{s1}-Kazein	10.3 g
β-Kazein	9.1 g
κ-Kazein	3.9 g
Albumin	
α-Laktalbumin	1.3 g
Serumalbumini	0.4 g
LaktoglobulinA+Laktoglobulin B	3.5 g
Globulinler (immunglobulinler)	
Euglobulin	0.3 g
Pseudoglobulin	0.3 g
Yağ globülü proteinleri	0.2 g
Enzimler	
Katalaz	
Peroksidaz	
Ksantinoksidaz	
Fosfataz (alkali ve asit)	
Aldolaz	
Amilaz (α ve β)	
Lipaz (membran ve plazma lipazı)	
Proteaz	
Karbonhidraz	

3. Gerçek Çözelti Halinde Bulunanlar	Miktar
Karbonhidrat	**47.0-48 g**
α-Laktoz-Hidrat	17.7-18 g
β- Laktoz	29.3-30 g
Glukoz	50 mg
Galaktoz	20 mg
Diğer Şekerler	iz
Katyonlar	
Kalsiyum (Ca^{++})	1.25 g
Magnezyum (Mg^{++})	0.10 g
Sodyum (Na^{+})	0.50 g
Potasyum (K^{+})	1.50 g

Çizelge 1.5. (devam)

Anyonlar	
Dihidrojenfosfatlar ($H_2PO_4^-$)	
Hidrojenfosfat (HPO_4^{--})	2.10g (PO_4^{---}olarak)
Fosfat (PO_4^{---})	
Sitrat (sitrik asit olarak)	2.00 g
Klor (Cl^-)	1.00 g
Hidrojenkarbonat (HCO_3^-)	0.20 g
Sülfat (SO_4^{--})	0.10 g
Suda çözünen vitaminler	
B_1 Vitamini (Tiyamin)	0.4 mg
B_2 Vitamini (Riboflavin)	1.5 mg
Niasin	0.2-1.2 mg
B_{12} Vitamini	7.0 µg
B_6 Vitamini	0.7 mg
Pantotenik asit	3.0 mg
Folik asit	1.0 µg
Biyotin	50 µg
İnositol	180 mg
C Vitamini	20 mg
Diğer bileşikler (Azot olarak hesaplanmıştır.)	
Amonyak	2-12 mg
Aminoasitler	3.5 mg
Üre	100 mg
Kreatin ve Kreatinin	15 mg
Metilguanidin	
Guanin	
Orotik asit	50-100 mg
Hipurik asit	30-60 mg
Ürik asit	7.0 mg
Gazlar	
Karbondioksit	100 mg
Oksijen	7.5 mg
Azot gazı	15.0 mg
4. İz Elementler	
Rb, Li, Ba, Sr, Mn, Al, Zn, B, Cu, Fe, Co, J, Mo, Pb, Cr, Ag, Sn, Ti, V, F, Si, Se, Br	

Çizelge 1.5. (devam)

5. Nöramik asit	**120 mg**

1.3.2. Koyun sütü bileşimi ve özellikleri

Daha önceki bilgilerde de bahsedildiği gibi, süt ve ürünleri insanların beslenmesinde temel bir gıda olarak büyük önem taşımaktadır. Çoğu toplumda süt denilince akla ilk etapta inek sütünün gelmesine karşın, bazı toplumlarda koyun sütü ve keçi sütünün üretim ve tüketimi önem taşımaktadır. Süt koyunu yetiştiriciliği Akdeniz ve Ortadoğu gibi ülkelerde ekonominin önemli parçasını oluşturmaktadır. Bu konu kapsamında başlıca Fransa, İtalya, İspanya, Yunanistan, Kıbrıs ve Portekiz gibi iyi organize olmuş ülkeler yer almaktadır (Yerlikaya ve Karagözlü, 2008).

Ülkemizde koyun yetiştiriciliği Doğu Karadeniz dışında olan tüm bölgelerimize dağılmış olup, en yoğun şekilde iç bölgelerimizde yapılmaktadır. Başta İç Anadolu, Doğu Anadolu, Güneydoğu olmak üzere; İç Batı, Güney Marmara ve Trakya'nın iç kesimleri ile Karadeniz Bölgesinin iç kesimleri başlıca dağılış alanlarıdır (Günaydın, 2009).

Koyun sütü yağ, protein, mineral maddeler ve bundan dolayı kurumaddece zengin bir süt çeşidi olmaktadır. Kurumadde oranı inek sütüne oranla yaklaşık %50 civarında yüksek olup, ortalama %19 civarındadır. İnek sütüne oranla rengi daha beyazdır. Yoğunluğu 1.030-1.045 g/mL ve titrasyon asitliği 8-12°SH arasında değişmektedir (Üçüncü, 2012a). Koyun sütünde kazein oranı yüksek olduğundan dolayı peynir, yoğurt ve özellikle kazein üretiminde; yüksek oranda yağ içerdiği için tereyağı üretiminde tercih edilmektedir (Yerlikaya ve Karagözlü, 2008).

Koyun sütünün bileşiminde bulunan proteinli maddelerin 4/5'ünü kazein oluşturmakta ve bundan dolayı kazeinli sütler grubunda yer almaktadır. Peynir mayasıyla pıhtılaşmasında daha fazla mayaya ihtiyaç duyulmaktadır. Yağ asitleri olarak kompozisyon açısından inek sütüne oranla daha farklı olup, özellikle 8, 10 ve 12 karbon sayılı kaprilik, kaprinik ve laurik asitler inek sütünde bulunan yağ asitlerinin

iki katı kadardır. Bundan dolayı yağ asitlerindeki konstantlar, yani polenske, sabunlaşma sayıları ve iyot sayıları koyun sütünde daha yüksektir. Aynı şekilde inek sütüne kıyasla, koyun sütünde bulunan B_1, B_2, niasin, biotin ve C vitaminleri olarak biraz daha zengindir (Üçüncü, 2012a).

Çizelge 1.6. Koyun ırklarına ait sütlerin ortalama bileşimleri (Konar ve ark. 1991)

Koyun ırkı	Laktasyon süresi (hafta)	Kurumadde (%)	Yağ (%)	Protein (%)	Laktoz (%)	Mineral Maddeler (%)
İvesi	22	18.04	7.20	5.50	4.50	0.90
Akkaraman	11-14	17.00	6.33	4.73	5.10	0.84
Kıvırcık	29	17.87	7.08	5.53	4.39	0.87
Karakul	11	21.39	8.68	6.56	4.50	0.90
Dorset	8	23.40	12.60	5.20	4.80	0.79
Boutsiko	30	19.30	7.68	6.04	4.80	0.93
Mancheg	52	17.93	7.51	5.62	-	0.91
Karadi	12	18.60	6.40	5.74	4.30	0.94
Tsigai	33	18.82	7.88	5.75	4.54	0.77

Koyun sütü kendine özgü ağır, tat ve kokusu nedeniyle içme sütü olarak pek tercih edilmemektedir. İçme sütü olarak kullanıldığında sulandırılarak içilmesi önerilmektedir. Koyun sütünde doğal asitlik daha yüksek olup sonradan meydana gelen asitlik bir miktar daha yavaş gelişmektedir. Pıhtılaşması için daha fazla miktarda peynir mayasına ihtiyaç duyulmaktadır (Metin, 2003).

Koyun sütünde inek sütüne kıyasla, süt yağında bulunan lesitin miktarı oranları daha fazladır, yağ globüllerinin çapı daha büyük, riboflavin açısından daha zengin, daha fazla oransal miktarda amino asit içerirken, diğer yandan C vitamini ile nikotinik asit bakımından inek sütüne kıyasla daha fakirdir. Kurumadde oranı ve yağ oranı miktarı fazla olduğundan, inek sütüne kıyasla sindirimi daha zor olmaktadır. Koyunlarda verem hastalığına çok rastlanılmadığı için, koyun sütü tüketiminde verem hastalığının bulaşma riski düşüktür (Metin, 2003).

1.3.3. Keçi sütü bileşimi ve özellikleri

Keçi sütünün 2000-2500 yıl önce peynir yapımında kullanıldığına dair bilgiler bulunmaktadır. Çin, İtalya, Hindistan, Türkiye, Fransa, Malta, Suriye, İspanya gibi ülkelerde ve Dünya'nın birçok yerinde keçi yetiştirilmektedir. Keçiler genel olarak vücut ağırlığının 10-12 misli, koyunlar 14 misli, inekler ise 4-7 misli süt vermektedir (Coşkun ve Öndül, 2004). Farklı keçi ırklarına ait sütlerin ortalama bileşimleri Çizelge 1.7.'de verilmiştir.

Keçilerde gebelik ortalama olarak 154 gün sürmekte ve bir doğumda ortalama 1-5 arasında yavru vermektedirler. Laktasyon süresi kültür ırklarında 8-10 ay yerli ırklarında ise 1-3 ay kadardır. Keçilerde sağım gün içerisinde 1-3 defa yapılmakta ve kıl keçileri ise gün içerisinde ortalama olarak 2-3 kg süt vermekteler (Coşkun ve Öndül, 2004).

Günümüzde, gelişmiş ülkelerin çoğunda keçi sütünden elde edilmiş peynir ve yoğurda ilginin artması ve inek sütünün alerjen yan etkisinden dolayı keçi sütüne olan ilgi giderek artmıştır (Coşkun ve Öndül, 2004).

2001 yılında Türkiye'de bulunan keçi sayısı 3.773,466, keçi sütü üretimi 220,000 ton iken, 2014 yılına gelindiğinde ise keçi sayısı 10.344,936, keçi sütü üretimi ise 463,394 tona yükselmiştir (TÜİK, 2015).

Keçi sütü birçok peynir çeşidinin üretiminde kullanılmaktadır. Örneğin; Fransa'da yapılmakta olan Chevres ve Chevre peynir çeşitleri keçi sütünden üretilmektedir. Keçi sütlerinden elde edilen peynirler taze ve olgunlaşmış olmak üzere iki farklı grupta sınıflandırılmaktadır. Keçi peynirleri yapı bakımından, nem oranına bağlı olarak yumuşak, yarı yumuşak, sıkı ve sert olabilmektedirler (Coşkun ve Öndül, 2004).

Keçi sütünde yağ globüllerinin çapı ortalama 2 µm olup oldukça küçüktür, bu sayı inek sütünde ise 21-31 µm'dir. Keçi sütünde yağ globülü çapının küçük olması

sütte daha iyi dağılmasını ve homojen bir yapı kazanmasını sağlamaktadır. Bu nedenle sütte kaymak bağlama işlemi daha az olmaktadır. Keçi sütünün içinde yüksek oranda kısa zincirli yağ asitleri bulunmaktadır (Coşkun ve Öndül, 2004). Yapısında bulunan 8 ve 10 karbonlu olan kaprilik ile kaprinik yağ asitlerinin oranı da yüksektir. Bu nedenle keçi sütü, çoğu süt çeşitlerinin yağlarındaki polenske sayısı açısından en yüksek değeri vermektedir (Üçüncü, 2012a).

Keçi sütünün ve tereyağının rengi inek sütüne göre daha beyazdır. Bunun nedeni keçi sütünde A vitamininin fazla olmasıdır. Aynı şekilde keçi sütünde riboflavin ile niasin miktarları da yüksektir. İnek sütüne oranla fazla miktarda kalsiyum, magnezyum, potasyum, fosfor, klor ve manganez içerirken, diğer yandan sodyum, demir, sülfür, çinko ve molibdenyum açısından fakirdir (Coşkun ve Öndül, 2004). Bileşiminde demir, manganez ve B_{12} vitaminleri çok düşük düzeydedir (Üçüncü, 2012a).

Bileşiminde bulunan proteinli maddelerin yaklaşık olarak 3/4' ü kazeinden meydana geldiğinden kazeinli sütler grubuna dahil olup rengi inek sütüne kıyasla daha beyazdır. Yeni sağılan keçi sütünde asitlik 6.4-10.0° SH, yoğunluk ise 1.028-1.041 g/mL arasındadır (Üçüncü, 2012a).

Çizelge 1.7. Keçi ırklarına ait sütlerin ortalama bileşimleri (Üçüncü, 2012a)

Keçi ırkı	Kurumadde (%)	Yağ (%)	Protein (%)	Laktoz (%)	Mineral Mad. (%)
Kıl keçisi	14.95	5.49	4.56	4.11	0.78
Tiftik keçisi	15.98	5.65	4.36	4.85	0.75
Kilis keçisi	12.60	4.15	3.18	4.47	0.78
Alpine	12.04	3.71	2.72	4.58	0.61

Keçi sütünün peynir mayası ile pıhtılaştırılması, inek ve koyun sütlerine kıyasla çabuk ve kolay olur. İnek sütüne oranla viskozitesi daha fazladır. Keçi sütünün tat ve kokusu pek hoşa gitmeyebilir ve çoğu kez teke kokusu algılanır. Bunun nedeni genel olarak kötü bakım ve iyi olmayan ahır koşullarıdır. Keçi sütündeki bu ağır tat ve koku,

sütten işlenen ürünlerde de kendini göstermektedir. Fakat hayvanın beslenmesine, bakımına ve ahır temizliğine dikkat edildiğinde bu ağır tat ve koku kaybolmaktadır. Fransa, İtalya ve İspanya'da keçi sütünden elde edilen peynirler diğer peynirlere tercih edilmekte, çünkü keçi sütü, özel peynirlere işlenen önemli bir süt grubunu oluşturmaktadır. Türkiye'de ise genel olarak inek ve koyun sütüyle karıştırılarak peynir ile yoğurt üretiminde kullanılmaktadır (Metin, 2003).

Keçi sütü daha kolay sindirilir, çünkü yapısında bulunan yağ globüllerinin çapı küçüktür ve bundan dolayı yağ ve protein daha homojen dağılım göstermektedir. Kuvvetli bir asit etkisiyle keçi sütünde meydana gelen pıhtı homojen olup asitte hızlı çözünmektedir. Fakat inek sütünün pıhtısı büyük partiküller halinde olup asit içinde çok yavaş çözünmektedir. Bundan dolayı genelde sindirim güçlüğü çeken hasta ve bebeklerin besin almasında keçi sütü tercih edilmektedir. Keçi sütü fosfor bakımından zengin olduğu için, et ve balık tüketme alışkanlığı olmayan insanlarda, fosfat eksikliğini gidermek için keçi sütü iyi tercihtir (Metin, 2003).

Keçilerde vereme pek rastlanılmadığı için inek sütlerine kıyasla daha güvenilirdir. Mide asitliğini nötralize eden özelliğinden dolayı, mide rahatsızlığı çeken kişilerin keçi sütü tüketmesi önerilmektedir. Diğer yandan Malta Humması keçi sütleri ile bulaşan bir hastalık türüdür. Keçi sütü B_{12} vitamini başta olmak üzere demir, bazı vitaminler ve manganez bakımından fakirdir. Bundan dolayı uzun bir süre keçi sütü tüketen kişilerde kansızlık görülebilmektedir (Metin, 2003).

1.4. Sütün Asit Kuagülasyonu

Sütün asit kuagülasyonu, starter kültür bakterilerinin ürettiği laktik asidin kazein misellerindeki net negatif yükü nötralize etmesi ve misellerdeki kalsiyumun çözünür hale geçmesiyle kazein misellerinin destabilizasyonu sonucu gerçekleşmektedir. Destabilizasyon sırasında hidrojen iyonları protein moleküllerinde bulunan bazik grup ($-NH_2$) ile tutulur. Kazein pH 4.6-4.7'de (kazeinin izoelektrik noktası) bağlı bulunan tuzlarından serbest duruma geçer ve moleküllerde bulunan negatif ve pozitif yükler ($-COO^-$ ve $-NH_3^+$) eşitlenir (elektrik yükü sıfır olur) (Lucey,

2002). Süt pH'sındaki düşüşün en önemli etkileri, kolloidal kalsiyum fosfatın çözünmesi, kazein net yükünün azalması ve kazein moleküllerinin ısıya da bağlı olarak seruma geçmesi olarak sıralanabilir (Dalgleish ve ark., 1988, 1989). Sütün asit kuagülasyonu yoğurt başta olmak üzere birçok asit ürününün üretiminde önem taşımaktadır.

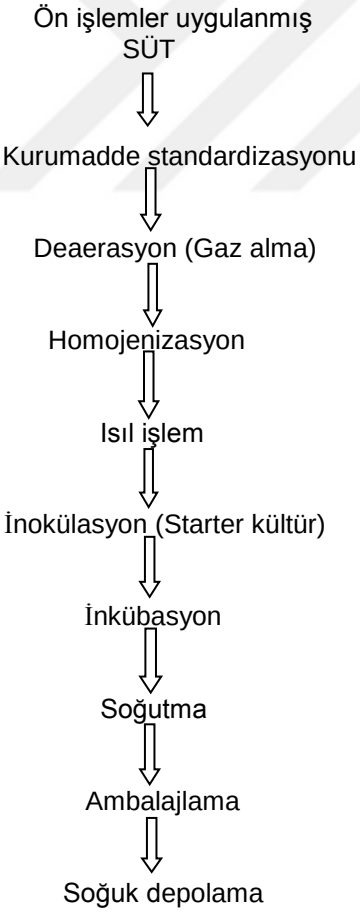
Yoğurt, en önemli protein kaynağı olup bileşim açısından süte fazla benzerlik gösteren bir süt ürünüdür. Patojen (hastalık yapan) bakterilerden ısıtılarak arınan sütün, termofil (ısıyı seven) karaktere sahip bakteriler ile pıhtılaştırılması neticesiyle elde edilmektedir (Üçüncü, 2012b).

Yoğurt; TS 1018 ve/veya TS 1019 standardına uygun, tercihen homojenize edilmiş sütlerin, *Streptococcus thermophilus* ve *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* bakterilerinden oluşan starter kültür ile laktik asit fermantasyonu sonucunda elde edilen ve yoğurt kültürünü canlı olarak içeren bir fermente süt ürünüdür. FAO/WHO (Gıda Tarım Örgütü/ Dünya Sağlık Örgütü) tarafından yapılan tanıma göre yoğurt; süttozu, peynir altı suyu tozu vb. süt ürünleri katılmış veya katılmamış sütten, *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* ve *Streptococcus thermophilus* bakterilerinin etkisiyle laktik asit fermentasyonu sonucu kazanılan pıhtılaşmış süt ürünüdür (Üçüncü, 2012b).

Yoğurt, sütün fermente edilmesi ile oluşmaktadır. Beyaz renkte ve kıvamı yoğun bir yapısı bulunmaktadır. Tam ve yarım yağlı olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Koyun ve manda sütünden üretilen yoğurtlar yağ oranının fazla olması sebebiyle en iyi yoğurt olarak bilinmektedir. Sütten yoğurt elde edilmesini 'Türk basili' adı verilen ve laktik asit ortaya çıkaran mikroorganizma sağlar. Bu mikroorganizma ise en iyi ortalama vücut sıcaklığında gelişir. Yoğurtlaşma, sütteki asitliğin yükselmesiyle, sütün bileşiminde bulunan kalsiyum kazeinattan kalsiyum ayrılması ve kazeinin jel haline geçerek pıhtılaşmasıdır (Üçüncü, 2012b).

İnkübasyon sırasında, starter kültürlerinin meydana getirdiği asiditenin (pH 5.2-5.3) etkisiyle, kazeinat partiküllerinin stabilitesi bozulmakta; kalsiyum ve fosfat burada kazein kompleksinden yavaşça ayrılarak ve çözünür yani iyonize duruma

(%82'den fazla) geçmektedir. Böylece kazeinde pıhtılaşma meydana gelmektedir. Destabilizasyon aşamasında hidrojen iyonları protein moleküllerinde bulunan $-NH^2$ (bazik grup) tarafından tutulmaktadır. İzo elektrik noktasında (pH 4.6-4.7) kazein, bağlı olduğu tuzlarından serbest konuma geçerek ve moleküllerindeki (-) ve (+) yükler ($-COO^-$ ve $-NH_3^+$) eşit olmaktadır. Pozitif yükler burada yakın molekülün negatif yükleri ile bir araya gelerek protein kümelerinin oluşumuna yol açmakta ve süt pıhtılaşmaya başlamaktadır. İzoelektrik noktasında (pH 4.6-4.7) Ca^{+2} kazein kompleksinden ayrılır, serbest hale geçer ve genellikle laktik asit ile birleşerek kalsiyum laktat oluşmaktadır. Sütte asitliğin artması esnasında (pH 5.3-4.6) kazeinin stabilizasyonu bozulmaktadır. Yoğurtta pıhtılaşmış olan proteinler, denatüre olmuş serum ve kazein proteinlerinin çökeltilmiş halidir. Protein çökeltisi üç boyutlu ağ şeklinde olup, yağ globülleri ile çözünmüş unsurları bir arada tutmaktadır. Bu pıhtı yarı katı jele benzer, mat beyaz görünümlü ve düzgün yapıdadır (Üçüncü, 2012b).



Şekil 1.2. Yoğurt üretimi (Üçüncü, 2012b)

Süt proteinlerinin yaklaşık olarak %80'ini kazeinler oluşturmaktadır. Yoğurt jelinin oluşması proteinler arası interaksiyonlara dayanır ve sütteki protein dengesi üzerinde gelişen değişimler jelin özelliklerini de değiştirir. Yoğurt sütünün kurumaddesi arttırılırken; yağsız süttozu, peynir altı suyu tozu, kazeinat ve co-presipitate benzeri protein kaynakları kullanıldığında, pıhtı sıtabilitesi sütte kazein ile kazein olmayan azot arasında bulunan oranın değiştiğinden değişime uğramaktadır. Yoğurt sütünde oransal olarak serum proteini arttıkça (oransal olarak kazein içeriğinin azalması), pıhtı stabilitesinde zayıflama meydana gelmektedir. Serum proteini konsantrasyonu arttıkça, kazein misellerinin yüzeyine fazla miktarda serum proteini floküle (çökelme) olmakta ve bu sebeple miseller uzun aralıklarla ayrılıp, aralarında zincir halinde olan bağlantı meydana gelmektedir. Yani sonuç olarak pıhtı stabilitesi azalırken serum ayrılması artış göstermektedir. Kazein ile kazein olmayan azot oranı artış gösterdiğinde pıhtı stabilitesinde de artış gözlenmektedir. Bu durumda, en sıkı pıhtı yapısına sahip sodyum kazeinat katkılı yoğurtların olduğu ileri sürülmektedir (Tamime ve Robinson, 1984).

Uzay düzleminde serum proteinleri, konformasyon olarak adlandırılan üç boyutlu yapıya sahiptirler. Yeni sentezlenmiş olan bir polipeptid zinciri, içinde bulunduğu ortamda termodinamik açıdan stabil konformasyonu almakta ve bu konformasyon genellikle disülfit köprülerin oluşması ile sabitleştirilmektedir. Proteinlerin yapısı dört grupta sınıflandırılmakta olup bunlar; primer, sekonder, tersiyer ve kuarterner yapılardır ve bunlardan primer yapı ise aminoasit rezidülerinin polipeptid olan zincirinden oluşmaktadır. Burada primer yapı çapraz açıdan bağlanmış olup, disülfit ve peptid bağlarıyla stabilize olmaktadır. Primer yapı, ısı uygulaması esnasında kovalent bağlarının bulunduğu konum değişmediğinden bozulmamaktadır. Fakat, lineer dizide bulunan, yakın ile uzak rezidüler arasında olan sterik ilişkiler sonucunda meydana gelen sekonder ile tersiyer yapılar, ısı ile parçalanma eğilimi göstermektedir (Euber ve Brunner, 1982). Sebebi, sekonder ile tersiyer yapıların sahip olduğu α-heliks ile β-plakalı yaprak yapılarını dengede tutan (stabilize eden) hidrojen (H) bağının ısıyla kolay parçalanmasıdır ve bu bağın parçalanması sonucunda sekonder ile tersiyer yapılarının bozulması, sonuç olarak serum proteinlerinin denatürasyonu (ısı ile) olarak bilinmektedir (Özer ve Atamer, 1994).

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Jel oluşumunda etkin olan protein interaksiyonları hakkında birçok çalışma yapılmıştır. κ-kazein ve β-laktoglobulin birleşmesinin mekanizmasını ve sonrasında meydana gelen kompleks yapıyı dengede tutan (stabilize eden) bu reaksiyonların oluşmasıyla ilgili iki temel fikir ileri sürülmektedir. Birinci fikre göre, β-laktoglobulin ısı ile pH 7.0 civarında denatüre olduğu zaman iki farklı reaksiyon meydana gelmektedir ve bu reaksiyonların neticesinde, β-laktoglobulin agregasyonu başlamaktadır. Primer reaksiyon (65°C'nin üzerinde) neticesinde β-laktoglobulin partiküllerinin büyüklüğü 4 kat artmaktadır. Sekonder reaksiyonlarda (primer reaksiyona göre sıcaklık daha düşük) ise, hem partikül büyüklüğü artar hemde bununla birlikte elektroforetik hareketlilik de artmaktadır (Sawyer, 1969; Mc Kenzie ve ark., 1971; Euber ve Brunner, 1982).

β-laktoglobulin, özellikle 70-90°C arasındaki sıcaklıklarda önemli düzeyde agregasyona uğramaktadır (Kresheck ve ark., 1963). Primer reaksiyonun sonunda meydana gelen agregasyon ile moleküllerarası disülfit bağları burada rol oynarken, disülfit bağları sekonder reaksiyonda ise yer almamaktadır. Bu şekilde meydana gelen β-laktoglobulin agregasyonu (primer reaksiyon belirleyici rol oynar) neticesinde; κ-kazein ve β-laktoglobulin interaksiyonu gerçekleşmektedir (Sawyer ve Coulter, 1963; sawyer, 1969). Eşit ısıtma koşullarında, β-laktoglobulin'in üç farklı major varyantı (β-A, β-B ve β-C) farklı oranlarda agregasyona uğramaktadır (Çizelge 2.1.).

Çizelge 2.1. Eşit ısıtma koşullarında agregasyona uğrayan β-laktoglobulin oranları (Özer ve Atamer, 1994).

Varyant	Agregasyon oluşturan β-lg (%)	Agregasyon oluşturmayan β-lg (%)
β-lg A	37	63
β-lg B	55	45
β-lg C	72	28

Çizelge 2.1.'e bakıldığında agregasyona uğramamış β-laktoglobulin oranının önemsenmeyecek oranlarda olduğu görülmektedir. Diğer yandan β-laktoglobulin ve κ-kazein kompleksinin oluşmasında β-laktoglobulinin agregasyonunun zorunluluğunu öngören hipotez, agregasyona uğrayan kısımların reaksiyona girip girmeyeceği konusuna açıklık getirmektedir (Özer ve Atamer, 1994).

Kazein ile β-laktoglobulin interaksiyonunun, moleküllerin arasındaki disülfit bağlarını içerdiği fikri kabul görmektedir (Long ve ark., 1963; Hartman ve Swanson, 1965). Bu konuya ilişkin bir açıklık kazandırılmak amacıyla yapılan çalışmada; bloke edilen –SH gruplarının N-etilmaleimide (NEM) benzeri bir –SS gruplarının indirgenmesini sağlayan mercaptoethanol (ME) benzeri bir indirgenin varlığında κ-kazein ve β-laktoglobulin kompleksi oluşumunun engellendiği gözlenmiştir (Davies ve ark., 1978). Disülfit bağları mercaptoethanol (ME) ile çok hızlı reaksiyona girmekte ve bu nedenle mercaptoethanol (ME) eklenmesiyle β-laktoglobulin agregasyonu parçalanmakta olup ve bu durumda β-laktoglobulin, κ-kazeinden ayrılmaktadır (Özer ve Atamer, 1994).

İnteraksiyonda κ-kazein ile β-laktoglobulin kompleksinin oluşumu amacıyla β-laktoglobulin'in primer agregasyonunun (65°C'nin üzerinde) zorunlu görüldüğü görüşünü reddetmektedir (Euber ve Brunner, 1982). Hipoteze göre; κ-kazein ile β-laktoglobulin kompleksi intermoleküler disülfit bağlarıyla stabil hale gelmektedir. κ-kazein ile β-laktoglobulinin kovalent olmayan bağlantısını oluşturan disülfitler, SH gruplarını bloke bir maddenin varlığında agregasyona uğramakta ve bu şekilde kompleks oluşumu engellenmektedir (Özer ve Atamer, 1994).

Yoğurttaki jelin oluşmasında ısıl işlem ile asitlik gelişimi uyumlu rol oynamaktadır. Burada ısıl işlemi özellikle serum proteinlerinin üzerinde etkili olmakta ve bu nedenle uygun ağ yapısının (network) oluşumunu sağlamaktadır (Rasic ve Kurmann, 1978). Yoğurtta jel yapının oluşumunda özellikle κ-kazein ile β-laktoglobulin'in yanında hemen hemen bütün proteinler etkin olarak görev almaktadır (Tamime ve Robinson, 1984). Süte uygulanan ısıl işlem sonunda, serum proteinlerinin ısı ile denatürasyonu ve akabinde bütün protein fraksiyonlarının arasında özgün

interaksiyonlar oluşmaktadır ve asitlik artışıyla oluşan interaksiyonlar sonucunda, yoğurdun kendi özgün ağ yapısı meydana gelmektedir. İnteraksiyonlarda ısının etkisiyle meydana gelen thiol (-SH) ile disülfit (S-S) yer değişim reaksiyonlarının etkin olduğu kabul edilmektedir (Sawyer, 1969; Euber ve Brunner., 1982). Proteinler arası interaksiyonlarda etkin olan thiol (-SH) ile disülfit (S-S) bağlarının yanında hidrojen, kalsiyum (Ca^{+2}) ve hidrofobik bağlar ile iyonik güç değişimleri ve pH da interaksiyonlarda önemli ölçüde destekleyici etki yaratmaktadır (Özer ve Atamer, 1994).

Çizelge 2.2. İnek, koyun ve keçi sütlerinin kazein fraksiyonu oranları (Clark ve Sherbon, 2000).

Kazein fraksiyonları	İnek (%)	Koyun (%)	Keçi (%)
k-kazein	8-15	21-25	10-24
α-kazein	40-55	40-45	5-19
β-kazein	25-30	30-36	42-64

Çizelge 2.3. İnek, koyun ve keçi sütlerinin kazein miseli özellikleri (Park ve ark., 2007).

Misel yapısı	İnek	Koyun	Keçi
Ortalama çap (nm)	180	193	260
Hidrasyon (g/g MS)	1.9	n.a.	1.77
Misellere bağlı mineral (g/ca/ 100 kazein)	2.9	3.7	3.6

Yapılan bir çalışmada, keçi sütlerinin içeriğinde bulunan yüksek iyonik kalsiyum ile düşük misel çözünürlüğünün inek sütüne oranla ısıl stabiliteyi düşürdüğü iddia edilmektedir. İnek sütünün 90°C'de 10 dakika ısıtılmasının, kazein üzerine hiçbir etkisinin olmadığı görülürken, diğer yandan keçi sütlerinin 85°C'de kazein miseli boyutunun artmaya başladığının görüldüğü ve 10 dakika sonunda ise normal olan boyutlarının 1.25 katına kadar çıktığı tespit edilmiştir. Burada 90°C'de ise aynı değişim sadece 1 dakikanın sonunda gözlenmektedir. Keçi sütlerinde bulunan düşük miktardaki kazein, αs-CN oranları ve misel boyutu değerlerindeki farklılıkların yoğurtta zayıf jel oluşumuna sebep olduğu düşünülmektedir (Park, 2007).

Birçok süt ürünlerinin üretiminde (yoğurt en başta olmak üzere), kazein misellerinde asit koagülasyonu büyük önem taşımaktadır. Koloidal haldeki kalsiyum

fosfatın çözünmesi, kazeinin net yükünün azalması ile kazein moleküllerinin ısıya bağlı olarak seruma geçmesi, süt pH'sının düşmesiyle gerçekleşmektedir (Dalgleish ve Law, 1988, 1989). Starter kültür bakterilerinin üretmiş olduğu laktik asidin, kazein misellerinin üzerindeki net negatif yükü nötrleştirmesi ile misellerde bulunan kalsiyumun çözünür yani serbest hale geçmesi ile kazein misellerinin destabilizasyonuyla sütün asit koagülasyonu gerçekleşmektedir (Lucey, 2002).

İnek, koyun ve keçi sütlerinde ısıl işlemin fizikokimyasal özellikler ve rennet kuagülasyonu üzerine etkilerinin karşılaştırılması üzerine yapılan bir çalışmada; süt örneklerine 75, 80, 85 ve 90°C sıcaklıklarda 0,5'den 10 dk'ya kadar ısıl işlem uygulanmıştır. Tüm örneklerde benzer düzeyde serum proteini denatürasyonu (%80) gerçekleşmiş, çözünür Ca miktarı en yüksek sıcaklık uygulamasında %20 oranında geçmiştir. Bu sıcaklık uygulamasında, misel boyutu koyun sütünde %75'e, keçi sütünde %25'e yükselip, inek sütünde ise değişmemiştir. Yüksek sıcaklıkta ısıl işlem sütün rennette koagüle olarak jel oluşturma özelliğini koyun ve keçi sütünde daha az etkilerken, inek sütünde jel oluşumunu daha fazla önlenmiştir. İnek sütünde 90°C'de 1 dk ısı uygulaması kuagülasyonu tamamen durdururken, keçi ve koyun sütlerinde kuagülasyon yavaşlasa da ölçülebilir düzeyde bir jel oluşumu görülmüştür. Isıl işlem pıhtıdan serumu ayırma kapasitesini de önemli ölçüde düşürmüş, ancak keçi sütünde diğerlerinden daha iyi bir serum ayrılma sağlanmıştır (Raynal ve Remeuf, 1998).

Farklı ırklara ait sütlerden üretilen yoğurt örneklerinde bazı kalite özellikleri ve mineral İçerikleri üzerine yapılan bir çalışmaya göre; koyun yoğurdunun toplam kuru madde, protein, kül, Ca ve P içeriklerinin inek, keçi ve manda örneklerinden daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Yoğurtların protein ve toplam kuru madde içeriklerinin artmış olmasına bağlı olarak viskozite değerleri de artmış göstermiştir. İnek yoğurdu örneğinde Fe ve Zn içerikleri diğer yoğurtlara göre daha yüksek bulunmuştur (Erkaya ve Şengül, 2012).

Farklı ülkelere ait koyun ve keçi sütlerinin genel bileşim kompozisyonuyla ilgili yapılan bir araştırmaya göre; kazein oranları koyun sütünde % 3.72-5.01 değerlerinde

bulunurken, keçi sütüne kazein oranları % 2.30-3.21 değerlerinde bulunmuştur (Raynal-Ljutovac, 2008).

İnek ve keçi sütünden elde edilen yoğurt örneklerinin fizikokimyasal ve duyusal özelliklerinin incelendiği bir çalışmada; ürün kalitesini arttırmak için inek sütüne keçi sütü belli oranlarda (%25, 50, 75 ve 100) ilave edilmiştir. Yoğurt örnekleri arasında kül, asitlik ve laktoz oranları farklılıklar göstermiştir. Keçi sütünün %50 oranından fazla kullanılması duyusal açıdan kabul görmemiş, %50 ve altında oranlarda kullanımında kontrol ile benzer bulunmuştur. Çalışamaya göre, yeni ürünlerin üretimi için %50 oranında keçi sütünün ikame edilerek kullanılması alternatif olarak önerilmiştir (Costa, 2016).

Yoğurt üretimi için kullanılacak süte ısıl işlem uygulaması kazein misellerinin yüzey alanını artırmaktadır. Elektromikroskobik çalışmalar sonucunda, çiğ sütte bulunan kazein misellerinin, yoğurt üretmek amacıyla 90 °C'ye ısıtılmış olan sütten 2 misline yakın bir kalınlıkta olduğu tespit edilmiştir. Fakat uygulanan sıcaklık derecesi 75 °C'den daha düşük olduğunda ise, çiğ süte kıyasla kazein misel çapının büyük bir değişme göstermediği ve bu durumda büyük çaplı protein molekülleri neticesinde üretilen yoğurdun kıvamının yumuşak olduğu saptanmıştır (Özdemir ve Bodur, 1994).

Yoğurt üretiminde, süte uygulanan sıcaklık normu kazein ve peyniraltı suyu proteinlerinin (laktoalbumin ve laktoglobulin) yapısında değişikliklere neden olmaktadır. Farklı sıcaklık normlarında serum proteinleri % 60-100 oranında denatüre olmaktadır. Serum proteinlerinin % 80-85 oranında denatüre olması durumunda, yoğurttaki en iyi pıhtı sıkılığı olduğu saptanmıştır (Özdemir ve Bodur, 1994).

Süt ve süt ürünlerinde tamponlama kapasitesi üzerine pek çok faktör etki etmektedir. Süt proteinleri tamponlayıcı etki sağlamaktadır ve bu etkiyi kazein ve serum proteinleri ile bunların ikincil asit ve bazik grupları sağlamaktadır. Serum proteinleri ise sütteki düşük konsantrasyonları sebebiyle kazeine göre sütün tamponlama kapasitesine daha az etki etmektedir. Sütün bileşenlerinin ortalama tamponlama kapasitesine olan katkısı; kazeinler için % 35, peyniraltı suyu proteinleri

için % 5, çözünebilir mineraller için % 40 ve kolloidal Ca fosfat için % 20'dir (Ayar ve Sert, 2006).

Yoğurttaki tekstür ve sertlik önemli kalite kriteridir. Yoğurttaki reolojik özelliklerin incelendiği araştırmada, farklı hayvan sütlerinden üretilen yoğurtlarında, en yüksek viskoziteye koyun sütleri ile elde edilen yoğurtlar sahipken, bunu sırayla keçi, inek ve son olarak deve sütleri izlemiştir. Koyun sütlerinin yüksek olan viskozite değerlerinin nedenleri, protein miktarının yüksek olması ile proteinlerin suyu tutma kapasitesinin diğer sütlere oranla yüksek olmasına bağlanmıştır. Deve sütünde inkübasyon süresi boyunca herhangi bir viskozite değişiminin görülmemesi ise kazein miktarının yetersiz oluşuna bağlanmıştır (Jumah ve ark., 2001).

Yapılan birçok çalışmada inek sütlerinden elde edilen yoğurtların asit koagülasyon süresi ve reolojik özellikleri incelenmiştir, fakat koyun ve keçi sütleri üzerinde bu konuyla ilgili fazla bir araştırma bulunmamaktadır (Park ve ark., 2007). Yapılan çalışmalar arasında ise bu sütlerin protein miktarlarının standardize edildiği bir çalışmaya rastlanmamıştır.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

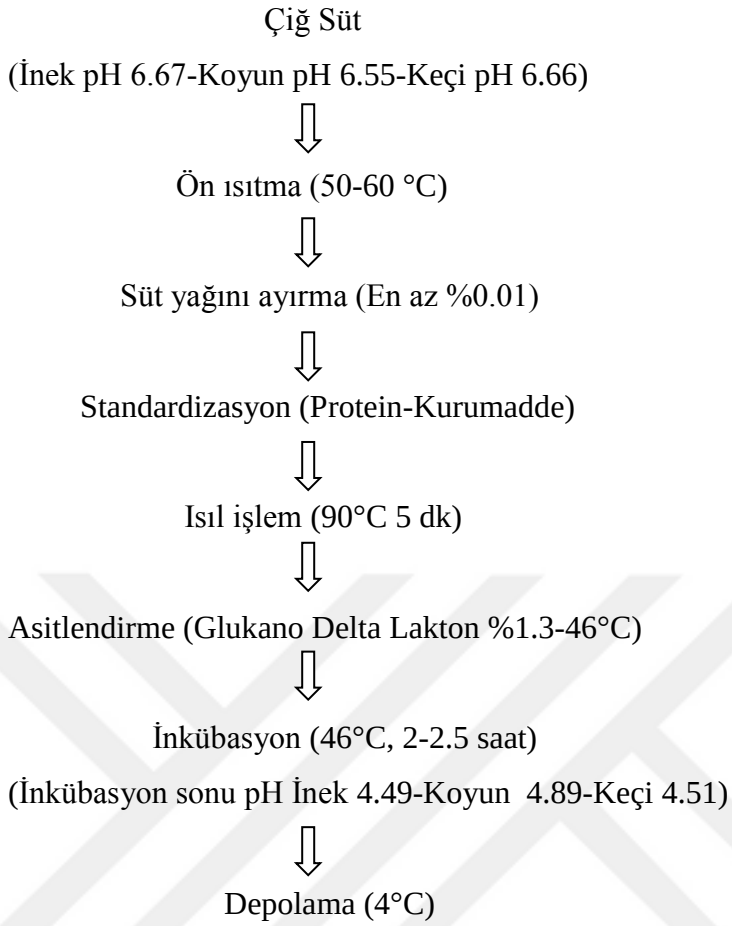
3. 1. Materyal

Çalışmada kullanılan inek (17 adet), koyun (35 adet) ve keçi (35 adet) sütleri Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Döner Sermaye İşletmesi'nden sağlanmış olup, kullanılan Glukano Delta Lakton (GDL) ve Laktoz piyasadan temin edilmiştir.

3.2. Yöntem

3.2.1. Sütlerin hazırlanması ve asit süt jeli üretimi

Laboratuvara getirilen sütlerin yağı ayrıldıktan ve kimyasal bileşimi belirlendikten sonra toplam protein ve toplam kurumadde miktarları, toplam protein miktarı en düşük bulunan inek sütü baz alınarak, koyun ve keçi sütüne su ve laktoz (çalışmada elde edilen çiğ süt bileşim analiz sonuçlarına göre; keçi sütüne 15 g/100 ml su, 1.7 g /100 ml laktoz; koyun sütüne 83 g/100 ml su, 5 g/100 ml laktoz eklenerek tüm örneklerde %3 toplam protein ve %9 toplam kurumadde olması sağlanmıştır) ilavesiyle standardize edilmiştir. Hazırlanan sütler 90°C'de 5 dakikalık ısıl işlemden sonra 46°C'e soğutularak hazırlanan Glukano Delta Lakton (%1.3) ile asitlendirmeyle pH 4.6' ya ulaşana kadar inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon sırasında asit gelişimi bilgisayara bağlı M300 pH/ORP transmitter sistemi (EA lnstruments Ltd, 4-Channel Monitor and Meter, pH/ORP/lon and Temp. Version 2.1.1. 2013 Y.Y.Cui, England) ile dakika başı alınan ölçümlerle sürekli olarak takip edilmiştir. İnkübasyon (46°C) sonunda asit süt jeli örnekleri 4°C'de muhafaza edilmiştir.



Şekil 3.1. Protein ve Kurumaddesi standardize edilmiş sütlerden asit süt jeli üretim akım şeması

3.2.2. Yapılan analizler

Çiğ süt, standardize süt ve asit süt jeli örneklerinde genel bileşim (kuru madde, yağ, protein, kazein, kül, mineral madde), pH ve toplam asitlik tayinleri yapılmıştır. Standardize edilen süt örneklerinin protein fraksiyonları SDS-PAGE jel Elektroforez ile görüntülenmiştir. Üretim sırasında yoğurt sütlerinde pH gelişimi bilgisayara bağlı M300 pH/ORP transmitter sistemi (EA lnstruments Ltd, 4-Channel Monitor and Meter, pH/ORP/lon and Temp. Version 2.1.1. 2013 Y.Y.Cui, England) ile, jel yapısının oluşumu belli aralıklarla yapılan türbidite testleriyle takip edilmiştir. Yoğurt örneklerinde üretimin 1., 7. ve 14. günlerinde viskozite, pH ve serum ayrılması test edilmiştir. Asit süt jeli örneklerinin mikro yapısı taramalı elektron mikroskobu (SEM, ZEIS EVO 50) ile incelenmiştir.

3.2.2.1. pH tayini

Sütün ve asit süt jeli örneklerinin pH değeri inoLab WTW (Weilheim, Germany) marka pH metre kullanılarak belirlenmiştir (Oysun, 1996).

3.2.2.2. Titrasyon asitliği tayini

Asitlik tayini alkali titrasyon yöntemi ile saptanmış ve sonuçlar % laktik asit cinsinden ifade edilmiştir (IDF, 1982).

3.2.2.3. Kurumadde tayini

Kurumadde oranı gravimetrik yöntem kullanılarak belirlenmiş ve sonuçlar % olarak ifade edilmiştir (IDF, 1982).

3.2.2.4. Yağ ve yağsız kurumadde tayini

Yağ oranları 0-8 taksimatlı özel süt bütirometresi ile Gerber (Funka Gerber Super Vario-N, 3680-2225, 2013) yöntemine göre % olarak belirlenmiştir (Anonim, 1994). Yağsız kurumadde ise, % kurumadde oranından % yağ oranının çıkarılması ile hesaplanmıştır.

3.2.2.5. Protein tayini

Protein oranları, yaş yakmaya tabi tutulan örneklerin mikro Kjeldahl (Eflab MGD-1000) yöntemi ile her bir örnek için tüplere 5 g (yaklaşık 1 spatül) katalizör ($CuSO_4$ + K_2SO_4) eklenmiştir. Üzerine yaklaşık 0.80-0.90 g süt numunesi, 10 ml saf sülfürik asit ve 2-3 ml hidrojen peroksitin eklenerek yavaşça karıştırılmıştır. Hazırlanan tüpler yakma bölümünde sıcaklık 100°C'den başlatılarak her 20-30 dakikada bir arttırılarak rengin aşama aşama kahverengi, mavi ve son olarak 400°C'de berraklaşmasıyla yakma işlemi sonlandırılmıştır. Destilasyon aşamasında düzeneğe

tüplerin ve erlenin içine 25 ml borik asit (içine metilen mavisi ve metilen kırmızısı indikatörleri karıştırılmıştır) eklenerek yerleştirilmesiyle destile sıvının toplanması sağlanmıştır. Son olarak numuneler 0.1 N HCI ile pembe renk oluncaya kadar titre edilmiştir. Toplam protein miktarı bulunan azot miktarının 6,38 faktörünün çarpılması ile hesaplanmıştır (IDF, 1993).

3.2.2.6. Kazein Tayini

Süt örneklerinde kazein tayini Kjeldahl Yakma metodu ile yapılmıştır. Toplam azot içeriği yakma metodu (A.O.A.C., 1990) ile Kjeldahl (Eflab MGD-1000) kullanılarak tayin edilmiş, aynı süt örneğinde kazein asetik asit-asetat çözeltisiyle çöktürülerek, filtre edilmiş ve filtratta azot tayini yapılmıştır. Kazein miktarı çiğ sütte elde edilen azot miktarı ile filtrattan elde edilen azot miktarı farkının 6,38 faktörü ile çarpılması ile hesaplanmıştır (Metin ve Öztürk, 2002; Oysun, 1991).

3.2.2.7. Türbidite

Türbidite testinde, asit gelişimi süresince belli aralıklarla alınan örnekler 1/10 oranında seyreltilerek UV-Spektrofotometrede (Libra S70, biochrom) 600 nm dalga boyunda ölçülen absorbans değerleri baz alınmıştır (Peng ve ark., 2009).

3.2.2.8. Mineral tayini

Kül fırınında yakma yöntemiyle kül haline getirilen örnek krozelerine %25'lik Nitrik asit (%68-71) çözeltisinden 1 ml damlatıldıktan sonra, örnekler saf suyla 100 ml'ye tamamlanmış ve mineral analizi için hazır hale getirilmiştir. Ca, P, Na, K, Mg ve Fe miktarları Harran Üniversitesi Merkezi Laboratuvarda İndüklenmiş Plazma Spektroskopisi (ICP, Perkin Elmer Optima 5300DV) kullanılarak analiz edilmiştir. Kullanılan dalga boyları Ca: 317.933 nm, P: 213.617 nm, Na: 589.592 nm, K: 766.490 nm, Mg: 285.213 nm ve Fe: 238.204 nm.

Çözünür ve bağlı kalsiyum miktarları, asit süt jeli örneklerinde seruma geçen serbest (çözünür) kalsiyum miktarları belirlenerek tespit edilmiştir. Serumda kalsiyum tayini, 10 g numunenin 15 ml'lik tüplere aktarılıp 3000 gravity hızında 10 dakika santrifüj (Hettich Zentrifugen, Unıversal 32 R) edildikten sonra yoğurttan ayrılan serumda, yukarıda anlatıldığı gibi mineral tayini yöntemiyle kalsiyum değerleri elde edilmiştir (Peng ve ark., 2009).

3.2.2.9. SDS-PAGE jel elektroforez

Protein fraksiyonlarının saptanması için SDS-PAGE jel sistemi (BIO-RAD Mini-PROTEAN Tetra System, DNr Bio-lmaging Systems MınıBIS Pro) kullanılmıştır (Laemmli, 1970).

Analizin yapılışı:

Jel hazırlama:

1) Resolving jel solüsyonu(%12'lik jel): Düzeneğe 1.solüsyon yüklendikten sonra üzerine saf su yüklendi ve yaklaşık 30 dk bekletildi.

-Deionized water: 3.45 ml

-%30 acrylamide solution: 4,0 ml

-4x Lower Tris Buffer: 2,5 ml

-%10 APS: 50 µl

-TEMED: 10 µl

2) Stacking jel solüsyonu: Üzerindeki saf su döküldü ve 2.Solüsyon yüklendikten sonra tarak yerleştirildi ve yaklaşık 45 dk bekletildi.

-Deionized water: 3.05 ml

-%30 acrylamide/bisacrylamide: 0.67 ml

-4x Upper Tris Buffer: 1.25 ml

-%10 APS: 25 µl

-TEMED: 10 µl

Sample buffer (5x'lik) 1x'e seyretildi:

-3.9 ml deionized water

-1.0 ml 0.5 M Tris, pH 6.8

-0.8 ml Glycerol

-1.6 ml %10 SDS

-0.4 ml 2-mercaptoethanol

-0.4 ml %1 bromophenol blue

Örnek hazırlama: 5 ml süt numunesi balon jojeye aktarıldı ve üzerine saf su eklenerek 100 ml'ye tamamlandı. Balon jojeden pipetle 100 µl ve sample buffer'dan da 100 µl örnek alınıp eppendorf tüpe aktarıldı. Numuneler, proteinlerin denatüre olması için kaynar suda 3 dakika bekletildi. Hazırlanan düzenekte 1. Kuyucuğa protein markırı (P7706, Blue Prestained Protein Standard, Broad Range, 11-190 kDa, NEW ENGLAND BioLabs Inc.) yüklenmiştir. 2. , 3. , ve 4. Kuyucuğa inek sütü örneğinden 20 µl, 5. , 6. , ve 7. Kuyucuğa koyun sütü örneğinden 20 µl, 8. , 9. , ve 10. Kuyucuğa keçi sütü örneğinden 20 µl yüklenmiştir. Düzenek içine yerleştirilen jelin üzerine 1X-Tris-glycine-SDS Buffer eklendi ve jel 100 voltta yürütülerek yaklaşık 4-5 saat sonra işlem sonlandırılmıştır. Jel 1 saat boya (1 g blue brillant G 250 de coomassie, 100 ml asetik asit, 500 ml methanol, 400 ml saf su) çözeltisinde ve daha sonra jel saf suda iyice açılana kadar bekletilmiştir. Bantları görünür hale gelen jel DNr Bio-lmaging Systems MınıBIS Pro sisteminde fotoğraflanmıştır.

Protein marker (P7706, Blue Prestained Protein Standard, Broad Range, 11-190 kDa, NEW ENGLAND BioLabs): Geniş aralıklarla yüksek düzeyde bantlar 11 kessin çizgiyle saflaştırılmış olup protein bantlarının görünmesini ve kaç kDa'na denk geldiğini ve protein boyutunu daha yakından görmek için tasarlanmıştır. Bu markır (P7706) %10-20 Tris-Glycine jel üzerinde saptanmıştır. -20°C'de doğru saklandığı zaman 2 yıla kadar kullanılır. Yükleme aşamasında marker sıcaklığa maruz kalmamalıdır.

3.2.2.10. Toplam kül miktarı tayini

Kül değerleri, yaklaşık 4 g numune tartılıp etüvde 1-2 saat kurutulduktan sonra kül fırınında 550 °C' de yakılması sonucu hesaplanmıştır (Metin, 2012).

3.2.2.11. Viskozite tayini

Viskozite ölçümleri asit süt jeli örneklerinde, bir Bookfield viskozimetre (Model DV-2+; Bookfield Engineering Labortories, Inc. , MA) ile 5 numaralı prob kullanılarak 10 rpm'de 4°C`de yapılmıştır (Dervisoglu ve ark., 2004).

3.2.2.12. Serum ayrılması

Darası bilinen bir huniye yerleştirilmiş olan filtre kâğıdı üzerine tartılan 25 g örnekten (4 ± 1°C'de), 120 dakikada huninin altındaki erlende toplanan serumun miktarı tartılarak bulunmuş ve sonuçlar 4 ile çarpılarak % olarak ifade edilmiştir (Konar, 1980).

3.2.2.13. Mikroyapı

Örneği hazırlamak için 0.3 g numune (asit süt jeli) ile 0.3 g 45°C % 3'lük aqueous agar karıştırıldı ve 20°C'ye soğutuldu (Sandoval-Costilla ve ark., 2004). Hazırlanan örnekler 1 mm^3 'lik küpler şeklinde kesilerek sırasıyla tamponlu gluteraldehit (Buzdolabında 1 saat fiske edildi), 0.1 molar fosfat tamponu pH: 7.2 (4*15 dk oda sıcaklığında bekletildi), osmium (1.5 saat karanlıkta oda ısısında bekletildi), ve 0.1 molar fosfat tamponunda (4*15 dk) yıkandıktan sonra dehidratasyon aşamasına geçildi. Dehidratasyon aşamasında % 30-50-70-80-90'lük alkol serilerinde 10' ar dk bekletildikten sonra % 100'lük alkolde 3 kez yıkanmıştır (Anonim, 2016). Hazırlanan örnekler, Harran Üniversitesi Merkezi Laboratuvarda karbon kaplı bant yardımı ile staplar üzerine yapıştırılarak ardından Polaron SC 502 sputter coater aleti ile saf altınla kaplandıktan sonra Taramalı Elektron Mikroskopu (SEM, ZEIS EVO 50) kullanılarak görüntülenmiştir.

3.2.3. İstatistiksel analizler

SPSS paket programı kullanılarak One-way ANOVA uygulanmış ve ortalamalar arasındaki fark Duncan çoklu karşılaştırma testi ile belirlenmiştir (Anonymous, 2005).

4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

4.1. Çiğ Süt

Çiğ sütte yapılan bazı bileşim analiz sonuçları Çizelge 4.1.'de verilmiştir. Türk Gıda Kodeksi (TGK) çiğ süt ve ısıl işlem görmüş içme sütleri tebliğine göre; % yağ (en az) inek 3.5, koyun 5.5, keçi 4.15; % asitlik inek 0.135-0.2, koyun 0.16-0.35, keçi 0.15-0.28; % protein (en az) inek 2.8, koyun 3.1, keçi 2.8; % yağsız kurumadde (en az) inek 8.5, koyun 10, keçi 8.5 olarak belirtilmektedir (TGK, 2009a).

Çizelge 4.1. Çiğ sütte yapılan bazı bileşim analiz sonuçları

	Yağ (%)		Asitlik (%)		Protein (%)		Kurumadde (%)	
Süt	Değer	SS	Değer	SS	Değer	SS	Değer	SS
İnek	3,70 [a]	± 0,14	0,19 [a]	± 0,00	3,10 [a]	± 0,14	12,44 [a]	± 0,16
Koyun	7,50 [b]	± 0,00	0,24 [b]	± 0,02	5,60 [b]	± 0,15	18,52 [b]	± 0,01
Keçi	4,50 [c]	± 0,00	0,15 [a]	± 0,00	3,60 [a]	± 0,02	11,94 [c]	± 0,04

[a,b,c] Süt türleri arası farklılığı göstermektedir. Aynı sütunda farklı harfle ifade edilen örneklerin ortalamalarındaki değişimler önemlidir ($p<0.05$), SS: Standart Sapma

Çizelge 4.2. Çiğ sütte yapılan kazein analiz sonucu

	Kazein (%)	
Süt	Değer	SS
İnek	2,60 [A]	± 0,11
Koyun	4,54 [B]	± 0,12
Keçi	2,46 [A]	± 0,07

[A,B] Süt türleri arası farklılığı göstermektedir. Aynı sütunda farklı harfle ifade edilen örneklerin ortalamalarındaki değişimler önemlidir ($p<0.05$), SS: Standart Sapma

Çiğ sütte yapılan kazein analiz sonucu Çizelge 4.2.'de verilmiştir. Daha önceki çalışmalarda inek, koyun ve keçi sütlerine ait % kazein miktarları sırasıyla 2.8, 4.6 ve 3.0 şeklinde verilmiştir (Üçüncü, 2012a). Tablodaki veriler incelendiğinde sonuçların keçi sütünde biraz düşük bulunması dışında literatürle paralellik gösterdiği tespit edilmiştir.

4.2. Standardize Süt

4.2.1. Bileşim analizleri

Standardize edilmiş süt örneklerinde (inek, koyun, keçi) bileşim analiz sonuçları Çizelge 4.3'de verilmiştir. Toplam protein ve kuru madde miktarları standardize edilen örneklerde protein ve kuru madde miktarları arasında istatistiksel olarak fark bulunmamış, standardizasyon işlemi başarıyla yürütülmüştür.

Çizelge 4.3. Standardize edilmiş sütte bileşim analiz sonuçları

	pH		Kurumadde (%)		Protein (%)		Yağ (%)		Kül (%)	
Süt	Değ.	SS	Değ.	SS	Değ.	SS	Değ.	SS	Değ.	SS
İnek	6,66 [a]	± 0	8,71 [a]	± 0,03	3,07 [a]	± 0,01	0,1 [a]	± 0,1	0,72 [a]	± 0,05
Koyun	6,64 [a]	± 0	8,78 [a]	± 0,01	3,11 [a]	± 0,04	0,1 [a]	± 0	0,7 [a]	± 0,04
Keçi	6,68 [a]	± 0	8,91 [a]	± 0,01	3,02 [a]	± 0,02	0,1 [a]	± 0	0,69 [a]	± 0

[a,] Süt türleri arası farklılığı göstermektedir. SS: Standart Sapma, Değ.: Değer

Standardize edilmiş süt örneklerinde (inek, koyun, keçi) mineral madde (ICP) sonuçları Çizelge 4.4.' de verilmiştir. Daha önce yapılan bir çalışmada inek, koyun ve keçi sütüne ait mineral madde miktarları sırasıyla; Ca 122 mg, 193 mg, 134 mg, Fe 0.08 mg, 0.08 mg, 0.07 mg, K 152 mg, 136 mg, 181 mg, Mg 12 mg, 18 mg, 16 mg, Na 58 mg, 44 mg, 41 mg, P 119 mg, 158 mg, 121 mg'dır (Park ve ark., 2007). Çizelge 'deki veriler incelendiğinde inek, koyun ve keçi sütlerine ait ICP sonuçları sırasıyla; Ca 148.89 mg, 184.80 mg, 148.00 mg, Fe 1.23 mg, 1.31 mg, 0.82 mg, K 190.14 mg, 124.45 mg, 154.75 mg, Mg 42.60 mg, 20,07 mg, 21.45 mg, Na 88.55 mg, 64.12 mg, 58.25 mg, P 159.82 mg, 128.80 mg, 118.35 mg'dır. Çalışmamızda inek ve keçi sütü Ca değerleri daha düşük bulunmuş ve birbirine benzerlik gösterirken koyun sütü Ca içeriği önceki çalışmalara benzer şekilde inek ve keçi sütünden daha yüksek tespit edilmiştir. Standardize edilmiş sütte genel olarak mineral madde sonuçları ayrı ayrı incelendiğinde önceki çalışmalardan bazı ufak farklılıklar göstermiştir bu durumun hayvan ırkı, mevsim ve beslenme şekline bağlı olduğu düşünülmektedir.

Çizelge 4.4. Standardize edilmiş sütte mineral madde (ICP) sonuçları

	Ca (mg/100g)		Fe (mg/100g)		K (mg/100g)		Mg (mg/100g)		Na (mg/100g)		P (mg/100g)	
Süt	Değer	SS	Değer	SS	Değer	SS	Değer	SS	Değer	SS	Değer	SS
İnek	148,89 [b]	± 6,40	1,23 [a]	± 0,09	190,14 [a]	± 5,84	42,60 [a]	± 10,87	88,55 [a]	± 5,17	159,82 [a]	± 8,08
Koyun	184,80 [a]	± 5,20	1,31 [a]	± 1,18	124,45 [c]	± 6,90	20,07 [b]	± 2,40	64,12 [b]	± 0,19	128,8 [b]	± 6,64
Keçi	148,00 [b]	± 2,00	0,82 [a]	± 0,13	154,75 [b]	± 9,40	21,45 [b]	± 0,30	58,25 [b]	± 8,10	118,35 [b]	± 1,34

a,b,c Süt türleri arası farklılığı göstermektedir. Aynı sütunda farklı harfle ifade edilen örneklerin ortalamalarındaki değişimler önemlidir ($p<0.05$), SS: Standart Sapma

Standardize edilmiş süt örneklerinde (inek, koyun, keçi) bağlı kalsiyum (Ca) değeri Çizelge 4.5'de verilmiştir. Tablodaki sonuçlara göre inek ve keçi sütü sırasıyla 23.75 mg/100g ve 23.05 mg/100 g olarak benzerlik gösterirken, koyun sütü 58,7 mg/100 g olarak daha yüksek bir değer bulunmuştur.

Bağlı kalsiyum sütte kazein misellerinde bulunan kolloidal kalsiyum fosfat bağlarının yapısına katılmış olan Ca miktarını ifade etmektedir (Lucey, 2002). Bu nedenle kazein oranındaki artışla bağlı Ca miktarında da artış gözlenmesi beklenmektedir. Çalışmamızda standardize koyun sütündeki kazein miktarı daha yüksek iken keçi ve inek sütlerinde kazein miktarları benzerlik göstermiştir. Bu durum koyun sütünde daha yüksek bağlı Ca bulunmasını açıklamaktadır.

Çizelge 4.5. Standardize edilmiş sütte bağlı kalsiyum sonucu

	Bağlı Ca (mg/100g)		Bağlı Ca (%)
Süt	Değer	SS	Değer
İnek	23,75 [b]	± 2,73	16,84
Koyun	58,70 [a]	± 1,56	32,79
Keçi	23,05 [b]	± 3,18	15,99

[a,b] Süt türleri arası farklılığı göstermektedir. Aynı sütunda farklı harfle ifade edilen örneklerin ortalamalarındaki değişimler önemlidir ($p<0.05$), SS: Standart Sapma

4.2.2. SDS-PAGE jel elektroforezi

Standardize edilmiş süt örneklerinde (inek, koyun, keçi) SDS-PAGE Jel Elektroforez görüntüsü Şekil 4.1.'de verilmiştir.

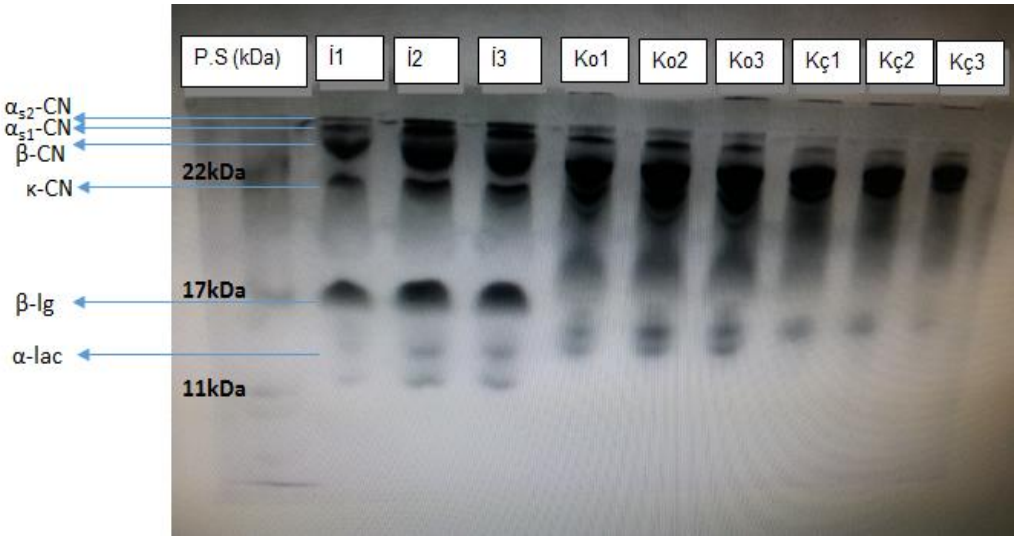
Daha önce yapılan çalışmalara göre inek, koyun ve keçi sütlerinde temel olarak kazein fraksiyonları α_{s1}, α_{s2}, β-kazein ve κ-kazein şeklindedir. Bu fraksiyonlar arasında belirgin farklılıklar bulunmaktadır. İnek sütünde temel fraksiyon α_{s1}-kazein olup, keçi sütünde ise α_{s2}-kazeindir (Feligini ve ark., 2009). Keçi sütü ile koyun sütü

karşılaştırıldığında keçi sütünün daha fazla miktarda β-kazein ve κ-kazein içerirken, daha düşük bir miktarda α_s-kazein içermektedir (Ahmad ve ark., 2013).

Daha önce yapılan bir çalışmada inek sütünde kazein fraksiyonlarının molekül ağırlık değerleri κ-kazein 19 kDa, β-kazein 24 kDa, α_{s1}-kazein 23 kDa ve α_{s2}-kazein 25 kDa şeklinde bulunmuştur (Havva ve ark., 2009). Serum proteinlerinin molekül ağırlıkları ise β-laktoglobulin (β-lg) 18.3 kDa, α-laktalbumin (α-lac) 14.2 kDa şeklinde bulunmuştur (Jost, 1988).

Keçi sütlerinde α_{s1}-kazeinin molekül ağırlığı 18,8-23,8 kDa olarak bulunmuştur (Ferranti ve ark., 1997; Trujillo ve ark., 2000). α_{s2}-kazeinin molekül ağırlığı yaklaşık olarak 25,5 kDa olarak bulunmuştur (Wang ve ark., 2001; Trujillo ve ark., 2000; Cosenza ve ark., 2007). β-kazeinin molekül ağırlığı 23.6-23.8 kDa kadar olup kazeinin oranının yaklaşık %50-58'ini oluşturur (Chianese ve ark., 1993; Persuy ve ark., 1999; Trujillo ve ark., 2000; Neveu ve ark., 2002). Son olarak κ-kazeinin molekül ağırlığı 19,3 kDa olup kazeinin yaklaşık olarak %11-13'ünü oluşturmaktadır (Trujillo ve ark., 2000). Yine keçi sütü ile ilgili yapılan başka bir çalışmada ise serum proteinlerinin molekül ağırlıkları β-laktoglobulin (β-lg) 20 kDa, α-laktalbumin (α-lac) 14 kDa şeklinde bulunmuştur (Hinz ve ark., 2012).

Daha önce yapılan bir çalışmaya göre kazein fraksiyonları; α_{s1}-kazein oranları inek %37, koyun %33, keçi %10, α_{s2}-kazein oranları inek % 7, koyun % 14 β-kazein oranları, inek %42, koyun % 30, keçi % 63, κ-kazein oranları inek % 9, koyun % 14, keçi % 8, γ-kazein oranları inek % 6, koyun % 9, keçi % 18 şeklinde bulunmuştur. Serum protein fraksiyonları; α-laktalbumin oranları inek % 16.2, koyun % 10.8, keçi % 21.4, β-laktoglobulin oranları inek % 59.3, koyun % 61.1, keçi % 54.2 şeklinde tespit edilmiştir (Borkova ve Snaselova, 2005).



İ: inek, Ko: Koyun, Kç: Keçi, P.S.: Protein Standardı

Şekil 4.1. Standardize edilmiş süt örneklerinin SDS-PAGE Jel Elektroforez görüntüsü

Şekil 4.1.'de α_s-kazein bantlarının inek sütünde belirgin ve daha yoğun olduğu, en zayıf α_s-kazein bantlarının ise keçi sütünde olduğu görülmektedir. Çalışmamızda kullandığımız keçi sütlerinde α_{s2}–kazein miktarının son derece az olduğu görülmektedir. Koyun sütlerinde bulunan kazein bantlarının tamamına bakıldığında diğer süt türlerinden daha yoğun miktarda olduğu görülmektedir. Keçi sütünde ise bant yoğunluğu en düşük gözlenmiştir.

Yapılan bir çalışmada ısıl işlem görmüş sütlerde protein bantlarının daha dağınık bir hal gösterdikleri belirtilmektedir (Jovanovic ve ark., 2007). Bu çalışmada sütlere hem pastörizasyon işleminde hemde sds-page jel elektroforez analizinde proteinlerin denatürasyonu için tekrardan bir sıcaklık uygulaması olduğu için bantlar çok net görünmemektedir.

4.3. Asit Süt Jeli

Asit süt jeli örneklerinde (inek, koyun, keçi) bazı bileşim analiz sonuçları Çizelge 4.6'da verilmiştir. Türk Gıda Kodeksi Fermente Süt Ürünleri Tebliği (TGK, 2009b) kapsamındaki verilere (Titrasyon asitliği % 0.6-1.5), TS 1330 Yoğurt Standardına (Yağsız yoğurtta kurumadde en az % 9 olmalı) uyum sağladığı görülmüştür. % kül ve asitlik sonuçlarında ortalamalar arasındaki değişim ($p<0.05$)

önemli görülmüştür. Farklı hayvan türlerine ait % kurumadde sonuçları birbirleriyle paralellik göstermiştir.

Kül sonuçlarının ise Kurdal ve Demirci (1980) ile Türkoğlu ve ark. (2003)'nın bulmuş oldukları (%0.59-0.85) sonuçlardan daha düşük olduğu görülmüştür. Bu sonuçların farklı olmasındaki neden, standardizasyon işlemi uygulanan örneklere su ilave etmiş olmamızdır.

Asit süt jeli örneklerinde mineral madde (ICP) sonuçları Çizelge 4.7'de verilmiştir. Farklı türdeki süt örneklerinden elde edilen asit süt jeli örneklerindeki mineral madde sonuçlarındaki ortalama değişimler önemlidir ($p<0.05$). Tablodaki sonuçlara göre; inek, koyun ve keçi sütünden elde edilen asit süt jeli örneklerinde Ca (mg/100g) değerleri sırasıyla 141.05, 179.00 ve 144.15, P (mg/100g) değerleri sırasıyla 162.10, 133.75 ve 93.56, Fe (mg/100g) değerleri sırasıyla 0.71, 0.35 ve 0.41 şeklinde bulunmuştur. Diğer bir yandan K (mg/100g) değerleri sırasıyla 194.65, 121.50 ve 183.80, Mg (mg/100g) değerleri sırasıyla 36.00, 24.89 ve 15.67, Na (mg/100g) değerleri sırasıyla 88.10, 53.20 ve 38.90 şeklinde elde edilmiştir. Verilere göre Ca değerleri inek ve keçi sütüne ait asit süt jeli örneklerinde birbirine yakın değerler bulunmuş olup en yüksek değere koyun sütüne ait asit süt jeli örnekleri sahiptir. P değerleri ise inek ve koyun sütüne ait yoğurtlarda birbirine yakın değerler elde edilirken, keçi sütüne ait asit süt jeli örneklerinde daha düşük miktarda bulunmuştur.

Çizelge 4.6. Asit süt jeli örneklerinde bazı bileşim analiz sonuçları

	Kül (%)		Kurumadde (%)		Asitlik (%)		Yağ (%)	
Süt	Değer	SS	Değer	SS	Değer	SS	Değ.	SS
İnek	0,47 [a]	± 0,01	10,50 [a]	± 0,08	1,05 [a]	± 0,02	0,1 [a]	± 0,1
Koyun	0,45 [ab]	± 0,02	10,01 [a]	± 0,12	0,82 [b]	± 0,02	0,1 [a]	± 0
Keçi	0,40 [b]	± 0,01	10,15 [a]	± 0,05	0,83 [b]	± 0	0,1 [a]	± 0

[a,b] Süt türleri arası farklılığı göstermektedir. Aynı sütunda farklı harfle ifade edilen örneklerin ortalamalarındaki değişimler önemlidir ($p<0.05$), SS: Standart Sapma

Farklı hayvan türlerine (inek, manda, koyun ve keçi) ait sütlerden elde edilen yoğurtlarda bazı kalite özellikleri ve mineral miktarları üzerinde yapılan bir çalışmaya göre; koyun yoğurdunun Ca ve P miktarlarının daha yüksek olduğu, inek yoğurdunda ise Zn ve Fe miktarlarının diğer yoğurtlara göre daha yüksek olduğu bulunmuştur. Çalışmada elde edilen verilere göre; Ca (mg/100g) değerleri inek, koyun ve keçi sütüne ait yoğurtlarda sırasıyla 126.8, 187.9 ve 164.3, P (mg/100g) değerleri sırasıyla 92.1, 144.1 ve 118.8, Fe (mg/100g) değerleri sırasıyla 1.88, 1.28 ve 1.68 şeklinde bulunmuştur. Diğer yandan K (mg/100g) değerleri sırasıyla 157.1, 113.3 ve 180.0, Mg (mg/100g) değerleri sırasıyla 11.4, 18.6 ve 18.7, Na (mg/100g) değerleri sırasıyla 39.0, 56.7 ve 56.8 şeklinde verilmiştir (Erkaya ve Şengül, 2012). Bu çalışmada Ca değerleri, önceki çalışmalarda yoğurt örneklerine benzer şekilde koyun asit süt jeli örneğinde daha yüksek bulunmuştur.

Çizelge 4.7. Asit süt jeli örneklerinde mineral madde (ICP) sonuçları

	Ca (mg/100g)		Fe (mg/100g)		K (mg/100g)		Mg (mg/100g)		Na (mg/100g)		P (mg/100g)	
Süt	Değer	SS	Değer	SS	Değer	SS	Değer	SS	Değer	SS	Değer	SS
İnek	141,05 [b]	± 12,00	0,71 [a]	± 0,10	194,65 [a]	± 0,21	36,00 [a]	± 0,22	88,10 [a]	±0,43	162,10 [a]	± 4,80
Koyun	179,00 [a]	± 3,00	0,35 [a]	± 0,22	121,50 [b]	± 9,48	24,89 [a]	± 7,25	53,20 [b]	±12,73	133,75 [b]	± 16,19
Keçi	144,15 [b]	± 15,00	0,41 [a]	± 0,21	183,80 [a]	± 7,35	15,67 [a]	± 1,80	38,90 [b]	±0,22	93,56 [c]	± 6,77

a,b,c Süt türleri arası farklılığı göstermektedir. Aynı sütunda farklı harfle ifade edilen örneklerin ortalamalarındaki değişimler önemlidir ($p<0.05$), SS: Standart Sapma

4.4. İnkübasyon Aşaması

4.4.1. Türbidite

Türbidite (bulanıklık), bir sıvı içinde çözünmemiş ve askıda kalan partiküllerin içinden ışık demetinin geçirilmesiyle yansıyan ışık miktarıdır (ISA, 2007).

İnkübasyon aşamasında örneklerde türbidite, belli aralıklarda ölçülmüş ve sonuçlar tablo halinde Çizelge 4.8.'de verilmiştir. İnkübasyon aşamasında asitliğin giderek artması (pH'nın düşmesi); aynı zaman diliminde bulunan süt türlerinde, bulanıklığın (türbiditenin) değişik oranlarda artışını sağlamıştır. Tablodaki sonuçlara göre en çok artış inek sütünde olup bunu sırasıyla koyun ve keçi sütü izlemiştir.

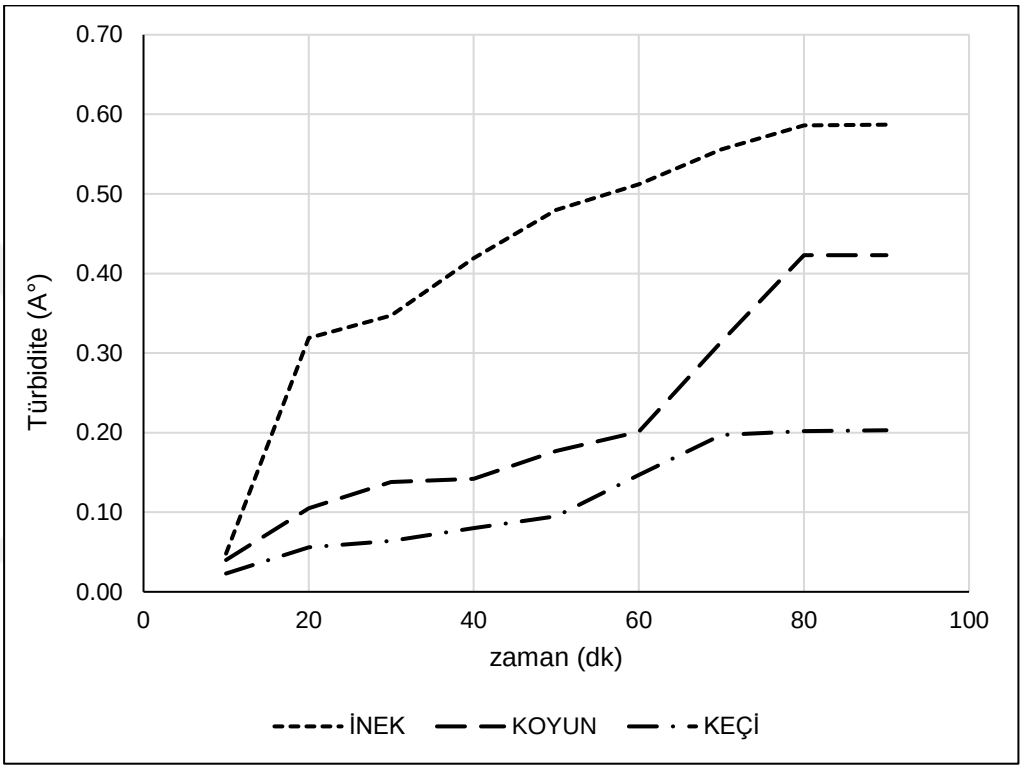
Çizelge 4.8. Asit süt jeli örneklerinin inkübasyon aşamasındaki türbidite testinde ölçülen absorbans değerleri

	Süre (dakika)								
Süt	10	20	30	40	50	60	70	80	90
İnek	0,05	0,32	0,35	0,42	0,48	0,51	0,56	0,59	0,59
Koyun	0,04	0,11	0,14	0,14	0,18	0,2	0,31	0,42	0,42
Keçi	0,02	0,06	0,06	0,08	0,10	0,15	0,20	0,20	0,20

Glukano Delta Lakton (GDL) kullanımının sütte asit jelleşmesi ve buna bağlı olarak türbidite değişimiyle ilgili yapılan bir çalışmada; ışığın yansıması yöntemine bağlı olarak yağsız sütte asit ilavesiyle pıhtılaşma incelenmiştir. Burada türbidite değişimi asit ilavesiyle önemli bir ölçüde azalma, ardından gecikme ve son olarak artış şeklinde olmak üzere üç aşamada gerçekleşmiştir. Sütün bulanıklığı üzerinde pH ve sıcaklık değişimi etkili olmuştur. Burada misel boyutlarının dağılımı jelleşmenin ilk belirtilerine kadar sabit kalmaktadır. Belirli bir pH değerinde bulanıklığın daha da artması, kısmen misel çerçevesinde çözülebilir kazein monomerlerin bir araya gelmesi ve buna bağlı olarak jelleşme, bulanıklığın artmasıyla jel ağı oluşumu sonucu artmıştır (Banon ve Hardy, 1991).

İnkübasyon aşamasındaki örneklerde türbidite sonuçlarının zamana bağlı değişim grafiği Şekil 4.2.'de verilmiştir. Grafiğe göre, türbidite değişimi ilk 20.

dakikada inek sütünde hızlı bir yükselişte olmuş ve daha sonra azalarak artmıştır. Türbidite değişimi inkübasyon sırasında bütün numunelerde giderek artmıştır ve en yüksek türbiditeye inek sütü sahipken bunu sırasıyla koyun ve keçi sütü izlemiştir. Bu sonuçlardan inek sütünün daha hızlı şekilde ve daha sıkı bir ağ yapı oluşturduğu, koyun sütünde agregasyonun yavaş gerçekleştiği ve inek sütünden düşük olduğu, keçi sütünün ise zayıf bir agregasyon gösterdiği anlaşılmaktadır.



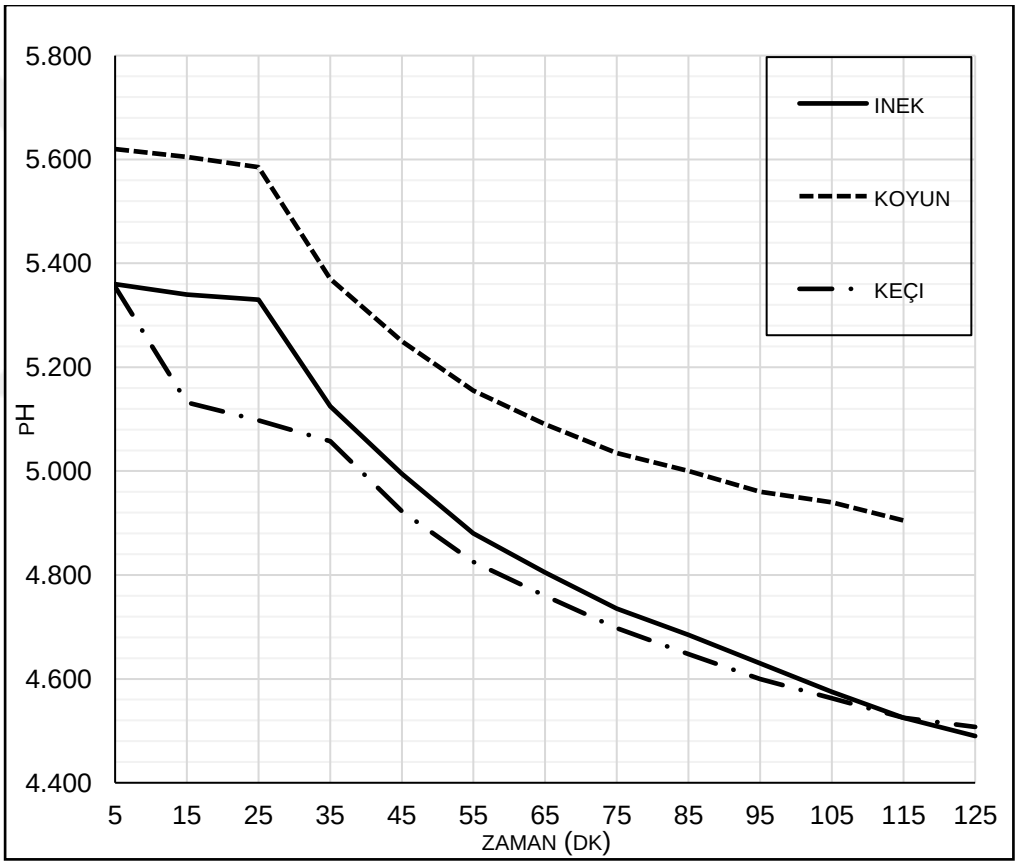
Şekil 4.2. Asit süt jeli örneklerinin inkübasyon aşamasındaki zamana bağlı türbidite değişim grafiği

4.4.2. pH

İnkübasyon aşamasındaki pH, transmitter sistemi ile belli aralıklarda ölçülmüş ve sonuçlar tablo halinde Çizelge 4.9.'de verilmiştir. Tablodaki sonuçlar incelendiğinde 5. dakikada inek ve keçi sütündeki pH sonuçları (5.36) paralellik gösterirken, koyun sütündeki pH (5.62) daha yüksek bulunmuştur. Farklı süt türleri arasındaki ortalama değişimler önemli bulunmuştur ($p<0.05$). İnkübasyon sonunda

inek asit süt jelinin pH (4.49)'sı ile keçi asit süt jelinin pH (4.51)'sı paralellik gösterirken, koyun asit süt jelinin pH (4.89)'sı daha yüksek yani asitlik daha düşük bulunmuştur.

İnkübasyon aşamasındaki pH'nın zamana bağlı değişim grafiği Şekil 4.3.'de verilmiştir. Grafiğe göre inek ve koyun sütü ilk 25. dakikaya kadar sabitken, keçi sütü ilk 15. dakikaya kadar büyük bir düşüş gösterdikten sonra oransal düşüşe geçmiştir. İnek ve keçi sütünde pH 35. dakikadan sonra azalışta hemen hemen paralellik gösterirken, koyun sütü bu değerlerin çok üstünde azalış göstermiştir.



Şekil 4.3. Asit süt jeli örneklerinin inkübasyon aşamasındaki zamana bağlı pH değişim grafiği

Çizelge 4.9. Asit süt jeli örneklerinin inkübasyon aşamasındaki pH sonuçları

	d5		d15		d25		d35		d45		d55		d65	
Süt	Değer	SS	Değer	SS	Değer	SS	Değer	SS	Değer	SS	Değer	SS	Değer	SS
İnek	5,36 ^{b}	± 0	5,34 ^{b}	± 0	5,33 ^{b}	± 0	5,13 ^{b}	± 0	5,00 ^{b}	± 0	4,88 ^{a}	± 0,03	4,81 ^{b}	± 0,04
Koyun	5,62 ^{a}	± 0	5,61 ^{a}	± 0	5,59 ^{a}	± 0	5,37 ^{a}	± 0	5,25 ^{a}	± 0	5,16 ^{b}	± 0,02	5,09 ^{a}	± 0,01
Keçi	5,36 ^{b}	± 0	5,13 ^{c}	± 0	5,10 ^{c}	± 0,20	5,06 ^{c}	± 0,30	4,92 ^{b}	± 0,21	4,83 ^{c}	± 0,14	4,76 ^{c}	± 0,09

	d75		d85		d95		d105		d115		d125	
Süt	Değer	SS	Değer	SS	Değer	SS	Değer	SS	Değer	SS	Değer	SS
İnek	4,74 ^{b}	± 0	4,69 ^{b}	± 0	4,63 ^{b}	± 0	4,58 ^{b}	± 0	4,53 ^{b}	± 0	4,49 ^{b}	± 0,06
Koyun	5,04 ^{a}	± 0	5,00 ^{a}	± 0	4,96 ^{a}	± 0	4,94 ^{a}	± 0	4,91 ^{a}	± 0	4,89 ^{a}	± 0,01
Keçi	4,70 ^{b}	± 0,10	4,65 ^{b}	± 0,10	4,60 ^{b}	± 0,07	4,56 ^{b}	± 0,08	4,53 ^{b}	± 0,09	4,51 ^{b}	± 0,10

a,b,c Süt türleri arası farklılığı göstermektedir. Aynı sütunda farklı harfle ifade edilen örneklerin ortalamalarındaki değişimler önemlidir ($p<0.05$),
SS: Standart Sapma, d: dakika

Daha öncede belirttiğimiz gibi sütte asit koagülasyonu, asitliğin kazein misellerinin üzerinde bulunan net negatif (-) yükü nötralize etmesi ve misellerdeki kalsiyumun (Ca) çözünür (serbest) hale geçmesiyle kazein misellerinin destabilizasyonuyla gerçekleşmektedir (Lucey, 2002). Koloidal kalsiyumun tampon etki mekanizması olduğundan, yaptığımız çalışmada koyun sütünde pH'nın yavaş düşmesinin sebebi bağlı kalsiyum miktarının fazla olmasından kaynaklanmaktadır.

4.4.3. Viskozite

İnkübasyon aşamasındaki viskozite belli aralıklarda ölçülmüş ve sonuçlar Çizelge 4.10'da verilmiştir. Tablodaki değerler incelendiğinde süt türleri arasındaki ortalama değişimler önemli bulunmuştur ($p<0.05$). İnek sütünden elde edilen asit süt jelinin inkübasyon aşamasındaki ilk viskozite sonucu (4033,33 cp), koyun (3133,33 cp) ve keçi (3200,00 cp) sütünden elde edilen asit süt jeli örneklerinden yüksek bulunmuştur. İnkübasyon aşamasında örneklerin viskozite değerleri kendi içinde paralel olarak artış göstermiştir. inkübasyon sonunda ise inek (11733,33 cp) sütünden elde edilen asit süt jeli örneklerinde en fazla değeri gösterirken, bunu sırasıyla koyun (10503,33 cp) ve keçi (5470,00 cp) sütü izlemiştir. Koyun asit süt jeli örneğinde ilk ölçümde keçi asit süt jeli örneğiyle paralellik gösterirken, inkübasyon sonunda inek asit süt jeli örneği değerlerine daha yakın ölçümler alınmıştır.

Yoğurttaki reolojik özelliklerinin incelendiği bir çalışmada, farklı hayvan sütlerinin yoğurtlarındaki en yüksek viskozite koyun sütlerinde elde edilirken, bunu sırasıyla keçi ve inek sütleri izlemiştir. Koyun sütlerinin yüksek viskozite değerleri, protein miktarının yüksek olmasına ve proteinlerin su tutma kapasitesinin yüksek olmasına bağlanmıştır (Jumah ve ark., 2001).

Asitliğin gelişmesine bağlı olarak kazein miselleri, üzerlerindeki elektriksel yüklerini yitirmekte ve asitlik belli bir düzeye düştükten sonra misellerin bir araya gelmesiyle koagülasyon başlamaktadır. Asitlik geliştikçe pıhtının suyu bağlama kapasitesi artmakta ve bu da viskoziteyi arttırmaktadır (Atamer ve Sezgin, 1987).

Bizim çalışmamızda koyun sütünde pH, bağlı kalsiyum miktarının fazla olmasından dolayı yeteri kadar düşmemiş ve bu nedenle viskozite inek sütüne göre daha düşük elde edilmiştir. İnek ve keçi sütünün asitlik gelişimi koyun sütüne göre daha iyi gelişmiş ve pH birbiriyle paralellik göstermesine rağmen viskozite inek sütünde daha fazla çıkarken, keçi sütünde daha az elde edilmiştir. Keçi sütlerinde bulunan düşük miktardaki kazein, αs-CN oranları ve misel boyutu değerlerindeki farklılıkların yoğurtta zayıf jel oluşumuna sebep olduğu düşünülmektedir (Park, 2007).

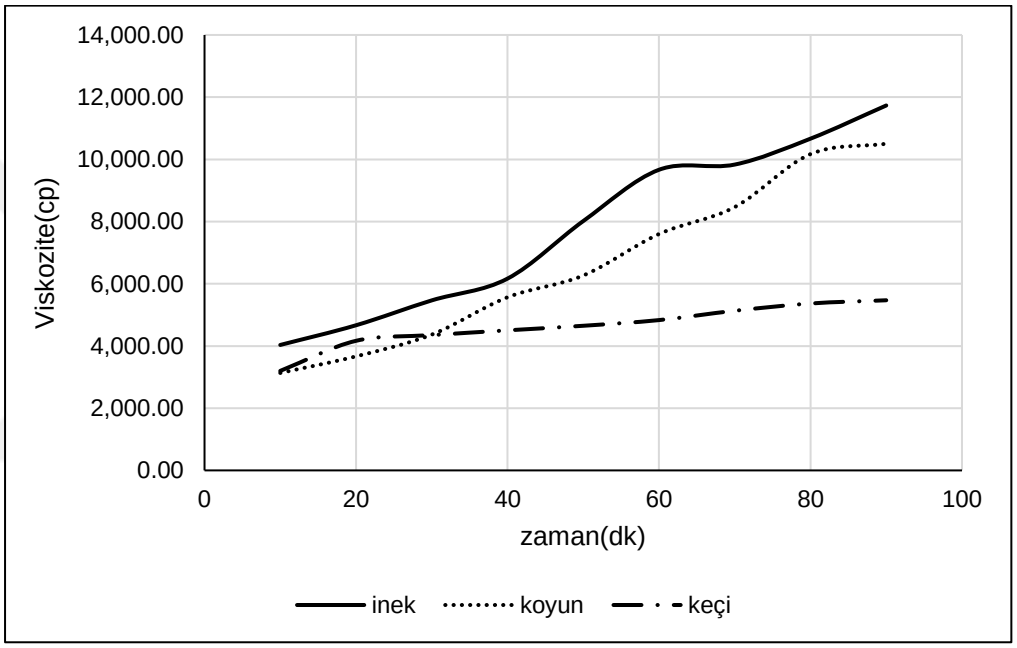
Çizelge 4.10. asit süt jeli örneklerinin inkübasyon aşamasındaki viskozite sonuçları

	d10		d20		d30		d40		d50	
Süt	Değer (cp)	SS	Değer (cp)	SS	Değer (cp)	SS	Değer (cp)	SS	Değer (cp)	SS
İnek	4033,33 [a]	± 57,74	4666,67 [a]	± 208,17	5466,67 [a]	± 208,17	6166,67 [a]	± 378,59	8016,67 [a]	± 425,25
Koyun	3133,33 [b]	± 57,74	3666,67 [c]	± 208,17	4366,67 [b]	± 152,75	5566,67 [b]	± 115,47	6266,67 [b]	± 208,17
Keçi	3200,00 [b]	± 100,00	4166,67 [b]	± 57,74	4350,00 [b]	± 50,00	4503,33 [c]	± 5,77	4650,00 [c]	± 50,00

	d60		d70		d80		d90	
Süt	Değer (cp)	SS	Değer (cp)	SS	Değer (cp)	SS	Değer (cp)	SS
İnek	9666,67 [a]	± 57,74	9833,33 [a]	± 57,74	10666,67 [a]	± 577,35	11733,33 [a]	± 550,76
Koyun	7600,00 [b]	± 100,00	8466,67 [b]	± 351,19	10170,00 [a]	± 60,83	10503,33 [b]	± 5,77
Keçi	4833,33 [c]	± 57,74	5133,33 [c]	± 57,74	5366,67 [b]	± 57,74	5470,00 [c]	± 60,83

a,b,c Süt türleri arası farklılığı göstermektedir. Aynı sütunda farklı harfle ifade edilen örneklerin ortalamalarındaki değişimler önemlidir ($p<0.05$),
SS: Standart Sapma, d: dakika

İnkübasyon aşamasındaki viskozitenin zamana bağlı değişim grafiği Şekil 4.4.'de verilmiştir. Grafiğe göre ilk 20. dakikada örnekler birbiriyle paralel bir şekilde artış göstermiştir. 40. dakika ve sonrasında ise koyun asit süt jeli örneği ortalama bir değerde artış gösterirken, inek asit süt jeli örneği artarak artmış, keçi asit süt jeli örneği ise azalarak artış göstermiştir. İnkübasyon sonlarında ise koyun asit süt jeli örneği viskozitesi artış göstererek inek asit süt jeli örneğinin viskozite değerine yakın bir değerle inkübasyon sona ermiştir.



Şekil 4.4. Asit süt jeli örneklerinin inkübasyon aşamasındaki zamana bağlı viskozite değişim grafiği

4.5. Depolama Aşaması

4.5.1. pH

Depolama aşamasındaki pH 1., 7. ve 14. günlerde ölçülmüş ve sonuçlar tablo halinde Çizelge 4.11.'de verilmiştir. Verilere göre süt türleri ve depolama sürecindeki ortalama değişimler önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Depolama sürecinde

farklı süt türlerinden (inek, koyun ve keçi) elde edilen asit süt jeli örneklerinin pH değerleri oransal olarak azalış göstermiştir.

Depolama koşullarında üründe meydana gelecek biyolojik ve biyokimyasal reaksiyonları yavaşlatma amacıyla yoğurdun soğukta muhafaza edilmesi gerekmektedir. Depolama koşullarında enzimatik aktivite yavaşda olsa devam eder, yani tamamen durmamaktadır. Bu nedenle ürünün 0-5°C'ta muhafaza edilmesi sırasında asitlik artışı meydana gelmektedir. Sonradan gelişen asitlik artışı, kültürün özelliğine, depolama sıcaklığına ve pH'ya bağlı olarak değişmektedir (MEGEP, 2008). Bu çalışmada starter kültür yerine GDL (Glukano Delta Lakton) kullanılmıştır ve çalışmada kullanılan sütlerin yağı ayrılmıştır. Depolama koşullarında bu durum yoğurtlarda meydana gelecek yüksek asitlik artışını azaltmaktadır. Depolama koşullarında tüm örneklerde yaklaşık 0.2 oranında pH düşüşü meydana gelmiştir.

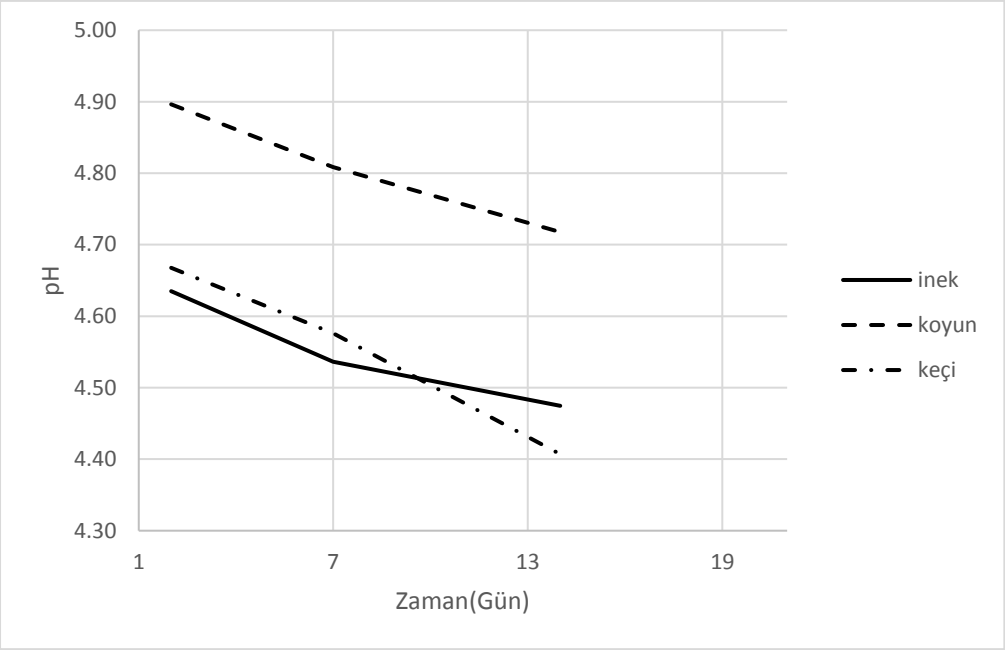
Çizelge 4.11. Asit süt jeli örneklerinin depolama aşamasındaki pH sonuçları

	1. Gün		7. Gün		14. Gün	
Süt	Değer	SS	Değer	SS	Değer	SS
İnek	4,64 ^{aA}	± 0,05	4,54 ^{aB}	± 0,04	4,47 ^{aB}	± 0,05
Koyun	4,90 ^{bA}	± 0	4,81 ^{bB}	± 0,01	4,72 ^{bC}	± 0,06
Keçi	4,67 ^{aA}	± 0,05	4,58 ^{aB}	± 0,02	4,41 ^{cC}	± 0,01

^{a,b,c} Süt türleri arası farklılığı göstermektedir. Aynı sütunda farklı harfle ifade edilen örneklerin ortalamalarındaki değişimler önemlidir ($p<0.05$).

^{A,B,C} Depolama süresince değişimi göstermektedir. Aynı satırda farklı harflerle ifade edilen örneklerdeki değişimler önemlidir ($p<0.05$), SS: Standart Sapma

Depolama aşamasındaki pH, 1., 7., ve 14. günlerdeki zamana bağlı değişim grafiği ise Şekil 4.4.'de verilmiştir. Grafiğe göre başlangıç pH'sı en yüksek olan koyun asit süt jeli örneği olup bunu sırasıyla keçi ve inek asit süt jeli örneği izliyor. Daha sonra depolama koşullarında koyun asit süt jeli örneğinin pH'sı, inek ve keçi asit süt jeli örneğinin sahip olduğu pH değerinin üstünde bir değerle azalarak sonlanmıştır.



Şekil 4.5. Asit süt jeli örneklerinin depolama aşamasındaki zamana bağlı pH değişim grafiği

4.5.2. Viskozite

Depolama aşamasındaki viskozite, 1., 7., ve 14. günlerde ölçülmüş ve sonuçlar tablo halinde Çizelge 4.12.'de verilmiştir. Tablodaki verilere göre süt türleri arasındaki ortalama değişim ve depolama süresince değişim önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Verilere göre, depolama süresince en yüksek viskozite inek sütünden elde edilen asit süt jeli örneğinde bulunmuş olup, bunu sırasıyla koyun ve keçi örnekleri izlemiştir. Bu sıralama 1., 7. ve 14. günlerde değişmemiştir.

Daha önce belirttiğimiz üzere yoğurttaki reolojik özelliklerinin incelendiği bir araştırmada, farklı hayvan sütlerinin yoğurtlarındaki en yüksek viskozite koyun sütlerinde elde edilirken, bunu sırasıyla keçi ve inek sütleri izlemiştir. Koyun sütlerinin yüksek viskozite değerleri, protein miktarının yüksek olmasına ve proteinlerin su tutma kapasitesinin yüksek olmasına bağlanmıştır (Jumah ve ark., 2001). Yoğurdun viskozite değerinin yüksek olması, serum ayrılmasını güçleştirmekte ve bu da yoğurdun daha kıvamlı ve sert bir yapıya sahip olduğunu göstermektedir.

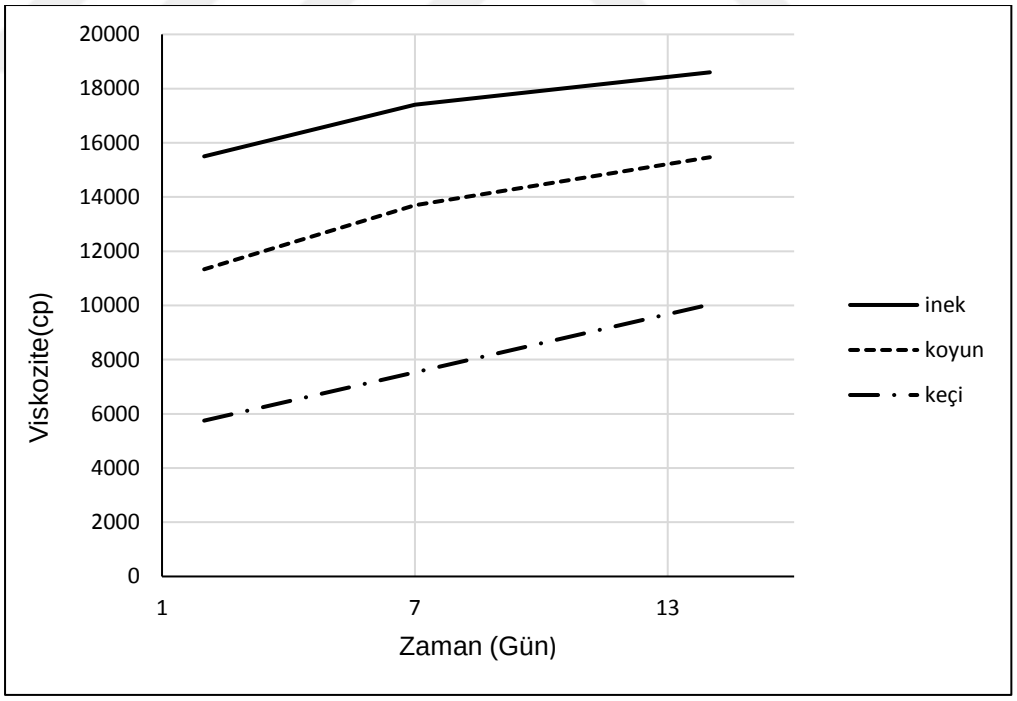
Çizelge 4.12. Asit süt jeli örneklerinin depolama aşamasındaki viskozite sonuçları

	1. GÜN		7. GÜN		14. GÜN	
Süt	Değer (cp)	SS	Değer (cp)	SS	Değer (cp)	SS
İnek	15500 ^{aA}	± 500	17400 ^{aB}	± 436	18600 ^{aB}	± 1136
Koyun	11333 ^{bA}	± 577	13700 ^{bB}	± 1153	15467 ^{bC}	± 503
Keçi	5750 ^{cA}	± 50	7533 ^{cB}	± 723	10033 ^{cC}	±

^{a,b,c} Süt türleri arası farklılığı göstermektedir. Aynı sütunda farklı harfle ifade edilen örneklerin ortalamalarındaki değişimler önemlidir ($p<0.05$).

^{A,B,C} Depolama süresince değişimi göstermektedir. Aynı satırda farklı harflerle ifade edilen örneklerdeki değişimler önemlidir ($p<0.05$), SS: Standart Sapma

Depolama aşamasındaki viskozite, 1., 7. ve 14. günlerdeki zamana bağlı değişim grafiği Şekil 4.5.'de verilmiştir. Tablodaki değerlere bakıldığında depolama süresi boyunca inek, koyun ve keçi sütünden elde edilen asit süt jeli örneklerinde viskozite değerleri giderek artış göstermiştir. Burada süt türleri arasındaki değişim, asitliğin bir miktar artmasıyla kazein misellerinin oluşturduğu pıhtının suyu bağlama kapasitesine bağlı olarak artmıştır (Atamer ve Sezgin, 1987).



Şekil 4.6. Asit süt jeli örneklerinin depolama aşamasındaki zamana bağlı viskozite değişim grafiği

4.5.3. Serum ayrılması

Depolama aşamasındaki serum ayrılması, 1., 7. ve 14. günlerde ölçülmüş ve sonuçlar tablo halinde Çizelge 4.13.'de verilmiştir. Tablodaki sonuçlar incelendiğinde 1., 7. ve 14. günlerde serum ayrılması sırası ile giderek azalmıştır. Depolama süresince ve süt türleri arasındaki ortalama değişim ($p<0.05$) önemli bulunmuştur.

Asitliğin gelişmesine bağlı olarak kazein miselleri üzerlerindeki elektriksel yüklerini yitirmekte ve asitlik belli bir düzeye düştükten sonra misellerin bir araya gelmesiyle koagülasyon başlamaktadır. Pıhtının suyu bağlama kapasitesinin, asitliğin gelişmesiyle artması yoğurttaki reolojik özellikleri (viskozite artar ve serum ayrılması azalır) etkilemektedir (Atamer ve Sezgin, 1987). Serum proteinlerinin ısıyla denatürasyonu sonucunda kazeinle arasında interaksiyon meydana gelmekte ve bu durumun sonucunda kazeinlerin hidrofilik özellikleri artarak daha stabil bir yoğurt pıhtısı oluşmasına yardımcı olmaktadır (Tamime ve Deeth, 1980).

Proteinin su tutma kapasitesi ile asitlik arasındaki ilişki ve buna bağlı olarak pıhtının reolojik özelliği olarak bilinmekte olan konsistens, viskoziteyi ve serum ayrılmasını oldukça etkilemektedir. Düşük asitlikte ($pH>4.6$) proteinin su tutma kapasitesindeki yetersizlik, konsistensi olumsuz etkilemektedir. pH 4.0-4.6'da proteinlerin su tutma kapasitesi artmakta ve buna bağlı olarak serum ayrılması azalmaktadır (Rasic ve Kurmann, 1978).

Çizelge 4.13. Asit süt jeli örneklerinin depolama aşamasındaki serum ayrılması sonuçları

	1. Gün		7. Gün		14. Gün	
Süt	Değer (%)	SS	Değer (%)	SS	Değer (%)	SS
İnek	56,46 ^{aA}	± 0,93	47,83 ^{aB}	± 1,6	38,41 ^{aC}	± 1,48
Koyun	59,07 ^{bA}	± 1	49,70 ^{abB}	± 1,35	42,92 ^{bC}	± 1,86
Keçi	61,68 ^{cA}	± 0,56	51,34 ^{bcB}	± 0,43	46,94 ^{cC}	± 0,53

^{a,b,c} Süt türleri arası farklılığı göstermektedir. Aynı sütunda farklı harfle ifade edilen örneklerin ortalamalarındaki değişimler önemlidir ($p<0.05$).

^{A,B,C} Depolama süresince değişimi göstermektedir. Aynı satırda farklı harflerle ifade edilen örneklerdeki değişimler önemlidir ($p<0.05$), SS: Standart Sapma

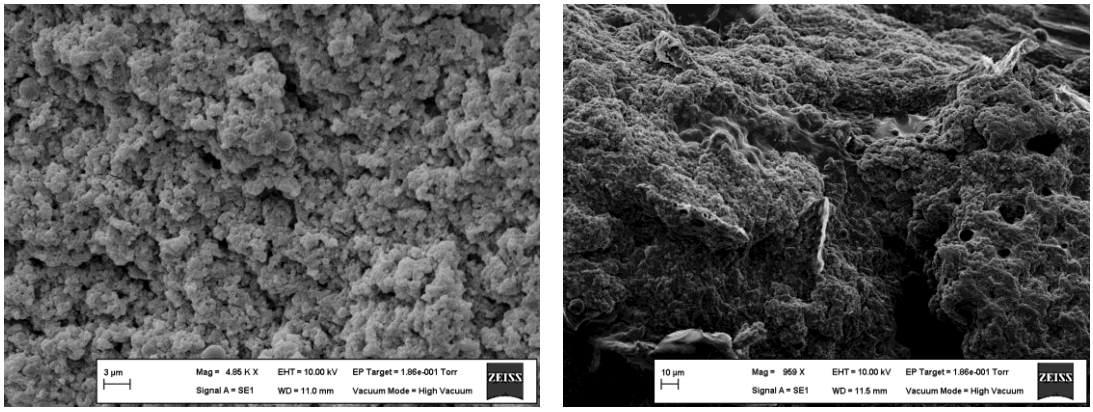
4.5.4. Mikroyapı

Asit süt jeli örneklerinin (inek, koyun ve keçi) Taramalı Elektron Mikroskobuyla (SEM, Zeiss) numunede çok küçük alana odaklanan ve yüksek enerjili elektronlarla yüzeyin taranması prensibiyle elde edilen görüntüler 3 µm ve 10 µm'lik boyutlarda verilmiştir.

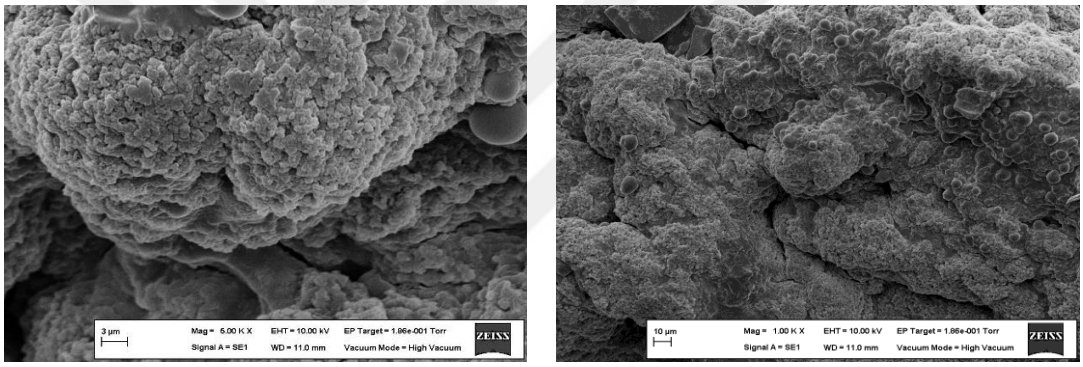
Düşük yağlı yoğurtlarda Taramalı Elektron mikroskobuyla yapılan bir çalışmada, proteinlerin yapısıyla yoğurtların sıkılık ve gevşeklik durumu incelenmiştir. Az yağlı yoğurtlarda protein matriksinde olan boşluk yoğurtta daha gevşek bir yapı meydana getirmiştir (Sondoval-Costilla ve ark., 2004).

Şekil 4.7 ve 4.8'de koyun ve inek asit süt jeli örneklerinin agregat büyüklükleri benzerken inek asit süt jeli örneği daha düzgün homojen bir ağ yapı göstermiş, koyun asit süt jeli örneğinde ise daha fazla boşluk bulunduğu göze çarpmıştır. Keçi asit süt jeli örneğinde agregatların (Şekil 4.9) inek ve koyun asit süt jeli örneğinden daha kaba yapılı olduğu görülmüş, bu da daha gevşek bir ağ oluşturduğunu göstermiştir.

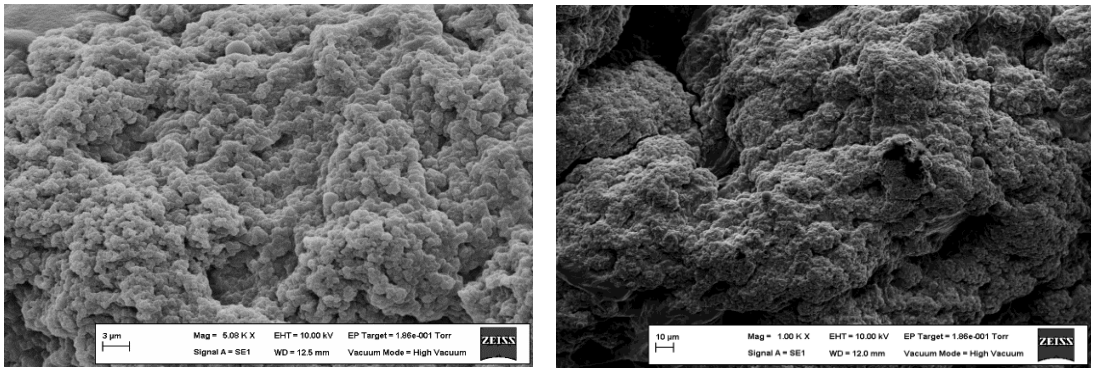
A (3 µm) B (10 µm)



Şekil 4.7. İnek asit süt jeli örneğinden elde edilen 3 µm ve 10 µm'lik SEM görüntüsü



Şekil 4.8. Koyun asit süt jeli örneğinden elde edilen 3 µm ve 10 µm'lik SEM görüntüsü



Şekil 4.9. Keçi asit süt jeli örneğinden elde edilen 3 µm ve 10 µm'lik SEM görüntüsü

5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Çalışma sonucu elde edilen araştırma bulgularının genel bir değerlendirmesi bu bölümde verilmiştir.

Yağı alınan inek, koyun ve keçi sütlerinin, protein oranları ve toplam kurumadde oranları laktoz ve su ilavesiyle standardize edilmiştir. Protein ve kurumadde oranları standardize edilen sütler, %1.3 oranında GDL (Glukano Delta Lakton) ile asitlendirilerek inkübasyon ve depolama aşamasında bazı bileşim ve yapısal analizler ile ait koagülasyon özellikleri karşılaştırılmıştır.

Standardize edilen inek, koyun ve keçi sütlerinde yapılan bileşim analizlerinde protein oranları sırasıyla % 3.07, % 3.11 ve % 3,02 şeklinde, kurumadde sonuçları ise sırasıyla % 8.71, % 8.78, % 8.91 şeklinde birbiriyle paralel olarak bulunmuştur. Burada sonuçlar standardizasyon işleminin başarıyla tamamlandığını göstermiştir.

Standardize edilen inek, koyun ve keçi sütlerinde ve asit süt jeli örneklerinde yapılan mineral madde (ICP) analizinde süt türleri arasındaki ortalama değişimler önemli ($P<0.05$) düzeyde bulunmuştur. Standardize süt örneklerinde (inek, koyun ve keçi) Ca (mg/100g) değerleri inek (148.89) ve keçi (148.00) sütlerinde birbiriyle paralellik gösterirken, koyun (184.80) örneğinde daha fazla bulunmuştur. P (mg/100g) değerleri ise inek (159.82) ve koyun (169.27) sütlerinde birbirine yakın değerler gösterirken, keçi (118.35) örneğinde daha az bulunmuştur. Asit süt jeli örneklerinde de Ca (mg/100g) değerleri inek (141.05) ve keçi (144.15) örneğinde birbiriyle paralellik gösterirken, koyun (179.00) örneğinde daha fazla bulunmuştur. P (mg/100g) değerleri ise inek (131.30) ve koyun (133.75) örneğinde birbiriyle paralellik gösterirken, keçi (93.56) örneğinde daha az bulunmuştur. Genel anlamda mineral madde değerleri normalin üstünde bulunmuş olup, süt ve asit süt jeli örneklerindeki mineral madde değerleri uyum içinde tespit edilmiştir.

Çalışma inkübasyon aşamasında pH ve viskozite belli aralıklarla ölçülmüş ve süt türleri arasındaki ortalama değişimler önemli ($P<0.05$) düzeyde bulunmuştur. pH ve viskozite değişimi süt türlerinde protein ve kurumadde değerlerinin eşit olmasına rağmen farklılık göstermiştir. Asit gelişimi inek (4,49) ve keçi (4,51) sütlerinde daha belirgin bir pH düşüşü gösterirken, koyun (4,89) sütünde daha az bir düşüş göstermiştir. Türler arasındaki viskozite değişimi inkübasyon sonunda inek (11733,33 cp) sütünden elde edilen yoğurt en fazla değeri gösterirken, bunu sırasıyla koyun (10503,33 cp) ve keçi (5470,00 cp) sütü izlemiştir. Türler arasındaki türbidite (bulanıklık) değişimi ise; yağsız süte asit ilavesiyle meydana gelen pıhtılaşmada en çok artış inek (0,59 A) sütünde olup bunu sırasıyla koyun (0,42 A) ve keçi (0,20 A) sütü izlemiştir.

Örneklerin depolama aşamasında ise pH, viskozite ve serum ayrılması 1., 7. ve 14. günlerde ölçülmüş ve farklı hayvan türlerine (inek, koyun ve keçi) ait yoğurtlar arasındaki ortalama değişimler önemli ($P<0.05$) düzeyde bulunmuştur. Türler arasındaki pH değişimi depolama süresince yaklaşık olarak sabit devam etmiştir ve inkübasyon süreci değişimiyle paralellik göstermiştir. Depolama süresince serum ayrılması pH'nın azalmasına, viskozite ve proteinin su tutmadaki artışına bağlı olarak 1., 7. ve 14. günlerde giderek düşüş göstermiştir. Serum ayrılması en çok keçi sütünden elde edilen yoğurtlarda meydana gelirken bunu sırasıyla koyun ve inek sütünden elde edilen yoğurtlar takip etmiştir.

Çalışmada elde edilen veriler incelendiğinde, yağı alınan farklı türdeki (inek, koyun ve keçi) sütlerin protein ve toplam kurumadde değerleri standardize edilmesine rağmen asit koagülasyon özellikleri üzerinde önemli farklılıklar elde edilmiştir. Bu farklılıkların proteinler arası farklılıklardan, özellikle de kazein fraksiyonları arasındaki miktar ve oran farklılıklarından kaynaklandığı öngörülmektedir. Aynı miktar GDL (Glukano Delta Lakton) kullanılmasına karşın kullanılan süt türünün tampon kapasitesindeki farklılıklara bağlı olarak pH farklılıkları görülmüştür. pH, asit süt jelinin yapısal özelliklerini etkileyen önemli bir faktördür. Asit süt jeli örnekleri arasındaki farklılıkların bir diğer nedenini de pH farklılıkları oluşturmaktadır. pH

değerleri standardize edilerek yapılan bir araştırma ileriki çalışmaların konusu olabilecektir.

Elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde; koyun sütünde toplam kurumadde ve toplam protein oranı inek ve keçi sütüyle aynı oranda standardize edilmesine rağmen elektroforezde kazein bantlarının yoğunluğu ve bağlı kalsiyum miktarı yüksek bulunmuştur. İnek sütü ile keçi sütünde kalsiyum miktarları benzer bulunmuş, inkübasyon aşamasında pH 4,6'nın altına düşmesine rağmen viskozite, keçi asit süt jelinde, inek asit süt jeline kıyasla zayıf kalmıştır. Bunun nedeninin, keçi sütünün αs-CN oranları ve bu oranların etkileyeceği misel boyutu değerlerindeki farklılıklardan kaynaklandığı düşünülmektedir. Keçi sütüne, inek ya da koyun sütünden ikame edilerek kazein oranının arttırılması süt ve süt ürünleri üretiminde alternatif olarak düşünülebilecektir. Bu çalışma asit koagülasyon ürünü olan fermente süt ürünlerinin üretiminde sadece protein miktarlarının değil, proteinlerin niteliğinin de kritik önem taşıdığını göstermiştir. Yine, fermentasyon sürecini sütlerin tamponlama kapasitesi etkilemektedir. Yüksek kazeinli ve bağlı kalsiyum miktarı fazla olan sütlerde bu tampon etki göz önünde bulundurularak kullanılacak starter kültür miktarları artırılabilir ya da fermentasyon süreci uzatılabilir.

KAYNAKLAR

AHMAD, S., ANJUM, F.M., HUMA, N., SAMEEN, A. and ZAHOOR, T., 2013. Composition and physico-chemical characteristics of buffalo milk with particular emphasis on lipids, proteins, minerals, enzymes and vitamins. The Journal of Animal and Plant Sciences, 23: 62-74.

ANONİM, 1994. TS-1018 Çiğ İnek Sütü Standardı, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 15s.

ANONİM, 2014. Sütün Tarihi .http://tr.wikipedia.org/wiki/Süt

ANONİM, 2016. Elektron mikroskobu hazırlık ve takip aşamaları. http://veterinerhistoloji.atauni.edu.tr/boyama/TEM%20takip.pdf

ANONYMOUS, 1988a. TS 1019, Pastörize Süt Standardı.

ANONYMOUS, 1988b. TS 1330, Yoğurt Standardı.

ANONYMOUS, 1994. TS 1018, İnek sütü Standardı.

ANONYMOUS, 2005. Comparing Group Means: The T-test and One-Way ANOVA Using STATA, SAS, and SPSS. The Trustees of Indiana University (2003-2005).

ATAMER, M. ve SEZGİN, E., 1987. İnkübasyon sonu asitliğinin yoğurt kalitesi üzerine etkisi. Gıda Dergisi, Ankara, 12 (4): 213-220.

AOAC, 1990. Official methods of analysis. Association of official analytical chemists. IAC, Arlington, VA., 15: 1058-1059.

AYAR, A. ve SERT, D., 2006. Sütün Tamponlama Kapasitesi ve Önemi. Selçuk Üni. Ziraat Fak. Gıda Mühendisliği Bölümü, Konya. Türkiye 9. Gıda Kongresi, 24-26 Mayıs 2006, Bolu, s.725-728.

BAKA, 2011. Batı Akdeniz Kalkınma Ajansı. Süt Ve Süt Ürünleri Sektör Raporu http://baka.org.tr/uploads/SUT-URUNLERi.pdf

BANON, S. and HARDY, J., 1991. Study of acid milk coagulation by an optical method using light reflection. Journal of Dairy Research, 58: 75-84.

BARŁOWSKA, J., LITWIŃCZUK, Z., FLOREK, M. & KĘDZIERSKA-MATYSEK, M., 2007. Milk yield and its composition of 4 Polish goat breeds with different genotypes of αs1-casein (in Polish). Vet. Med., 63 (12): 1600-1603.

BORKOVA, M. ve SNASELOVA, J., 2005. Possibilities of different animal milk detection in milk and dairy products – a review. Czech J. Food Sci., 23: 41–50.

CHIANESE L., GARRO, G., NICOLAI, MA., MAURIELLO, R., FERRANI, P., PIZZANO, R., CAPPUCIO, LAEZZA, P., ADDEO, F., RAMUNNO, L., RANDO, A. and RUBINO, R., 1993. The nature of β-casein heterogeneity in caprine milk. Lait, 73: 533-547.

CLARK, S. and SHERBON J.W., 2000. Genetic variants of alpha$_{s1}$-casein in goat milk: breed distribution and associations with milk composition and coagulation properties. Small Ruminant Research, 38 (2): 135-143.

COSENZA G., PACIULLO, A., COLIMONO, L., MANCUSI, A., DI BERARDINO, D. and RAMUNNO, L., 2007. An SNP in the goat CSN2 promotor region is associated with the absence of β-casein in milk. Anim. Genet., 38: 655-658.

COSTA, R.G., BELTRÃO-FILHO, E.M., SOUSA, S., CRUZ, G.R.B., QUEIROGA, R.C.R.E. ve CRUZ, E.N., 2016. Physicochemical and sensory characteristics of yoghurts made from goat and cow milk. Animal Science Journal, 87: 703–709

COŞKUN, H. ve ÖNDÜL, E., 2004. Keçi Sütü ve İnsan Beslenmesindeki Önemi, Goat Milk and Its Importance In Human Nutrition, Gıda, 29 (6): 411- 418.
DALGLEISH, D. G. and A.J.R. LAW, 1988. pH-induced dissociation of bovine casein micelles. I. Analysis of liberated caseins. J. Dairy Res., 55529.
DALGLEISH, D. G. and A.J.R. LAW, 1989. pH-induced dissociation of bovine casein micelles. 11. Mineral solubilization and its relation to casein release. J. Dairy Res., 56: 727-728.
DAVIES, F.L.; SHANKAR, P.A.; BROOKER, B.E. ve HOBBS, D.G., 1978. A heat induced change in the ultrastructure of milk and its effect on gel forming in yogurt. J. Dairy Res., 45(1): 53-58.
DEMİRCİ, M., YÜKSEL, N., SOYSAL, M.İ., 1992. Memeden mamül maddeye süt. Hasat Yayıncılık, 2. Basım. İstanbul, 32(1): 77-82.
DERVİSOGLU, M., HURSİT, A.K., ve YAZICI, F., 2004. Yağsız Soya Ununun Vanilyalı Dondurmaların Fiziksel, Kimyasal Ve Duyusal Özelliklerine Etkisi. Gıda, 29 (6): 443- 449s.
ERKAYA, T. ve ŞENGÜL, M., 2012. A Comparative Study on Some Quality Properties and Mineral Contents of Yoghurts Produced From Different Type of Milks. Kafkas Üniv. Vet. Fak. Dergisi, 18 (2): 323-329.
EUBER, J.R. ve BRUNNER, J.R., 1982. Interactions of K-caseins with immobilized β-lactoglobulin. J. Dairy Sci., 65 (2): 2384-2386.
FELIGINI, M., BONIZZI, I., BUFFONI, J. N., COSENZA, G., and RAMUNNO, L., 2009. Identification and quantification of a-S1, a-S2, b, and kcaseins in water buffalo milk by reverse phase-high performance liquid chromatography and mass spectrometry,Journal of Agricultural and Food Chemistry, 57: 2988–2992.
FERRANTI, P., ADDEO, F., MALORNI, A., CHIANESE, L., LEROUX, C. and MARTİN, P., 1997. Differential splicing of pre-messenger RNA produces multiple forms of mature caprine αs1-casein. Eur. J. Biochem., 249: 1-7.
GÜNAYDIN, G., 2009. Koyun Yetiştiriciliğinin Ekonomi Politiği. Uludağ Üni. Ziraat Fak. Dergisi., 23(2): 15-32.
HARTMAN, G.H. ve SWANSON, A.M., 1965. Changes in mixture of whey priteins and K-casein due to heat treatments. J. Dairy Sci., 48(2): 1161-1167.
HAVVA, D., EVREN, K., EBRU, S., EMEL, O., MESUDE, I. and İNCİ, T., 2009. Proceedings of International Conference on Environment: Survival and Sustainability, 2: 345-351.
HINZ, K., O'CONNOR, P.M., HUPPERTZ, T., ROSS, R.P. and KELLY, A.L., 2012. Comparison of the principal proteins in bovine, caprine, buffalo, equine and camel milk. J Dairy Res, 79: 185–191.
IDF, 1982. Cheese and Processed Cheese - Total Solid Content. IDF Standard 4A. International Dairy Federation, Brussels.
IDF, 1993. Milk Determination of Nitrogen Content. IDF Standard 20B. International Dairy Federation, Brussels.
ISA, 2007. What is Turbidity. Standards Certification Education & Training Publishing Conferences & Exhibits. John Daly ISA NorCal President South Fork Instruments, Inc.
JOST, R., 1988. Physicochemical treatment of food allergens: application to cow's milk proteins. NestliS Nutr Workshop Ser, (17): 187-197.
JOVANOVIC, S., BARAC, M., MACEJ, O., VUCIC, T. ve LACNJEVAC, C., 2007. SDS-PAGE Analysis of Soluble Proteins in Reconstituted Milk Exposed to

Different Heat Treatments. Institute of Food Technology and Biochemistry, Faculty of Agriculture, University of Belgrade, 11081 Belgrade-Zemun, Serbia, 7: 371-383.

JUMAH, R.Y., SHAKER, R.R. and B ABU-JDAYIL., 2001. Effect of milk source on the rheological properties of yogurt during the gelation process. August International Journal of Dairy Technology, 54(3): 89-93.

KIELWEIN, G., 1976.Leitfaden der Milchkunde und Milchhygiene. Verlag Paul Parey, Berlin, 2: 1273-1276.

KONAR A.; M.S. AKIN; N. ŞAHAN ve M. GÜVEN, 1991. Laktasyon Döneminde ivesi Koyun sütü bileşimindeki değişmeler. Doğa-Tr. J. Of Agriculture and Forestry, 15: 958-967.

KONAR, A., 1980. İnek, Keçi, Koyun ve Manda Sütlerinin Çeşitli Sıcaklık Derecelerinde ve Değişik Sürelerde İşlenmelerinin Yoğurt Kalitesine Etkileri Üzerinde Araştırmala. Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Gıda Bilimi ve Teknolojisi Bölümü, Doçentlik Tezi, Adana, 165s.

KRESHCEK, G.C.; VON WINLE ,Q. and GOULD, L.A., 1963. Physical changes in milk proteins at elevated temperatures as determined by light scattering. 2. Interaction between β-laktoglobulin and whole, α-and K-casein buffer. J. Dairy Sci., 46(1): 126-129.

KURDAL, E. ve DEMİRCİ, M., 1980. Erzurum ili merkezinde tüketilen yoğurtların bileşimleri üzerine bir araştırma. Atatürk Üniv. Zir. Fak. Derg., Erzurum,11: 1-2.

LAEMMLI, U.K., 1970. Cleavage of structural proteins during the assembly of the heat of bacteriophage T4. Nature 227(5259): 680-685.

LONG, J.E.; VON WINKLE, Q. ve GOULD, L.A., 1963. Heat induced interation between crude K-casein and β-lactoglobulin J. Dairy Sci., 46(2): 1329-1334.

LUCEY, J. A., 2002. Formation and physical properties of milk protein gels. J. Dairy Sci. 85: 281–294.

Mc KENZIE, G.H.; NORTON, R.S. ve SAWYER, W.H., 1971. Heat induced interaction of β-laktoglobulin and K-casein. J. Dairy Res., 38(1): 343-351.

MEGEP, 2008. Mesleki Eğitim ve Öğretim Sisteminin Güçlendirilmesi Projesi. Gıda Teknolojisi, Yoğurt. Ankara.

METİN, M. ve ÖZTÜRK, G.F., 2002. Süt ve Mamulleri Analiz Yöntemleri. E.Ü. Ege Meslek Yüksekokulu Yayınları No: 24.

METİN, M., 2003. Sütün Bileşimi ve İşlenmesi, Süt Teknolojisi, İzmir, 5: 1-272.

METİN, M., 2012. Süt ve Mamülleri Analiz Yöntemleri. Ege Üni., İzmir, 7: 144-146.

NEVEU C., MOLLE, D., MORENO, J., MARTIN, P. and LEONIL J., 2002. Heterogeneity of caprine beta-casein elucidated by RPHPLC/MS: Genetic variants and phosphorylations. J. Protein Chem., 21: 557-567.

OCAK, E., BİNGÖL, M. ve GÖKDAL, Ö., 2009. Van Yöresinde Yetiştirilen Norduz Koyunlarının Süt Bileşimi ve Süt Verim Özellikleri. Yüzüncü Yıl Üni. Tar. Bil. Der., 19(2): 85-89.

OYSUN, G., 1991. Süt Ürünlerinde Analiz Yöntemleri. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No: 504. Bornova, 230s.

OYSUN, G., 1996. Süt Ürünlerinde Analiz Yöntemleri. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No: 504. Ofset Basımevi. Genişletilmiş II. Baskı, İzmir, 230.

ÖZDEMİR, S. ve BODUR, A.E., 1994. Yoğurt üretimi sırasında oluşan fiziksel, kimyasal ve biyokimyasal olaylar. Atatürk Üni. Zir. Fak. Der., 2İ (3): 47SM87

ÖZER, H.B. ve M. ATAMER, 1994. Yoğurt Jelinin Oluşumunda Serum Proteinlerinin Rolü. Ankara Üni. Ziraat Fak. Süt Teknolojisi Bölümü, 19 (3):155-159.
PARK, Y.W., 2007. Rheological characteristics of goat and sheep milk. Small Ruminant Research, 68: 73–87
PARK, Y.W., M. JU´AREZ, M. RAMOSC, and G.F.W. HAENLEIN, 2007. Physico-chemical characteristics of goat and sheep milk. Small Ruminant Research, 68: 88–113.
PENG, Y., D. S. HORNE, J. and A. LUCEY, 2009. Impact of preacidification of milk and fermentation time on the properties of yogurt, J. Dairy Sci., 92: 2977– 2990.
PERSUY MA., PRINTZ C., MEDRANO, J.F. and MERCIER, J.C., 1999. A single nucleotide deletion resulting in a premature stop codon is associated with marked reduction of transcripts from a goat βcasein null allele. Anim. Genet., 30: 444-451.
RASIC, J. ve KURMANN, J.A., 1978. Yogurt. Technical Dairy Publishing House, Copenhangen, 1: 427-428.
RAYNAL, K. ve REMEUF, F., 1998. The Effect of Heating on Physicochemical and Renneting Properties of Milk: a Comparison between Caprine, Ovine and Bovine Milk. Laboratoire de Ge &nie et Microbiologie des Proce &de &s Alimentaires, INRA-INA Paris, Grignon, CBAI, 78850 Thiverval-Grignon, France, S0958-6946(98)00112-5.
RAYNAL-LJUTOVAC, K., LAGRIFFOUL, G., PACCARD, P., GUILLET ve CHİLLİARD, Y., 2008. Composition of goat and sheep milk products: An update. France, 79: 57-72.
ROBINSON, R.K., 1986. Modern Dairy Technology. Advances in Milk Processing. Elsevier Applied Science Publishers, London and New York, 2: 77-114.
SAWYER, H.W., 1969. Complex between β-laktoglobulin and K-caseins. A review. J.Dairy Sci., 52(2): 1347-1353.
SAWYER, H.W. ve COULTER, W.H., 1963. Role of sulphydryl groups in the interactions of K- casein and β-lactoglobulin J. Dairy Sci., 46(1): 564-570.
SCOTT, R., 1986. Cheesemaking Practice. Second edition. Elsevier Applied Science Publishers, London and New York, 2: 1-11.
SONDOVAL-COSTILLA, O., LOBATO, C., AGUIRRE, E. and VERNON, E.J., 2004. Microstructure and texture of yogurt as influenced by fat replacers. International Dairy Journal, 14: 151–159.
TAMIME, A.Y. and DEETH, H.C., 1980. Yoghurt: techonology and biochemistry. Journal of Food Protection, 43 (12): 939-77.
TAMIME, A.Y. ve ROBINSON, R.K., 1984. Yogurt Science and Tekchnology. Pergamen Press, Oxford.
TGK, 2009a. Türk Gıda Kodeksi. Çiğ Süt ve Isıl İşlem Görmüş İçme Sütleri Tebliği (Tebliğ No: 2009/14).
TGK, 2009b. Türk Gıda Kodeksi. Fermente Süt Ürünleri Tebliği (Tebliğ No: 2009/25)
TRUJILLO, AJ., CASALS, I. and GUAMIS, B., 2000. Analysis of major caprine milk proteins by reverse-phase high-performance liquid chromatography and electrospray ionization-mass spectrometry. J. Dairy Sci., 83: 11-19.
TÜİK, 2015. Türkiye İstatistik Kurumu Başkanlığı, Hayvansal Üretim İstatistikleri, www.tüik.gov.tr

TÜRKOĞLU, H., ATASOY, F. ve ÖZER, B., 2003. Şanlıurfa ilinde üretilen ve satışa sunulan süt, yoğurt ve Urfa peynirlerinin bazı kimyasal özellikleri. Harran Üniv. Zir. Fak. Dergisi., 7: 69-76.

ÜÇÜNCÜ, M., 2012a. Süt ve Süt Mamülleri Teknolojisi kitabı, İzmir, 3: 1-8.

ÜÇÜNCÜ, M., 2012b. Değişik tip yoğurt üretiminde işlem basamakları. Süt ve Mamülleri Teknolojisi, İzmir, 3: 405-408.

ÜNAL, R.N. ve BESLER, T., 2012. Beslenmede Sütün Önemi; Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Beslenme ve Diyetetik Bölümü, Ankara, 2: 7-37.

YERLİKAYA, O., ve KARAGÖZLÜ, C., 2008. Koyun sütünün beslenmedeki önemi ve Teknolojik özellikleri. Süt Dünyası Dergisi. Mayıs-Haziran 2008, 14: 58–61.

WANG, Q., HUANG, Z., CHEN, M.J., HUANG, S.Z. and ZENG, Y.T., 2001. Capra hircus betacasein precursor (csn2) gene, complete cds. Gene Bank Accession No.AF409096.http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/viewer.fcgi?db=nuccore&id=15 425979 (Erişim: 05.05.2008).

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı **:** Ergül TEKER

Uyruğu **:** T.C.

Doğum Yeri ve Tarihi : Doğubeyazıt/AĞRI, 10.03.1992

Telefon **:** 0543 408 75 35

E-mail **:** fb1530@hotmail.com

EĞİTİM

Derece	Adı, İlçe, İl	Bitirme Yılı
Lise	: Cibali Lisesi, Eminönü, İstanbul	2006
Üniversite	: Harran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü, Şanlıurfa	2013
Yüksek Lisans	: Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Şanlıurfa	2016

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görevi
2012	Melodi Ltd. Şti	Stajyer
2014	Mafa Ltd. Şti	Gıda Mühendisi

UZMANLIK ALANI: Süt ve Süt Ürünleri.

YABANCI DİL: İngilizce.