

KEÇİ VE KOYUN SÜTLERİNİN KİMYASAL BİLEŞİMLERİ

Zerrin Yüksel Önür*

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Bayramiç Meslek Yüksekokulu,
Gıda İşleme Bölümü, Bayramiç, Çanakkale

Geliş tarihi / *Received*: 26.03.2015

Düzeltilerek Geliş tarihi / *Received in revised form*: 22.04.2015

Kabul tarihi / *Accepted*: 25.06.2015

Özet

Keçi ve koyun sütünün bileşimlerinin hayvanın ırkı, coğrafya, beslenme, yaş ve mevsimsel faktörlere bağlı olarak geniş bir aralıkta değişim gösterdiği bilinmektedir. Koyun sütü, keçi ve inek sütüne kıyasla daha yüksek kuru madde içeriğine sahiptir. Keçi, koyun ve inek sütünde bulunan kazein fraksiyonları aynıdır. Ancak keçi ve koyun sütü kazein misellerinin ortalama çapları, hidrasyon ve mineralizasyon düzeyleri inek sütündekinden farklılıklar göstermektedir. Keçi ve koyun sütleri, inek sütünde olduğu gibi, basit ve kompleks lipitler ile yağda çözünen bileşenleri bulundurmaktadır. En küçük yağ globül çapına sahip süt koyun sütüdür ve bunu keçi ve inek sütleri izlemektedir. Keçi sütünün protein olmayan azot miktarı, inek sütüne kıyasla, daha yüksektir. İnek sütü ile karşılaştırıldığında, özellikle koyun sütleri üzerine yapılan araştırmaların ve literatür bilgisinin sınırlı olduğu görülmektedir. Bu derlemede, keçi ve koyun sütünün kimyasal karakteristikleri ve bileşimi ile ilgili bilgilere yer verilmiştir.

Anahtar kelimeler: Keçi sütü, koyun sütü, kimyasal bileşim, proteinler, lipitler

CHEMICAL COMPOSITION OF GOAT AND SHEEP MILK

Abstract

It is known that the compositions of goat and sheep milk vary depending on factors such as animal breed, location, and way of nutrition, age and seasonal changes. Sheep milk contains higher levels of total solids than goat and cow milk. Casein fractions in goat, sheep and cow milk are same. However, casein micelles in goat and sheep milk differ in average diameter, hydration and mineralization from those of cow milk. As is the case with cow's milk, goat and sheep milk have simple and complex lipids, and liposoluble compounds. The average fat globule size is smallest in sheep milk followed by goat and cow milk. Non-protein nitrogen contents of goat milk are higher compared to cow milk. It has been found out that the researches and published articles on especially sheep milk, when compared to cow milk, are less limited. In this review, information related chemical characteristics and composition of goat and sheep milk is given.

Keywords: Goat milk, sheep milk, chemical composition, proteins, lipids

*Yazışmalardan sorumlu yazar / *Corresponding author*;

zyuksel@comu.edu.tr, (+90) 286 773 2512, (+90) 286 773 2513

GİRİŞ

Keçi ve koyun sütlerinin üretiminin, özellikle Akdeniz ve Ortadoğu'da yer alan birçok ülkenin ulusal ekonomilerinin önemli bir bölümünü oluşturduğu ve üretimin genel olarak Fransa, İspanya, İtalya ve Yunanistan gibi ülkelerde iyi organize edildiği bildirilmektedir (1, 2). Literatürde keçi ve koyun sütüne ilişkin yer alan çalışmaların, çoğunlukla belirtilen ülkelerdeki ırklara ait sütlerin özelliklerinin belirlenmesi üzerine olduğu görülmektedir.

İnek sütü, güçlü ticari öneminden dolayı, keçi ve koyun sütünden daha yoğun çalışılan bir hammadde olmuştur. Ancak son zamanlarda, keçi ve koyun sütlerinden üretilen süt ürünlerinde artan katma değer ve talep, bu hammaddeleri daha iyi tanıma gerekliliğini de beraberinde getirmiştir (3).

Keçi ve koyun sütlerindeki protein kompozisyonu ve fraksiyonları üzerinde yapılan çalışmalarda, iki tür arasındaki farklılıklar ile her tür içindeki farklı ırkların genetikleri, laktasyon periyodunun etkileri, beslenme ve iklimden kaynaklanan büyük değişimler sergiledikleri gösterilmiştir (4). Keçi ve koyun sütlerinin karakteristiklerinin de ırk, genetik, fizyoloji, beslenme, çevre ve teknoloji gibi faktörlerden etkilendiği bildirilmiştir (5).

Keçi ve koyun sütlerinin bileşim ve özellikleri ile ilgili bilgiler, bu sütlerden üretilen ürünlerin pazarlanmasının yanı sıra keçi ve koyun sütü endüstrisinin sağlıklı gelişimi açısından da oldukça önemlidir. Keçi, koyun ve inek sütlerinin kimyasal özellikleri arasında belirgin farklılıklar bulunduğu bilinmektedir (1, 3, 5). Literatürde inek sütü ile karşılaştırıldığında, keçi ve koyun sütleri üzerine yapılan çalışmaların daha az olduğu görülmektedir. Bu derlemenin amacı, inek sütü ile karşılaştırmalı olarak, keçi ve koyun sütlerinin bileşimi ve kimyasal özellikleri hakkında bilgi vermektir.

KEÇİ VE KOYUN SÜTÜNÜN BİLEŞİMİ VE FİZİKOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ

İnek sütünde olduğu gibi, keçi ve koyun sütlerinin bileşimleri de beslenme, mevsimsel değişimler, hayvanın ırkı, çevresel faktörler, laktasyon periyodu ve hayvanın sağlık durumu gibi parametrelere bağlı olarak değişmektedir (5-7). İnek sütü ile karşılaştırıldığında, keçi ve koyun sütlerinin fizikokimyasal ve reolojik özelliklerinin,

Çizelge 1. Keçi, koyun ve inek sütlerinin ortalama bileşimi [Park et al., 2007 (1) verilerinden yararlanılmıştır].

Bileşim (%)	Keçi Sütü	Koyun Sütü	İnek Sütü
Yağ	3.8	7.9	3.6
Yağsız KM	8.9	12	9
Laktoz	4.1	4.9	4.7
Protein	3.4	6.2	3.2
Kazein	2.4	4.2	2.6
Kül	0.8	0.9	0.7

KM: Kuru Madde

bileşimlerindeki değişkenliğe bağlı olarak, farklılıklar gösterdiği belirtilmektedir (5). Sözü edilen farklılıkların, bu sütler kullanılarak üretilen süt ürünlerinin özellikleri üzerinde belirgin etkisi olduğu ileri sürülmektedir (5, 8-10). Genel olarak anılan bu üç süt karşılaştırıldığında, en yüksek toplam kuru madde içeriğine sahip süt koyun sütüdür ve diğer süt bileşenleri de, keçi ve inek sütüne kıyasla, daha yüksek oranda bulunmaktadır (1, 11) (Çizelge 1).

Farklı türler ve ırklara ait sütlerin bileşimlerinin farklı olduğu bilinmektedir. Ayrıca farklı coğrafyalarda yetişen aynı tür ve ırka ait sütlerin bileşimlerinde de farklılıklar bulunmaktadır. Çizelge 2'de ırk ve ülkelere göre keçi sütlerinin bileşimleri verilmiştir (5, 9, 12, 13).

Ülkemizde Kaz dağları bölgesinde, keçi, koyun ve inek sütleri, coğrafi işaret belgesine sahip olan Ezine Peynirinin üretiminde kullanılmaktadır. Ezine, Ayvacık ve Bayramiç ilçeleri Ezine Peynirinin üretim alanlarıdır (14). Bölgede, yaygın olarak Sakız ve Kıvrıcık ırklarına ait koyun sütleri, Saanen ve Kılkeçisi ırklarına ait keçi sütleri ile Holstein ırkına ait inek sütü üretilmektedir (13).

Yapılan çalışmada laktasyon periyodu boyunca Ezine, Ayvacık ve Bayramiç ilçelerinden toplanan süt örneklerinin ortalama kuru madde değerlerinin (%) inek sütü için 11.44 ile 13.72; koyun sütü için 18.14 ile 19.74 ve keçi sütü için 11.96 ile 14.96 arasında değiştiği saptanmıştır. Protein içeriklerinin (%) inek sütü için 2.35 ile 3.50; koyun sütü için 5.75 ile 6.42 ve keçi sütü için 2.70 ile 3.64 arasında değiştiği belirlenmiştir. Yağ içeriklerinin (%) ise inek sütü için 3.94 ile 5.02; koyun sütü için 6.84 ile 7.73 ve keçi sütü için 3.71 ile 6.17 arasında değiştiği ortaya konulmuştur (13).

Çizelge 2. Bazı ırk ve ülkelere göre keçi sütünün kompozisyonu (5, 9, 12, 13).

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

TKM: Toplam Kuru Madde

Keçi, koyun ve inek sütlerinin fizikokimyasal özellikleri arasındaki farklılıklar Çizelge 3'te görülmektedir. Keçi sütünün yoğunluğu, inek sütünün yoğunluğuna yakındır (1). İnek ve keçi sütleri ile karşılaştırıldığında, koyun sütünün yoğunluğunun, viskozitesinin ve asitliğinin daha yüksek olduğu; refraktif indeks ve donma noktasının daha düşük olduğu görülmektedir (1, 11). Keçi sütünün yüzey gerilimi, inek sütü ile aynı aralıklar içindedir. Ancak inek sütü ile karşılaştırıldığında, keçi sütünün viskozitesi biraz daha yüksek iken koyun sütünün viskozitesinin belirgin bir şekilde daha yüksek olduğu görülmektedir (1) (Çizelge 3).

KEÇİ VE KOYUN SÜTÜ PROTEİNLERİ

Koyun sütünün ortalama protein içeriği (% 5.8, w/w), keçi (% 4.6, w/w) ve inek sütünden (% 3.3, w/w) daha fazladır. Keçi ve koyun sütündeki temel proteinler, inek sütündeki ile neredeyse aynıdır. Keçi sütü, koyun ve inek sütüne kıyasla, daha yüksek oranda protein olmayan azot ve daha az oranda kazein azotu içermektedir. Bu durum keçi sütünden üretilen yoğurt yapısı ve tekstürünün zayıf ve peynir veriminin de düşük olmasını beraberinde getirmektedir (1). Ayrıca keçi ve koyun sütleri, inek sütüne kıyasla daha düşük koloidal kararlılığa sahip olmalarıyla karakterize edilmektedirler (15).

Genel olarak keçi sütü daha az oranda kazein ve daha yüksek oranda serum proteini içermektedir (9, 16). Bu keçi sütü proteinlerinin, inek sütü proteinlerine kıyasla, daha yüksek oranda sindirilebilir olduğunu açıklamaktadır (16, 17). Ayrıca keçi sütü protein fraksiyonlarında, inek sütüne kıyasla, on temel aminoasitten altısının daha yüksek oranda bulunduğu bildirilmektedir (17). Çocuklarda görülen gıda alerjilerinden biri, özellikle doğumdan bir yıl sonra ortaya çıkan, inek sütü alerjisidir (18-20). İnek sütü alerjisini karakterize etmek için yapılan birçok araştırmada, α_{s1} -kazein ve β -laktoglobulin iki temel alergen olarak tanımlanmıştır (18, 19, 21). Buna ek olarak, diğer birçok süt proteini de antijeniktir ve bağışıklık sistemine etki etmektedir. (18). Keçi sütü alerjik özellikleri bakımından da inek sütünden farklıdır.

Diğer tür süt proteinleri ile karşılaştırıldığında, keçi sütü proteinlerinin aminoasit kompozisyonunda önemli düzeyde farklılıklar olduğu saptanmıştır. Keçi sütü alerjik etkiye sahip olan α_{s1} -kazeini iz miktarda içermektedir. Keçi sütü proteinlerinin daha düşük pıhtı gerilimi ve yağının farklı bileşimi dolayısıyla özellikle bebeklerin keçi sütünü daha iyi sindirebileceği düşünülmektedir. Ayrıca inek sütü alerjisi olan çocuklarda, keçi sütünün inek sütü yerine kullanılabilmesi ön görülmektedir. İnek sütü alerjisine sahip birçok çocuğun keçi sütünü tolere edebildiği bildirilmiştir (19).

Yağ globül membranında yer alan proteinler üzerine yapılan bir çalışmada, inek sütü yağ globül membranında kazein bulunmazken, keçi sütü yağ globül membranında kazeinlerin bulunduğu belirlenmiştir (22).

Kazeinler

Keçi Sütü Kazeinleri

Keçi sütü kazeinleri, inek ve koyun sütü ile aynı olup, bunlar; α_{s1} -kazein, α_{s2} -kazein, β -kazein ve κ -kazeindir. Keçi, koyun ve inek sütündeki kazeinlerin kompozisyonları genetik polimorfizmden etkilenmektedir (1, 4, 18, 23). Keçi ve koyun sütlerindeki α_{s1} -kazein'in polimorfizmi, üzerinde yoğun olarak çalışılan konulardan biridir (1, 5). Brezilya'nın kuzey doğusunda üretilen Alpine ve Saanen keçi ırklarına ait sütlerin kazein kompozisyonunda α_{s1} -kazein olmadığı bildirilmektedir. Bu ırklara ait sütlerin hipotalerjik protein kaynakları açısından potansiyele sahip olduğu düşünülmektedir (17).

Kazein misellerinin organizasyonu ve mineralizasyon düzeyi, küçükbaş hayvanların sütlerinde farklılıklar sergilemektedir. Hem keçi hem de koyun sütü kazein miselleri daha yüksek oranda mineralize olup, keçi sütü misel boyutu, koyun ve inek sütlerine kıyasla, belirgin bir şekilde daha büyüktür (5). Keçi sütü, inek sütüne kıyasla, daha düşük kazein içeriğine sahiptir. Ayrıca bu iki tür arasında kazein misel kompozisyonu ve hidrasyonu açısından da farklılıklar bulunmaktadır. İnek sütü ile karşılaştırıldığında keçi sütünün daha az oranda ve sayıda kazein içermesi, peynir veriminin azalmasına yol açmaktadır. Ayrıca keçi peynirinin

Çizelge 3. Keçi, koyun ve inek sütlerinin bazı fizikokimyasal özellikleri (1).

Özellik	Keçi Sütü	Koyun Sütü	İnek Sütü
Yoğunluk	1.029-1.039	1.0347-1.0384	1.0231-1.0398
Viskozite, C_p	2.12	2.86-3.93	2
Yüzey gerilimi (Dyn/cm)	52	44.94-48.7	42.3-52.1
İletkenlik ($\Omega^{-1}cm^{-1}$)	0.0043-0.0139	0.0038	0.0040-0.0055
Refraktif indeks	1.450±0.39	1.3492-1.3497	1.451±0.35
Donma noktası (- °C)	0.540-0.573	0.57	0.53-0.57
Laktik asit (%)	0.14-0.23	0.22-0.25	0.15-0.18
pH	6.5-6.8	6.51-6.85	6.65-6.71

tekstür ve reolojisine de etki etmektedir (24). β -kazein, nicelik olarak keçi sütünün temel protein bileşenidir. Koyun sütü kazeinleri ile karşılaştırıldığında, keçi sütü kazeinleri daha az oranda α_s -kazeinleri ve daha fazla oranda β -kazein ve κ -kazeini içermektedir. (15, 23, 25). Keçi sütünde κ -kazeinin 7 genetik variantı (A-G) olduğu belirlenmiştir (23).

Genel olarak keçi sütü kazein miselleri, çözünürlüklerinin daha az, sedimantasyon hızının daha düşük, β -kazeinin soğukta çözünürlüğünün daha fazla, misel boyutunun daha küçük, kalsiyum ve fosfor düzeyinin daha fazla ve ısıl kararlılığının daha düşük olmasıyla inek sütünden oldukça farklıdır (4).

Koyun Sütü Kazeinleri

Koyun sütü kazein misel yapısı, ortalama çapları, hidrasyon ve mineralizasyon düzeyleri açısından inek sütünden farklılıklar göstermektedir. İnek sütüne kıyasla, koyun sütünde misellerin mineralizasyon düzeyi daha yüksek, hidrasyon düzeyi daha düşüktür (1).

Koyun sütü protein içeriğinin, inek ve keçi sütünden daha fazla olması, peynir veriminin de bu sütlere kıyasla belirgin bir şekilde daha fazla olmasını beraberinde getirmektedir. Koyun sütünde pıhtı oluşum hızının daha yüksek olması ise daha yüksek kazein ve koloidal kalsiyum içeriği ile ilişkilendirilmektedir (24). Ayrıca daha yüksek oranda kazeinleri ve mineralleri içermesi nedeniyle koyun sütü, inek ve keçi sütlerine kıyasla, düşük bir pH'a sahiptir (15).

Kaz dağları bölgesindeki keçi, koyun ve inek sütlerinin protein yüzey hidrofobisitelerinin belirlenmesi üzerine yapılan çalışmada, koyun sütü kazein yapısının daha kompakt olduğu ve misel yüzeyindeki hidrofobik kısımların sayısının belirgin bir şekilde daha az olduğu belirlenmiştir (13).

Serum Proteinleri

Koyun sütü asal serum proteinleri, β -laktoglobulin ve α -laktalbumindir. İmmunoglobulinler, serum albümin ve proteoz-peptonlar da daha düşük derişimlerde bulunmaktadır. Bir diğer serum proteini, antibakteriyel etkiye sahip olan, laktoferrindir (1, 26) ve farklı türlere ait keçi sütlerinin laktoferrin derişimlerinin değiştiği saptanmıştır (27).

Koyun sütünün temel serum proteini olan β -laktoglobulin, 162 adet aminoasit içeren bir polipeptit zincirinden oluşmaktadır (1, 26, 28). β -laktoglobulin'in üç genetik variantı (A-C) tanımlanmıştır (1, 26). Buna karşın, yapılan bir çalışmada, koyun ve inek sütlerinde β -laktoglobulin'in iki (A ve B), keçi sütünde ise bir genetik variantı olduğu belirlenmiştir (28). Ancak İspanya ve Fransa Saanen ırkına ait keçi sütlerinde β -laktoglobulin'in iki genetik variantı olduğu bildirilmiştir (1). En yüksek β -laktoglobulin

derişiminin koyun sütünde olduğu ve inek ve keçi sütlerindeki yaklaşığ 2.5 kat daha fazla olduğu belirlenmiştir (28). Ayrıca keçi sütünden elde edilen asit peynir altı suyunda bulunan β -laktoglobulin yüzdesinin, koyun ve inek sütündekinden daha düşük olduğu bildirilmektedir (1). Buna karşın, koyun sütü asit peynir altı suyunda β -laktoglobulin/ α -laktalbumin oranının belirgin bir şekilde daha yüksek olduğu bulunmuştur. Koyun sütünde bu oran ortalama 8.0 iken bunu keçi (2.3) ve inek sütü (2.0) izlemektedir (28).

Koyun ve keçi sütlerindeki α -laktalbumin, inek sütündekinin homologudur. α -laktalbumin'in iki genetik variantı olduğu saptanmıştır (1).

Koyun ve keçi sütlerindeki β -laktoglobulinin, inek sütündekine kıyasla, ısıl işlemlere karşı daha fazla duyarlı olduğu bulunmuştur. β -laktoglobulinin ısıl işlemlere karşı duyarlılığının en fazla koyun sütünde olduğu ve bunu keçi ve inek sütlerinin izlediği ortaya konulmuştur. α -laktalbumininin ısıl işlemlere karşı en dirençli serum proteini olduğu bilinmektedir. 80°C'nin altındaki sıcaklıklarda, α -laktalbumininin ısıl işlemlere karşı duyarlılığının en fazla koyun sütünde olduğu ve sırasıyla inek ve keçi sütlerinde azaldığı saptanmıştır. Buna karşın, 90°C'de ise aynı sıralama keçi sütü, koyun sütü, inek sütü şeklindedir. Bu sonuçlar, α -laktalbuminin denatürasyonu üzerine sıcaklığın etkisinin en fazla keçi sütünde olduğunu göstermektedir (28).

β -laktoglobulin insan sütünde bulunmamaktadır. Yapılan karşılaştırmalı çalışmalar, β -laktoglobulin ve kazeinlerin alerjeniteleri arasında belirgin bir farklılık olmadığını ortaya koymuştur (4). Bebeklerin yaklaşık % 2'sinin inek sütüne karşı alerjisinin geliştiği bildirilmektedir. β -laktoglobulin sütteki en yaygın alerji ajanı olarak kabul edildiğinden keçi sütünün, inek sütü yerine kullanılmasının bazı alerjik reaksiyonları azaltmadığı düşüncesi ön plana çıkmaktadır (29). Süt proteinlerinin etki ettiği ve teknolojik açıdan önemli olan özelliklerin başında "rennetleme özelliği" ve "ısıl kararlılık" gelmektedir.

Rennetleme Özellikleri

Keçi, koyun ve inek sütlerinin protein dağılımları ve genetik polimorflarının geniş bir aralıkta farklılık göstermesi, bu sütlerin rennetleme özellikleri ile üretilen peynirlerin reolojik özelliklerindeki farklılığı da beraberinde getirmektedir (24). Kazein misellerinin yapısında bulunan koloidal mineraller ile çözünür mineraller arasındaki dengenin, sütün rennet koagülasyon özellikleri ile pıhtının fiziksel karakteristiklerine etki eden önemli bir parametre olduğu bildirilmektedir (30).

İnek sütü ile karşılaştırıldığında, keçi ve koyun sütlerinin, bileşimlerindeki değışkenliğe bağılı olarak, fizikokimyasal ve reolojik özelliklerinde

ortaya çıkan farklılıkların, bu sütler kullanılarak üretilen süt ürünlerinin özellikleri üzerinde belirgin etkisi olduğu ileri sürülmektedir (5, 8, 9). Süt bileşimindeki herhangi bir değişimin, koagülasyon özellikleri ile peynir yapımındaki proses basamaklarına belirgin bir şekilde etki ettiği bildirilmektedir (31).

Son zamanlarda yapılan çalışmalarda keçi sütü için 6 farklı α_{s1} -kazein genetik varyantı bulunmuştur. Bu farklılık, keçi sütü ürünlerinin tat-koku, peynir yapım özellikleri ve sindirilebilirliğindeki farklılıkları da beraberinde getirmektedir (4).

Koyun sütü kazeinlerinin, inek sütüne kıyasla, daha fazla kalsiyum içeren misellerden oluştuğu; daha yüksek β -kazein/ α_s -kazein oranından dolayı rennet enzimine karşı daha duyarlı olduğu ve koagülasyonun inek sütünden daha kısa sürede tamamlandığı bildirilmektedir (24). Koyun sütünde pıhtı oluşumu daha hızlı olmasına rağmen sineresiz daha fazla zaman almaktadır (26).

Peynir üretiminde, sütün rennetleme sürecinin enzimatik fazında kazein misellerindeki κ -kazeinlerin para- κ -kazein ve kazeinomakropeptide (KMP) hidrolize olduğu bilinmektedir (32). Bu bağlamda inek ve keçi sütündeki KMP'ler arasındaki aminoasit dizilimlerinde önemli farklılıklar olduğu ileri sürülmektedir (4). Buna karşın keçi, koyun ve inek sütlerinden elde edilen KMP'lerin aminoasit kompozisyonunun oldukça benzer olduğu ancak KMP'nin peptit olmayan fraksiyonunda belirgin farklar olduğu belirtilmektedir (33).

Isıl kararlılık

Sütün ısıl kararlılığı, sterilizasyon sıcaklığında sütün koagülasyona karşı gösterdiği direnç olarak tanımlanmaktadır (34). Sütün ısıl kararlılığına etki eden parametreler arasında, pH, tuz dengesi ve kazein miselleri ile serum proteinleri arasındaki etkileşimler yer almaktadır (35). Keçi ve koyun sütleri, inek sütüne kıyasla, ısıl işlemlere karşı daha düşük kolloidal kararlılık ile karakterize edilirler (15). Keçi sütünün UHT işlemine karşı duyarlı olmasında pH, kazein misellerinin hidrasyon düzeyi, α_{s1} -kazeinin genetik polimorfizmi, protein olmayan azot, tuz dengesi ve iyonik kalsiyum oranı gibi parametreler yer almaktadır (35, 36). Yapılan araştırmalarda, doğal pH'sında keçi sütünün inek sütünden daha düşük bir ısıl kararlılığa sahip olduğu gösterilmiştir. Keçi sütünün ısıl kararlılığının pH ile ilişkisinin, inek sütünden farklı olduğu belirlenmiştir (37, 38). Isıl kararlılık açısından iki farklı tip keçi sütü olduğu saptanmıştır. Isıl kararlılık, 120 ile 150°C arasında 1 dakika ısıl işlem uygulaması sonucu koagülasyon oluşumu temel alınarak belirlenmiştir. Buna göre ısıl kararlılığı 125°C ve altında olan keçi sütleri "ısıl kararlılığı olmayan", ısıl kararlılığı 140°C ve üzerinde olan keçi sütleri de "ısıl kararlılığı olan" sütler olarak tanımlanmıştır.

Bu iki tip keçi sütü arasındaki belirgin değişimlerin ise pH, çözünür protein derişimi, fosfor ve çözünür kalsiyum içeriklerinde olduğu ortaya konulmuştur (35). Koyun sütü için maksimum ısıl kararlılığın olduğu pH aralığı 6.73 ile 6.84 iken, keçi sütü için bunun pH 6.9 gibi daha yüksek bir değer olduğu bildirilmektedir (15).

Süt enzimlerinin ısıl işlem ile inaktif hale geldiği ve pastörizasyonun kontrolü amacıyla, alkali fosfataz aktivite testi yapıldığı bilinmektedir. Buna karşın, türler ve aynı türler içinde farklı ırklar arasında alkali fosfataz derişimlerinin dağılımında önemli farklılıklar bulunduğu saptanmıştır (15, 39).

KEÇİ VE KOYUN SÜTÜ KARBOHİDRATLARI

Laktoz sütün asal karbohidratıdır ve koyun sütünde ortalama % 4.9; keçi sütünde ortalama % 4.2 oranında bulunmaktadır (1, 5). Keçi sütünün laktoz içeriği, inek sütünden yaklaşık % 0.2-0.5 oranında daha azdır (23). İnek sütü ile karşılaştırıldığında, koyun sütünün yağ ve protein içeriği daha yüksek iken, laktoz miktarı neredeyse aynı seviyededir. Bunun sonucu olarak, koyun sütünün toplam kuru maddesindeki laktoz oranı (%22-27), inek sütündeki orana (%33-40) kıyasla, daha düşüktür (1). Laktoz dışında, keçi ve koyun sütlerinde az miktarlarda da olsa oligosakkaritler, glikopeptidler, glikoproteinler ve nükleotid şekeri de bulunmaktadır (1, 23). Keçi sütünde bulunan oligosakkaritlerin çeşitliliğinin önemli olduğu bildirilmiştir (23). Yapılan bir çalışmada Murciano-Granadina ırkına ait keçi sütünde 25 farklı oligosakkarit olduğu belirlenmiştir (5). Keçi sütündeki sialik asit derişiminin (yaklaşık 230 mg/kg süt), inek sütündekinden (yaklaşık 60 mg/kg süt) 4 kat daha fazla olduğu saptanmıştır (5, 23).

Sütteki nükleotid şekerleri, süt ve memeli salgı bezlerindeki glikozil transferaz için glikozil donörüdür ve glikoproteinler, glikolipitler ve oligosakkaritlerin sütteki biyosentezinde öncü göreve sahiptirler. Keçi sütünün belirgin bir şekilde yüksek nükleotid içeriğine sahip olduğu (154 μ mol/100 ml), bunu koyun sütü (93 μ mol/ml) ve inek sütünün (68 μ mol/100 ml) izlediği bildirilmektedir (1, 23).

KEÇİ VE KOYUN SÜTÜ LİPİTLERİ

Yağ sütün en değişken bileşeni olup, laktasyon periyodu, ırk, genotip ve beslenme gibi faktörlerden etkilenmektedir (4, 40). Süt lipitlerinin en büyük kısmını (yaklaşık %98) yağ asitlerinin esterleri olan trigliseritler oluşturmaktadır. İnek sütünde olduğu gibi, keçi ve koyun sütlerinin lipid kompozisyonunda, trigliseritlerin yanı sıra, diğer basit lipitler (monogliseritler, digliseritler, kolesterol esterleri), kompleks lipitler (fosfolipitler) ve yağda çözünen bileşenler (steroller, kolesterol esterleri, hidrokarbonlar) yer almaktadır (1, 29).

Küçükbaş hayvan sütlerindeki yağın karakteristiklerinden biri de onların globül çaplarıdır. Küçükbaş hayvan sütlerindeki küçük yağ globüllerinin oranının, inek sütü ile karşılaştırıldığında daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Yapılan çalışmalar ile en küçük ortalama yağ globül çapına sahip sütün koyun sütü olduğu ve bunu keçi sütünün izlediği saptanmıştır. Bu da, inek sütü yağı ile karşılaştırıldığında, daha etkin bir lipit metabolizması ile sindirilebilirlik açısından avantaj oluşturmaktadır (1, 5).

Keçi ve koyun sütü yağ asitlerinin, bu sütlerden üretilen peynirlerin tat-koku karakteristiklerinin oluşumunda etkili olduğu bilinmektedir. Ayrıca bu yağ asitleri farklı türlerden elde edilen süt karışımlarını saptamak amacıyla kullanılmaktadır (23, 26). Keçi ve koyun sütlerindeki toplam yağ asitlerinin %75'inden fazlasını beş yağ asidi (C10:0, C14:0, C16:0, C18:0 ve C18:1) oluşturmaktadır (1, 11, 26). Keçi ve koyun sütlerindeki metabolik olarak önemli olan kısa ve orta zincirli yağ asitlerinin düzeyleri [kaproik (C6:0), kaprilik (C8:0), kaprik (C10:0) ve laurik (C12:0)] inek sütüne kıyasla belirgin bir şekilde daha fazladır (1, 26). Keçi sütünde bulunan yağ asitleri, toplam yağ asitlerinin % 15-18'ini oluştururken, inek sütünde bu oran % 5-9 dolayındadır (23). İnek sütü ile karşılaştırıldığında, keçi sütündeki bütirik (C4:0), miristik (C14:0), palmitik (C16:0) ve linoleik (C18:2) asit miktarlarının da daha yüksek olduğu ancak stearik (C18:0) ve oleik asit (C18:1) içeriklerinin daha düşük olduğu bildirilmektedir (4, 41). Buna karşın, literatürde keçi ve koyun sütü yağlarının düşük oranda bütirik asit ancak yüksek oranda kaproik, kaprilik ve kaprik asit içerdiği bilgisi de yer almaktadır (29). Koyun sütündeki tekli ve çoklu doymamış yağ asitleri ile omega 3 ve omega 6 yağ asitlerinin, keçi sütündekinden daha fazla olduğu bildirilmektedir (11).

Keçi sütünde bulunan yağ asitleri profili açısından bir diğer önemli konu ise, keçi sütünün, inek sütünde bulunmayan ve keçi sütü ürünlerine karakteristik tat-kokuyu veren, 11 karbon atomundan daha az karbon atomu içeren dallanmış yapıdaki serbest yağ asitlerini içermesidir. Küçükbaş hayvan sütlerinin yağlarının konjuge linoleik asitleri (CLA) içerdiği bildirilmiştir. Konjuge çift bağ içeren bu yağ asitleri, linoleik asidin geometrik izomerleridir. Temel bir CLA olan cis-9 trans-11 C18:2'in, antiaterojenik etkisinin yanı sıra antikanserijen özelliklerden de sorumlu bir yağ asidi olduğu düşünülmektedir (23).

Keçi-benzeri aroma olarak tanımlanan tat-kokudan sorumlu yağ asitlerinden bir diğeri 4-etilositanoik asittir. Monometil dallanmaların olduğu C4 ve C6 yağ asitleri ise sadece keçi sütünde bulunurken, inek sütünde bu yağ asitlerine rastlanmamıştır. Keçi sütünde fazla sayıda minör dallanmış yağ

asitleri bulunmaktadır ve keçi sütündeki *trans*-C18:1 yağ asidi miktarı, inek sütündekinden, belirgin bir şekilde daha düşük düzeydedir. Bu durumun, keçi sütünü koroner kalp hastalıkları riskleri açısından daha avantajlı hale getirdiği düşünülmektedir (4).

KEÇİ VE KOYUN SÜTÜ MİNERALLERİ

Keçi ve koyun sütlerinin mineral içerikleri genel olarak insan sütündekinden daha fazladır. Keçi sütü, inek sütünden daha yüksek oranda Ca, P, K, Mg ve Cl; daha az oranda da Na ve S içermektedir (1, 23). Keçi sütü yüksek Cl ve P içeriği ile diğer sütlerden ayırt edilmektedir. Sütün çözünür ve kolloidal fazlardaki kalsiyum, fosfor ve magnezyum dağılımları, inek ve keçi sütleri için benzer olsa da koyun sütü daha düşük çözünürlüğe sahip olmasıyla bu sütlerden farklılık göstermektedir (5, 23). Keçi sütü ve diğer tür sütlerin laktöz içerikleri ile Na ve K minerallerinin molar toplamları arasında ters orantılı bir ilişki bulunmaktadır. Klor, K ile pozitif olarak korelasyon gösterirken laktöz ile negatif korelasyon sergilemektedir. Keçi sütü asal mineralleri, Na minerali hariç, laktasyon periyodundan etkilenmemektedir (1).

Keçi sütünde bulunan iz minerallerden Mn, Cu, Fe ve Zn'un derişimleri sırasıyla 0.032, 0.05, 0.07, 0.56 mg/100 g'dır (1, 23). Ancak Anglo-Nubian keçi sütünün, Fransa Alp keçi sütlerinden, belirgin bir şekilde daha yüksek oranda Cu ve Zn içerdiği saptanmıştır (1). İz mineraller içinde, en yüksek miktarda bulunan mineral Zn'dur (23). Keçi ve koyun sütlerindeki Zn miktarı insan sütünden daha fazla iken, Fe miktarı belirgin bir şekilde daha azdır (1). Ancak keçi ve inek sütlerindeki Fe miktarı benzer iken koyun sütünde daha yüksek oranda Fe bulunmaktadır (5). Keçi ve inek sütleri, insan sütünden belirgin bir şekilde daha fazla iyot içermektedir. Keçi ve insan sütleri, inek sütünden daha fazla Se içermektedir (1).

Demirin biyoyararlanımının ise keçi sütünde, inek sütü ile karşılaştırıldığında, daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Bunun bağırsaklarda daha iyi adsorpsiyonu sağlayan daha yüksek nükleotid miktarı ile ilişkili olduğu düşünülmektedir (5). Çinkonun biyoyararlanımının, keçi ve inek sütleri için aynı olduğu, koyun sütü için daha düşük, insan sütü için daha yüksek olduğu saptanmıştır. Koyun sütünde daha düşük olsa da selenyumun biyoyararlanımının keçi ve insan sütlerinde benzer olduğu gösterilmiştir. Bakırın biyoyararlanımının ise keçi sütünde, inek sütüne kıyasla, daha yüksek olduğu bildirilmiştir. Çinko ve selenyum için de aynı sonuçlar bulunmuştur. Genel olarak bu minerallerin (Fe, Zn ve Cu) insan sütündeki biyoyararlanımlarının daha yüksek olmasının nedeni, bu minerallerin küçükbaş hayvan sütlerinde kazein ile assosiyeye olmaları ile açıklanabilmektedir (5).

KEÇİ VE KOYUN SÜTÜ VİTAMİNLERİ

Keçi ve koyun sütleri, inek sütünden daha fazla oranda A vitamini içermektedir. Keçi sütündeki β -karotenin tamamı A vitaminine dönüştüğünden, keçi sütü inek sütünden daha beyaz algılanır (1, 23, 29). Keçi ve koyun sütlerinde yüksek oranda B vitaminleri bulunduğu özellikle niasin oranının yüksek olduğu bildirilmiştir (5). Bebekler için keçi sütü uygun miktarda A vitamini ile niasin ve fazla miktarda da tiamin, riboflavin ve pantotenat içermektedir (1). Ancak keçi sütü, folik asit ve E vitamini bakımından fakirdir (5, 23).

İnek sütü ile karşılaştırıldığında, keçi sütünde folik asit ve B12 vitaminin oldukça yetersiz düzeyde oluşu "keçi sütü anemisine" neden olmaktadır. İnek sütündeki folat ve B12 vitamini düzeyleri, keçi sütünden beş kat daha fazladır ve folatın hemoglobinin sentezi için gerekli olduğu bilinmektedir. Keçi ve inek sütlerinin her ikisi de pridoksin (B6), C ve D vitaminleri açısından fakirdir (1). Keçi sütünde ısıtma işlem uygulamaları üzerine yapılan bir çalışmada, sütün raf ömrünü uzatmanın yanı sıra, vitaminleri korumak için en uygun prosesin HTST pastörizasyonu olduğu ortaya konulmuştur (42).

SONUÇ

Dünyada keçi ve koyun sütü ürünlerinin artan bir şekilde tüketilmeye başlandığı bildirilmektedir. Bu bağlamda, bu sütlerin bileşimi, teknolojik özellikleri ve besinsel nitelikleri ile ilgili bilgiler, daha yüksek kalitede ürünlerin üretimi için oldukça önemlidir. Ayrıca keçi ve koyun sütlerinin kimyasal özellikleri ile ilgili bilgiler, süt teknolojisi ve gıda teknolojisi, beslenme bilimleri ile gıda analizleri alanlarında da büyük öneme sahiptir. Keçi ve koyun sütü ile ilgili araştırmaların, inek sütüne kıyasla sınırlı da olsa, çoğunlukla bu sütlerin yoğun olarak üretildiği ülkelerde yürütüldüğü görülmektedir. Koyun ve keçi yetiştiriciliğinin ülkemiz ekonomisinde de et, süt ve deri üretimleri ile ilişkili olarak önemli bir yeri olduğu bildirilmektedir. Ülkemizde keçi, koyun ve inek sütleri karışımı kullanılarak üretilen ve katma değeri yüksek süt ürünlerinin başında Ezine Peyniri gelmektedir.

Keçi ve koyun sütleri üzerinde yürütülecek çalışmaların, bu sütlerden üretilen ürünlerin pazarlanmasının yanı sıra keçi ve koyun sütü endüstrisinin sağlıklı gelişimi açısından da oldukça önemli olduğu ortadadır.

KAYNAKLAR

1. Park YW, Juarez M, Ranos M, Haenlein GFW, 2007. Physico-chemical characteristics of goat and sheep milk. *Small Rumin Res*, 68: 88-113.

2. Riberio AC, Riberio SDA, 2010. Specialty products made from goat milk, *Small Rumin Res*, 89(2): 225-233.

3. Eleya OMM, Banon SD, Hardy J, 1995. A comparative study of pH and temperature effects on the acidic coagulation of milks from cows, goats and sheep. *J Dairy Sci*, 78: 2675-2682.

4. Haenlein GFW, 2004. Goat milk in human nutrition. *Small Rumin Res*, 51: 155-163.

5. Raynal-Ljutovac K, Lagriffoul G, Paccard P, Guillet I, Chilliard Y, 2008. Composition of goat and sheep milk products: An update. *Small Rumin Res*, 79: 57-72.

6. Mestawet TA, Girma A, Adnoy T, Devold TG, Narvhus JA, Vegarud GE, 2012. Milk production, composition and variation of different lactation stages of four goat breeds in Ethiopia, *Small Rumin Res*, 105: 176-181.

7. Goetsch AL, Zeng SS, Gipson TA, 2011. Factor affecting goat milk production and quality, *Small Rumin Res*, 101: 55-63.

8. Raynal-Ljutovac K, Gaborit P, Lauret A, 2005. The relationship between quality criteria of goat milk, its technological properties and the quality of the final products. *Small Rumin Res*, 60: 167-177.

9. Albenzio M, Caroprese M, Marino R, Muscio A, Santillo A, Sevi A, 2006. Characteristics of Garganica goat milk and Caciocotta cheese. *Small Rumin Res*, 64: 35-44.

10. Hayaloğlu AA, Karagül-Yüceer Y, 2011. Utilization and characterization of small ruminants' milk and milk products in Turkey: Current status and new perspectives. *Small Rumin Res*, 101: 73-83.

11. Hilali M, El-Mayda E, Rischkowsky B, 2011. Characterization and utilization of sheep and goat milk in the Middle East. *Small Rumin Res*, 101: 92-101.

12. Pirisi A, Pinna G, Addis M, Piredda G, Mauriello R, De Pascale S, Caira S, Mamone G, Ferranti P, Addeo F, Chianese L, 2007. Relationship between the enzymatic composition of lamb rennet paste and proteolytic, lipolytic pattern and texture of PDO Fiore Sardo ovine cheese. *Int Dairy J*, 17: 143-156.

13. Yuksel Z, Avcı E, Uymaz B, Erdem YK, 2012. General composition and protein surface hydrophobicity of goat, sheep and cow milk in the region of Mount Ida. *Small Rumin Res*, 106: 137-144.

14. Anonim 2006. T.C. Türk Patent Enstitüsü Coğrafi İşaret Tescil Belgesi, Ezine Peyniri, Tescil no:86.

15. Raynal-Ljutovac K, Park YV, Gaucheron F, Bouhallab S, 2007. Heat stability and enzymatic modifications of goat and sheep milk. *Small Rumin Res*, 68: 207-220.

16. Ceballos LS, Morales ER, Adarve GT, Castro JD, Martinez LP, Sampelayo MRS, 2009. Composition of goat and cow milk produced under similar conditions and analyzed by identical methodology. *J Food Compos Anal*, 22(4): 322-329.

17. Costa WKA, Souza EL, Beltrao-Filho EM, Vasconcelos GKV, Santi-Gadelha T, Gadelha CAA, Franco OL, Queiroga RCRE, Magnani M, 2014. Comparative protein composition analysis of goat milk produced by the Alpine and Saanen breeds in Northeastern Brazil and related antibacterial activities. *PLoS One*, 9(3): 1-8.
18. Bartowska J, Szwajkowska M, Litwinczuk Z, Krol J, 2011. Nutritional value and technological suitability of milk from various animal species used for dairy production. *Compr Rev Food Sci F*, 10: 291-302.
19. Monaci L, Tregoeat V, vanHengel AJ, Anklam E, 2006. Milk allergens, their characteristics and their detection in food: A review. *Eur Food Res Technol*, 223: 149-179.
20. del Rio PR, Sanchez-Garcia S, Escudero C, Pastor-Vargas C, Hernandez JJS, Perez-Rangel I, Ibanez MD, 2012. Allergy to goat's and sheep's milk in a population of cow's milk-allergic children treated with oral immunotherapy. *Pediatr Allergy Immunol*, 23: 128-132.
21. Ballabio C, Chessa S, Rignanese D, Gigliotti C, Pagnacco G, Terracciano L, Fiocchi A, Restani P, Caroli AM, 2011. Goat milk allergenicity as a function of α_{s1} casein genetic polymorphism. *J Dairy Sci*, 94 (2): 998-1004.
22. Cebo C, Caillat H, Bouvier F, Martin P, 2010. Major proteins of the goat milk fat globule membrane. *J Dairy Sci*, 93 (3): 868-876.
23. Amigo L, Fontecha J, 2011. *Goat Milk*. In: *Encyclopedia of Dairy Sciences*, Fuquay JW (chief ed), Second Edition, Academic Press, UK, pp.484-493.
24. Park YW, 2007. Rheological characteristics of goat and sheep milk. *Small Rumin Res*, 68: 78-87.
25. Clark S, Sherbon JW, 2000. Alphas1-casein, milk composition and coagulation properties of goat milk. *Small Rumin Res*, 38: 123-134.
26. Ramos M, Juarez M, 2011. *Sheep Milk*. In: *Encyclopedia of Dairy Sciences*, Fuquay JW (chiefed), Second Edition, Academic Press, UK, pp.494-502.
27. Rachman AB, Maheswari RRA, Bachroem MS, 2015. Composition and isolation of lactoferrin from colostrums and milk of various goat breeds. *Procedia Food Sci*, 3:200-210.
28. Dumitraşcu L, Moschopoulou E, Aprodu I, Stanciu S, Rapeanu G, Stanciu N, 2013. Assessing the heat induced changes in major cow and non-cow whey proteins conformation on kinetic and thermodynamic basis. *Small Rumin Res*, 111: 129-138.
29. Walstra P, Wouters JTM, Geurts TJ, 2006. *Dairy Science and Technology*. CRC Press, Taylor & Francis Group, Boca Raton, FL, 763p.
30. Fuente MA, Requena T, Jurez M, 1997. Salt balance in ewes and goats milk during storage at chilling and freezing temperatures. *J Agr Food Chem*, 45: 82-88.
31. Thomann S, Brechenmacher A, Hinrichs J, 2008. Strategy to evaluate cheesemaking properties of milk from different goat breeds. *Small Rumin Res*, 74: 172-178.
32. Fox PF, Mc Sweeney PLH, 1998. *Dairy Chemistry and Biochemistry*. Chapman and Hall, London, UK, 478p.
33. Martin-Diana AB, Fraga MJ, Fontecha J, 2002. Isolation and characterization of caseinomacropptide from bovine, ovine and caprine cheese whey. *Eur Food Res Technol*, 214: 282-286.
34. O'Sullivan MM, Lorenzen PC, O'Connell JE, Kelly AL, Schlimme E, Fox PF, 2001. Short Communication: Influence of Transglutaminase on the Heat Stability of Milk. *J Dairy Sci*, 84: 1331-1334.
35. Morgan F, Jacquet F, Micault S, Bonnin V, Jaubert A, 2000. Study on the compositional factors involved in the variable sensitivity of caprine milk to high-temperature processing. *Int Dairy J*, 10: 113-117.
36. Chen BY, Grandison AS, Lewis MJ, 2012. Comparison of heat stability of goat milk subjected to ultra-high temperature and in-container sterilization, *J Dairy Sci*, 95: 1057-1063.
37. Anema SG, Stanley DJ, 1998. Heat-induced, pH-Dependent Behaviour of Protein in Caprine Milk. *Int Dairy J*, 8: 917-923.
38. O'Connell JE, Fox PF, 2011. *Heat Stability of Milk*. In: *Encyclopedia of Dairy Sciences*, Fuquay JW (chief ed), Volume 2, Academic Press, UK, pp. 744-749.
39. Lorenzen PC, Martin D, Clawin-Radecker I, Barth K, Knappstein K, 2010. Activities of alkaline phosphatase, γ -glutamyltransferase and lactoperoxidase in cow, sheep and goat's milk in relation to heat treatment. *Small Rumin Res*, 89: 18-23.
40. Kondyli E, Svarnas C, Samelis J, Katsiari MC, 2012. Chemical composition and microbiological quality of ewe and goat milk of native Greek breeds, *Small Rumin Res*, 103: 194-199.
41. Sumarmono J, Sulistyowati M, Soenardo, 2015. Fatty acids profiles of fresh milk, yogurt and concentrated yogurt from Peranakan Etawah goat milk, *Procedia Food Sci*, 3: 216-222.
42. Lavigne C, Zee JA, Simard, R.E., Beliveau, B., 1989. Effect of processing and storage conditions on the fate of Vitamin B1, B2 and C and on the shelf-life of goat's milk. *J Food Sci*, 54: 30-34.

GIDA



Author Instructions

GIDA (2009) 34 (1): 59-63

www.gidadernegi.org / English / The Journal of FOOD /Author Instructions

Manuscript Submission and Copyright Release Form

GIDA (2009) 34 (1): 67

www.gidadernegi.org / English / The Journal of FOOD /Manuscript Submission and Copyright Release Form

Final Check List

GIDA (2009) 34 (1): 68

www.gidadernegi.org / English / The Journal of FOOD /Final Check List

can be reached from those addresses. Authors must read carefully the author instructions and prepare the manuscript accordingly.