

## Isıl işlemlerin sütün besin değeri üzerindeki etkileri

Sena Nur KUMRAL<sup>1</sup>, Semra NAVRUZ VARLI<sup>2</sup>

### Cite this article as:

Kumral, S.N., Navruz Varlı, S. (2025). Isıl işlemlerin sütün besin değeri üzerindeki etkileri. *Food and Health*, 11(2), 197-207. <https://doi.org/10.3153/FH25016>

<sup>1</sup> Gazi Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Beslenme ve Diyetetik Anabilim Dalı Yüksek Lisans Programı, Ankara, Türkiye

<sup>2</sup> Gazi Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü, Ankara, Türkiye

### ORCID IDs of the authors:

S.N.K. 0009-0005-6020-6179

S.N.V. 0000-0002-0698-6021

Submitted: 04.11.2024

Revision requested: 10.03.2025

Last revision received: 15.03.2025

Accepted: 16.03.2025

Published online: 23.03.2025

### Correspondence:

Sena Nur KUMRAL

E-mail: [senanurkumral@gmail.com](mailto:senanurkumral@gmail.com)



© 2025 The Author(s)

Available online at  
<http://jfh.scientificwebjournals.com>

### ÖZ

Süt, birçok elzem besin ögesini içeren, büyüme ve gelişmede önemli yeri olan bir besindir. Çiğ haldeki süt birçok patojen mikroorganizma barındırabilmekte ve ciddi sağlık sorunlarına yol açabilmektedir. Sütü biyolojik risklerden korumak ve raf ömrünü uzatmak için sterilizasyon ve pastörizasyon gibi ısı işlemlerin uygulanması gereklidir. Bu işlemler uygulanan sıcaklık-süre koşullarına bağlı olarak sütün fizikokimyasal, fonksiyonel özellikleri ve besin değerini etkilemektedir. Isıl işlemlerin besin değeri üzerine etkisi genellikle protein ve suda çözünen vitaminler ile ilişkilidir. Isıl işlem sonucunda sütte çözünebilir kalsiyum miktarının azaldığı ve kalsiyum fosfat çökeltili oluştuğu; selenyum ve çinko gibi antioksidan mineraller üzerinde ise önemli bir değişiklik görülmediği bildirilmektedir. Son yıllarda mikrodalga, ultrasonikasyon, termosonikasyon gibi işlemler geleneksel olarak süte uygulanan ısı işlemlere alternatif olarak gösterilmekle birlikte bu işlemlerin sütün besin değeri üzerindeki etkileri kapsamlı olarak araştırılmalıdır.

**Anahtar Kelimeler:** Süt, Pastörizasyon, Sterilizasyon, Besin değeri

### ABSTRACT

#### Effects of heat treatments on the nutritional value of milk

Milk is a food that contains many essential nutrients and has an important role in growth and development. Raw milk can harbor many pathogenic microorganisms and cause serious health problems. Heat treatments such as sterilization and pasteurization are necessary to protect milk from biological risks and extend its shelf life. These processes affect the physicochemical, functional properties and nutritional value of milk depending on the temperature and time conditions applied. The effect of heat treatment on nutritional value is generally associated with protein and water-soluble vitamins. It is reported that the amount of soluble calcium in milk decreases and calcium phosphate precipitate is formed as a result of heat treatment, while there is no significant change in antioxidant minerals such as selenium and zinc. In recent years, processes such as microwave, ultrasonication and termosonication have been shown as alternatives to the traditional heat treatment of milk, but the effects of these processes on the nutritional value of milk should be extensively investigated.

**Keywords:** Milk, Pasteurization, Sterilization, Nutritional value

## Giriş

Süt; protein, kalsiyum, fosfor, magnezyum ve riboflavin başta olmak üzere B grubu vitaminleri, A vitamini gibi önemli besin öğelerinin çoğunu içermektedir (Bezie, 2019). Sağlık üzerinde birçok yararlı etkileri ile bilinen süt, küresel olarak yaygın bir şekilde tüketilmektedir (Baysal, 2017). Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) verilerine göre 2022 yılında kişi başına süt tedarik miktarının (tereyağı hariç) dünyada 82.7 kg, Avrupa'da 199.5 kg ve Türkiye'de 193.4 kg olduğu belirtilmektedir (FAO, 2022). Süt; krema, tereyağı, yoğurt, kefir ve peynir gibi birçok besinin üretiminde temel besin olarak kullanılmaktadır (Bezie, 2019). Tüketim için mevcut olan süt ve süt ürünlerinin çoğu, küresel süt üretiminin %81'ini oluşturan inek sütünden elde edilmektedir (The Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD)-FAO, 2022). İnek sütünün besin ögesi içeriği; mevsim, hayvanın cinsi, beslenme şekilleri gibi faktörlere göre değişmekle birlikte genel olarak %87.3'ü su, %5'i karbonhidrat, %3.5'i yağ, %3.4'ü protein ve %0.7'si küldür (Baysal, 2017).

Süt, içeriğindeki besleyici öğeler nedeniyle bozulmaya ve gıda kaynaklı hastalıklara yol açabilecek mikroorganizmaların büyümesi için elverişli bir besindir (Melini ve ark., 2017). Sütün, tüketim açısından güvenli hale getirilmesi için ısıtma işlemi uygulanması gereklidir (Melini ve ark., 2017). Ancak son yıllarda çiğ süt tüketiminin daha sağlıklı olduğuna dair yaygın bir inanç ortaya çıkmıştır (Melini ve ark., 2017; Alegbeleye ve ark., 2018). Ülkemizde de durum çok farklı değildir (Konar ve ark., 2014). Türkiye'de açık süt veya sokak sütü olarak adlandırılan sütler, herhangi bir ısıtma işlemi ya da muhafaza tekniği uygulanmadan çiğ halde satılmaya devam etmektedir (Konar ve ark., 2014). Kentsel nüfusun %23.6'sının sokak sütünü, "organik", "saf" ve "doğal" olarak algılaması ve paketlenmiş/işlenmiş sütlere güvenmemesi nedeniyle tercih ettiği belirtilmektedir (Konar ve ark., 2014). Çiğ sütün güvenli ve daha sağlıklı bir alternatif olduğuna inanılmasının aksine çiğ sütler *Salmonella*, *E.coli*, *Listeria*, *Campylobacter*, *Brucella*, *Cryptosporidium* gibi patojen bakterileri taşıyabilmesi nedeniyle ciddi sağlık sorunlarına neden olabilmektedir (Food and Drug Administration, 2019; Centers for Disease Control and Prevention (CDC), 2024). Temiz olmayan süt ile insanlara geçebilen başlıca hastalıklar arasında tüberküloz, stafilokokus enfeksiyon ve entoksikasyonları, streptokok enfeksiyonları, kuduz ve bruselloz bulunmaktadır (Baysal, 2017). İnek sütündeki *Brucella* türlerinin prevalansı, diğer ülkelere kıyasla, %81.7 oranla en yüksek Türkiye'de bulunmuştur (Arasoğlu ve ark., 2013; Islam ve ark., 2023). Türkiye'de brusellozlu 1028 hasta ile yapılan çalışmada, hastaların %63.6'sının pastörize edilmemiş süt veya süt ürünleri tüket-

tiği ortaya konmuştur (Buzgan ve ark., 2010). Amerika Birleşik Devletleri'nde 1998-2018 yılları arasında çiğ süt tüketimi ile bağlantılı olan 202 salgın ve 2645 hastalığın ortaya çıktığı bildirilmektedir (Koski ve ark., 2022). Ciddi hastalıklara yakalanma açısından 5 yaş altı çocuklar, 65 yaş üstü bireyler, hamileler ve bağışıklık sistemi zayıf olan kişiler gibi bazı grupların daha yüksek risk altında olduğu belirtilmektedir (CDC, 2024). Buna rağmen çiğ sütün özellikle yüksek riskli gruplardaki bireyler ve belirli beslenme alışkanlıkları olan kişiler tarafından tüketildiği belirtilmektedir (Melini ve ark., 2017).

Bu derlemenin amacı ısıtma işlemlerinin sütün besin değeri üzerindeki etkilerini görmek ve süte gerçekten zarar verip vermediği konusunda tüketicilere açıklık sağlamaktır. Çiğ süt tüketiminin yol açabileceği sorunlar nedeniyle bu konunun halk sağlığı açısından önemli olduğu düşünülmektedir.

## Süte Uygulanan Isıl İşlemler

Sütün; su içeriğinin yüksek olması, nötr pH'a sahip olması ve kimyasal bileşimi, patojenler de dahil olmak üzere çeşitli mikroorganizmaların gelişmesi için uygun bir ortam oluşturmaktadır (Kilic-Akyılmaz ve ark., 2022). Bununla birlikte sütün depolanması sırasında istenmeyen değişikliklerin başlamasına katkıda bulunan enzimler de süte bulunmaktadır (Melini ve ark., 2017). Bu nedenle sütler; mikrobiyal güvenliği ve stabiliteyi sağlamak, enzimleri etkisiz hale getirmek ve raf ömrünü uzatmak için ısıtma işlemi tabii tutulur (Melini ve ark., 2017; Kilic-Akyılmaz ve ark., 2022). Süte uygulanan ısıtma işlemleri Şekil 1'de özetlenmiştir (TMMOB Ziraat Mühendisleri Odası, 2012; Gürsel, 2013; Koçak, 2013; Şen, 2017; T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, 2019). Süte temel olarak pastörizasyon ve sterilizasyon olmak üzere iki farklı ısıtma işlemi uygulanır (Gürsel, 2013; T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, 2019). Termizasyon, pastörizasyonun işlem basamakları altında değerlendirilebilecek süttten peynir yapımında kullanılan bir ısıtma işlemi türüdür (Koçak, 2013). Yoğurt üretiminde ise 90-95°C'de 3-5 dakika süre ile kısmi pastörizasyon uygulanmaktadır (Coolbear ve ark., 2022). Süte uygulanan diğer bir ısıtma işlemi ise kaynatmadır (Asadullah ve ark., 2010).

Süte uygulanacak ısıtma işlemleri, işletmenin büyüklüğüne, sahip oldukları pastörizatör ve/veya sterilizatörlerin türü ve kapasitesine göre değişebilmektedir (T.C. Milli Eğitim Bakanlığı Mesleki ve Teknik Eğitim Genel Müdürlüğü, 2019). "Günlük süt" olarak kabul edilen pastörize sütler, taşıma dahil soğuk zincire ihtiyaç duymakta ve bu sütlerin üretimden sonra kısa süre içerisinde tüketilmesi gerekmektedir (Gürsel,

2013; Şen, 2017). Sterilize sütler ise oda sıcaklığında depolanabilir niteliktedir ve uzun raf ömrüne sahiptir (Gürsel, 2013; Şen, 2017). Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) 2023 yılı verilerine göre Türkiye’de üretilen sütlerin çoğunluğunu

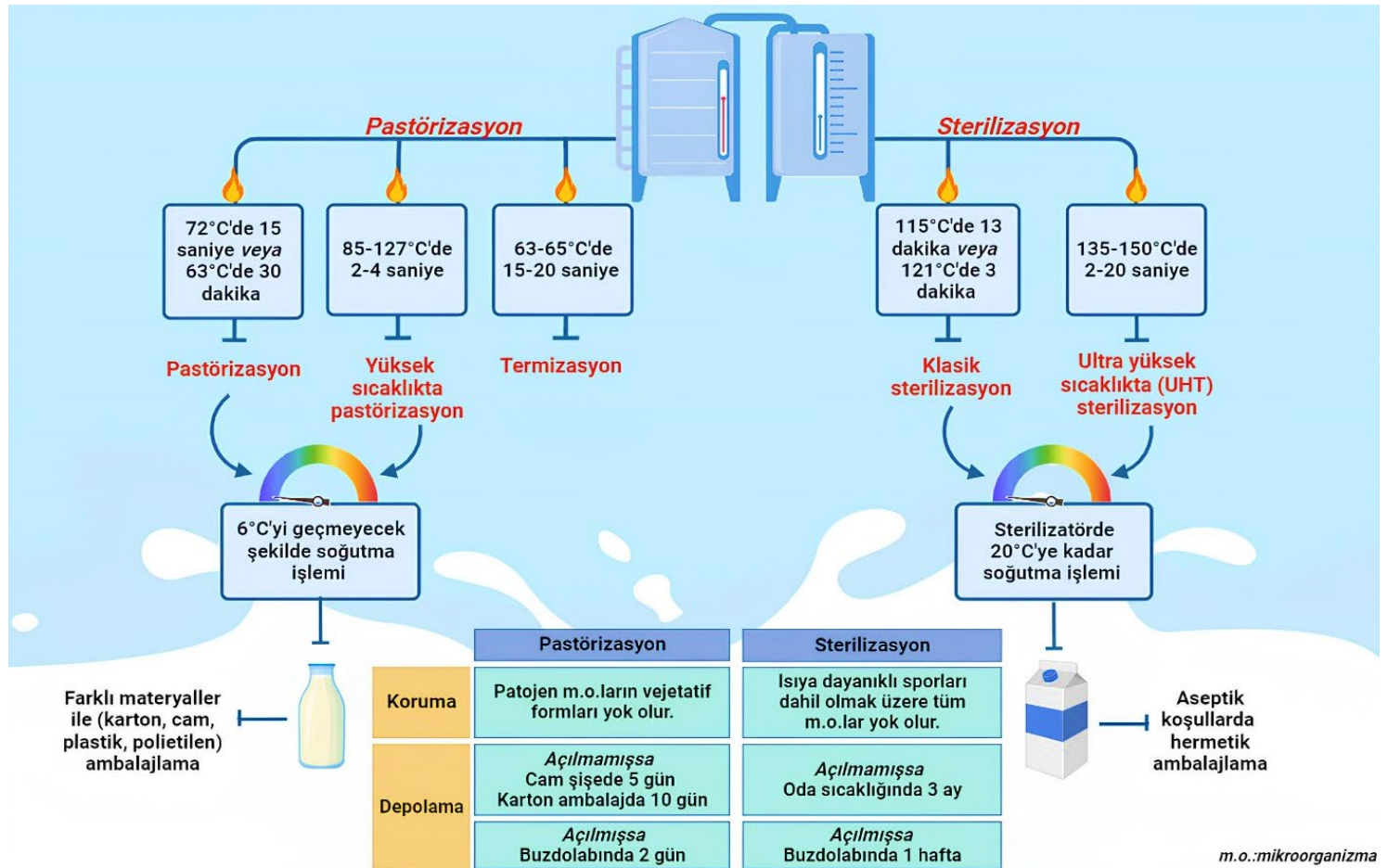
(%91.7) UHT (ultra high temperature) sütler oluşturmaktadır (Tablo 1) (TÜİK, 2023).

**Tablo 1.** TÜİK verilerine göre 2023 yılında Türkiye’de üretilen süt miktarı

**Table 1.** The amount of milk produced in Türkiye in 2023 according to TÜİK data

Yıllık süt üretimi (ton)	Yağsız	Yarım yağlı	Tam yağlı	Toplam	%
Pastörize süt	-	1623	124 822	126 445	8.3
UHT süt	39 454	597 633	760 318	1 397 405	91.7
Toplam	39 454	599 256	885 140	1 523 850	100

UHT: Ultra yüksek sıcaklık



**Şekil 1.** Süte uygulanan ısı işlemler

**Figure 1.** Heat treatments applied to milk

Tüketim açısından bakıldığında ise Türkiye Beslenme ve Sağlık Araştırması (TBSA) 2017 verilerine göre 15 yaş ve üzeri bireylerin %84.7'sinin pastörize sütü, %66.5'inin UHT sütü, %57.5'inin açık sütü hiç tüketmediği görülmektedir (Tablo 2) (T.C. Sağlık Bakanlığı, 2019). Bununla birlikte UHT ve açık sütlerin tercih edilme sıklığının daha fazla olduğu görülmektedir (T.C. Sağlık Bakanlığı, 2019).

## Isıl İşlemlerin Sütün Besin Değeri Üzerine Etkileri

Isıl işlemler sağladığı yararların yanı sıra sütün besin değerini, fizikokimyasal ve fonksiyonel özelliklerini (pH, viskozite, çözünürlük, su ve yağ bağlama kapasitesi, ısı stabilitesi gibi) etkileyebilmektedir (Mejares ve ark., 2023). Isıl işlemlerin besinler üzerindeki olumsuz etkilerinin büyük kısmı, işlemin sıcaklığının yüksekliğine ve nem, basınç, kesme kuvveti gibi çevre koşullarına bağlı gerçekleşmektedir (Borad ve ark., 2017).

### Süt Proteinleri Üzerine Etkileri

Süt, besin değeri yüksek, fonksiyonel ve fizyolojik aktiviteye sahip olan çeşitli ve yüksek kaliteli proteinlerin temel kaynaklarından biridir (Davoodi ve ark., 2016). Süt proteinlerinin yaklaşık %80'i whey proteinlerinden ( $\alpha$ -laktalbumin,  $\beta$ -laktoglobulin, serum albumin); %20-25'i kazein proteinlerinden ( $\alpha_{s1}$ ,  $\alpha_{s2}$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $\kappa$ ) oluşmaktadır (Davoodi ve ark., 2016; Lajnaf ve ark., 2022). Isıl işlem uygulaması sonucunda proteinler, beslenme açısından önemli olan denatürasyon, glikasyon,  $\beta$ -eliminasyon reaksiyonları, rasemizasyon, izo-peptit bağları oluşumu gibi çeşitli kimyasal ve fiziksel değişikliklere uğramaktadır (Borad ve ark., 2017). Bu durumda süt proteinleri midedeki asidik ortamda daha ince bir pıhtı oluşturarak sindirim enzimleri tarafından kolay parçalanabilir hale gelmekte ve proteinlerin biyoyararlanımı artmaktadır (Gürsel, 2013). Bununla birlikte ısı işlem sonucunda bazı amino-

asitler, örneğin lizin ve dehidroalanin, reaksiyona girerek değişikliğe uğramakta, bu durum proteinin sindirilebilirliğini ve biyoyararlanımını azaltmaktadır (Borad ve ark., 2017). Süt proteinlerinin termal denatürasyona duyarlılık düzeyleri: immünoglobulinler > serum albumin >  $\beta$ -laktoglobulin >  $\alpha$ -laktalbumin > kazein şeklindedir ve denatürasyon sıcaklıklarının 62-78°C arasında değiştiği bilinmektedir (Borad ve ark., 2017). Denatürasyon oranı pastörizasyonda %5-15, klasik sterilizasyonda %80-100, UHT sterilizasyonda ise %50-90 arasında değişmektedir (Gürsel, 2013). Bir çalışmada, yarım litre taze inek sütüne farklı süre (1.deney: 10, 20 ve 30 dakika; 2.deney: 5, 10, 15, 20, 25 ve 30 dakika) ve sıcaklıklarda (1.deney: 65, 75, 85, 95 ve 100°C; 2.deney: 75, 85 ve 95°C) ısı işlem uygulaması sonrasında, 95°C'de 10 dakika uygulanan ısı işlemle neredeyse tüm whey proteinlerinin denatüre olduğu; pastörizasyon sıcaklığı ve süresi arttıkça bütün protein fraksiyonlarında ( $\alpha$ -kazein,  $\beta$ -kazein,  $\kappa$ -kazein,  $\beta$ -laktoglobulin and  $\alpha$ -laktoalbumin) denatürasyon derecesinin önemli düzeyde arttığı belirlenmiştir (Çurlej ve ark., 2022). Başka bir çalışmada, çiğ, pastörize ve 100°C'de 1 dakika kaynatılan inek sütü örnekleri karşılaştırıldığında, toplam protein düzeyinin kaynatma ile önemli düzeyde değişmediği; pastörizasyon ile %14 oranında azaldığı gösterilmiştir (Gürel-Gökmen ve ark., 2022). Aynı işlemler keçi sütüne uygulandığında kaynatma ve pastörizasyon sonrası toplam protein miktarı önemli düzeyde azalmıştır (Gürel-Gökmen ve ark., 2022). Çiğ, pastörize (75°C'de 15 saniye) ve UHT (140°C'de 3 saniye) sütlerin karşılaştırıldığı başka bir çalışmada ise, pastörize ve UHT sütlerin protein içeriği çiğ süte benzer bulunmuştur (Pestana ve ark., 2015). Süt proteinlerinin miktarı ve denatürasyon oranının, ısı işlemin sıcaklık derecesi ve süresine göre değiştiği görülmektedir. Kısa süreli ısı işlem uygulamasının yüksek sıcaklıklarda bile süt proteinlerinin miktarını önemli düzeyde değiştirmediği görülmektedir. Isıl işlem ile proteinlerin sindirilebilirliği ve biyoyararlanımının arttığı söylenebilir ancak bazı aminoasitlerin değişime uğradıkları da göz önünde bulundurulmalıdır.

**Tablo 2.** TBSA 2017 verilerine göre 15 yaş ve üzeri bireylerin süt tüketim yüzdeleri

**Table 2.** Milk consumption percentages of individuals aged 15 and over, according to TBSA 2017 data

	Hiç	Ayda 1' den az	Ayda 1-3	Haftada 1	Haftada 2-3	Haftada 4-5	Haftada 6-7	Bilmiyor/ yanıtsız
Pastörize süt	84.7	2.1	2.9	3.1	3.6	1.0	2.0	0.5
UHT süt	66.5	4.3	6.7	6.9	7.8	2.4	4.8	0.6
Açık süt	57.5	5.6	10.3	11.5	9.0	2.0	3.7	0.4
Şekerli/kakaolu/meyveli süt	79.9	4.4	4.1	3.9	3.9	1.1	2.2	0.5

UHT: Ultra yüksek sıcaklık

### Süt Karbonhidratı Üzerine Etkileri

Sütün temel karbonhidratı- “süt şekeri” olarak da bilinen oldukça stabil bir bileşen olan laktoz olmakla birlikte oligosakaritler, düşük miktarda galaktoz ve glikoz da süt bileşiminde yer almaktadır (Crisà, 2013). Laktoz, süte uygulanan ısı işlem derecesi 93.5°C’yi geçtiğinde etkilenecek  $\alpha$ -laktoz formundan  $\beta$ -laktoz formuna dönüşmekte ve sıcaklık arttıkça laktozun çözünme yeteneğinin de arttığı belirtilmektedir (Yetişemiyen ve Eren, 2009). Çiğ, pastörize ve 100°C’de 1 dakika kaynatılan inek ve keçi sütü örneklerinin karşılaştırıldığı bir çalışmada, laktoz miktarının kaynatma ile önemli düzeyde değişmediği; pastörizasyonda ise, hem inek hem keçi sütünün laktoz miktarının önemli düzeyde azaldığı (keçi sütünde %20, inek sütünde %13 azalma) gösterilmiştir (Gürel-Gökmen ve ark., 2022).

Yüksek sıcaklıklarda ( $\geq 100^\circ\text{C}$ ) sütteki laktoz, proteinlerin amino asitleri ile etkileşime girerek tat ve renk (kahverengileşme olayı) üzerinde etkili olan Maillard reaksiyonuna neden olmaktadır (Deeth, 2021). Bu reaksiyon esansiyel amino asitlerin (lizin ve arjinin gibi) kaybına neden olarak sütün besin değerini azaltmaktadır (Siddique ve ark., 2010). Farklı sıcaklıklarda (135, 138, 141 ve 144°C) UHT işlem görmüş sütlerle yapılan bir çalışmada, laktoz miktarının depolama (en fazla kayıp 40°C’de 90.günde) ve Maillard reaksiyonuna bağlı olarak azaldığı ve laktoz kaybının en fazla 144°C’de olduğu bulunmuştur (Siddique ve ark., 2010).

Maillard reaksiyonu, furozin, akrilamid, karboksimetillizin ve 5-hidroksimetilfurfural (5-HMF) gibi toksik bileşenlerin yanı sıra Strecker aldehitleri, sülfürik asit, nitrojen içeren bileşikler, maltol ve diasetil gibi çeşitli uçucu bileşiklerin açığa çıkmasına neden olmaktadır (Borad ve ark., 2016; Jo ve ark., 2018). Çiğ inek sütüne 75, 90, 105, 120 ve 135 °C sıcaklıkta 5, 15 ve 30 saniye ısısı işlemin uygulandığı bir çalışmada furozin, 5-HMF ve laktuloz içeriklerinin, artan ısısı işlem sıcaklığı ve süresi ile önemli düzeyde arttığı gösterilmiştir (Zhang ve ark., 2021). ısısı işlem sıcaklığı 105°C’den yüksek olduğunda laktuloz, furozin ve floresan maddelerin (sütün ısısı işlem derecesini yansıtabilen maddeler), 120 °C’de işlenen numunelerde ise 5-HMF içeriğinin önemli düzeyde arttığı saptanmıştır. Ayrıca ısısı işlemin derecesi arttıkça uçucu bileşiklerin türü ve içeriği, süt proteininin glikasyon derecesi ve bağlanma bölgeleri değişmiştir (Zhang ve ark., 2021).

ısısı işlemin, sütün laktoz içeriğinde olumsuz herhangi bir değişime neden olmadığı belirtilmektedir (Gürsel, 2013). Ancak 100°C ve üzerindeki sıcaklıklarda gerçekleşen Maillard reaksiyonu ile laktoz miktarında kayıp olduğu ve toksik bileşenlerin açığa çıktığı unutulmamalıdır.

### Süt Yağı Üzerine Etkileri

Süt bileşiminde fiziko-kimyasal ve biyolojik özelliklere sahip dört yüzden fazla, çeşitli yağ asidi bulunmaktadır (Djordjevic ve ark., 2019). Ağırlıklı olarak doymuş yağ asitlerinin yanı sıra palmitik ve oleik asit gibi doymamış yağ asitlerini de içeren süt yağı, kimyasal yapısı nedeniyle -40°C ile 40°C arasında değişen bir erime noktası aralığına sahiptir (Baysal, 2017; Büyükbeşe ve ark., 2014). Süt yağının içeriği ve bileşimi; süt ve süt ürünlerinin besin kalitesi, işlenebilirliği, tadı ve aroması üzerinde de yüksek oranda etkilidir (Djordjevic ve ark., 2019). Yüksek sıcaklıkta kısa süreli pastörizasyon işleminin süt yağının fonksiyonel ve besinsel özelliklerini etkilemediği ancak daha yüksek sıcaklıkta uygulanan ısısı işlemlerin oksidasyon reaksiyonlarını stimüle ederek yağın bozulmasına ve lezzetinin değişmesine neden olabileceği belirtilmektedir (Constantin ve Csatlos, 2010). Bununla birlikte UHT gibi yüksek sıcaklıkta uygulanan ısısı işlemlerin süt yağı globül membran proteinlerini etkileyerek globüllerin stabilitesinin bozulmasına ve koagülasyonuna yol açabileceği belirtilmektedir (Constantin ve Csatlos, 2010).

Çiğ, pastörize (75°C’de 15 saniye) ve UHT (140°C’de 3 saniye) sütün karşılaştırıldığı bir çalışmada, bütirik asit (4:0), kaproik asit (6:0) ve kaprilik asit (8:0) gibi kısa zincirli yağ asitlerinin (KZYA) pastörize ve UHT sütünlerde azaldığı ancak ısısı işlemler arasında önemli bir fark olmadığı; uzun zincirli yağ asitlerinin (UZYA) de yüksek oranda korunduğu bulunmuştur (Pestana ve ark., 2015). Sütün bileşiminin ise toplam yağ ve kuru maddenin azalması ve ürenin artmasına bağlı olarak bir miktar değiştiği bildirilmiştir. Çalışma sonucunda uygulanan pastörizasyon ve sterilizasyon işlemlerinin sütün yağ asidi profili üzerinde önemli bir değişime yol açmadığı belirtilmiştir (Pestana ve ark., 2015). Çiğ, pastörize ve 100°C’de 1 dakika kaynatılan inek ve keçi sütü örnekleri karşılaştırıldığına da ısısı işlemlerin çiğ inek sütünün yağ düzeyi üzerinde önemli bir etkisi olmadığı, keçi sütünün yağ oranında kaynatma sonrası önemli bir değişiklik olmazken pastörizasyon sonrasında anlamlı bir azalma olduğu saptanmıştır (Gürel-Gökmen ve ark., 2022). Bu durum inek sütündeki yağ globüllerinin keçi sütününe kıyasla daha büyük olması ile ilişkilendirilmiştir (Gürel-Gökmen ve ark., 2022). Başka bir çalışmada, pastörizasyon (65°C’de 30 dakika) ve kaynatma (1 dakika) işlemlerinin uygulandığı inek ve manda sütünlerinde KZYA ve orta zincirli yağ asitleri (OZYA) konsantrasyonlarının arttığı, UZYA konsantrasyonunun azaldığı, toplam yağ miktarında ise anlamlı bir farklılık olmadığı gösterilmiştir (Khan ve ark., 2017).

### *Süt Vitaminleri Üzerine Etkisi*

Süt, suda çözünen B vitaminlerinin (özellikle riboflavin) yanı sıra A, D ve E vitaminleri gibi yağda çözünen vitaminleri de içermektedir (Bezie, 2019). Ayrıca süt, A ve D vitaminleri ile zenginleştirilebilmektedir (Kaushik ve ark., 2014; Sachdeva ve ark., 2021). Isıl işlemler, sütteki vitaminler üzerinde de etkilidir ancak bu etki daha çok suda eriyen vitaminlerin kaybı ile gerçekleşmektedir (Bezie, 2019). Tiamin, B<sub>6</sub>, B<sub>12</sub>, C vitaminleri ve folik asitin yüksek sıcaklıktaki işlemlerden etkilendiği; pantotenik asit, biotin, B<sub>2</sub> ve B<sub>3</sub> vitaminlerinin ise sıcaklığa daha dayanıklı olduğu belirtilmektedir (Constantin ve Csatos, 2010). Pastörizasyon yönteminin A, D, E ve B grubu vitaminler üzerinde önemli bir etkisinin olmadığı; UHT sterilizasyon yönteminin B<sub>1</sub>, B<sub>6</sub>, B<sub>12</sub> vitaminleri ve folik asitte %10 oranında, C vitamininde ise %25 oranında kayba neden olduğu; bununla birlikte bu kayıpların klasik sterilizasyona kıyasla çok düşük olduğu belirtilmektedir (Gürsel, 2013).

Ev koşullarında 5, 10 ve 15 dakika kaynatılmış süt ile UHT sütün karşılaştırıldığı bir çalışmada, 15 dakikalık kaynatma sonunda B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>3</sub>, B<sub>6</sub> vitaminleri ve folik asitte, çiğ süte kıyasla sırasıyla yaklaşık %27, %27, %29, %24 ve %36'lık bir azalma olduğu görülmüştür (Asadullah ve ark., 2010). UHT süt ile kıyaslandığında, ev koşullarında 15 dakika kaynatılmış sütteki B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>3</sub>, B<sub>6</sub> vitaminleri ve folik asit değerlerinin sırasıyla %25.9, %75.0, %54.5, %63.2 ve %38.1 oranında daha düşük olduğu bulunmuştur (Asadullah ve ark., 2010). İnek ve manda sütü karışımının (1:1) sadece D<sub>2</sub> vitamini ile veya D<sub>2</sub> vitaminine ek olarak kalsiyum ile zenginleştirildiği bir çalışmada, süt örneklerine farklı ısıl işlemler (63°C'de 30 dakika pastörizasyon, 121°C'de 15 dakika kaynatma ve sterilizasyon) uygulanmıştır (Kaushik ve ark., 2014). Bir hafta depolama sonrasında farklı günlerde analiz edilen cam ve plastik şişelerde muhafaza edilmiş örneklerde, çiğ ve farklı ısıl işlemlerin uygulandığı süt örneklerinin D<sub>2</sub> vitamini içeriği birbirinden önemli düzeyde farklı bulunmazken polietilen torbalarda muhafaza edilmiş örneklerdeki D<sub>2</sub> vitamininin 3.günden itibaren önemli düzeyde azaldığı saptanmıştır (Kaushik ve ark., 2014). Bu azalmanın, polietilen torbanın D<sub>2</sub> vitaminini absorbe etmesinden kaynaklanabileceği belirtilmiştir (Kaushik ve ark., 2014). İnek ve manda sütü karışımının (1:1) A vitamini ve farklı formlarda demir ile tek başına ve kombinasyon halinde zenginleştirildiği benzer yöntemli bir çalışmada, süt örneklerine farklı ısıl işlemler (63°C'de 30 dakika pastörizasyon, 121°C'de 15 dakika kaynatma ve sterilizasyon) uygulanmıştır (Sachdeva ve ark., 2021). Tüm pastörize sütlerin A vitamini içerikleri ile kontrol (çiğ) sütleri arasında önemli bir fark olmadığı; kaynatma ve sterilizasyonun uygu-

landığı süt örneklerinde ise A vitamini içeriğinin, çiğ ve pastörize süte kıyasla önemli oranda azaldığı saptanmıştır (Sachdeva ve ark., 2021).

Sonuç olarak daha uzun süre ve yüksek sıcaklıklarda gerçekleştirilen kaynatma ve sterilizasyon gibi ısıl işlemlerin suda çözünen vitaminlerde (B grubu vitaminler ve C vitamini) kayıplara neden olduğu söylenebilir.

### *Süt Mineralleri/Tuzları Üzerine Etkileri*

Süt içerisinde fiziksel stabilite için önemli olan kalsiyum, fosfor, magnezyum potasyum, klor, sodyum gibi pek çok mineral bulunmaktadır (Nieuwenhuijse ve Huppertz, 2022). Sütteki tuzlar; çözelti içinde serbest veya kompleks iyonlar halinde ve kazein misellerinde çözünmemiş halde (özellikle kalsiyum ve fosfat) bulunabilmektedir (Nieuwenhuijse ve Huppertz, 2022). Isıl işlemin, iyonik kalsiyumun fosfatla veya denatüre haldeki proteinlerle kolloidal kalsiyum formuna dönüşerek kazein misellerinin içerisine girmesi sonucu çözünür kalsiyum içeriğini azalttığı ve kalsiyum fosfat çökelmesine neden olduğu belirtilmektedir (Yoo ve ark., 2013; Nieuwenhuijse ve Huppertz, 2022). Eğer ısıl işlem orta yoğunlukta ise tuzlardaki değişim geri dönüşümlüdür ancak sıcaklık 90°C'nin üzerine çıktığında veya işlem süresi 20 dakikayı aştığında reaksiyonlar geri dönüşümsüz hale gelmektedir (Nieuwenhuijse ve Huppertz, 2022). Farklı ısıl işlemlerin çözünür kalsiyum üzerindeki etkisini inceleyen bir çalışmada çiğ, pastörize (63°C'de 30 dakika veya 72°C'de 15 saniye) ve UHT işlemi uygulanan (130°C'de 2 saniye) 9 farklı süt örneği incelenmiştir (Yoo ve ark., 2013). Toplam kalsiyum miktarında sütler arasında anlamlı bir farklılık olmadığı, çözünür kalsiyum düzeyinde ise ısıl işlem görmüş sütlerin tümünde çiğ süte kıyasla anlamlı bir azalma olduğu (en az UHT sütte) görülmüştür (Yoo ve ark., 2013). Bu konuda net bir görüş olmamakla birlikte çözünür kalsiyum miktarındaki azalmanın biyoyararlanım üzerinde küçük bir etkiye sahip olabileceği bildirilmiştir (Yoo ve ark., 2013). Bebeklerle yürütülen çalışmalarda UHT sütteki kalsiyum ve potasyumun vücutta tutulma düzeyinin pastörize süttten daha fazla olduğu; fosforun ise pastörize sütle benzer tutulum gösterdiği belirtilmektedir (Gürsel, 2013).

Pastörizasyon (65°C'de 30 dakika) ve kaynatma (1 dakika) işlemlerinin uygulandığı inek ve manda sütlerinde antioksidan içeriğinin incelendiği çalışmada ise toplam antioksidan kapasitesi, indirgeme gücü, selenyum ve çinko düzeylerinde ısıl işlemler sonrasında önemli bir değişiklik gözlenmemiştir (Khan ve ark., 2017). Radikal yakalama aktivitesi açısından ise depolama süresi 3 gün iken değişim önemsiz bulunurken 6 günlük süt numunelerinin antioksidan kapasitesinde önemli bir azalma görülmüştür (Khan ve ark., 2017).



Sonuç olarak ısıt işlemlerin sütün çözünür kalsiyum düzeyinde önemli bir azalmaya neden olduğu gösterilse de kalsiyumun biyoyararlanımı açısından önemli bir farklılık görülmemiştir.

## Mikrodalga ile Uygulanan Isıl İşlemlerin Sütün Besin Değeri Üzerine Etkileri

Çiğ sütün pastörizasyonunda bir mikrodalga sisteminin kullanımına ilişkin ilk çalışma 1969 yılında gerçekleştirilmiştir ve sonrasında sütteki mikrobiyal etkinlik açısından bu yöndeki çalışmalar yapılmaya devam etmiştir (Martins ve ark., 2019). Yüksek sıcaklıklarda gerçekleştirilen ısıt işlemlerin besinlerin organoleptik özelliklerinde değişikliklere neden olduğu bilinmektedir (Deeth, 2021; Coolbear ve ark., 2022). Mikrodalga ile uygulanan ısıt işlemlerin; daha fazla enerji verimliliği sağlaması ve işlem sürelerini azaltması nedeniyle, geleneksel pastörizasyon ile karşılaştırıldığında, daha iyi duyuşal ve besinsel kaliteye sahip ürünler sağlayabileceği düşünülmektedir (Martins ve ark., 2019). Ayrıca, mikrodalga işleminin çeşitli mikroorganizmaların üzerinde çok etkili olduğu ve mikrodalga ile pastörize edilmiş sütün bileşiminin klasik pastörize süt ile benzer olduğunu gösteren çalışmalar literatürde yer almaktadır (Bakry ve ark., 2017; Martins ve ark., 2019).

İnek, manda ve karışım halindeki (1:1 oranında) 9 farklı süt örneğine mikrodalgada 0, 30, 60, 90, 120, 150 ve 180 saniye işlem uygulanması ile geleneksel pastörizasyonun (72°C'de 40 saniye) karşılaştırıldığı bir çalışmada, mikrodalga sürelerinin uzamasıyla nem içeriğinin azaldığı; yağ, protein, kül, özgül ağırlık ve asiditenin arttığı belirlenmiştir (Bakry ve ark., 2017). Pastörize sütün nem içeriği mikrodalgada pişirilmiş süttten daha yüksek, ancak asidite, protein, kül ve yağ içerikleri daha düşük bulunmuştur (Bakry ve ark., 2017).

Mikrodalgada ısıt işlem görmüş portakal suyu ve sütlü içecek karışımının (15, 30 ve 60 saniye için 65°C ve 75°C), geleneksel pastörizasyonla işlem görmüş (75°C'de 15 saniye) içecek karışımı ile kıyaslandığı bir çalışmada, mikrodalgada işlem görmüş içeceğin daha düşük bir esmerleşme indeksine ve daha yüksek düzeyde antioksidan aktiviteye,  $\alpha$ -amilaz,  $\alpha$ -glukosidaz ve ACE (anjyotensin dönüştürücü enzim) inhibisyonuna sahip olduğu görülmüş ve bu durum içekte bulunan daha yüksek düzeydeki askorbik asit, toplam fenol sayısı ve karotenoid ile doğrudan ilişkili bulunmuştur (Martins ve ark., 2021). Ayrıca, mikrodalganın sütün yağ asidi profili üzerinde önemli bir etkiye neden olmadığı bulunmuştur. Organik uçucu bileşikler ve biyoaktif bileşiklerin biyoaktivitelerinin daha yüksek oranda korunmasını sağlaması nedeniyle

mikrodalgada 65°C'de 60 saniye işlem önerilmektedir (Martins ve ark., 2021).

Başka bir çalışmada ise, önceki bulguların aksine, mikrodalga kullanılarak (800 W güçte) belirli sürelerle göre (0, 10, 20, 30, 60 ve 120 saniye) ısıt işlem gören sütlerde yağ, protein, kuru madde ve laktoz değerlerinin azaldığı, ortalama yoğunluk değerinin ise arttığı gözlenmiştir (Iuliana ve ark., 2015).

Son yıllarda; mikrobiyolojik açıdan etkili olması, enerji verimliliği sağlaması, işlem süresini azaltması açısından ısıt işlemlerin mikrodalga ile uygulanabileceği ve bu şekilde ürünün daha iyi duyuşal özelliklere ve besin ögesi profiline sahip olabileceğini gösteren çalışmalar bulunmaktadır (Martins ve ark., 2019; Martins ve ark., 2021). Bununla birlikte mikrodalganın yanı sıra ultrason, yüksek basınçta işleme veya homojenizasyon, darbeli elektrik alan teknolojisi gibi ısıt işlem içermeyen uygulamalar ve termosonikasyon (ısıt işlem ve ultrason birlikte) geleneksel pastörizasyona alternatif olarak düşünülmektedir (Deeth ve Lewis, 2017; Munir ve ark., 2019; Wang ve ark., 2022). Sütün alternatif teknolojiler kullanılarak işlenmesinin süt sistemlerine birçok katkı sağlayacağı ancak hala gelişme aşamasında olduğu belirtilmektedir (Munir ve ark., 2019). Bu alanda sütün mikrobiyolojik kalitesinin yanı sıra besin değerine de odaklanan daha fazla çalışma yapılmasına ihtiyaç duyulmaktadır.

## Sonuç

Süte ısıt işlem uygulanması, mikrobiyolojik kalite ve stabilitenin korunması için elzem bir işlemdir ve henüz bir alternatifi bulunmamaktadır. Isıt işlemin şiddeti, süresi ve nem, basınç gibi çevre koşullarına göre sütün besin değeri, fizikokimyasal ve fonksiyonel özellikleri değişmektedir. Besin değerindeki değişikliğin en fazla süttteki proteinler ve suda eriyen vitaminler üzerinde olduğu görülmektedir. Proteinlerin sindirilebilirliği ile doğru orantılı olan denatürasyon oranları da ısıt işlem sıcaklık ve süresine göre artmaktadır. B grubu vitaminleri kayıpları özellikle kaynatma ile yüksek düzeylere çıkması nedeniyle tüketicilerin daha doğal olarak gördükleri mikrobiyal açıdan güvenliği sağlanmamış sokak sütleri yerine ısıt işlem görmüş sütleri tercih etmeleri önerilmektedir. Sütün depolanma süresi ve kullanım amacı göz önünde bulundurularak seçim yapılmalıdır. Örneğin süt 1-2 gün içinde tüketilecek veya kullanılacaksa pastörize süt, daha uzun sürede kullanımı söz konusu ise UHT süt tercih edilebilir. Laktozun ise -çelişkili sonuçlar olmakla birlikte- ısıt işlemden önemli derecede etkilenmediği belirtilmektedir. Bununla birlikte 100°C ve üzerindeki sıcaklıklarda, laktoz ve proteinlerin Maillard reaksiyonu ürünleri oluşturduğu unutulmamalıdır.

Mineraller açısından kalsiyum ve fosfatın yüksek sıcaklıklarda çökelediği ancak çözünür kalsiyumdaki azalmanın biyoyararlanım üzerinde küçük bir etkiye sahip olduğu bildirilmektedir.

#### Etik Standartlar ile Uyumluluk

**Çıkar çatışması:** Yazarlar, bu yazı için gerçek, potansiyel veya algılanan çıkar çatışması olmadığını beyan etmişlerdir.

**Etik izin:** Araştırma niteliği bakımından etik izne tabii değildir.

**Veri erişilebilirliği:** -

**Finansal destek:** -

**Teşekkür:** -

**Açıklama:** -

#### Kaynaklar

**Alegbeleye, O.O., Guimarães, J.T., Cruz, A.G., Sant'Ana, A.S. (2018).** Hazards of a 'healthy' trend? An appraisal of the risks of raw milk consumption and the potential of novel treatment technologies to serve as alternatives to pasteurization. *Trends in Food Science & Technology*, 82, 148-166. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.10.007>

**Arasoğlu, T., Güllüce, M., Özkan, H., Adıgüzel, A., Şahin, F. (2013).** PCR detection of *Brucella abortus* in cow milk samples collected from Erzurum, Turkey. *Turkish Journal of Medical Sciences*, 43(4), 501-508. <https://doi.org/10.3906/sag-1205-121>

**Asadullah, Khair-un-nisa, Tarar, O.M., Ali, S.A., Jamil, K., Begum, A. (2010).** Study to evaluate the impact of heat treatment on water soluble vitamins in milk. *The Journal of the Pakistan Medical Association*, 60(11), 909-912.

**Bakry, S.S., Mohran, M.A., Gomah, N.H., Essawy, E.A.Y. (2017).** Effect of Microwave Treatment on Chemical Composition and Microbiological Quality of Milk. *Journal of Food and Dairy Sciences*, 8(2), 65-72. <https://doi.org/10.21608/jfds.2017.37118>

**Baysal, A. (2017).** Beslenme. Hatiboğlu Yayıncılık, ss 294-295. ISBN: 9789757527732

**Bezie, A. (2019).** The Effect of Different Heat Treatment on the Nutritional Value of Milk and Milk Products and Shelf-

Life of Milk Products. A Review. *Journal of Dairy and Veterinary Sciences*, 11(5), 555822.

<https://doi.org/10.19080/JDVS.2019.11.555822>

**Borad, S.G., Kumar, A., Singh, A.K. (2017).** Effect of processing on nutritive values of milk protein. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 57(17), 3690-3702.

<https://doi.org/10.1080/10408398.2016.1160361>

**Buzgan, T., Karahocagil M.K., Irmak, H., Baran, A.I., Karsen, H., Evirgen, O., Akdeniz, H. (2010).** Clinical manifestations and complications in 1028 cases of brucellosis: a retrospective evaluation and review of the literature. *International Journal of Infectious Diseases*, 14(6), e469-e478.

<https://doi.org/10.1016/j.ijid.2009.06.031>

**Büyükbeşe, D, Emre E.E., Kaya, A. (2014).** Properties of Milk Fat and Its Fractions. *Caucasian Journal of Science*, 1(1), 51-61.

**Centers for Disease Control and Prevention (2024).** Food Safety. Raw Milk. <https://www.cdc.gov/food-safety/foods/raw-milk.html> (Erişim: 25.06.2024)

**Constantin, A.M., Csatos, C. (2010).** Research on the influence of microwave treatment on milk. *Bulletin of the Transilvania University of Brasov*, 3(52), 157-162.

**Coolbear, T., Janin, N., Traill, R., Shingleton, R. (2022).** Heat-induced changes in the sensory properties of milk. *International Dairy Journal*, 126, 105199.

<https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2021.105199>

**Crisà A. (2013).** Milk Carbohydrates and Oligosaccharides. *Milk and Dairy Products in Human Nutrition: Production, Composition and Health*. Park, Y.W., Haenlein, G.F.W., Ed; John Wiley & Sons: West Sussex, U.K., pp 129-147. ISBN: 9780470674185

<https://doi.org/10.1002/9781118534168.ch7>

**Čurlej, J., Zajác, P., Čapla, J., Golian, J., Benešová, L., Partika, A., Fehér, A., Jakabová, S. (2022).** The Effect of Heat Treatment on Cow's Milk Protein Profiles. *Foods*, 11(7), 1023.

<https://doi.org/10.3390/foods11071023>

**Davoodi, S.H., Shahbazi, R., Esmaceli, S., Sohrabvandi, S., Mortazavian, A., Jazayeri, S., Taslimi, A. (2016).** Health-Related Aspects of Milk Proteins. *Iran Journal of Pharmaceutical Research*, 15(3), 573-591.



**Deeth, H.C. (2021).** Effects of High-Temperature Milk Processing. *Encyclopedia*, 1(4), 1312-1321.

<https://doi.org/10.3390/encyclopedia1040098>

**Deeth, H.C., Lewis, M.J. (2017).** Non-Thermal Technologies. High Temperature Processing of Milk and Milk Products; John Wiley & Sons: West Sussex, U.K., pp 427. ISBN: 9781118460504.

<https://doi.org/10.1002/9781118460467>

**Djordjevic, J., Ledina, T., Baltic, M.Z., Trbovic, D., Babic, M., Bulajic, S. (2019).** Fatty acid profile in milk. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 333, 012057.

<https://doi.org/10.1088/1755-1315/333/1/012057>

**Food and Agriculture Organization (FAO) (2022).** Food Balances (2010-) <https://www.fao.org/faostat/en/#data/FBS> (erişim: 20.05.2024)

**Food and Drug Administration (2019).** The Dangers of Raw Milk: Unpasteurized Milk Can Pose a Serious Health Risk,

<https://www.fda.gov/food/buy-store-serve-safe-food/dangers-raw-milk-unpasteurized-milk-can-pose-serious-health-risk> (Erişim: 25.06.2024)

**Gürel-Gökmen, B., Taslak, H., Özcan, O., Sivas, G.G., Yılmaz-Karaoğlu, S., Tunalı-Akbay, T. (2022).** The effects of heat treatment on the nutritional and antioxidant content of different milk types. *Food and Health*, 8(4), 312-320.

<https://doi.org/10.3153/FH22029>

**Gürsel, A. (2013).** İçme Sütü Teknolojisi. Süt Teknolojisi içinde; Yetişemiyen, A., Ed.; Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi: Ankara, Türkiye, ss 55-99. ISBN: 9789754827507

**Islam, M.S., Islam, M.A., Rahman, M. M., Islam, K., Islam, M.M., Kamal, M.M., Islam, M.N. (2023).** Presence of *Brucella* spp. in Milk and Dairy Products: A Comprehensive Review and Its Perspectives. *Journal of Food Quality*, 2023(1).

<https://doi.org/10.1155/2023/2932883>

**Iuliana, C., Rodica, C., Sorina, R., Oana, M. (2015).** Impact of Microwaves on The Physico-chemical Characteristics of Cow Milk. *Romanian Reports in Physics*, 67(2), 423–430.

**Jo, Y., Benoist, D.M., Barbano, D.M., Drake, M.A. (2018).** Flavor and flavor chemistry differences among milks processed by high-temperature, short-time pasteurization or ultra-pasteurization. *Journal of Dairy Science*, 101(5), 3812-3828.

<https://doi.org/10.3168/jds.2017-14071>

**Kaushik, R., Sachdeva, B., Arora, S. (2014).** Vitamin D2 stability in milk during processing, packaging and storage. *LWT-Food Science and Technology*, 56(2), 421-426.

<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2013.11.029>

**Khan, I.T., Nadeem, M., Imran, M., Ayaz, M., Ajmal, M., Ellahi, M.Y., Khaliq, A. (2017).** Antioxidant capacity and fatty acids characterization of heat treated cow and buffalo milk. *Lipids in Health and Disease*, 16-163.

<https://doi.org/10.1186/s12944-017-0553-z>

**Kilic-Akyilmaz, M., Ozer, B., Bulat, T., Topcu, A. (2022).** Effect of heat treatment on micronutrients, fatty acids and some bioactive components of milk. *International Dairy Journal*, 126, 105231.

<https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2021.105231>

**Koçak, C. (2013).** Peynir Teknolojisi. Süt Teknolojisi içinde; Yetişemiyen, A., Ed.; Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi: Ankara, Türkiye, ss 148. ISBN: 9789754827507

**Konar, N., Haspolat-Kaya, I., Dalabasmaz, S., Poyrazoğlu, E.S., Artık, N. (2014).** Street milk and urban consumers in Turkey: A descriptive study. *Journal für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit*, 9, 23-35.

<https://doi.org/10.1007/s00003-013-0854-8>

**Koski, L., Kisselburgh, H., Landsman, L., Hulkower, R., Howard-Williams, M., Salah, Z., Kim, S., Bruce, B.B., Bazaco, M.C., Batz, M.B., Parker, C.C., Leonard, C.L., Datta, A.R., Williams, E.N., Stapleton, G.S., Penn, M., Whitham, H.K., Nichols, M. (2022).** Foodborne illness outbreaks linked to unpasteurised milk and relationship to changes in state laws – United States, 1998–2018. *Epidemiology and Infection*, 150, e183.

<https://doi.org/10.1017/S0950268822001649>

**Lajnaf, R., Feki, S., Attia, H., Ayadi, M.A., Masmoudi, H. (2022).** Characteristics of Cow Milk Proteins and the Effect of Processing on Their Allergenicity. Milk Protein- New Research Approaches; Chaiyabutr, N., Ed., ISBN:978-1-80355-202-6.

<https://doi.org/10.5772/intechopen.102494>

- Martins, C.P.C., Cavalcanti, R.N., Cardozo, T.S.F., Couto, S.M., Guimarães, J.T., Balthazar, C.F., Rocha, R.S., Pimentel, T.C., Freitas, M.Q., Raices, R.S.L., Silva, M.C., Esmerino, E.A., Granato, D., Cruz, A.G. (2021). Effects of microwave heating on the chemical composition and bioactivity of orange juice-milk beverages. *Food Chemistry*, 345, 128746. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128746>
- Martins, C.P.C., Cavalcanti, R.N., Couto, S.M., Moraes, J., Esmerino, E.A., Silva, M.C., Raices, R.S.L., Gut, J.A.W., Ramaswamy, H.S., Tadini, C.C., Cruz, A.G. (2019). Microwave Processing: Current Background and Effects on the Physicochemical and Microbiological Aspects of Dairy Products. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 18(1), 67-83. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12409>
- Mejares, C.T., Huppertz, T., Chandrapala, J. (2023). Heat-induced changes in blends of skimmed buffalo and bovine milk. *International Dairy Journal*, 141, 105627. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2023.105627>
- Melini, F., Melini, V., Luziatelli, F., Ruzzi, M. (2017). Raw and Heat-Treated Milk: From Public Health Risks to Nutritional Quality. *Beverages*, 3(4), 54. <https://doi.org/10.3390/beverages3040054>
- Munir, M., Nadeem, M., Qureshi, T.H., Leong, T.S.H., Gamalath, C.J., Martin, G.J.O., Ashokkumar, M. (2019). Effects of high pressure, microwave and ultrasound processing on proteins and enzyme activity in dairy systems- A review. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 57, 102192. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2019.102192>
- Nieuwenhuijse, H., Huppertz, T. (2022). Heat-induced changes in milk salts: A review. *International Dairy Journal*, 126, 105220. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2021.105220>
- The Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD)-FAO (2022). OECD-FAO Agricultural Outlook 2022-2031. <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/77c9d844-8d5e-4ba6-9655-3b2fbfc9bfc3/content> (Erişim: 27.03.2023).
- Pestana, J.M., Gennari, A., Monteiro, B.W., Lehn, D.N., Volken de Souza, C.F. (2015). Effects of Pasteurization and Ultra-High Temperature Processes on Proximate Composition and Fatty Acid Profile in Bovine Milk. *American Journal of Food Technology*, 10(6), 265-272. <https://doi.org/10.3923/ajft.2015.265.272>
- Sachdeva, B., Kaushik, R., Arora, S., Khan, A. (2021). Effect of processing conditions on the stability of native vitamin A and fortified retinol acetate in milk. *International Journal for Vitamin and Nutrition Research*, 91(1-2), 133-142. <https://doi.org/10.1024/0300-9831/a000617>
- Siddique, F., Anjum, F.M., Huma N., Jamil A. (2010). Effect of different UHT processing temperatures on ash and lactose content of milk during storage at different temperatures. *International Journal of Agriculture and Biology*, 12, 439-442.
- Şen, H. (2017). Süt ve Süt Ürünleri Teknolojisi Analiz Metotları ve Hileleri El Kitabı. Dört Renk Yayıncılık, ss 45-59. ISBN: 9786056288500
- T.C. Milli Eğitim Bakanlığı Mesleki ve Teknik Eğitim Genel Müdürlüğü (2019). Süt ve Ürünleri Teknolojisi. <http://meslek.eba.gov.tr/moduller/Sut%20Ve%20Urunleri%20Teknolojisi.pdf> (Erişim: 20.09.2023).
- T.C. Sağlık Bakanlığı (2019). Türkiye Beslenme ve Sağlık Araştırması (TBSA), [https://krtknadm.karatekin.edu.tr/files/sbf/TBSA\\_RAPOR\\_KITAP\\_20.08.pdf](https://krtknadm.karatekin.edu.tr/files/sbf/TBSA_RAPOR_KITAP_20.08.pdf) (Erişim: 21.09.2023).
- T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı (2019). Türk Gıda Kodeksi İçme Sütleri Tebliği, Tebliğ No: (2019/12). Resmi Gazete: 27.02.2019-30699. <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2019/02/20190227-5.htm> (Erişim: 07.04.2023).
- TMMOB Ziraat Mühendisleri Odası (2012). Süt Konusunda Bilmeniz Gerekenler. <https://www.zmo.org.tr/icerik/sut-konusunda-bilmeniz-gerekenler-8230-dunya-14987> (Erişim: 20.09.2023).
- Türkiye İstatistik Kurumu. Süt ve Süt Ürünleri Üretimi. <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=85&locale=tr> (Erişim: 02.10.2024).
- Wang, J., Saxena, R., Vanga, S.K., Raghavan, V. (2022). Effects of Microwaves, Ultrasonication, and Thermosonication on the Secondary Structure and Digestibility of Bovine Milk Protein. *Foods*, 11(2), 138. <https://doi.org/10.3390/foods11020138>

**Yetişemiyen, A., Eren, S.Ö. (2009).** Laktoz Kristalleřmesinin Fizikokimyası. *Gıda*, 34(4), 231-237.

**Yoo, S.H., Kang, S.B., Park, J.H., Lee, K.S., Kim, J.M., Yoon, S.S. (2013).** Effect of Heat-Treat Methods on the Soluble Calcium Levels in the Commercial Milk Products. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*, 33(3), 369-376.

<https://doi.org/10.5851/kosfa.2013.33.3.369>

**Zhang, Y., Yi, S., Lu, J., Pang, X., Xu, X., Lv, J., Zhang, S. (2021).** Effect of different heat treatments on the Maillard reaction products, volatile compounds and glycation level of milk. *International Dairy Journal*, 123, 105182.

<https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2021.105182>