



Süt Bileşenleri Üzerine Isıl İşlemin Etkileri ve Besin Değeri Konusunda Değerlendirmeler

Engin GÜNDOĞDU¹ Hilal YILDIZ¹ Songül ÇAKMAKÇI²

¹Gümüşhane Üniv. Mühendislik Fak. Gıda Müh. Böl., Gümüşhane, Türkiye

²Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Gıda Müh. Böl., Erzurum, Türkiye

Sorumlu Yazar

E-mail: cakmakci@atauni.edu.tr

Geliş Tarihi: 30 Mart 2012

Kabul Tarihi: 30 Nisan 2012

Özet

Isıl işlem, sütün mikrobiyal yükünü azaltarak kalitesini etkileyen ve raf ömrünü uzatan temel bir işlemdir. Isıl işlemle sütün besin değeri, duyuusal ve teknolojik özellikleri uygulanan süre ve şartlara bağlı olarak etkilenmektedir. Çoğu süt ürününün karakteristik özelliklerini de modifiye etmektedir. Düşük sıcaklıkta uygulanan ısıl işlem, kazein ve serum proteinlerinin fonksiyonel ve besinsel özelliklerini etkilemezken, serum proteinleri ısıl işleme karşı hassastırlar. Yüksek sıcaklıklar β -laktoglobulinin denatürasyonuna neden olarak su bağlama kapasitesini artırmaktadır. Bu durum yoğurt gibi süt ürünlerinde avantaj sağlamaktadır. Kazein ısıl işleme en dayanıklı protein olup sterilizasyon normundan etkilenmemektedir. Sıcaklığa bağlı olarak proteinlerde meydana gelen denatürasyon sütün aminoasit içeriğini ve besin değerini etkilememektedir. Laktöz ısıl işleme dayanıklı olmasına rağmen 100°C'nin üzerinde süre uzadığında bir kısmı parçalanarak istenmeyen tat, koku ve renk değişimleri meydana gelebilmektedir. Düşük sıcaklıklar süt yağının fonksiyonel ve besinsel özelliklerini etkilemezken yüksek sıcaklıklar yağ globül membranını parçalamakta ve membranı saran proteinin de denatüre olmasına neden olmaktadır. Düşük sıcaklık vitamin içeriğinde önemli bir değişime neden olmazken yüksek sıcaklık suda çözünen bazı vitaminlerin kaybına neden olmaktadır. Ancak, sütte fazla bulunan B2 vitamini ısıl işleme dayanıklı olup yüksek sıcaklıktan etkilenmemektedir. Çok yüksek sıcaklık derecelerinde sürenin çok kısa oluşu bazı olumsuzlukları önlemektedir. Sütün güvenle tüketilmesi için, kontrol edilerek alınan çiğ sütün kontrollü şartlarda ısıl işlem görmesi gerekmektedir. Süt, her yaş gurubundan insan için temel gıdaların en başındadır.

Anahtar Kelimeler: süt, süt bileşenleri, ısıl işlem, süre, beslenme

Effects of Heat Treatment on Milk Components and Assessments on the Nutritional Value

Abstract

Heat treatment, affecting the quality of milk by reducing microbial load and extend the shelf life of a fundamental process. Nutritional value of milk through thermal treatment, the degree of sensory and technological properties, depending on the time and temperature are affected. Heat treatment, the most characteristic features of dairy products has been modified. Low-temperature heat treatment, the functional and nutritional properties of caseins and whey proteins had no effect on serum proteins are susceptible to heat treatment. High temperatures increase the water binding capacity of β -lactoglobulin denaturates. This is an advantage in dairy products like yogurt. Casein protein is the most resistant to heat treatment affected the sterilization norm. Depending on the temperature and the nutritional value of the contents of amino acids in proteins does not affect the denaturation of milk. Lactose is resistant to heat treatment at 100°C, although a prolonged period of time on the part of the break down unwanted taste, odor and color variations may occur. Effect on the functional and nutritional properties of milk fat Low temperatures higher temperatures denatured fat globule membrane, leads to shatter and the membrane surrounding the protein. While there was a significant cause a change in vitamin content of low-temperature water-soluble high temperature causes the loss of some vitamins. However, milk is more resistant to heat treatment in the vitamin B2 is not affected by high temperature. Being a very short period of very high temperatures prevents some drawbacks. For the consumption of milk safely, under controlled conditions by controlling the heat from the raw milk must be processed. Milk, for people of all ages is at the top of the basic foods.

Key Words: milk, milk components, heat treatment, time, nutrition

GİRİŞ

Yüksek besin değeri nedeniyle insan beslenmesinin çok önemli bir role sahip olan süt, moleküler kompozisyon açısından kompleks bir gıdadır. Direkt olarak tüketilebilen süt; tereyağı, peynir, dondurma ve

diğer birçok süt ürününün üretiminde de temel hammadde olarak kullanılmaktadır. Su içinde yağ emülsiyonu olan sütün, sulu fazını kazein miselleri, serum proteinleri, laktöz ve tuz oluşturmaktadır [1]. Süt bileşenlerinin kompozisyonu; hayvan besleme rejimi,

yaş, laktasyon periyodu, yem ve mevsimsel faktörlere bağlı olarak değişiklik göstermektedir [2]. İçme sütü endüstrisinde inek sütü kullanılmaktadır. İnek sütünün ortalama bileşimi genel hatlarıyla Çizelge 1' de verilmiştir.

Çizelge 1. İnek sütünün ortalama bileşimi [3'den].

Bileşen	Konsantrasyon (g/L)
Su	87.1
Yağ	4.0
Laktoz	4.6
Kazein	2.6
Serum proteinleri	0.7
α -Laktalbumin	0.12
β -Laktoglobulin	0.32
Sığır serum albumini	0.04
Proteoz-pepton	0.08
İmmunoglobulinler	0.08
Laktoferrin	0.01
Transferrin	0.01
Mineral maddeler	0.7
Organik asitler	0.17
Diğer	0.15

Çizelgeden de görüldüğü gibi, süt proteinleri kazein ve serum proteinleri olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır. Kazein ise α 1, α 2, β , κ -kazein gibi farklı fraksiyonlardan oluşmakta ve kazein miselleri şeklinde koloidal fazda bulunmaktadır. Isıl işleme hassas, globüler, suda çözünen proteinler ve enzimleri de içine alan diğer ikinci önemli protein grubu ise serum proteinleridir [4].

Süte Uygulanan Isıl İşlem

Süte ısı işlem uygulandığında, norma bağlı olarak (uygulanan sıcaklık ve süre), enzimler inaktif olmakta, kimyasal reaksiyonlar oluşmakta ve fizikokimyasal özelliklerde değişiklikler olmaktadır. Isıl işlem sırasında sütte meydana gelen değişimler; pH'nın azalması, çözünür kalsiyum ve fosfatın koloidal faza geçişi, serum proteinlerinin denaturasyonu ve agregasyonu, kazein misellerinde ve yağ globül membranında meydana gelen değişiklikler ve kazeinle interaksiyonları, Maillard reaksiyonu olarak sıralanabilir [5].

Süte Uygulanan Isıl İşlemin Amaçları ve Normları

Süt endüstrisinde ısı işlem temel olarak;

1-Patojen ve bozulma yapan mikroorganizmaların uzaklaştırılması amacıyla uygulanmakta ancak bu arada sütün kimyasal, fiziksel ve duyuşsal özelliklerinde ya hiç ya da çok az bir değişime neden olacak zorunlu bir uygulama olarak [6].

2-Sütün ingredient olarak kullanıldığı süt temelli ürünlerde süt proteinlerinin fonksiyonel özelliklerini değiştirerek ürünlerin duyuşsal özelliklerini geliştirmek [7].

Süte farklı süre ve şekillerde uygulanan ısı işlem Çizelge 2'de özetlenmiştir.

Çizelge 2. Süte uygulanan ısı işlem normları ve mikroorganizmalar üzerine etkisi [8].

Uygulanan ısı işlem	Amaç	Süre	Sıcaklık
Düşük sıcaklıkta uzun süre pastörizasyon (LTLT)	<i>Vejetatif hücrelerin % 99 imhası. Sporlar canlı</i>	30 dk	62-65 °C
Yüksek sıcaklıkta kısa süre pastörizasyon (HTST)	<i>Vejetatif hücrelerin %99.5 imhası. Sporlar canlı</i>	40-45 s	71-74 °C
Çok yüksek sıcaklıkta sterilizasyon (UHT)	Sporlar dahil bakterilerin % 100 ü imha olur	2-6 s	135-150 °C

Çoğu endüstriyel uygulamada, zararlı mikroorganizmaların öldürülmesi ve enzimlerin inaktif edilmesi yeterli olduğundan kısa süreli sıcaklık uygulamaları tercih edilmektedir. Pastörizasyon 62,8 °C'de 30 dak ya da 71.7 °C'de 15 sn süre ile uygulanan işlemdir. Ultra yüksek sıcaklıklar besin değerinde önemli değişikliklere neden olmazken duyuşsal özelliklerde değişimlere neden olmaktadır. Sterilizasyon ise 5 aydan daha uzun muhafaza edilecek ürünlerde kullanılır [6].

Isıl İşlemin Süt Bileşenleri Üzerindeki Etkileri

Isıl işlem sırasında sütün besin, teknolojik ve duyuşsal özelliklerinde değişiklikler olduğu ancak bu değişikliklerin proses şartlarına [9] ve sütün türüne göre değiştiği belirtilmiştir [10].

Süt Proteinlerine Olan Etkisi

Isıl işlem normuna bağlı olarak, süt proteinlerinin yapısında geriye dönüşümü olmayan değişiklikler oluşmaktadır. Süte 65°C' nin üzerinde bir sıcaklık uygulandığında, proteinlerin yapısı açılmakta ve gizli hidrofobik gruplar ortaya çıkmaktadır [11]. Moleküler düzeyde seyreden bu değişiklikler bazı durumlarda arzu edilirken bazı durumlarda arzu edilmemektedir [12]. Örneğin β -laktoglobulinin proteinlerin su bağlama kapasitelerini artırmaları nedeniyle, yoğurt gibi fermente süt ürünlerinde arzu edilen bir durumdur. Yüksek sıcaklık ve kısa süreli uygulanan ısı işlem kazein ve serum proteinlerinin fonksiyonel ve besinsel özellikleri üzerinde herhangi bir değişime neden olmazken daha yüksek sıcaklıklar β -laktoglobulinin denaturasyonuna neden olmaktadır. Denaturasyon ise proteinlerin fiziksel özelliklerini değiştirirken aminoasit kompozisyonunu dolayısıyla da besinsel özelliklerini etkilememektedir. Ancak yüksek sıcaklıklar sıcaklığa hassas aminoasitlerde hasara neden olarak sütün besin değerini düşürmektedir [13]. Serum proteinlerinin artan sıcaklık ve süreye bağlı olarak çözünürlükleri azalmakta ve pH 4.6'da kazeinle birlikte koagüle olmaktadır [14].

Isıl işlem aynı zamanda sülfidril gruplarının serbest kalmasına neden olarak sütün antioksidatif özelliklerini artırmakta ve pişmiş tat olarak ifade edilen tada neden olmaktadır [6]. Diğer taraftan süt proteinlerinin yüzey hidrofobitesindeki değişimleri tespit etmek, sıcaklığın neden olduğu interaksiyon ve bazı bileşenlerin konsantrasyonuna olan etkisini anlamada etkili olacağı ifade edilmiştir [15].

Süt Yağı Üzerine Etkisi

Süt yağı geniş bir erime noktası aralığına sahip olmakla beraber tamamen erimesi 40 °C'de gerçekleşmektedir. Yüksek sıcaklıkta kısa süreli pastörizasyon, süt yağının fonksiyonel ve besinsel özelliklerini etkilememektedir. Ancak daha yüksek sıcaklıklar oksidasyon reaksiyonlarını teşvik ederek yağın bozulmasının yanı sıra tat ve koku bozukluğuna neden olabilmektedir. Yüksek sıcaklıktaki bir ısıl işlem (UHT) yağ globül membranındaki proteinleri denatüre ederek yağ globüllerinin stabilizasyonunu bozmaktadır [13].

Isıl işlemin, yağ globül membranında bulunan ısıl işleme hassas proteinlerin denatürasyonu ve yağın yayıklama yeteneğinde azalmaya neden olmalarının dışında yağ üzerinde fazla bir etkileri yoktur [14].

Vitamin ve Mineral Madde Üzerine Etkisi

Yüksek sıcaklıkta kısa süreli bir ısıl işlem, vitamin içeriğinde dikkate değer bir etkiye neden olmazken UHT uygulaması suda çözünen vitaminlerde kayıplara neden olmaktadır [13]. Nikotinik asit, pantotenik asit ve biotin gibi suda çözünen vitaminler ısıl işleme dayanıklıdır. Yüksek ısıl işlemde etkilenen vitaminler arasında tiamin, vitamin B₆, vitamin B₁₂, folik asit ve C vitamini gelmektedir. Riboflavinin sıcaklığa dayanıklı bir vitamin olduğu ve yüksek sıcaklıklarda dahi değişim göstermediği de belirtilmektedir [13]. Diğer taraftan sıcaklıktaki değişime bağlı olarak kalsiyum fosfat, kazein misellerinin dışına göç etmekte ve sıcaklık yüksek olmadığı sürece bu durum geri dönüşümlü bir olay olup sütün besin değerinde değişime neden olmamaktadır. Ancak daha yüksek sıcaklıklarda bu durum kazein misellerinin yapısında geri dönüşümsüz reaksiyonlara neden olmaktadır [16].

Isıl işlem, su fazında bulunan kalsiyum ve fosfatın çözünürlüğünü azaltmaktadır. Ancak bu durum ısıl işlemin şiddeti ve derecesine bağlı olarak değişmektedir. Yapılan çalışmalarda ısıl işlemin tuz dengesinde modifikasyona neden olduğu ancak bu değişimin ısıl işlemin derecesine bağlı olduğu ifade edilmiştir [17]. Diğer taraftan Anema and Klostermeyer [18], sıcaklıkla yoğunlaşan kalsiyum fosfatın misel bütünlüğünü bozduğu ve kazeinin ayrılmasını kolaylaştıracağını ifade etmişlerdir. Mineral dengesindeki bu değişiklik rennet koagülasyonunu bozmakta ve zeta potansiyelini artırmaktadır. Bu da misel-misel interaksiyonunu artırarak yüksek sıcaklık sırasındaki bir sonraki agregasyonu teşvik etmektedir [6].

Laktoz Üzerine etkisi

Sütün tek karbonhidratı olan laktoz, süt şekeri olarak bilinmekte ve oranı % 4.4-5.2 arasında değişmektedir. Düşük glisemik indekse sahip olması nedeniyle diyabet hastaları için yararlı bir şekerdir [19]. Pastörizasyon sıcaklıklarında laktozda herhangi bir değişim meydana gelmezken, sıcaklık laktozun çözünme yeteneğinde artışa neden olmaktadır. Örneğin 0°C'de %12, 30 °C'de %25, 50 °C'de %45 ve 90 °C'de ise %144' lük bir çözünme gerçekleşmektedir. Diğer taraftan 93.5 °C'nin üzerindeki sıcaklıklarda α-laktoz β laktoz formuna dönüşmektedir [8]. Laktoz konsantrasyonunun artışına paralel olarak ısıl stabilitenin arttığı ifade edilmiştir [15]. Yine Pellegrino et al. [20], ısıl işlem sırasında iki tip reaksiyon oluştuğunu, bunlardan birincisinin denatürasyon, degradasyon ve sıcaklığa dayanıksız bileşiklerin inaktivasyonu, ikincisinin ise Maillard reaksiyonu gibi yeni maddelerin oluştuğunu ifade etmişlerdir [21]. 100°C'nin üzerindeki daha uzun süreli ısıl işlemde, proteinlerin amino grubu ile laktozun aldehit grubu arasında oluşan ve Maillard reaksiyonu olarak adlandırılan bir reaksiyon oluşmaktadır [6]. Bu reaksiyon lizin ve arginin gibi esansiyel aminoasitlerin kaybına neden olarak ürünün besin değerinde düşmeye ve renk, tat ve aromada azalmaya neden olmaktadır [22]. Siddique et al. [22] tarafından yapılan bir çalışmada, farklı sıcaklıklarda (135, 138, 141 ve 144 °C) UHT işlem görmüş ve 90 gün depolanan sütlerde depolamaya bağlı olarak laktoz miktarının azaldığı ve en yüksek laktoz kaybının 144 °C'de olduğu görülmüştür. Bu durumun Maillard reaksiyonu sonucu laktozun parçalanması ile oluştuğu ifade edilmiştir.

SONUÇ

Bebek, yetişkin ve yaşlı her yaştaki insanların günlük beslenmesinde önemli yeri olan sütün, raf ömrünü uzatmak, her mevsimde daha geniş kitlelere ulaştırmak ve sağlıklı koşullarda tüketimini sağlamak amacıyla uygulanan ısıl işlem, günümüzde zorunlu ve kaçınılmaz uygulamalardan birisidir. Isıl işlem sırasında bazı gıda uyanında olduğu gibi (ekmek, yağda kızartılmış ürünler vb.), sütün bileşiminde meydana gelen değişiklikler tüketim açısından olumsuz sonuçlar doğurmadığı, endüstriyel olarak kontrollü şartlarda uygulanan ısıl işlem (pastörizasyon, UHT), kontrolsüz olarak gerçekleştirilen geleneksel olarak kaynatılan sütlerin teşvikini gereksiz kılmaktadır.

KAYNAKLAR

- [1] Brans, G., Schroën, C.G.P.H., van der Sman, R.G M., Boom, R.M., 2004. Membrane fractionation of milk: state of the art and challenges. *J. Membrane Sci.*, 243: 263-272.
- [2] Bansal, B., Habib, B., Rebmann, H., Chen, X.D., 2009. Effect of seasonal variation in milk composition on dairy fouling. Proceeding on international conference on heat exchanger fouling and cleaning 2009. June 14-19, schladming Austria.

- [3] Walstra, P., Geurts, T.J., Noomen, A., Jellema, A., van Boekel, M.A.J.S., 1999. Dairy Technology: Principles of Milk Properties and Processes, Marcel Dekker, New York.
- [4] Goff, H.D., Hill, A.R., 1993. Chemistry and physics. In Y. H. Hui (Ed.), Dairy Science and Technology Handbook. Principles and properties, Vol. 1 (pp. 1–82). New York: VCH Publishers.
- [5] Singh, H., Waungana, A., 2001. Influence of heat treatment of milk on cheesemaking properties. *Int. Dairy J.*, 11: 543-551.
- [6] Raynal-Ljutovac, K., Park, Y.W., Gaucheron, F., Bouhallab, S., 2007. Heat stability and enzymatic modifications of goat and sheep milk. *Small Ruminant Research*, 68: 207–220.
- [7] del Angel, C.R., Dalgleish, D.G., 2006. Structures and some properties of soluble protein complexes formed by the heating of reconstituted skim milk powder. *Food Res. Int.*, 39, 472-479.
- [8] Metin, M., 2008. Süt Teknolojisi. Ege Üniv. Müh. Fak. Yay. No: 33, İzmir.
- [9] Fox, P.F., McSweeney, P.L.H., 1998. Dairy Chemistry and Biochemistry. Blackie Academic and Professional, London.
- [10] Raynal, K. Remeuf, F., 2000. Effect of storage at 4°C on the physicochemical and renneting properties of milk: a comparison of caprine, ovine and bovine milks. *J. Dairy Res.*, 67: 199–207.
- [11] Croguennec, T., Kennedy, B.T., Mehra, R., 2004. Heat-induced denaturation/ aggregation of β -lactoglobulin A and B: kinetics of the first intermediates formed. *Int. Dairy J.*, 14, 399-409.
- [12] Singh, H., Creamer, L.K., 1992. Heat stability of milk. In P. F. Fox (Ed.), Advanced dairy Chemistry. Proteins, Vol. 1 (pp. 621–656). London: Elsevier Applied Science.
- [13] Constantin, A.M., Csatos, C., 2012. Research on the influence of microwave treatment on milk composition. *Bulletin of the Transilvania University of Brasov*, 3 (52): 157-162.
- [14] Spreer, E., 1998. Milk and Dairy Product Technology (Mixa, A., trans.). Marcel Dekker, Inc., New York, Basel, pp. 73–54.
- [15] Yüksel, Z., Erdem, Y.K., 2005. The influence of main milk components on the hydrophobic interactions of milk protein system in the course of heat treatment. *J. Food Eng.*, 67: 301-308.
- [16] Anonymous, 2010. <http://www.milkfacts.info/Milk%20Composition/VitaminsMinerals.htm>.
- [17] Pouliot, Y., Boulet, M., Paquin, P., 1989. Observations on the heat induced salt balance changes in milk. II. Reversibility on cooling. *J. Dairy Res.* 56, 193–199.
- [18] Anema, S.G., Klostermeyer, H., 1996. Potentials of casein micelles from reconstituted skim milk heated at 120°C. *Int. Dairy J.*, 6: 676-687.
- [19] Brew, K., 2003. Advanced Dairy Chemistry, 3rd edition, pp: 387–419. Academic/Plenum Publishers.
- [20] Pellegrino, E., De Noni, I., Resmini, P., 1995. Coupling of lactulose and furosine indices for quality evaluation of sterilized milk. *Int. Dairy J.*, 5:647–659.
- [21] Seiquer, I., Delgado-Andrade, C., Haro, A., Navarro, M. P., 2010. Assessing the effects of severe heat treatment of milk on calcium bioavailability: In vitro and in vivo studies. *J. Dairy Sci.*, 93: 5635-5643.
- [22] 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. *Int. J. Agric. Biol.*, 12: 439-442.