



## Effects of UHT Processing on Milk Components and Gelation, Markets and Consumers' Expectations

Filiz YANGILAR

Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü, Erzincan, Türkiye

### Keywords:

Enzyme,  
Gelling,  
UHT milk,  
Shelf life,  
Consumer

### Abstract

As a versatile food, milk is a valuable product that can meet nearly almost the majority of the nutrients our body needs. The best way to benefit from these essential nutrients is to drink milk. On the other hand, the fact that the milk is not spoiled is the only way to get the maximum benefit from the nutrients of such an important food group. Inactivation of pathogenic microorganisms and microflora responsible for spoilage is performed to extend the shelf life of milk and milk products. For this purpose, sterilization (Ultra High Temperature, UHT), which is one of the preservation techniques for milk, has been used for years. However, as a result of this heat treatment, nutritional loss, browning caused by the Maillard reaction and unwanted deterioration in aroma are observed. In addition, proteinases formed by plasmin, which is naturally present in the raw material of UHT milks and bacterial activity, can also leads to gel formation, Thus, it causes organoleptic problems. Casein micelles, fat molecules and proteins are effective in the formation of the gel structure in UHT milk. This situation negatively affects the rancid taste and shelf life. In this study, by considering the literature, it was aimed to evaluate the problem of gelation during storage and the factors that causing gelation of milk, which is an important raw material of the food industry as well as human nutrition.

## UHT İşlemin Süt Bileşenleri ve Jelleşme Üzerine Etkileri, Piyasası ve Tüketici Beklentileri

### Anahtar Kelimeler:

Enzim,  
Jelleşme,  
UHT süt,  
Raf ömrü,  
Tüketici

### Özet

Süt çok yönlü bir besin olarak vücudumuzun ihtiyacı olan besin öğelerinin hemen hemen büyük bir çoğunluğunu karşılayabilecek kadar değerli bir üründür. Bu elzem besin öğelerinden en iyi istifade şekli ise içme sütü olarak tüketilmesidir. Diğer taraftan bu kadar önemli bir gıda grubunun besin öğelerinden maksimum fayda sağlamanın yolu sütün bozulmamış olmasıdır. Süt ve ürünlerinin raf ömürlerinin uzatılmasında patojen mikroorganizmaların ve bozulmadan sorumlu mikrofloranın inaktivasyonu yapılmaktadır. Bu amaçla süt için muhafaza tekniklerinden birisi olan sterilizasyon (Ultra High Temperature, UHT) işlemi eskiden beri uygulanmaktadır. Ancak uygulanan bu ısıl işlem sonucunda besinsel kayıp, maillard reaksiyonunun neden olduğu esmerleşme ve aromada istenmeyen olumsuzluklar ortaya çıkmaktadır. Ayrıca UHT sütlerin hammaddesinde doğal olarak yer alan plazmin ve bakteri faaliyeti ile oluşan proteinazlar jel oluşumuna neden olarak organoleptik açıdan da sorun oluşturabilmektedirler. UHT sütteki jel yapının oluşumunda kazein miselleri, yağ molekülleri ve proteinler etkili olmaktadır. Bu durum ransit tat ve raf ömrünün olumsuz etkilenmesini sağlamaktadır. Bu incelemede insan beslenmesinin yanı sıra gıda endüstrisinin de önemli bir hammaddesini oluşturan sütün depolama süresince jelleşme sorununun ve buna neden olan faktörlerin literatürler göz önünde bulundurulması değerlendirilmesi hedeflenmiştir.

## 1 GİRİŞ

Günümüzde, tüketicilerin butik üretime ve kişiye özgü gıda tasarımlarına gösterdiği talep azımsanmayacak boyutlara ulaşmıştır. Özellikle 3D gıda yazıcıların kullanılmaya başlanması ile tüketici beklentilerini karşılamakta gıda üreticileri açısından gittikçe güç olmaktadır. Tüketiciler raf ömrü boyunca duyuşal özellikleri açısından daha kaliteli ürünleri tercih etmektedirler. Günümüzde süt ürünleri üretiminde etkili bir üretim prosesi olan ısıtılı işlemler bu özellikleri karşılamak için kullanılmaktadır [1,2]. Ticari süt ürünleri için farklı ısı uygulamalarında yaygın olarak yüksek sıcaklık kısa süreli (HTST) pastörizasyon (72°C, 15 dk), raf ömrü uzatılmış süt (ESL) (130-145 °C, <1 dk) veya ultra yüksek sıcaklık (UHT) (135-150°C, 1-10 dk) kullanılmaktadır [3,4]. Süt endüstrisinde UHT sistemleri direkt ve dolaylı (indirect, endirekt) ısıtım olarak iki gruba ayrılmaktadır. Genel olarak direkt ısıtım sistemlerinde UHT işlemleri buhar enjeksiyon ve buhar infüzyon yöntemleri ile gerçekleştirilirken, endirekt ısıtım sistemlerinde plakalı ve borulu ısı değiştiriciler kullanılmaktadır [5].

Süt içerdiği biyoaktif bileşimler nedeniyle insanlar kadar mikroorganizmalarında gelişebilmesi için iyi bir besiyeri ortamını oluşturmaktadır. Bu nedenle çiğ sültere havadan, yemden, ahırdan, su ve depo ortamlarından bulaşan çeşitli mikroorganizmalar hızlı bir şekilde çoğalmakta ve sütün çeşitli niteliklerinde istenmeyen değişikliklere sebep olmaktadır. Enfekte süt; sütü sağılan hayvandaki bazı mikroorganizmalarla kontamine olarak ortaya çıkabildiği gibi, hasta veya portör olan sağımcı veya satıcı tarafından da bulaşmış sütü ifade etmektedir [6-8]. Isıl proseslerin amacı bu patojen ve bozucu mikroorganizmaları ve enzimlerini inaktif hale getirmektir. Bununla birlikte uygulanacak sıcaklığın ürünün kimyasal özellikleri ile fonksiyonel, besinsel ve duyuşal özelliklerini de olumsuz etkilememesi gerekir [2,9]. İstenilen ürün özelliklerini sağlayabilecek en uygun ısı prosesinin seçimi bu aşamada çok önemlidir. Pastörizasyon ve UHT gibi geleneksel sıcaklık prosesleri patojen mikroorganizmaların inhibisyonunu sağlayarak tüketilebilir güvenli bir ürün hazırlamak için başarılı bir şekilde kullanılmaktadır. Ancak bu prosesler de termostabil peptidazlar inaktif olmaz. Genellikle ekstraselüler olan bu enzimler sıcaklığa dayanıklı ve yüksek pH aralıklarında bile aktivitelerini koruyabilen enzim grubudur [10,11]. *Bacillus* bakterilerin bazı türleri proteolitik etki göstererek çoğu kompleks yapıya sahip substratta aktif olan çeşitli hidrolitik enzimler (peptidazlar vb.) oluşturmaktadır [12] ve özellikle de salgıladığı proteaz enzimi UHT sülterde sorunlara neden olmaktadır [13]. Uzun depolama evresinde ortaya çıkan ve hammadde kalitesinden uygulanan üretim tekniklerine kadar çeşitli nedenlerle oluşabilen jelleşme ve acılaşma kusurları bugün süt endüstrisinin karşı karşıya kaldığı en büyük problemlerden birisini oluşturmaktadır [14]. Ayrıca UHT sütte üretim ve depolama sırasında besinsel kayıp, esmerleşme, emülsiyon stabilitesinde ve aroma da kayıplar görülmektedir. UHT sütün aroma kayıplarını Maillard reaksiyonu, yağların oksidasyonu ve hidroliz gibi çeşitli kimyasal reaksiyonlar da etkilemektedir [15].

Süt ve ürünlerinin matriksi ile bileşenlerinin karşılıklı etkileşimleri konusunda çalışmaların gittikçe yaygınlaşması gözönüne alındığında [16] UHT içme sülterinde meydana gelen kimyasal değişiklikleri, jelleşmenin mekanizmasını, oluşumunu etkileyen enzimatik ve enzimatik olmayan faktörleri bu derleme de açıklayarak öneriler ile süt sektörü ve tüketiciler açısından oldukça önemli olan jelleşme problemine ışık tutabilmek hedeflenmiştir.

## 2 UHT İŞLEMİ İLE ÜRETİLEN SÜTTE GÖRÜLEN KİMYASAL DEĞİŞİKLİKLER

Sütün UHT işlemleri ile üretilmesinde çok sayıda fiziko-kimyasal değişiklikler meydana gelir. pH'da düşme, serum proteinlerinin denatürasyonu ve kümelenmesi, çözünür kalsiyum ve fosfatın koloidal faza geçişi, kazein misellerinde ve yağ globül membranında meydana gelen değişiklikler, kazeinle interaksiyonları ve Maillard reaksiyonu bu değişikliklerdendir [9]. UHT işlemleri; depolama sıcaklığı, oksijen içeriği ve uygun ambalaj seçimine bağlı olarak [17] süt protein, mineral ve yağının besinsel değerlerini minimal düzeyde etkilemektedir [18]. Ancak yüksek sıcaklıkta süt proteinlerinde denatürasyon, disülfür bağlarının değişimi, pıhtılaşma, laktolizasyon vb. yapısal değişiklikler oluşmaktadır [14].

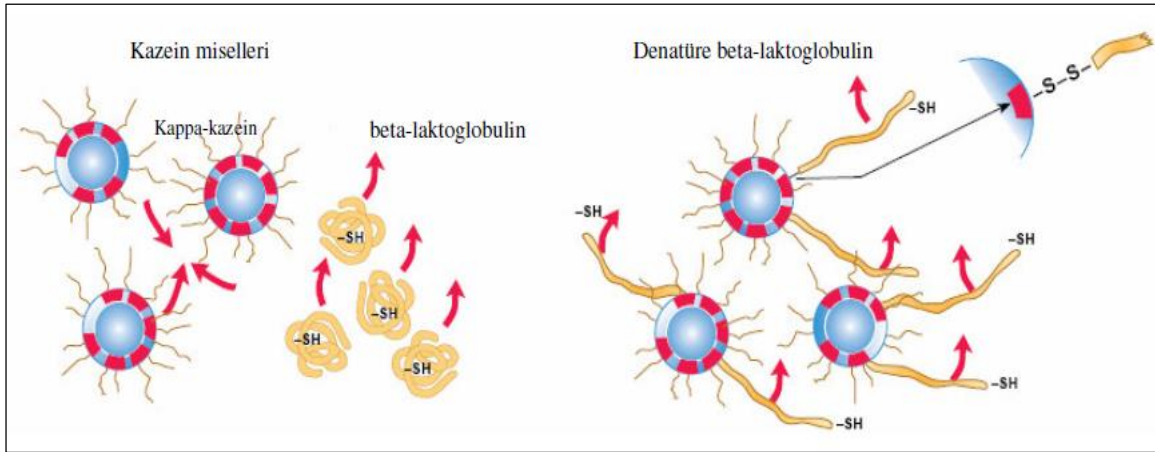
UHT prosesinden sonra sütte 5-10 gün depolamada okside olan sülfidril grupları (S-H) pişmiş tat sorununun ortaya çıkmasına neden olabilmektedir [19]. Uygulanan sıcaklık normuna bağlı olarak serum proteinlerinin çözünürlükleri azalmakta ve pH 4.6'da kazeinle birlikte koagüle olmaktadır [20]. Ayrıca UHT metodu yağ globül membranında bulunan proteinlerin denature olmasını sağlayarak yağ globüllerinin stabilizasyonunu da bozmaktadır [21] ve bu durum süt yağından kısa zincirli aldehit ve keton uçucu bileşimlerin oluşumunu sağlayarak sütte ransit tat gelişimine neden olmaktadır [22].

UHT yönteminde (135-150°C) süt şekeri laktozda da bazı reaksiyonlar gelişerek [3] proteinlerin amino grubu ile laktozun aldehit grubu arasındaki reaksiyon sonucunda Maillard oluşmaktadır. Bu reaksiyon sonucu lizin ve arginin gibi esansiyel amino asitler kayba uğradığı için besin değerinde azalmalara neden olur aynı zamanda bu reaksiyon renk, tat ve aroma üzerinde de olumsuz bir etki sağlamaktadır [23]. Başlangıçta uygulanan sıcaklık bu

reaksiyonu başlatmış olsa da UHT süt depolanma süresinde de sıcaklığa bağlı olarak az da olsa yine Maillard reaksiyonu devam edebilmektedir [24]. UHT işlemi, B grubu vitaminlerde %10, folik asitte %15 ve C vitaminin de %25 oranında kayıplara da neden olabilmektedir [1].

### 3 UHT SÜT VE JELLEŞME

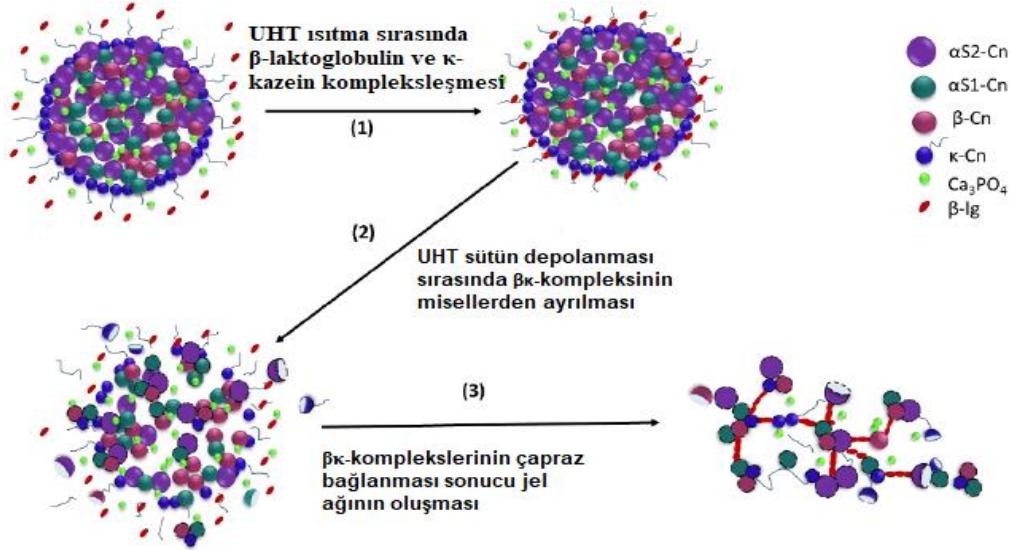
Jelleşme, süt endüstrisinin en önemli sorunu olup ürünün raf ömrünü ve pazar potansiyelini sınırlandırmaktadır [25,26]. UHT sütteki bu fiziksel değişim; jel oluşumundan hemen önce viskozitenin 10 cp'nin (20 °C) üstüne çıkması ve akıcılığın kaybolması ile gerçekleşen tersinmez bir tepkimedir [27]. Jel oluşumu kazein fraksiyonlarından öncelikli k-kazein ile peynir altı suyu proteinlerinden  $\beta$ -laktoglobulinin interaksiyonu sonucunda oluşan üç boyutlu bir protein matriksidir [28]. Sütteki başlıca protein olan kazein;  $\alpha$ 1,  $\alpha$ 2,  $\beta$ - ve  $\kappa$ -kazein gibi alt-misel gruplarından oluşmaktadır. Özellikle miselin yüzeyinde hidrofilik bir yapıya sahip  $\kappa$ -kazein bulunur. Bu sayede  $\kappa$ -kazein, kazeini etkileyerek koloidal bir stabilite kazandırmaktadır [29]. UHT işlemi süresince laktoglobulin ve kazein miselleri arasında ana protein bağları gelişir.  $\beta$ - laktoglobulin 55°C'nin üstünde globüler yapısını kaybetmeye başlar [30,31] ve bu durumda aktif tiyol grubunda sistin disülfid bağlarının kırılmasına neden olur. 80°C'lik sıcaklık sistin kalıntılarının hepsinin parçalanmasına yol açar. Lyster [32] indirek ısıtmalı sistemde UHT uygulamasından sonra S-H gruplarının tekrar aktif olduğunu bildirmiştir. Bu aktivitede tiyol grubunun yüksek sıcaklıkta  $\beta$ -laktoglobulinler veya serum albumin gibi sistin içeren proteinler ile veya  $\beta$ -laktalbumin,  $\alpha$ 2-kazein ve özellikle k-kazein gibi disülfid köprüsü içeren proteinler ile interaksiyona girmesinin büyük bir etkisi vardır [33,34]. 65°C'nin üzerinde uygulanan ısı işlemlerde denaturasyona bağlı olarak -SH grubu bileşikler ortaya çıkmaktadır ve bu olay kazeinin misel özelliklerini değiştirmektedir. Böylece kazein miselleri Şekil 1 de verildiği gibi jelleşmeye karşı, ısı ve rennetle ile koagulyasyona karşı daha dirençli bir hale gelmiş olur [35]. Ayrıca bu işlem  $\beta$ -laktoglobulinin k-kazeinle kompleks oluşturmasında da etkili olduğu bildirilmektedir [36,37]. Isı uygulamasının ilk aşamalarını takiben diğer değişiklikler depolama süresince yavaş yavaş gelişir ve sütün kalınlaşarak daha sonra jele neden olan bir 3D protein ağına oluşmasına neden olur [1].



Şekil 1. Denatürasyon sonucunda  $\beta$ -laktoglobulinin k-kazeinle kompleks oluşturması [35]

### 4 JEL OLUŞUMU AŞAMALARI

McMahon [38] ve Vithanage [39] sütteki jelleşme reaksiyonunu üç aşamada açıklamışlardır: Bunlardan ilki  $\beta$ -laktoglobulin ve  $\kappa$ -kazein arasındaki etkileşim, ikincisi  $\beta$ -laktoglobulin ve  $\kappa$ -kazein kompleksinin ( $\beta\kappa$ -kompleksi) kazein miselinden ayrılması ve son olarak  $\beta\kappa$ -kompleksleri arasında çapraz bağlanmanın meydana gelmesidir (Şekil 2). Sütün UHT yöntemi ile üretilmesi ve depolanmasında,  $\beta\kappa$ -kompleksi kazein miselinden ayrılmasını hızlandıracak veya geciktirecek herhangi bir etki, aynı zamanda sütün jelleşmesi üzerinde de etkili olacaktır [26,40].



Şekil 2. Bakteriyal proteazların neden olduğu UHT sütün jelleşme modeli [26,40].

Fitouhi ve ark. [41] yüksek sıcaklık uygulamalarında kazein misellerinden  $\kappa$ -kazein ve  $\beta$ -laktoglobulin arasındaki interaksiyon sonucunda oluşan jelleşmeye  $\beta$ -laktoglobulin- $\kappa$ -kazein kompleksinin ( $\beta\kappa$ -kompleks) neden olduğunu ve bu mekanizma jel oluşumunun iki basamakta ortaya çıktığını bildirmişlerdir. Birincisi kazein misellerinden  $\beta\kappa$ -kompleksinin parçalanmasıdır. Diğeri ise bu kompleksin agregasyonu ile üç boyutlu bir matris oluşturmasıdır. Datta ve Deeth [27] UHT sütteki jelleşme sırasında oluşan viskozitedeki değişiklikleri ise 4 aşamada açıklamışlardır. Öncelikle birinci aşama kısa bir sürede oluşur ve ürünün yapısında bir incelmeye görülür, ikinci aşamada ise birinci aşamadan biraz daha uzun sürer ve ürünün viskozitesinde gözle görülür bir değişim olmaz, üçüncü aşamada viskozitede jel oluşumu ile sonuçlanan ani bir değişiklik olurken viskozitedeki hızlı ve ani bir artış sonucu jel oluşumu meydana gelir ve son aşamada ise jel yapısı bozulmakta ve sütün serum ve protein pıhtılarına ayrılması sonucu viskozitede düşme görülmektedir.

Günümüze kadar UHT sütlerde gelişen jelleşme reaksiyonu üzerine birçok çalışmalar yürütülmüş olmasına rağmen mekanizması ile ilgili hala çalışmalar devam etmektedir. Jelleşme reaksiyonu enzimatik ve enzimatik olmayan (fizikokimyasal) iki temel mekanizma ile açıklanmaktadır [17,27,42,43].

## 5 ENZİMLERİN ETKİSİYLE JELLEŞME

UHT sütte oluşan peptidlerin ters faz yüksek basınç sıvı kromatografisi (RP-HPLC) kullanılarak incelenmesi sonucunda psikrotrof bakteriler tarafından üretilen proteinazlar ve süt plazmini olmak üzere iki grupta olduğu görülmüştür [44]. Plazmin etkileşimi sonucunda oluşan peptidlerin bakteriyel proteinazlar tarafından üretilenlerden daha büyük ve daha hidrofob olduğu da bildirilmiştir [26,45].

### 5.1 Bakteri Proteinazları

Sütte  $60^\circ$ dan fazla mikrobiyal, hayvansal ve doğal kaynaklı proteaz ve lipaz enzimleri bulunmaktadır [46]. Jel oluşumu üzerinde etkili olan proteolizin sütün doğal ve kontamine psikrotrof bakterilerden kaynaklandığı belirtilmiştir [27]. Plazmin ve bakteriyel proteinazlar  $\beta\kappa$ -bileşiklerine direkt etki etmezler ve bağlı oldukları  $\alpha$ S1-kazein gibi kazein fraksiyonlarına etki ederek misellerden  $\beta\kappa$ -bileşiklerinin ayrılmasına neden olmaktadır. Böylelikle serbest hale geçen  $\beta\kappa$ -bileşikleri bir araya gelerek kritik yoğunluğa ulaşarak yarı katı jel oluşumu tamamlanmış olur [38].

Soğukta depolanan çiğ sütlerde psikrotrofik bakterilerden *Pseudomonas* cinsine ait suşların baskın mikrobiyotayı oluşturduğu bildirilmektedir [47]. Isıl işlem sütte mevcut psikrotrof bakterilerin inaktif hale gelmesini sağlar. Fakat ürettikleri enzimlerinin yüksek sıcaklıkta dahi aktifliğini koruyabildiği bilinmektedir [48,49]. Bu enzimler sütün bozulmasında etkili olan psikrotrof bakterilerden birisi olan *Pseudomonas fluorescens* tarafından üretilir [50-56]. Ayrıca sütte *Bacillus* suşlarının çoğu proteolitik aktivite göstererek eksta ve intraselüler proteinazlar üretirler [57,58] ve bu suşlarında jel oluşumunda etkili olduğu bilinmektedir. Jel mekanizması üzerinde etkili olan proteolitik enzimlerin listesi Tablo 1'de verilmiştir [39].

**Tablo 1.** UHT sütün raf ömrü üzerine proteolitik enzimlerin etkileri

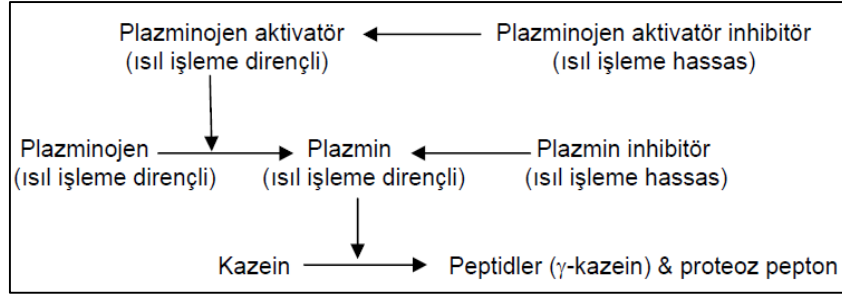
Enzim	Bakteri sayısı (kob/mL)	Proteinaz aktivitesi (U mL <sup>-1</sup> x 10 <sup>3</sup> )	Etki	Kaynak
<i>Pseudomonas spp.</i> (MC 60)	10 <sup>3</sup> -10 <sup>9</sup>	18-8900 u/mL	Acılaşma (< 3 gün)	Adams ve ark. [59]
<i>Pseudomonas spp.</i>	< 10 <sup>4</sup>	NS	κ-CN parçalanması (50 günden sonra)	Adams ve ark. [60]
<i>P. fluorescens</i> (AR 11)	8 x 10 <sup>6</sup>	78% kazein kaybı	Jelleşme (56-70 gün)	Law ve ark. [61]
<i>P. fluorescens</i> (OM41)	NS	60 u/mL	Jelleşme (95-123 gün)	Fairbairn ve Law [62]
<i>P. fluorescens</i> (OM 227)	NS	29.7 u/mL	Jelleşme (144-151 gün)	Fairbairn ve Law [62]
<i>P. fluorescens</i> (22F)	5 x 10 <sup>5</sup>	NS	Acılaşma ve jelleşme (49 gün)	Torrie ve ark. [63]
<i>P. fluorescens</i> (RM14),	x 10 <sup>8</sup>	NS	Acılaşma (7 günden sonra)	Fairbairn ve Law [62]
<b>Psikrotroflar</b>	NS	30 x 10 <sup>-3</sup> u/mL	Jelleşme (150 günden sonra)	Renner [64]
<b>Psikrotroflar</b>	NS	< 6 x 10 <sup>3</sup> u/mL	Jelleşme (> 90 gün)	Griffiths ve ark. [65]
<b>Psikrotroflar</b>	2,5 x 10 <sup>7</sup>	NS	Jelleşme (30 gün içinde)	Griffiths ve ark. [65]
<b>Psikrotroflar</b>	NS	6 x 10 <sup>2</sup> u/mL	Jelleşme (90 gün sonra)	Mitchell ve Ewings [43]
<b>Psikrotroflar</b>	10 <sup>4</sup> -10 <sup>6</sup>	NS	Proteoliz ve jelleşme (90 gün)	Gillis ve ark. [66]
<i>P. fluorescens</i>	10 <sup>6</sup>	NS	Grimsi renk, acı tat ve jelleşme (20 gün sonra)	Vyletřlová ve Hanuš [67]
<b>Psikrotroflar proteolitik bakteri</b>	5,1-5,4x10 <sup>4</sup>	1,0x10 <sup>2</sup> 4,0x10 <sup>4</sup> RFU/ml	Viskozite artışı ve partikül büyüklüğü (10 gün sonra)	Vithanage ve ark. [68]
<i>Pseudomonas spp.</i>	1 x 10 <sup>4</sup>	> 0.05 pkat/mL	Partikül büyüklüğünde artma ve krem tabakası oluşumu, acılık ve jelleşmede artış (60 gün sonra)	Stoekel ve ark. [69]

ND: Tespit edilemedi; u/mL, RFU/mL ve pkat/mL proteolitik aktivitenin ölçülmesinde kullanılan farklı birimler ifade etmektedir.

Tablo 1'den de görüldüğü gibi bakterilerin ürettiği proteolitik enzimler sütte kalite kayıplarına hatta ısıl işlem uygulanmış olsa bile raf ömründe azalmalara neden olmaktadır [47,54,70]. Bununla birlikte ısıl işlem sırasında koagülasyon, UHT sütün depolanmasında jel oluşumu, istenmeyen aroma bişeliklerinin gelişimi ile peynir randımanının azalması gibi fiziko kimyasal değişikliklerde oluşturabilmektedirler [26,71,72]. Uygulanacak teknolojik yöntemler ile enzimleri inaktif etmek zor olduğu için yapılması gereken çiğ sütteki mikroorganizmaların kontrol altına alarak fazla enzim üretmelerinin engellenmesinin sağlanmasıdır [47].

## 5.2 Plazmin Aktivitesi

Plazmin, pastörizasyon ve UHT'nin farklı formlarına (140°C – 4 s) dayanabilen ısıl işleme karşı dirençli olan doğal bir süt enzimidir. Yüksek sıcaklıklara dayanabilmesinden dolayı UHT yöntemiyle üretilen süt ürünlerinde plazminin neden olduğu proteoliz ile sıklıkla karşılaşılabilir [73]. Sütte plazmin aktif olmayan plazminojen halinde bulunmakta ve inhibitörler yardımıyla kademeli olarak aktif hale gelmektedir [74]. Sütün kazein fraksiyonunda; plazmin, plazminojen ve plazminojen aktivatörleri bulunurken serum fraksiyonunda; plazmin inhibitörleri ve plazminojen aktivatör inhibitörleri bulunmaktadır [46,73]. İnhibitörler eksikliğinde plazminojen aktivatörü aktif plazmin üreterek kazeinin degrade olmasına neden olur [73]. Süt plazmin aktivitesini kontrol eden enzim aktivatör/inhibitörlerinin mekanizması Şekil 3'de verilmiştir.



Şekil 3. Sütteki plazmin enzim sisteminin mekanizması [27,40,73]

Ergin ve ark. [5] teknolojik işlemlerin UHT sütlerdeki jelleşme ve plazmin enzim sistemleri üzerine etkisi ile ilgili yapılan araştırma sonuçlarını Tablo 2’de özetlemişlerdir.

Tablo 2. Teknolojik işlemlerin UHT sütlerdeki jelleşme ve plazmin enzim sistemleri üzerine etkisi

İşlem	Özellik	Sonuç
Yüksek basınç homojenizasyon	200 MPa	Plazmin aktivitesi sonucunun değişmediğini ve
	300 MPa	Plazmin aktivitesi sonucunun yaklaşık %70 oranında azaldığını bildirmişlerdir [75].
Yüksek basınç homojenizasyon	100 MPa	Depolamanın 94. gününde ve Depolamanın 120. gününde jel oluşumunu belirtmişlerdir [76].
	150 MPa	
Mikrofiltrasyon	1.4 µm gözenek çaplı seramik membran	Tam ve yarım yağlı UHT sütlerde 12 ay süresince jel oluşumunun oluşmadığını tespit etmişlerdir [77].
Ultrases	107 µm genlik, 77 W güç, 1 ve 3 dk	Ultrases yöntemi süresi arttıkça plazmin aktivitesinde azalma olduğunu fakat farklı güç uygulanan ultrases prosesinin plazmin aktivitesi üzerinde istatistiksel olarak önemli olmadığını bildirmişlerdir [78].
	133 µm genlik, 104 W güç, 1 ve 3 dk	
	152 µm genlik, 115 W güç, 1 ve 3 dk	
CO <sub>2</sub> gazı	20 dk, pH 6.2’ye ulaşınca kadar	CO <sub>2</sub> gazı kullanılmasının plazmin aktivitesi üzerinde etkili olmadığı fakat psikrotrof bakteri sayısının da azalmaya neden olduğunu tespit etmişlerdir [79].

Hayvanlarda çok görülen mastitis hastalığı somatik hücre sayısında (SHS) artışa neden olmakta ve bu sütlerin patojen mikroroganizma sayısı ile antibiyotik içeriği de yüksek olmaktadır. Somatik hücrelerin parçalanması ile lipaz, oksidaz, glikozidaz, elastaz (kazein hidrolizine neden olur), klinojenaz, plazmin ve katepsin B, C, D, G gibi katepsinler sütte oluşur [80]. Kelly ve Foly [81] indirek yüksek UHT sıcaklık uygulanan ve düşük SHS’na sahip sütün aktif plazmin kalıntılarının az olduğunu ve çok az jel oluşumu eğilimine neden olduklarını ancak hem plazminojen hemde düşük SHS’nın jelleşmeye neden olduğunu bildirmişlerdir [80].

## 6 ENZİMATİK OLMAYAN JELLEŞME

Datta and Deeth [27] yaptıkları çalışmalarında UHT sütün 20-25°C’lerde depolandığında düşük (~4°C) veya yüksek (~35-40°C) sıcaklıklarda depolanan sütlere kıyasla daha hızlı bir jel oluşumunu geliştirdiğini belirtmişlerdir. Andrews ve Cheeseman [82] ise yüksek depolama sıcaklığında gelişen Maillard reaksiyonunun peynir altı suyu proteinleri ve kazeinin polimerizasyonu ile de jelleşmeye neden olabileceğini bildirmişlerdir. de Koning ve ark. [83] UHT prosesi ile sterilize edilen yağsız süt ve yağsız konsantre sütteki jel oluşumunu elektron mikroskopu kullanarak inceledikleri çalışmalarında jelleşme mekanizmasının farklılık gösterdiğini tespit etmişlerdir. Şöyleki UHT sütte kazein misellerinin her yere dağıldığını ve ipliksi yapı halinde olduğunu gözlemişlerdir. Konsantre UHT süt örneklerinin ise üç boyutlu bir ağ oluşturacak şekilde pıhtılaşma gösterdiğini bildirmişlerdir. Araştırmacılar UHT sütte enzim aktivitesi, ısıl işlem, kazein parçalanması ve jelleşme süresi arasında korelasyon olduğunu fakat konsantre örneklerin proteoliz olmadan jelleşmeye uğradığını bildirmişlerdir. Sonuç olarak UHT sütteki jelleşmeden proteolitik mekanizmanın sorumlu olduğunu ve konsantre sütteki jelleşmenin ise enzimatik olmayan sadece fiziko-kimyasal bir prostesten kaynaklandığını rapor etmişlerdir.



Başka bir araştırma çalışanları ise UHT sütün kazein misellerindeki lizin kalıntılarının alfa amino grubunu bloke etmesinin kazein misellerinin yükünü değiştirdiğinden dolayı jel oluşumunu geciktirebileceğini bildirmişlerdir [84].

## 7 DÜNYADA VE TÜRKİYE'DE UHT SÜT

Bugün tüm dünyada süt ürünlerine giderek artan bir yönelme olup özellikle bu grubu da UHT'li süt ve süt protein esaslı içecekler oluşturmaktadır. Bu durum üzerinde artan popülasyon, hızlı kentleşme ve orta sınıfın artması [85], raf ömrünün uzun olması, düşük bir enerji maliyeti oluşturması ayrıca depo ve dağıtım aşamalarında soğuk zincirine ihtiyaç duyulmaması [1], aseptik şartlarda hazırlanması ve UHT süt ürünlerinin oda sıcaklığında 6-9 ay süre ile depolanmalarının mümkün olması [86,87] gibi avantajlar etkili olmaktadır. Ayrıca sağlıklı bir diyet ve yaşam tarzının oluşturulmasında etkili görülen süt ve ürünlerinin tercih edilmesi de bu talebin artmasında etkili olan diğer faktörler arasında yer almaktadır. Bazı ülkeler de özellikle Asya'da süt esaslı ürünlerin diyetlerinde daha fazla yer aldığı [88-90] ve Avrupa ve Güney Amerika gibi çoğu ülkeler de de özellikle UHT sütün artan bir üretim ve tüketime sahip olduğudur [91,92].

Yaklaşık 60 ülke ürünlerini UHT yöntemini kullanarak aseptik şartlarda hazırlamaktadır [92]. Dünya süt tüketimi; kişi başına düşen gelir ve artan nüfusa eşdeğer olarak pozitif bir korelasyon göstermektedir. IFCN (International Farm Comparison Network) tarafından kişi başı süt tüketimini kapsayan çalışmaya göre Avustralya, Norveç, İsveç, Fransa, Almanya gibi ülkelerde süt tüketiminin 300 kg/kişi süt eşdeğerinin üstünde olduğunu ve ülkemizin de dâhil olduğu pek çok Avrupa ülkesi ile ABD'de de süt tüketiminin ise 200 kg/kişi süt eşdeğerinin üstünde olduğudur [93,94]. Ülkemizde üretilen içme sütünün %92'sini (1,5 milyon ton) ise UHT sütler oluştururken kalanını da pastörize (72°C'de 15 saniye veya 63°C'de 30 dk) ve sterilize sütler oluşturmaktadır [95].

## 8 SONUÇ

Çoğu ülke süt gibi besinsel içeriği çok yüksek olan değerli bir ürünün içme sütü olarak hazırlanmasında genellikle UHT yöntemini kullanmayı tercih etmektedir. Bu yöntemin daha çok kabul kullanılmasında; daha az enerji ihtiyacı, depolamada soğuk zincirine gerek duyulmaması, aseptik şartlarda paketlenmesi, raf ömrünün daha uzun olması, kamp, yolculuk, acil durumlar, afet zamanları ve uzay yolculukları için elverişliliği gibi birçok faktörler yer almaktadır. Bu kadar avantaja sahip bir metod olmasının yanısıra ürün de pişmiş tat oluşumu, jelleşme, bazı fiziksel ve kimyasal tepkimeler sonucu fire kaybı gibi bazı dezavantajlara sahip olduğu da bir gerçektir. Bu durum sadece tüketici tercihi etkilemekle kalmayıp aynı zamanda UHT marketinin de olumsuz etkilenmesini sağlamaktadır. Bu sorunun giderilebilmesi için ilk olarak "kaliteli bir hammadde kaliteli bir ürün" ilkesi esas alındığında çiğ sütün kalitesine, enzimlerin neden olduğu proteolitik etkilerin engellenmesi için detaylı çalışmalara ve yeni bir UHT prosesinin arge çalışmaları kapsamında değerlendirilmesine ihtiyaç duyulmaktadır.

## Kaynakça

- [1] Chavan, R.S., Chavan, S.R., Khedkar, C.D., Jana, A.H., UHT milk processing and effect of plasmin activity on shelf life: a review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 10(5): 251-268, 2011.
- [2] Lewis, M.J., Deeth, H.D., Heat treatment of milk. In A. Y. Tamime (Ed.), *Milk processing and quality management* (pp. 183-194). London, UK: Blackwell, 2008.
- [3] Walstra, P., Geurts, T.J., Wouters, J.T.M., *Dairy Science and Technology*. CRC Press, Boca Raton, FL, 2006.
- [4] Sunds, A.V., *Evaluation of accelerated shelf life testing of UHT milk* (Doctoral dissertation, Master Thesis. Aarhus University, Department of Food Science, Denmark), 93 p, 2016.
- [5] Ergin, F., Gökçe, Ö., Küçükçetin, A., UHT İçme Sütlerinde Jelleşme Sorunu: Çiğ Süt Özelliklerinin ve İşlem Değişkenlerinin Etkisi. *Academic Food Journal/Akademik Gıda*, 17(4), 2019.
- [6] Köşker, Ö., Tunail, N., Süt ve Mamulleri Mikrobiyolojisi ve Hijyeni Uygulama Klavuzu. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi. Yay. No: 985, Uygulama Kılavuzu No: 217, Ankara, 1985.
- [7] Demirel, R., Doğan, M., Kişioğlu, M., Uzun, E., Öztürk, M., Isparta il merkezi Pazar yerlerinde satılan süt ve süt ürünlerine hijyenik bakış. *S.D.Ü. Tıp Fak Derg*, 14(4): 19-21, 2007.
- [8] Anonim, 2020a. <http://www.gidateknolojisi.com.tr/haber/2012/10/insan-sagligi-ve-urun-kalitesi-acisindan-cig-sut-kalitesi-ve-hijyeninin-onemi>. (Erişim Tarihi: 01.02.2020).

- [9] Singh, H., Waungana, A.. Influence of heat treatment of milk on cheesemaking properties. *International Dairy Journal*, 11(4-7): 543-551, 2001.
- [10] Banik, R.M., Prakash, M. Laundry detergent compatibility of the alkaline protease from *Bacillus cereus*. *Microbiological Research*, 159(2): 135-140, 2004.
- [11] Ahmetoğlu, N., *Bacillus cereus* KG5'in proteaz enzimi üzerine çalışmalar (Master's thesis). Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 175 s, 2011.
- [12] Uhlrig, H. (Ed.). 1998. *Industrial enzymes and their applications*. John Wiley & Sons.
- [13] Kalkan, S., Halkman, K., *Bacillus cereus* ve içme sütünde oluşturduğu sorunlar. *Orlab On-Line Mikrobiyoloji Dergisi*, 4(1): 1-11, 2006.
- [14] Datta, N., Elliott, A.J., Perkins, M.L., Deeth, H.C., Ultra-hightemperature (UHT) treatment of milk: comparison of direct and indirect modes of heating. *The Australian Journal of Dairy Technology*, 57(3): 211-225, 2002.
- [15] Richards, M., De Kock, H.L., Buys, E.M., Multivariate accelerated shelf-life test of low fat UHT milk. *International Dairy Journal*, 36: 38-45, 2014.
- [16] Özdemir, T.ve Özcan, T., Süt Ürünlerinin Mikro Yapısının Oluşumunda Süt Proteinlerinin Önemi. Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 33(2), 355-374, 2019.
- [17] Dunkley, W.L., Stevenson, K.E., Ultra-high temperature processing and aseptic packaging of dairy products. *Journal of Dairy Science*, 70(10): 2192-2202, 1987.
- [18] Holdsworth, S.D., *Aseptic Processing and Packaging of Food Products*. New York, New York. Elsevier Science Publishing Co., Inc., 1992.
- [19] Hsu, D.S., Ultra-high-temperature (UHT) processing and aseptic packaging (AP) of dairy products. *Ultra-high-temperature (UHT) processing and aseptic packaging (AP) of dairy products*, 1970.
- [20] Spreer, E., *Milk and dairy product technology* (Vol. 83). CRC Press, 1998.
- [21] Constantin, A.M., Csatos, C., Research on the influence of microwave treatment on milk composition. *Bulletin of the Transilvania University of Brasov. Forestry, Wood Industry, Agricultural Food Engineering. Series II, 3*, 157, 2010.
- [22] Solano-Lopez, C.E., Ji, T., Alvarez, V.B., Volatile compounds and chemical changes in ultrapasteurized milk packaged in polyethylene terephthalate containers. *Journal of Food Science*, 70(6): c407-c412, 2005.
- [23] Siddique, F.A.R.Z.A.N.A., Anjum, F.M., Huma, NU. Z.H.A.T., Jamil, A.M.E.R., Effect of different UHT processing temperatures on ash and lactose content of milk during storage at different temperatures. *Int. J. Agric. Biol*, 12(3): 439-442, 2010.
- [24] Elliott, A.J., Dhakal, A., Datta, N., Deeth, H.C. Heat-induced changes in UHT milks. *Australian Journal of Dairy Technology*, 58: 3-10, 2003.
- [25] Kocak, H.R., Zadow, J.G., Age gelation of UHT whole milk as influenced by storage temperature, *The Australian Journal of Dairy Technology*, March, 14-21, 1985a.
- [26] Datta, N., Deeth, H.C., Diagnosing the cause of proteolysis in UHT milk. *LWT-Food Science and Technology*, 36(2): 173-182, 2003.
- [27] Datta, N., Deeth, H.C., Age gelation of UHT milk—a review. *Food and Bioproducts Processing*, 79(4): 197-210, 2001.
- [28] Elfagm, A.A., Wheelock, J.V., Interaction of bovine  $\alpha$ -Lactalbumin and  $\beta$  Lactoglobulin during heating. *Journal of Dairy Science*, 61: 28-3, 1978.
- [29] Van Vliet, T., Lakemond, C.M.M., Visschers, R.W., Rheology and structure of milk protein gels. *Current Opinion in Colloid and Interface Science*, 9: 298-304, 2004.
- [30] Gough, P., Jenness, R., Heat denaturation of  $\beta$ -lactoglobulin A and B. *Journal of Dairy Science*, 45: 1033–1039, 1962.
- [31] Sawyer, W.H., Complex between  $\beta$ -lactoglobulin and  $\kappa$ -casein. A review. *Journal of Dairy Science*, 52(9): 1347-1355, 1969.
- [32] Lyster, R L J., The free and masked sulphhydryl groups of heated milk and milk powder and a new method for their determination. *Journal of Dairy Research*, 31(1): 41-51, 1964.



- [33] Cockburn, M.J., The aggregation of beta-lactoglobulin and alpha-lactalbumin: Studies of compositional and temperature effects during the early stages of heating, 1341-1341, 2001.
- [34] Vasbinder, A.J., Alting, A.C., de Kruif, K.G., Quantification of heat-induced casein-whey protein interactions in milk and its relation to gelation kinetics. *Colloids and surfaces B: Biointerfaces*, 31(1-4): 115-123, 2003.
- [35] García-Risco, M.R., Villamiel, M., López-Fandiño, R., Effect of homogenisation on protein distribution and proteolysis during storage of indirectly heated UHT milk. *Le Lait*, 82(5): 589-599, 2002.
- [36] Dalgleish, D.G., Senaratne, V., Francois, S., Interactions between  $\alpha$ -lactalbumin and  $\beta$ -lactoglobulin in the early stages of heat denaturation. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45(9): 3459-3464, 1997.
- [37] Gülbaş, S.Y., UHT Süt Üretiminde Farklı Basınçlarda Uygulanan Aseptik Homojenizasyonun Ve Depolama Sıcaklığının Jelleşme Sorunu Üzerine Etkisi Ve Bu Etkinin Yapay Sinir Ağları İle İncelenmesi. *Hacettepe Üniversitesi GIDA Mühendisliği Anabilim Dalı, Doktora Tezi*, 169 s, 2007.
- [38] McMahon, D.J., Age-gelation of UHT milk: Changes that occur during storage, their effect on shelf life and the mechanism by which age-gelation occurs. Heat treatments and alternative methods. IDF Symposium, Vienna Austria, 315p, 1996.
- [39] Vithanage, N.R., *Mapping the thermo-tolerant proteases in ultra high temperature (UHT) treated milk using molecular approaches* (Doctoral dissertation, Victoria University), 2017.
- [40] Numanoğlu, E., Reasons and analysis of bitterness and gelation defects, developed in UHT milk. *Hacettepe Üniversitesi GIDA Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi*, 155 s, 2006.
- [41] Fitouhi, N., Gmar, M., Sboui, N., Debbabi, H., Correlations between quality, enzymatic activities and storage stability of UHT milk in Tunisia. *Nature & Technology*, (18): 36-41, 2018.
- [42] Kocak, H.R., Zadow, J.G., The effect of low-temperature-inactivation treatment on age gelation of UHT whole milk, *The Australian Journal of Dairy Technology*, June, 53-58, 1985b
- [43] Mitchell, G.E., & Ewings, K.N., Quantification of bacterial proteolysis causing of gelation in UHT treated milk. *New Zealand Journal of Dairy Science and Technology*, 20: 65-76, 1985.
- [44] López-Fandiño, R., Olano, A., San José, C., Ramos, M. Application of reversed-phase HPLC to the study of proteolysis in UHT milk. *Journal of Dairy Research*, 60(1): 111-116, 1993.
- [45] Le, T.X., Datta, N., Deeth, H.C. A sensitive HPLC method for measuring bacterial proteolysis and proteinase activity in UHT milk. *Food Research International*, 39(7): 823-830, 2006.
- [46] Stepaniak, L., Dairy enzymology. *International Journal of Dairy Technology*, 57(2/3): 153-171, 2004,
- [47] Von Neubeck, M., Baur, C., Krewinkel, M., Stoeckel, M., Kranz, B., Stressler, T., Fischer, L., Hinrichs, J., Scherer, S., Wenning, M., Biodiversity of refrigerated raw milk microbiota and their enzymatic spoilage potential. *International Journal of Food Microbiology*, 211: 57-65, 2015.
- [48] Xin, L., Zhang, L., Meng, Z., Di, W., Han, X., Yi, H., & Cui, Y., Lipolytic psychrotrophic bacteria and lipase heat-resistant property in bovine raw milk of North China. *Journal of Food Processing and Preservation*, 41(6), e13289, 2017.
- [49] Ergin, F., Küçükçetin, A., UHT İçme Sütlerinde Jelleşme Sorunu: Enzimlerin Etkisi. *Academic Food Journal/Akademik GIDA*, 16(3), 2018.
- [50] Wiedmann, M., Weilmeier, D., Dineen, S.S., Ralyea, R., Boor, K.J., Molecular and phenotypic characteristic of *Pseudomonas* spp. isolated from milk. *Appl. Environ. Microbiol.* 66: 2085–2095, 2000.
- [51] Dogan, B., Boor, K.J., Genetic diversity and spoilage potentials among *Pseudomonas* spp. isolated from fluid milk products and dairy processing plants. *Applied Environmental Microbiology*, 69(1): 130-138, PMID: 12513987, 2003.
- [52] Pinto, C.L.O., Martins, M.L., Vanetti, M.C.D., Qualidade microbiológica de leite cru refrigerado e isolamento de bactérias psicróficas proteolíticas. *Ciênc. Tecnol. Aliment., Campinas*, 26(3): 645-51, 2006.
- [53] Dufour, D., Nicodème, M., Perrin, C., Driou, A., Brusseau, E., Humbert, G., ... & Dary, A., Molecular typing of industrial strains of *Pseudomonas* spp. isolated from milk and genetical and biochemical characterization of an extracellular protease produced by one of them. *International Journal of Food Microbiology*, 125(2): 188-196, 2008.

- [54] Marchand, S., Vandriesche, G., Coorevits, A., Coudijzer, K., De Jonghe, V., Dewettinck, K., De Vos, P., Devreese, B., Heyndrickx, M. & De Block, J., Heterogeneity of heat-resistant proteases from milk *Pseudomonas* species. *International Journal of Food Microbiology*, 133(1–2): 68-77, 2009.
- [55] Baglinière, F., Matéos, A., Tanguy, G., Jardin, J., Briard-Bion, V., Rousseau, F., ... & Humbert, G., Proteolysis of ultra high temperature-treated casein micelles by AprX enzyme from *Pseudomonas fluorescens* F induces their destabilisation. *International Dairy Journal*, 31(2): 55-61, 2013.
- [56] Martins, M. L., Pinto, U. M., Riedel, K., & Vanetti, M. C., Milk-deteriorating exoenzymes from *Pseudomonas fluorescens* 041 isolated from refrigerated raw milk. *Brazilian Journal of Microbiology*, 46(1), 207-217, 2015.
- [57] Chen, L., Coolbear, T., Daniel, R.M., Characteristics of proteinases and lipases produced by seven *Bacillus* sp. isolated from milk powder production lines. *International Dairy Journal*, 14(6): 495-504,2004.
- [58] Tabit, F.T., Prevalence and growth characteristics of *Bacillus sporothermodurans* in UHT milk. *British Food Journal*, 2018.
- [59] Adams, D.M., Barach, J.T., Speck, M.L., Heat resistant proteases produced in milk by psychrotrophic bacteria of dairy origin. *Journal of Dairy Science*, 58(6): 828-834, 1975.
- [60] Adams, D.M., Barach, J.T., Speck, M.L., Effect of psychrotrophic bacteria from raw milk on milk proteins and stability of milk proteins to ultrahigh temperature treatment. *Journal of Dairy Science*, 59(5): 823-827, 1976.
- [61] Law, B.A., Andrews, A.T. Sharpe, M.E., Gelation of ultra-high-temperature-sterilized milk by proteases from a strain of *Pseudomonas fluorescens* isolated from raw milk. *Journal of Dairy Research*, 44(1): 145-148, 1977.
- [62] Fairbairn, D.J. Law, B.A., Proteinases of psychrotrophic bacteria: their production, properties, effects and control. *Journal of Dairy Research*, 53(1): 139-177, 1986.
- [63] Torrie, J.P., Cholette, H., Froehlich, D.A., Mckellar, R.C., Growth of an extracellular proteinase-deficient strain of *Pseudomonas fluorescens* on milk and milk proteins. *Journal of Dairy Research*, 50(3): 365-374, 1983.
- [64] Renner, E., Storage stability and some nutritional aspects of milk powders and Ultra High Temperature products at high ambient temperatures. *Journal of Dairy Research*, 55(1): 125-142, 1988.
- [65] Griffiths, M.W., Phillips, J.D., West, I.G., Muir, D.D., The effect of extended low-temperature storage of raw milk on the quality of pasteurized and UHT milk. *Food Microbiology*, 5(2): 75-87, 1988.
- [66] Gillis, W.T., Cartledge, M.F., Rodriguez, I.R., Suarez, E.J., Effect of raw milk quality on Ultra High Temperature processed milk. *Journal of Dairy Science*, 68(11): 2875-2879, 1985.
- [67] Vyletelova, M., Hanus, O., Urbanova, E., Kopunecz, P., The occurrence and identification of psychrotrophic bacteria with proteolytic and lipolytic activity in bulk milk samples at storage in primary production conditions. *Czech Journal of Animal Science.*, 45(8): 373-383, 2000.
- [68] Vithanage, N.R., Dissanayake, M., Bolge, G., Palombo, E.A., Yeager, T.R., Datta, N., Microbiological quality of raw milk attributable to prolonged refrigeration conditions. *Journal of Dairy Research*, 84(1): 92-101, 2017.
- [69] Stoeckel, M., Lidolt, M., Achberger, V., Glück, C., Krewinkel, M., Stressler, T., Von Neubeck, M., Wenning, M., Scherer, S., Fischer, L., Hinrichs, J., Growth of *Pseudomonas weihenstephanensis*, *Pseudomonas proteolytica* and *Pseudomonas* sp. in raw milk: Impact of residual heat-stable enzyme activity on stability of UHT milk during shelf-life. *International Dairy Journal*, 59: 20-28, 2016.
- [70] Samaržija, D., Zamberlin, Š., Pogačić, T., Psychrotrophic bacteria and their negative effects on milk and dairy products quality. *Mlječarstvo: časopis za unaprjeđenje proizvodnje i prerade mlijeka*, 62(2): 77-95, 2012.
- [71] Svensson, B., Ekelund, K., Ogura, H., Christiansson, A., Characterisation of *Bacillus cereus* isolated from milk silo tanks at eight different dairy plants. *International Dairy Journal*, 14(1): 17-27, 2004.
- [72] Milaneze, H.S., Silva, L.S., Kottwitz, L.B.M., Zambom, M.A., Fonseca, L.M., Guimarães, A. T.B., Pozza, M.S.S., Microbiological, chemical, physical, and proteolytic activities of raw milk after thermal processing. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 70(5): 1625-1632, 2018.
- [73] Bastian, E.D., Brown, R.J., Plasmin in milk and dairy products: an update. *International Dairy Journal*, 6: 435-457, 1996.

- [74] Richardson, B.C., Pearce, K.N., The determination of plasmin in dairy products. *New Zealand Journal of Dairy Science and Technology*, 16: 209-220, 1981.
- [75] Pereda, J., Ferragut, V., Buffa, M., Guamis, B., Trujillo, A.J., Proteolysis of ultra-high pressure homogenised treated milk during refrigerated storage. *Food Chemistry*, 111(3): 696-702, 2008.
- [76] de Oliveira, M.M., Júnior, B.R.D.C.L., Tribst, A.A.L., Cristianini, M., Use of high pressure homogenization to reduce milk proteolysis caused by *Pseudomonas fluorescens* protease. *LWT*, 92: 272-275, 2018.
- [77] D'Incecco, P., Rosi, V., Cabassi, G., Hogenboom, J. A., Pellegrino, L., Microfiltration and ultra-high-pressure homogenization for extending the shelf-storage stability of UHT milk. *Food Research International*, 107: 477-485, 2018.
- [78] Annandarajah, C., Grewell, D., Talbert, J.N., Raman, D.R., Clark, S., Batch thermosonication for the reduction of plasmin activity in skim milk. *Journal of Food Processing and Preservation*, 42(5): 13616, 2018.
- [79] Vianna, P.C.B., Walter, E.H.M., Dias, M.E.F., Faria, J.A.F., Netto, F.M., Gigante, M.L., Effect of addition of CO<sub>2</sub> to raw milk on quality of UHT-treated milk. *Journal of Dairy Science*, 95(8): 4256-4262, 2012.
- [80] Talukder, M., Ahmed, H.M., Effect of somatic cell count on dairy products: A review. *Asian Journal of Medical and Biological Research*, 3(1): 1-9, 2017.
- [81] Kelly, A.L., Foley, J., Proteolysis and storage stability of UHT milk as influenced by milk plasmin activity, plasmin/ $\beta$ -lactoglobulin complexation, plasminogen activation and somatic cell count. *International Dairy Journal*, 7(6-7): 411-420, 1997.
- [82] Andrews, A.T., Cheeseman, G.C., Properties of aseptically packed ultra-high-temperature milk. II. Molecular weight changes of the casein components during storage. *Journal of Dairy Research*, 39(3), 395-408, 1972.
- [83] de Koning, P.J., Kaper, J., Effect of some proteinase inhibitors and of Maillard reactions on the process of age-thinning and gelation of UHTST sterilized concentrated casein micelles dispersions. *Netherlands Milk and Dairy Journal*, 3: 37-47, 1985.
- [84] Samel, R., Weaver, W.V., Gammack, D.B., Changes in milk processed by ultra high temperature sterilization. *Journal of Dairy Research*, 38: 323-332, 1971.
- [85] Suryani, E., Hendrawan, R.A., Muhandhis, I., Dewi, L.P., Dynamic Simulation Model of Cow's Milk Demand and Supply to Determine the National Fulfillment Ratio. *Advanced Science Letters*, 23(11): 11057-11061, 2017.
- [86] Bimbo, F., Bonanno, A., Liu, X., Viscecchia, R., Hedonic analysis of the price of UHT-treated milk in Italy. *Journal of Dairy Science*, 99: 1095-1102, 2016.
- [87] Richards, M., De Kock, H.L., Buys, E.M., Multivariate accelerated shelf-life test of low fat UHT milk. *International Dairy Journal*, 36: 38-45, 2014.
- [88] Hawkins, J., Ma, C.B., Schilizzi, S., Zhang, F., China's changing diet and its impacts on greenhouse gas emissions: An index decomposition analysis. *Australian Journal of Agricultural and Resource Economics*, 62(1): 45-64, 2018.
- [89] Huang, J.K., Wei, W., Qi, C., Wei, X.I.E., The prospects for China's food security and imports: Will China starve the world via imports?. *Journal of Integrative Agriculture*, 16(12): 2933-2944, 2017.
- [90] Anema, S.G., Age gelation, sedimentation, and creaming in UHT Milk: a review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 18(1): 140-166, 2019.
- [91] Jansson, T., Chemical changes and off-flavour development in lactosehydrolyzed UHT milk during storage. PhD Thesis. Aarhus, Denmark: Aarhus University, Science and Technology, 2014.
- [92] Burton, H., Ultra-High-Temperature Processing of Milk and Milk Products, Elsevier Applied Science Publishers Ltd., London, 77(104): 264-266, 1988.
- [93] Anonim, Dünyada ve Türkiyede Süt Sektör İstatistikleri: 2018 Süt Raporu. Ulusal Süt Konseyi, <http://www.ulusalsutkonseyi.org.tr> (Erişim: 10.10.2019), 2018.
- [94] Güldal, H.T., Akal, H.C., Türkmen, N., Eminoğlu, G., Koçak, C., Ziraat Fakültesi Öğrencilerinin Süt Tüketim Alışkanlıklarının Belirlenmesi: Süt Teknolojisi Bölümü ile Tarım Ekonomisi Bölümü Karşılaştırması. *Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 8(1): 125-129, 2020.
- [95] Anonim, [https://ulusalsutkonseyi.org.tr/wp-content/uploads/Sut\\_Raporu\\_2018\\_Web\\_Kapakli.pdf](https://ulusalsutkonseyi.org.tr/wp-content/uploads/Sut_Raporu_2018_Web_Kapakli.pdf) (Erişim Tarihi: 02.05.2020), 2020b.