

ULTRAVİYOLE IŞINLARININ SÜTÜN MİKROBİYEL ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİ

Burcu Engin, Onur Güneşer, Yonca Karagül Yüceer*

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Çanakkale

Geliş tarihi / Received: 25.03.2009

Düzeltilerek geliş tarihi / Received in revised form: 28.05.2009

Kabul tarihi / Accepted: 01.06.2009

Özet

Bu çalışmanın amacı ultraviyole uygulamasının sütün mikrobiyel kalitesine etkisinin araştırılmasıdır. Bu amaçla, 5 farklı süt üreticisinden elde edilen süt örneklerine pastörizasyon ve ultraviyole (UV) işlemi uygulanmıştır. Uygulama yapılan örneklerde toplam aerobik mezofilik bakteri, koliform, *E. coli*, maya-küf, *Streptococcus* spp. ve *Lactobacillus* spp. sayımları gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonucunda, çiğ süte uygulanan işlemlerin söz konusu mikroorganizmalar üzerine etkileri önemli bulunmuştur. Süt örneklerinin toplam aerobik mezofilik bakteri ve koliform popülasyonu üzerine UV uygulamasının pastörizasyon işlemi kadar etkili olduğu ve önemli düzeyde redüksiyon sağladığı tespit edilmiştir. Ancak UV uygulamasının maya-küf ve *Streptococcus* spp. üzerine etkisinin daha düşük olduğu belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Süt, pastörizasyon, ultraviyole, mikroorganizma

EFFECT OF ULTRAVIOLET LIGHT ON MICROBIOLOGICAL PROPERTIES OF MILK

Abstract

The aim of this study was to investigate the effects of ultraviolet light treatment on microbiological quality of milk. For this purpose, cow milk samples, which were obtained from five different milk producers, were applied ultraviolet treatment (UV) and pasteurization. Total aerobic mesophilic bacteria, coliform, *E. coli*, mould-yeast, *Streptococcus* spp. and *Lactobacillus* spp. counts were determined in the samples. It was found that effects of treatments on these microorganisms in raw milk were significant. The UV treatment was as effective as pasteurization on total aerobic mesophilic bacteria and coliform and a significant reduction was achieved. However, it was found that UV treatment was less effective on mould-yeast and *Streptococcus* spp. in milk.

Keywords: Milk, pasteurization, ultraviolet, microorganism

* Yazışmalardan sorumlu yazar / Corresponding author ;

✉ yoncayuceer@comu.edu.tr, ☎ +(90) 286 218 0018, 📠 +(90) 286 218 0541

GİRİŞ

Sağlıklı bir hayvandan, hijyenik koşullarda elde edilen sütün mikrobiyel yükü oldukça düşük olmasına rağmen, sütün sağımı sırasında veya sağım sonrasında çeşitli faktörlere bağlı olarak (sağım kapları, taşıma kapları, süt işleme ekipmanları) birçok mikroorganizma süte bulaşabilmekte ve kolayca gelişebilmektedir (1, 2). Sütte bulunan bu mikroorganizmaların bazıları süt ve ürünlerinin üretiminde olumlu etki gösterirken bazıları sütün bozulmasına hatta hastalıklara neden olabilmektedir (3). Sütün tüketiciler tarafından güvenli bir şekilde tüketilebilmesi için özellikle hastalık yapıcı mikroorganizmaların tamamen, raf ömrünü olumsuz etkileyecek diğer mikroorganizmaların da büyük oranda süttten uzaklaştırılması gerekmektedir (4).

Sütte bulunan mikroorganizmaların inhibisyonu amacıyla ısıtma işlemi uygulaması (termizasyon, pastörizasyon, sterilizasyon) en yaygın kullanılan yöntemdir. Sütün güvenli bir şekilde tüketilebilir hale gelmesi için ısıtma işleminin önemi oldukça büyüktür. Ancak uygulanan ısıtma işleminin, derecesine ve süresine bağlı olarak sütte istenmeyen bazı değişimlere neden olduğu da bilinmektedir (1, 3, 4). Bunların başında besin değeri kaybı ve ısıtma işleminin neden olduğu renk, aroma ve lezzet bozuklukları gelmektedir. Besin değeri kayıplarının başında da lizin kaybı ve vitamin kaybı gelmektedir. Süte uygulanan ısıtma işlemi sonucu farklı düzeylerde özellikle A, B₂, B₆, C, E ve K vitaminlerinde kayıplar meydana gelmektedir (1, 2, 5). Ayrıca, süte uygulanan ısıtma işleminin bazı teknolojik problemlere de neden olduğu bilinmektedir. Özellikle süte yüksek derecede ve uzun süre ısıtma işlemi uygulanması, peynir oluşum mekanizmasında sorunlar meydana getirmektedir (1, 2).

Son yıllarda yüksek kalitede gıda ürünlerine karşı artan tüketici taleplerinden dolayı ısıtma olmayan yeni teknolojilere olan ilgi sürekli olarak artmaktadır. Bu sebeple gıda endüstrisinde, geleneksel işleme tekniklerine göre genellikle daha düşük sıcaklıklarda yürütülen ve böylece ısıtma işleminin gıda kalitesi üzerine olumsuz etkisini azaltan ısıtma olmayan teknolojiler kullanılmaya başlanmıştır (6, 7). Vurgulu Elektrik Alanı (PEF), Yüksek Basınç (HP), Ultrasound (US) ve Ultraviyole (UV) uygulamaları bu yeni gıda işleme teknolojilerinden bazılarıdır (8). Özellikle sıvı gıdaların işlenmesinde ısıtma işlemi (pastörizasyon, sterilizasyon) alternatif olarak PEF ve UV uygulamaları ticari bir potansiyele sahiptirler (6, 8, 9).

UV, güneşten gelen bir radyant enerji şeklidir. Görünmez olan UV, görünür ışık spektrumunda morun yanında yer almaktadır. Dalga boyu 100 nm

ile 400 nm arasında olup üç kısma ayrılmaktadır. 100-280 nm dalga boyu arasında kalan ultraviyole UV-C olarak adlandırılmaktadır. Özellikle 250-270 nm dalga boyu arasında olan UV ışınlarının bakteri ve virüslere karşı maksimum germisidal etkiye sahip olduğu belirtilmektedir (9, 10). UV ışınlarının mikrobiyel inaktivasyon mekanizması, DNA'nın UV ışığı absorbe etmesiyle ilişkilidir. UV ışığı, aynı DNA zincirinde bulunan komşu pirimidin nükleotid bazlarının (timin, sitozin) çapraz bağlanmasına neden olur. Bu mutant bazlardan dolayı karşı taraftaki purin bazlarına bağlanan hidrojen bağlarının oluşumu zarar görür. Böylece DNA transkripsiyonu ve replikasyonu engellenerek hücre fonksiyonları tehlikeye girmekte ve hücre ölümü gerçekleşmektedir (11). UV uygulamasıyla mikrobiyel inaktivasyon, ürünün renk ve partikül özellikleri, mikroorganizma yükü, sıvı ürünlerde akış özelliği, UV uygulanma şiddeti ve süresi gibi faktörlere bağlı olarak değişmektedir (9). UV uygulamasının en önemli avantajı mikroorganizmaların inaktivasyonunun ısıtma işlemi yapılmamasıdır (12).

Literatürde çeşitli meyve sularında (13-16) mikroorganizma inaktivasyonu için ısıtma işlemi alternatif olarak UV uygulaması üzerine birçok çalışma bulunmasına rağmen süt gibi opak sıvı gıdalar üzerine yapılmış çalışmalar sınırlı sayıdadır. Amerikan Gıda ve İlaç Dairesi (FDA), meyve suyunda UV ile ilgili uygulamalarda 253.7 nm ışın yayan düşük basınçlı civa lamba kullanılması ve sıvı akış hızının turbulent akış olarak minimum 2.200 Reynold sayısında olmasının güvenli olabileceğini belirterek süt ve süt ürünlerinde UV uygulaması ile ilgili herhangi bir bilgi vermemektedir (17). Matak ve ark. (18), 10⁷ kob/mL *L. monocytogenes* inoküle edilmiş taze keçi sütlerinde yaptıkları bir çalışmada, CiderSure 3500 UV cihazı ile kümülatif olarak 15.8±1.6 mJ/cm² dozunda UV uygulamasının *L. monocytogenes*'te 5 log azalma meydana getirdiğini belirtmişlerdir. Reinemann ve ark. (19) ise, taze inek sütüne 1.5 kJ/L UV uygulamasının toplam canlı organizma sayısında 3 log azalma meydana getirdiğini saptamışlardır. Araştırmacılar, laboratuvar düzeyinde ve pilot düzeyde UV uygulamaları arasında toplam aerobik mezofilik, koliform ve psikrofil bakteri sayılarında görülen azalmalar bakımından önemli bir fark olmadığını belirtmişlerdir. Ancak, yüksek doz UV uygulamasının süt ve ürünlerinde duyuasal açıdan problem yaratabileceğinin göz önünde bulundurulması gerektiğini ifade etmişlerdir.

Altic ve ark. (20), yağlı ve yarım yağlı inek sütleri üzerine yaptıkları bir çalışmada, sütlere 1000 mJ/mL dozunda UV uygulamasının, tüberküloz etme-

ni olarak kabul edilen *Mycobacterium avium* subsp. *paratuberculosis* sayısında 0.5-0.1 log düzeyinde azalma meydana getirdiğini belirlemişlerdir. Ancak bu azalmanın pastörizasyon işleminde sağlanan 4 log düzeyindeki azalmadan daha düşük olduğunu ve UV kullanımının söz konusu mikroorganizma üzerine etkisinin sınırlı olduğunu belirtmişlerdir.

Krishnamurthy ve ark. (21), yaptıkları bir çalışmada, SteriPulse®-XL 3000Pulsed UV sistemini kullanarak sütte *Staphylococcus aureus* inaktivasyonu için optimum vurgulu (pulsed) UV uygulama koşullarını belirlemeye çalışmışlardır. Araştırmacılar, yaklaşık 8-9 log/mL düzeyinde *S. aureus* inoküle edilmiş sütlerde UV uygulamasıyla lamba uzaklığına bağlı olarak 0.55-7.26 log azalma sağlanabileceğini belirtmişlerdir. Çalışmada, süt akış hızı 20 mL/dk, içerisinde sütün ilerlediği kuartz camın UV lambasından 8 cm uzakta olduğunda tek sirkülasyonda, 11 cm olduğunda ise iki sirkülasyonda tam *S. aureus* inaktivasyonu elde edilmiştir.

Bu çalışmada ısı işleme alternatif olarak UV uygulamasının sütün mikrobiyel kalitesi üzerine etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Süt Örnekleri

Çalışmanın materyali olan çiğ inek sütü lokal üreticilerden (Karacaören Köyü, Çanakkale) hijyenik koşullarda temin edilmiştir. Süt sağlıklı sağılmaz buzlu su havuzuna alınarak 10 °C'ye soğutulmuş ve hızla bölüm laboratuvarına getirilmiştir. Yaklaşık 2 L süt numunesi alınarak 3 kısma ayrılmış olup bir kısım süt 65 °C'de 30 dakika süreyle pastörize edilmiş, diğer kısım süt (600 mL) ise UV uygulamasına tabi tutulmuştur. Herhangi bir işlem uygulanmamış sütler (çiğ) kontrol olarak analiz edilmiştir. Çalışmada 5 farklı üreticiden sağlanan süt örnekleri analiz edilmiştir.

Sütlere UV uygulaması Gentra İnşaat ve Ticaret Ltd. Şti. (İstanbul) tarafından üretilen UV cihazıyla yapılmıştır. Yaklaşık 600 mL çiğ süt örneği cihazın üst kazanından düşük devirli pompa yardımı ile kuartz cam etrafında sarılı boru sisteminden geçirilmiştir. Sistemde toplam 9 adet lamba bulunmaktadır. Lambalar 254 nm'de UV-C tipi olup gücü 87 W, uzunluğu 842.4 mm ve çapı 16 mm'dir. Uygulanan UV şiddeti (254 nm): 260 µW / cm² dir.

Kimyasal Analizler

Süt örneklerinin genel bileşimini ortaya koymak amacıyla toplam asitlik, toplam kurumadde, yağ,

protein ve kül analizleri gerçekleştirilmiştir. Asitlik titrasyon metoduyla belirlenerek Soxhlet Henkel (SH^o) olarak ifade edilmiştir (22). Toplam kurumadde ve kül tayini gravimetrik yöntemle, yağ tayini Gerber metodu ile, toplam protein miktarı ise Kjeldahl metodu ile Bradley ve ark. (23)'a göre yapılmıştır

Mikrobiyolojik Analizler

Mikrobiyolojik analizler için aseptik koşullarda 1 mL süt örneği alınarak içerisinde 9 mL peptonlu su (%0.1) bulunan tüpe aktarılmıştır. Aynı şekilde seyreltmeler yapılarak uygun dilüsyonlar hazırlanmıştır.

Toplam aerobik mezofilik canlı sayımı

Hazırlanan dilüsyonlardan 1 mL örnek alınarak paralel Petri kutularına aktarılmış ve üzerlerine Plate Count Agar (PCA) eklenip 37 °C'de 24±2 saat inkübasyona bırakılmıştır (24).

Koliform grup bakteri ve *Escherichia coli* sayımı

Hazırlanan her bir dilüsyondan paralel Petri kutularına çift tabaka dökme plak yöntemine göre ekim yapılmıştır. Besiyeri olarak Violet Red Bile Agar+MUG (VRBA+MUG) kullanılmıştır. 37 °C'da 24 saat inkübasyon sonunda 1-2 mm çaplı koyu kırmızı koloniler koliform grup bakteri olarak sayılmış, bunlardan uzun dalga boylu (366 nm) UV lambası ile floresan ışımaya verenler *E. coli* olarak değerlendirilmiştir (25).

Maya-küf sayımı

Hazırlanan dilüsyonlardan 1 ml örnek alınarak paralel Petri kutularına aktarılmış, üzerlerine Yeast Extract Glucose Chloramphenicol Agar (YGC) eklenmiş ve 25 °C'de 5 gün inkübasyona bırakılmış, bu süre sonunda gelişen koloniler sayılmıştır (25).

Streptococcus spp. sayımı

Hazırlanan dilüsyonlardan 1 mL örnek alınarak paralel Petri kutularına aktarılmış, üzerlerine M17 agar eklenmiş ve 37 °C'de 48±2 saat inkübasyona bırakılmış ve bu süre sonunda gelişen koloniler sayılmıştır (25).

Lactobacillus spp. sayımı

FDA (25) tarafından belirtilen yöntemle göre, her bir dilüsyondan Petri kaplarına birer mL örnek aktarılmış, üzerlerine önce 10'ar mL MRS Agar, ilk katman soğuduktan sonra da aynı besiyerinden 5'er mL ikinci tabaka olarak eklenmiş ve 30 °C'de 72 saat inkübasyona bırakılmıştır.

İstatistiksel Analizler

Çalışma sonucunda elde edilen mikrobiyolojik veriler logaritmik olarak ifade edilmiştir. Verilerde hem normallik hem de varyansların homojenlik ön şartları yerine gelmediği için varyans analiz tekniğinin alternatiflerinden biri olan *Welch Testi* kullanılmıştır. Welch testinin sonucunda önemli olan farklılıkların belirlenmesinde "*Tukey Çoklu Karşılaştırma*" testinden yararlanılmıştır (26). İstatistiksel analizlerin yapılmasında SPSS for Windows (Version 15.00, 2006) paket programı kullanılmıştır (27).

BULGULAR VE TARTIŞMA

Çalışmada kullanılan süt örneklerinin genel bileşimi Çizelge 1'de verilmiştir. Çizelge incelendiğinde süt örneklerinin genel bileşim olarak birbirine benzer olduğu görülmektedir. Ancak sütlerin toplam kurumadde ve yağ miktarlarının, çiğ inek sütü için Türk gıda kodeksinde belirtilen değerlerden daha düşük olduğu görülmektedir. Bu durum, süt örneklerinin alındığı hayvanların beslenme şekline, beslenmelerinde kullanılan yemin içeriğinden veya hayvanların laktasyon döneminden kaynaklanabilir. Huber ve ark. (28) yaptıkları bir çalışmada 12 hafta mısır silajı ile beslenen Holstein ineklerinden elde edilen sütlerin yağsız kurumadde ve protein içeriklerinin, normal öğütülmüş mısır ile beslenen ineklerden elde edilen sütlerden daha düşük olduğunu, toplam kurumadde ve yağ içeriklerinin ise daha yüksek olduğunu belirlemişlerdir. Yapılan diğer bir çalışmada ise pamuk tohumu eklenmiş yemle beslenen Holstein cinsi ineklerin sütlerinin toplam kurumadde ve yağsız kurumadde içeriklerinin, mısır gluteni, buğday kepeği, öğütülmüş mısır ve arpa karışımı ile beslenen kontrol grubu ineklerin sütlerinden daha düşük olduğu belirlenmiştir (29).

Çiğ, pastörize ve UV uygulanmış süt örneklerinde yapılan toplam aerobik mezofilik canlı, koliform ve maya-küf analiz sonuçları Çizelge 2'de verilmiştir.

Uygulanan varyans analizi sonucunda, sütlerin toplam aerobik mezofilik canlı, koliform ve maya-küf popülasyonları üzerine uygulanan işlemlerin etkisinin istatistiksel açıdan önemli olduğu bulunmuştur ($P<0.01$).

UV uygulamasının, çiğ inek sütlerinin toplam canlı sayısında sırasıyla 2.66, 1.70, 2.77, 1.83, 2.12 log azalma meydana getirdiği saptanmıştır (Çizelge 2). Tüm süt örneklerinde UV ve pastörizasyon uygulaması arasında istatistiksel açıdan önemli fark olduğu belirlenmiştir ($P<0.01$). UV uygulaması sonucunda en yüksek logaritmik azalma, başlangıçta toplam mezofilik aerobik canlı sayısının en düşük olduğu 1. süt örneğinde görülmektedir. Bu durum sütün içerdiği mikroorganizma sayısına bağlı olarak UV etkinliğinin değiştiğini göstermektedir.

Mikrobiyolojik analizler sonucunda, koliform popülasyonu üzerine UV uygulamasının pastörize işlemi kadar etkili olduğu görülmüştür. Yapılan istatistiksel analiz sonucunda pastörizasyon ve UV uygulanmış tüm süt örneklerinin koliform içerikleri arasında istatistiksel olarak önemli bir fark olmadığı tespit edilmiştir ($P>0.01$) (Çizelge 2). Elde edilen sonuçlar, yapılan diğer çalışmalarda bulgularla da desteklenmektedir (18, 19, 21). Çalışmada tüm süt örneklerinde VRBA+MUG besiyerine yapılan ekimler sonucunda *E. coli*'ye rastlanmamıştır ($< 1 \log \text{ kob/mL}$).

UV uygulamasıyla sütlerde maya-küf popülasyonunda sırasıyla 1.19, 0.50, 0.48, 0.54, 1.45 log azalma tespit edilmiştir. Çiğ süt örneklerinin maya-küf popülasyonları ile UV uygulanmasından sonra tespit edilen maya-küf popülasyonları arasında istatistiksel açıdan fark olmadığı belirlenmiştir ($P>0.01$). Pastörizasyon işlemi sonucunda süt örneklerinde elde edilen logaritmik azalma UV uygulamasında elde edilen azalmadan yaklaşık 3.5 kat daha fazla olmuştur. Bu durum maya-küf hücrelerinin UV ışınlarına bakteri hücrelerinden daha dirençli olduğunu ve maya-küf popülasyonunda azalma üzerine

Çizelge 1. Süt örneklerinin kimyasal özellikleri

Örnek	Ortalama				
	Titrasyon asitliği (SH°)	Toplam kurumadde (%)	Yağ (%)	Protein (%)	Kül (%)
1	8.40±0.08	10.87±0.02	2.65±0.05	2.70±0.01	0.71±0.01
2	7.68±0.01	10.43±0.01	2.55±0.05	2.40±0.01	0.72±0.01
3	8.00±0.01	11.58±0.01	3.55±0.05	3.07±0.05	0.74±0.01
4	8.48±0.02	11.37±0.02	3.35±0.05	2.75±0.20	0.72±0.01
5	8.32±0.01	11.53±0.04	3.45±0.05	2.95±0.45	0.73±0.01

SH°: Soxhlet-Henkel derecesi

Çizelge 2. Sütlerin toplam aerobik mezofilik canlı, koliform ve maya-küf sayıları

Örnek	Ortalama (log kob/ml)								
	Toplam Aerobik Mezofilik Canlı			Koliform Grup Bakteri			Maya-Küf		
	K	P	UV	K	P	UV	K	P	UV
1	4.70±0.04 ^a	2.01±0.01 ^b	2.04±0.01 ^b	2.30±0.01 ^a	< 1 ^b	< 1 ^b	4.68±0.13 ^a	<1 ^b	3.49±0.17 ^a
2	4.97±0.15 ^a	2.04±0.01 ^c	3.27±0.01 ^b	2.69±0.08 ^a	< 1 ^b	< 1 ^b	4.14±0.01 ^a	<1 ^b	3.64±0.17 ^a
3	6.08±0.01 ^a	2.28± 0.01 ^c	3.31±0.01 ^b	3.40±0.19 ^a	< 1 ^b	< 1 ^b	5.32±0.32 ^a	<1 ^b	4.84±0.01 ^a
4	6.03±0.01 ^a	< 1 ^c	4.20±0.11 ^b	4.61±0.11 ^a	< 1 ^b	< 1 ^b	5.24±0.01 ^a	<1 ^b	4.70±0.01 ^a
5	5.80±0.01 ^a	2.16±0.01 ^c	3.68±0.14 ^b	3.65±0.03 ^a	< 1 ^b	< 1 ^b	5.96±0.20 ^a	<1 ^c	4.51±0.01 ^b

^{a-c} Aynı satırda ve aynı mikroorganizma grubunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir ($P < 0.01$).
K: Çiğ süt, P: 65 °C'de 30 dakika pastörize edilmiş süt, UV: Ultraviyole uygulanmış süt

Çizelge 3. Sütlerde *Streptococcus* spp. ve *Lactobacillus* spp. sayısı

Örnek	Ortalama (log kob/ml)					
	<i>Streptococcus</i> spp.			<i>Lactobacillus</i> spp.		
	K	P	UV	K	P	UV
1	5.42±0.01 ^a	2.14±0.06 ^b	2.14±0.01 ^b	4.42±0.03 ^a	<1 ^b	2.25±0.02 ^b
2	5.54±0.14 ^a	3.35±0.01 ^c	4.51±0.01 ^b	5.27±0.04 ^a	2.57±0.08 ^b	2.88±0.04 ^b
3	6.21±0.01 ^a	3.78±0.01 ^c	4.56±0.01 ^b	5.46±0.29 ^a	2.82±0.02 ^b	3.13±0.01 ^b
4	6.04±0.04 ^a	4.44±0.01 ^b	4.48±0.01 ^b	5.97±0.13 ^a	<1 ^c	4.48±0.01 ^b
5	5.82±0.12 ^a	4.48±0.01 ^b	4.83±0.02 ^b	5.92±0.02 ^a	<1 ^b	3.57±0.35 ^b

^{a-c} Aynı satırda ve aynı bakteri cinsinde farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir ($P < 0.01$).
K: Çiğ süt, P: 65 °C'de 30 dakika pastörize edilmiş süt, UV: Ultraviyole uygulanmış süt

UV uygulamasının pastörizasyon işlemi kadar etkili olmadığını göstermektedir.

Çiğ, pastörize ve UV uygulanmış süt örneklerinde yapılan *Lactobacillus* spp. ve *Streptococcus* spp. sayım sonuçları Çizelge 3'te verilmiştir. Yapılan varyans analizi sonucunda pastörizasyon ve UV uygulamasının *Lactobacillus* spp. ve *Streptococcus* spp. üzerine etkisinin istatistiksel açıdan önemli olduğu bulunmuştur ($P < 0.01$).

Süt örneklerinde yapılan sayımlar sonucunda UV uygulamasıyla *Lactobacillus* spp. popülasyonunda sırasıyla 2.17, 2.39, 2.33, 1.49, 2.35 log bir azalma sağlanmıştır. UV uygulaması sonucunda en düşük azalma, en yüksek *Lactobacillus* spp. popülasyonuna sahip olan sütte (4 numaralı örnek) elde edilmiştir (Çizelge 3). Pastörizasyon ve UV uygulamaları sonucunda, 1, 2, 3, ve 5 numaralı süt örneklerine ait *Lactobacillus* spp. popülasyonlarında istatistiksel açıdan fark olmadığı tespit edilmiştir ($P > 0.01$). Yapılan analizler sonucunda *Lactobacillus* spp. sayısı üzerine, UV uygulamasının pastörize işlemi kadar etkin olduğu görülmüştür.

Pastörizasyon ve UV uygulaması çiğ süt örneklerinde yaklaşık 6 log bulunan *Streptococcus* spp. popülasyonunda da azalmaya neden olmuştur (Çizelge 3). UV uygulaması sonucunda süt örneklerinde tes-

pit edilen azalmalar sırasıyla 3.10, 1.03, 1.65, 1.56, 0.99 log şeklindedir. 1, 4 ve 5 numaralı süt örneklerinde pastörizasyon ve UV uygulamasının *Streptococcus* spp. popülasyonunda istatistiksel açıdan fark yaratmadığı tespit edilmiştir ($P > 0.01$).

SONUÇ VE ÖNERİLER

Yeni işleme teknolojilerinden biri olan UV ışınları, uygulama süresinin kısa ve etkinliğinin yüksek olması nedeniyle süt ve ürünlerinde ısıl işleme alternatif olarak kullanılabilir. Yapılan çalışmada, ısıl işleme alternatif olarak UV uygulamasının süt tütün mikrobiyel yükünde önemli derecede azalmaya neden olduğu görülmüştür. Ancak, UV işleminin mikrobiyel inaktivasyonu pastörizasyon kadar yüksek değildir. Bu çalışmada ayrıca UV işlemi ile inaktivasyon üzerine sütün başlangıç yükünün ve mikroorganizma türünün de etkili olduğu saptanmıştır.

Ultraviyole uygulaması etkinliğine bağlı olarak süt endüstrisinde süt işleme dışında peynir üretim tesislerinde salamura suyunun pastörizasyonu, çeşitli amaçlar için ürünlere direkt olarak ilave edilen suyun (ayran vs.) veya bazı sıvı-yarı sıvı süt ürünlerinin pastörizasyonunda da kullanılabilir. Ancak, UV uygulamasının süt ve ürünlerinin mikrobiyolojik özel-

liği üzerine etkilerinin araştırılmasının yanı sıra kimyasal ve duyuşal özellikleri üzerine etkilerinin de detaylı bir şekilde araştırılması gerekmektedir.

Teşekkür

Bu çalışma TÜBİTAK (Proje No:108O257) ve Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Bilimsel Araştırma Fonu (Project No: 2007/76) tarafından desteklenmiştir. Ayrıca bu çalışma için UV cihazını dizayn eden Makine Yüksek Mühendisi Sayın Yusuf Köprülü'ye (Genra İnşaat ve Ticaret Ltd. Şti., İstanbul) teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

1. Metin M. 2003. *Süt Teknolojisi Sütün Bileşimi ve İşlenmesi*. Ege Üniversitesi Basımevi, Bornova, Türkiye, 802 s.
2. Üçüncü M. 2005. *Süt ve Mamulleri Teknolojisi*. Meta Basım, Bornova, Türkiye, 571 s.
3. Lewis MJ. 2003. Improvements in the Pasteurisation and Sterilisation of Milk. In: *Dairy Processing Improving Quality*, Smit G (chief ed), Woodhead Publishing, CRC Press, Boca Raton, USA, pp. 81-100.
4. Demirci M, Şimşek O. 1997. *Süt İşleme Teknolojisi*. Hased Yayınçılık, İstanbul, Türkiye, 245 s.
5. Fox PF. 2003. The Major Constituents of Milk. In: *Dairy Processing Improving Quality*, Smit G (chief ed), Woodhead Publishing, CRC Press, Boca Raton, USA, pp. 5-38.
6. Koutchma NT, Forney JL, Moraru IC. 2009. *Ultraviolet Light in Food Technology Principles and Applications*. CRC Press, USA, 296 p.
7. Gould GW. 2000. Emerging technologies in food preservation and processing in the last 40 years. In: *Innovations in Food Processing*. Barbosa-Conovas GV and GW Gould (eds), Technomic Pub, Lancaster, Basel, pp. 1-11.
8. Akdemir-Evrendilek G. 2004. Microbiological aspects of nonthermal emerging technologies for safety of dairy products. Recent Developments in Dairy Science and Technology. International Dairy Symposium, 24-28 May, Isparta, Turkey, pp. 291-294.
9. Bintsis T, Tzanetaki-Litopoulou E, Robinson KR. 2000. Existing and potential applications of ultraviolet light in food industry – A critical review. *J Sci Food Agric*, 80: 637-645.
10. Anonymous. 2000. Kinetics of Microbial Inactivation for Alternative Food Processing Technologies. U.S. Food and Drug Administration Center for Food Safety and Applied Nutrition. <http://www.cfsan.fda.gov/~comm/iftoc.html>. (Erişim tarihi: 12.11. 2008).
11. Miller R, Jeffrey W, Mitchell D, Elasmı M. 1999. Bacterial responses to ultraviolet light. *ASM News*, 65 (8): 535-541.
12. Sastry SK, Datta AK, Worobo RW. 2000. Ultraviolet light. *J Food Sci Suppl*, 65: 90-92.
13. Gachovska TK, Kumar S, Thippareddi H, Subbiah J, Williams F. 2008. Ultraviolet and pulsed electric field treatments have additive effect on inactivation of *E. coli* in apple juice. *J Food Sci*, 73: 412-417.
14. Romero EU, Feng H, Martin SE, Cadwallader KR, Robinson SJ. 2006. Inactivation of *Escherichia coli* with power ultrasound in apple cider. *J Food Sci*, 71: 102-108.
15. Guerrero-Beltrán JA, Barbosa-Cánovas GV. 2005. Reduction of *Saccharomyces cerevisiae*, *Escherichia coli* and *Listeria innocua* in apple juice by ultraviolet light. *J Food Process Eng*, 28: 437-452.
16. Keyser M, Müller AI, Cillers FP, Nel W, Gouws AP. 2008. Ultraviolet radiation as a non-thermal treatment for the inactivation of microorganisms in fruit juice. *Innovat Food Sci Emerg Tech*, 9: 348-354.
17. Anon 2003. FDA. Irradiation in the production processing and handling food. Code of Federal Regulations. Vol. 3. Title 21. http://www.access.gpo.gov/nara/cfr/waisidx_03/21cfr179_03.html (Erişim Tarihi: 0.03.2009)
18. Matak KE, Churey JJ, Worobo RW, Sumnerr SS, Hovingh E, Havkney CR, Pierson MD. 2005. Efficacy of UV light for the reduction of *Listeria monocytogenes* in goat's milk. *J Food Prot*, 68 (10): 2212-2216.
19. Reinemann DJ, Gouws P, Cilliers T, Houck K, Bishop JR. 2006. New methods for UV treatment of milk for improved food safety and product quality. ASABE Annual International Meeting. 9-12 July 2006, Oregon, Portland, Paper number 066088.
20. Altic LC, Rowe TM, Grani R. 2007. UV Light inactivation of *Mycobacterium avium* subsp. *paratuberculosis* in milk as assessed by FAST Plaque TB phage assay and culture. *Appl Environ Microbiol*, 73: 3728-3733.
21. Krishnamurthy K, Demirci A, Irudayaraj JM. 2007. Inactivation of *Staphylococcus aureus* in Milk Using Flow-Through Pulsed UV-Light Treatment System. *J Food Sci*, 72 (7): M 233-239.
22. Anon 1981. Çiğ Süt Standardı. TS 1018, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara
23. Bradley RL, JR., Arnold E, JR, Barbano DM, Semerad RG., Smith DE, Vines BK. 1992. Chemical and physical methods. In: *Standard Methods for the Examination of Dairy Products*, Marshall RT (chief ed), American Public Health Association, Washington, DC. pp. 433-531.
24. Anon 2000. AOAC. *Official Methods of Analysis of AOAC International*. Volume I, II, 17th Edition, USA
25. Anon 2006. FDA. *Bacteriological Analytical Manual Online*. www.cfsan.fda.gov (Erişim tarihi 12.11.2008).
26. Sheskin DJ. 2000. *Parametric and Nonparametric Statistical Procedures*. Chapman & Hall/CRC, New York, USA, pp. 669- 684.
27. Anon 2006. SPSS 15 for Windows. Release 15.0 version, SPSS Inc. Chicago, IL, USA.
28. Huber JT, Graf GC, Engel RW. 1963. Effect of supplement of cow on pasteur on milk composition and yield. *J Dairy Sci*, 67: 63-64.
29. Miller PG, Wisse GH. 1943. The effect of feeding cottonseed meal as the only concentrate on several properties of milk. 1. Fat, total solids and ash content. *J Dairy Sci*, 27: 275-279.