

UV-C UYGULAMASININ SIVI YUMURTA BEYAZININ MİKROBİYOLOJİK KALİTESİ ÜZERİNE ETKİSİ

Sevcan Ünlütürk*, Ayşe Handan Baysal, Mehmet R. Atılcan

İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, İzmir

Geliş tarihi / Received: 24.03.2010

Düzeltilerek geliş tarihi / Received in revised form: 31.05.2010

Kabul tarihi / Accepted: 11.06.2010

Özet

Sıvı yumurta beyazı, kabuğundan ayrılmış yarı geçirgen (opak) görünümlü yumurta ürünüdür. Sıvı yumurta beyazı, düşük sıcaklık ve kısa sürelerde pastörize edilerek dayanıklı hale getirilmektedir. Ancak yüksek protein içeriği nedeni ile ısıtılma işlemi ürün kalitesini olumsuz yönde etkilemektedir. Bu çalışma, ısıtılma işlemi alternatif olarak öne sürülen UV-C ışınlama yöntemiyle sıvı yumurta beyazının mikrobiyolojik kalitesinin incelenmesini kapsamaktadır. Bu amaçla; yumurta beyazı örnekleri, *E. coli* O157:H7 (ATCC 700728), *L. innocua* (NRRL-B 33314) ve *E. coli* K-12 (ATCC 25253) ile inoküle edilerek belli dozlarda UV-C ışın uygulamasına tabi tutulmuştur. Denemeler 0-100 mJ/cm² UV doz aralığı ve 1.315 mW/cm² UV şiddetinde, laboratuvar ölçekli UV dezenfeksiyon cihazı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, *E. coli* O157:H7, *E. coli* K-12 ve *L. innocua* sayılarında maksimum 3.206±0.777 log, 2.719±0.63 log ve 2.624±0.268 log kob/mL azalma sağlanmıştır. Sıvı yumurta beyazı üretiminde, UV-C ışınlarının bir ön işlem olarak kullanılabilirliği ve ürünün mikrobiyolojik stabilitesini artırılabilirliği sonucuna varılmıştır.

Anahtar kelimeler: UV-C ışınlama, biyodozimetre, sıvı yumurta beyazı, mikrobiyal inaktivasyon

EFFECT OF UV-C APPLICATION ON THE MICROBIOLOGICAL QUALITY OF LIQUID EGG WHITE

Abstract

Liquid egg white (LEW) can be described as semi-transparent (opaque) egg product, separated from the shell. LEW can be more stable by pasteurization at mild temperature and short residence time. Moreover, product quality of LEW was affected by thermal treatment due to the high protein content. This study involves the investigation of the microbiological quality of LEW treated with UV-C irradiation which is introduced as an alternative method for thermal treatment. For this purpose, *E. coli* O157:H7 (ATCC 700728), *L. innocua* (NRRL-B 33314) and *E. coli* K-12 (ATCC 25253)-inoculated LEW samples were disinfected by UV-C at certain dosages. Treatments were applied at 0-100 mJ/cm² of UV dose and 1.315 mW/cm² of UV incident intensity using bench top collimated beam UV apparatus. Maximum inactivation of *E. coli* O157:H7, *E. coli* K-12, and *L. innocua* were determined as 3.206±0.777 log, 2.719±0.63 log and 2.624±0.268 log CFU/mL, respectively. It is concluded that UV-C irradiation can be used as a pretreatment process in the production of LEW and it increases the microbial inactivation efficiency of the product.

Keywords: UV-C irradiation, biosimeter, liquid egg white, microbial inactivation

* Yazışmalardan sorumlu yazar / Corresponding author;

✉ sevcanunluturk@iyte.edu.tr ☎ (+90) 232 750 6317 📠 (+90) 232 750 6196

GİRİŞ

Sıvı yumurta beyazı, bütün yumurtanın % 67'sini oluşturan, % 88'i su ve % 12'si kuru madde olan kısımdır. Niasin, riboflavin, lizozim, magnezyum, potasyum, sodyum ve kükürtçe zengin ve opak görünümündedir. Yapısındaki karbondioksit, bulanıklığa neden olmakla beraber zamanla kaybolarak yumurta beyazının daha geçirgen bir görüntü kazanmasını sağlar (1). Sıvı yumurta ürünleri için bilinen en yaygın dayandırma yöntemi, belirli sürede ürüne sıcaklık uygulamak suretiyle mikroorganizmaların yok edilmesi prensibine dayanan ısıl pastörizasyon işlemidir (2). Birleşik Devletler Tarım Dairesi (USDA) sıvı yumurta ürünleri için, protein yapılarında çökmelere ve bozunmalara neden olmayacak seviyelerde zaman-sıcaklık koşulları belirlemiştir (geleneksel ısıl işlem). Sıvı yumurta beyazı için, minimum sıcaklık ve etki zamanı 55.6 °C-6.2 dakikadır (USDA-ARS, USA). Isıl işlem halen en güvenilir teknik olarak kabul edilse de, koagülasyon, köpüklenme ve emülsiyonlaşma özellikleri ile beraber besin değerinde kayıplara neden olması açısından yumurta beyazının kalitesini olumsuz yönde etkilemektedir (3, 4).

UV-C ışınlama yöntemi, gıda endüstrisinde alışılmamış yöntemler arasında sayılan ısısal olmayan bir yöntemdir. Amerika ve Avrupa'da berrak meyve suyu üretiminde kullanılmaktadır ve işlem maliyeti ısıl işleme göre daha düşüktür (5, 6). İnaktivasyon mekanizması 254 nm dalga boyunda yayılan (UV-C) ışığın mikroorganizmanın, hücre duvarından geçerek yapısındaki DNA'nın dimerleşmesine neden olması ile açıklanır. DNA'nın transkripsiyon ve replikasyon işlemleri ile bölünmesi engellenir ve hücre ölümü gerçekleşir (5, 7, 8). UV ile dezenfeksiyon, temel olarak su ve hava temizleme işleminde ve gıdaların ve malt ürünlerinin işlenmesinde ortaya çıkan atık suların dezenfeksiyonunda (9-12), içme suyu (13, 14), süt ve meyve suyu üretiminde (15, 16) kullanılmaktadır.

UV-C ışınlama işleminin, farklı mikroorganizmalar üzerindeki inaktivasyon verimliliği ile ilgili farklı çalışmalara rastlanmaktadır. Matak ve ark. (16), keçi sütündeki *L. monocytogenes* bakterisini sürekli akım UV reaktörde 15.8±1.6 mJ/cm² lik UV doza maruz bırakmış ve 5 log kob/mL azalma elde etmiştir. Lage ve ark. (17), *E. coli* karışımını 12 mJ/cm² dozundaki UV ışığına tabi tutmuş ve 3 log kob/mL azalma sağlamıştır. Sommer ve ark. (18), 0.4 cm sıvı derinliğine sahip su örneklerine üç farklı *E. coli*-

türü inokule etmiş (ATCC 25922, ATCC 11229) ve kanalizasyon suyundan izole edilen bir tür) ve 10-50 mJ/cm² UV doz uygulamak suretiyle maksimum 6-log azalma elde etmiştir. Wright ve ark. (19), parçacıklı elma suyundaki *E. coli* O157:H7 inaktivasyonu için sürekli akış UV reaktörde, 9.4-61 mW.s/cm² UV dozu aralığında çalışmış ve yaklaşık 3.81 log kob/mL azalma sağlamıştır. Unluturk ve ark. (20) *E. coli* K-12 bakterisini inaktive etmek amacıyla, taze parçacıklı elma suyu ve elma suyundaki UV ışık etkisini model sıvılarının da yardımıyla, laminar ve türbülent akış hızlarında ve UV absorbans faktörünü kullanarak çalışmışlardır. Ngadi ve ark. (21) pH, sıvı derinliği ve UV dozunu, *E. coli* O157:H7 üzerinde yumurta beyazı ve elma suyu için UV dezenfeksiyon işlemindeki etkilerini incelemişlerdir. Wong ve ark. (22), Tryptic Soy Agar üzerindeki *E. coli* bakterisini >12 mW/cm² doz altında UV ışığına tabi tutmuş ve 5 log kob/mL daha fazla azalma sağlamışlardır.

Bu çalışmada ise, paralel ışın demetli statik UV-C ışınlama sistemi ile patojen serotip *E. coli* O157:H7 (ATCC 700728, NCTC 12900), patojen ve toksik olmayan serotip *L. innocua* (NRRL-B 33314) ile patojen olmayan serotip *E. coli* K-12 (ATCC 25253) mikroorganizmalarının sıvı yumurta beyazı içerisinde inaktivasyonu hedef alınmıştır.

MATERYAL VE METOT

Pastörize Yumurta Beyazı Örneklerini Hazırlama

Biyodozimetrik çalışmalar için pastörize sıvı yumurta ürünleri, aynı üretim / pa rtiye ait olmasına dikkat edilerek yerel bir sıvı yumurta üretim firmasından sağlanmış (IPAY İzmir Pastörize San. ve Tic. A.Ş., İzmir, Türkiye). 1 litrelik tetra pak kutularda ambalajlanmış sıvı yumurta beyazı örnekleri, denemelerden önce 4-6 °C sıcaklıkta buzdolabında muhafaza edilmişlerdir.

Sıvı Yumurta Beyazının Absorbans Ölçümü

Biyodozimetrik testten önce, sıvı yumurta beyazının 254 nanometre dalga boyundaki UV absorbans (A₂₅₄) (1 cm lik örneğin hedef uzunluğu boyunca absorbe edilen UV intensite yüzdesi) UV-VIS spektrofotometre (Cary 100 Bio, Varian Inc., CA, USA) yardımıyla ölçülmüştür. Sıvı yumurta ürünleri 1:1, 1:10, 1:25, 1:50, 1:100 ve 1:200, 1:250 ve 1:500 seyreltme faktörlerinde (df) seyreltilmiş,

ardından UV spektrofotometre yardımıyla, her seyreltme için 10 mm'lik küvetlerde absorbanları ölçülmüştür. Bunun sonucunda absorban sabiti (A_{254}) değeri hesaplanmıştır. Bu sabiti hesaplamak için aşağıdaki korelasyondan faydalanılmıştır.

$$A_{254} = abs * df \quad (1)$$

Sıvı Yumurta Beyazının Türbidite Ölçümü

Sıvı yumurta beyazının turbidite değerleri paralel ışın demetli statik sistemde UV işleminden önce türbidimetre yardımıyla (2100AN, HACH Company, CO, USA) ölçülmüştür. 45-50 ml'lik örnekler cam örnek hücrelerine doldurularak türbidimetre cihazına yerleştirilmiş, okumalar dört ayrı hücre için dörder defa yapılmıştır.

Biyodozimetrik Çalışmalar

Hedef Mikroorganizmaların Gelişme Koşulları

Paralel ışın demetli statik UV sistemdeki biyodozimetrik çalışmalarda, patojen serotip *E. coli* O157:H7 (ATCC 700728, NCTC 12900), patojen ve toksik olmayan serotip *L. innocua* (NRRL-B 33314) ile patojen olmayan serotip *E. coli* K-12 (ATCC 25253) mikroorganizmaları kullanılmıştır. Patojen serotip *E. coli* O157:H7 (ATCC 700728), Dr. Ali Aydın'dan (Gıda Hijyeni ve Teknolojisi Bölümü, Veterinerlik Fakültesi, İstanbul Üniversitesi, Türkiye), *L. innocua* (NRRL-B 33314) ise Dr. Ayşe Handan Baysal'dan (Gıda Mühendisliği Bölümü, İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Türkiye) temin edilmiştir. Çalışmalar esnasında, -80 °C liyofilize tüplerde saklanan kültürler, nutrient broth (NB, Merck, Darmstadt, Germany) içerisine inoküle edildikten sonra, 18-24 saat süresince 37 °C'de inkübe edilmişlerdir. Alt kültürün seri bir şekilde seyreltilmesiyle inokülasyon miktarı belirlenmiştir. Başlangıç mikroorganizma sayıları 10^7 - 10^8 olacak şekilde inoküle edilen ve 0.153 cm derinlikte (3 mL) yumurta beyazı içeren petripler, 1.315 mW/cm² UV intensitede, 0; 5; 10; ve 20 dakika UV ışınlamaya tabii tutulmuşlardır. Tüm çalışmalar 0-100 mJ/cm² UV doz aralığında gerçekleştirilmiş ve tüm denemeler üçer kez tekrar edilmiştir. Mikroorganizmaların çoğaltılması, uygun dilusyonların hazırlanmasında ve sayım işlemi fosfat tamponlu % 0.1 peptonlu su ve Tryptic Soy Agar (TSA, Merck, Darmstadt, Germany) besiyeri kullanılmıştır. UV işleminden önce örnekte bulunan mikroorganizma sayısını belirlemek için UV uy-

gulanmamış örneklerde koliform sayımları Violet Red Bile Agar (VRBA, Fluka, Biochemica, Spain) besiyeri kullanılarak yayma kültür yöntemiyle ekim yapılarak belirlenmiştir.

UV Işın Ekipmanları ve İnaktivasyon İşlemi

Mikroorganizmaların absorbe ettiği gerçek UV dozunun belirlemek için biodosimetre yöntemi seçilmiştir. Bu amaçla laboratuvar ölçeğinde, 2 adet UV lamba kullanılarak bir adet paralel ışın demetli, statik UV cihazı tasarlanmıştır (Şekil 1). UV ışınlarının Petri kabına düşme süresi, raylı bir düzenek tarafından kontrol edilmektedir. Sistemde iki adet 15 W gücünde 254 nm dalga boyunda ışınım yapan, uzunluğu 502 mm ve çapı 152 mm olan UV-C lamba kullanılmıştır. Uygulanan UV şiddeti 1.314 mW/cm² dir. UV işlemi boyunca UV ışığının direkt olarak insan derisine nüfuz etmemesi için sistemin önü, geniş bir kapak ile kapalı tutulmuştur. Tüm sistem, ışık kayıplarını en aza indirebilmek için siyaha boyanmıştır ve UV işlemi sırasında UV ışığının direkt olarak örnekte toplanmasını sağlamak için silindir şeklinde siyah kartonlar kullanılmıştır. Örnekler 50 mm çapındaki Petri kabı içerisinde, sabit hızla orbital hareketle dönen ve örnekte homojenliği sağlayan bir karıştırıcının üzerindedir (IKA, Yellowline TTS 2, IKA® Werke GmbH & Co. KG, Germany). Petri yüzeyine düşen UV intensite (I_0) değeri ise bir radyometre (UVX, UVP Inc., CA, USA) yardımı ile ölçülmüştür. Radyometre, sıvı yumurta ürünlerinin lambaya olan uzaklığı ile aynı mesafeye konulmuş ve lambalar, ısınmaları ve intensite değerinde dalgalanmaları önleyebilmek için 30 dakika boyunca açık bırakılmıştır. UV ışınlama deneyleri sırasında petri kapları, vorteks karıştırıcısı yardımı ile sürekli karıştırılmıştır. Karıştırılan örneklerdeki ortalama UV intensite değeri Beer-Lambert kanununa göre aşağıdaki şekilde hesap edilmiştir (23):

$$I_{ort} = I_0(1 - e^{-A_e L}) / A_e L \quad (2)$$

" I_0 ", Petri yüzeyine düşen UV ışığın intensitesi (mW/cm²), " A_e ", 1 cm'lik kuvarz küvet kullanılarak ölçülen absorban değeri (cm⁻¹) ve " L " de Petri kutularındaki sıvı derinliğidir (cm). Ürünün almış olduğu UV doz (biyodoz) miktarı ise:

$$D = I_{ort} t \quad (3)$$

denkleminde hesaplanmıştır. “D”, UV doz (mJ/cm^2) ve “t” UV byodozimetre süresine karşılık gelmektedir. İnokülasyon ve UV işlemi arasında geçen zaman, herhangi ekstra mikrobiyal artmaya izin vermemek adına kontrol edilmiştir. Her UV işleminden sonra mikroorganizmaların hayatta kalma oranı aşağıdaki eşitlikle hesaplanmıştır:

$$S = N/N_0 \quad (4)$$

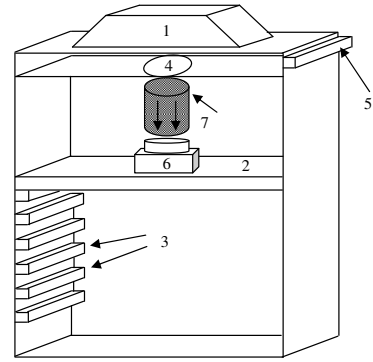
“N”, UV işleminden sonra kalan toplam canlı sayısı, “N₀” başlangıç mikroorganizma sayısıdır.

BULGULAR ve TARTIŞMA

Yumurta beyazında yapılan deneme sonuçlarına göre, sıvı yumurta beyazının bazı fiziksel ve optik özellikleri Çizelge 1’de verilmektedir. Patojen *E. coli* O157:H7 (ATCC 700728), patojen olmayan *E. coli* K-12 (ATCC 25253) ile, patojen ve toksik olmayan *L. innocua* (NRRL-B 33314) mikroorganizmaların, sıvı yumurta beyazında 0.153 cm örnek derinliğinde ve 1.315 mW/cm^2 UV intensite (I₀) değerinde, maksimum UV inaktivasyon süresine (20 dakika) ve UV dozda (98.535 mJ/cm^2) elde edilen maksimum inaktivasyon değerleri, sırasıyla 3.206 ± 0.777 , 2.719 ± 0.63 ve 2.624 ± 0.268 log kob/mL’dir (Çizelge 2). Patojen serotip *E. coli* O157:H7’ nin maksimum azalma değeri verdiği görülmüştür. Patojen olmayan serotip *E. coli* K-12’nin ise patojen serotip *E. coli* O157:H7’ye göre UV ışınına daha dirençli olduğu görülmektedir. Bununla birlikte Gram pozitif *L. innocua* bakterisinin, UV-C ışınlamaya karşı Gram negatif *E. coli* K-12 ve *E. coli* O157:H7 bakterilerine nazaran daha dirençli olduğu anlaşılmaktadır. Bunun sebebi Gram pozitif bakterilerde bulunan, periplazmik boşluk ve plazma duvarı ile iç içe geçmiş kalın peptidoglukan tabakasıdır. UV ışığının bu kalın tabakayı daha az bir oranda geçtiği düşünülmektedir. Buna karşılık Gram negatif bakterilerin

Çizelge 1. Yumurta beyazının fiziksel ve optik özellikleri

Özellik	Değer
Yoğunluk (g/cm^3)	1.030
pH	6.72 ± 0.15
Toplam katı madde (%)	11.50 ± 0.06
Absorbans (A_{254}) (cm^{-1})	104.15 ± 6.22
Türbidite (NTU)	398 ± 8.86



Şekil 1. Paralel ışın demetli statik UV cihazının şematik görüntüsü. (1) Lamba düzeneği (2) UV intensite ayarlamada kullanılan hareketli tabla (3) Farklı UV intensite rayları (4) UV ışınlarının örneğe düşmesine yarayan delik (5) UV ışınlarının örneğe düşmesini sağlayan ve engelleyen sürgülü plaka (6) Karıştırıcı (7) UV ışını kaybını en aza indirmeye yarayan siyah karton reflektör

lipopolisakaritlerden ve proteinlerden oluşmuş tekli veya iç içe geçmiş periplazmik boşluktan, peptidoglycan tabakasından ve sitoplazma membranından oluşmuş ince ve çoklu hücre duvarları mevcuttur (24). *L. innocua* (NRRL-B 33314) suşunun UV ışınlamaya karşı *E. coli* suşlarına nazaran daha dirençli olması, Geveke’nin çalışmasıyla da desteklenmektedir (25).

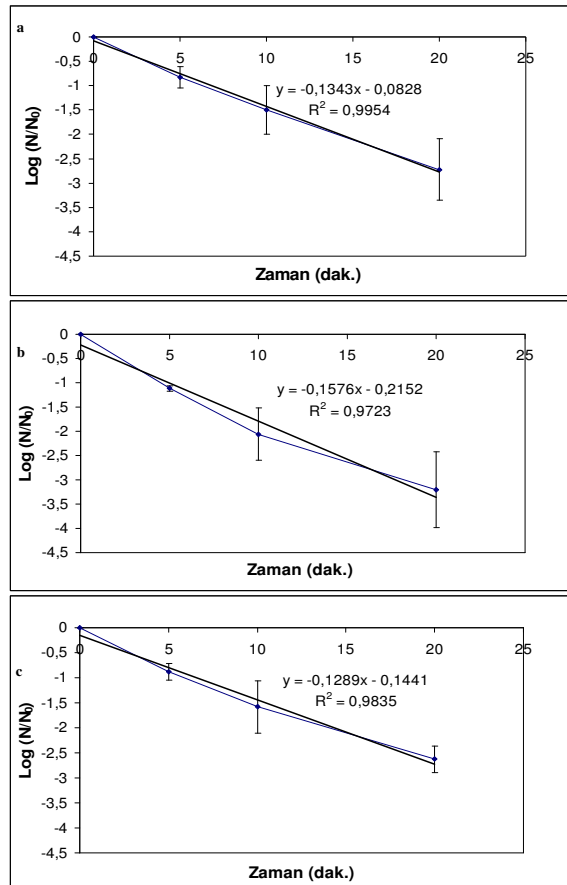
Üç farklı suşun, UV ışınlama süresince sahip oldukları mikrobiyal azalma eğrileri Şekil 2’de gösterilmektedir. Azalma eğrileri logaritmik azalmaya karşılık ($\log [N/N_0]$) gelen UV doz (mJ/cm^2) değerlerine göre çizilmişlerdir. Bununla birlikte, çalışmamızda kullanılan sıvı yumurta beyazında *E. coli* hücrelerinin bulunmadığı, aerobik mezofilik bakteri sayısının ise başlangıçta 10^3 ile 10^4 kob/mL civarında olduğu saptanmıştır. Mikrobiyal azalma eğrilerinde oluşan konkavlık etkisinin, yoğun bulaşık görünümdeki sıvı yumurta beyazı ve kültür süspansiyonunun, mikroorganizmalar üzerindeki UV ışık dağılımını düşürmesiyle veya UV azalma işlemi esnasında örneğin orbital karıştırmadaki yetersizlik sonucu mikroorganizmaların petri dibinde koloniler oluşturup birikmesi ve yeterli UV ışınına maruz kalmamasıyla açıklanabilir. Bunun sonucu olarak gerçekleştirilmesi muhtemel bir azalma modeli çalışmasında, UV doz ve mikroorganizmanın UV ışınına olan direnci ile ortaya çıkabilecek varyasyonların, doğrusal olmayan bir matematik modelleme ile mikroorganizmaların azalma oranının belirlenmesinde en aza indirilebileceği düşünülmektedir.

Ngadi ve ark. (21), patojen serotip *E. coli* O157:H7 bakterisinin UV ışınına olan direncinin, patojen olmayan *E. coli* bakterisine göre daha az olduğunu belirlemişlerdir. Maksimum 39 mJ/cm² UV dozunda ve 0.1 mm sıvı derinliğinde, >5 log kob/mL azalma sağlamışlardır. Ngadi ve ark. (21) herhangi bir başlangıç mikrobiyal yük tespit etmemişlerdir. Buna ilaveten bu çalışmada kullanılan yumurta beyazı örneklerinin, 254 nm dalga boyunda 104.65±6.22'lik bir absorpsiyon değerine (% <0.01 UV geçirgenliği) sahip oldukları gözlemlenmiştir (21). Bununla birlikte UV transmittans değerindeki azalma, UV doz ve UV intensite değerlerinde azalmaya ve daha az inaktivasyon oranına neden olmuştur (18). Sonuç olarak, Ngadi ve ark. tarafından (21) rapor edilen çalışma ile karşılaştırıldığında, sıvı yumurta beyazında, patojen serotip *E. coli*O157:H7 (ATCC 700728) için daha düşük UV doz (26.44 mJ/cm²) değeri ile daha düşük bir inaktivasyon miktarı (~1.42 log kob/mL) elde edildiği görülmüştür. Geveke (26), 0-160 saniyelik bir UV inaktivasyon periyodu aralığında ve maksimum 44 J/ml UV dozda, 30-50 °C aralığında termal inaktivasyonla kombinasyonu sağlanmış sürekli akım UV sistem içerisindeki sıvı yumurta beyazını dezenfekte etmeye çalışmış, içerisindeki *E. coli* K-12 bakterisi, 4.3 log kob/mL azalma göstermiştir. Mikrobiyal inaktivasyon eğrilerindeki azalma değerlerine bakıldığında, patojen serotip *E. coli* O157:H7'nin UV-C'ye hassasiyetinin, çalışmada kullanılan diğer mikroorganizmalara göre daha fazla olduğu, UV azalma değerinin fazlalığından anlaşılmaktadır. Ayrıca patojen olmayan *E. coli* K-12'nin maksimum azalma değeri, patojen ve toksik olmayan *L. innocua*'ya göre daha fazla olduğu görülmektedir. Aynı şekilde Geveke (25), parçacıklı elma suyunun UV dezenfeksiyonu ile ilgili yaptığı çalışmada Gram pozitif *L. innocua* bakterisinin, Gram negatif *E. coli* bakterisine göre UV ışınına daha fazla dirençli olduğunu kanıtlamıştır.

Düşük inaktivasyon değerlerinin, bulanık bir yapıda görünen sıvı yumurta beyazının düşük ışık geçir-

Çizelge 2. Yumurta beyazına ait mikrobiyolojik azalma değerleri

Zaman (dak)	UV doz (mJ/cm ²)	inaktivasyon (log kob/mL)		
		<i>E. coli</i> K-12	<i>E. coli</i> O157:H7	<i>L. innocua</i>
0	0	0	0	0
5	24.634	0.819±0.219	1.113±0.057	0.882±0.166
10	49.267	1.494±0.504	2.056±0.535	1.58±0.521
20	98.535	2.719±0.63	3.206±0.777	2.624±0.268



Şekil 2. Yumurta beyazına ait mikrobiyolojik azalma grafikleri a) *E. coli* K-12 b) *E. coli* O157:H7 c) *Listeria innocua*. (pH=6.72, A₂₅₄ = 104.65).

genliğine ve ışık kaynağının düşük intensite değerine sahip olmasına bağlı olduğu düşünülmektedir. Nitekim McKinney ve ark. (27), % 55'e kadar olan bulanık taze salamura çözeltisi içerisinde bulunan *L. monocytogenes* bakteri sayısında, minimum 10.3 mJ/cm² UV doz ve maksimum 30 dakikalık UV inaktivasyon işlemi uygulayarak, sadece 1 log kob/mL azalma sağlayabilmişlerdir. Erdoğan ve Ekiz de (28) Triptik Soy Agar kaplı Petri yüzeyinde bulunan *E. coli* O157:H7 (ATCC 35150) mikroorganizma suşunu, 0.5 mW/cm² başlangıç intensitesi ve 18 saniyelik bir UV inaktivasyon işlemi ile 1 log kob/mL azaltmayı başaramışlardır. Buna karşılık, yüksek bir başlangıç intensitesi olan veya birden fazla lamba ile yapılandırılmış bir ışık kaynağı kullanmak suretiyle, ışık kaynağı ve dezenfeksiyon alanı arasındaki mesafenin azaltılmasıyla daha verimli azalma elde etmek mümkün olabilmektedir (27). Aksay ve Bobuş (29), 19.6 mW/cm² gibi yüksek bir başlangıç intensiteye sahip UV ışın kaynağından, 1-5 dakika boyunca, *E. coli* içeren nar suyu örneklerinde 4 log kob/mL kadar azalma sağlamışlardır.

SONUÇ

Uygulanan yöntem ve elde edilen bulgular, UV-C ışınlama işleminin ısı işlemin yüksek sıcaklıklardaki kalite üzerine olan olumsuz etkilerini gidermek ve ürünün raf ömrünü uzatmak amacıyla bir ön işlem olarak kullanılabilmesi sonucunu ortaya koymuştur. Bu uygulamanın kullanılan geleneksel ısı işleme alternatif bir yöntem olabilmesi için ise opak görünümdeki düşük ışık geçirgenliğine sahip sıvı gıdalar için daha güçlü ve çoklu ışık kaynaklarının kullanıldığı, yüksek UV doz üreten yeni sistemlerin dizaynı ile mümkün olacaktır.

Teşekkür

Bu çalışma, TÜBİTAK (Proje no: 104O210) ve İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü Bilimsel Araştırma Fonu (Proje no: IYTE-38-2005) tarafından desteklenmiştir.

KAYNAKLAR

1. Yamamoto T, Juneja LR, Hatta H, Kim M. 1997. General chemical composition of hen eggs. In: Hen eggs, Their Basic and Applied Science, Yamamoto T (ed.), CRC Press LLC, U.S, pp. 13-25.
2. Muriana PM. 1997. Effect of pH and hydrogen peroxide on heat inactivation of Salmonella and Listeria in egg white. *Food Microbiol*, 14: 11-19.
3. Góngora-Nieto MM, Pedrow PD, Swanson B, Barbosa-Cánovas GV. 2003. Energy analysis of liquid whole egg pasteurized by pulsed electric fields. *J Food Eng*, 57: 209-216.
4. Hermawan N, Evrendilek GA, Dantzer WR, Zhang QH, Richter ER. 2004. Pulsed electric field treatment of liquid whole egg inoculated with Salmonella enteritidis. *J Food Safety*, 24: 71-85.
5. Bintsis T, Tzanetaki EL, Robinson RK. 2000. Existing and potential applications of ultraviolet light in the food industry-a critical review. *J Sci Food Agric*, 80: 637-645.
6. Garibaldi A, Minuto A, Grasso V, Gullino ML. 2003. Application of selected antagonistic strains against Phytophthora cryptogea on gerbera in closed soilless systems with disinfection by slow sand filtration. *Crop-Prot*, 22 (8): 1053-1061.
7. Bank HL, Schmehl JL, Dratch RJ. 1990. Bacteriocidal effectiveness of modulated UV light. *Appl Environ Microbiol*, 56: 3888-3889.
8. Miller R, Jeffrey W, Mitchell D, Elsas M. 1999. Bacterial responses to ultraviolet light. *ASM news*, 65: 534-541.
9. Blume T, Neis U. 2004. Improved wastewater disinfection by ultrasonic pre-treatment. *Ultrasonics Sonochemistry*, 11: 333-336.
10. Chmiel H, Kaschek M, Blöcher C, Noronha M, Mavrov V. 2002. Concepts for the treatment of spent process water in the food and beverage industries. *Desalination*, 152: 307-314.
11. Green FB, Lundquist TJ, Oswald WJ. 1995. Energetics of advanced integrated wastewater pond systems. *Water Sci Technol*, 31 (12): 9-20.
12. Hassen A, Mahrouk M, Ouzari H, Cherif M, Boudabous A, Damelincourt JJ. 2000. UV disinfection of treated wastewater in a large-scale pilot plant and inactivation of selected bacteria in a laboratory UV device. *Bioresour Technol*, 74: 141-150.
13. Peldszus S, Andrews SA, Souza R, Smith F, Douglas I, Bolton J, Huck PM. 2003. Effect of medium-pressure UV irradiation on bromate concentrations in drinking water, a pilot-scale study. *Water Res*, 38: 211-217.
14. Lehtola MJ, Miettinen, IT, Lampola T, Hirvonen A, Vartiainen T, Martikainen PJ. 2004. Pipeline materials modify the effectiveness of disinfectants in drinking water distribution systems. *Water Res*, 39: 1962-1971.
15. Koutchma T, Keller S, Chirtel S, Parisi B. 2004. Ultraviolet disinfection of juice products in laminar and turbulent flow reactors, *Innov Food Sci Emerg Technol* 5(2): 179-189.
16. Matak KE, Churey JJ, Worobo RW, Sumner SS, Hovingh E, Hackney CR, Pierson MD. 2005. Efficacy of UV light for the reduction of Listeria Monocytogenes in goat's milk. *J Food Protec*, 68: 2212-2216.
17. Lage C, Teixeira PCN, Leitao AC. 2000. Non-coherent visible and infrared radiation increase survival to UV (254 nm) in Escherichia coli K12. *J Photochem Photobiol B: Biol*, 54: 155-161.
18. Sommer R, Cabaj A, Pribil W, Haider T. 1998. Influence of lamp intensity and water transmittance on the UV disinfection of water. *Water Sci Technol*, 35 (11-12): 113-118.
19. Wright JR, Sumner SS, Hackney CR., Pierson MD, Zoecklein BW. 2000. Efficacy of ultraviolet light for reducing Escherichia coli O157:H7 in unpasteurized apple cider. *J Food Protec*, 63: 563-567.
20. Unluturk SK, Arastoopour H, Koutchma T. 2004. Modeling of UV dose distribution in a thin-film UV reactor for processing of apple cider. *J Food Eng*, 65, 125-136.
21. Ngadi M, Smith, JP, Cayouette B. 2003. Kinetics of ultraviolet light inactivation of Escherichia coli O157:H7 in liquid foods. *J Sci Food Agric*, 83: 1551-1555.
22. Wong E, Linton RH, Gerrard DE. 1998. Reduction of E. coli and S. seftenberg on pork skin and pork muscle using ultraviolet light. *Food Microbiol*, pp. 415-423.

23. Unluturk S, Atılğan MR, Baysal AH, Tarı C. 2008. Use of UV-C radiation as a non-thermal process for Liquid Egg Products (LEP), *J Food Eng*, 85: 561-568.
24. Blatchley ER 3rd , Dumoutier N, Halaby TN, Levi Y, Laine JM. 2001. Bacterial responses to ultraviolet irradiation. *Water Sci Technol*, 43 (10): 179-186.
25. Geveke DJ. 2005. UV inactivation of bacteria in apple cider. *J Food Protec*, 68 (8): 1739–1742.
26. Geveke DJ. 2008. UV Inactivation of E. coli in liquid egg white. *Food Bioprocess Technol*, 1: 201–206.
27. McKinney J, Williams RC, Hackney CR., Boardman GD, Eifert JD, Sumner SS. 2009. Dose of UV light required to inactivate *Listeria monocytogenes* in distilled water, fresh brine and spent brine. *J Food Protec*, 72 (10): 2144-2150.
28. Erdoğan SB, Ekiz Hİ. 2006. *Staphylococcus aureus* ATCC 25293, *Salmonella typhimurium* ATCC 14028, *Escherichia coli* O157:H7 ATCC 35150 mikroorganizma suşları üzerine kısa dalga mor ötesi ışınların (UV-C) etkisi. Türkiye 6. Gıda Kongresi, 06-08 Kasım, Antalya, Türkiye, 689-694.
29. Aksay S, Bobuş G. 2006. E. coli (O157:H7) aşılınmış nar sularında UV ışınlama ve ısı pastörizasyon işlemlerinin E. coli sayısı, antioksidan ve antioksidan kapasiteye etkileri. Türkiye 6. Gıda Kongresi, 06-08 Kasım, Antalya, Türkiye, 685-688.