

## ÖZON UYGULAMASININ TAZE YUMURTANIN MİKROBİYEL KALİTESİ ÜZERİNE DEPOLAMA SÜRESİNCE ETKİSİNİN BELİRLENMESİ

Muhammed Yüceer<sup>1\*</sup>, Cengiz Caner<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Çanakkale Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu,  
Gıda İşleme Bölümü, Çanakkale

<sup>2</sup>Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Çanakkale

Geliş tarihi / Received: 23.06.2015

Düzeltilerek Geliş tarihi / Received in revised form: 14.07.2015

Kabul tarihi / Accepted: 25.07.2015

### Özet

Bu çalışmada, tavuk yumurtasının yüzeyine farklı konsantrasyon (2 ppm, 4 ppm ve 6 ppm) ve sürelerde (2 dk ve 5 dk) ozon uygulanarak yumurtanın mikrobiyel kalitesi üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Yumurta yüzeyinde *Enterobacteriaceae*, *Staphylococcus aureus*, toplam koloni, maya ve küf sayımları 24 °C'de 5 hafta depolama süresince haftalık periyotlarda gerçekleştirilmiştir. Ozon yumurtanın mikrobiyel florasını hızlı bir biçimde azaltmasına rağmen, depolama ile mikrobiyel gelişim devam etmiş ancak gelişme hızı kontrol grubunun altında seyretmiştir. Yumurtalarda *Enterobacteriaceae*, *Staphylococcus aureus*, toplam koloni, maya ve küf popülasyonu üzerine önemli düzeyde azalma sağladığı; artan ozon konsantrasyon ve uygulama süreleri ile inaktivasyon düzeyinin önemli düzeyde arttığı belirlenmiştir. Oda şartlarında depolama boyunca ozon uygulanan yumurtalarda kontrol grubuna göre mikrobiyel yük yaklaşık 2 log daha düşük çıkmış ve uygulamanın mikroorganizmalar üzerindeki inhibisyon etkisi önemli bulunmuştur. Buna göre ozon uygulamasının yumurtaların raf ömrü üzerine pozitif etkisi olduğu tespit edilmiştir. Çalışmayla ozonun yumurtanın muhafazasında önemli bir potansiyele sahip olduğu belirlenmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Yumurta, ozon, mikrobiyel inaktivasyon, depolama, raf ömrü, oda sıcaklığı.

## EFFECTS OF GASEOUS OZONE TREATMENT ON MICROBIAL QUALITY OF FRESH EGGS DURING STORAGE

### Abstract

In this study, the effects of different ozone concentrations (2; 4 and 6 ppm) and times (2 min and 5 min) on microbiological quality on eggs were investigated. *Enterobacteriaceae*, *Staphylococcus aureus*, total colony, yeast and mold populations were determined on the eggs surface at weekly intervals during storage (5 weeks at 24°C). Although the applications of ozone were reduce quickly the microbial flora on the eggs, microbial growths were continued during storage, but the number of microorganisms remained below the growth rate of the control group. Ozone application has provided a significant reduction on *Enterobacteriaceae*, *Staphylococcus aureus*, total colony, yeast and mold populations. It was determined that effectiveness on microbial inactivation increased with increasing exposure time and ozone concentration. Microbial load of eggs compared to the control group of ozone applications were decreased to about 2 logs comparing to the control group during storage, and the inhibitory effect of applications on the microorganisms were significant.

In conclusion, it was determined that a positive effect on the shelf life of the eggs of ozone treatments during storage. Gaseous ozone has potential to become significant breakthrough in the industry and in preserving egg during ambient room temperature storage.

**Keywords:** Egg, ozone, microbial inactivation, storage, shelf life, ambient temperature.

\*Yazışmalardan sorumlu yazar / Corresponding author;

✉ ccaner@comu.edu.tr,

☎ (+90) 286 218 0018/2172,

☎ (+90) 286 218 0541

## GİRİŞ

Yumurta proteini yüksek biyolojik değere sahip olup, depolamada kalite kayıplarına uğramakta ve uygun muhafaza edilemezse, hızlı bozulabilmektedir. Yumurta mükemmel yapısı ile dış etkenlere ve mikroorganizmalara karşı en iyi korunan gıdalar arasındadır. Kabuk dış yüzeyinde kütikula olarak adlandırılan koruyucu mukoz bir katman yapı bulunmakta bu yapı yumurtanın içeriğini bakteriyel penetrasyona karşı korumaya yardımcı olmaktadır. Yumurtanın iç kısmı steril olarak kabul edilmekle birlikte kabuk yüzeyinde çok sayıda mikroorganizma bulunabilmektedir. Yumurtanın nem ve su buharı alışverişine izin veren ve dışındaki por denilen gözenekleri kapatan mukoz yapıdaki koruyucu yapı, yumurtlama sonrası etkisini yitirmeye başlamakta ve mikrobiyel bulaşma sonucu mikroorganizmalar yumurtanın iç kısmına doğru nüfuz edebilmektedir. Depolama sürecinde porlardan bakteri ve küf misellerinin yumurtanın içerisine girmesi kolaylaşmaktadır. Yumurtada mikrobiyel kaynaklı sorunları azaltmak için uygun muhafaza metotlarının kullanılması bir gerekliliktir (1).

Yapılan çalışmalarda yumurta başına mikrobiyel floranın  $10^2$  ile  $10^8$  KOB/yumurta arasında değişkenlik gösterdiği ve ortalama  $10^5$  KOB/yumurta düzeylerinde olduğunu göstermiştir. Yumurta akında bulunan ve antimikrobiyel özelliğe sahip olan lizozim, konalbumin ve avidin ile birlikte yumurta akının 8.5-9.5 arasında olan alkali pH değeri mikroorganizmaların gelişimini baskılamaktadır. Buna karşın yumurtanın merkezinde bulunan yumurta sarısı mikroorganizmalar için içermiş olduğu besin öğeleri ve 6.5-7.0 pH değeri ile uygun bir besiyeri niteliğindedir. Isıl olmayan alternatif işleme yöntemleri arasında yer alan ozon, yüksek yoğunluklu atımlı elektrik alan, ışınlama ve UV ışınları ile yumurtanın kalitesinin muhafazası, mikrobiyel florasının düşürülmesi ve raf ömrünün uzatılmasına yönelik çalışmalar son yıllarda artış kaydetmiştir. Yumurta kalitesinin korunması için alınabilecek önlemler ile yumurtadaki bayatlama ve bozulma sürecini tamamen durduramasa da geciktirebilmektedir. Yumurta muhafazasında amaç mikrobiyel bulaşmanın önlenmesi, mikrobiyel gelişiminin sınırlandırılması veya geciktirilmesi ile raf ömrünün artırılmasıdır.

Ozon gıda endüstrisinde yaygın kullanım alanları olan güçlü antioksidan ve etkili bir antimikrobiyel ajandır. Yüksek reaktivasyon enerjisi ve  $O_2$  gibi toksik olmayan bileşiklere kendi kendine dekompoze olabilmesi, ozonu gıdaların mikrobiyel güvenilirliğinin sağlanmasında güvenle kullanılabilir hale getirmiştir. Ozon gazı son yıllarda kullanımı hızla artmış, özellikle 1982 yılında Amerikan Gıda ve İlaç Kurumu (FDA) tarafından güvenilir statüde kabul edilmesiyle kullanımı yaygınlaşmıştır. FDA 2001 yılında ozonun dezenfektan ve sanitasyon ajanı olarak kullanımı ve gıda muhafazasında antimikrobiyel etkisi nedeniyle farklı amaçlarla kullanımına izin vermiştir (2). Ozonun oksidasyon gücü çok yüksek olup, toksik etkisi bulunmamaktadır. Ozon, yüksek reaktivitesi ile gıdalarda sterilizasyon etkisi sağlamaktadır. Ozon gazının düşük konsantrasyonda kullanılması ile kısa temas süresinde bakteri, maya, küf, parazit ve virüslere karşı inhibe edici etki göstermektedir. Ozon doğrudan ön işleme, depolama sırasında işlenmemiş gıda ürünlerin üzerine ya da depolama sırasında işlenmiş ürünlerde uygulanarak gıda muhafazası ve sterilizasyonu için balık, meyve-sebze, yumurta ve tavuk üzerindeki mikrobiyel yükün azaltılmasında başarıyla kullanılmakta ve bu alanda yoğun araştırmalar yapılmaktadır. Ozonlamanın başarısı büyük ölçüde gıda yüzeyinin yapısına, uygulanan ozon konsantrasyonu ve uygulama süresine bağlı olarak değişmektedir (3, 4). Ozonlu yıkama suyu, kabuktaki mikrobiyel yükün azaltılması için kullanılabilir. Nitekim ozonun *Yersinia enterocolitica*, *Salmonella typhimurium*, *S. aureus*, *L. monocytogenes* ve *E. coli* O157:H7 gibi patojenleri inhibe ettiği ifade edilmiştir (5). Ozonlu suyun et karkaslarına (5 g/L) püskürtülmesiyle bakteriyel yükü azalttığı, 10-12 µg/L hava 6 saat ozon uygulanan yumurtaların ise kalitesinin daha yüksek olduğu tespit edilmiştir (3). Braun, ve ark. (2011) *Salmonella* Enteritidis ile  $10^2$  ile  $10^6$  KOB/yumurta düzeyinde inoküle edilen yumurtalara % 0.5-5 (w/w) konsantrasyon ve 20 dk ile 24 saat süre ile ozonla uygulama sonrasında 6 log azalma kaydedilerek yumurtalarda  $10^2$  ile  $10^4$  KOB/yumurta inaktivasyon düzeyi saptanmıştır. Ozonun yumurtanın kabuğundan iç kısmına nüfuzunu araştıran bir çalışmada %12-14 w/w ozona maruz bırakılan kabuklu yumurtalarda ozonun zaman içerisinde yumurtanın iç kısmına geçiş yaptığı tespit edilmiştir (6). Yumurtanın

pastörizasyon ve ozon uygulamasına birlikte tabii tutulduğu bir çalışmada pastörizasyonun yumurtada proteinlerini denatüre ettiği ifade edilirken, ozon ile birlikte yapılan uygulamada denatürasyonun azaldığı bildirilmiştir (7). Bailey, ve ark. (1996) 0.2-0.4 ppm ozon gazının 3 günlük uygulanması, ozonlanmış yumurtada *Salmonella typhimurium* %91 oranında azalttığı görülmüştür. Ito, ve ark. (1999) bildircin yumurtalarında 10 ppm 6 saat ozon uygulanmasının *Salmonella*'da 3 log azalma sağladığını göstermiştir. Ozonun yumurta bileşenlerine etkisinin incelendiği bir çalışmada ise, yumurta sarısının ozon uygulamasından albümine göre daha az etkilendiği ve kabuğu çevreleyen kütikula tabakasının 4 gün süren ozon uygulaması sonucunda deforme olduğu bildirilmiştir (10). Bu anlamda düşük konsantrasyonlarda kısa temas süresi ile geniş spektrumda mikroorganizma inhibisyonunu sağlayan ozon uygulamaları gıda endüstrisinde başarı ile uygulanabilme potansiyeline sahip olduğu belirlenmiştir. Ozonlama üzerine yumurta ile yapılan mikrobiyel çalışmalarda farklı konsantrasyon ve sürelerde yapılmış çalışma sayısı sınırlı kalmaktadır. Taze yumurtaların kalite kriterlerini daha iyi muhafaza edileceği çalışma şartlarının optimizasyonunun belirlenmesi beklenmektedir.

Bu çalışmada, kabuklu yumurtalar farklı konsantrasyon ve sürelerde ozon ile muamele (2; 4 ve 6 ppm'de 2 ve 5 dk) edilmiş ve 24°C'de 5 hafta boyunca depolanmıştır. Kontrol ve uygulama grubu yumurta örneklerinde ozonun yumurtanın mikrobiyel kalitesine etkisi *Enterobacteriaceae*, koagülaz pozitif *S. aureus*, toplam koloni, maya ve küf analiz sonuçları açısından değerlendirilmiştir.

### **MATERYAL ve YÖNTEM**

#### **Materyal**

Beyaz kabuklu, günlük taze tavuk yumurtaları Balıkesir'de bulunan yumurta üreticisinin 41 haftalık Lohmann cinsi yumurtacı tavuklarından alınmıştır. Yumurtalar hızlı bir şekilde laboratuvara taşınarak kirli, kırık, çatlak ve ağırlık yönünden tasnif edilmişlerdir.

#### **Ozon Uygulaması**

Ozon gazı, TKZ-6G model plakalı sistem ve hava soğutmalı yüksek kapasiteli ozon jeneratörüyle (Teknozone, İzmir) elde edilmiş olup, elde

edilen ozon gazının difüzör yardımı ile özel olarak tasarlanmış 5 lt şeffaf cam kabin içerisindeki havada homojen olarak dağılımı sağlanmıştır. Taze kabuklu yumurta örnekleri rastgele farklı gruplara (2x50 yumurta) ayrılmış, kontrol grubu hariç diğer gruplardaki yumurtalara farklı konsantrasyon (2; 4 ve 6 ppm) ve sürelerde (2 ve 5 dk) ozon uygulaması yapılmıştır, ozon konsantrasyonu üretici firmanın ozon detektörü yardımı ile izlenmiştir. Ozon ile muamele edilen kabuklu yumurtalar laboratuvaroda oda şartlarında (24°C) depolama boyunca 5 hafta süre ile muhafaza edilmiştir.

#### **Mikrobiyolojik Analizler**

Ozon uygulaması yapılan ve yapılmayan tüm yumurta örneklerinde toplam koloni, koagülaz pozitif *Staphylococcus aureus*, *Enterobacteriaceae*, maya ve küf analizleri gerçekleştirilmiştir. Yumurtalar steril stomacher poşeti içerisinde bulunan (Bagmixer-400, Nom la Bretèche, Fransa) 25 ml steril fosfat tampon çözeltisi içerisine alınmış, daha sonra numunede bulunan mikroorganizma yükü steril peptonlu fizyolojik tuzlu su kullanılarak uygun desimal seyreltiler hazırlanmış ve Petri kutularına ekim yapılarak uygun koşullarda inkübasyona bırakılmıştır. Mikrobiyolojik analizlerde kullanılan besiyerleri ve inkübasyon koşullarında; toplam koloni sayımı PCA besiyerinde 37°C'de 48 saat, *Enterobacteriaceae* sayımı VRBDA besiyerinde ve 37°C'de 48 saat, *S. aureus* analizi BPA + RPF, 37°C'de 48 saat, maya ve küf sayımı DRBC Agar, 25°C'de 5-7 gün uygulanmıştır. Toplam koloni, maya ve küf analizinde Petri kutularında tespit edilen tüm koloniler ve *S. aureus* ile *Enterobacteriaceae* analiz sonucunda Petri kutularındaki karakteristik koloniler sayılarak sonuç her bir yumurta için log KOB/yumurta olarak verilmiştir. Analizler uygulamayı takip eden ilk, 1, 2, 3, 4 ve 5. haftalarda yapılmıştır.

#### **İstatistiksel Değerlendirme**

Depolama boyunca veya depolama sonrasında ozon uygulanan ve uygulanmayan (kontrol) yumurtalarda belirlenen parametreler arasında herhangi bir farklılık olup olmadığını belirlemek için logaritmaları alınan verilerde varyans analizi (ANOVA) gerçekleştirilmiştir. LSM-PROG GLM istatistiksel prosedürü ile SAS 9.1.3 istatistik programı (SAS Institute Inc. SAS) kullanılmıştır (P değerinin 0.05'den daha küçük olmasıyla tanımlanmıştır).

**BULGULAR ve TARTIŞMA**

Mikrobiyel gelişmeyi gösteren analiz değerleri, depolama süresine, depolama sıcaklığına, yumurta büyüklüğüne, ortamın nispi nemine ve kabuk por sayıları gibi birçok faktöre bağımlı olarak değişiklik gösterebilmektedir. Beş haftalık depolama süresince, ozon uygulanan yumurta örneklerinin toplam koloni yüklerinin önemli oranda ( $P<0.05$ ) azaldığı saptanmıştır.

Gıdaların hijyenik kalitesinin belirlenmesinde *Enterobacteriaceae* yükünün önemli bir yeri bulunmaktadır (11). Jones, ve ark. (2004) tarafından yumurtanın uzun süre muhafazasında mikrobiyel florası üzerine yapılan bir çalışmada depolama öncesi yumurtalarda tespit edilen en yüksek *Enterobacteriaceae* sayım değeri 0.6 log KOB/ml iken, 6 hafta depolama süresi içerisinde bir yumurtada saptanan en yüksek sayım değeri 1.4 log KOB/ml olmuştur. Gole, ve ark. (2013) tarafından yapılan incelemede ise yumurta kabuğunda *Enterobacteriaceae* popülasyonu olarak tespit edilen bakteri grubunun %60.78 gibi büyük bir çoğunluğunun *E. coli* türü bakterilerin oluşturduğunu belirtmiş ve kalan %9.15 *Salmonella* spp. ve %8.49 *Enterobacter* spp. olarak yer almaktadır. Farklı konsantrasyon ve sürelerde

ozona maruz bırakılan kabuklu yumurtaların yüzey *Enterobacteriaceae* değerleri Çizelge 1'de verilmiştir. Uygulama sonrası yapılan ölçümlerde 2 dk muamele süresinde 6 ppm uygulamanın kontrol ve diğer uygulamalardan; 4 ppm uygulamanın ise kontrol ve 6 ppm uygulamadan farklı olduğu; 2 ppm uygulamanın ise 4 ppm uygulaması ile arasındaki farkın istatistiksel açıdan önemsiz olduğu ( $P>0.05$ ) olduğu saptanmıştır. 5 dk muamele süresinde ise tüm uygulamaların kontrol grubu ve birbirinden farklı olduğu belirlenmiştir. Çalışmada artan muamele süresi ile tüm haftalarda uygulamalar arasındaki farkın önemli olarak tespit edilmiş ve ozon uygulaması muamele süresi açısından değerlendirildiğinde, sadece 6 ppm uygulamasının diğer uygulama ve kontrol grubu örneklerin *Enterobacteriaceae* değerlerinden istatistiki olarak farklı olduğu belirlenmiştir. Depolama süresince tüm uygulama gruplarında *Enterobacteriaceae* değerlerindeki artış istatistiki olarak önemli bulunmuştur. Uygulama sonrası depolanan yumurtalarda *Enterobacteriaceae* gelişimi kontrol grubuna göre daha yavaş gelişmiştir.

Ozon, uzun yıllardır bilinen ve dezenfektan amacıyla kullanılan güçlü oksidant etkiye sahip olup, yumurta yüzeyindeki bakterilerin hücre

Çizelge 1. Farklı ozon konsantrasyonlarının depolama süresi boyunca yumurtanın *Enterobacteriaceae* sayımı (log KOB/yumurta) üzerine etkisi  
Table 1. Effect of different ozone concentrations on *Enterobacteriaceae* count (log CFU/egg) of the eggs during storage periods

|       | Depolama Süresi (Hafta) / Uygulama Süresi (Dk.) / Yumurta <i>Enterobacteriaceae</i> sayımı<br>Storage Time (Week) / Treatment Time (Min.) / Egg <i>Enterobacteriaceae</i> counts |                             |                               |                            |                            |                            |
|-------|--|-----------------------------|-------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
|       | 0. HAFTA-WEEK 0  |                             | 1. HAFTA-WEEK 1               |                            | 2. HAFTA-WEEK 2            |                            |
|       | 2 DK-2 Min   | 5 DK-5 Min                  | 2 DK-2 Min                    | 5 DK-5 Min                 | 2 DK-2 Min                 | 5 DK-5 Min                 |
| CNT*  | 2.44±0.05 <sup>Aal</sup>   | 2.50±0.04 <sup>Aal</sup>    | 2.62±0.07 <sup>Bal</sup>      | 2.68±0.06 <sup>ABal</sup>  | 2.77±0.04 <sup>BCal</sup>  | 2.70±0.05 <sup>Bal</sup>   |
| 2 ppm | 2.18±0.06 <sup>Aall</sup>  | 2.17±0.04 <sup>Aall</sup>   | 2.23±0.07 <sup>ABall</sup>    | 2.13±0.09 <sup>Aall</sup>  | 2.34±0.04 <sup>Bal</sup>   | 2.31±0.06 <sup>ABal</sup>  |
| 4 ppm | 2.11±0.06 <sup>Aall</sup>  | 2.05±0.07 <sup>Aall</sup>   | 2.18±0.07 <sup>ABall</sup>    | 2.14±0.07 <sup>Aall</sup>  | 2.28±0.06 <sup>Bal</sup>   | 2.30±0.05 <sup>Bal</sup>   |
| 6 ppm | 1.78±0.09 <sup>Aalll</sup>   | 1.37±0.11 <sup>Ablll</sup>  | 2.14±0.04 <sup>Bal</sup>      | 1.95±0.07 <sup>Bblll</sup> | 2.25±0.07 <sup>BCall</sup> | 2.02±0.04 <sup>Cblll</sup> |
|       | 3. HAFTA-WEEK 3  |                             | 4. HAFTA-WEEK 4               |                            | 5. HAFTA-WEEK 5            |                            |
|       | 2 DK-2 Min   | 5 DK-5 Min                  | 2 DK-2 Min                    | 5 DK-5 Min                 | 2 DK-2 Min                 | 5 DK-5 Min                 |
|       | 2 DK-2 Min   | 5 DK-5 Min                  | 2 DK-2 Min                    | 5 DK-5 Min                 | 2 DK-2 Min                 | 5 DK-5 Min                 |
| CNT*  | 2.80±0.04 <sup>BCal</sup>  | 2.79±0.05 <sup>Bal</sup>    | 2.85±0.08 <sup>Cal</sup>      | 2.85±0.06 <sup>Cal</sup>   | 3.02±0.04 <sup>Dal</sup>   | 3.00±0.05 <sup>Dal</sup>   |
| 2 ppm | 2.49±0.07 <sup>Call</sup>  | 2.49±0.03 <sup>Call</sup>   | 2.56±0.08 <sup>Call</sup>     | 2.50±0.07 <sup>Call</sup>  | 2.73±0.07 <sup>Dal</sup>   | 2.67±0.07 <sup>Dal</sup>   |
| 4 ppm | 2.45±0.08 <sup>Call</sup>  | 2.39±0.09 <sup>BCall</sup>  | 2.49±0.09 <sup>Call,III</sup> | 2.44±0.04 <sup>Call</sup>  | 2.54±0.08 <sup>Call</sup>  | 2.52±0.07 <sup>Call</sup>  |
| 6 ppm | 2.37±0.09 <sup>CDall</sup>   | 2.14±0.07 <sup>CDblll</sup> | 2.42±0.08 <sup>Dall</sup>     | 2.17±0.08 <sup>Dblll</sup> | 2.45±0.09 <sup>Dall</sup>  | 2.26±0.07 <sup>DbllV</sup> |

\*CNT: Control, untreated – kontrol

<sup>A-D</sup> Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (Uygulama: sabit – Süre: sabit – Depolama: farklı) ( $P<0.05$ ).

<sup>A-D</sup> Different capital letters donate significant differences between storage times in same treatment and time (Treatment: constant - Time: constant - Storage: variable) ( $P<0.05$ ).

<sup>ab</sup> Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (Uygulama: sabit – Depolama: sabit – Süre: farklı) ( $P<0.05$ ).

<sup>ab</sup> Different lowercase letters donate significant differences between treatment times in same treatment and storage time (Treatment: constant - Storage: constant - Time: variable) ( $P<0.05$ ).

<sup>IV</sup> Aynı alt satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (Depolama: sabit – Süre: sabit – Uygulama: farklı) ( $P<0.05$ ).

<sup>IV</sup> Different roman numbers donate significant differences between treatments in same treatment time and storage time (Storage: constant - Time: constant - Treatment: variable) ( $P<0.05$ ).

duvarını okside ederek inaktive ettiği bilinmektedir. Böylece mikroorganizmanın hücre duvarının geçirgenliği artmakta ve yaşamını yitirmektedir. Ozonun inaktivasyon etkisi sadece bakteriler ile sınırlı olmayıp maya, küf, protozoa ve virüsleri de kapsamaktadır (10, 13-16). Yumurtanın kendisini dış etkenlerden koruması için kütikula zarı adı verilen birincil koruma mekanizması bulunmaktadır. Yumurtaya bakteri geçişinin ve ağırlık kaybının engellenmesinde bariyer görevi olan kütikula zarı ozon ile okside olmaktadır. Ayrıca kütikula zarı yumurtanın follluğa ulaşmasından itibaren 48 saat içerisinde işlevini yitirmektedir (10). Ozon ile yapılan bir çalışmada ağırlıkça %3.03 ozon ile 2 saat muamele edilen yumurtalarda toplam koloni değerlerinde 2.5 log azalma elde edildiği ifade edilmiştir (17). Ozon ile yapılan dezenfeksiyon işlemlerinde uygulamada kullanılan ozon konsantrasyonu ve muamele süresinin önemli olduğu bildirilmiştir (2). Çizelge 2'de farklı konsantrasyonlarda ozona maruz bırakılan yumurtaların yüzeylerindeki flora verilmiştir. Buna göre uygulama öncesi (kontrol grubu) yumurtanın yüzeyindeki toplam koloni sayısı 2.71 ve 2.73 log KOB/yumurta iken ozon uygulamasından sonra sayın sonuçları 2 ppm'de 2 dk'da 2.42 log KOB/yumurta; 2 ppm'de 5 dk'da 2.38 log

KOB/yumurta; 4 ppm 2 dk'da 2.28 log KOB/yumurta; 4 ppm 5 dk'da 2.21 log KOB/yumurta; 6 ppm 2 dk'da 2.09 log KOB/yumurta ve 6 ppm 5 dk'da ise 1.84 log KOB/yumurta olarak tespit edilmiştir. Uygulama süresi dışında uygulama grupları arasındaki fark istatistiki olarak önemli ( $P<0.05$ ) bulunmuştur. Ayrıca 6 ppm uygulama grubu dışındaki tüm muamele sürelerinin toplam koloni sayısına etkisi istatistiki olarak önemli ( $P>0.05$ ) bulunmamıştır. Ozon uygulamasının yumurta yüzeyindeki toplam flora üzerinde 0.31 ile 0.89 log arasında azalma sağladığı belirlenmiştir. Çalışma sonucu ulaşılan sayım değerlerinin önceki çalışmalar ile benzerlik gösterdiği tespit edilmiştir (17). Depolama sonrası yumurtaların toplam koloni değerlerinde yumurtada gelişen fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik değişimlere bağlı olarak artış kaydedilmiştir.

Maya ve küfler kabukta bulunabilmekte ve yüksek nispi rutubet içeren ortam şartlarında depolamada yumurtaların bozulmasına sebep olabilmektedir (18). Farklı ozon konsantrasyonlarının yumurtanın maya ve küf florasına etkisi ve depolama boyunca seyri Çizelge 3'te verilmiştir. Ozon ile muamele edilmeyen yumurtalarda 2.90 log KOB/yumurta olan maya ve küf sayısının, ozon ile muamele edilen yumurtalarda 1.07 ile 2.03 log KOB/

Çizelge 2. Farklı ozon konsantrasyonlarının depolama süresi boyunca yumurtanın toplam koloni sayımı (log KOB/yumurta) üzerine etkisi  
Table 2. Effect of different ozone concentrations on total colony count (log CFU/egg) of the eggs during storage periods

|       | Depolama Süresi (Hafta) / Uygulama Süresi (Dk.) / Yumurta toplam koloni sayımı<br>Storage Time (Week) / Treatment Time (Min.) / Egg total colony counts |                            |                              |                            |                            |                            |
|-------|---|----------------------------|------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
|       | 0. HAFTA-WEEK 0   |                            | 1. HAFTA-WEEK 1              |                            | 2. HAFTA-WEEK 2            |                            |
|       | 2 DK-2 Min  | 5 DK-5 Min                 | 2 DK-2 Min                   | 5 DK-5 Min                 | 2 DK-2 Min                 | 5 DK-5 Min                 |
| CNT*  | 2.71±0.08 <sup>Aal</sup>  | 2.73±0.04 <sup>Aal</sup>   | 2.84±0.06 <sup>Aal</sup>     | 2.87±0.08 <sup>Bal</sup>   | 3.01±0.08 <sup>Bal</sup>   | 2.98±0.04 <sup>Bal</sup>   |
| 2 ppm | 2.42±0.03 <sup>Aall</sup>   | 2.38±0.05 <sup>Aall</sup>  | 2.57±0.03 <sup>Ball</sup>    | 2.51±0.03 <sup>Ball</sup>  | 2.67±0.07 <sup>BCall</sup> | 2.64±0.03 <sup>Call</sup>  |
| 4 ppm | 2.28±0.04 <sup>Aalll</sup>  | 2.21±0.05 <sup>Aalll</sup> | 2.44±0.05 <sup>Balll</sup>   | 2.40±0.08 <sup>Balll</sup> | 2.64±0.06 <sup>Call</sup>  | 2.57±0.04 <sup>Calll</sup> |
| 6 ppm | 2.09±0.11 <sup>Aalll</sup>  | 1.84±0.09 <sup>AbIV</sup>  | 2.26±0.04 <sup>BalV</sup>    | 1.99±0.08 <sup>BbIV</sup>  | 2.50±0.05 <sup>Calll</sup> | 2.37±0.07 <sup>CbIV</sup>  |
|       | 3. HAFTA-WEEK 3   |                            | 4. HAFTA-WEEK 4              |                            | 5. HAFTA-WEEK 5            |                            |
|       | 2 DK-2 Min  | 5 DK-5 Min                 | 2 DK-2 Min                   | 5 DK-5 Min                 | 2 DK-2 Min                 | 5 DK-5 Min                 |
| CNT*  | 3.26±0.0 <sup>Cal</sup>   | 3.24±0.06 <sup>Cal</sup>   | 3.42±0.07 <sup>Dal</sup>     | 3.42±0.09 <sup>Dal</sup>   | 3.77±0.05 <sup>Eal</sup>   | 3.82±0.09 <sup>Eal</sup>   |
| 2 ppm | 2.74±0.03 <sup>Call</sup>   | 2.73±0.07 <sup>Dall</sup>  | 2.85±0.05 <sup>Dall</sup>    | 2.82±0.07 <sup>Dall</sup>  | 2.96±0.07 <sup>Eall</sup>  | 2.94±0.06 <sup>Eall</sup>  |
| 4 ppm | 2.71±0.05 <sup>CDallll</sup>  | 2.69±0.03 <sup>Dall</sup>  | 2.78±0.08 <sup>EDallll</sup> | 2.78±0.05 <sup>EDall</sup> | 2.86±0.08 <sup>Ealll</sup> | 2.82±0.05 <sup>Ealll</sup> |
| 6 ppm | 2.64±0.06 <sup>Dalll</sup>  | 2.53±0.06 <sup>DbbIV</sup> | 2.73±0.07 <sup>DEalll</sup>  | 2.57±0.08 <sup>DbbIV</sup> | 2.77±0.08 <sup>Ealll</sup> | 2.58±0.09 <sup>DbbIV</sup> |

\*CNT: Control, untreated – kontrol

<sup>A-E</sup> Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (Uygulama: sabit – Süre: sabit – Depolama: farklı) ( $P<0.05$ ).

<sup>A-E</sup> Different capital letters donate significant differences between storage times in same treatment and time (Treatment: constant - Time: constant - Storage: variable) ( $P<0.05$ ).

<sup>ab</sup> Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (Uygulama: sabit – Depolama: sabit – Süre: farklı) ( $P<0.05$ ).

<sup>ab</sup> Different lowercase letters donate significant differences between treatment times in same treatment and storage time (Treatment: constant - Storage: constant - Time: variable) ( $P<0.05$ ).

<sup>IV</sup> Aynı alt satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (Depolama: sabit – Süre: sabit – Uygulama: farklı) ( $P<0.05$ ).

<sup>IV</sup> Different roman numbers donate significant differences between treatments in same treatment time and storage time (Storage: constant - Time: constant - Treatment: variable)  $PP<0.05$ .

Çizelge 3. Farklı ozon konsantrasyonlarının depolama süresi boyunca yumurtanın maya ve küf sayımı (log KOB/yumurta) üzerine etkisi  
Table 3. Effect of different ozone concentrations on yeast and mold count (log CFU/egg) of the eggs during storage periods

|       | Depolama Süresi (Hafta) / Uygulama Süresi (Dk.) / Yumurta maya ve küf sayımı<br>Storage Time (Week) / Treatment Time (Min.) / Egg yeast and mold counts |                            |                            |                            |                              |                            |
|-------|---|----------------------------|----------------------------|----------------------------|------------------------------|----------------------------|
|       | 0. HAFTA-WEEK 0   |                            | 1. HAFTA-WEEK 1            |                            | 2. HAFTA-WEEK 2              |                            |
|       | 2 DK-2 Min  | 5 DK-5 Min                 | 2 DK-2 Min                 | 5 DK-5 Min                 | 2 DK-2 Min                   | 5 DK-5 Min                 |
| CNT*  | 2.90±0.05 <sup>Aal</sup>  | 2.90±0.05 <sup>Aal</sup>   | 3.18±0.08 <sup>Bal</sup>   | 3.25±0.08 <sup>Bal</sup>   | 3.46±0.07 <sup>Cal</sup>     | 3.46±0.08 <sup>Cal</sup>   |
| 2 ppm | 2.03±0.03 <sup>Aall</sup>   | 2.06±0.04 <sup>Aall</sup>  | 2.18±0.09 <sup>Ball</sup>  | 2.10±0.09 <sup>Aall</sup>  | 12.30±0.06 <sup>Call</sup>   | 2.19±0.07 <sup>ABall</sup> |
| 4 ppm | 2.10±0.05 <sup>Aall</sup>   | 1.99±0.04 <sup>Aall</sup>  | 2.12±0.03 <sup>Aall</sup>  | 2.09±0.07 <sup>ABall</sup> | 2.13±0.04 <sup>Aall</sup>    | 2.11±0.04 <sup>Ball</sup>  |
| 6 ppm | 1.86±0.06 <sup>Aall</sup>   | 1.07±0.09 <sup>Abll</sup>  | 1.95±0.05 <sup>ABall</sup> | 1.15±0.09 <sup>Abll</sup>  | 1.99±0.03 <sup>BalIV</sup>   | 1.57±0.08 <sup>BbIV</sup>  |
|       | 3. HAFTA-WEEK 3   |                            | 4. HAFTA-WEEK 4            |                            | 5. HAFTA-WEEK 5              |                            |
|       | 2 DK-2 Min  | 5 DK-5 Min                 | 2 DK-2 Min                 | 5 DK-5 Min                 | 2 DK-2 Min                   | 5 DK-5 Min                 |
|       | 2 DK-2 Min  | 5 DK-5 Min                 | 2 DK-2 Min                 | 5 DK-5 Min                 | 2 DK-2 Min                   | 5 DK-5 Min                 |
| CNT*  | 3.53±0.09 <sup>Cal</sup>  | 3.53±0.08 <sup>CDal</sup>  | 3.69±0.09 <sup>Dal</sup>   | 3.69±0.05 <sup>Dal</sup>   | 3.95±0.07 <sup>Eal</sup>     | 3.94±0.08 <sup>Eal</sup>   |
| 2 ppm | 2.40±0.07 <sup>CDall</sup>  | 2.34±0.06 <sup>Ball</sup>  | 2.52±0.09 <sup>DEall</sup> | 2.41±0.08 <sup>Call</sup>  | 2.64±0.07 <sup>Eall</sup>    | 2.49±0.06 <sup>Cbll</sup>  |
| 4 ppm | 2.26±0.04 <sup>Ball</sup>   | 2.22±0.03 <sup>BCall</sup> | 2.28±0.04 <sup>Ball</sup>  | 2.25±0.07 <sup>Call</sup>  | 2.32±0.07 <sup>BallIII</sup> | 2.29±0.08 <sup>Call</sup>  |
| 6 ppm | 2.19±0.07 <sup>Call</sup>   | 1.95±0.09 <sup>Cbll</sup>  | 2.23±0.06 <sup>Call</sup>  | 2.03±0.08 <sup>CbIV</sup>  | 2.26±0.07 <sup>Call</sup>    | 2.05±0.05 <sup>CbIV</sup>  |

\*CNT: Control, untreated – kontrol

<sup>A-E</sup> Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (Uygulama: sabit – Süre: sabit – Depolama: farklı) ( $P<0.05$ ).

<sup>A-E</sup> Different capital letters donate significant differences between storage times in same treatment and time (Treatment: constant - Time: constant - Storage: variable) ( $P<0.05$ ).

<sup>ab</sup> Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (Uygulama: sabit – Depolama: sabit – Süre: farklı) ( $P<0.05$ ).

<sup>ab</sup> Different lowercase letters donate significant differences between treatment times in same treatment and storage time (Treatment: constant - Storage: constant - Time: variable) ( $P<0.05$ ).

<sup>IV</sup> Aynı alt satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (Depolama: sabit – Süre: sabit – Uygulama: farklı) ( $P<0.05$ ).

<sup>IV</sup> Different roman numbers donate significant differences between treatments in same treatment time and storage time (Storage: constant - Time: constant - Treatment: variable) ( $P<0.05$ ).

yumurta arasında olduğu görülmüştür. Ozon uygulaması neticesinde yumurtanın yüzeyinde logaritmik düşüşün 6 ppm 5 dk'da 1.83 log KOB/yumurta olduğu belirlenmiştir. Diğer uygulamaların ise 0.87 ile 1.04 log KOB/yumurta düşüm sağladığı belirlenmiştir. 5 haftalık depolama sonucunda, kontrol grubu yumurtalarda maya ve küf sayısı 3.94-3.95 log KOB/yumurta olarak tespit edilmiş olup, depolamanın yumurtanın yüzeysel maya ve küf sayısında yaklaşık 1 logaritmik birim artışa neden olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca uygulama yapılan örneklerde depolamanın etkisi ile maya ve küf sayısı artışının 0.61 ile 0.98 logaritma birimi arasında olduğu ve yüksek konsantrasyonda ozon uygulamasına tabii tutulan yumurta örneklerinin düşük konsantrasyonda ozon ile muamele edilen yumurtalara göre uygulama sonrasında daha hızlı maya ve küf gelişmesi olduğu gözlenmiştir. Ozon muamele sürelerinde 6 ppm konsantrasyonda depolama boyunca tüm haftalarda 2 dk ile 5 dk arasında maya ve küf sayımları açısından istatistiki fark ( $P<0.05$ ) tespit edilmiş olup, aynı fark 2 ppm uygulamasının 2 ve 5. hafta depolama sürelerinde de gözlenmiştir. Yumurta albümininin yapısında yer alan antimikrobiyel özelliğe sahip bileşenlerin *S. aureus*'un

gelişimi üzerine inhibe etkisi araştırılmıştır (19). Yapılan bir çalışmada yumurta yüzeyindeki *S. aureus* sayım değerleri 0.70 log KOB/cm<sup>2</sup>'den 15 gün sonra 1.0 log KOB/cm<sup>2</sup>'ye yükselmiştir (20). Depolama şartlarına bağlı olarak yumurta kabuğunda bulunabilen *S. aureus*'un artan sıcaklık ve uygun şartlarda yumurta içerisinde geçebileceği ve albümin ile sarıda tespit edilebileceği bildirilmiştir (21). Çizelge 4'te farklı konsantrasyon ve sürelerde ozona maruz bırakılan kabuklu yumurtaların yüzey *S. aureus* sayım değerleri verilmiştir. Ozon uygulanan tüm yumurta örneklerinin *S. aureus* sayım değerlerinin azalttığı, en çok azalmanın ise 6 ppm uygulamasında 1.78 ve 1.37 log KOB/yumurta değerleri ile saptanmıştır. Uygulamayı takip eden ölçümlerde 2 dk muamele süresinde 6 ppm uygulamanın kontrol ve diğer uygulamalardan; 4 ppm uygulamanın ise kontrol ve 6 ppm uygulamadan farklı olduğu ancak 2 ppm uygulama ile arasındaki farkın istatistiki açıdan farksız ( $P>0.05$ ) olduğu belirlenmiştir. 5 dk muamele süresinde ise; tüm uygulamaların kontrol grubu ve birbirinden farklı ( $P<0.05$ ) olduğu saptanmıştır. Çalışma kapsamında artan muamele süresi ile tüm haftalarda uygulamalar arasındaki farkın önemli olduğu tespit edilmiştir. Ozon uygulamasının

## Ozon Uygulamasının Taze Yumurtanın Mikrobiyel Kalitesi...

Çizelge 4. Farklı ozon konsantrasyonlarının depolama süresi boyunca yumurtanın *S. aureus* sayımı (log KOB/yumurta) üzerine etkisi  
Table 4. Effect of different ozone concentrations on *S. aureus* count (log CFU/egg) of the eggs during storage periods

|       | Depolama Süresi (Hafta) / Uygulama Süresi (Dk.) / Yumurta <i>S. aureus</i> sayımı<br>Storage Time (Week) / Treatment Time (Min.) / Egg <i>S. aureus</i> counts |                            |                           |                            |                           |                            |
|-------|--|----------------------------|---------------------------|----------------------------|---------------------------|----------------------------|
|       | 0. HAFTA-WEEK 0  |                            | 1. HAFTA-WEEK 1           |                            | 2. HAFTA-WEEK 2           |                            |
|       | 2 DK-2 Min   | 5 DK-5 Min                 | 2 DK-2 Min                | 5 DK-5 Min                 | 2 DK-2 Min                | 5 DK-5 Min                 |
| CNT*  | 2.20±0.05 <sup>Aal</sup>   | 2.22±0.04 <sup>Aal</sup>   | 2.51±0.04 <sup>Bal</sup>  | 2.50±0.08 <sup>Bal</sup>   | 2.65±0.04 <sup>Bal</sup>  | 2.71±0.06 <sup>Cal</sup>   |
| 2 ppm | 2.09±0.08 <sup>AaII</sup>  | 2.03±0.03 <sup>AaII</sup>  | 2.16±0.07 <sup>AaII</sup> | 2.12±0.07 <sup>AaII</sup>  | 2.31±0.08 <sup>BaII</sup> | 2.28±0.06 <sup>ABaII</sup> |
| 4 ppm | 2.01±0.04 <sup>AaII</sup>  | 1.89±0.07 <sup>AaII</sup>  | 2.05±0.08 <sup>AaII</sup> | 2.01±0.05 <sup>AaII</sup>  | 2.25±0.06 <sup>BaII</sup> | 2.21±0.09 <sup>BaII</sup>  |
| 6 ppm | 1.67±0.07 <sup>AaII</sup>  | 1.36±0.09 <sup>AbIV</sup>  | 1.96±0.04 <sup>BaII</sup> | 1.64±0.10 <sup>BaII</sup>  | 2.07±0.05 <sup>BaII</sup> | 1.81±0.08 <sup>CBaII</sup> |
|       | 3. HAFTA-WEEK 3  |                            | 4. HAFTA-WEEK 4           |                            | 5. HAFTA-WEEK 5           |                            |
|       | 2 DK-2 Min   | 5 DK-5 Min                 | 2 DK-2 Min                | 5 DK-5 Min                 | 2 DK-2 Min                | 5 DK-5 Min                 |
| CNT*  | 2.92±0.06 <sup>Cal</sup>   | 2.96±0.09 <sup>Cal</sup>   | 3.05±0.05 <sup>Cal</sup>  | 3.09±0.08 <sup>DEal</sup>  | 3.25±0.04 <sup>Dal</sup>  | 3.24±0.06 <sup>Eal</sup>   |
| 2 ppm | 2.49±0.07 <sup>CaII</sup>  | 2.37±0.08 <sup>BaII</sup>  | 2.72±0.07 <sup>Dal</sup>  | 2.67±0.09 <sup>CaII</sup>  | 2.82±0.06 <sup>Dal</sup>  | 2.71±0.07 <sup>CaII</sup>  |
| 4 ppm | 2.36±0.07 <sup>BaII</sup>  | 2.23±0.05 <sup>BaII</sup>  | 2.61±0.07 <sup>CaII</sup> | 2.41±0.05 <sup>CBaII</sup> | 2.68±0.08 <sup>CaII</sup> | 2.54±0.07 <sup>CaII</sup>  |
| 6 ppm | 2.20±0.04 <sup>CBaII</sup>   | 2.05±0.06 <sup>CBaII</sup> | 2.32±0.07 <sup>Dal</sup>  | 2.17±0.08 <sup>EBaII</sup> | 2.32±0.06 <sup>BaII</sup> | 2.24±0.06 <sup>EBaII</sup> |

\*CNT: Control, untreated – kontrol

<sup>A-E</sup> Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (Uygulama: sabit – Süre: sabit – Depolama: farklı) ( $P<0.05$ ).

<sup>A-E</sup> Different capital letters denote significant differences between storage times in same treatment and time (Treatment: constant - Time: constant - Storage: variable) ( $P<0.05$ ).

<sup>ab</sup> Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (Uygulama: sabit – Depolama: sabit – Süre: farklı) ( $P<0.05$ ).

<sup>ab</sup> Different lowercase letters denote significant differences between treatment times in same treatment and storage time (Treatment: constant - Storage: constant - Time: variable) ( $P<0.05$ ).

<sup>IV</sup> Aynı alt satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (Depolama: sabit – Süre: sabit – Uygulama: farklı) ( $P<0.05$ ).

<sup>IV</sup> Different roman numbers denote significant differences between treatments in same treatment time and storage time (Storage: constant - Time: constant - Treatment: variable) ( $P<0.05$ ).

muamele süresi açısından değerlendirildiğinde, sadece 6 ppm uygulamasının diğer uygulama ve kontrol grubu örneklerin *S. aureus* değerlerinden istatistiki olarak farklı olduğu tespit edilmiştir. Ozon uygulanan tüm yumurta örneklerinin *S. aureus* sayım değerlerinin azalttığı en çok azalma ise 6 ppm uygulamasında 1.67 ve 1.36 log KOB/yumurta değerleri ile saptanmıştır. Depolama süresince tüm uygulama gruplarında *S. aureus* değerlerindeki artış istatistiki olarak önemli ( $P<0.05$ ) bulunmuştur. Uygulama sonrası depolanan yumurtalarda *S. aureus* gelişimi kontrol grubuna göre daha yavaş gerçekleşmiştir.

### SONUÇ

Depolama boyunca ozon uygulanmasının (2 ppm, 4 ppm, 6 ppm; 2-5 dk) etkinliği araştırılmıştır. Ozonun özellikle 6 ppm depolama boyunca kaliteyi koruduğu belirlenmiştir. Ozon konsantrasyonu ve uygulama süreleri arttıkça, mikrobiyel gelişim azalmakta ve ozon uygulaması yapılan taze kabuklu yumurtalarda uygulama yapılmayanlara göre mikrobiyel yük daha düşük çıkmış ve ozon uygulamasının mikroorganizmalar üzerine etkileri önemli bulunmuştur. Uygulamanın

*Enterobacteriaceae*, koagülaz pozitif *Staphylococcus aureus*, toplam koloni, maya ve küf popülasyonu üzerine önemli düzeyde azalma sağladığı tespit edilmiştir. Buna göre taze yumurtaların yüzeyinin ozon ile muamele edilmesinin raf ömrü üzerine pozitif etkisi olduğu ve yapılan analizler ile yumurtanın depolama süresinin mikrobiyel yük üzerinde önemli derecede etkili olduğu belirlenmiştir.

### TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, Bilim ve Teknoloji Müdürlüğü tarafından SAN-TEZ (00729.STZ.2010-2) projesi ile destek-lenmiştir.

### KAYNAKLAR

1. Rzedzicki J, Stepien-Pysniak D, 2009. Antimicrobial defence mechanisms of chicken eggs and possibilities for their use in protecting human and animal health. *Ann* 64:1-8.
2. Braun PG, Fernandez N, Fuhrmann H, 2011. Investigations on the effect of ozone as a disinfectant of egg surfaces. *Ozone Sci Eng* 33:374-378.

3. Kim J-G, Yousef AE, Dave S, 1999. Application of ozone for enhancing the microbiological safety and quality of foods- a review. *J Food Protec* 62:1071-1087.
4. Erkmén O, 2001. Uses of ozone to improve the safety and quality of foods *Gıda Teknol* 5:58-64.
5. Beltrán D, Selma MV, Marín A, Gil MI, 2005. Ozonated water extends the shelf life of fresh-cut lettuce. *J Agric Food Chem* 53:5654-5663.
6. Rodríguez-Romo LA, Vurma M, Lee K, Yousef AE, 2007. Research note: Penetration of ozone gas across the shell of hen eggs. *Ozone Sci Eng* 29:147-150.
7. Perry JJ, Rodríguez-Saona LE, Yousef AE, 2011. Quality of shell eggs pasteurized with heat or heat-ozone combination during extended storage. *J Food Sci* 76:S437-444.
8. Bailey JS, Buhr RJ, Cox NA, Berrang ME, 1996. Effect of hatching cabinet sanitation treatments on Salmonella cross-contamination and hatchability of broiler eggs. *Poult Sci* 75:191-196.
9. Ito H, Nakatani H, Bamba H, Hayashi T, 1999. Influence of the hatchability of Japanese quail eggs (Hatching eggs) and sterilization effect for Salmonella by ozone gas sterilization. *Res Bull Aichi-Ken Agric Res Cent* 31:305-310.
10. Fuhrmann H, Rupp N, Buchner A, Braun P, 2010. The effect of gaseous ozone treatment on egg components. *J Sci Food Agric* 90:593-598.
11. Gole VC, Chousalkar KK, Roberts JR, 2013. Survey of Enterobacteriaceae contamination of table eggs collected from layer flocks in Australia. *Int J Food Microbiol* 164:161-165.
12. Jones DR, Musgrove MT, Northcutt JK, 2004. Variations in external and internal microbial populations in shell eggs during extended storage. *J Food Protec* 67:2657-2666.
13. Cataldo F, 2003. On the action of ozone on proteins. *Poly Degr and Stab* 82:105-114
14. Güzel-Seydim Z, Bever, PI Jr, Greene AK, 2004. Efficacy of ozone to reduce bacterial populations in the presence of food components. *Food Microbiol* 21:475-479.
15. Kamotani S, Hooker N, Smith S, Lee K, 2010. Consumer acceptance of ozone-treated whole shell eggs. *J Food Sci* 75:S103-107.
16. Perry JJ, Yousef AE, 2011. Decontamination of raw foods using ozone-based sanitization techniques, *Annu Rev of Food Sci Technol* 1:281-298.
17. Whistler PE, Sheldon BW, 1989. Bactericidal activity, eggshell conductance, and hatchability effects of ozone versus formaldehyde disinfection. *Poult Sci* 68:1074-1077.
18. Musgrove M, Jones D, Hinton A, Ingram K ve Northcutt J, 2008. Identification of yeasts isolated from commercial shell eggs stored at refrigerated temperatures. *J Food Protec* 71:1258-1261.
19. Wellman-Labadie O, Picman J, Hincke MT, 2008. Comparative antibacterial activity of avian egg white protein extracts. *Br Poult Sci* 49:125-132.
20. Shenga E, Singh RP, Yadav AS, 2010. Effect of pasteurization of shell egg on its quality characteristics under ambient storage. *J Food Sci Technol* 47:420-425.
21. Al-Natour MQ, Alaboudi AR, Al-Hatamelh NA, Osaili TM, 2012. Escherichia coli O157:H7 facilitates the penetration of Staphylococcus aureus into table eggs. *J Food Sci* 77:M29-34.