

T.C.
ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
DOKTORA TEZİ

YUMURTANIN AKTİF AMBALAJLAMA VE
YENİ MUHAFAZA YÖNTEMLERİ İLE
RAF ÖMRÜNÜN ARTTIRILMASI

Muhammed YÜCEER

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Tezin Sunulduğu Tarih: 13/09/2013

Tez Danışmanı:
Prof. Dr. Cengiz CANER

ÇANAKKALE

DOKTORA TEZİ SINAV SONUÇ FORMU

MUHAMMED YÜCEER tarafından **PROF. DR. CENGİZ CANER** yönetiminde hazırlanan “**YUMURTANIN AKTİF AMBALAJLAMA VE YENİ MUHAFAZA YÖNTEMLERİ İLE RAF ÖMRÜNÜN ARTTIRILMASI**” başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Doktora tezi olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Cengiz CANER

Danışman

Doç. Dr. Önder AYYILDIZ

Jüri Üyesi

Doç. Dr. Osman SAĞDIÇ

Jüri Üyesi

Yrd. Doç. Dr. Nükhet N. ZORBA

Jüri Üyesi

Yrd. Doç. Dr. M. Seçkin ADAY

Jüri Üyesi

Sıra No :

Tez Savunma Tarihi: 13.09.2013

Doç. Dr. Zeki KARACA

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

Hazırlanan bu Doktora tezi 00729.STZ.2010-2 no'lu SAN-TEZ projesi ile Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, Bilim ve Teknoloji Genel Müdürlüğü, tarafından desteklenmiştir.

İNTİHAL (AŞIRMA) BEYAN SAYFASI

Bu tezde görsel, işitsel ve yazılı biçimde sunulan tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uyularak tarafımdan elde edildiğini, tez içinde yer alan ancak bu çalışmaya özgü olmayan tüm sonuç ve bilgileri tezde kaynak göstererek belirttiğimi beyan ederim.

Muhammed YÜCEER

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın alt yapısının oluşturulmasında, çalışmalarımın yönlendirilmesinde değerli yardımlarını esirgemeyen, bana her konuda ve her zaman bilgi ve deneyimleri ile destek veren, gösterdiği ilgi ve sabrından dolayı değerli tez danışmanı hocam Sayın Prof. Dr. Cengiz CANER'e,

Değerli önerileri ile tezimin gelişmesinde yönlendirici tavsiyeleri ile destek olan değerli tez komitesi hocalarım Sayın Doç.Dr. Önder AYYILDIZ ve Sayın Yrd. Doç. Dr. N. Nükhet DEMİREL ZORBA'ya,

Tecrübe ve önerilerini paylaşarak destek sağlayan değerli hocam Sayın Doç. Dr. Osman SAĞDIÇ'a,

Çalışmalarımın tüm aşamalarında deneyimini tüm özverisi ile paylaşan ve çalışmanın istatistiksel analizinde yardımlarını esirgemeyen Sayın Yrd. Doç. Dr. Mehmet Seçkin ADAY'a,

Araştırma ile ilgili deneylerin bölüm laboratuvarında gerçekleştirilmesinde değerli katkıları bulunan Sayın Arş. Gör. Rıza TEMİZKAN ve Sayın Arş. Gör. Mehmet Burak BÜYÜKCAN'a,

Doktora süresince SAN-TEZ projemi ve çalışmayı mali yönden destekleyen başta A.B GIDA SAN. ve TİC. A.Ş. ve Genel Müdürü Sayın Abdullah UNAKITAN ile BİLİM, SANAYİ ve TEKNOLOJİ BAKANLIĞI, Bilim ve Teknoloji Genel Müdürlüğü'ne,

Bugüne kadar yaşamımın her döneminde olduğu gibi tez çalışmam boyunca da maddi-manevi anlamda hep yanımda olan ve haklarını hiçbir zaman ödeyemeyeceğim babam Prof. Dr. İsa YÜCEER, annem Zeliha YÜCEER, kardeşlerim Dr. Abdülbaki YÜCEER, Fatma YÜCEER ve Abdüsselam YÜCEER'e,

Her zaman yanımda olan ve desteğini esirgemeyen, güler yüzü ve anlayışı ile bu süreçte tezime yoğunlaşma yönünde ellerinden geleni yapan değerli eşim N.Sümeyye YÜCEER'e ve hayatıma değer katan oğlum Hamza Yusuf YÜCEER ve kızım Hatice Erva YÜCEER'e,

En içten teşekkürlerimi sunmayı borç bilirim.

Muhammed YÜCEER

SİMGELER VE KISALTMALAR

a [*]	Kırmızılık-yeşillik
b [*]	Sarılık-mavilik
CO ₂	Karbondioksit
dk	Dakika
HB	Haugh Birimi – Haugh Unit
FT-NIR	Fourier Dönüşümlü Yakın Kızıl Ötesi Spektroskopisi
g	Gram
KNT	Kontrol
KTS	Kitosan
kob	Koloni Oluşturan Birim (sayım sonucunda)
L [*]	Parlaklık
LS	Lisozim
TMAB	Toplam Mezofilik Aerobik Bakteri
PAS	Peynir Altı Suyu
PASI	Peynir Altı Suyu İzolatı
PASK	Peynir Altı Suyu Konsantratu
PCA	Plate Count Agar
O ₂	Oksijen
O ₃	Ozon
US	Ultrases
W	Watt
SI	Sarı İndeksi – Yolk İndeks

ÖZET

YUMURTANIN AKTİF AMBALAJLAMA VE YENİ MUHAFAZA YÖNTEMLERİ İLE RAF ÖMRÜNÜN ARTTIRILMASI

Muhammed YÜCEER

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı Doktora Tezi

Danışman: Prof. Dr. Cengiz CANER

13/09/2013, 259

Bu tezde, aktif ambalajlama ve yeni muhafaza tekniklerinin taze yumurta kalitesine (Ağırlık kaybı (AK), Haugh birimi (HB), sarı indeksi (SI), albümin ve sarının pH'sı, kuru maddesi (KM), köpük kapasitesi (RWC), viskozite, renk (L^*, a^*, b^*), kabuk mukavemeti, FT-NIR spektrası ve mikrobiyal yüke (Toplam mezofil aerobik bakteri (TMAB), küf-maya, Enterobacteriaceae, *S. aureus* ve *Salmonella*) etkileri depolama boyunca incelenmiştir.

Birinci bölümde, farklı kaplamaların (Peyniraltı proteini izolatu-PASI, peyniraltı proteini konsantratu-PASK, zein, şellak) yumurta kalitesine etkisi araştırılmıştır. Şellak ve zein kaplananlar "AA" kaliteyi 5 hafta muhafaza ederken, PASI ve PASK "AA" kaliteyi 3 hafta koruyabilmiştir. Farklı kaplamalar kabuk mukavemetini önemli derecede geliştirmiş ve mikrobiyal yükün artış hızını sınırlandırmıştır.

İkinci bölümde, kitosan-lizozim kaplamasının (%1-%0; %1-%10; %1-%20; %1-%60) yumurta kalitesine etkisi incelenmiştir. Artan lizozim konsantrasyonu, kaliteyi (AK, pH, HB ve RWC) koruyarak ve mikrobiyal yükü azaltarak, raf ömrünü (özellikle %20 ve %60) uzatmıştır.

Üçüncü bölümde, ozon uygulanmasının (2ppm, 4ppm, 6ppm; 2-5dk) etkinliği araştırılmıştır. Ozonun (özellikle 6ppm) depolama boyunca kaliteyi koruduğu belirlenmiştir. Ozon konsantrasyonu ve uygulama süreleri arttıkça, mikrobiyal gelişim azalmaktadır.

Dördüncü bölümünde, ultrases uygulamasının (200W,300W,450W; 2-5dk) kaliteye etkisi incelenmiştir. 300W ve 450W mikrobiyal yükü önemli düzeyde azaltarak, yumurta kalitesini korumuştur.

Son bölümde, optimum uygulamaların (Şellak, %20 lizozim-kitosan, 6 ppm-4 dk ozon ve 450 W-4 dk ultrases) kaliteye etkisi araştırılmıştır. Şellak “AA” kaliteyi 6 hafta muhafaza ederken, %20 lizozim-kitosan ve ozon “AA” kaliteyi 4 hafta muhafaza etmiştir. Ağırlık kaybı ve kabuk mukavemetinin korunmasında şellak ve %20-lizozim-kitosan uygulamaları en etkin uygulamalar olduğu belirlenmiştir. Ozon ve ultrases uygulamaları ise yumurtada yüzey florasının azaltılmasında etkili bulunmuştur. Şellak ve %20 lizozim-kitosan kaplamalar yüzey florasının depolama boyunca stabil bir seyir izlemesini sağlamıştır.

Sonuç olarak, albümin parametreleri (pH, KM, viskozite ve RWC) yumurta tazeliğinin tespitinde önemli indikatörler olarak belirlenmiştir. FT-NIR analizi ise kalitedeki değişim bilgilerini verebilmektedir. Gelecekte, ozon, ultrases ve kaplama uygulamalarının yumurta endüstrisinde önemli kullanılma potansiyele sahip olacağı düşünülmektedir.

Anahtar sözcükler: Yumurta, Antimikrobiyal Kaplama, Ozon, Ultrases, Raf Ömrü, Kalite, FT-NIR Spektroskopisi.

ABSTRACT

ACTIVE PACKAGING AND NEW PRESERVATION METHODS FOR EXTENDING SHELF LIFE OF EGGS

Muhammed YÜCEER

Canakkale Onsekiz Mart University

Graduate School

Food EngineeringDissertation, Ph.D.

Advisor: Prof. Dr. Cengiz CANER

13/09/2013, 259

In this study, effect of active packaging and new preservation techniques on eggs quality (Weight loss (WL), Haugh unit (HB), yolk index (YI), pH, dry matter (DM), foaming capacity(RWC), viscosity, color (L^*, a^*, b^*) and shell strength, FT-NIR and microbial loads (Total mesophilic aerobic bacteria (TMAB), mold-yeast, Enterobacteriaceae, *S.aureus* and *Salmonella*) was investigated during storage.

In the first part, effect of various coatings (Whey protein isolate (WPI), whey protein concentrate (WPC), zein, shellac) on eggs quality was investigated. Shellac and zein coatings maintained their “AA” quality during 5 weeks while WPI and WPC had maintained for 3 weeks. Various coatings had increased eggshell strength and reduced microbial load.

In the second part, effect of chitosan-lysozyme coatings (1%-0%; 1%-10%; 1%-20%; 1%-60%) was investigated. Increasing lysozyme concentration were better maintained quality (WL, pH, HU and RWC) and reduced microbiological load (especially 20% and 60%), extended shelf life.

In the third part, effects of ozone applications (2,4,6ppm; 2-5min) were investigated. Ozone (6ppm) enhanced the internal quality during storage. Microbial inactivation increased with increasing exposure time and concentration.

In the fourth part, effect of ultrasound application (200W, 300W and 450W; 2-5 min) were investigated. 300W and 450W were significantly reduced microbial load, effectively preserved eggs quality.

In the last part, effect of optimum applications (shellac, 20% lysozyme-chitosan, 6ppm-4min ozone and 450W-4min ultrasound) were investigated. Shellac maintained their “AA” quality during 6 weeks while 20% lysozyme-chitosan and ozone had maintained for 4 weeks. Shellac and 20% lysozyme-chitosan were most effective applications on weight loss and shell strength. Ozone and ultrasound were effective applications in reducing the egg surface flora.

Consequently, albumin parameters (pH, DM, viscosity and RWC) are used as freshness indicators. FT-NIR analysis is able to provide details of the quality changes. Ozone, ultrasound and coatings of shell eggs has potential uses in the industry.

Keywords: Egg, Antimicrobial Coating, Ozone, Ultrasound, shelf Life, Quality, FT-NIR Spectroscopy.

İÇERİK	Sayfa
DOKTORA TEZİ SINAV SONUÇ FORMU	ii
İNTİHAL (AŞIRMA) BEYAN SAYFASI	iii
TEŞEKKÜR	iv
SİMGELER VE KISALTMALAR	v
ÖZET	vi
ABSTRACT	viii
BÖLÜM 1 –GİRİŞ.....	1
BÖLÜM 2 - ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	3
2.1. Yumurtanın Bileşim Özellikleri.....	3
2.2. Yumurtanın Kimyasal Yapısı	3
2.2.1. Protein	3
2.2.2. Lipid	4
2.2.3. Vitamin.....	5
2.2.4. Mineral maddeler.....	5
2.3 Yumurtanın Fiziksel Yapısı	6
2.3.1. Yumurta kabuğu ve zarı.....	7
2.3.1.1. Şalaz	8
2.3.1.2. Vitellin zarı.....	8
2.3.1.3. Kabuk zarı.....	8
2.3.1.4. Kutikula.....	9
2.3.2. Yumurta akı (albümin).....	9
2.3.3. Yumurta sarısı.....	11
2.4. Dünya’da Yumurta Üretim Alanları ve Üretim Miktarı	11
2.5. Türkiye’de Yumurta Üretimi ve İhracatı	12
2.6. Depolama Sürecinde Yumurtada Meydana Gelen Değişmeler	14
2.6.1. Fiziksel değişiklikler	14
2.6.2. Kimyasal değişiklikler	14
2.6.3. Yumurtada mikrobiyolojik bozulmalar.....	15
2.7. Yumurta Muhafaza Yöntemleri	17
2.7.1. Kaplama ve aktif ambalajlama.....	19
2.7.2. Ultrases uygulaması	22
2.7.3. Ozon (O₃)	23
2.7.4. Soğukta muhafaza.....	24

2.7.5. Dondurarak muhafaza	24
2.7.6. Isıl işlem ile muhafaza (kabukta pastörizasyon)	24
2.7.7. Ultraviyole uygulaması	25
2.7.8. Atımlı (vurgulu) elektrik alan uygulaması	25
2.7.9. Mikrodalga uygulaması.....	26
2.7.10. Işınlama-radyasyon uygulaması	27
2.7.11. Yüksek basınç uygulaması	28
2.7.12. Atımlı ışık uygulaması	28
2.7.13. Diğer yöntemler (dezenfektanlar).....	29
2.8. Yumurta Kalitesi Üzerine Muhafaza Tekniklerinin Etkileri	30
BÖLÜM 3 - MATERYAL VE YÖNTEM.....	38
3.1. Materyal.....	38
3.1.1. Taze yumurta.....	38
3.2. Yöntem	38
3.2.1. Yapılan uygulamalar	38
3.2.1.1. Farklı kaplama materyallerinin hazırlanması (Yöntem-I).....	38
3.2.1.2. Kitosan-lisozim kaplama hazırlanması (Yöntem II)	39
3.2.1.2.1. Yumurtaların kaplanması	39
3.2.1.3. Ultrases uygulaması (Yöntem III).....	40
3.2.1.4. Ozon uygulaması (Yöntem IV).....	41
3.2.1.5. Optimizasyon uygulaması (farklı kaplama, lisozim kitosan kaplama, ultrases ve ozon uygulama) (Yöntem V).....	41
3.2.2. Analizler	42
3.2.2.1. Fiziksel, kimyasal ve fonksiyonel analizler	42
3.2.2.1.1. Ağırlık kaybı değerlendirmesi	42
3.2.2.1.2. Haugh birimi ve sarı indeksi.....	42
3.2.2.1.3. pH ölçümü	43
3.2.2.1.4. Çözünür kuru madde	43
3.2.2.1.5. Relatif köpük kapasitesi	43
3.2.2.1.6. Renk ölçümleri	44
3.2.2.1.7. Albümin viskozite ölçümü.....	44
3.2.2.1.8. Kabukta kırılma direnci (kabuk mukavemeti)	44
3.2.2.1.9. FT-NIR spektroskopi ölçümleri	44
3.2.2.2. Mikrobiyolojik analizler	45

3.2.2.2.1. Toplam mezofil aerob bakteri sayımı	45
3.2.2.2.2. Küf-maya sayımı.....	45
3.2.2.2.3. <i>Staphylococcus aureus</i> sayımı	46
3.2.2.2.4. Enterobacteriaceae sayımı	46
3.2.2.2.5. Salmonella analizi	46
3.2.3. İstatistiksel analiz.....	47
BÖLÜM 4 - ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA.....	48
4.1. Farklı Kaplama Materyalinin Yumurtanın Kalitesi Üzerine Etkisi.....	48
4.1.1. Ağırlık kaybı değerlendirmesi	48
4.1.2. Haugh birimi ve sarı indeksi analizi.....	50
4.1.3. Albümin ve yumurta sarısı pH ölçümleri	54
4.1.4. Albümin ve sarı çözünür kuru madde ölçümleri	56
4.1.5. Albümin ve bütün yumurtada relatif köpük kapasitesi	58
4.1.6. Viskozite ölçümü	60
4.1.7. Renk analizleri.....	62
4.1.8. Kabukta kırılma direnci (kabuk mukavemet) analizi	65
4.1.9. FT-NIR spektroskopi ölçümleri.....	67
4.1.10. Mikrobiyolojik analizler.....	70
4.1.10.1. Toplam mezofilik aerobik bakteri sayımı analiz değerleri.....	70
4.1.10.2. Küf-maya sayımı analiz değerleri	71
4.1.10.3. <i>S. aureus</i> analiz değerleri	72
4.1.10.4. Enterobacteriaceae analiz değerleri	73
4.1.10.5. Salmonella analizi	74
4.2. Lizozim-Kitosan Kaplama Materyalinin Yumurtanın Kalitesi Üzerine Etkisi.....	74
4.2.1. Ağırlık kaybı değerlendirmesi	74
4.2.2. Haugh birimi ve sarı indeksi analizi.....	75
4.2.3. Albümin ve sarı pH ölçümleri.....	78
4.2.4. Albümin ve sarı kuru madde ölçümleri	80
4.2.5. Albümin ve bütün yumurtada relatif köpük kapasitesi	82
4.2.6. Viskozite ölçümü	85
4.2.7. Renk analizleri.....	86
4.2.8. Kabuk kırılma dayanımı (kabuk mukavemeti) analizi	91
4.2.9. FT-NIR spektroskopi değerleri.....	93

4.2.10. Mikrobiyolojik analizler	95
4.2.10.1. Toplam mezofil aerobik bakteri sayımı analiz değerleri	95
4.2.10.2. Küf-maya sayımı analiz değerleri	96
4.2.10.3. <i>S. aureus</i> analiz değerleri	97
4.2.10.4. Enterobacteriaceae analiz değerleri	98
4.2.10.5. Salmonella spp. analizi	99
4.3. Ozon Uygulamasının Yumurtanın Kalitesi Üzerine Etkisi	100
4.3.1. Ağırlık kaybı değerlendirmesi	100
4.3.2. Haugh birimi ve sarı indeksi analizi.....	102
4.3.3. Albümin ve sarı pH ölçümleri.....	108
4.3.4. Albümin ve sarı kuru madde ölçümleri	113
4.3.5. Albümin ve bütün yumurtada relatif köpük kapasitesi	117
4.3.6. Viskozite ölçümü	120
4.3.7. Renk analizleri.....	123
4.3.8. Kabukta kırılma direnci (kabuk mukavemet) analizi	130
4.3.9. FT-NIR spektroskopi değerleri.....	133
4.3.10. Mikrobiyolojik analizler	134
4.3.10.1. Toplam mezofilik aerobik bakteri Sayımı analiz değerleri	134
4.3.10.2. Küf-Maya sayımı analiz değerleri.....	137
4.3.10.3. <i>S. aureus</i> analiz değerleri	139
4.3.10.4. Enterobacteriaceae analiz değerleri	141
4.3.10.5. Salmonella analizi	143
4.4. Ultrases Uygulamasının Yumurtanın Kalitesi Üzerine Etkisi	143
4.4.1. Ağırlık kaybı değerlendirmesi	143
4.4.2. Haugh birimi ve sarı indeksi analizi.....	145
4.4.3. Albümin ve yumurta sarısı pH ölçümleri	148
4.4.4. Albümin ve sarı çözünür kuru madde ölçümleri	152
4.4.5. Albümin ve bütün yumurtada relatif köpük kapasitesi	157
4.4.6. Viskozite ölçümü	160
4.4.7. Renk analizleri.....	163
4.4.8. Kabukta kırılma direnci (kabuk mukavemeti) analizi.....	171
4.4.9. FT-NIR spektroskopi değerleri.....	173
4.4.10. Mikrobiyolojik analizler	175
4.4.10.1. Toplam mezofilik aerobik bakteri sayımı analiz değerleri	175

4.4.10.2. Küf-maya sayımı analiz değerleri	179
4.4.10.3. <i>S. aureus</i> analiz değerleri	181
4.4.10.4. Enterobacteriaceae analiz değerleri	183
4.4.10.5. Salmonella analizi	186
4.5. Kombine Edilen Farklı Muhafaza Tekniklerinin Yumurtanın Kalitesi Ömrüne Etkileri	187
4.5.1. Ağırlık kaybı değerlendirmesi	187
4.5.2. Haugh birimi ve sarı indeksi analizi.....	190
4.5.3. Albümin ve yumurta sarısı pH ölçümleri	195
4.5.4. Albümin ve sarı çözünür kuru madde ölçümleri	201
4.5.5. Albümin ve bütün yumurtada relatif köpük kapasitesi	204
4.5.6. Viskozite ölçümü	207
4.5.7. Renk analizleri.....	209
4.5.8. Kabukta kırılma direnci (kabuk mukavemeti) analizi.....	218
4.5.9. FT-NIR spektroskopi değerleri.....	220
4.5.10. Mikrobiyolojik Analizler	222
4.5.10.1. Toplam mezofil aerobik bakteri sayımı analiz değerleri	222
4.5.10.2. Küf-maya sayımı analiz değerleri	224
4.5.10.3. <i>S. aureus</i> analiz değerleri	226
4.5.10.4. Enterobacteriaceae analiz değerleri	227
4.5.10.5. Salmonella Spp. analizi	229
BÖLÜM 5 - SONUÇ VE ÖNERİLER.....	231
KAYNAKLAR.....	236
Çizelgeler	I
Şekiller	XI
Özgeçmiş.....	XII

BÖLÜM 1**GİRİŞ**

Yumurta, insan beslenmesinin temelinde yer alan, anne sütünden sonra, işlevsel özellikleri ile besin öğeleri bakımından mükemmel ve ülke ekonomisinde önemli bir yere sahip olan bir gıda maddesidir (Stadelman ve Cotterill, 1995; Tayyar, 2005). Yumurta, ticari olarak *Gallus gallus var. domesticus* cinsi evcil tavuklardan elde edilmekte ve sofralık veya yemeklik yumurta olarak adlandırılmaktadır (Anonim, 2008). Yumurta, besin öğeleri ve yüksek biyolojik değere sahip protein içeriği ile birlikte esansiyel amino asitleri yeterli ve dengeli miktarda içermektedir (Surai ve Sparks, 2001). Yumurta sahip olduğu 93,7 biyolojik değeri ile tüm gıda grupları arasındaki en yüksek referans değere sahiptir. Yumurta, esansiyel yağ asidi profili (linoleik ve oleik asit) bakımından da fonksiyonel bir besin maddesi olarak kabul edilmektedir. Kabuk, beyaz ve sarı kısımlarından oluşan yumurta A, D, E, K ve B vitaminlerince zengindir. Ayrıca demir, fosfor ve iz mineraller açısından özellikle gelişme çağındaki bireylerde kritik önem taşımaktadır. Yumurta sarısında lipid açısından zengin olup, düşük oranda B₁ vitamini ve eser düzeylerde niasin bulunur (Watkins, 1995; Açıkgoz ve Önenç, 2006).

Tavukçuluk sektörü başta olmak üzere yumurta endüstrisi, ülkemiz hayvancılığı içerisinde en hızlı gelişme gösteren sektör olup, modern teknolojiyi uygulamada gelişmiş ülkeler seviyesindedir. Ülkemizde yumurta sektörü son 10 yılda iç tüketim ve ihracatın etkisi ile sürekli bir büyüme trend ile 2012 yılında üretilen yumurta miktarı 15,7 milyar'a ulaşmıştır (Anonim, 2012).

Yumurta; dondurularak, kurutulularak (toz) veya pastörize (sıvı) edilerek fırıncılık ve pastacılık gibi endüstrilerde farklı ürünlerin üretiminde hammadde veya yardımcı bileşen olarak kullanılmaktadır. Yumurta ürünleri ile hazırlanan gıda maddeleri arasında; mayonez, sos, kek, beze, sporcu ürünleri, makarna, dondurma, bebe bisküvisi, hazır çorba, sporcu içeceği, nuga, helva, mantı, erişte, makaron, gofret, çikolata çeşitleri ve krema bulunmaktadır. Yumurta, fonksiyonel özellikleri sayesinde jelleşme, köpük oluşturma, kristalleşmeyi geciktirici, bağlayıcı, renklendirici, aroma verme, hacim alma, kabarma veya emülsifiyer olarak bir çok amaçla gıda üretiminde yoğun şekilde kullanılmaktadır (Koudele ve Heinsohn, 1960; Stadelman ve Cotterill, 1995; Mine, 2002; Mine, 2007).

Mükemmel bir protein kaynağı olan taze yumurta, dünya genelinde günlük olarak tüketilen en besleyici gıdalar arasında yer almaktadır. Bununla birlikte, yumurta depolama sırasında iç kalite bozulmasına ve hızlı mikrobiyal gelişmeye karşı oldukça duyarlıdır. Kümeden alındıktan hemen sonra yumurtanın kimyasal, fiziksel, mikrobiyolojik ve fonksiyonel özelliklerinin değişimi olan bayatlama süreci başlar (Freeland-Graves ve Peckman, 1987; Caner ve Cansız, 2007; Belitz ve ark., 2009). Yumurta kabuğu doğal bariyer olarak kabul edilebilir olsa da, kabuklu yumurtanın raf ömrü kısadır ve bozulmaya karşı son derece hassastır. Bu durum yumurta endüstrisi için büyük ekonomik kayıplarla sonuçlanır (Wong ve ark., 1996b; Caner, 2005a). Yumurtanın genel kalitesindeki küçük bir gelişme-iyileşme bile endüstride kayda değer tasarruflar sağlayacaktır.

Uygun işleme yöntemi ve muhafaza teknikleri ile söz konusu kayıplar ve sağlık riskleri en aza indirilerek yumurta ürünlerinin ve yumurtanın kullanıldığı diğer ürünlerin raf ömürleri arttırılabilir. Yumurta kalitesinin muhafazası ve raf ömrü artırılması amacıyla meydana gelebilecek ekonomik zararların azaltılmasında yeni yöntemler kullanılabilir.

Kabuklu yumurtanın kalitesinin iyileştirilmesi ve tazeliğinin daha uzun süre muhafazasının sağlanması için etkin ve pahalı olmayan yeni yöntemlere ihtiyaç vardır. Aktif ambalajlama (kaplama) ve yeni yöntemlerin (ozon ve ultrases) özellikle taze yumurtanın kalitesinin arttırılması (raf ömrünün uzatılması) üzerinde sınırlı sayıda yayına rastlanılmıştır. Bu durum; bölgesel olarak ciddi üretici konumunda olduğumuz yumurta konusunda ayrıntılı çalışmaya ihtiyaç duyulduğunu göstermektedir. Bu nedenle, gelişmiş aktif ambalajlama ve yeni yöntemler kabuklu yumurtanın kalitesinin muhafazası (mikrobiyal kontaminasyonunun azaltılması ve kabuk mukavemetinin artırılması) ve ticari yumurta sektöründe tüketici güveninin korunması için önemli olacaktır.

Bu çalışma aktif ambalajlama (farklı kaplama ve kitosan-lizozim antimikrobiyal kaplama) ve yeni muhafaza yöntemlerinden olan ozon ve ultrasesin taze kabuklu yumurtaların kalite kriterlerinin (iç kalite kriteri, kabuk mukavemeti ve mikrobiyal flora) arttırılmasında etkinliğinin araştırılmasını amaçlamaktadır. Bu amaçla pH, kuru madde, haugh birimi (HB), sarı indeksi (SI), relatif köpük kapasitesi (RWC), renk (L*, a* ve b*), kabuk mukavemeti, mikrobiyal analizler ve FT-NIR spektroskopi analizleri oda sıcaklığında (25°C) 6 hafta boyunca depolanan yumurtalarda periyodik olarak gerçekleştirilmiştir.

BÖLÜM 2

ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.1.Yumurtanın Bileşim Özellikleri

Yumurta, yetişkin bir bireyin günlük olarak gereksinim duyduğu esansiyel besin öğelerini içeren fonksiyonel temel bir gıda maddesidir (Açıkgöz ve Önenç, 2006; Anton ve Nau, 2006). Ortalama 60 g gelen bir yumurtanın yaklaşık %9,5'ini kabuk, %63'ünü yumurta beyazı ve %27,5'ini yumurta sarısı oluşturmaktadır. Kabuksuz yumurtanın, %75'i sudan, %12'i lipitten, %0,72'si karbonhidrattan, %12'si proteinden ve %11,7'si mineral maddelerden oluşmaktadır. Albüminin protein oranı%10,6 iken yumurta sarısında ise bu oran %16,6'dır. Ancak, miktar olarak akında daha fazladır. Yumurta sarısında, protein miktarı 2,78 g olduğu halde akında 3,5 g'dır. Yumurta akının büyük bir bölümünü oluşturan ovalbüminde; glutamik asit, lösin, alanin ve aspartik asit gibi amino asitler yer almaktadır (Stadelman ve Cotterill, 1995; Kovacs-Nolan ve ark., 2005b).

2.2. Yumurtanın Kimyasal Yapısı

2.2.1. Protein

Yumurta, hayvansal ürünler arasında referans olarak kabul gören, en iyi biyoyararlılığa, oldukça yüksek sindirilebilir protein kalitesine ve esansiyel amino asit profiline sahip bir gıdadır (Watkins, 1995; Surai ve Sparks, 2001).

Yumurta proteinleri yumurtanın her yerinde dağılmış durumda olup, çoğunlukla yumurta beyazı (~% 60) ve yumurta sarısında (~% 30) bulunmaktadır. %10'luk kısım ise yumurta kabuğu ve yumurta kabuğu zarında bulunur. Çizelge 2.2.1'de yumurtanın bileşimi ve protein içeriği verilmiştir. Mükemmel besin değerine ek olarak, yumurta proteinleri diğer gıda maddelerine göre en yüksek biyolojik değere sahiptir. Lisozim, ovotransferrin ve avidin gibi yumurta beyazındaki proteinler, sayısız biyolojik ve fonksiyonel karakteristiklere sahiptirler. Ayrıca, yumurta kabuğu matrisinde bulunan biyoaktif proteinler; insan bağırsak epitel hücrelerindeki kalsiyumun taşınmasını kolaylaştırma gibi fonksiyonel etkide bulunmaktadır. Yumurta proteinlerinin, biyolojik olarak aktif peptit kaynağı olduğu iyi bilinmektedir. Yumurta proteinleri temel fonksiyonları ise gelişen embriyoya besin sağlanması ve mikrobiyal etkilere yumurtayı korumak olarak ifade edilebilir (Li-Chan ve Kim, 2008; Mine ve Zhang, 2012).

Yumurta albümininde yer alan proteinler ısı ileme karşı oldukça hassastırlar. Yumurta albümini, tipik olarak, ısıtılmayla koagüle olabilen, yapışkan, ince ve saydam bir sıvıdır. Isı moleküllerin titreşiminden dolayı kinetik enerjiyi artırarak hidrojen bağları ve polar olmayan hidrofobik etkileşimleri bozabilirler. Yumurta proteinlerinde koagülasyon işlemi daha çok pişirme esnasında meydana gelmektedir. Koagülasyon işlemi, sıcaklık, nem, albümin, tuzların varlığı ve ortamın pH'sı gibi birçok faktöre bağlıdır. Çeşitli gıda ürünlerinde yumurtayı önemli yapan çarpılabilirlik, köpükleşme ve köpük stabilitesi gibi fonksiyonel özellikler yüksek sıcaklıklardan etkilenirler (Mine, 2007; Van der Plancken ve ark., 2007; Kuropatwa ve ark., 2009).

Çizelge 2.2.1. Yumurtanın bileşimi (%) (Li-Chan ve Kim, 2007)

Yaklaşık Bileşim (% w/w)	Nem	Protein	Lipit	Karbonhidrat	Mineral
Bütün Yumurta (%100)	66,1	12,8-13,4	10,5-11,8	0,3-1,0	0,8-1,0
Yumurta Kabuğu (%9-11)	1,6	6,2-6,4	0,03	İz	91-92
Yumurta Albümini (%60-63)	87,6	9,7-10,6	0,03	0,4-0,9	0,5-0,6
Yumurta Sarısı (%28-29)	48,7	15,7-16,6	31,8-35,5	0,2-1,0	1,1

2.2.2. Lipid

Yumurta proteinleri, mono, di ve trigliseritler, kolesterol ve kolesterol esterleri ile serbest yağ asitlerinden oluşmaktadır (Ternes, 2002). Yumurtanın beyaz kısmında %0,02 gibi çok az oranda lipid bulunmaktadır. Yumurta sarısında bulunan lipidler, çoğunlukla yumurta sarısında yer almaktadır. Bir yumurtanın sarısında yaklaşık 4,5 g lipid bulunmaktadır. Yumurta sarısındaki lipid miktarı %31,8 ile %35,5 arasında olup, kuru maddesindeki lipid oranı yaklaşık %70'tir. Ayrıca kabuktaki kütikülada %0,045 ve kabuk membranında da %1,35 yağ bulunduğu bildirilmiştir. 60 g olan bir yumurtada toplam yağ miktarı yaklaşık olarak 5 g'dır. Ancak daha yüksek serum kolesterol düzeyi ile ilişkili olan türü toplam doymuş yağ ise, sadece 1,6 g'dır (Ternes, 2002; Tayyar, 2005; Mine, 2007). Çizelge 2.2.1'de yumurtanın bileşimi ve lipid içeriği verilmiştir. Yumurta sarısında bulunan lipidlerin yumurtadaki lutein ve E vitamininin bağırsaklardan tam emilimi için gerekli olduğu bildirilmiştir (Surai ve Sparks, 2001).

2.2.3.Vitamin

Yumurthanın albümin kısmı yağda çözünen vitamin içermemektedir. Ancak suda çözünen B grubu vitaminler olan biyotin, niasin ve riboflavin'i içermektedir. Ancak vitamin C açısından yoksundur. Yumurthanın sarısı ise suda çözünen niasin ve riboflavin dışındaki tüm vitaminler açısından zengindir (Mine, 2007). Çizelge 2.1.2'de yumurthanın vitamin içeriği verilmiştir.

Çizelge 2.1.2. Yumurthanın vitamin bileşimi (mg/100g) (Belitz ve ark., 2009)

	Albümin	Yumurta Sarısı
Retinol (A)	0	1,12
Tiamin	0,022	0,29
Riboflavin	0,27	0,44
Niasin	0,1	0,065
Pirooksin	0,012	0,3
Pantotanik Asit	0,14	3,72
Biyotin	0,007	0,053
Folik asit	0,009	0,15
Tokoferol	0	6,5
α - Tokoferol	-	5,4
Vitamin D	-	0,0056

2.2.4.Mineral maddeler

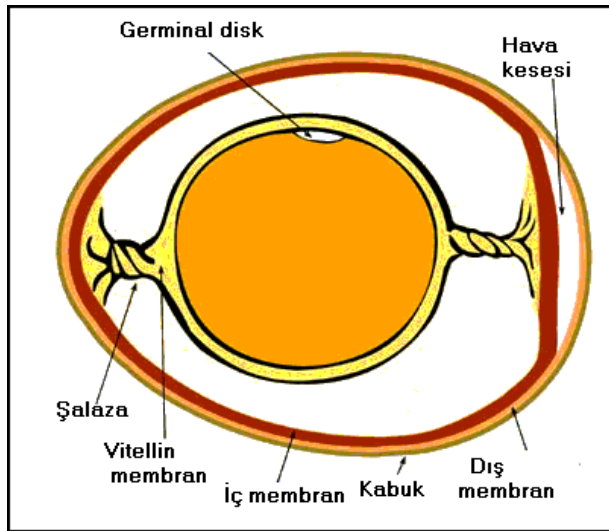
Yumurthanın mineral madde açısından zengin bir kaynak olduğu bildirilmiştir. Demir, fosforve sodyum gibi mineral maddeler yumurtada yeterli ve dengeli oranlarda bulunmaktadır. Ayrıca yumurta kabuğunun kalsiyum karbonat (CaCO_3) kaynağı olduğu bilinmektedir (Şenköylü, 2001; Mine, 2007). Çizelge 2.1.3'te yumurthanın mineral madde bileşimine yer verilmiştir.

Çizelge 2.1.3. Yumurthanın mineral madde bileşimi (Belitz ve ark., 2009)

	Albümin (%)	Yumurta Sarısı (%)
Sülfür	0,195	0,016
Fosfor	0,015-0,03	0,543-0,980
Sodyum	0,161-0,169	0,026-0,086
Potasyum	0,145-0,167	0,112-0,360
Magnezyum	0,009	0,016
Kalsiyum	0,008-0,02	0,121-0,262
Demir	0,0001-0,0002	0,0053-0,011

2.3 Yumurthanın Fiziksel Yapısı

Yumurta morfolojik yapısı itibariyle kabuk, yumurta akı ve yumurta sarısı kısımlarından oluşmaktadır. Şekil 2.1.1’de bir yumurthanın morfolojik yapısı görülmektedir. Bununla birlikte, yumurthanın morfolojisini oluşturan yapıların özelliklerine ise Çizelge 2.1.4’te yer verilmiştir.



Şekil. 2.1.1. Yumurthanın yapısı (Tayyar, 2005).

Çizelge 2.1.4. Yumurtada bulunan yapılar ve özellikleri(Stadelman ve Cotterill, 1995; Heperkan ve Gökler, 2006; Mine, 2007; Wellman-Labadie, 2008; Susyal, 2011)

	Bileşimi ve Özellikleri	Koruyucu Özelliği
Kutikula	20-30 µ kalınlığında, %90 protein, %4 karbonhidrat, %3 yağ, %3 külden oluşur. Globüler mukoproteinlerden yapılmıştır.	Kabuktaki gözeneklerin üzerini kapatarak nem ve CO ₂ geçişini azaltmakta, bakterilerin yumurta içerisine nüfuz etmesini önlemektedir. Kutikula tabakası yıkama ile uzaklaştırılabilmektedir. Ayrıca depolama ile etkisini kaybetmektedir.
Yumurta kabuğu	Ca ve Mg tuzlarından oluşmuştur. Üzerinde yaklaşık 7000 ile 17000 arasında por adı verilen gözenek bulunmaktadır.	Kabukta bulunan gözenekler ile yumurtanın iç kısmına gaz giriş-çıkışı sağlanmaktadır. Kabuk yumurtayı dış çevresel etkenlerden korur. Kabuğun kırılması, çatlaması veya uygun olmayan ortamlardaki depolama ile mikroorganizmalar yumurtanın iç kısmına nüfuz edebilmektedir.
Kabuk içindeki dış zar	İç zardan daha kalın ve gözeneklidir.	İç zar gibi koruyucu değildir.
Kabuk içindeki iç zar	Protein ve lizozim içermektedir.	Protein lifleri sayesinde gözenekleri kapatır ve lizozim ile bakterilerin inaktivasyonunu sağlar.
Yumurta akı (Albümin)	Protein, su, serbest glikoz ve ovotransferrin, lizozim gibi antimikrobiyal biyoaktif bileşenler içerir.	Ovotransferrin bakteri gelişimi için gerekli demir iz elementini bağlayarak bakterilerin kullanımına engel olmaktadır. Ayrıca albümindeki pH artışıyla bakterilerin gelişimi sınırlandırılmaktadır.
Yumurta sarısı	Protein ve lipitten oluşur	Besin içeriği yüksektir. Ancak antimikrobiyal maddeler içermediği için bakteriyel gelişime açıktır.

2.3.1. Yumurta kabuğu ve zarı

Yumurta kabuğu, yumurtayı çevreleyen ve dış etmenlerden koruyan kütikula zarı, kalsiyum karbonat tabakası ve çift katlı kabuk altı zarından oluşmaktadır. Ortalama olarak kabuk ağırlığı 5-6 g ve kabuk kalınlığı 300-350 µm'dir. Bu yapı, yumurta içeriğinin korunmasında, su ve gaz alışverişinde önemli bir role sahiptir. Kabuğun kalınlığı, uterusu harcanan zamana ve kabuk oluşumu sırasında depolanan kalsiyuma bağlıdır. Eğer yumurta uterusu kısa süre kalırsa, kabuk kalınlığı ince olur. Aynı zamanda, yumurtlama zamanı da kabuk kalınlığını etkiler. Genel olarak günün erken saatlerinde veya ışık varlığında

yumurtlanan yumurtaların kabuk kalınlığı daha fazla olur. Kabuk kalitesini etkileyen diğer iki faktör ise yüksek sıcaklık ve yem kalitesidir. Yumurta kabuğunun dış kısmındaki kütikula yapısı por dı verilen gözenekleri tıkayan glukoprotein yapısında bir katman bulunmaktadır (Stadelman ve Cotterill, 1995; Osterstrom ve Lilja, 2012).

Yumurtanın kabuğu,mineral olarak kalsiyum karbonatın yanında, kollajen, glukuronik asit, üronik asit, glikosaminglikan, kondrotin, hiyaluronik asit gibi amino asit ve proteinler bulunmaktadır. Yumurta kabuğunun %95'lik kısmını oluşturan kalsiyum karbonat endüstride hayvan yemlerinde özellikle tavukçuluk sektöründe kullanılmaktadır. Ayrıca unlu mamüller sektöründe ve osteoporoz tedavisinde kullanım alanı bulmuştur. Yumurta kabuğu ile yumurta akı arasındaki zarın çeşitli proses işlemleri sonrası saflaştırılması ile yanıklara karşı etkili bir bileşen olarak kollajen üretilmektedir. Ayrıca yine bu zardan kozmetik sanayinde nemlendirici olarak kullanılan hiyalüronik asit elde edilmektedir (Nys ve ark., 2004; Yi ve ark., 2004; Ino ve ark., 2006; Mine, 2007; Wei ve ark., 2009; Solomon, 2010).

2.3.1.1. Şalaz

Taze yumurtada şalaz, yumurtanın sarısının merkezde asılı halde bulunmasını sağlar. Şalaz bağları yumurtanın ekseni boyunca uzanarak iç zar ile birleşmiş durumdadır (Musgrove, 2004; Mine, 2007).

2.3.1.2. Vitellin zarı

Vitellin zarı, yumurta sarısının etrafını saran zardır ve yumurtanın depolama ile bayatlaması sürecinde zayıflayarak yapısını kaybetmektedir. Bu durum albüminden sarıya olan su geçişi ile sarının büyüklüğünün artmasına bağlı olarak gelişmektedir (Kirunda ve McKee, 2000).

2.3.1.3. Kabuk zarı

Kabuklu yumurtanın bünyesindeki albümin ve sarı kısmının çevresi kabuk iç zarı ile çevrilidir. Bu zar iç ve dış olmak üzere ikiye ayrılır. Dış kabuk zarı yumurtanın kabuğu ile iç zar ise albümine yapışıktır. İç zarın yapısında fibrin ve musin gibi protein yapıları bulunmakta olup, yumurtaya mikroorganizmaların geçişini sınırlandırmaktadır (Park ve ark., 2003).

2.3.1.4. Kutikula

Kutikula tabakası, özellikle taze yumurtalarda gözlenebilen tavukta gelişen ovülasyon süreci-yumurtlama ile birlikte kabuğun yüzeyinde bulunan ve por adı verilen gözeneklerin üzerini kapatan yapıdır. Kutikula tabakası yumurtada bakteriyel kontaminasyon ve bakterilerin yumurtanın iç kısmına nüfuz etmesinde birincil önleyici bariyerler arasında yer almaktadır. Yumurtaların yıkanması ile kutikula tabakasının zarar gördüğünü ifade eden araştırmacılar bulunmaktadır (Stadelman ve Cotterill, 1995).

2.3.2. Yumurta akı (albümin)

Yumurta kabuğu ile yumurta sarısının arasında yer alan yarı saydam görünümlü madde olarak tanımlanmaktadır. Albümin, yumurtanın ana bileşenini oluşturmaktadır. Tavuğun yaşına bağlı olarak bir yumurta akının %87-89'unu su oluşturmaktadır. Yumurta beyazının ana bileşenini ovalbümin adı verilen ısıl işlemde kolay koagüle olabilen bir proteinden meydana gelmektedir. Yumurta akı proteinleri arasında avidin, konalbümin, ovomusoid ve lizozim gibi fonksiyonel diğer proteinler de yer almaktadır (Kato, 1995; Mine, 1995; Stadelman ve Cotterill, 1995).

Albüminde yer alan biyo-aktif bileşenler ise Çizelge 2.1.5'te verilmiştir. Bunlar içerisinden ovalbumin yumurta akına fonksiyonelliğini veren köpürme, jel oluşturma ve emülsiyon kabiliyetini vermektedir. Tümör gelişimini geciktirici etkisi ispatlanmıştır. Lizozim, Gram (+) bakterilerin membran yapısını oluşturan N-asetilmuramik asit ile N-asetilglukozamin arasındaki β -(1,4) bağlarını hidrolize etmektedir. Bu özelliği nedeniyle gıda muhafaza uygulamaları, peynirlerde geç şişme etkeni olan *Clostridium tyrobutyricum* gelişmesine karşı, peynirlerde olgunlaşma safhasının hızlandırılması, bira ve şarap üretiminde laktik asit bakterilerinin kontrolü gibi uygulamalarda halen kullanılmaktadır. Lizozimin ayrıca göz damlalarının üretimi yanında, tıp alanında kullanımı da söz konusudur (Li-Chan ve Nakai, 1989; Kovacs-Nolan ve ark., 2005a).

Çizelge 2.1.5. Yumurta akı proteinlerinin bazı fonksiyonel özellikleri (Stadelman ve Cotterill, 1995)

Protein	% Oran	Fonksiyonel Özelliği
Ovalbümin	51-54	Fosfoglikano proteindir.
Ovomukoid	11	Tripsini inhibe eder.
Ovomusin	3,5	Sisloproteindir, yumurta akına viskoz yapısını verir.
Lisozim	3,4	Bakteri hücre duvarını parçalar.
Globulin	8,0	-
Ovoinhibitör	1,5	Serin proteazları inhibe eder.
Ovoglikoprotein	1,0	Sialoproteindir.
Ovoflavoprotein	0,8	Riboflavini bağlar.
Ovomakroglobulin	0,5	Güçlü antigenik özelliğe sahiptir.
Sistatin	0,05	Tiyol proteazları inhibe eder.
Avidin	0,05	Biyotini bağlar.

Ovotransferrin, Gram (-) bakterilerin gelişimi için esansiyel olan demiri bağlayarak bu bakterilerin inhibisyonunu sağlamaktadır. Ayrıca antioksidan etkisi kanıtlanmıştır. Bebek mamaları formülasyonunda bulunmakta olup, bebeklerde ishal vakalarının tedavisinde yararlanılmaktadır. Ovomusid, yumurtada jel oluşumunu sağlamakta olup, sıcaklık ve enzimlere karşı oldukça dayanıklıdır. Tripsin ve proteaz inhibitörüdür. Yumurta akındaki avidinin ise biotin ile yüksek antimikrobiyal kompleks oluşturma kapasitesi bulunmaktadır. Ticari olarak tümör gelişiminin yavaşlatılması, anti-kanser uygulamaları, ilaçlarda kullanımı ile tıpta teşhis amacıyla kullanımı söz konusudur. Ovomusin, yumurta akının viskozitesini veren bileşenidir. Antiviral, antitümör ve kolesterolü düşürme özellikleri belirlenmiştir. Ayrıca insanlarda gribal enfeksiyonlara karşı koruyucu etkisi kanıtlanmıştır. Newcastle (yalancı veba) gibi birçok hastalığın tedavisinde günümüzde kullanılmaktadır. Sistatin, sistin proteazları olarak bilinen fisin, papain ve kathepsini inhibe etmektedir. Kanser ve tümör vakalarında kullanılmaktadır. Yumurta akındaki ovostatinin ise proteazlara karşı inhibitör etkisi belirlenmiştir. Ayrıca, ovoinhibitörün, ovomusoid gibi proteaz inhibisyon etkisi ile HIV gibi bazı viral hastalıkların kontrolünde etkili olduğu bildirilmiştir (Anton ve Nau, 2006; Huopalahti ve ark., 2007; Mine, 2007).

2.3.3.Yumurta sarısı

Yumurtanın ortasında bulunan, vitellin zar ile çevrilmiş sarı renkli madde olarak tanımlanmaktadır. Yumurta sarısından antikor, fosvitin, lipoprotein, sialik asit, sialioligosakkaritler, fosfolipit ve yumurta sarısı yağı elde edilmektedir. Yumurta sarısı, sanayide antikor üretiminde uzun yıllardır kullanılmaktadır. Ayrıca fosvitin, demiri bağlama özelliği ve antioksidan kapasitesi ile demir ve bakır katalizörlüğündeki fosfolipit oksidasyonlarını engellemektedir. Bu yönüyle yumurta sarısındaki fosvitin doğal bir gıda antioksidanıdır. Fosvitin yağların oksidasyonunun önlenmesinde ve uzun raf ömrü istenilen ürünlerde kullanılmaktadır. Yumurta sarısındaki lipoprotein, yumurta sarısının emülsiyon kapasitesi açısından önem arz etmektedir. Sialik asit ve sialioligosakkaritlerin bakteri ve virüslere karşı inhibitör etkisi belirlenmiştir. Yumurta sarısı yağı, eikosapentaenoik asit (EPA) ve dokosaheksaenoik asit (DHA) açısından zengin olup, kolin ve ksantofil değeri açısından dikkat çekmektedir. Ayrıca, yumurta sarısı fosfolipidleri, yumurta sarısının %31'ini oluşturmakta olup, mikrokapsül üretimi ve eczacılıkta yüzey aktif bileşen olarak kullanım alanı bulmuştur (Anton ve Nau, 2006; Mine ve Kovacs-Nolan, 2006; Mine, 2007).

2.4. Dünya’da Yumurta Üretim Alanları ve Üretim Miktarı

Dünya’da her yıl üretilen tavuk yumurtası miktarında artan bir trend söz konusudur. Çizelge 2.1.6’da son 3 yılda dünyada üretilen yumurta miktarının bölgelere göre dağılımı verilmiştir. Buna göre Asya kıtasında özellikle Çin Halk Cumhuriyeti’nin üretimde başı çektiği ifade edilebilir.

Çizelge 2.1.6. Dünyada yumurta üretim miktarı (ton) (Anonim, 2013)

Yıl	2009	2010	2011
Dünya	62,832,327	63,768,924	65,002,611
Afrika	2,603	2,644,456	2,648,759
Amerika	12,719,240	12,858,069	13,208,423
Asya	36,993,275	37,561,689	38,229,196
Avrupa	10,287,539	10,442,268	10,638,591
Okyanusya	228,502	262,442	277,642

2.5. Türkiye’de Yumurta Üretimi ve İhracatı

Ülkemizde yumurta üretimi son 10 yıl içerisinde hızlı bir büyüme süreci geçirmektedir. Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) verilerine göre; ülkemizde yumurta tavuğu sayısı 2012 yılı itibarıyla 84.677 bin adet olup, bunlardan 14 milyon 910 bin adet yumurta elde edilmiştir. Bu üretim değerine köy yumurtası dahil edilmemiştir. Çizelge 2.1.7’de ülkemizdeki yumurta üretim miktarı verilmiştir (Anonim, 2012). 2002 ile 2012 yılları arasında üretimin köy yumurtası da dahil edildiği zaman yaklaşık 2 kat artış kaydedildiği görülmektedir.

Çizelge 2.1.7. Türkiye’de 2002-2012 yılları arasında yumurta üretim miktarı (Anonim, 2012)

Yıl	YUM-BİR Üretim (Milyon Adet)	TÜİK Üretim (Milyon Adet)
2002	7,809*	11,554
2003	9,192*	12,666
2004	7,819*	11,055
2005	8,397*	12,052
2006	8,401	11,733
2007	10,515	12,724
2008	11,258	13,190
2009	11,920	13,832
2010	12,737	11,840*
2011	13,980	12,954*
2012	15,677	14,910*

* Köy yumurtası dahil edilmemiştir.

Türkiye’de yumurta üretimi belirli il ve ilçelerde yoğunluk kazanmıştır. Bu il ve ilçelerimiz; Afyonkarahisar, Çorum, İzmir, Karaman, Kayseri, Konya, Bandırma, Başmakçı, Tavşanlı, Manisa, Bolu ve Balıkesir’dir (Anonim, 2012). Çizelge 2.1.8’te Bazı ülkelerde kişi başına düşen yumurta ve yumurta ürünleri tüketim miktarı verilmiştir. Gelişmiş ülkelerdeki tüketimin diğer ülkelere kıyasla daha yüksek olduğu gözlenmektedir. Ülkemizdeki tüketim düzeyinin gelişmiş ülkeler düzeyine yükselmesi gerekmektedir.

Çizelge 2.1.8. Bazı ülkelerde 2011 yılı yumurta ve yumurta ürünleri tüketim miktarı (Anonim, 2012)

Yıl	Adet/Kişi	Yumurta+Yumurta Ürünleri
Japonya	329	159+170
Çin	296	256+40
ABD	247	171+76
Arjantin	242	228+14
İspanya	233	128+105
Fransa	222	135+87
İtalya	206	135+71
Hollanda	188	145+43
Kanada	202	140+62
Türkiye	180	175+5

Türkiye'nin yıllara göre yumurta ihracatı miktar ve tutarları Çizelge 2.1.9'da verilmiştir. Ülkemizin yumurta ihracatı son yıllarda artış göstermektedir. Bu artışta özellikle komşu olduğumuz ülkelerin pazar hacmi yüksektir.

Çizelge 2.1.9. Türkiye'nin yıllara göre yumurta ihracatı miktar ve tutarları (Anonim, 2012)

Yıl	Miktar (Kg)	Tutar (\$)
2008	82,924,108	119,964,213
2009	71,322,876	100,203,639
2010	134,143,334	156,619,363
2011	224,256,254	285,676,290
2012	254,995,220	350,994,880

Günümüzde artan dünya nüfusunun besin ihtiyacının karşılanması amacıyla üretimin artırılmasının yanında alternatif işleme metotları ve kayıpların azaltılması gibi çalışmaların gerçekleştirilmesi gerekmektedir.

Ülkemizde yumurta tüketimi gelişmiş ülkelerin ulaştığı seviyeye henüz ulaşamamıştır. Bunun nedenleri arasında, yumurtada bulunan kolesterolün kan kolesterol

düzeyini arttırarak aterosklerosis ve kroner kalp-damar yolu hastalıklarına sebep olduğu yolunda var olan inanç bulunmaktadır (Açıkgöz ve Önenç, 2006).

2.6. Depolama Sürecinde Yumurtada Meydana Gelen Değişmeler

Yumurta, kendisini çevreleyen kabuk gibi doğal bir ambalaja sahip olmasına karşı hızlı bozulabilen ve depolama ile kalitesi değişebilen gıdalar arasındadır. Yumurtlama süreci ile birlikte yumurtada fiziksel, kimyasal ve mikrobiyal değişimler hızla meydana gelmektedir (Stadelman ve Cotterill, 1995).

2.6.1. Fiziksel değişiklikler

Yumurta sektöründe en ciddi problemlerin başında; yumurta kabuğundaki çatlak ve kırılmaların yanında depolama sırasında yumurta iç kalitesinin hızla bozulması ve nem kaybı gelmektedir (Cansız, 2006).

Yumurtanın depolanmasında meydana gelen nem kaybı sonucunda ağırlığı azalır. Ağırlık kaybına bağlı olarak yumurtanın yassı ucunda ışık muayenesinde kolayca tespit edilebilen hava kesesi veya tepe boşluğu oluşur. Depolama süresinin uzaması ile yumurta akının viskozitesi düşer ve yumurta akında bulunan su, yumurtanın sarısına geçiş yaparak yumurta sarısını saran membran zayıflar. Bu durum yumurtanın düz bir yüzeye kırılmasında sarısının yayılma-patlaması ile gözlemlenebilir. Ayrıca bayatlama ile birlikte hava kaması-kesesi büyüyerek tepe boşluğunun hacminde artış görülür. Su kaybına bağlı ağırlık azalması sonucunda yumurtanın raf ömrü kısaltılmakta ve hızla bayatlamaktadır (Stadelman ve Cotterill, 1995; Heperkan, 1998; Şıvgın ve ark., 2011).

2.6.2. Kimyasal değişiklikler

Yumurtanın üretim merkezlerinde toplanması, sınıflandırılması (tasnif), muhafazası ve tüketiciye ulaştırılması (taşınması) sürecinde zamanla biyolojik, kimyasal ve fiziksel değişiklikler meydana gelmektedir. Bu değişiklikler sonucunda kısa sürede bozularak sağlık açısından risk oluşturmaktadır. Yumurtadaki katı albümin, depolama süresince orijinal yapısını kaybederek sıvı albümine dönüşmektedir (Şenköylü, 2001; Silversides ve Scott, 2001a; Berardinelli ve ark., 2003; Caner, 2005a). Bu dönüşümde sıcaklık, nem, CO₂ kaybı ve pH'ın önemi büyüktür. pH'ın artması, ovumusun-lisozim bağlarının kırılmasına ve katı albüminin sıvılaşmasına neden olmaktadır (Lucisano ve ark., 1996). Bunun sonucu olarak da jelleşme ve köpürme özellikleri zayıflamaktadır. Yumurtanın depolanması süresince kimyasal olarak CO₂ kaybı ile yumurta akının pH değeri yükselmekte olup, taze kabuklu yumurtanın başlangıçta pH değeri 7,5 iken depolama ile birlikte 9,6 ve üzerine

yükselebilmektedir. Ayrıca, protein yapısında meydana gelen değişimler ile hidrojen sülfür açığa çıkmaktadır. Bununla birlikte amonyak miktarı düşmekte ve inorganik fosfor miktarı artmaktadır(Lucisano ve ark., 1996; Sagis ve ark., 2001; Beyer, 2005).

2.6.3. Yumurtadamikrobiyolojik bozulmalar

Yumurtapatojen bir bakteri olan *Salmonella* bakterisi ile bulaşabilmektedir. Kabuk yüzeyindeki bakteri gözeneklerinden ve mikro çatlaklardan içeriye girerek uygun nem ve sıcaklıkta çoğalabilir. Yumurta yüksek besin içeriği nedeniyle beslenmede önemli bir yer tutmasının yanında, *Salmonella* gibi patojen bakterileri taşıyarak gıda zehirlenmelerine yol açabilmekte ve toplum sağlığını ciddi boyutlarda etkileyebilmektedir. Bu nedenle yumurta ve ürünleri riskli gıda grupları arasında yer almaktadır. Yumurta kendi doğal antimikrobiyal korunma mekanizması ile mikrobiyolojik bozulmalara karşı direnç göstermektedir. Ancak, depolama ve uygun olmayan muhafaza şartlarında yumurtanın sahip olduğu korunma mekanizmaları etkinliğini yitirmektedir. Yumurta her ne kadar mükemmel bir yapısal üstünlüğe ve kimyasal korunma mekanizmasına sahip olsa da patojen bakterilerin tehdidi ile karşılaşmaktadır (Heperkan ve Gökler, 2006; Macherey, 2007).

Yumurta mükemmel yapısı ile dış etkenlere ve mikroorganizmalara karşı en iyi korunan gıdalar arasındadır. Kabuğun dış yüzü kütikula adında yumurtlamadan hemen önce oluşan mukoz bir katmandan oluşur. Bu protein yapı yumurtanın içeriğini bakteriyel penetrasyondan korumaya yardımcı olur.Yumurtanın iç kısmı steril olarak kabul edilmekle birlikte yumurta kabuğunda mikrobiyal bulaşmalara konu olan çok sayıda mikroorganizma grubu bulunabilmektedir. Yumurtanın mikrobiyal kontaminasyona maruz kalması temelde yumurta kabuğunun kırılması esnasında meydana gelmektedir. Kalsiyum karbonat ve magnezyum karbonat tuzlarından oluşan yumurta kabuğunu çevreleyen, yumurtanın nem ve su buharı alış-verişine izin veren ve yumurtanın dışındaki porları kapatan mukoz yapıdaki koruyucu yapı, yumurtlama sonrası etkisini yitirmeye başlamakta ve mikrobiyal bulaşma sonucu mikroorganizmalar yumurtanın iç kısmına doğru nüfuz etmektedir. Depolama koşullarındaki yumurtalarda porlar genişleyerek bakteri ve küf misellerinin yumurtanın içerisine girmesi kolaylaşmaktadır. Yapılan çalışmalarda yumurta başına mikrobiyal floranın 10^2 ile 10^8 kob/yumurta arasında değişkenlik arz ettiği ve ortalama 10^5 kob/yumurta düzeylerinde olduğunu göstermiştir. Yumurta akında bulunan ve antimikrobiyal özelliğe sahip olan lizozim, proteaz ve diğer maddeler (konalbumin, avidin) ile birlikte yumurta akınının alkali pH değeri (8,5-9,5) mikroorganizmaların gelişimini

baskılamaktadır. Ancak yumurtanın merkezinde bulunan yumurta sarısı mikroorganizmalar için içermiş olduğu besin öğeleri ve uygun pH değeri (6,5-7,0) ile besiyeri niteliğindedir (Board ve Fuller, 1994; Stadelman ve Cotterill, 1995; Jones ve ark., 2004; Wellman-Labadie, 2008; Rzedzicki ve Stepien-Pysniak, 2009).

Yumurtanın hızlı bozulması ve kısa raf ömrüne sahip olmasında başlıca etken *Pseudomonas*, *Achromobacter*, *Proteus*, *Alcaligenes*, *Aeromonas*, *Acinetobacter*, *Citrobacter* cinsleri ve koliform grubu bakterilerdir. Yumurtalarda bakteriyel kaynaklı bozulmalar küf bozulmalarına göre daha sık görülmektedir. Ayrıca, yumurtada Gram (+) bakterilere kuru ortam şartlarına dirençli olmaları nedeniyle, Gram (-) bakterilere göre daha sık karşılaşılmaktadır. Yumurtalarda bozulma süreci tat, koku ve görünüşteki olumsuz değişiklikler sonucu çürüme şeklinde tanımlanmaktadır. Bu bozulmalar genel olarak yeşil çürüme (*Pseudomonas* spp. özellikle *Pseudomonas fluorescens*), renksiz çürüme (*Pseudomonas* spp., *Alcaligenes*, *Acinetobacter* ve koliform bakteriler), siyah çürüme (*Proteus* spp, özellikle *Proteus vulgaris*; *Proteus melanovogenes*, *Pseudomonas* spp.ve *Aeromonas* spp.), pembe çürüme (*Pseudomonas* spp.), pembe çürüme (*Serratia* spp. özellikle *Serratia marcescens*) en sık rastlanan bakteriyel kaynaklı bozulmalardır. Yumurtanın depolama ve nakliye aşamalarında meydana gelen fiziksel hasarlar ile uygunsuz depolama şartları, yumurtada bulunan mikroorganizmaların gelişimi için uygun ortam yaratmaktadır. Uygun depolama şartlarında muhafaza edilen yumurtalarda bu sürenin en az 20 gün olduğu bildirilmiştir (Board ve Fuller, 1994; Ünlütürk ve Turantaş, 2003; Heperkan ve Gökler, 2006; Wellman-Labadie, 2008).

Yumurtada en önemli tehlike kaynağı olan *Salmonella* bulaşması nadiren bakteri kontaminasyonunun tavukta gelişen bazı enfeksiyon hastalıkları nedeniyle yumurta kanalında meydana gelmesi şeklindedir. *S. Enteritidis* faj tip 4, yumurtaya doğrudan yumurta kanalında bulaşmaktadır. Tavuk yumurtasında en sık rastlanılan türler; *S. Thompson*, *S. Gallinarum*, *S. Pullorum*, *S. Paratyphi B*, *S. Typhimurium*, *S. Senftenberg*, *S. Infantis*, *S. Anatum* ve *S. Senegal*'dir (Heperkan ve Gökler, 2006). Taze yumurtanın yapısında bulunan lizozim isimli antimikrobiyal enzimin gram pozitif bakterilerin hücre duvarına karşı inhibisyon etkisi bulunmaktadır. Yumurta akında bulunan avidin ile biyotinin birleşmesi sonucu biyotinin mikroorganizmalarca kullanımı önlenmektedir. Ayrıca konalbümin yumurtada bulunan demir ile kompleks oluşturarak mikroorganizmaların demiri kullanması engellenmiş olmaktadır. Yumurtanın depolanması süresince yumurta akında bulunan karbonik asit CO₂ dönüşerek yumurta kabuğundaki gözeneklerden dışarıya çıkmaktadır. Bu olay neticesinde yumurta akının pH değeri 7,6

düzeylerinden 9,6'ya kadar çıkabilmektedir. Yumurta akındaki pH'nın alkali düzeye erişmesi de, yumurtada mikrobiyal gelişmeyi sınırlandıran faktörler arasındadır (Stadelman ve Cotterill, 1995; McCluskey, 2007; Rzedzicki ve Stepien-Pysniak, 2009).

Yumurtada mikrobiyal gelişmeyi sınırlayan temel unsurların başında muhafaza sıcaklığı gelmektedir. 7°C ve üzerindeki sıcaklıklarda yumurta tazeliğini kaybederek viskozite azalır ve yumurtanın içerisindeki hava boşluğu büyür. Kabuklu yumurta 2°C'de birkaç ay muhafaza edilebilirken oda sıcaklığında(25°C) 1-2 günde tazeliğini yitirmeye başlamaktadır. Yüksek bağıl nem ve yüksek sıcaklık gibi uygun olmayan ortam koşullarında muhafaza edilen yumurtalarda mikrobiyal gelişme hızlanır. Ayrıca kabuk yüzeyindeki nem yoğuşması ve depolama sıcaklığındaki ani değişimler, yumurtada vakum etkisini yani porlar üzerinden iç kısma nüfuz etkisini ortaya çıkarır. Kabuk üzerinde bulunabilen *Salmonella* bu şartlarda iç kısma nüfuz edecektir. *Salmonella*'nın 10°C'nin altında yumurta kabuğundan girişi ve yumurta içinde gelişmesi oldukça zordur, ancak 10°C'nin üzerinde bu bulaşma çok daha kolay gerçekleşmektedir (Stadelman ve Cotterill, 1995; Ünlütürk ve Turantaş, 2003; Musgrove, 2004; Heperkan ve Gökler, 2006).

Yumurtanın depolamada bayatlaması ile kabuğun porlarındaki koruyucu yapı etkisini yitirmekte ve yumurta dış tehlikelerle karşı karşıya kalmaktadır. Bunun bir sonucu olarak yumurta dış yüzeyinde mikrobiyal gelişme artarak yumurtanın bozulması hızlanmaktadır. Yumurtada mikrobiyal kaynaklı problemleri ortadan kaldırmak için uygun muhafaza metotlarının kullanılması bir gerekliliktir.

2.7. Yumurta Muhafaza Yöntemleri

Yumurtada bulunabilen mikroorganizmalar (Enterobacteriaceae, *Salmonella* spp.ve *S. aureus* gibi) nedeniyle yumurtanın mikrobiyal açıdan güvenli hale getirilmesi gerekmektedir. Yumurtanın ısı olmayan işleme yöntemleri arasında ozon, yüksek yoğunluklu atımlı elektrik alan, ultrasonik dalga, ışınlama, UV ışınları, yüksek basınçlı CO₂ ve yüksek hidrostatik basınç uygulaması dışında çeşitli antimikrobiyal maddeler ile yumurtanın kalitesinin muhafazası, mikrobiyal florasının düşürülmesi ve raf ömrünün uzatılmasına yönelik çalışmalar bulunmaktadır (Keklik, 2009; Chen ve ark., 2011; Şivgin ve ark., 2011).

Yumurtanın kalitesinin korunması için alınabilecek her türlü önlem yumurtadaki bayatlama ve bozulma sürecini tamamen durduramasa da geciktirebilir. Yumurta muhafaza yöntemlerinin temel esası mikrobiyal bulaşmanın önlenmesi, mikrobiyal gelişmenin sınırlandırılması veya geciktirilmesi ile raf ömrünün uzatılması olarak açıklanabilir.

Tüketiciler daha yüksek standartta ürünler istemekte, bu durum gıda sanayisinin kendisini hızla geliştirmesi ve yeni teknolojilere adapte olmasını sağlamaktadır (Sijtsema ve ark., 2002).

İnsanlar ilk çağlarda taze gıda elde etmek için yer değiştirirken, zaman ilerledikçe ellerindeki ürünleri daha uzun süre koruma yoluna giderek yerleşik hayatı tercih etmişlerdir. İlk zamanlarda etkili olan kurutma, dondurma, tütsüleme gibi teknikler Pastör'ün 19. yüzyılda yaptığı çalışmayla birlikte, bu yöntemlerin amacının anlaşılmasına yardımcı olmuştur. Yine ilk zamanlarda gıdaların korunması amacıyla kullanılan tuz ve baharatların yerini günümüzde kimyasal koruyucular almış, fakat bu koruyucuların tüketicilerde sağlık endişeleri yaratması yüzünden bazı soru işaretleri ortaya çıkmıştır (Zeuthen ve Bøgh-Sørensen, 2003).

Günümüzde ise yeni gıda muhafaza metotları, hem gıdayı hem de gıdanın besinsel ve duyuşsal kalitesini koruyan teknolojiler üzerine yoğunlaşmıştır. Tüketiciler bu yeni koruma metotlarının gıda kalitesi üzerine negatif etkisinin minimum olmasını talep etmektedir (Zeuthen ve Bøgh-Sørensen, 2003). Bu yüzden gıda muhafaza metotlarından olan aktif ambalajlama, ultrases uygulaması ve ozon gibi kimyasal ajanlara yönelim artmaktadır.

Hayvansal proteinler arasında et ve sütten sonra ilk akla gelen ürün yumurta olmasına rağmen, ülkemizde tüketimi yeterince artmamaktadır. Depolama süresince hem nitelik hem de nicelik olarak kalite kayıplarına uğrayan yumurta; uygun koşullarda muhafaza edilemezse, hızlı bozulur ve tüketilemez hale gelir. Yumurtada meydana gelen ekonomik kayıpların ürünün tüketiciye ulaşım zincirinde meydana gelen değişiklikler nedeniyle kısa sürede bozulmasıdır. Taze yumurtadakarşılaşılan sorunların başında mikrobiyolojik bozulmanın yanı sıra kabuk kırılması veya çatlama gelmektedir. Gözle görünür çatlaklarda yumurta bütünlüğünün bozulmamasına karşın hızlı bir gaz (özellikle su buharı) geçişi ve mikrobiyal gelişme olmaktadır. Taşıma şekli, muhafaza, ambalajlama ve hava koşulları gibi birçok faktör yumurta kalitesine ve depolama süresine etki etmektedir.

Taze tüketilen yumurta sunulduğunda müşteri tarafından tazeliğinin en yüksek düzeyde olması beklenmektedir. Taze yumurtaların, kalitesinin muhafazasına (dolayısıyla raf ömürlerinin artırılmasına) yönelik araştırmalar büyük önem kazanmıştır. Uygun muhafaza yöntemleri kullanıldığında söz konusu kayıplar en aza indirilerek yumurtaların raf ömürleri artırılabilir. Raf ömrü artırılırken kabuğun zarar görmemesi hatta gelişmesi de istenilir. Bu amaçla, pek çok gıda da olduğu gibi yumurtanın kalitesinin muhafazası ve kabuğunun güçlendirilmesi ile meydana gelebilecek zararların azaltılması için yeni yöntemler kullanılabilir. Uygulanan yöntemlerin ayrıca yumurta kabuğuna zarar

vermemesi gerekmektedir. Yumurta kabuğunun kırılma oranının azaltılması konusunda kaplama materyallerin kullanımı üzerine birtakım çalışmalar olsa da (Wong ve ark., 1996b; Keoelbeck, 1999; Caner, 2005a; Caner ve Cansız, 2007) kayıpların minimize edilmesi açısından daha detaylı çalışmalara ve yeni yöntemlere ihtiyaç duyulmaktadır.

Taze yumurta gibi hızlı bozulabilen ürünlerin, uygun muhafaza yöntemi ile işlenmesi ve ileri teknoloji ile ambalajlanması sonucu katma değer katılması, bozulmalardan kaynaklanan kayıpların minimize edilmesi, pazarlanabilir ürünlerin çeşitliliğinin ve ihracat potansiyelinin artırılması, böylece bölge ve ülke ekonomisine katkıda bulunulması önemli araştırma konuları arasındadır.

2.7.1. Kaplama ve aktif ambalajlama

Kaplama materyalleri; gıdayı çevresel etkilerden koruyan, ince şekilde deri olarak kullanılabilen materyal olup, gıdalara uygulanabilirliği uzun zamandır araştırılmaktadır. Yenilebilir filmlerin aktif ambalajlamada kullanımı gıda güvenliğinde yeni bir yaklaşımdır. Basit üretim teknolojisi gerektirmeleri, ucuz olmaları, doğal bileşiklerden elde edilmeleri, fonksiyonel özelliklerindeki çeşitlilik ve biyolojik olarak bozulabilmeleri nedeniyle son yılların dikkat çeken ambalaj materyalleridir. Bu kaplama materyalleri, gıdayı mekanik olarak dış etkilerden koruyabilirler (Krochta ve De Mulder-Johnson, 1997; Baldwin, 1999; Xie ve ark., 2002). Yumurtadaki istenmeyen değişimlerin kontrol altında tutulabilmesi ve raf ömrünün artırılması amacıyla kabuğun dış kısmında bulunan porların yenilebilir kaplama materyalleri ile kaplanma kullanımı son yıllarda üzerinde en çok çalışılan konular arasında yerini almıştır. Bu sayede gıdalardaki gaz giriş çıkışlarını azaltıp fizyolojik olayları ve su kaybını minimuma indirerek raf ömürlerini uzatabilirler.

Başlıca kullanılan kaplama materyalleri; proteinler, polisakkaritler, lipitler veya bunların karışımlarıdır. Protein filmler, bitkisel (zein, gluten, soya proteini) ve hayvansal (kollojen, jelatin, kazein ve peynir altı suyu proteini) kaynaklı iki ana gruba ayrılabilirler. Proteinlerden en yaygın olarak kullanılan peynir altı suyu proteini tozu (PAS), ülkemizde değerlendirilemeyen ve atık olarak çevreye atılan, peynir üretiminde elde edilen önemli bir atık olarak kabul edilmektedir. Peynir altı suyu proteini ile hazırlanan kaplamaların oksijen ve yağa karşı mükemmel bariyerdir. Şellak ikamesi olarak parlaklık kazandırma özellikleri bulunmaktadır. Son yıllarda peynir altı suyu izolatının (PASI) farklı alanlarda kullanımı konusunda artan bir ilgi ve araştırma vardır. Peynir altı suyu izolatu mükemmel bir oksijen ve aroma bariyeri olup, uygulanan yüzeyde mukavemeti artırma özelliğinin olduğu ifade edilmektedir. Peynir altı suyu konsantratu (PASK)'ın daha düşük fiyatı, PASI' ya karşı

cazip bir alternatif yapmaktadır (Terezza ve Krochta, 2000; Regalado ve ark., 2006; Jooyandeh, 2011). Süt proteinleri ayrıca mükemmel bir besin değerine sahip olup, suda kolay çözünebilmektedirler. Mısır zein proteini sert kabuklu ürünlerde, oksidatif acılaşıma, bayatlama ve nemlenmeyi önlemek için kullanılmıştır.

Lipid kökenli kaplamalar hidrofobik özellikleri nedeniyle tercih edilmektedirler. Parafin mum, kandelila mum, balmumu, karnouba mum, polietilen mum lipid kökenli önemli kaplama materyalleridir.

Polisakkarit kökenli kaplamalar üretiminde alginat, dekstrin, nişasta, pektin, kitosan, gam ve selüloz kullanılmaktadır. Yenilebilir kaplamalar içerisinde polisakkaritlerden en yaygın olarak kullanılan kitosan deniz kabuklularından elde edilen ucuz bir doğal biyopolimerdir. Antimikrobiyal biyolojik aktiviteye sahip olduğundan dolayı kitosanın biyomedikal, gıda ve kimya endüstrisinde ticari kullanımı konusunda artan bir ilgi vardır. Gıdalarda mikrobiyal gelişmeyi önleyebilmek yada kontrol altına alabilmek, dolayısıyla kalitede kayıpları azaltarak raf ömrünü artırabilmek için son yıllarda aktif ambalajlama sistemlerinden yararlanılmaya başlanmıştır. Aktif ambalajın bir uygulaması olarak, antioksidan yada antimikrobiyal içeren yenilebilir filmlerin kullanımı giderek artmaktadır (Kerry ve ark., 2006). Aktif ambalajlama, 1935/2004/EC sayılı Avrupa Birliği yönetmeliğinde; gıdanın raf ömrünü artırmak ve kalitesini yükseltmek amacıyla ambalajda kullanılan materyaller olarak nitelendirilmektedir. Aktif sistem gıda ambalaj ve çevresi ile etkileşim halinde olup, bazı bileşenlerin salınımına veya emilimine olanak sağlamaktadır. Aktif ambalaj materyalleri küçük saketler halinde veya doğrudan ambalaj filmine yedirilmiş olarak kullanılabilir. Aktif ambalajlama konsepti içine; oksijen tutucular, karbondioksit tutucular, etilen tutucular, nem düzenleyiciler, antimikrobiyaller ve antioksidantlar girmektedir (Zeuthen ve Bøgh-Sørensen, 2003; Restuccia ve ark., 2010).

Aktif ambalajlama sistemi ile ambalaj materyalinin içerisine bazı katkı maddelerinin eklenmesi ile bozunma reaksiyonları azaltılarak gıdanın raf ömrü uzatılabilmektedir (Vermeiren ve ark., 1990; Imran ve ark., 2010). Antimikrobiyal maddelerin kullanılması ile gıda ve ambalaj malzemesinde bulunan mikroorganizmaların gelişmelerinin belirli düzeyde veya tamamen yavaşlatılması yada durdurulması sağlanabilmektedir. Antimikrobiyal ambalajlama yöntemlerinden en yaygın olarak kullanılan antimikrobiyal film ve kaplamalardır. Gıda yüzeyiyle etkileşim halinde bulunan antimikrobiyal film/kaplamalar, gıdadaki spesifik mikroorganizmaların üreme hızını düşürerek canlı mikroorganizma sayısını azaltmakta, böylece gıda güvenliği ve tazeliği korunarak gıdanın raf ömrü ve kalitesi arttırılabilmektedir. Antimikrobiyal film ile

ambalajlanmış gıdalar ambalajlamadan hemen önce yada proses sonrası ambalaj açıldıktan sonra mikroorganizmalarla bulaşmış olabilirler. Bu mikroorganizmalar gıda yüzeyine yani ambalaj ve gıda arasındaki alana yerleşir. Antimikrobiyal kaplama uygulamalarında ise kaplama materyali ile kaplanmış gıda yüzeyinde, oksijen yetersizliği ve antimikrobiyal maddelerle doğrudan etkileşim nedeniyle mikroorganizma gelişimi gözlenmez. Mikrobiyal gelişim kaplama yüzeyinde gerçekleşir. Başlangıçta antimikrobiyal madde içermeyen gıda tabakasına, antimikrobiyal maddenin difüzyon hızına bağlı olarak film ve kaplamadan gıdaya antimikrobiyal madde geçişi olur. Böylelikle film içerisinde ve gıda yüzeyinde yüksek derişimde antimikrobiyal madde kalmakta ve mikroorganizmalara karşı daha uzun süre etki görülmektedir.

Yumurta akından elde edilen ve bakterilerin hücre duvarını parçalayan bir enzim olan lizozim'in antimikrobiyal madde olarak kullanılması son yıllarda çalışılmakta olan güncel konular arasındadır. Yumurta akı olan 'lizozim', gıdalarda kullanılmak üzere yasal kurumlar tarafından onaylanmış birkaç doğal antimikrobiyal hidrolitik etkiye sahip enzimden biridir. Lizozim, doğada yaygın olarak bulunan bir peptidoglikan N-asetil muromidaz, mukopeptid glukohidraz olarak adlandırılan bakteriyolitik enzimdir (Hincke ve ark., 2000). Antimikrobiyal madde olan lizozimin kaplama ile birlikte kullanıldığı sistemlerinde mikroorganizmaların gelişimini inhibe ederek mikrobiyal bozulmayı azaltır ve mikrobiyal kaliteyi muhafaza eder. Lizozim, organik asitler, esansiyel yağlar gibi antimikrobiyal malzemelerin inokülasyonu sonucu elde edilen filmlerin özellikle süt, et ve balık ürünlerinde patojen gelişiminin inhibe edilmesinde başarılı sonuçlar alınmıştır. Yapılan bir çalışmada, peynir altı suyu protein filmine, lizozim eklenmesinin *Brochothrix thermosphacta* bakterisine karşı etkili olduğu bildirilmiştir. Ayrıca, lizozim katkılı filmin Gram (+) mikroorganizmalar üzerine antimikrobiyal potansiyele sahip olduğu belirtilmiştir (Anker, 1996; Baldwin, 1999; Beatrice ve Yousef, 2002; Park ve ark., 2004; Mecitoğlu ve ark., 2006).

Lizozimin antimikrobiyal spektrumu, kitosan gibi diğer maddeler ile birlikte kullanıldığında geliştirilebilir. Soya proteini, mısır zeini, aljinat ve karragenan gibi farklı kaplama malzemelerinin lizozim ile kombine edilmesi ile elde edilen filmlerin antimikrobiyal aktivite gösterdiği bildirilmiştir (Padgett ve ark., 1998; Su Cha ve ark., 2002; Kuorwel ve ark., 2011). Potansiyel gıda uygulamaları ve diğer aktif antimikrobiyal maddeler ile kombine edilmiş kitosan ile ilgili birkaç çalışma yapılmıştır (Chen ve ark., 1996; Song ve ark., 2002; Lee ve ark., 2003a).

2.7.2. Ultrases uygulaması

Ultrases uygulaması, insan kulağının işitebileceğinin çok üzerinde olan ve 18 kHz'nin üzerindeki frekansta olan ses dalgalarıdır. Ultrases dalgaları katı, sıvı ve gaz gibi ortamlarda sıkışma ve genleşme ile yayılabilme özelliğine sahip olup, kavitasyon oluşturma özellikleri bulunmaktadır. Gıda sanayiinde kullanılan ultrases uygulaması düşük enerji yoğunluklu ($<1 \text{ W/cm}^2$; $>100 \text{ kHz}$) ve yüksek enerji yoğunluklu ($10-1000 \text{ W/cm}^2$; $20-100 \text{ kHz}$) olarak değerlendirilmektedir. Düşük yoğunluklu ultrases uygulamaları ağırlıklı olarak gıdaların tahribatsız muayenesinde kullanılmakta olup, yumurtanın kalitesinin tayini amacıyla uygulanan tasnif sistemleri buna örnektir. Yüksek yoğunluklu ultrases uygulamaları ise gıda sanayiinde proses işleme sürecinde değerlendirilmektedir. Enzim veya mikrobiyal inaktivasyon ile ekstraksiyon işlemleri bu uygulamalar arasındadır. Ultrases uygulaması diğer bir çok uygulama ile kombine edilerek kullanılabilir. Isı ile yapılan kombinasyonda termoultrasonikasyon; basınç ile kombine edilen ultrases uygulamasına manosonikasyon veya sıcaklık ve basıncın ultrases ile kombinasyonunda işlemin adı monotermsosonikasyon olarak adlandırılmaktadır (Piyasena ve ark., 2003; Vilku ve ark., 2008; Soria ve Villamiel, 2010; Rastogi, 2011).

Ultrases uygulamasının bakteriler üzerindeki inhibisyon etkisi kavitasyon mekanizması ile açıklanmaktadır. Kavitasyon, sıvı sistemlerde bulunan mikro kabarcıkların büyüyerek önemli bir büyüklüğe ve belirgin bir eşik değere ulaşması sonrasında takip eden gaz kabarcıklarının içe doğru patlama olayıdır. Bu olayda oluşan anlık ısı yaklaşık 5000 K olup, basınç ise 500 MPa olarak bildirilmiştir. Kavitasyon eşiği, basıncın büyüklüğü, gaz kabarcığının başlangıçtaki yarıçapı ve ultrases dalgasının frekansına bağlıdır. Ses ötesi dalgaların kavitasyonel etkilerinin sadece tek bir kabarcıkla değil; kabarcık yığını içerisindeki kavitasyonel olaylarla da ilgili olduğu da bazı araştırmacılar tarafından savunulmaktadır. Ultrases uygulamasının bakteriler, küf ve mayalar ile virüs ve bakteri sporlarına karşı inaktivasyon etkisi söz konusudur. Ancak bakteri grubunun ultrases işlemine karşı hassasiyeti farklı düzeydedir. Bakteri sporları ve virüsler ultrasona karşı dirençli iken, Gram (+) bakterilerin Gram (-) bakterilere göre daha hassas oldukları ifade edilmiştir (Mason ve ark., 1996; Adewuyi, 2001; Piyasena ve ark., 2003).

Gıda üretimi ve işlenmesinde ultrases tekstür, viskozite ve birçok katı yada sıvı gıdaların konsantrasyon tayini ile sebze-meyve, et, yumurta, süt ve diğer gıdaların bileşimlerinin belirlenmesi, akış düzeyi ve sıcaklık ölçümlerinin belirlenmesinde kullanılmaktadır. Ayrıca ambalajlanmış gıdalara ve yumurta kabuklarına zarar vermeden

kontrol edilebilmesinde, kabuk kalınlığının ölçülmesinde, yüzeylerin temizlenmesinde, kurutmada, filtrasyonda, mikroorganizmaların ve enzimlerin inaktivasyonunda, hücre tahribatında, sıvılardan gazların ayrıştırılmasında ve ekstraksiyon prosesinin hızlandırılması gibi uygulamaların geliştirilmesinde kullanılmaktadır (McClements, 1995; Fellows, 2000; Ozdemir ve Floros, 2004; Dolatowski ve ark., 2007; Aboonajmi ve ark., 2010; Rastogi, 2011; Baysal ve Demirdöven, 2012).

2.7.3. Ozon (O₃)

Ozon gıda endüstrisinde potansiyel kullanım alanları olan güçlü bir antioksidan ve antimikrobiyal ajandır. Yüksek reaktivasyon enerjisi, penetrasyon gücü ve O₂ gibi toksik olmayan bileşiklere kendi kendine dekompoze olabilmesi, ozonu gıdaların mikrobiyal güvenilirliğinin sağlanmasında güvenle kullanılır hale getirmiştir. Ozon gazı son on yıldır pek çok ülkede gıda endüstrisinde kullanılmaktadır ve özellikle son zamanlarda güvenilir (generally recognized as safe-GRAS) kabul edilmesi nedeniyle daha fazla kullanım alanı bulmaktadır. Ozon; 1982 yılında Gıda ve İlaç Dairesi tarafından (FDA) GRAS kabul edilerek bazı sınırlamalar dahilinde şişe sularında dezenfektan olarak kullanımına izin verilmiştir. 2001 yılında FDA ozonun dezenfektan ve sanitasyon ajanı olarak kullanımı ve gıda muhafazasında antimikrobiyal olarak değişik amaçlarla kullanımına izin vermiştir (Braun ve ark., 2011). Ozonun oksidasyon gücü çok yüksektir ve hiçbir toksik (atık) madde üretmez ve bırakmaz. Ozon gıda sanayiinde yaygın olarak kullanılan antimikrobiyal olup, yüksek reaktivitesi ile sterilizasyon etkisi sağlamaktadır (Mahapatra ve ark., 2005; Wu, 2006; Muthukumarappan ve ark., 2010; Pirani, 2010). Ozon, gıda ve su ile temas ettirildiğinde tüm bakteri ve virüsleri çok kısa sürelerde yok etmede etkili bir metottur. Ozon gazının düşük konsantrasyonda kullanılması ve temas süresinin kısa olması durumunda dahi bakteri, küf, maya, parazit ve virüslere karşı inhibe edici etki göstermektedir. Mikroorganizmaların ozona karşı duyarlılıkları; kültürün fizyolojik durumuna, ortam nemi, pH'sı ve sıcaklığına ve buna ilaveten ortamdaki asitler, yüzey aktif maddelerin varlığı ve şekerler gibi bazı katkı maddelerinin veya koruyucuların bulunmasına bağlıdır. Yumurta ve ürünlerinde patojen mikroorganizmaların inaktivasyonunda ozon yaygın olarak kullanılmaktadır, yumurtanın muhafaza edildiği deponun m³'ne 3-5 mg arasında ozon uygulaması ile raf ömrünün arttırıldığı bildirilmiştir (Guzel-Seydim ve ark., 2004; Karaca ve Velioglu, 2007; Kamotani, 2009; Cullen ve ark., 2010; Fuhrmann ve ark., 2010).

2.7.4. Soğukta muhafaza

Yumurta kalitesinin korunmasında en yaygın olarak bilinen ve kullanılan yöntemdir. Soğukta muhafaza edilen yumurta oda şartlarında muhafaza edilen yumurtaya göre daha tazedir. Soğuk havada muhafaza yönteminde kalite kaybının minimize edilmesi için depo sıcaklığının -1°C ile -2°C arasında tutulması ve nisbi rutubetin %90 civarında olması tercih edilir. Ticari olarak 6 ay ve üzerinde muhafaza edilecek kabuklu yumurtaların $-1,7^{\circ}\text{C}$ ile 0°C arası sabit bir sıcaklık ve %70-80 arası stabil bağıl nemde hava sirkülasyonunun sağlandığı depolarda saklanması önerilmektedir (Ünlütürk ve Turantaş, 1999).

Yücel (2000) tarafından yapılan çalışmada kabuklu yumurtaların soğuk olarak muhafaza edildiği depoların atmosferinin %45 düzeyinde CO_2 modifikasyonu ile yumurtalarda toplam mezofilik aerobik bakteri (TMAB) gelişiminin sınırlandırıldığı ifade edilmiştir.

2.7.5. Dondurarak muhafaza

Yumurtaların sıvı olarak uygun ambalajlarda -40°C 'de şoklanması ve -18°C 'de soğuk muhafazası ile dondurma işlemi yapılmaktadır. Dondurulan yumurtaların raf ömrü 1 yıla kadar uzatılabilmektedir (Stadelman ve Cotterill, 1995).

2.7.6. Isıl işlem ile muhafaza (kabukta pastörizasyon)

Kabuklu yumurtaların su veya yağ gibi iletken bir akışkan yardımı ile ısıl işleme maruz bırakılması işlemidir (Tayyar, 2005). Ülkemizde uygulama alanı bulmayan bu yöntemde yumurtanın 60°C 'de yaklaşık 10 dk veya $54,4^{\circ}\text{C}$ 'de 30 dk sürede tutulması ile kabuk yüzeyindeki patojen mikroorganizmaların inaktivasyonu sağlanmaktadır. Ancak uygulanan sıcaklık derecesi albümin ile yumurta kabuğu arasında proteinlerin koagüle olmasına neden olmaktadır (Tayyar, 2005). Likit yumurtada uygulanan pastörizasyon işleminin kabuklu yumurtada uygulanmasında karşılaşılan temel zorluklar arasında ısıl denatürasyon gelmektedir. Yumurtanın yıkanması veya hızlı soğutması ile *Salmonella* inaktivasyonu sağlanmadığı ifade edilmiştir (Hou ve ark., 1996).

Hou ve ark. (1996) tarafından yapılan bir çalışmada kabuklu yumurtaya inoküle edilen *S. Enteritidis* ATTC 13076'nın 57°C 'de 25 dk süre ile sıcak su ve 55°C 'de 60 dk sıcak hava ile muamele sonrasında 7 logaritmik düşüş elde edildiği ifade edilmiştir. Ayrıca bu çalışma kapsamında albüminde bulunan lizozimin aktivitesinin ve yumurtanın fonksiyonel özelliklerinin ısıl işlem sonrası kabul edilebilir düzeyde olduğu bildirilmiştir.

2.7.7. Ultraviyole uygulaması

UV ışığı etkinliklerine göre dört ayrı spektral bölgeye ayrılabilir; vakum-UV (100-200 nanometre), UV-C(200-280 nanometre), UV-B (280-315 nanometre), ve UV-A (315-400 nanometre). 200nm ve 300nm arasındakı dalga boylarında (UV-C) mikroorganizmalar için öldürücü etkisi olduğundan dezenfeksiyon amaçlı kullanılmaktadır. Mikrobiyal inaktivasyonun sağlanması için gıdanın en az 0,04 J/cm² enerjiye maruz kalması gerekmektedir. UV-C; bakteri, virüs, protozoa, maya, küf ve alg gibi mikroorganizmalara karşı öldürücü etkiye sahip olup, hücre DNA'sında tamir mekanizması ve çoğalmayı önlemektedir (Tran ve Farid, 2004; Keyser ve ark., 2008). UV-C ışığının etkisi mikroorganizmanın, hücre duvarından geçerek yapısındaki DNA'nın dimerleşmesine neden olması ve DNA'nın transkripsiyon ve replikasyon işlemleri ile bölünmesini engelleyerek hücre ölümü gerçekleştirmesinden dolayıdır (Sizer ve Balasubramaniam, 1999).

UV uygulaması, düşük toplam işletme maliyeti, çevre dostu olması ve güvenilir kullanımı gibi avantajlara sahiptir. Uygulanıgıda maddelerinin organoleptik ve besleyici özellikleri üzerinde herhangi bir istenmeyen etkiye sahip olmayan termal olmayan dezenfeksiyon yöntemidir. UV lamba kaynağının dalga boyu ve lambanın uzunluğu, gıdanın fiziksel, kimyasal ve optik özellikleri (yoğunluk, viskozite ve bulanıklık, soğurma katsayısı), UV maruz kaldığı ortamın fiziksel tasarımı, UV-C uygulama dozu ve süresine kritik işlem faktörleridir (Bintsis ve ark., 2000).

2.7.8. Atımlı (vurgulu) elektrik alan uygulaması

Vurgulu elektrik alan (PEF) uygulaması, bir seri elektrot arasına yerleştirilen gıdaya 1-100 µs arasında değişen sürelerde yüksek voltaj (elektrik vurguları) uygulanması prensibine dayanır (etki şiddeti 10-80 kV/cm). Elektrik alan şiddetine göre PEF düşük ($E \leq 100-200$ V/cm), orta ($E = 300-1500$ V/cm) ve yüksek ($E > 1500$ V/cm) olarak sınıflandırılmıştır. PEF işleminde 12-35 kV cm⁻¹ aralığındaki elektrik alan sıvı gıdalara kısa vurgularla (1-100 µs) uygulanmakta olup, mikroorganizmalar üzerinde inaktive edici bir etki sağlamaktadır. Dielektrik parçalanma teorisine göre, dışarıdan uygulanan elektrik alan hücre zarı boyunca transmembran potansiyel denilen bir elektrik potansiyel farkı oluşturur. Bu potansiyel kritik bir değere ulaştığında, hücre zarında por oluşumu veya elektroporasyon başlar ve geçirgenliği artar. Hücre membranının koruyucu özelliği ortadan kalkar ve hücre içindeki yaşam materyalleri kaybolur. PEF uygulaması sonucunda mikroorganizmadaki hücre organelleri çatlamakta, hücre içeriği azalmakta, bunun

sonucunda da hücrenin temel fonksiyonları yavaşlayarak, inaktivasyonu sağlanmaktadır (Devlieghere ve ark., 2004). PEF'e bağlı faktörlerden elektrik alan yoğunluğu, vurgu/darbe (pulse) genişliği, uygulama süresi, sıcaklık artışı sıralanırken, gıdaya bağlı etkenler arasında; gıdanın iletkenliği ve sıcaklığı ile pH'sı önemlidir(Kavas ve ark., 2007). Vurgulu elektrik alan uygulamasının, katı gıdalarda ekstraksiyon, kurutma gibi gıda prosesleri öncesinde bir ön işlem basamağı olarak kullanımının proseslerin verimini, hızını ve ürün kalitesini arttırdığı belirlenmiştir.

PEF yönteminin uygulandığı gıdalar genelde sıvı özellikte olup, viskoz gıdalar üzerinde henüz çalışma gerçekleştirilmemiştir. PEF tekniği, sütte farklı mikroorganizmaların inaktivasyonunda kullanılmış ve sütteki patojen mikroorganizmaları yüksek oranda ortadan kaldırıldığı belirlenmiştir (Kavas ve ark., 2007). Sütün işlenmesinde, duyu özelliklerinde değişme ve besin değerinde azalma olmadan, PEF ile ısıl işlem tekniğinin ortak kullanımı sonucunda daha etkin bir yöntem olduğu (raf ömrünün 4 haftaya kadar uzatıldığı) belirlenmiştir (Sepulveda ve ark., 2003). Vurgulu elektrik alan uygulaması 1996 yılında yumurta ürünlerinin pastörizasyonunda FDA tarafından onaylanmıştır.

PEF uygulaması, oda sıcaklığına yakın sıcaklıklarda uygulanmaktadır ve düşük enerji kullanımı gibi avantajı bulunmaktadır. PEF uygulaması ile mikroorganizmaların vejetatif formlarının ve enzimlerin inaktivasyonu sağlanmakla birlikte, spora olan etkisi henüz kesinlik kazanmamıştır. Ayrıca iletken maddelerle çalışma zorluğu, üretim ortamında elektriksel sızdırmazlığın sağlanması gibi güvenlik önlemlerinin bulunması zorunluluğu bu teknolojinin kullanımını sınırlandırmaktadır (Devlieghere ve ark., 2004).

2.7.9. Mikrodalga uygulaması

Mikrodalga (pastörizasyon ve sterilizasyonda hızlı ısıtma avantajı sunan), 1 mm⁻¹ dalga boyu ve 300 MHz - 300 GHz frekans aralığında bulunan, elektromanyetik spektrumun belirli bir kısmını kapsayan iyonize edici olmayan elektromanyetik dalgalardır. Mikrodalga olan enerji kolayca dipolar (su gibi) moleküller içerir maddeler tarafından kolayca emilen zengin elektromanyetik radyasyon enerjileridir. Mikrodalga proseslerinde iyonik kondüksiyon ve dipolar rotasyon olmak üzere iki ısıtma mekanizması vardır. Bir malzemenin mikrodalga ile ısıtılması; ya uygulanan elektrik alan şiddetinin bir sonucu olarak iyonik bileşenlerin harekete geçmesi ile ya da uygulanan elektrik alanın genlik değişimine bağlı olarak moleküllerin önce polarize daha sonra depolarize olmaya çalışırken ortaya çıkardıkları salınım hareketinin bir sonucu olarak gerçekleşmektedir.

Hacimsel ısıtma, mikrodalga ile ısıtmanın en önemli özelliğidir(Chandrasekaran ve ark., 2013).

Yumurtanın mikrodalga ile muhafazası üzerine birçok çalışma gerçekleştirilmiştir (Dev ve ark., 2008; Lakins ve ark., 2009; Sivaramakrishnan, 2010). Lakins ve ark. (2009) tarafından yapılan çalışmada 2,45 GHz'de uygulanan mikrodalga'nın yumurtanın kalite kriterlerinde en az değişikliğe sebebiyet verdiği, ancak mikrodalga'nın yumurta işleme sanayiinde kullanılabileceğini bildirmiştir.

2.7.10. Işınlama-radyasyon uygulaması

Işınlama, ürünlerin belirli bir süre boyunca, kontrol edilebilir iyonlaştırıcı radyasyona tabii tutulmasıdır. Uygulamada iyonlaştırıcı radyasyon; Co-60 radyoizotopu kullanılarak uygulanan gama ışınları, X-ışınları veya hızlandırılmış elektron demetleri olarak ayrılmaktadır (Mahapatra ve ark., 2005; Sarıbay ve Köseoğlu, 2012a; Sarıbay ve Köseoğlu, 2012b).

Işınlama teknolojisi, yumurta ve ürünlerinde patojen floranın inaktive edilmesinde tercih edilen ileri bir teknoloji olup, gıdalarda kullanımı birçok ülkede yaygın şekilde devam etmektedir. Bu teknik soğuk pastörizasyon adıyla da anılmaktadır(Lotfian ve ark., 2012).

Álvarez ve ark. (2007) tarafından yapılan çalışmada ışınlama ile ısısal işlem kombine edilerek likit bütün yumurtada *Salmonella*'nın inaktivasyonu üzerine yapılan modellemede, 0-0,1-0,3-0,5-1,0 ve 1,5 kGy ışınlama dozlarını 55, 57 ve 60°C sıcaklık muamelesi takip etmiş ve çalışma sonucunda 57,7°C'de 3,5 dk., 1,5 kGy uygulaması ile inoküle edilen *Salmonella*'da 5 log azalma saptanmıştır. Ayrıca Al-Bachir ve Zeinou (2006) kabuklu yumurtada yaptıkları çalışmada 1 kGy ışınlamanın yumurtadaki toplam flora üzerinde 1 log azalma sağladığı, viskozite dışındaki kalite parametreleri üzerine etkisinin olmadığını tespit etmişlerdir.

Sarıbay ve Köseoğlu (2012b) tarafından yapılan çalışmada 1, 2 ve 3 kGy olarak 3 farklı dozda ışınlanan yumurta akınının pH değerlerinde fark oluşturmamış ve Azalan Tam Yansıma Spektroskopisi (ATR-FTIR) ile yapılan protein yapısal analiz verilerinde değişikliğe yol açmadan köpük hacminde artış kaydedilmiş ve köpük yoğunluğu, köpük stabilitesi ve viskozite değerleri azalmıştır.

Işınlamanın yumurtanın fonksiyonel ve besin öğeleri üzerine etkisini tespit etmek için yapılan çalışmada 2 kGy ve üzerindeki ışınlama dozlarında yumurta sarısı ve beyazında renk değişimleri gözlemlendiği ancak fosfolipid üzerine bir etkisinin olmadığı tespit

edilmiştir. 2 kGy'e kadar olan dozlarda yumurta sarısının viskozitesinde ve protein yapısında herhangi bir farklılık söz konusu olmamıştır (Pinto ve ark., 2004).

2.7.11. Yüksek basınç uygulaması

Yüksek basınç uygulaması (HHP) sıvı veya katı gıdaların 100–1000 MPa (987–9870 atm) basınca maruz bırakılması ile uygulanan bir muhafaza yöntemidir. Yüksek basıncın etkisi gıda maddelerindeki mikroorganizmaların hücre zarı deformasyonu ve fonksiyonlarını yitirmesi ile açıklanmakta olup, zararlı vejetatif mikroorganizmaların inaktivasyonuna, enzimlerin inaktivasyonuna veya aktivasyonuna ve protein denatürasyonuna neden olduğu, kovalent bağları fazla etkilememesinden dolayı tat, aroma, vitaminler, pigmentler, fenoller ve diğer benzer bileşenler üzerinde önemli değişimlere neden olmadığı vurgulanmıştır (Tülek ve Filizay, 2006).

Basıncın mikroorganizmalar üzerine etkisi, mikroorganizma özellikleri, spor veya vejetatif formu, uygulanan basınç seviyesi ve uygulama süresi, ortam bileşimi, pH ve sıcaklık gibi faktörlere bağlıdır. Gram-pozitif bakterilerin basınç dayanımı gram negatiflere göre daha yüksektir. Çiğ sütün 400-600 MPa altında basınçlanması ile mikrobiyal kalite açısından pastörize süt ile (75°C/15 s) kıyaslanabilecek seviyeye eriştiği kanıtlanmış, fakat yüksek basınca dirençli sporeler nedeni ile sterilize süt elde edilemeyeceği belirtilmiştir (Trujillo ve ark., 2002).

Linton ve ark. (2004) yaptıkları araştırmada, tavuk etindeki başlangıçta $2,07 \times 10^4$ kob/g olan aerob mikroorganizma sayısının, 40°C'de, 15 dk süreyle, 500 MPa seviyesinde gerçekleştirilen basınç uygulaması sonunda $1,27 \times 10^3$ kob/g'a düştüğünü belirlemişlerdir.

Önceki araştırmalar HHP teknoloji yumurta ürünleri çok sayıda patojen mikroorganizmaların yok edilmesi için uygun olduğunu göstermiştir. Yürütülen araştırmalar sonucunda geleneksel sıvı yumurta pastörizasyon teknolojisinin (60-65°C de ısı işlem 5-10 dk) yerini alabileceği belirtilmiştir (San Martin ve ark., 2002).

2.7.12. Atımlı ışık uygulaması

Atımlı ışık (Pulsed light, PL) yönteminde, infrared bölgeye yakın olan UV bölgedeki geniş spektrumlu dalga boyları ($200 \text{ nm}^{-1} \text{ mm}$) kullanılmaktadır. Kısa yoğun atımlı yada flaşlı beyaz ışığın kullanılarak mikroorganizmaların yok edilmesini amaçlayan sterilizasyon yöntemidir. Ortam, $0,01 - 50 \text{ J/cm}^2$ enerji yoğunluğuna sahip en az 1 atımlı ışığa maruz bırakılır. Atımların süresi 1 μs ile 0,1 s arasında değişip saniyede 1-20 flaş uygulanır. Mikroorganizmaların atımlı ışık (PL) uygulamasına gösterdikleri hassasiyet

değişmektedir. Örneğin, küf ve maya sporlarının direncinin bakterilere göre daha yüksek olduğu yapılan bilimsel çalışmalarla kanıtlanmıştır. Mikrobiyal inaktivasyon, mikroorganizmaların protein, membran ve diğer hücre bileşenlerinde meydana gelen kimyasal değişimler, DNA zincirinin parçalanması çeşitli mekanizmalar ile gerçekleşir (Gomez-Lopez ve ark., 2007).

Çiğ yumurtaya *S. Enteritidis* inokülasyonu sonrası 0,5 J/cm² enerji yoğunluğunda atımlı ışık uygulamasının mikroorganizma miktarında 8 log kob/g kadar azalma sağlamıştır (Dunn, 1996). *Aspergillus niger* inoküle (5 log kob/ml) edilen mısır ununa 5,6 J/cm² enerji yoğunluğundaki atımlı ışık uygulama sonucu *A. niger*'in 4,95 log kob/g azaldığını belirlenmiştir (Jun ve ark., 2003). Bialca ve Demirci (2007), 1,1 ve 4,3 log kob/g oranlarında *Escherichia coli* O157:H7 ve *Salmonella enterica* inoküle edilen yaban mersinine, SterilPulse-XL 3000 ışık gücünde cihaz ile 1,9 ve 22,6 J/cm² yoğunluğunda atımlı ışığı iki farklı (30 ve 80 mm) uzaklıkta uygulamıştır. Farklı yoğunlukta (1,9 ve 22,6 J/cm²) uygulanan atımlı ışığın, inaktivasyon etkisinin benzer olduğu belirlenmiştir. Buna karşın doku ve renk analizlerinde yaban mersinin yüzeyinin 80 mm uzaklıktan uygulanan atımlı ışık uygulamasının, 30 mm'de uygulanan atımlı ışığa göre daha az zarar verdiği tespit edilmiştir. Choi ve ark. (2009) *Listeria monocytogenes* inoküle edilmiş bebek maması ve bebek sütlerine 5000, 600, 300 ve 100 µs sürelerde; 10, 15, 20 ve 25 kV enerji yoğunluklarında atımlı ışık uygulaması sonucunda 25 kV uygulamasında en iyi inaktivasyon değerlerinin elde edildiği belirtilmiştir. Atımlı ışık yöntemin daha geniş anlamda uygulanabilmesi için kritik proses faktörlerinin ve mikrobiyal inaktivasyon durumlarının, olası toksikolojik yan ürünlerin oluşumunun araştırılması, farklı gıdalarda da (katı ve transparan olmayan) uygulanabilirliği gibi çalışmaların yapılması gerekmektedir (Gomez-Lopez ve ark., 2007; Keklik ve ark., 2009).

2.7.13. Diğer yöntemler (dezenfektanlar)

Kabuklu yumurtanın muhafazası ve mikrobiyal kalitesinin iyileştirilmesi amacıyla çeşitli dezenfeksiyon uygulamaları, fumigasyon, yıkama ve tasnif yöntemleri kullanılmaktadır. Dezenfeksiyon amacıyla dezenfektan içeren çeşitli kimyasallar kullanılmaktadır. Bunlar arasında, sodyum hipoklorit, kuaterner amonyum bileşikleri ve elektrolize edilmiş su sayılabilir. Dezenfektanlar genellikle kabuk yüzeyindeki kirlerin uzaklaştırılması amacıyla yumurtanın yıkanması sırasında yıkama suyuna ilave edilerek yapılmaktadır. Yumurtanın yıkanmasında mikroorganizmaların yumurtanın içine girişini sınırlandırmak için yumurta sıcaklığı ile yıkama suyu arasında 11°C'lik farkın olması ve

Pseudomonas türlerinin neden olduğu bozulmayı engellemek için yıkama suyunun demir içeriğinin yüksek olmaması işlemin etkinliği açısından önem taşımaktadır (Ünlütürk ve Turantaş, 2003).

2.8.Yumurta Kalitesi Üzerine Muhafaza Tekniklerinin Etkileri

Yumurtalarla ilgili yapılan araştırmaların birçoğu mikrobiyal (gıda zehirlenmesine neden olan *Salmonella*)yük ve kontaminasyonu azaltmaya yöneliktir (Washburn, 1982; Kim ve Slavik, 1996; Kuo ve ark., 1996; Wang ve Slavik, 1998; Karahan ve Çakmakçı, 1999; Park ve ark., 2002; Xie ve ark., 2002; Musgrove, 2004; Reu, 2006; Keklik ve ark., 2009; Jin, 2010; Ragni ve ark., 2010; Gottselig, 2011; Lasagabaster ve ark., 2011; Leleu ve ark., 2011a; Galiş ve ark., 2013). Kırılma ve çatlama en fazla üreticiden tüketiciye kadar olan ulaşım zincirinde meydana geldiği gözlenmektedir (Wong ve ark., 1996b; Seydim ve Dawson, 1999; Bell ve ark., 2001; Bhale ve ark., 2003; Caner, 2005a). Mellor ve Gardner (1970a; b) taşıma sırasında değişik ambalajlamanın (mukavva kutular-viyol), yumurta kabuğunun kalitesine etkilerini incelemişlerdir. Taşıma şekli, ambalajlama ve hava koşulları gibi birçok faktörün yumurta kalitesine ve depolama süresine etki ettiği ifade edilmiştir (Seydim ve Dawson, 1999; Anderson ve ark., 2008).

Yumurtaların kaplanarak kalite kriterlerinin artırılması ve kırılmaların azaltılması üzerine son yıllarda yapılan çalışma sayısında artış kaydedilmektedir (Yamanaka ve ark., 1980; Kim ve Slavik, 1996; Wong ve ark., 1996b; Hışıl ve Otleş, 1997; Wang ve Slavik, 1998; Bhale ve ark., 2003; Rhim ve ark., 2004; Caner ve Cansız, 2007; Caner ve Cansız, 2008; Kim ve ark., 2008; Biladeau ve Keener, 2009; Kim ve ark., 2009; Jirangrat ve ark., 2010; Suppakul ve ark., 2010; Torrico, 2010; Torrico ve ark., 2010; Jo ve ark., 2011; Musa ve ark., 2011; Torrico ve ark., 2011b; Torrico ve ark., 2011a; Wardy ve ark., 2011; Nongtaodum ve ark., 2013). Protein esaslı kaplamaların yumurta kabuk kırılma kuvvetini yaklaşık % 8-16 artırdığı bildirilmiştir. Bu kaplamalar arasında özellikle peynir altı suyundan elde edilen peynir altı suyu proteini tozu (PAS) üzerine artan bir ilgi söz konusudur (Regalado ve ark., 2006; Jooyandeh, 2011). Caner (2005b) farklı konsantrasyonlarda (%6, 12 ve 18) peynir altı suyu izolatının (PASI) yumurta raf ömrünü arttırdığını bildirmiştir. PASI kaplanmış yumurtaların kontrolden iki hafta daha fazla 'A' sınıfını muhafaza ettiği belirlenmiştir. 12% ve 18% PASI konsantrasyonun 6% PASI'dan daha fazla yumurtayı koruyucu etkiye sahip olduğu; pH, haugh birimi, sarı indekslerinin kıyaslanmasıyla tespit edilmiştir. Ayrıca kaplanmamış yumurtaların kaplanmışlardan daha erken kalite kayıpları olduğu ve bozulduğu da tespit edilmiştir (Caner, 2005b).

Kitosan kaplamanın yumurtanın haugh birimi, sarı indeksi, ağırlık kaybı, albumin pH değeri gibi kalite parametrelerini 25°C’de en az 3 hafta muhafaza ettiği ve duyusal analiz açısından görünüşte ve diğer özelliklerde kontrol ile benzer olduğu saptanmıştır (Bhale ve ark., 2003). Benzer sonuçların alındığı bir diğer çalışmada ise, kitosan solüsyonunun asetik asit, laktik asit ve propiyonik asit gibi farklı organik asit çözeltileri ile hazırlanan ve kaplanan yumurtalarda duyusal açıdan kontrol grubundan farksız olduğu bildirilmiştir (Caner ve Cansız, 2008).

Kitosan ve soya yağı ile hazırlanan emülsiyon (40:60) solüsyonu ile kaplanan yumurtalar 5 hafta süre (25°C) ile “A” sınıfta iken, kontrol grubu 1 hafta sonra “AA” sınıfından “B” kaliteye düştüğü görülmüştür. Kaplanan ve 25°C’de muhafaza edilen yumurtalarda ağırlık kaybının 7. haftanın sonunda %3’ten daha düşük olduğu saptanmış ve müşteri kabulü yapılan duyusal testte %85 olumlu olarak gözlemlenmiştir (Wardy ve ark., 2011).

Kaplanan yumurtaların oda sıcaklığında (25°C) 5 hafta ve soğuk hava (4°C) şartlarında 20 hafta süre ile muhafazasının yumurtanın fiziksel ve fonksiyonel kalitesine etkisinin araştırıldığı çalışmada; kitosan, peynir altı suyu konsantresi, madeni yağ ve soya yağı ile kaplanan yumurtalarda raf ömrünün oda şartlarında madeni yağ ve soya yağı ile 4 hafta, kitosan ve peynir altı suyu konsantrati ise 2 hafta uzatıldığı bildirilmiştir. Ayrıca madeni yağ ve soya yağı ile kaplanan ve 4°C’de muhafaza edilen yumurtaların “AA” kalitesinin 20 hafta süre ile korunduğu ve ağırlık kaybının <%1 olduğu saptanmıştır (Wardy ve ark., 2010).

Xie ve ark. (2002) soya proteini izolatu, peynir altı suyu izolatu, PASI, karboksi metil selüloz ve buğday gluteni ile kaplanan yumurtalarda kabuk mukavemetinin önemli düzeyde arttığı, kabuğun mekaniksel özelliklerini geliştirdiği ve en iyi sonucu PASI’da elde edildiği ifade edilmiştir.

Leleu ve ark. (2010) %0,25-1-2 kitosan ile kaplanan ve 20 gün depolanan yumurtalarda %2 kitosanın raf ömrünü arttırdığı ve *Salmonella* Enteritidis’in kontaminasyonu ile kabuktan yumurtanın iç kısmına nüfuzunun minimize edildiği belirtilmiştir.

Çizelge 2.1.10. Farklı materyaller ile yumurtanın kaplanması ve 25°C’de 4 hafta süre depolama sonucunda yumurta iç kalitesine etkisi üzerine yapılan bazı literatür çalışmaları

Depolamanın 4. haftasındaki Analiz Değerleri					
Kaplama	A.K. ^a	HB ^a	pH ^a	SI	Kaynak
KNT	9,30±0,64	-	-	-	(Obanu ve Mpieri, 1984)
KY	0,64±0,14	-	-	-	
KNT	5,66	41,45±1,32	9,66±0,024	0,221±0,007	(Caner, 2005b) ^b
WPI	3,63	52,81±1,87	9,40±0,031	0,292±0,009	
KNT	10,46±2,31	24,57±5,13	9,47	-	(Kim ve ark., 2008) ^c
KTS+SR	5,25±1,10	57,59±9,87	8,92	-	
KNT	9,87±1,50	29,70±5,13	9,35±0,01	0,20±0,03	(Kim ve ark., 2009)
KTS	5,34±1,08	59,64±11,4	8,74±0,29	0,33±0,05	
KNT	7,56±1,04	23,15±9,39	9,49±0,03	0,23±0,02	(Waimaleongora-Ek ve ark., 2009)
MY	0,75±0,24	56,13±5,48	8,80±0,13	0,39±0,03	
KNT	8,83±0,12	46,45±2,06	9,76±0,07	-	(Suppakul ve ark., 2010)
Selüloz	4,28±0,07	64,77±2,51	9,44±0,04	-	
KNT	4,80±0,5	27,04±7,9	>9,33	0,23±0,02	(Wardy ve ark., 2010)
KTS	4,91±0,3	39,07±5,7	9,33	0,25±0,02	
MY	0,51±0,1	58,43±5,2	8,26	0,36±0,02	
PASK	4,41±0,2	33,50±5,9	9,24	0,26±0,01	
SY	0,46±0,1	58,72±6,3	8,34	0,37±0,03	

^aA. K.:Ağırlık Kaybı (%), pH: albümin pH, HB (Haugh Birimi) için sınıflandırmada - HB >72 AA kalite; 72-60 A kalite, 59-31 B kalite; <30 C kalite esas alınmıştır (Anonim, 2001).

^b %2’lik Kitosan solüsyonu %1 asetik asit kullanılarak hazırlanmıştır. Plastikleştirici olarak %2’lik sorbitol kullanılmıştır.

^cBu çalışmada albümin pH değerleri depolamanın 5.haftasına aittir.

* KNT: kontrol, KTS: kitosan, SR: sorbitol WPI: peynir altı suyu izolatu (%18’lik), MY: mineral yağ, PASK: peynir altı suyu konsantratu, SY: soya yağı, KY: Kakao yağı.

%1-3-5 Şellak ile kaplanan bıldırcın yumurtalarında raf ömrünün %5 konsantrasyon ve 40°C’de muhafazada en iyi neticenin Haugh Birimi 55,37 ile alındığı bildirilmiştir (Al-Hajo ve ark., 2010). Aynı araştırmacının yaptığı bir diğer çalışmada ise jelatin ile kaplanan bıldırcın yumurtalarının +4 ile +5°C arasında 30 gün süre muhafaza edilmiş ve kaplamanın yumurtada ağırlık kaybını minimize etme amacı ile kullanılabilceğini ifade edilmiştir (Al-Hajo ve ark., 2012).

Donma noktasına yakın sıcaklıkta depolama ile yumurtanın iç kalitesinin bozulması önemli derecede geciktirilebilir (Thompson ve ark., 2000; Zeidler, 2002). Çok sayıda kaplama malzemelerinin (mineral yağ, mum, peynir altı suyu izolatu, peynir altı suyu konsantratu, soya proteini, gluten, kitosan, selüloz, şellak ve mısır zeini) sızdırmaz gözenekler tarafından kütle transferini azaltmada etkili olduğu kanıtlanmıştır. Bu kaplamalar aynı zamanda yumurta içine mikroorganizmaların nüfuz etmesini önler. Sonuç olarak, depolama süresini uzatır ve ekonomik kayıpları azaltır (Obanu ve Mpiere, 1984; Wong ve ark., 1996b; Rhim ve ark., 2004; Caner, 2005a; Waimaleongora-Ek ve ark., 2009; Jirangrat ve ark., 2010). Buna ek olarak, Xie ve ark. (2002) protein izolatu ve karboksi metil selüloz ile kaplanmış yumurtaların kaplanmayanlara göre daha fazla kabuk mukavemeti sağladığını göstermişlerdir. Kitosan gibi diğer kaplama malzemelerinin No ve ark. (2005), Kim ve ark. (2006), Kim ve ark. (2007), Kim ve ark. (2008), Caner ve Cansız (2007), Jo ve ark. (2011), Torrico ve ark. (2011b) ve Bhale ve ark. (2003) araştırmacılar tarafından yumurtanın iç kalitesini muhafaza etmek için kullanılabilceği bildirilmiştir.

Antimikrobiyal ambalajlama teknolojisinde organik asitler ve anhidritleri, bakteriosinler, alkoller, enzim ve proteinler, antioksidanlar, fungusitler ve gazlar antimikrobiyal madde olarak yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Hayvansal kökenli antimikrobiyal maddelerden ticari olarak kullanımı en yaygın olanı, yumurta akında kuru maddenin % 3,5’i oranında bulunan, aminoasit esterlerinden meydana gelen peptit zinciri yapısında olan lizozimdir (Duan ve ark., 2007; Duan ve ark., 2008; Mastromatteo ve ark., 2010). Yapılan bir çalışmada kitosan-lizozim film ve kaplama %3 kitosan solüsyonunda %60 lizozim (w/w kitosan) içerecek şekilde hazırlanmış ve su buharı geçirgenlik değerinin fazla etkilenmediği belirlenmiştir (Duan ve ark., 2008). Duan ve ark. (2007) çalışmasında %0 ve %60 kitosan-lizozim kompozit filmin antimikrobiyal aktivitesini Mozzarella peyniri üzerine inokülasyonu ile değerlendirilmiştir. *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli*, yada *Pseudomonas fluorescens*’e karşı %60 oranında katılan lizozim daha büyük antimikrobiyal aktivite gösterdiği bildirilmiştir.

Ozonun mikroorganizmaları öldürücü özelliğinden dolayı gıda muhafazası ve sterilizasyonu için kullanılması üzerine yoğun araştırmalar vardır (Khadre ve ark., 2001; Karaca ve Velioglu, 2007; Pascual ve ark., 2007). Ozon direk olarak ön işleme, depolama sırasında işlenmemiş gıda ürünlerin üzerine yada depolama sırasında işlenmiş ürünlere uygulanabilir (Kim ve ark., 2003; Karaca ve Velioglu, 2007).

Ozon, gıda endüstrisinde özellikle balık, meyve-sebze, yumurta ve tavuk üzerindeki mikrobiyal yükün azaltılmasında başarıyla kullanılmaktadır (Yang ve Chen, 1979; Pérez ve ark., 1999; Hansen, 2002; Guzel-Seydim ve ark., 2004; Karaca ve Velioglu, 2007; Pirani, 2010; Goo-Hee ve Kyung-Haeng, 2012). Ozonlamanın başarısı büyük ölçüde gıda yüzeyinin tabiatına, uygulanan ozon konsantrasyon ve uygulama süresine bağlıdır (Kim ve ark. 1999; Erkmén 2001). Ozonlu yıkama suyu, kabuktaki mikrobiyal yükün azaltılması için kullanılabilir. Nitekim ozonun *Yersinia enterocolitica*, *Salmonella* Typhimurium, *S. aureus*, *L. monocytogenes* ve *E. coli* O157:H7 gibi patojenleri inhibe ettiği bildirilmektedir (Beltran ve ark., 2005). Ozonlu suyun et karkaslarına (5g/L) püskürtülmesiyle bakteriyel yükü azalttığı, 10-12 µg/lit hava 6 saat ozonlanan yumurtaların ise kalitesinin daha yüksek olduğu tespit edilmiştir (Kim ve ark. 1999). Ozonun ayrıca gıdalarda pestisit kalıntılarının degradasyonunda etkili olduğu belirtilmektedir (Kim ve ark., 2003; Wu, 2006).

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 inaktivasyon düzeyi 10^2 ile 10^4 cfu *Salmonella* Enteritidis/yumurta arasında saptanmıştır.

Ozonun yumurtanın kabuğundan iç kısmına nüfuzunu araştıran bir çalışmada %12-14 w/w ozona maruz bırakılan yumurtalarda ozonun zaman içerisinde yumurtanın iç kısmına geçiş yaptığı tespit edilmiştir (Rodriguez-Romo ve ark., 2007).

Kabuklu yumurtanın kombine pastörizasyon ve ozon uygulamasına tabii tutulduğu bir çalışmada pastörizasyonun yumurtada proteinleri denatüre ettiği ifade edilirken, ozon ile birlikte yapılan uygulamada denatürasyonun azaldığı bildirilmiştir (Perry ve ark., 2011).

Ozon kümes hayvanları tesislerinin dezenfeksiyonunda, tavuk-işleme yıkama suyunda ve karkas dezenfeksiyonunda test edilmiştir (Bailey ve ark., 1996; Ito ve ark., 1999). Buna ilaveten, ozon yumurta yüzeylerinin inaktivasyonunda başarılı sonuçlar vermiştir (Ito ve ark., 1999; Koidis ve ark., 2000). 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 gaz fazında ozon uygulanmasının *Salmonella*'da 3 log azalma sağladığını göstermiştir.

Ozonun yumurta bileşenlerine etkisinin incelendiği bir çalışmada yumurta sarısının ozondan albümine göre daha az etkilendiği ve serbest -SH gruplarında azalmanın yanında yumurtadaki çözünür kütikula tabakanının deforme olduğu bildirilmiştir. Çalışmada yumurtalar 4 gün süre ile ozon uygulanmıştır (Fuhrmann ve ark., 2010).

Bu anlamda düşük konsantrasyonlarda daha kısa temas süresi ile geniş spektrumda mikroorganizma inhibisyonunu sağlayan ozon uygulamaları gıda endüstrisinde başarı ile uygulanabilecektir. Uygun dozda kullanılma şartıyla, ozon taze yumurtalarda başarıyla kullanılabilir. Bu şartlar, ürün bazında ozon dozları uygulamalarıyla her ürün için spesifik olarak belirlenmelidir (Pirani, 2010).

Ozonlama üzerine çalışmalar çoğunlukla mikrobiyal ağırlıklı olup (Yang ve Chen, 1979; Graham, 2000; Khadre ve ark., 2001; Stivarius ve ark., 2002; Khurana, 2003; Hecer, 2007), yumurtaların kalite kriterleri üzerine araştırmalar çok sınırlıdır (Rodríguez Romo, 2004; Yousef ve Rodriguez-Romo, 2004; Rodriguez-Romo ve Yousef, 2005; Perry, 2010; Perry ve ark., 2011; Goo-Hee ve Kyung-Haeng, 2012). Taze yumurtaların kalite kriterlerini daha iyi muhafaza edeceği beklenmektedir. Fakat yumurtalar üzerine temel kalite kriterleri incelenerek uygulanacak ozonlamanın- yeni yöntemlerin- etkinliği detaylı bir araştırmayla tam olarak belirlenmemiştir.

Ultrases tekniği yumurtalarda HB, albümin kalınlığı, hava boşluğu gibi bazı kalite özelliklerinin tayin edilmesi, tazeliğinin belirlenmesi amacıyla kullanılan bir yöntemdir (Aboonajmi ve ark., 2010; Aboonajmi ve ark., b.t.).

Huang ve ark. (2006b) *Salmonella* Enteritidis'in sıvı bütün yumurtada inaktivasyonu üzerine yaptıkları çalışmada 55°C'de 40 W ultrases uygulamasının artan muamele süresinde mikrobiyal inaktivasyonun arttığını belirtmişlerdir. 20°C'de 138 MPa yüksek basınç uygulaması ile ultrasesin kombine edilmesi ile 3,2 log mikrobiyal azalma elde edilmiştir.

Albümin proteinlerinin 20 kHz ve %20 Amp'de yüksek dalga boyunda ultrasese maruz bırakılması neticesinde yüzey hidrofobik etkisinin arttığı ancak -SH gruplarının etkilenmediği bildirilirken görünür viskozitenin azaldığı ve daha stabil emülsiyon elde edildiği bildirilmiştir (Arzeni ve ark., 2012).

Lee ve ark. (2003b) tarafından yapılan çalışmada, sıvı bütün yumurtanın 300 sn süre ile 24,6-34,6 ile 42,0 W güçte ultrases ile yüksek basınç uygulaması ve nisin ilavesi ile

yapılan kombine işlemde yüksek basınç ile ultrasesin birlikte uygulandığı uygulamalarda *E.coli* sayısındaki azalmanın 24,6 W'da 1 log olduğu ifade edilmiştir.

Yumurta albümin proteinlerinin ultrases ile muamele sonrası jelleşme ve viskoelastik özelliklerinin incelendiği bir çalışmada 20 dk süre ile 20 kHz ve %20 Amp'de ısı ile kombine edilerek yapılan uygulama neticesinde yumurtanın fonksiyonel özelliklerinin iyileştirildiği bildirilmiştir (Arzeni ve ark., 2011).

Cabeza ve ark. (2005) Ultrasesin ısı ile kombine edildiği termoultrases uygulamasının yumurtanın fonksiyonel özelliklerini değiştirmeden *Salmonella*'nın eliminasyonu üzerine yapılan çalışmada, *Salmonella*'nın uygulama sonrası hijyen için kabul edilebilir düzeye düşürüldüğü ifade edilmiştir. Termoultrases ile kontrol grubu yumurta örnekleri arasında istatistiki açıdan raf ömrü, emülsiyon ve köpük kapasitesi, tekstür, duyuşsal nitelik gibi fonksiyonel özelliklerde farklılık bulunmadığı bildirilmiştir. Çalışma kapsamında 24 kHz, 400 W ultrases ile 54°C'de 5 dk ısı işlemin kombine edildiği görülmüştür.

Aygun ve Sert (2012) tarafından yapılan çalışmada japon damızlık bildircin yumurtalarında ultrases uygulaması ile sanitasyon amacıyla kullanılan benzalkonyum klorür karşılaştırılmıştır. 35 kHz de 5 dk -10 dk ve 15 dk olarak yapılan tüm ultrases uygulamalarında mikrobiyal yükün önemli düzeyde azaltıldığı ve yumurtada ağırlık kaybı, mortalite ve mineral madde değerlerinin sanitasyon ve kontrol gruplarına göre farksız olduğu belirtilmiştir.

Yumurtada ultrasesin etkisinin araştırıldığı bir diğer çalışmada ise ultrases uygulaması ve yumurta muhafaza sıcaklığının yumurtada ağırlık kaybı, özgül yoğunluk, kabuk mukavemeti, albümin yüksekliği, HB, renk, pH, su aktivitesi TMAB, mineral madde içeriği ve duyuşsal özellikleri açısından araştırılmıştır. En düşük ağırlık kaybı ultrases uygulamasının 10 dk ve 15 dk olarak muamele edildiği ve 5°C'de muhafaza edilen örnek gruplarında görülürken, ultrases uygulamasına tabii tutulan yumurtalarda kalite kriterlerinde iyileşme saptanmıştır. Ultrases muamele süresinin 5 dk'dan 30 dk'ya çıkarılması ile albümin ve sarı TMAB sayım değerlerinin azaldığı tespit edilmiştir (Sert ve ark., 2011).

Sert ve ark. (2013) tarafından Ultrasesin yumurtada *E. coli* ATCC 25922'nin azaltılması ve 22°C'de 14 gün süre ile depolanan yumurtalarda kalite kriterlerine etkisi çalışılmış ve ultrases muamele süresine göre yumurta kabuğu mukavemetinin azaldığı bildirilmiştir. *E.coli*'nin uygulama süresinin 30 dk'ya çıkarılması ile tamamen inaktive edildiği saptanmıştır.

Ordenez ve Burgos (1976) ve Garcia ve ark. (1989) ultrases uygulamasının *Bacillus* gibi spor oluşturan bakteriler üzerindeki etkisini araştırmışlardır. McClements (1995) ultrases ve klor uygulamasının birleştirilmesi halinde mikroorganizma inaktivasyonunun daha etkili olacağını belirtmiştir. Tavuk karkaslarında bulunan *Salmonella*, ultrases ile birlikte klorun kullanılmasıyla, daha çabuk inaktive edilmiştir. Bunun nedeni olarak da ultrasesin hücreleri yüzeyden ayırması ve böylelikle klorun hücrelere daha iyi nüfuz etmesi gösterilmektedir (Sorhaug ve Stepaniak, 1997).

Yumurtanın kalitesini korumak amacıyla çeşitli araştırmalar yapılmakta olup, en yaygın muhafaza yöntemi, belirli ısıl işlem ($55,6^{\circ}\text{C} - 6,2 \text{ dk}$) uygulamak suretiyle mikroorganizmaların inaktive edilmesine karşı, koagülasyon neticesinde yumurtanın fonksiyonel özellikleri arasında yer alan köpük ve emülsiyon oluşturma kapasitesi ile beraber besin değeri olumsuz yönde etkilemektedir (Hou *et al.*, 1996). *S. Enteritidis* inaktivasyonunda uygulama potansiyeline sahip diğer bir yöntem ışınlama metodudur. Kabuklu yumurtaya gama ışınlaması (0.5-3.0 kGy) uygulandığında *Salmonella* spp. ve diğer patojen bakterilerinin inaktivasyonu için gerekli gücün en az 1.5 kGy doz olduğu saptanmıştır. Mikrodalgası tma fonksiyonel ve duyu sal özellikleredaha az zarar vererek, kabuklu yumurtada bulunan *S. Enteritidis*'inin inaktivasyonuna yardımcı olabilmektedir. Mikrodalga ile kabuklu yumurtanın ısıtılmasında $3,5 \text{ ve } 2,0-0,75 \text{ Wg}^{-1}$ güç 9 dk pastörizasyon normlarına ulaşmanın gerekli olduğunu bildirilmiştir. Bu sorunların çözümü için ısıl olmayan yeni proses (yüksek hidrostatik basınç, ultraviyole ışınlama (UV), vurgulu elektrik, ozon ve kaplama gibi) uygulamalarına veya aktif ambalajlama yada modifiye atmosferde ambalajlama gibi yaklaşımlar üzerinde çalışılmaktadır.

Aktif ambalajlama, ozon ve ultrases uygulamaların taze yumurtanın kalite kriterlerine etkileri üzerinde yapılan çalışmalar sınırlı sayıdadır ve detaylı çalışmalara ihtiyaç vardır. Ozonun yumurtanın bileşenleri ve iç kalite kriterleri ile fonksiyonel özelliklerine etkisini inceleyen çalışmaya rastlanılmamıştır. Benzer durum ultrases uygulaması için de geçerli olup, bu sahadaki eksikliği giderilmesi gerekmektedir.

Bu tez kapsamında literatür verilerine yumurtanın raf ömrü, kalite kriterleri ve fonksiyonel nitelikleri detaylı şekilde incelenerek farklı kaplama, aktif antimikrobiyal kaplama, ozon ve ultrases uygulamaları yapılarak literatür çalışmaları genişletilmiş olacaktır.

BÖLÜM 3**MATERYAL VE YÖNTEM****3.1. Materyal****3.1.1. Taze yumurta**

Çalışma için gerekli taze-günlük beyaz kabuklu yumurtalar, Balıkesir ili, Manyas ilçesinde bulunan A.B Gıda San. ve Tic. A. Ş. isimli yumurta üreticisinin 41 haftalık aynı yaş grubundaki Lohmann cinsi yumurtacı tavuklarından rastgele alınmıştır. Daha sonra yumurta örnekleri hızlı bir şekilde laboratuvara taşınarak kirli, kırık, çatlak, gizli çatlak, boyut ve ağırlık yönünden tasnif edilerek uygun olmayanlar ayıklanmıştır. Çalışma kapsamında toplam on iki bin civarında yumurta kullanılmıştır. Tüm analizler 2 tekerrür ve 2 paralel olarak yapılmıştır. Yumurta örnekleri 25°C oda sıcaklığında muhafaza edilmiştir.

Kaplama materyallerinin hazırlanmasında PAS protein izolatı (Bipro, Davisco Foods International, Le Sueur MN, ABD), PAC protein konsantratu (Whey Protein Concentrate 80%, Davisco Foods International, Le Sueur MN, ABD), Zein (Sigma Chemical Co., St. Louis, MO, ABD) ve Şellak Mantrose-Haeuser Co. Inc. (Renshel Exports Pvt. Limited, West Bengal, Hindistan) kullanılmıştır. Plastikleştirici olarak gliserol (Merck, Almanya) ve antimikrobiyel madde olarak lizozim (Sigma Chemical Co., ABD) kullanılmıştır. Kullanılan diğer kimyasallar analitik saflıktadır.

3.2. Yöntem**3.2.1. Yapılan uygulamalar****3.2.1.1. Farklı kaplama materyallerinin hazırlanması (Yöntem-I)**

Taze yumurta örnekleri 5 ayrı gruba ayrılarak aşağıda belirtilen kaplamalar ile kaplanmıştır.

Peynir altı suyu izolatı, peynir altı suyu izolat proteini (PASI: protein oranı en az %90 Davisco Foods International, Eden Prairie, MN, ABD) kullanarak (% 10g/g) hazırlanmıştır. PASI çözeltisi 80°C'de tamamen çözüldükten sonra, gliserol oranı 2,5:1 (v/v Protein:Gliserol) olacak şekilde plastikleştirici ilave edilerek manyetik karıştırıcıda bir saat karıştırılmıştır. Daha sonra elde edilen çözelti daldırma yöntemiyle yumurtaların kaplanması için oda sıcaklığına (25°C) kadar soğutulmuştur.

Peynir altı konsantrat solüsyonu, peynir altı konsantrati kullanılarak (PASK; Protein oranı %90'dan az) (%10 protein) hazırlanmıştır. Çözelti manyetik karıştırıcı yardımıyla 80°C'de tamamen çözüldükten sonra plastikleştirici olarak gliserol 2.5:1 (v/v

Protein:Gliserol) eklenerek bir saat boyunca 80°C’de homojenize edilmiştir. Hazırlanan çözelti oda sıcaklığına(25°C) kadar soğutulmuştur.

Granül haldeki zein%10 çözelti hazırlanması için manyetik karıştırıcı yardımıyla 40°C’de%90 ’lık etanolde çözündürülmüştür. Kırılganlığın üstesinden gelinmesi (esneklik) için plastikleştirici olarak gliserol (2,5:1)ilave edilmiştir.

Granül haldeki şellak (Mantrose-Haeuser Co.,Westport, CT, ABD) ise 40°C’de %10’luk çözelti hazırlanması için manyetik karıştırıcı yardımıyla %90’lık etanolde çözündürüldükten sonra plastikleştirici olarak gliserol (2,5:1)ilave edilmiştir. Tüm kaplamaların hazırlanmasında film oluşturucu özellikleri optimum olarak seçilmiştir.

- a) Kontrol (Hiç muamele görmemiş)
- b) %10 Peynir Altı Suyu İzolatı (PASI)
- c) %10 Peynir Altı Suyu Konsantratu (PASK)
- d) %10 Zein
- e) %10 Şellak

3.2.1.2.Kitosan-lizozim kaplama hazırlanması (Yöntem II)

Gıda sınıfı kitosan kaplama solüsyonu, %1 kitosan (89.9 deasetilasyon değerli, 11 cps viskoziteye sahip kitosan, Vanson, Redmond, Wash, USA) 50 °C’de su içinde manyetik karıştırıcıda karıştırılarak ve film oluşturucu özelliğinden dolayı çözeltiyeasetik asit (%1 konsantrasyonda) ilave edilerek hazırlanmıştır. Hazırlanan kitosan tamamen çözündükten sonra plastikleştirici olarak gliserol (0.25 ml gliserol/g kitosan) ilave edilmiştir. Filtre edilen kitosan solüsyonuna (Sigma Chemical Co. USA) %0, %10, %20 ve %60 (kuru ağırlıklizozim/kuru ağırlıkkitosan) oranlarındalizoizim eklenmiş ve solüsyon 40°C’de homojenize edilerek kulanıma hazır hale getirilmiştir.

3.2.1.2.1. Yumurtaların kaplanması

Taze yumurtalar doğrudan daldırma yöntemi ile Caner ve Cansız (2008)’a göre kaplama işlemine tabii tutulmuştur. Yumurtalar, hazırlanan beher içindeki çözeltilere daldırılarak 1 dk süreyle kaplama çözeltisi içinde bekletilerek kaplanmıştır. Kaplama işlemi el ile gerçekleştirilmiş olup, 1 kez daha tekrarlanmıştır. Kaplanan yumurtalar özel alüminyum folyolara kaplanan viyollere alınarak 24 saat kurutulmuş, zaman zaman yumurtalar ters yüz edilmiş ve depolamaya alınmıştır. Kaplama yapılmayan yumurtalar kontrol olarak ayrılmış ve tüm yumurtalar 25°C ortam koşullarında ortalama %70-75 nisbi rutubette 5 hafta muhafaza edilmiştir.

3.2.1.3. Ultrases uygulaması (Yöntem III)

Kavitasyon oluşturmak için Ultraschallprocessor UIP1000hd (1000 W) ultrases cihazı kullanılarak BS2d18 metalik prop ile cihazın özel haznesi içerisinde ultrases uygulanmıştır. Ultrases uygulamaları cihazın 1,5 l'lik özel haznesine 5 adet yerleştirilerek probun hazne içerisine gelecek ve yumurtalara temas etmeyecek şekilde uygulanmıştır. Cihaz vasıtasıyla üretilen ultrasonik gücün ancak belirli bir kısmı suya transfer edilebilmektedir. Kullanılan ultrasonik cihaz sıvı ortama verilen gücü anlık olarak göstermektedir. Taze kabuklu yumurta örnekleri rastgele farklı gruplara ayrılmış, kontrol grubu hariç diğer gruplardaki yumurtalara farklı güç (200 W, 300 W ve 450 W) ve sürelerde (2 ve 5 dk) ultrases uygulaması yapılmıştır.

- a) Kontrol – 2 dk
- b) Kontrol – 5 dk
- c) 200 W - 2 dk ultrases uygulaması
- d) 200 W - 5 dk ultrases uygulaması
- e) 300 W - 2 dk ultrases uygulaması
- f) 300 W - 5 dk ultrases uygulaması
- g) 450 W - 2 dk ultrases uygulaması
- h) 450 W - 5 dk ultrases uygulaması



Şekil 3.1.1. Basınçlı çift cidarlı ultrases reaktör düzeneği.



Şekil 3.1.2. Ozon gaz bağlantı reaktör düzeneği.

3.2.1.4. Ozon uygulaması (Yöntem IV)

Ozon gazı, TKZ-6G model plakalı sistem ve hava soğutmalı ozon jeneratörüyle (Teknozone, İzmir) elde edilmiş olup, elde edilen ozon gazının difüzör yardımı ile havada homojen olarak dağılımı sağlanmıştır.

Taze kabuklu yumurta örnekleri rastgele farklı gruplara ayrılmış, kontrol grubu hariç diğer gruplardaki yumurtalara farklı doz (2, 4 ve 6 ppm) ve sürelerde (2 ve 5 dk) ozon uygulaması yapılmıştır.

- a) Kontrol – 2 dk
- b) Kontrol – 5 dk
- c) 2 ppm, 2 dk ozon uygulaması,
- d) 2 ppm, 5 dk ozon uygulaması,
- e) 4 ppm, 2 dk ozon uygulaması,
- f) 4 ppm, 5 dk ozon uygulaması,
- g) 6 ppm, 2 dk ozon uygulaması,
- h) 6 ppm, 5 dk ozon uygulaması.

3.2.1.5. Optimizasyon uygulaması (farklı kaplama, lizozim kitosan kaplama, ultrases ve ozon uygulama) (Yöntem V)

Bireysel olarak önceki 4 bölümde elde edilen her bir grubun en iyi sonuç veren uygulaması alınarak optimum çalışma şekillendirilmiştir. Aşağıdaki uygulamalar bu amaçla seçilmiş ve birbirleri ile karşılaştırılmıştır.

Birinci gruptaki yumurtalar kontrol olarak ayrılmış ve herhangi bir muameleye tabii tutulmamıştır.

İkinci gruptaki yumurtalar %10 şellak ile kaplama çözeltisine daldırılarak kaplama yapılmıştır.

Üçüncü gruptaki yumurtalar ise kitosan-%20 lizozim kaplama çözeltisine daldırılarak kaplama yapılmıştır.

Dördüncü gruptaki yumurtalar 6 ppm konsantrasyonzonda 4 dk uygulamaya alınmıştır.

Beşinci gruptaki yumurtalar ise 450 W ultrases uygulamasına 4 dk süre maruz bırakılmıştır.

3.2.2. Analizler

3.2.2.1. Fiziksel, kimyasal ve fonksiyonel analizler

3.2.2.1.1. Ağırlık kaybı değerlendirilmesi

Depolama sırasında yumurta ağırlık kaybı, başlangıç ağırlığından nihai ağırlığı çıkarılarak ve daha sonra başlangıç ağırlığı ile bölünmesiyle hesaplanır ve yüzde olarak ifade edilir. Yumurta örneklerinden her grubu temsilen 10'ar adet yumurta alınarak 0.001 g hassasiyette sahip elektronik terazide oda şartlarında tartımları yapılmıştır. Tüm çalışma boyunca haftalık ölçümler ile depolama boyunca yumurta örneklerinin ağırlık kayıpları periyodik olarak ölçülerek sonuçlar % ağırlık kaybı olarak belirtilmiştir (Caner, 2005a). Ağırlık kaybının hesaplanması için aşağıdaki formül kullanılmaktadır:

$$\text{Ağırlık Kaybı} = \frac{[(B.Y.A. - S.Y.A.) \times 100]}{B.Y.A.}$$

B.Y.A. = Başlangıç yumurta ağırlığı

S.Y.A. = Son yumurta ağırlığı

3.2.2.1.2. Haugh birimi ve sarı indeksi

Haugh birimi (HB) değeri yumurta akında ölçülmektedir.

Haugh birimi, düz bir zemine kırılan yumurtanın merkezindeki sarıya 1 cm uzaklıktaki 5 ayrı noktanın zeminden yüksekliği dijital hassas kumpas (CD-15CP, Mitutoya Ltd., İngiltere) ile ölçülmüştür. Ölçümü yapılan 5 noktanın ortalaması aşağıdaki formülde yerine konularak Haugh birimi elde edilmiştir (Caner, 2005a).

$$\text{Haugh birimi} = 100 \log (h - 1.7 G^{0.37} + 7.6)$$

h=Katı albüminin yerden yüksekliği (mm)

G=Yumurtanın ağırlığı (g)

Türk Standartları Enstitüsü 1068 numaralı Tavuk Yumurtası Standardı ve Anonim (2001)'e göre kabuklu yumurtalarda tazelik göstergesi olarak kullanılan Haugh birimi 72 ve üzeri olan yumurtalar “AA” olarak sınıflandırılmakta, 55-71 arası “A” sınıfı, 55 ve altı olan yumurtalar “B” sınıfı, 30 ve altı olan yumurtalar ise “C” sınıfı olarak tanımlanmaktadır.

Yumurta sarısı indeksi, yumurta sarısı yüksekliğinin yumurta sarısı genişliğine bölünmesi ile hesaplanır. Yumurta sarısının zeminden yükseklik ve en ölçüleri dijital hassasiyetteki kumpas (CD-15CP, Mitutoya Ltd., İngiltere) ile ölçülmüştür. Formülde yapılan hesaplama ile yumurtanın sarı indeks değeri elde edilmiştir.

Sarı İndeksi: $(h*100)/R$

h= Yumurta sarısının yüksekliği

R=Yumurta sarısının çapı

3.2.2.1.3. pH ölçümü

Albümin yüksekliği (mm) ölçüldükten sonra, albümin yumurta sarısından elle dikkatlice ayrılmıştır. Albümin, Waring Blender Model 32 BL 80 (Waring Com, Torrington, Connecticut, ABD) tarafından homojenize edildikten sonra pH metre 210 (Hanna Inst. Woonsocket, RI, ABD) ile ölçüm yapılmıştır. Analizlerde 4, 7 ve 9 buffer solüsyonları kullanılarak doğrulaması yapılan pH metre kullanılmıştır (Anonim, 1990).

3.2.2.1.4. Çözünür kuru madde

Cahn ve Epstein (1936) ve Triebold (1946)' a göre yumurta örneklerinin toplam kuru madde içeriği refraktometre (Abbe) ile ölçülmüştür. Her bir örnek dört paralelli olarak analiz edilmiştir. Yumurta akı ve yumurta sarısı ayrılmış ve 20°C'de Atago Refraktometre kullanılarak DR-A1 (Atago Co. Ltd, Tokyo, Japonya) analizler yapılmıştır.

3.2.2.1.5. Relatif köpük kapasitesi

Yumurta akı ve bütün yumurta örneklerinin (20°C) nispi köpük kapasitesi (RWC) Li-Chan ve ark. (1995) tarafından tanımlanan metodun üzerinde küçük değişiklikler yapılarak ölçülmüştür. Köpük, oda sıcaklığında(25°C) 75 ml yumurta beyazının Hobart mikser (Hobart Foster Scandinavia A/S, Aalborg, Danimarka) kullanılarak 90 saniye boyunca 2. devirdedaha sonra ise 90 saniye boyunca 3. devirde çırılmasıyla elde edilmiştir. Köpük yoğunluğu, köpüğün belirli bir hacim kütlesi ve köpük stabilitesinden hesaplanmıştır. Köpük stabilitesi Lechevalier ve ark. (2007)'a göre köpük 1 saat dinlendirildikten sonra

süzülerek sıvı kısmın bir mezürde toplanmasıyla yüzde olarak belirlenmiştir. Mililitre cinsinden hacim bu özelliğin bir ölçüsü olarak kullanılmıştır. Analiz 3 paralelli olarak gerçekleştirilmiş ve ortalamaları hesaplanmıştır.

3.2.2.1.6. Renk ölçümleri

Yumurta örneklerinin kabuk, ak (albümin) ve sarısında L^* , b^* ve a^* renk parametre ölçümleri Minolta CR-400 Kolorimetre (Konica Minolta Sensing, Osaka, Japonya) ile tespit edilmiştir. Analizde renk ölçümleri örneğin 4 farklı noktasından 10 adet okuma alınmıştır. Minolta kalorimetresinde parlaklık-beyazlık gösteren ifade 'L' ile belirtilirken, +a kırmızılık, -a yeşillik, +b sarılık ve -b mavilik gösteren değeri ifade etmektedir (Aday ve Caner, 2011).

3.2.2.1.7. Albümin viskozite ölçümü

Yumurtalar kırıldıktan sonra sarı ve beyazından şalaz yapıları ayrılarak viskozite ölçümü için albümin kısmı bir kapta toplanmıştır. Ölçümler 20°C'de Brookfield viskozimetre (Model DV II+Pro D 220 model, TC-502 Temperature Controller Unit and Rheocalc software; Brookfield Engineering Laboratories Inc., MA, ABD) kullanılarak 20 s sürede gerçekleştirilmiş ve sonuçlar miliPascal saniye (mPa s) olarak ifade edilmiştir. Spindle (UL Adaptor 30 rpm) % 10 ve % 100 arasında dönme momentölçümüne bağlı olarak seçilmiştir. Silikon yağı standart solüsyonu (Brookfield Eng., MA, ABD) viskozimetreyi kalibre etmek için kullanılmıştır.

3.2.2.1.8. Kabukta kırılma direnci (kabuk mukavemeti)

Yumurta kabuğunun mukavemetini belirlemek amacıyla yumurtaların üst ve alt kısımlarının kırılma dirençleri (kg/f) tekstür analiz cihazı (TA.XTPlus, Texture Technologies Cor., Scarsdale, N.Y., ABD) ile kırılarak belirlenmiştir. Her bir yumurta bir platform üzerine yerleştirilerek 3 mm çapındaki prob ile baskı modunda 5 mm/s hızda ve 30 kg basınçta yumurtaların alt ve üstüne ayrı ayrı uygulanmıştır (Cansız, 2006).

3.2.2.1.9. FT-NIR spektroskopisi ölçümleri

Ölçümler yansımaya ve iletim modunda gerçekleştirilmiş ve Bruker multi-purpose analizör (Bruker Optik, GmbH, Ettlingen, Almanya) FT-NIR spektroskopisinde ışık kaynağı olarak 20 Watt tungsten kullanılarak yapılmıştır. Fiber optik prob ile direkt olarak yumurtanın kabuk, albümin ve sarısında analiz gerçekleştirilmiştir. Yumurta kabuğundaki ölçümler yansımaya (reflectance) modunda yapılmıştır. Yansımaya modunda fiber optik prob

780-2500 nm dalga boylarında ışık göndermiştir. Yansıma modunda 15.32 saniyede 32 tarama yapılmaktadır (Kartal ve ark., 2012).

İletim modunda ise yumurtalar FT-NIR haznesine konulmuş ve hazne kapatılarak ışık alttan gönderilmiş, detektör olarak ise RTInGaAs kullanılmıştır. Yumurta akı ve sarısındaki ölçümler iletim (transmittance) modunda gerçekleştirilmiştir. İletim modunda 62 saniyede 128 tarama yapılmaktadır. Çözünürlük iki mod için de 8 cm^{-1} dir (Kartal ve ark., 2012).

3.2.2.2. Mikrobiyolojik analizler

Uygulama yapılan ve yapılmayan tüm yumurta örneklerine işlem öncesi ve sonrası mikrobiyal yükün belirlenmesi için TMAB, koagülaz pozitif *S. aureus*, Enterobacteriaceae, *Salmonella* spp.ve küf-maya analizleri yapılmış ve mikrobiyal kirliliğin boyutları tespit edilmeye çalışılmıştır. Hazırlık aşaması Wells ve ark. (2010)'e göre aynı ağırlık sınıfındaki yumurta aseptik koşullarda steril stomacher (Bagmixer-400, Fransa) özel poşete alınarak 50 ml PBS (phosphate-buffered saline) (pH:7,2)'de 2 dk süresince her bir yumurta kabuğundaki mikrobiyal floranın poşetteki seyreltme çözeltisine geçmesi için elde çalkalanmıştır. Uygun seyreltmeler hazırlanarak bekletilmeden mikrobiyolojik analizlere alınmıştır. Her yumurtaya (50 ml PBS ile çarpılarak) ait sayım sonuçları log-koloni oluşturan birim (kob) olarak ifade edilmiştir. Uygulamaları takip eden 0, 1, 2, 3, 4 ve 5. haftalarda yumurta örneklerinin analizleri yapılmıştır (Chavez ve ark., 2002).

3.2.2.2.1. Toplam mezofil aerob bakteri sayımı

Yumurtada toplam mezofil aerob bakteri (TMAB) sayısının saptanması için her bir dilüsyondan steril petri kutularına 1 ml aktararak dökme plak metodu ile belirlenmiştir. Bu amaçla Plate Count Agar (Merck, 1.05463, Almanya) besiyerinden yararlanılarak ekimler yapılmış ve petri ters çevrilerek 37°C 'de 48 saat inkübe edilmiştir. Elde edilen ortalama sayım sonuçları dilüsyon faktörü dikkate alınarak kob (koloni oluşturan birim)/yumurta olarak ifade edilmiştir (Anonim, 2000; Halkman, 2005b).

3.2.2.2.2. Küf-maya sayımı

Küf maya sayımı için Dichloran Rose Bengal Chloramphenicol (DRBC) Agar (Merck, 1.100466, Almanya) agar kullanılmıştır. Hazırlanmış dilüsyonlardan 1 ml aktarılan petri kutularına besiyeri eklendikten sonra 25°C 'de 5 gün süre ile inkübe edilmiş ve inkübasyon sonunda gelişen tüm koloniler toplam maya-küf olarak sayılıp elde edilen

sayım sonuçları dilüsyon faktörü dikkate alınarak kob (koloni oluşturan birim)/yumurta olarak ifade edilmiştir (Musgrove ve ark., 2008).

3.2.2.2.3. *Staphylococcus aureus* sayımı

S. aureus'u belirlemek Baird-Parker Agar Base (Merck 1.05406, Almanya) besiyeri kullanılmıştır. Ekimi yapılan petri kutuları 35°C'de 48 saat inkübasyona bırakılmıştır. 48 saat inkübasyon sonucunda etrafı 1-1,5 mm çaplı, saydam, yuvarlak, konveks, pürüzsüz, dar, parlak zonlu bölge ile çevrili, siyah-gri koloniler muhtemel *S.aureus* kolonileri olarak kabul edilmiştir. Tipik kolonilere doğrulama amacı ile koagülaz (staphylase) testi uygulanmıştır. Gözle görülebilen bir aglütinasyon oluşturan koloniler koagülaz (+) *S. aureus* olarak kabul edilmiştir (Anonim, 2003b; Halkman, 2005a).

3.2.2.2.4. Enterobacteriaceae sayımı

Enterobacteriaceae analizi Violet Red Bile Dextrose (VRBD) Agar (Merck 1.10275, Almanya) besiyerine ekim yapılmıştır. 37°C'de 24 saat inkübasyon sonrasında gelişen tipik koloniler sayılmıştır (Anonim, 2000).

3.2.2.2.5. *Salmonella* analizi

Salmonella spp. analizinde ISO 6579'da belirtilen standart kültürel yöntem kullanılmıştır. Bu metot ile seçici olmayan sıvı ortamda ön zenginleştirme, seçici ortamda zenginleştirme, tanımlama ve doğrulama testleri ile saptama ilkesi esas alınmaktadır. Yumurta örneklerinde *Salmonella* spp. analizleri kabuk yüzeyinde çalışılmıştır. 25 mlyumurta 225 ml tamponlanmış peptonlu su (Buffered pepton water) steril stomacher poşeti içinde aseptik şartlarda stomacher (Stomacher 400 Circulator, Seward, Londra, İngiltere) ile homojenize edildikten sonra 37°C'de etüvde 16-20 saat süreyle inkübe edilerek zenginleştirme yapılmıştır. Selektif zenginleştirme için numunelerden 1 ml alınarak 10 ml Novobiyosinli Muller-Kauffmann Tetrariyonat sıvı besiyeri (MKTTn) Broth tüpüne aktarılmıştır. 37°C'de 6-8 saat inkübe edilmiştir. Ayrıca 0.1 ml daha önceden hazırlanarak sterilize edilen 10 ml'lik Rappaport Vassiliadis Soy sıvı besiyeri (RVS) tüpüne aktarılmış ve 41°C'de 6-8 saat inkübe edilmiştir. Sonrasında 0,1 ml MKTTn sıvı besiyeri 10 ml M broth sıvı besiyerine aktarılmıştır. MKTT Broth tüpleri 37°C'lik etüvde 1 gün, Rappaport Vassiliadis tüpleri de 42°C'lik etüvde 1 gün bekleme sonrası XLT4 Agar besiyerine öze yardımı ile çizilmiştir. Çizilen petriyerler 1 gün 37°C'de bekletilerek koyu siyah renkli üreme görülmemiş ve sonuç negatif olarak tanımlanmıştır. Ekim sonucunda

tüm numunelerde atipik koloniler gözlenmiş olup, *Salmonella* spp. şüpheli koloniler gözlenmediği için doğrulama testlerine geçilmemiştir (Halkman, 2005a).

3.2.3. İstatistiksel analiz

Çalışma sonucunda elde edilen veriler, belirlenen kriterler ve bunlara etkili faktörlerin etkisinin belirlenmesi amacıyla SAS (SAS Inc., Cary, N.C., ABD) istatistiksel paket programından yararlanılarak varyans analizine tabii tutulmuştur.

Çalışma iki tekerrür ve iki paralelli gerçekleştirilmiştir. Tezin birinci, ikinci ve beşinci bölümlerinde iki faktörlü (gün ve uygulama), üçüncü ve dördüncü bölümlerinde ise üç faktörlü (gün, uygulama süresi, uygulama konsantrasyonu veya uygulama gücü) varyans analizi kullanılmıştır. İnteraksiyonların önemli olmadığı durumlarda, tablolarda genel değerler göz önüne alınmıştır. Farklılıkların belirlenmesinde Tukey çoklu karşılaştırma testinden yararlanılmıştır. Çalışmada her bir tekerrür için 50 yumurta (n toplam=100 ve n toplam her bir uygulama için=20) kullanılmıştır. Least square means (LSM-PROG GLM) istatistiksel prosedürü ile SAS 9.1.3 istatistik programı (SAS Inc., Cary, N.C., ABD) kullanılarak yapılmıştır. İstatistiksel farklılık p değerinin 0.05 veya daha küçük olmasıyla tanımlanmıştır.

BÖLÜM 4**ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA****4.1. Farklı Kaplama Materyalinin Yumurtanın Kalitesi Üzerine Etkisi****4.1.1. Ağırlık kaybı değerlendirmesi**

Depolama sırasında yumurtalardaki ağırlık azalması, kabuk yoluyla nem ve CO₂ kaybı ile oluşmaktadır. Yumurta içinde bulunan suyun büyük kısmı içeriğinin %88'ini oluşturan, albüminde bulunur (Stadelman, 1995). Çizelge 4.1.1.'de PASI, PASK, zein ve şellak ile kaplanmış yumurtalardaki ağırlık kaybı, 5 hafta depolama boyunca 25°C sıcaklığında analiz edilmiştir. Beş haftalık depolama süresince farklı kaplamaların yumurta ağırlık kayıplarını istatistiksel olarak önemli ($p < 0,05$) oranda azalttığı saptanmıştır. Beş haftalık depolama sonunda kontrol grubu yumurtalarda ağırlık kaybı %6,71 iken; PASI ile kaplananlarda %4,6; PASK ile kaplananlarda %4,59; zein ile kaplananlarda ise %2,13 ve istatistiksel olarak en düşük ağırlık kaybına sahip olan şellak ile kaplananlarda %1,44 olarak belirlenmiştir. Şellak kaplamanın mükemmel bariyer özelliği sayesinde taze yumurtaların uzun süre muhafaza edilebildiği tespit edilmiştir (Caner, 2005a; Al-Hajo ve ark., 2010; Musa ve ark., 2011). Kaplamaların, özellikle şellak ve zeinin PASI ve PASK'a göre kabuktaki gözenekleri kapatarak gaz ve nem kaybını azaltmada etkin oldukları gözlenmiştir.

Çizelge 4.1.1. Farklı kaplamaların yumurtanın depolama süresi boyunca ağırlık kaybı (%) değerleri üzerine etkisi

UYG*	Depolama Süresi / Ağırlık Kaybı (%)				
	1.HAFTA	2.HAFTA	3.HAFTA	4.HAFTA	5.HAFTA
KNT	1,06±0,07Aa	1,82±0,06Ba	3,84±0,51Ca	5,28±0,52Da	6,71±0,73Ea
PASI	0,89±0,07Aab	1,47±0,13Ba	2,28±0,22Cb	3,44±0,34Db	4,60±0,41Eb
PASK	0,83±0,11Aa	1,52±0,09Ba	2,19±0,14Cb	3,61±0,14Db	4,59±0,18Eb
Zein	0,56±0,08Ac	0,84±0,14Bb	1,21±0,21Bc	1,71±0,31Cc	2,13±0,39Cc
Şellak	0,34±0,04Ac	0,59±0,06ABb	0,83±0,06ABc	1,22±0,12BCd	1,44±0,10Cd

^{A-E} Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır ($p < 0,05$).

^{a-d} Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır ($p < 0,05$).

* UYG: Uygulamalar, KNT: Kontrol, PASI: Peynir altı suyu izolatu, PASK: Peynir altı suyu konsantratu.

Kaplama materyalleri kabuktaki porları kaplayarak (geçişi önleyerek)kütle transferini azaltır ve bariyer görevi yaparak yumurtalarda ağırlık kaybını (nem kaybı ve CO₂) azaltabilir. Çeşitli çalışmalarda depolama süresince kaplama ve soğutmanın yumurtaların ağırlık kaybını minimize etmeyi artırıcı etkisi ortaya konulmuştur. Elde edilen sonuçlar, yapılan farklı literatür çalışmalar Bhale ve ark. (2003), Alleoni ve Antunes (2004b), Caner (2005b), Torrico ve ark. (2010), Caner ve Cansız (2008), Avan ve Alişarlı (2002), Wardy ve ark. (2011) ve Wong ve ark. (1996b) ile benzerlik göstermektedir.

Obanu ve Mpiéri (1984)bitkisel yağ ile kaplanan taze yumurtaların (25°C'de) 5hafta depolama sonunda kaplanmamış yumurtada0,186g iken kaplanmışyumurtalarda iseağırlık kaybının 0,013-0,016 g olduğu ifade edilmiştir. Wong ve ark. (1996b), mineral yağ, yumurta albümini, soya protein izolatı, gluten ve mısır proteini ile kapladıkları yumurtalarda 28. günün sonunda en fazla ağırlık kaybının kaplanmamış olanlarda (%11,1), en az ağırlık kaybının mısır proteini ile kaplananlarda (%3,1) olduğunu bildirmişlerdir. Mineral yağı ile kaplananlarda ağırlık kaybı %9,2; yumurta albümini ile kaplananlarda %7,9; soya proteini izolatı ile kaplananlarda %6,5 ve glutenle kaplananlarda ise %4,2 olduğunu belirlemişlerdir. Bhale ve ark. (2003), 25°C'de 5 hafta depolama süresince en fazla ağırlık kaybının kaplanmamış (kontrol) yumurtalarda olduğunu (%7,84), farklı konsantrasyonda hazırlanan kitosanla kaplanmış yumurtalarda ise kontrolden daha az ağırlık kaybının (ortalama %6,8) olduğunu bildirmişlerdir. Alleoni ve Antunes (2004b), peynir altı suyu proteini konsantratu ile kapladıkları yumurtaların, 25°C'de 28 gün depolama sonunda kontrol grubundan daha az ağırlık kaybı gerçekleştirdiğini belirtmişlerdir.

Torrico ve ark. (2010), mineralyağ ile kaplanan taze yumurtaların 4°C'de 15haftalık depolama sonunda,yumurta ağırlık kaybını kaplanmamış olanlarda %12,44mineralyağ ile kaplanmışlarda %1,19 olarak tespit etmişlerdir. Kaplanmamışve mineral yağla kaplıyumurtalarda ağırlık kaybıdepolama süresi ile doğrusal oranda artmıştır. Yumurtalardaki ortalama ağırlık kaybının (%) oranı kaplanmamış yumurtalarda %0,829 iken mineralyağ kaplılarda %0,079olduğu bildirilmiştir.

Wardy ve ark. (2011), soya yağı(SO) ve kitosan-soya yağı (CH:SO=40:60) emülsiyon kaplama çalışmalarında, kaplanmışyumurtalarda ağırlık kaybının25°C'de7 haftasonra % 3'ten daha az olduğunu bildirmişlerdir. Beş haftalık depolama boyunca kaplanmış olanlar ve kaplanmamış olanlar kıyaslandığında, kaplanmış olanların 25°C'de 9,8kat(SO) ve 4,0kat (kitosan-soya yağı (SO: CH) ağırlık kaybıazalttığı ve 4°C'de ise 7,3kat(SO) ve3,2kat azalttığı, her iki sıcaklık derecesindeki depolamalarda (CH:SO=40:60) emülsiyon kaplamanın istatistiksel olarak önemli (p<0,05) oranda azaltma sağladığı tespit edilmiştir. Bununla

birlikte, kaplanmamış yumurtalarda ağırlık kaybı kaplanmış yumurtaya kıyasla çok daha hızlı bir oranda artmış olup, 4°C'de muhafaza edilen yumurtalarda ise ağırlık kaybının 25°C'de muhafaza edilen yumurtalara göre daha az olduğu belirlenmiştir.

Kabuklu yumurtalardaki ağırlık kaybı; depolama süresine, depolama sıcaklığına, yumurta ebadına, nisbi nem ve kabuk porlarına bağlıdır. Farklı kaplamalar yumurta kabuğuna ince zar şeklinde bir bariyer koruma tabakası sağlayarak, kabuk porlarından nem kaybı ve CO₂ geçişi belirli ölçülerde azaltılabilmektedir (Stadelman ve Cotterill, 1995; Ryu ve ark., 2011; Shittu ve Ogunjinmi, 2011b).

4.1.2. Haugh birimi ve sarı indeksi analizi

Haugh Birimi (HB), yumurtanın ağırlığı ve albüminin yüksekliğinin bir ifadesidir (Stadelman, 1995). HB değeri albümin kalitesi ile ilgilidir ve genellikle iç kalın albümin ve yumurta ağırlığı yüksekliğinin bir fonksiyonu olarak ölçülür. Yumurtanın yüksek HB biriminde daha iyi kaliteyi (daha taze, daha kaliteli yumurta yüksek-kalın albümin tabakasına sahip olma) gösterir (Yücel, 2000; Şenköylü, 2001; Bhale ve ark., 2003; Alleoni ve Antunes, 2004b; Caner, 2005b; Caner ve Cansız, 2008).

Farklı kaplama materyalleri ile kaplanmış yumurtalardaki Haugh birimi 5 haftalık depolama boyunca oda sıcaklığında (25°C) analiz edilmiş ve 4.1.2.'de verilmiştir. Taze yumurtanın Haugh birimi 72 ve üzeri olup, bayatlamış yumurta daha düşük bir HB değerine sahiptir. Hem kaplanmamış hem de farklı kaplanan yumurtalarda, depolama boyunca HB değerleri azalmıştır, fakat en çok azalma kontrol grubunda (kaplanmamış) gerçekleşmiştir. Kaplama materyallerinin HB değerleri üzerine etkisi, kabuktan CO₂ kaybını azaltarak pH'nın yükselmesini engellemesi ve böylece ovomisin-lisozim kompleksinin zarar görmemesi ile albümin yapısının korunması şeklinde açıklanabilmektedir. Şellak ve zein ile kaplanan yumurtalarda albümin kalitesinin yumurta porlarından CO₂ kaçışını azaltara daha iyi şekilde korunduğu gözlenmiştir.

Çizelge 4.1.2. Farklı kaplamaların yumurtanın depolama süresi boyunca Haugh Birimi değerleri üzerine etkisi

UYG*	Depolama Süresi / Haugh Birimi			
	0.HAFTA	1.HAFTA	3.HAFTA	5.HAFTA
KNT	81,23(AA)±0,94Aa	74,73(AA)±1,81Ba	70,86(A)±1,09Ca	58,93(B)±0,96Da
PASI	81,23(AA)±0,94Aa	78,03(AA)±0,80Bb	75,65(AA)±0,98Bb	69,07(A)±1,40Cb
PASK	81,23(AA)±0,94Aa	79,06(AA)±0,76Abc	75,93(AA)±1,53Bb	67,99(A)±1,17Cb
Zein	81,23(AA)±0,94ABa	81,48(AA)±1,20Ac	78,77(AA)±1,81Bc	74,10(AA)±1,29Cc
Şellak	81,23(AA)±0,94Aa	80,26(AA)±0,88Abc	78,92(AA)±1,00Ac	73,61(AA)±1,39Bc

^{A-D} Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (p < 0.05).

^{a-c} Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (p < 0.05).

* UYG: Uygulamalar, KNT: Kontrol, PASI: Peynir altı suyu izolatu, PASK: Peynir altı suyu konsantratu.

*Sınıflandırma - HB >72 'AA' kalite; 72-60 'A' kalite, 59-31 'B' kalite; <30 'C' kalite olarak tasnif edilebilir (Anonim, 2001).

Amerika Birleşik Devletlerinde yumurtalar HB değerlerine göre tasnif edilmekte, uygulanan tasnif yönteminde HB değeri 72 ve üzeri olan yumurtalar 'AA' sınıfı olarak tanımlanırken, 71-60 arası 'A' sınıfı; 59 ile 31 arası 'B' sınıfı ve 30 değerinin altı ise 'C' sınıfı olarak kabul edilmektedir (Anonim, 2001).

Kaplanmamış yumurta HB değerlerinde kaplanmış olanlara göre daha hızlı azalma görülmüştür. Kontrol grubu yumurtalar 1. haftada HB (74,73) değerine sahip iken, kaplama gruplarında ise depolamanın 5. haftada şellak (73,61) değerine, 5. haftadaki PASI (69,07) ve PASK (67,99) HB değerine sahip olduğu saptanmıştır. Depolama sonunda zein (74,10) ve şellak (73,61) 'AA' HB değerine sahipken kontrol grubunun 'B' sınıfına düştüğü belirlenmiştir.

HB sonuçlarına göre, tüm kaplanmış olan yumurtalar 3 hafta depolama süresince 'AA' kalite değerini korurken, kaplanmamış olan yumurtalar 3. haftada 'A' kalite değerine düştüğü gözlenmiştir. Şellak ve zein ile kaplanan yumurtalar ise 'AA' kalite HB değerlerini 5 hafta süresince muhafaza etmiştir. Sonuçlar, albümin kalitesinin PASI, PASK, zein ve şellak kaplama materyalleri ile etkin korunduğunu göstermektedir.

Elde edilensuçlara göre farklı kaplama materyallerinin kontrolden daha iyi olduğu literatür ile paralel şekilde belirlenmiştir (Bhale ve ark., 2003; Alleoni ve Antunes, 2004b; Caner, 2005b; Caner ve Cansız, 2008).

Wong ve ark. (1996b), depolamanın 28. gününde kaplanmamış yumurtalarda 32,4 HB değeri belirlerken, mısır proteini ile kaplanan yumurtalarda 52,6 HB değerini saptamışlar ve mısır proteini ile kaplanan yumurtaların 'A' kalite değerlerini 3 hafta boyunca koruduğunu belirtmişlerdir. Bhale ve ark. (2003) tarafından kontrol grubu yumurtaların 0. haftada 'AA' kaliteden 1. hafta sonunda 'B' kaliteye düşmesine rağmen farklı molekül ağırlıklı kitosan ile kaplanan yumurtaların ise 2 hafta boyunca 'A' kalite değerlerini ve 5 haftalık depolama süresince 'B' kalitesini korudukları belirtilmiştir. Alleoni ve Antunes (2004b), yaptıkları çalışmada peynir altı suyu protein konsantratu ile kapladıkları yumurtaların 28 günlük depolama süresince HB değerinin A kalite değerini koruduklarını, kaplanmamış yumurtaların HB değerlerinin ise 'C' kaliteye kadar düştüğünü belirlemişlerdir.

Caner (2005b) kaplanmış taze yumurtalar arasında, şellak ile kaplanan yumurtaların depolama sırasında en yüksek HB değerinde olduğunu bildirmiştir. Kitosan ve şellak ile kaplanan yumurtaların HB değerleri 3 hafta depolama sonunda 'A' kalitede iken, PASI ile kaplananlarda 2. haftanın sonunda 'A' kalitede, kaplanmamış olan yumurtalarda ise B kaliteye düştüğü bildirilmiştir. Aynı çalışmada, farklı konsantrasyonda üretilen PASI (%6, %12 ve %18) 4 haftalık depolama sonunda HB değerleri 48,79, 51,97 ve 52,81 iken, kaplanmamış yumurtalarda 41.45 ile en düşük değere sahip olduğu gözlenmiştir. PASI farklı konsantrasyonlarının 3. haftaya kadar 'A' kalitelerini korudukları gözlenmiştir.

Jirangrat ve ark. (2010) mineral yağ kaplanan taze yumurtaların 15 haftalık 4°C'de de depolama sonunda, HB değerleri kontrolde 62,90 iken, kaplanmış yumurtalarda 74,44 HB değerine sahip olduğunu gözlemişlerdir. 25°C'de depolama da ise 5. haftada kontrol 20,13 HB değerine sahipken mineral yağ kaplı olanda 55,80 değeri gözlenmiştir. Ağırlık kaybı, HB ve buna bağlı yumurtasının florasında yer alan farklılıklar, farklı depolama sıcaklıklarına, yumurta boyutlarına, kabuk gözeneklerine, bağış neme, tavukların yaşına ve yumurtanın ilk başlangıç kalitesine bağlı olabileceği bildirilmiştir (Williams, 1992).

Yumurta sarısı indeksi kalitesini belirlemek için kullanılan, sarısının yüksekliği ve genişliğinin (Stadelman, 1995) ölçülerek tazeliği göstergesi olarak ifade edilmektedir (Bhale ve ark., 2003). Yumurta tazeliği ile yakından ilgili olup, sarı indeksi değerleri depolama boyunca azalmaktadır. Vitellin membranın etkisini kaybetmesi ve albümin kaynaklı suyun difüzyonu sonucu sarının sıvılaşması ile SI değeri azalmaktadır. İleri derecede bayatlamalarda vitellin membranın kopması ile yumurta sarısı patlamakta ve albümin içinde önce kısmen sonra tamamen dağılmaktadır (Lucisano ve ark., 1996; McWilliams, 2001; Şenköylü, 2001; Avan ve Alişarlı, 2002; Berardinelli ve ark., 2003).

BÖLÜM 4 – ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA Muhammed YÜCEER

Farklı kaplamaların SI değerleri Çizelge 4.1.3.'te depolama boyunca verilmiştir. Kontrol grubu kaplanmamış yumurtaların SI değerleri kaplanmışlardan düşük çıkmış ve depolama süresince değerlerdeki düşüşler hızla devam etmiştir. Şellak ve zein kaplanmış olan yumurtalarda SI değeri 5. haftada 0,42 değerine sahipken, bu değerlerin kaplanmamış yumurtanın 1. haftada vermiş olduğu SI değerinden yüksek olduğu ve aynı haftanın PASI ve PASK ile kaplanan yumurta örneklerinin SI değerlerine eşit olduğu saptanmıştır.

Çizelge 4.1.3. Farklı kaplamaların yumurtanın depolama süresi boyunca sarı indeksi değerleri üzerine etkisi

UYG*	Depolama Süresi / Sarı İndeksi			
	0.HAFTA	1.HAFTA	3.HAFTA	5.HAFTA
KNT	0,49±0,05Aa	0,41±0,01Ba	0,37±0,01Ba	0,33±0,02Ca
PASI	0,49±0,05Aa	0,44±0,01Bab	0,41±0,01Bab	0,38±0,02Cb
PASK	0,49±0,05Aa	0,44±0,01Bab	0,42±0,01BCab	0,40±0,02Cbc
Zein	0,49±0,05Aa	0,45±0,01Bbc	0,44±0,01Bbc	0,42±0,02Bc
Şellak	0,49±0,05Aa	0,46±0,01Abc	0,45±0,01ABc	0,42±0,01Bc

^{A-C} Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (p < 0.05).

^{a-c} Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (p < 0.05).

* UYG: Uygulamalar, KNT: Kontrol, PASI: Peynir altı suyu izolatu, PASK: Peynir altı suyu konsantratu.

Elde edilen sonuçlar ile Bhale ve ark. (2003) tarafından yapılan çalışmada elde edilen veriler birbirini desteklenmektedir. %2 konsantrasyonda kitosan kullanıldığı taktirde yol kalitesinin korunabileceği açıklanmıştır. Waimaleongora-Ek ve ark. (2009) tarafından yapılan bir çalışmada mineral yağ ile kaplanan yumurtaların SI değeri (0,37) kaplanmamış yumurtalardaki değerden (0,21) yüksek çıkmıştır. Caner 2005b, farklı konsantrasyonda üretilen PASI (%6, %12 ve %18) ile kaplanan yumurtalarda 4 haftalık depolama sonunda SI değerlerini 0,26, 0,28 ve 0,29 bulunmuş, kaplanmamış kontrolde ise 0,22 ile en düşük değere sahip olduğunu gözlemlemiştir. Caner 2005a, PASI; kitosan ve şellak kaplanan yumurtalarda 4 haftalık depolama sonunda SI değerleri 0,28, 0,29 ve 0,31 iken kaplanmamışlarda 0,24 ile en düşük değere sahip olduğunu gözlemlemiştir.

Jirangrat ve ark. (2010) mineral yağ ile kaplanan taze yumurtaların 15 haftalık 4°C' de depolama sonunda, kontrol grubunun SI değerleri 0,41 iken, kaplanmış olanların 0,43 değerine sahip olduğunu gözlemişlerdir. 25°C'de depolama da ise 5. haftada kontrol 0,21 değerine sahipken mineral yağ kaplı olanda 0,37 değeri gözlenmiştir.

4.1.3. Albümin ve yumurta sarısı pH ölçümleri

Haugh biriminin yanı sıra, albümin pH'sı aynı zamanda yumurta kalitesi (Scott ve Silversides, 2000) için bir gösterge olarak kullanılabilir. Albümin pH'sı yumurta iç kalitesi ile yakından ilişkilidir. Taze folluktaki bir yumurta albüminin 1,44-2,05 mg CO₂/g içerir (Keener ve ark., 2001; Biladeau ve Keener, 2009) ve albüminin pH değeri 7,6-8,7 civarındadır (Waimaleongora-Ek ve ark., 2009). Depolama boyunca yumurta, kabuktaki porlardan devamlı olarak CO₂ kayarak, albüminin incelmeye ve pH değerinin 9,6'ya kadar artmasına neden olmaktadır (Lucisano ve ark., 1996; McWilliams, 2001; Avan ve Alişarlı, 2002; Tayyar, 2005). İstatistiksel analizler, albümin pH'sının oda sıcaklığında (25°C) depolama süresince kaplanmış ve kontrol örneklerinde devamlı olarak arttığını göstermiştir (Çizelge 4.1.4.). Farklı materyallerle kaplanan yumurtaların albümin pH'sı, kontrol grubunun albümin pH'sından düşük çıkmıştır. Kaplama materyali, kabuğu saran bir zar yapı olduğundan nem ve CO₂ kayıplarını minimize etmeye yardımcı olmuştur. Kontrol grubu yumurtalarda, 4. haftada albümin pH'sı 9,38 değerine sahipken; PASI ile kaplananlar için pH 9,24; PASK ile kaplananlar için 9,27, zein ile kaplananlar için 8,78 ve şellak ile kaplanmış olanlarda 8,84 olarak saptanmıştır. Zein ve şellak ile kaplanan yumurtaların albümin pH'sı, PASK ve PASI ile kaplananlardan istatistiksel olarak daha düşük ölçülmüştür. Sonuçlar, farklı kaplamaların, yumurta üzerinde zar şeklinde etkin bir bariyer oluşturarak porlardan CO₂ kaybını engelleyerek pH'nın yükselmesini önlediğini göstermiştir. Zein ve şellak kaplamaların PASI ve PASK'a göre yumurtadan CO₂ kaçışını daha uzun süre muhafaza ettiği görülmüştür.

Çizelge 4.1.4. Farklı kaplamaların yumurtanın depolama süresi boyunca albümin pH değerleri üzerine etkisi

UYG	Depolama Süresi / Albümin pH					
	0.HAFTA	1.HAFTA	2.HAFTA	3.HAFTA	4.HAFTA	5.HAFTA
KNT	7,50±0,04Aa	8,31±0,02Ba	8,82±0,04Ca	9,27±0,02Da	9,38±0,03Ea	9,56±0,02Fa
PASI	7,51±0,05Aa	8,03±0,09Bb	8,35±0,02Cb	9,18±0,03Db	9,24±0,04Eb	9,31±0,02Eb
PASK	7,52±0,03Aa	8,03±0,04Bb	8,47±0,04Cc	9,16±0,05Db	9,27±0,03Eb	9,33±0,01Eb
Zein	7,52±0,02Aa	7,84±0,04Bc	8,09±0,03Cd	8,78±0,04Dc	8,78±0,03Dc	8,90±0,06Ec
Şellak	7,52±0,03Aa	7,92±0,10Bc	8,21±0,08Cd	8,80±0,06Dc	8,84±0,03Dc	8,83±0,03Ec

^{A-F} Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (p < 0.05).

^{a-d} Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (p < 0.05).

Albümin pH analiz sonuçları, Alleoni ve Antunes (2004b)'in çalışmaları ile yakın değerler vermiştir. Peynir altı suyu protein konsantratu ile kaplanan yumurtaların pH'sı, depolama süresince kaplanmamış yumurtalarinkinden daha düşük çıkmıştır. Biladeau ve Keener (2009)'inyaptıkları çalışmada mineral yağ kaplıyumurtaalbüminpH'sı 12 haftalık depolama sonunda (7°C) 7,96değerinden8,35'e arttığı görülmektedir. Jirangrat ve ark. (2010)25°C'de5hafta depolama sonrası kaplanmamış yumurtaların pH değerinin 8,71'den 9,42'ye değerine artarken, mineral yağ kaplanmış olanlarda 8,71'den 8,64'e azaldığını bildirmişlerdir. Depolama sırasında yumurta akının pHazalmasıyumurta akıbileşenlersürekliparçalanması ve/veyabikarbonattampon sistemindekideğişikliğe bağlı olabilir (Biladeau ve Keener, 2009).Ancak,ilk yumurtanın kalitesindeki farklılıklar, yumurta büyüklüğüvesaklama koşulları(sıcaklık ve süre) depolamaöncesi ve sonrasıalbüminpH'sını etkileyebilmektedir (Scott ve Silversides, 2000; Silversides ve Scott, 2001a).

Depolama boyunca yumurta sarılarının pH değerleri depolama süresince kaplanmış ve kontrol örneklerinde artmıştır. Farklı kaplanan yumurtaların sarısının pH'sı, kontrol grubunun sarısının pH'sından düşük çıkmıştır (Çizelge 4.1.5). Kontrol grubu yumurtalarda, 5.haftada sarısının pH'sı 6,60 değerine sahipken; PASI ile kaplananlar için pH 6,41; PASK ile kaplananlar için 6,37, zein ile kaplananlar için 6,21 ve şellak ile kaplananlarda ise 6,17 olarak saptanmıştır. Kaplamalardaki pH değişimi albümindeki değişime benzemekte olup, zein ve şellak ile kaplamalarda pH, PASK ve PASI ile kaplanarlardan istatistiksel olarak daha düşük ölçülmüş ve farklı kaplamaların, yumurta üzerinde zar şeklinde etkin bir bariyer oluşturarak porlardan CO₂ kaybını engellediğini ve pH'nın yükselmesini önlediğini göstermiştir.

Çizelge 4.1.5. Farklı kaplamaların yumurtanın depolama süresi boyunca yumurta sarısı pH değerleri üzerine etkisi

UYG	Depolama Süresi / Sarı pH					
	0.HAFTA	1.HAFTA	2.HAFTA	3.HAFTA	4.HAFTA	5.HAFTA
KNT	5,86±0,07Aa	6,10±0,01Ba	6,22±0,08Ca	6,32±0,04Da	6,47±0,02Ea	6,60±0,01Fa
PASI	5,85±0,02Aa	6,04±0,05Ba	6,11±0,01Cb	6,23±0,02Db	6,28±0,01Db	6,41±0,01Eb
PASK	5,84±0,02Aa	6,05±0,05Bab	6,13±0,03Cb	6,21±0,01Db	6,24±0,03Db	6,37±0,01Eb
Zein	5,84±0,02Aa	5,94±0,03Bb	6,05±0,02Cc	6,10±0,01Dc	6,15±0,03DEc	6,21±0,01Ec
Şellak	5,84±0,02Aa	5,88±0,01Ab	6,03±0,06Bc	6,06±0,03Bc	6,08±0,04Bd	6,17±0,02Cc

^{A-F} Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (p < 0.05).

^{a-d} Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (p < 0.05).

4.1.4. Albümin ve sarı çözünür kuru madde ölçümleri

Albümin toplam kuru madde miktarı albüminin sıvı konsantrasyonunun ölçümü olup, yumurta tazeliğinin bir göstergesidir. Albüminin sıvılaşması; proteaz enzimlerinden, yükselen pH değerlerindeki hidroksil iyonları veya tiol tipi indirgen ajanların neden olduğu depolimerizasyondan ve ovomisin-lizozim kompleksinin interaksiyonundan meydana gelebilmektedir (Torricco ve ark., 2011a). Albüminin içerdiği su, yumurta sarısına ve yumurta sarısındaki bazı besinsel bileşenler de albümine geçmektedir. Albümin toplam kuru madde miktarı depolama periyodu içerisinde albümin içerisinde yumurta sarısının karışması nedeniyle artmaktadır. Yumurta akı kuru maddesi oluşturan asıl unsurlar albümin ve globulin proteinler olup, gıda sanayinde özellikle kek ürünlerinde yapının gelişmesinde; hacmini, simetri indeksini (profilini), yumuşaklığını ve yenme kalitesini arttırmada önemlidir(Surai ve Sparks, 2001).

Kaplanmamış yumurta akının kuru madde değerleri tüm kaplanmış yumurtalardan yüksektir (Çizelge 4.1.6.). Depolama boyunca albümin kuru maddesindeki artış, yumurta sarısının sıvılaşması ve sonrasında albümine karışmasından dolayıdır. Kalın albümin jel, ince albümin ise sıvı olup, depolama boyunca kalın albüminin jelatinimsi yapısının fiziksel ve kimyasal karakteristikleri değişerek kademeli olarak yoğunluğunu kaybederek sıvıya dönüşür. Kaplanmamış yumurtaların albümin kuru madde değeri 11,47'den (bir günlük yumurta) 18,976' ya (5 haftalık yumurta) kadar istatistiksel olarak önemli bir yükselme göstermiştir. Depolama sonunda PASI, PASK, zein ve şellak kaplamalar sırasıyla 16,53, 16,66, 14,72 ve 14,50 değerlerine yükselirken kaplanmamış yumurtalarda 18,97 değerine yükselmiştir. Zein ve şellak kaplı yumurta örneklerinin albümin kuru madde değerleri PASK ve PASI kaplı örneklerden istatistiksel olarak önemli ($p<0,05$) düzeyde daha düşük albümin kuru madde değerleri sahiptirler. Fakat, Jones (2007) yaptığı çalışmasında albümin kuru madde değerlerinin depolamanın başından sonuna kadar pek değişmediğini rapor etmiştir (En düşük: 12,2; en yüksek: 12,59).

Çizelge 4.1.6. Farklı kaplamaların yumurtanın depolama süresi boyunca albümin kuru madde değerleri üzerine etkisi

UYG*	Depolama Süresi (Hafta) / Albümin Kuru Maddesi					
	0.HAFTA	1.HAFTA	2.HAFTA	3.HAFTA	4.HAFTA	5.HAFTA
KNT	11,47±0,05Aa	12,69±0,17Ba	15,00±0,23Ca	17,10±0,11Da	17,94±0,26Ea	18,97±0,25Fa
PASI	11,47±0,05Aa	11,72±0,11Bb	12,18±0,05Cb	13,97±0,06Db	15,53±0,03Eb	16,53±0,05Fb
PASK	11,48±0,04Aa	11,73±0,05Bb	12,27±0,04Cb	14,00±0,07Db	14,80±0,04Ec	16,66±0,04Fb
Zein	11,47±0,05Aa	11,63±0,06ABb	11,85±0,04Bc	12,25±0,07Cc	13,54±0,02Dd	14,72±0,03Ec
Şellak	11,47±0,04Aa	11,54±0,04ABb	11,76±0,05Bc	11,99±0,06Cd	13,24±0,02De	14,50±0,03Ec

^{A-F} Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (p < 0.05).

^{a-e} Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (p < 0.05).

* UYG: Uygulamalar, KNT: Kontrol, PASI: Peynir altı suyu izolatu, PASK: Peynir altı suyu konsantratu.

Yumurta sarısı kuru madde değerleri depolama boyunca önemli olarak düşüş göstermiştir. Kaplanmamış yumurtaların sarı kuru maddesi 46,54' den (bir günlük taze yumurta) 40,53'e (5 haftalık yumurta) düşerek istatistiksel olarak en düşük değere ulaşmıştır (Çizelge 4.1.6). Ayrıca çizelge 4.1.7'de şellak (44,84) ve zein (44,63) kaplamada sarı kuru madde değerlerinin diğer kaplamalardan PASI (42,53) ve PASK (43,08)) sarı kuru maddesi bakımından istatistiksel olarak daha iyi olduğu gözlenmiştir (p<0.05). Stadelman ve Cotterill (1995) tarafından yapılan bir çalışmada, yumurta kuru maddesi; albümin % 12, sarı % 44-48 ve tüm yumurta % 23-25 bulunmuştur. Yumurta beyazından, sarısına su transferi depolama boyunca devam ederek sarının kuru maddesini % 2-4 oranında düşürmektedir (Stadelman ve Cotterill, 1995).

Çizelge 4.1.7. Farklı kaplamaların yumurtanın depolama süresi boyunca yumurta sarısı kuru madde değerleri üzerine etkisi

UYG*	Depolama Süresi (Hafta) / Yumurta Sarısı Kuru Maddesi					
	0.HAFTA	1.HAFTA	2.HAFTA	3.HAFTA	4.HAFTA	5.HAFTA
KNT	46,54±0,04Aa	45,86±0,10Ba	44,65±0,12Ca	44,10±0,06Da	42,52±0,10Ea	40,53±0,26Fa
PASI	46,53±0,05Aa	46,08±0,03Ba	45,50±0,05Cb	44,92±0,04Db	43,45±0,04Eb	42,53±0,15Fb
PASK	46,54±0,02Aa	46,20±0,04Bb	45,53±0,03Cb	45,04±0,04Dbc	43,59±0,04Eb	43,08±0,06Fc
Zein	46,55±0,02Aa	46,42±0,06Acd	45,66±0,03Bb	45,25±0,04Ccd	44,81±0,04Dc	44,63±0,08Dd
Şellak	46,54±0,03Aa	46,47±0,03Ad	45,96±0,04Bc	45,51±0,05Cd	45,13±0,07Dd	44,84±0,04Ed

^{A-F} Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır ($p < 0.05$).

^{a-d} Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır ($p < 0.05$).

* UYG: Uygulamalar, KNT: Kontrol, PASI: Peynir altı suyu izolatu, PASK: Peynir altı suyu konsantratu.

4.1.5. Albümin ve bütün yumurtada relatif köpük kapasitesi

Yumurta akı, köpük oluşumunu sağlayan mükemmel bir ajandır. Yumurtanın köpük oluşturma kapasitesi gıda sanayiinde kek, dondurma ve çeşitli fırınlanmış ürünlerin üretiminde faydalanılmaktadır. Köpük oluşumu dondurma, ekmek ve şekerleme gibi birçok gıda maddesinin görüntüsünü, yapısal ve reolojik özelliklerini etkilemektedir. Bu nedenle gıda proteinlerinin köpürme özelliklerinin araştırılması önem taşımaktadır. Köpüklerin tanımlanmasında en çok kullanılan parametreler köpük oluşturma özelliği (köpük hacmi) ve köpük stabilitesidir. Yumurta beyazının çırpılabilirliği, belirli bir zamanda köpükten salınan sıvı miktarı, köpük hacmi ve köpük stabilitesi ile ölçülebilir. Köpük oluşturma özelliği, proteinin büyük hacimde köpük oluşturma yeteneği ile ilgili olup, proteinin gaz-sıvı ara yüzeyine hızlıca tutunabilmesiyle ilgilidir. Köpük stabilitesi ise proteinin oluşan köpüğe belirli bir raf ömrü sağlamasıdır. Köpük stabilitesi proteinin gaz baloncukları (kabarcıkları) arasındaki ince filmi stabilize etmesi ve baloncukların birbirine yaklaşmasını engellemesi ile sağlanır. Köpük stabilitesini belirleyen üç önemli etken: film drenajı, gaz baloncuklarının birleşmesi ve gaz baloncuklarının disaporpsiyonudur (Pernell ve ark., 2000; Sagis ve ark., 2001; Mudau, 2007). Ovomusin sıvı tabaka ile hava kabarcıkları arasında çözünmez bir film materyali şeklini alır ve dolayısıyla köpüğü stabilize eder. Kaplama ve depolama süresi arasında relatif köpük kapasitesi (RWC) interaksyonu önemli ($p < 0.05$) olup, RWC' de zamanla lineer bir düşüş gerçekleşmiştir. Kaplanmamış yumurtanın RWC (475) değeri, PASI

(841), PASK (841), zein (866) ve şellak (891) gruplarının RWC değerlerinden istatistiksel olarak önemli ($p < 0,05$) düzeyde düşüktür (Çizelge 4.1.8.).

Çizelge 4.1.8. Farklı kaplamaların yumurtanın depolama süresi boyunca albümin köpük kapasitesi değerleri üzerine etkisi

UYG*	Depolama Süresi (Hafta) / Albümin RWC					
	0.HAFTA	1.HAFTA	2.HAFTA	3.HAFTA	4.HAFTA	5.HAFTA
KNT	941±37Aa	833±25Ba	802±44Ca	733±25Ca	632±40Da	475±27Ea
PASI	935±25Aa	891±37Aab	875±27Aab	858±37Ab	850±44Ab	841±37Bb
PASK	933±25Aa	901±31ABab	883±40ABb	866±40ABb	858±49ABb	841±49Bb
Zein	941±37Aa	916±25Ab	900±31Ab	883±51Ab	875±52Ab	866±40Ab
Şellak	941±20Aa	933±25Ab	916±40Ab	908±49Ab	900±31Ab	891±58Ab

^{A-E} Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır ($p < 0.05$).

^{a-b} Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır ($p < 0.05$).

* UYG: Uygulamalar, KNT: Kontrol, PASI: Peynir altı suyu izolatu, PASK: Peynir altı suyu konsantratu.

Kontrol grubu kaplanmamış yumurtaların RWC değerinin (191), PASI (308), PASK (316), zein (380) ve şellak (450)'dan istatistiksel olarak daha düşük ($p < 0,05$) olduğu belirlenmiştir. PASK ve PASI depolama boyunca benzer köpük kapasitesi değeri gösterirken zein ve şellak'ın köpük kapasitesini en iyi muhafaza eden kaplamalar olduğu gözlenmiştir (Çizelge 4.1.8.). Depolamayla birlikte pH yükselmesinin bir sonucu olarak n-ovalbümin daha az hidrofobik olan s-ovalbümine dönüşmektedir. S-ovalbümine dönüşüm, köpük stabilitesinde bir azalmaya neden olan hava/su ara yüzeyinde yapışkan bir film oluşumunu engellemektedir (Das ve Kinsella, 1990; Alleoni ve Antunes, 2004a). Viskozitenin azalmasına yumurta akının jel yapısını oluşturan ana protein ovamusinden o-glikosid ayrılmasının neden olabileceği bildirilmiştir. Depolama boyunca RWC değerinin düşmesi yumurta akının jel yapısı bozularak daha sulu hale geldiğini göstermektedir.

Çizelge 4.1.9. Farklı kaplamaların yumurtanın depolama süresi boyunca bütün yumurta RWC değerleri üzerine etkisi

UYG*	Depolama Süresi (Hafta) / Bütün Yumurta RWC					
	0.HAFTA	1.HAFTA	2.HAFTA	3.HAFTA	4.HAFTA	5.HAFTA
KNT	833,3±25,81 Aa	725,0±27,38 Ba	680,0±27,38 Ba	550,0±44,72 Ca	341,6±37,63 Da	191,6±37,63 Ea
PASI	825,0±27,38 Aa	758,3±37,63 ABab	725,0±28,86 Bab	630,0±27,38 Cb	450,0±31,62 Db	308,3±37,63 Eb
PASK	825,0±27,38 Aa	766,6±25,81 ABab	730,0±27,38 Bab	630,0±44,72 Cc	441,6±37,63 Db	316,6±40,08 Eb
Zein	833,3±25,81 Aa	816,6±25,81 ABbc	758,3±20,41 Bb	680,0±27,38 Ccd	530,0±57,0 Dc	380,0±57,0 Ebc
Şellak	833,3±25,81 Aa	833,3±25,81 Ac	775,0±27,38 ABb	730,0±27,38 Bd	575,0±27,38 Cc	450,0±31,62 Dc

^{A-E} Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (p < 0.05).

^{a-d} Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (p < 0.05).

* UYG: Uygulamalar, KNT: Kontrol, PASI: Peynir altı suyu izolatu, PASK: Peynir altı suyu konsantratu.

4.1.6. Viskozite ölçümü

Yumurta albüminin viskozitesi önemli bir kalite parametresi olup, yumurtanın köpük oluşturma, jelleşme ve emülsiyon oluşumu gibi birçok fonksiyonel özelliğine etki etmektedir (Kemps ve ark., 2010b). Depolama ile birlikte yumurta albümininin katı kısmı zaman içerisinde sıvılaşarak viskozite azalmasına bağlı olarak sıvı albümine dönüşmektedir (Meuer ve Egbers, 1990; Lucisano ve ark., 1996; Toussant ve Latshaw, 1999; Şenköylü, 2001; Silversides ve Scott, 2001a; Berardinelli ve ark., 2003). Viskozite değerlerindeki azalmadoğrudan yumurtanın raf ömrünü etkileyebilen albümindeki sıvılaşma ile ilişkilidir. Katı albüminin, sıvı albümine dönüşmesinde sıcaklık, nem ve CO₂ kaybı ve pH etkilidir. Ayrıca Maillard reaksiyonunun da katı albüminin sıvı albümine dönüşmesinde etkili olduğu bildirilmiştir (Lucisano ve ark., 1996; Caner ve Cansız, 2008).

Yumurtada albümin viskozitesiovomusin ile lizozim kompleksine bağlı olup, ovomusinkonsantrasyonusıvıalbüminile karşılaştırıldığında kalın albüminde dört kat daha fazladır (Lucisano ve ark., 1996). Yumurtanın depolama boyunca pH'nın artışı, albüminin ovomusin-lizozim kompleksini etkilemektedir. Ovomusin-lizozim kompleksi elektrostatik

bağlar ile stabil halde olup, albümin viskozitesinden sorumludur. pH'nın artması, ovomusin-lisozim bağlarının kırılmasına ve katı albüminin sıvılaşarak sıvı albümin haline gelmesine neden olmaktadır (Lucisano ve ark., 1996).

Yumurta akı psödoplastiksıvı olup, viskozite shear kuvvetine (kesme)bağlıdır. Viskozite analizlerinde, albüminin newtonyan bir akışkan olduğu saptanmıştır. Depolamanın 6. haftasında yapılan analizlere göre; değerler 5,73 ile 27,26 arasında değişmektedir (Çizelge 4.1.10.). Kaplanmış yumurtaların albümin viskoziteleri, kaplanmamış olanlardan istatistiksel olarak daha yüksek çıkmıştır. Şellak ve zein ile kaplanmış olanlar, PASI ve PASK'den daha yüksek viskozite değerleri vermiştir. Farklı kaplamaların, yumurta albümin viskozitesinin korunmasında etkili olduğu tespit edilmiştir. Özellikle şellak ve zein kaplamalarda depolamanın ilk aşamasından itibaren viskozitedeki azalmanın istatistiksel olarak yavaşladığı gözlenmiştir. Viskozite değerlerini literatürdeki verilerle kıyaslamak, farklı kayma hızı (shear rates) kullanımı ve farklı örnek hazırlama metotlarından dolayı zordur.

Lucisano ve ark. (1996)artandepolamazamanıyla viskozitenin azaldığını vepseudoplastik yapıdannewtonyanageçişgöstererek zaman ve sıcaklıklaakış davranış indeksinin artmasına bağlı olduğunu bildirmiştir. Lucisano ve ark. (1996) depolama boyunca ovomusin-lisozim kompleksinindestabilizasyonu, lisozim�oelektrik noktasına(10,7)yaklaşarak, pH artışından kaynaklanmaktadır. Böylece, ovomusinfraksiyona ayrılarak, sıvı albüminin viskozitesi azalarak kalınalbümininazalmasına ve incelmesine neden olmaktadır.

Spada ve ark. (2011) ve Shenga ve ark. (2010) kontrol grubuyumurta akının viskozitesininönemli oranda azaldığıvedepolama boyunca hem pastörizehem de kontrol yumurta albüminlerinde hızlı oranda sıvılaşma gözlendiği bildirilmiştir.

Çizelge 4.1.10. Farklı kaplamaların yumurtanın depolama süresi boyunca albümin viskozite değerleri üzerine etkisi

UYG	Depolama Süresi (Hafta) / Albümin Viskozite Değeri (cp)						
	0.HAFTA	1.HAFTA	2.HAFTA	3.HAFTA	4.HAFTA	5.HAFTA	6.HAFTA
KNT	60,46±0,66 Aa	55,16±0,95 Aa	41,83±1,42 Ba	33,23±1,61 Ca	24,70±1,05 Da	12,73±1,33 Ea	5,73±1,83 Fa
PASI	59,96±1,5 Aa	55,30±1,49 Aa	49,30±0,62 Bb	45,26±1,62 Bb	34,50±1,21 Cb	29,36±0,80 Db	17,13±1,18 Eb
PASK	60,06±1,24 Aa	54,93±1,34 Ba	48,36±0,90 Cb	45,60±0,60 Cb	35,60±0,95 Db	29,26±1,59 Eb	17,23±0,41 Fb
Zein	60,03±1,88 Aa	58,78±0,47 Aa	55,40±1,01 Ac	50,23±1,48 Bc	43,86±1,71 Cc	36,86±1,10 Dc	26,90±1,53 Ec
Şellak	60,73±1,59 Aa	59,20±0,90 Aa	57,16±0,80 ABc	53,03±0,70 Bc	45,90±1,57 Cc	37,36±1,15 Dc	27,26±0,64 Ec

^{A-F} Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (p < 0.05).

^{a-c} Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (p < 0.05).

4.1.7. Renk analizleri

Renk, tüketici tercihinde önemli bir etkidir. Ürünün, tüketicinin alışık olduğu renkten farklı olması, tüketicide bir önyargı oluşturur. Kaplamanın neden olabileceği renk değişimlerinin araştırılabilmesi amacıyla taze yumurtada albümin ve sarıda renk analizleri yapılmıştır. Farklı kaplama materyalinin renk açısından etkinliğini anlaşılabilmesi için albümin ve sarıda L*, a*, b* değerleri belirlenmiş ve farklı kaplama ve kontrol (kaplanmamış) yumurtalar arasında karşılaştırılma yapılmıştır. L* değerleri, parlaklığın bir göstergesi olup, arttıkça ürün parlaklığı da artmaktadır. Çalışma kapsamında depolama süresince albümin'in L* renk değeri 78,73'den depolamanın sonunda (4. hafta) 83,25'e yükselmiştir (Çizelge 4.1.11). Yumurta albümini, içerisindeki CO₂ varlığının nedeni ile bulutsu bir görünüme sahiptir. Yumurta bayatlamaya başladıkça CO₂ kaybı ile albümindeki bulutsu görünüm yerini daha transparan bir yapıya bırakmaktadır. Negatif a* değerleri yeşilliğin göstergesi olup, bu değerler farklı kaplanmış ve kontrol (kaplanmamış) yumurtalarda depolamanın 0. haftasında -3,49 olup, depolamanın sonunda ise -1,86 ile -2,98 arasında değişmektedir (Çizelge 4.1.12). Sarılığın göstergesi olan pozitif b* değerleri, farklı kaplamalar ve kontrol (kaplanmamış) yumurta gruplarında depolama öncesi 13,40 iken depolamanın sonunda 9,34 ile 11,97 arasında değerler vermiştir (Çizelge 4.1.13).

BÖLÜM 4 – ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA Muhammed YÜCEER

Çizelge 4.1.11. Farklı kaplamaların yumurtanın 4 hafta depolama sonunda albümin L* değeri üzerine etkisi

Depolama Süresi / Albümin rengi – L*		
Depolama	0.HAFTA	4.HAFTA
	78,73±2,40A	83,25±3,17B

^{A-B} Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (p < 0.05).

Çizelge 4.1.12. Farklı kaplamaların yumurtanın 4 hafta depolama sonunda albümin a* değeri üzerine etkisi

Uygulama-Depolama Süresi / Albümin rengi – a*		
Uygulamalar*	0.HAFTA	4.HAFTA
KNT	-3,49±0,25Aa	-2,58±0,23Ba
PASI	-3,49±0,25Aa	-2,63±0,52Ba
PASK	-3,49±0,25Aa	-2,98±0,37Aa
Zein	-3,49±0,25Aa	-2,95±0,20Aa
Şellak	-3,49±0,25Aa	-1,86±0,52Bb

^{A-B} Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (p < 0.05).

^{a-b} Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (p < 0.05).

Uygulamalar; KNT: Kontrol, PASI: Peynir altı suyu izolatu, PASK: Peynir altı suyu konsantratu.

Çizelge 4.1.13. Farklı kaplamaların yumurtanın 4 hafta depolama sonunda albümin b* değeri üzerine etkisi

Uygulama-Depolama Süresi / Albümin rengi – b*		
Uygulamalar*	0.HAFTA	4.HAFTA
KNT	13,40±0,94Aa	9,63±2,04Ba
PASI	13,40±0,94Aa	11,12±1,26Bab
PASK	13,40±0,94Aa	11,97±1,02Ab
Zein	13,40±0,94Aa	10,92±0,58Bab
Şellak	13,40±0,94Aa	9,34±1,07Ba

^{A-B} Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (p < 0.05).

^{a-b} Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (p < 0.05).

Uygulamalar; KNT: Kontrol, PASI: Peynir altı suyu izolatu, PASK: Peynir altı suyu konsantratu.

BÖLÜM 4 – ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA Muhammed YÜCEER

Taze yumurta sarı rengi, yemle birlikte alınan ksantofil, kriptoksantin, karoten, ovoflavin ve protoporfirinden oluşmaktadır (Meuer ve Egbers, 1990; Şenköylü, 2001; Şamlı ve ark., 2005; Tayyar, 2005). Depolama süresine, karotenoidler oksidasyon nedeniyle azalma gösterirler. L* değerleri kaplanmış ve kaplanmamış yumurtalarda depolama öncesi 64,56 olup, depolama sonunda 58,58 olarak saptanmıştır. Yumurta sarısı a* değerleri ise depolama öncesi -0,69 olup, depolamanın sonunda ise 2,16 olarak belirlenmiştir. Yumurta sarısı b* değerleri depolama öncesi 48,89 olup, 4 haftalık depolamanın sonunda ise; 43,88 ile 50,74 arasında değişim göstermiştir (Çizelge 4.1.14; 4.1.15 ve 4.1.16.).

Çizelge 4.1.14. Farklı kaplamaların yumurtanın 4 hafta depolama sonundaki yumurta sarısı *L değeri üzerine etkisi

Depolama Süresi / Yumurta Sarısı rengi – L*	
0.HAFTA	4.HAFTA
64,56±2,05A	58,58±1,88B

^{A-B} Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (p < 0.05).

Çizelge 4.1.15. Farklı kaplamaların yumurtanın 4 hafta depolama sonunda yumurta sarısı *a değeri üzerine etkisi

Depolama Süresi / Yumurta Sarısı rengi – a*	
0.HAFTA	4.HAFTA
-0,69±1,00A	2,16±0,97B

^{A-B} Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (p < 0.05).

Çizelge 4.1.16. Farklı kaplamaların yumurtanın 4 hafta depolama sonundaki yumurta sarısı *b değeri üzerine etkisi

Uygulama-Depolama Süresi / Yumurta Sarısı rengi – b*		
Uygulamalar*	0.HAFTA	4.HAFTA
KNT	48,89±1,18Aa	50,74±2,26Aa
PASI	48,89±1,18Aa	48,26±1,85Ab
PASK	48,89±1,18Aa	46,63±2,16Ab
Zein	48,89±1,18Aa	46,62±1,49Ab
Şellak	48,89±1,18Aa	43,88±1,25Bc

^{A-B} Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (p < 0.05).

^{a-c} Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (p < 0.05).

*Uygulamalar; KNT: Kontrol, PASI: Peynir altı suyu izolatu, PASK: Peynir altı suyu konsantratu.

4.1.8. Kabukta kırılma direnci (kabuk mukavemet) analizi

Depolama süresince yumurta iç kalitesinin azalması dışında, en çok karşılaşılan problemlerin başında taşıma esnasında gerçekleşen kırılma yada çatlama gelmektedir. Kabuk mukavemeti kabuk kalitesi ile doğrudan ilişkili olup, zayıf kabuk kalitesi önemli ekonomik kayıplara yol açabilmektedir(Caner, 2005a; Caner ve Cansız, 2008).

Yumurtanın kabuk yapısı, yumurta içeriğinin korunmasında, nem ve gaz alışverişinde önemli rol oynar. Yumurta kabuğu, yapısı itibariyle porlardan (gözeneklerden) oluşmaktadır. Sayıları 7.000 ile 17.000 arasında değişen bu porlar, yumurtanın kısımlarına göre farklı yoğunluk göstermektedir.Yumurtanın üst kısmında, alt kısmına oranla daha az por bulunmaktadır. Ayrıca, üst kısmının kabuk kalınlığı, alttan daha kalındır. Bu nedenle, yumurtanın üst kısmı, alt kısmına göre basınca daha dayanıklıdır (Yücel, 2000; Şenköylü, 2001; Xie ve ark., 2002; Tayyar, 2005).

Çizelge 4.1.17. Farklı kaplamaların yumurtanın depolama süresi boyunca kabuk mukavemeti-alt değerleri üzerine etkisi

UYG*	Depolama Süresi / Kabuk Mukavemeti-Alt	
	0.HAFTA	4.HAFTA
KNT	3,34±0,25Aa	3,15±0,29Aa
PASI	3,34±0,25Aa	3,58±0,31Ab
PASK	3,34±0,25Aa	3,59±0,47Ab
Zein	3,34±0,25Aa	4,38±0,45Bc
Şellak	3,34±0,25Aa	4,71±0,46Bc

^{A-B} Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır ($p < 0.05$).

^{a-c} Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır ($p < 0.05$).

* UYG: Uygulamalar, KNT: Kontrol, PASI: Peynir altı suyu izolatu, PASK: Peynir altı suyu konsantratu.

Yumurta kabuğu, depolama ve pazarlama sırasında kırılmaları minimize edecek yeterli kuvvette olmalıdır. Zayıf kabuk kalitesi çok önemli ekonomik kayıplara yol açmaktadır. Kabuk mukavemetinin geliştirilmesi depolama ve pazarlama sırasında kırılma ve çatlama nedeniyle gerçekleşen yumurta kayıplarını önemli derecede azaltma ile sonuçlanabilir (4, 10, 57). Depolamanın 4. haftasında yapılan kabuk kırılma direnci analizlerine göre, istatistiksel olarak kontrol grubu yumurtaların, kaplanmış yumurtalara göre kırılma direnci daha fazladır. Kaplanmamış yumurtalar (kontrol) hem üst hem de alt değerleri bakımından farklı kaplanmış daha düşük kabuk mukavemeti göstermişlerdir (Çizelge 4.1.21 ve 4.1.22). Şellak ve zein ile kaplanan yumurtaların alt ve üst kısımlarının kabuk kırılma direnci, PASI ve PASK'den istatistiksel olarak daha yüksektir. Şellak ve zein arasında istatistiksel olarak fark olmayıp aynı şekilde; PASK ve PASI arasında da istatistiksel olarak bir fark yoktur ($p < 0,05$). Analizlerde en yüksek üst kabuk dayanım değerlerini yapısal özellikleri nedeniyle şellak (5,73) ve zein (5,56) ile kaplanan yumurtalar vermiştir. Sonuçlar, kaplama materyallerinin kabuk kırılma direnci üzerinde etkili olduğunu göstermiştir (Çizelge 4.1.21 ve 4.1.22).

Sonuçlar, Xie ve ark. (2002)'nin yaptığı çalışma ile desteklenmektedir. Soya proteini, peynir altı suyu izolatu, karboksil metil selüloz ve buğday proteini ile kaplanan yumurtalar, kaplanmamışlara göre daha yüksek kırılma direnci değerleri vermiştir.

Çizelge 4.1.18. Farklı kaplamaların yumurtanın depolama süresi boyunca kabuk mukavemeti-üst değerleri üzerine etkisi

Depolama Süresi / Kabuk Mukavemeti-Üst		
UYG*	0.HAFTA	4.HAFTA
KNT	4,94±0,87Aa	4,70±0,11Aa
PASI	4,94±0,87Aa	5,18±0,33Ab
PASK	4,94±0,87Aa	5,50±0,43Ab
Zein	4,94±0,87Aa	5,56±0,29Bc
Şellak	4,94±0,87Aa	5,73±0,27Bc

^{A-B} Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (p < 0.05).

^{a-c} Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (p < 0.05).

* UYG: Uygulamalar, KNT: Kontrol, PASI: Peynir altı suyu izolatu, PASK: Peynir altı suyu konsantratu.

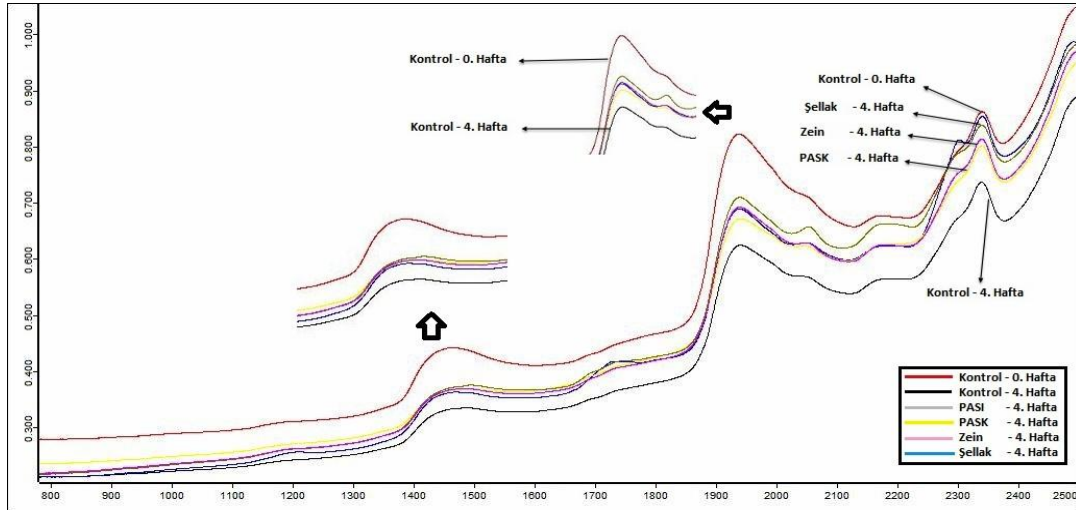
Kaplanmamış (kontrol) yumurtaların alt ve üst kısımlarının kabuk kırılma mukavemetleri kaplanmış olan yumurtalarla kıyaslandığında istatistiksel olarak daha düşük oldukları bulunmuştur. Caner ve Cansız (2008) laktik asit–kitosan ile kaplanan yumurtaların kabuk kırılma mukavemetleri asetik asit yadapropionikasitle üretilen kitosanla kaplananyumurtalardan kabuk kırılma mukavemetleri istatistiksel olarak daha fazla olduğunu bulmuşlardır. Asetik asit yadapropionikasit ile üretilen kitosanla kaplanmış yumurtaların kabuk kırılma mukavemetleri arasında fark bulunmazken, tüm kaplanmış örneklerin kontrolden daha yüksek kabuk kırılma mukavemetleri olduğu bildirilmiştir. Wong ve ark. (1996b) tarafından yapılan çalışmada mısırzeinçözeltisi ile kaplanmış yumurta kabuğunun engüçlük kabuk mukavemetini sergilediği; protein bazlı kaplamaların (mısır zein ve buğdayglütini) koruyucu bir bariyer olarak görev yaparak kabuk mukavemetlerini artırdığı gözlenmiştir.

4.1.9. FT-NIR spektroskopi ölçümleri

Gıdanın hasarsız yöntem ile kalite özelliklerinin belirlenmesinde FT-NIR metodunun önemli bir yeri bulunmaktadır. Gıdanın herhangi bir hasar verilmeden kalite özelliklerinin tayininde 800-2.500 nm spektral dalga boyu aralığında FT-NIR ölçümü yapılabilmektedir. Yumurtanın tazeliğinin hasarlı yöntemler (hava boşluğu, katı albümin yüksekliği ve Haugh Birim) ile FT-NIR gibi hasarsız yöntemlerin mukayesesinde uygulanan çalışma ile tahminleme üzerine yapılan modellemesinde R² değerlerinin sırası ile 0,732; 0,789 ve 0,676 olarak tespit edilmiştir (Giunchi ve ark., 2008; Galiş ve ark ., 2012). Ayrıca NIR

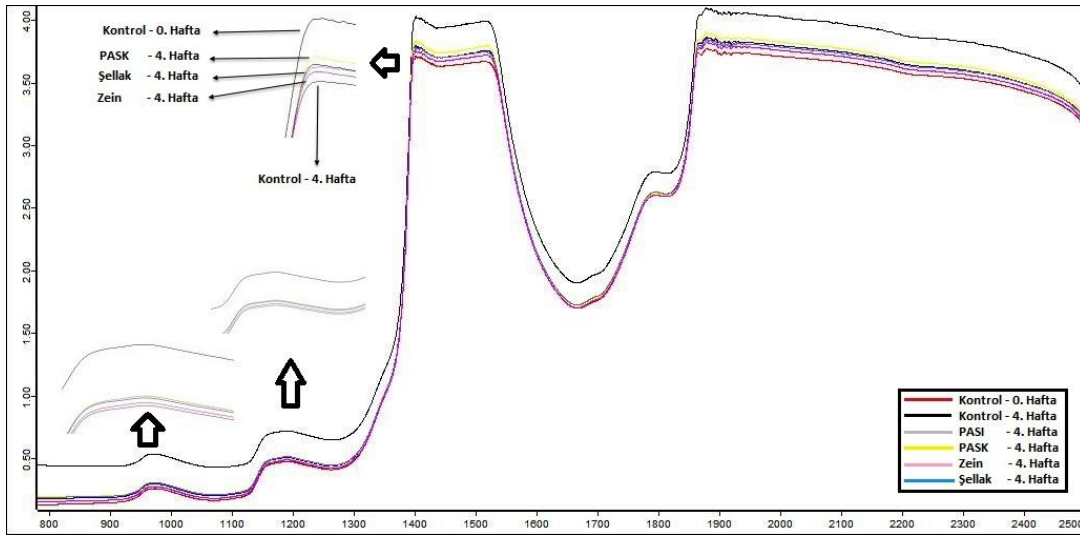
teknolojisinin yumurtanın kalite özelliklerinin tayininde kullanılması üzerine NIR-HSI (Near Infrared Hyperspectral Imaging System)'in omega-3 yağ asitlerince zenginleştirilmiş kabuklu yumurtaların ve damızlık-döllü yumurtaların diğer yumurtalardan ayrılmasında ve kırık kabuklu yumurtalar ile diğer yumurtaların tasnifinde yararlanılmaktadır(Galiş ve ark., 2012). Ayrıca yumurtanın tazeliğinin belirlenmesinde 530 ile 1130 nm dalga boyunun kullanılabileceği bildirilmiş ve bu amaçla damızlık yumurta tayini, hava boşluğu analizi ile ağırlık kaybı ve pH değerlerinin analiz edildiği çalışmada 0,9 ile 0,92 korelasyon katsayısı-R² değerlerine ulaşılmıştır.

Kabuklu yumurtalarda FT-NIR spektroskopisinden elde edilen değerler kabuk verileri Şekil 4.1.1'de; albümin verileri Şekil 4.1.2'de ve yumurta sarısının verileri ise Şekil 4.1.3'te verilmiştir. Yumurta kabuğunda uygulamaları takiben yapılan ölçümlerde 1500, 2000 ve 2300 nm'de pik absorbans değerleri elde edilirken 4 hafta depolama sonrasında elde edilen pik değerlerinde değişim gözlenmiştir. Aynı şekilde uygulama sonrası ve depolamanın son haftasında yapılan ölçümlerde reflektens spektrasına karşı absorbans bantları elde edilmiştir. Kontrol grubu 0. hafta yumurtaların en yüksek pik değerleri verdiği ve en düşük pik değerlerinin ise depolama sonu kontrol grubunda elde edildiği saptanmıştır. Yumurtanın tazeliği ile kabuk spektral yansıma absorbans değerleri arasında bir ilişkinin olabileceği görülmektedir.

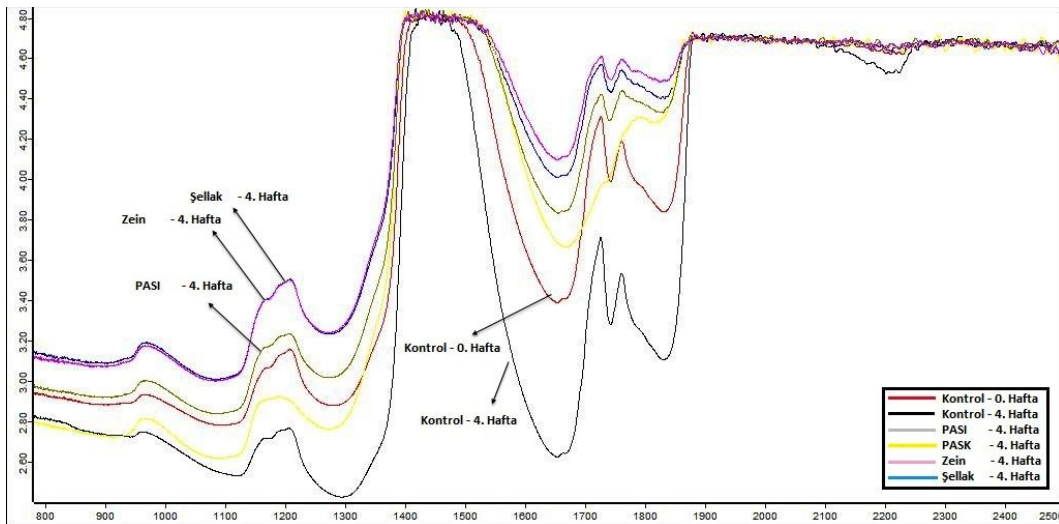


Şekil 4.1.1. Farklı kaplama materyalleri ile kaplanan yumurtaların depolamanın ilk ve son haftasında kabuklarının FT-NIR yansıma spektrası'na etkisi.

Şekil 4.1.1; Şekil 4.1.2 ve Şekil 4.1.3'te uygulamalar ve günleri arasında absorban bandları bakımından farkgörülmektedir.Uygun pik değerlerinin belirlenmesi (seçimi) önemlidir. Albümin depolama boyunca incelendiğinden iletilenspektrumlardabirdeğişime yol açar. Kemp ve ark. (2006), albümin pH ve HBAçısından ilgili bilgileri 570 ve 750 nm olduğunu ayrıca 900-500 nm arasında akıntı azeliktahmini içindeğeri olduğunu belirtmiştir (Kemp ve ark., 2007). Yumurta albümininde 1400 ve 1800 nm'de pik değerler elde edilirken yumurta sarısında ise 700, 1200, 1400, 1700, 1800 ve 1950'de pik değerlere ulaşılmıştır.



Şekil 4.1.2. Farklı kaplama materyalleri ile kaplanan yumurtaların depolamanın ilk ve son haftasında albümin FT-NIR iletim spektrası'na etkisi.



Şekil 4.1.3. Farklı kaplama materyalleri ile kaplanan yumurtaların sarısının depolamanın ilk ve son haftasında FT-NIR iletim spektrası'na etkisi.

4.1.10. Mikrobiyolojik analizler**4.1.10.1. Toplam mezofilik aerobik bakteri sayımı analiz değerleri**

TMAB sayım değerinin yumurta gibi işlenmemiş gıdalarda önemli bir kalite indikatörü olarak kabul edilmektedir (ICMSF, 1986). Yumurta kabuğunun dış kısmında bulunan kütikula tabakasının yumurtanın kalitesinin muhafazasında etkili olduğu ve porların üzerini kaplayarak kısa süreli olarak yumurtadan nem ve CO₂ kaçışını sınırladığı bilinmektedir (Park ve ark., 2003). Ayrıca yumurtanın muhafaza edildiği sıcaklıkta yumurtada toplam florayı etkileyen önemli bir faktördür (Gole ve ark., 2013). Yumurtanın kaplanması üzerine yapılan çalışmalarda depolama süresince toplam bakteri gelişiminin kaplama materyalleri ile azaltıldığı ifade edilmiştir (Xie ve ark., 2002; Park ve ark., 2003; Suppakul ve ark., 2010). Şellak filmlerin antimikrobiyal özellikleri bulunduğu bildirilmiştir (Thammachat ve Soradech, 2013).

Park ve ark. (2003) tarafından yapılan çalışmada yumurta albüminindeki toplam canlı floranın 30 gün depolama periyodu süresince <1 log kob/mlseyrettiği ifade edilmiştir. Bu durumun yüzeydeki bakteri florasının yumurta iç kısmına geçişinin kabuk ve yumurta albüminindeki lizozim gibi koruyucu faktörler tarafından inhibe edildiği bildirilmiştir. Torrico ve ark. (2010) tarafından yapılan çalışmada yumurtanın madeni yağ, kitosan solüsyonu ve bunların 75:25, 50:50 ve 25:75'lik emülsiyonları ile kaplanması ve 25°C'de 5 hafta depolanması neticesinde toplam canlı bakteri sayım değerleri incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre çalışma süresince yapılan analizlerde *Salmonella* negatif olarak tespit edilmiş ve kaplama yapılmış gruplarda toplam canlı sayısının 2,2x10²kob/g ile 3,5x10³kob/g arasında değişkenlik gösterdiği bildirilmiş olup, 5 hafta depolama süresince kaplama yapılan ve kaplama yapılmaya örnek gruplarının mikrobiyolojik açıdan güvenli olduğu ifade edilmiştir.

Çizelge 4.1.19'da farklı kaplamaların yumurtanın depolama süresi TMAB sayımı üzerine etkisi verilmiştir. Yumurtaların farklı kaplama materyalleri ile kaplanması ve 4 hafta süresince oda sıcaklığında(25°C) muhafaza edilmesi sonucunda tüm örnek gruplarında 4 hafta boyunca TMAB değerleri artış kaydetmiştir. Depolama süresindeki artıştaki değişimin istatistikî açıdan önemli (p<0,05) olduğu saptanmıştır. Ayrıca depolama süresince PASI ve PASK kaplama materyalleri ile kaplanan yumurtaların benzer sonuçlar sergilediği gözlenmiştir. 0. haftada 2,95 log kob/yumurta olarak tespit edilen TMAB değeri depolama süresince tüm gruplarda artmıştır. Artış hızının en yüksek kontrol grubunda ve en düşük ise antimikrobiyal özelliğine bağlı olarak şellak ile kaplama yapılan yumurta örneklerinde olduğu tespit edilmiştir. Çalışmada elde edilen sonuçlar Musgrove ve ark. (2005)ile Jones ve ark. (2004) tarafından yapılan çalışmanın sonuçları ile uyum göstermektedir.

Çizelge 4.1.19. Farklı kaplamaların yumurtanın depolama süresi boyunca toplam mezofil aerobik bakteri (TMAB) sayımı (log kob/yumurta) üzerine etkisi

UYG*	Depolama Süresi / Yumurta TMAB sayımı				
	0.HAFTA	1.HAFTA	2.HAFTA	3.HAFTA	4.HAFTA
KNT	2,95±0,05Aa	3,09±0,01Ba	3,31±0,02Ca	3,39±0,02Ca	3,55±0,02Da
PASI	2,95±0,05Aa	3,02±0,06Ab	3,15±0,06Bb	3,27±0,02Cb	3,41±0,01Db
PASK	2,95±0,05Aa	3,02±0,06Ab	3,15±0,01Bb	3,25±0,02Bb	3,42±0,01Cb
Zein	2,95±0,05Aa	2,98±0,07Ac	3,00±0,08Ac	3,07±0,13Abc	3,10±0,07Bc
Şellak	2,95±0,05Aa	2,96±0,03Ac	2,96±0,06Ac	2,99±0,03Ac	3,03±0,03Ac

^{A-D} Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (p < 0.05).

^{a-c} Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (p < 0.05).

* UYG: Uygulamalar, KNT: Kontrol, PASI: Peynir altı suyu izolatu, PASK: Peynir altı suyu konsantratu.

4.1.10.2. Küf-maya sayımı analiz değerleri

Farklı kaplama materyalleri ile kaplanan kabuklu yumurtaların depolama sürecinde kabuk yüzeyinde tespit edilen küf-maya sayım değerleri çizelge 4.1.20’de verilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre başlangıç küf-maya florası 3,25 log kob/yumurta olarak tespit edilen yumurtaların depolama ile birlikte şellak ile kaplama yapılan uygulamanın dışındaki tüm gruplarda küf-maya sayım artışının istatistiksel açıdan önemli olduğu saptanmıştır.

Çizelge 4.1.20’de farklı kaplamaların yumurtanın depolama süresi boyunca küf-maya sayısı üzerine etkisi verilmiştir. TMAB sayısındaki en fazla artış kontrol grubunda tespit edilirken depolamanın son haftasında tüm uygulama grupları arasındaki farkın istatistiki olarak önemli (p<0,05) olduğu bildirilmiştir. Uygulamada PASI ve PASK gibi su bazlı kaplama materyali ile organik çözücü ile uygulanan zein ve şellak gibi kaplama materyallerinin kendi aralarında benzerlik gösterdiği ve bu benzerliği su bazlı olan kaplama malzemelerine 3. haftaya, organik çözücü esaslı kaplama malzemelerinde ise 4. haftaya kadar devam ettiği belirlenmiştir. Elde edilen verilerin yapılan literatür çalışmaları ile benzerlik gösterdiği saptanmıştır (Jones ve ark., 2004; Musgrove ve ark., 2008). Sonuç olarak kaplamanın yumurtanın yüzeyindeki küf-maya gelişimini kısmen engellediği belirtilebilir.

Çizelge 4.1.20. Farklı kaplamaların yumurtanın depolama süresi boyunca küf-maya sayımı (log kob/yumurta) üzerine etkisi

UYG*	Depolama Süresi / Yumurta Küf-Maya sayımı				
	0.HAFTA	1.HAFTA	2.HAFTA	3.HAFTA	4.HAFTA
KNT	3,25±0,03Aa	3,43±0,02Ba	3,54±0,00Ca	3,67±0,00Da	3,81±0,01Ea
PASI	3,25±0,03Aa	3,28±0,04Ab	3,35±0,01Bb	3,49±0,03Cb	3,56±0,03Db
PASK	3,25±0,03Aa	3,31±0,02Bb	3,35±0,01BCb	3,40±0,02CDc	3,46±0,04Dc
Zein	3,25±0,03Aa	3,24±0,01Ac	3,29±0,02ABc	3,32±0,02Bd	3,34±0,02Bd
Şellak	3,25±0,03Aa	3,25±0,01Ac	3,25±0,01Ac	3,26±0,01Ad	3,27±0,01Ae

^{A-E} Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (p < 0.05).

^{a-e} Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (p < 0.05).

* UYG: Uygulamalar, KNT: Kontrol, PASI: Peynir altı suyu izolatu, PASK: Peynir altı suyu konsantratu.

4.1.10.3. *S. aureus* analiz değerleri

S. aureus yumurta kabuğunda bulunabilen bir mikroorganizmadır (Edema ve Atayese, 2006). Ayrıca uygun sıcaklık ve rutubet düzeylerinde yumurtadaki porlardan iç kısma nüfuz edebilmektedir (Al-Natour ve ark., 2012). Şellak'ın antimikrobiyal kapasitesi ve *S. aureus* inhibisyonu üzerinde bazı araştırmacılar çalışmıştır (Thammachat ve Soradech, 2013).

Çizelge 4.1.21'de farklı kaplamaların yumurtanın depolama süresi boyunca *S. aureus* sayımı (log kob/yumurta) üzerine etkisi verilmiştir. Yapılan çalışmada PASI, PASK, zein ve şellak gibi farklı kaplama materyallerinin yumurtanın depolama süresince *S. aureus* değerlerine etkisi araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre başlangıç sayısı olan 1,80 log kob/yumurta değeri depolama ile artış kaydetmiş ve depolama sonunda kontrol grubunda 2,35 kob/yumurta değerine ulaşmıştır.

Çizelge 4.1.21. Farklı kaplamaların yumurtanın depolama süresi boyunca *S.aureus* sayımı (log kob/yumurta) üzerine etkisi

UYG*	Depolama Süresi / Yumurta <i>S. aureus</i> sayımı				
	0.HAFTA	1.HAFTA	2.HAFTA	3.HAFTA	4.HAFTA
KNT	1,80±0,07Aa	1,95±0,03Ba	2,00±0,08Ca	2,20±0,18Da	2,35±0,21Ea
PASI	1,80±0,07Aa	1,89±0,04ABab	1,90±0,03BCab	1,93±0,02Cb	1,98±0,03Db
PASK	1,80±0,07Aa	1,88±0,06ABab	1,92±0,02Bab	1,94±0,02BCb	1,97±0,04Cb
Zein	1,80±0,07Aa	1,87±0,03ABab	1,89±0,05Bb	1,89±0,07Bc	1,93±0,02ABb
Şellak	1,80±0,07Aa	1,84±0,04Ab	1,85±0,02Ab	1,85±0,02Ac	1,89±0,01Ac

^{A-B} Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (p < 0.05).

^{a-c} Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (p < 0.05).

* UYG: Uygulamalar, KNT: Kontrol, PASI: Peynir altı suyu izolatu, PASK: Peynir altı suyu konsantratu.

4.1.10.4. Enterobacteriaceae analiz değerleri

Enterobacteriaceae grubu mikroorganizmalar gıdaların kalitesinin gözlenmesinde önemli bir indikatör olarak kabul edilmektedir (Gole ve ark., 2013). Farklı materyaller ile kaplama yapılan yumurtaların depolama boyunca Enterobacteriaceae sayım değerlerine etkisi araştırılmıştır. Çizelge 4.1.23'de farklı kaplamaların yumurtanın depolama süresi boyunca Enterobacteriaceae sayımı (log kob/yumurta) üzerine etkisi verilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre sayım değeri depolama sonunda kontrol grubunda 2,38 olarak tespit edilirken PASI, PASK, zein ve şellak gruplarında sırası ile 1,94; 1,94; 1,91 ve 1,89 log kob/yumurta olarak tespit edilmiştir. Kontrol grubunda başlangıç değeri 1,91 log kob/yumurta olarak saptanmıştır. Çalışma sonunda yumurtada uygulanan kaplama materyallerinin Enterobacteriaceae değerlerini önemli düzeyde (p<0,05) azalttığı tespit edilmiştir.

Çizelge 4.1.22. Farklı kaplamaların yumurtanın depolama süresi boyunca Enterobacteriaceae sayımı (log kob/yumurta) üzerine etkisi

UYG*	Depolama Süresi / Yumurta Enterobacteriaceae sayısı				
	0.HAFTA	1.HAFTA	2.HAFTA	3.HAFTA	4.HAFTA
KNT	1,91±0,04Aa	1,95±0,03BCa	1,99±0,09Ca	2,10±0,13Ca	2,38±0,15Da
PASI	1,91±0,04Aa	1,89±0,04ABb	1,92±0,02BCb	1,92±0,02CDb	1,94±0,03DEb
PASK	1,91±0,04Aa	1,89±0,05ABb	1,91±0,04ABbc	1,92±0,02ABb	1,94±0,04Bb
Zein	1,91±0,04Aa	1,87±0,03ABb	1,89±0,04ABbc	1,91±0,04BAb	1,91±0,02ABb
Şellak	1,91±0,04Aa	1,89±0,04Ab	1,88±0,04Ab	1,89±0,04Ac	1,89±0,01Ac

^{A-D} Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (p < 0.05).

^{a-c} Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (p < 0.05).

* UYG: Uygulamalar, KNT: Kontrol, PASI: Peynir altı suyu izolatu, PASK: Peynir altı suyu konsantratu.

4.1.10.5. Salmonella analizi

Kabuklu yumurtanın yüzeyinde bulunabilen *Salmonella* Enteritidis ve Typhimurium'un uygun sıcaklık ve rutubet şartlarında yumurtanın iç kısmına nüfuz edebileceği bildirilmiştir (Berrang ve ark., 1999; Leleu ve ark., 2011a). Jo ve ark. (2011) ile Leleu ve ark. (2010) tarafından yapılan çalışmada kaplamanın inoküle edilen *Salmonella* Typhimurium ve *Salmonella* Enteritidis sayısını önemli düzeyde azaldığı bildirilmiştir. Ayrıca Curtis ve ark. (1995) hızlı soğutmanın *Salmonella* sayısını düşürdüğü rapor edilmiştir. Yapılan çalışmada kontrol ve uygulama gruplarında depolama süresince *Salmonella* spp. tespit edilememiştir. Elde edilen bulgular ile benzer şekilde Torrico ve ark. (2010) tarafından yapılan 5 hafta depolanan ve mineral yağ ile kitosanın farklı emülsiyonlarının kullanıldığı çalışmada da *Salmonella* spp. varlığına rastlanılmamıştır.

4.2. Liozom-Kitosan Kaplama Materyalinin Yumurtanın Kalitesi Üzerine Etkisi

4.2.1. Ağırlık kaybı değerlendirilmesi

Kabuktaki 7000-17000 civarındaki porlardan depolama boyunca nem ve CO₂ kaybı nedeniyle yumurta ağırlığında önemli derecede azalmalar gözlenmektedir (Caner ve Cansız, 2008). Kaplamalar ile yumurta kabuğuna ince deri (zar) şeklinde bir koruma tabakası oluşturarak kabukta yer alan porlardan gaz (nem ve CO₂) kaybı kısmi olarak azaltılabilmektedir. Kaplanmamış (kontrol) ve kaplanmış yumurtalardaki ağırlık kaybı depolama sürecinde artış göstermiştir (Çizelge 4.2.1). Kaplanmamış yumurtalarda 5. hafta depolama sonunda %7.18'e varan değerlerde bir ağırlık kaybı olduğu gözlenmiştir. Kaplanmamış yumurtalardaki ağırlık kaybı kitosan ve farklı orandaki liozom ile kaplanan yumurtalarla kıyaslandığında istatistiksel açıdan önemli düzeyde farklı (p<0,05)

bulunmuştur. Kitosan kaplamalar ağırlık kaybı üzerinde istatistiksel açıdan önemli derecede etkili olmuştur (Çizelge 4.2.1). Farklı oranlarda kitosan-lizozim kaplamalar depolama boyunca istatistiksel olarak aralarındaki fark önemsizdir (sadece %3.93-2.71 civarında). Kitosan kaplamalar kabuklu yumurtalarda ağırlık kaybını koruyarak raf ömrünü uzatan mükemmel bir bariyer özelliği göstermektedir. Lizozim ile kaplama, kontrol ve lizozim içermeyen kitosan kaplama ile kıyaslandığında ağırlık kaybı oranını istatistiksel olarak önemli derecede azaltmıştır ($p < 0.05$). Lizozim içeren ve içermeyen kitosan kaplamalar arasındaki ağırlık kaybı farklılıkları 5. hafta hariç istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

Anonim (2003a)'e göre pazarlama sırasındaki %2-3 oranında yumurta ağırlığı kaybı kabul edilebilir bir orandır. Bu çalışmada, kitosan kaplama ağırlık kaybının 4. hafta depolama sonunda kabul edilebilir bir düzey içerisinde veya yakın olduğu gözlenmiştir. Kaplama materyallerinin ağırlık kaybını minimize etme yeteneği en yüksekte en düşüğe doğru %20 lizozim (%3,08), %60 lizozim (%3,44), %10 lizozim (%3,97) ve kitosan olarak sıralanabilir(Çizelge 4.2.1). Çeşitli çalışmalarda depolama süresince kaplama ve soğutmanın yumurtaların ağırlık kaybını minimize etmeyi artırıcı etkisi ortaya konulmuştur (Jirangrat ve ark., 2010). Bu sonuçlar, istatistiksel olarak önemli yumurta ağırlık kayıplarını rapor eden Caner (2005b), Samli ve ark. (2005) ve Waimaleongora-Ek ve ark. (2009) ile benzerlik göstermektedir. Bu çalışmalar arasında ağırlık kaybı arasındaki farklılıklar, depolama süresi, sıcaklık, yumurta büyüklüğü yada kabukgözeneklerine bağlı olabilir.

Çizelge 4.2.1. Lizozim-kitosan kaplamanın depolama süresi boyunca yumurta ağırlık kaybı (%) üzerine etkisi

Depolama Süresi / Ağırlık Kaybı (%)					
UYG	1.HAFTA	2.HAFTA	3.HAFTA	4.HAFTA	5.HAFTA
KNT	2,40±0,41Aa	3,86±0,62Ba	4,98±0,39Ca	6,30±0,64Da	7,18±0,64Ea
KTS	1,72±0,21Aab	2,55±0,41Bb	3,19±0,39Bb	3,93±0,50Cb	5,06±0,69Db
%10 LS	1,61±0,28Ab	2,10±0,23ABb	2,54±0,34Bbc	3,38±0,47Cbc	3,97±0,53Cc
%20 LS	1,41±0,26Ab	1,97±0,18ABb	2,35±0,25BCc	2,71±0,32CDc	3,08±0,38Dd
%60 LS	1,55±0,25Ab	1,90±0,29ABb	2,39±0,37BCc	2,90±0,38CDc	3,44±0,23Dcd

^{A-E} Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır ($p < 0.05$).

^{a-d} Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır ($p < 0.05$).

4.2.2. Haugh birimi ve sarı indeksi analizi

Yumurta ağırlığına ve albümin yüksekliğine bağlı olan Haugh Birimi (HB), albümin kalitesi ve dolayısıyla yumurta kalitesini göstermekte olup, lizozim-kitosan kaplamanın etkisi çizelge 4.2.2’de verilmiştir(Stadelman, 1995). Taze yumurtanınHB değeri 75-85 arasında olup, bayatlamasıyla HB değeri azalmaktadır(Coutts ve Wilson, 1990; Caner, 2005b; Caner ve Cansız, 2008). Gruplar arasında ve depolama süresi arasındaki interaksiyon istatistiksel olarak önemlidir (Çizelge 4.2.2). Hem kaplanmamış hem de kitosan-lizozim kaplı yumurtalarda depolama süresinin artmasıyla HB azalmıştır. 6. haftalık depolama boyunca tüm kitosan kaplı yumurtalar kaplanmamış yumurtalardan istatistiksel olarak daha yüksek HB değerlerine sahiptir ($p<0.05$). Kitosan-lizozim kaplama, kontrol ve kitosan kaplamadan istatistiksel olarak önemli derecede yüksek HB değerlerine sahiptir (Çizelge 4.2.2). Kontrol HB değeri 2.hafta depolama sonrasında istatistiksel olarak önemli derecede düşmüştür. %20 lizozim ve %60 lizozim kitosan kullanılarak kaplanan yumurta örnekleri arasında HB değeri bakımından depolamanın 2. haftasından sonra aralarında önemli farklılık saptanmamıştır. 6 hafta depolama süresince %20 lizozim ve %60 lizozim kaplamalar albümin kalitesini korumada %10 lizozim kaplamadan daha etkili olmuştur. Kitosan-lizozim kaplamalarda 6. hafta depolama sonrasında HB değerleri 82.07, 81.36 olarak kalırken kontrolde 55.30’a kadar düşmüştür (Çizelge 4.2.2). Kaplama materyallerinin HB değerleri üzerine etkisi, kabuk gözeneklerini kapatarakCO₂ kaybını azaltması, pH’nın yükselmesini engellemesi ve böylece ovomisin-lizozim kompleksinin zarar görmemesi ile albümin yapısının korunması şeklinde açıklanabilir. Kitosan kaplama ve lizozim kaplama ile raf ömrü en az 3 hafta uzatıldığını göstermektedir. Kaplanmamış yumurtaların HB değerleri kaplanmış yumurtalardan daha hızlı düşmüştür. Bu sonuçlar, lizozim-kitosan kaplamanın depolama boyunca yumurta tazeliğini koruduğunun bir göstergesi olup, Caner (2005b), Bhale ve ark. (2003) ve Wong ve ark. (1996a) ile benzerlik göstermektedir. Dutta ve ark. (2009), Tona ve ark. (2013), Biladeau ve Keener (2009) ile Avan ve Alişarlı (2002)’nin çalışmaları ile uyumlu olarak depolama süresinin artmasına bağlı olarak yumurtaların Haugh birimi değerleri azalmıştır. Altan ve ark. (2002)’da, beyaz ve kahverengi yumurtacı ırklara ait yumurtalarda; beyaz yumurtacılara ait yumurtaların HB değeri (82,47) kahverengi yumurtaların HB değeri (77,87) arasındaki farkı istatistiki olarak önemli bulmuşlardır ($p<0,05$).

Lizozim-kitosan kaplama 6 hafta sonunda ‘AA’ (HB>72) sınıfını muhafaza ederken sadece kitosan kaplama ‘A’ sınıfında kalmıştır. Kaplanmamış yumurtalar 3. haftadan sonra ‘AA’dan ‘A’ya, 6. hafta sonunda ise ‘B’ye düşmüştür (Çizelge 4.2.2). Wong ve ark. (1996a) yaptıkları çalışmada kaplanmamış yumurtaların 1 hafta sonra ‘A’dan ‘B’ye değiştiğini, farklı kaplama materyalleri (soya, mısır) ile kaplananların ise 28 gün depolama sonunda hala ‘B’

grubunda olduğunu rapor etmişlerdir. Yumurta sarısının yükseklik ve genişliği ile ölçülen yumurta sarısı indeksi (SI) bir tazelik göstergesidir (Obanu ve Mpieri, 1984; Caner, 2005b). Taze yumurtada SI değeri 0.45 civarında olup, depolama boyunca bayatlama ile birlikte SI değeri azalmaktadır. Yumurta sarısı indeksi, yumurta sarısı zarının zayıflamasının ve albümininden suyun difüzyon olmasıyla yumurta sarısının sıvılaşmasıyla azalır (Scott ve Silversides, 2000; Silversides ve Scott, 2001b; Bhale ve ark., 2003).

Çizelge 4.2.2. Lizozim-Kitosan kaplamanın depolama süresi boyunca yumurtanın Haugh Birimi değerleri üzerine etkisi

		Depolama Süresi (Hafta) / Haugh Birimi					
U*	0.HAFTA	1.HAFTA	2.HAFTA	3.HAFTA	4.HAFTA	5.HAFTA	6.HAFTA
KNT	85,04(AA) ±0,14Aa	83,41(AA)± 0,73Ba	79,54(AA) ±0,85Ca	73,10(AA)± 0,70Da	69,42(A)±0, 60Ea	65,86(A)±1,2 3Fa	55,30(B)±0 ,99Ga
	85,04(AA) ±0,14Aa	84,31(AA)± 0,36Aab	82,66(AA)±0 ,72Bb	81,19(AA)± 0,7Cb	77,93(AA)± 0,33Db	73,78(AA)±0 ,44Eb	68,90(A)±0 ,83Fb
%10 L	85,04(AA) ±0,14Aa	84,71(AA)± 0,2Ab	84,01(AA)±0 ,26ABc	83,29(AA)± 0,31Cc	82,28(AA)± 0,36Cc	80,83(AA)±0 ,65Dc	78,53(AA) ±0,50Ec
	85,04(AA) ±0,14Aa	84,74(AA)± 0,18ABb	84,16(AA)±0 ,25ABCb	83,88(AA)± 0,31BCc	83,05(AA)± 0,47CDc	82,41(AA)±0 ,16DEd	81,36(AA) ±0,40Ed
%60 L	85,04(AA) ±0,14Aa	84,84(AA)± 0,19ABb	84,66(AA)±0 ,23ABc	83,82(AA)± 0,17BCc	83,22(AA)± 0,17CDc	82,51(AA)±0 ,38DEd	82,07(AA) ±0,26Ed

^{A-E} Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (p < 0.05).

^{a-d} Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (p < 0.05).

*Sınıflandırma - HB >72 'AA' kalite; 72-60 'A' kalite, 59-31 'B' kalite; <30 'C' kalite olarak tasnif edilebilir (Anonim, 2001).

*U: Uygulamalar, KNT: Kontrol, KTS: %1 Kitosan, %10 L: %1 Kitosan ve %10 Lizozim kaplama, %20 L: %1 Kitosan ve %20 Lizozim kaplama, %60 L: %1 Kitosan ve %60 Lizozim kaplama.

Depolama süresi SI üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Depolamanın 3. haftasından sonra kaplanmamış yumurtalarda SI değeri 0.38'e düşmüştür. Tüm yumurta örneklerinde SI değerlerinin depolamayla düştüğü gözlenmiştir (Çizelge 4.2.3). Lizozim-kitosan ile kaplı yumurtalar sadece kitosan ile kaplı yumurtalardan depolamanın 3. haftasından itibaren istatistiksel olarak daha yüksek SI değerlerine sahiptir. 6 haftalık depolama sonunda %60 lizozim-kitosan, %20 lizozim-kitosan ve %10 lizozim-kitosan kaplı yumurtalar sırasıyla 0.38,

0.37 ve 0.36 SI değerlerine sahip olurken kontrol 0.28 SI değerine sahip olmuştur. Depolamanın 1. haftasında lizozim-kitosan kaplı yumurtalar kaplanmamış yumurtalardan istatistiksel olarak önemli derecede yüksektir (Çizelge 4.2.3). 6 hafta depolama sonrası kontrol, sadece kitosan, %10 lizozim-kitosan, %20 lizozim-kitosan ve %60 lizozim-kitosan kaplı yumurtalarda yüzde SI azalması sırasıyla %41.67, %33.33, %25, %22.91 ve %20.83' dür. Lizozim kaplama depolama boyunca yumurta sarısının kalitesinin muhafazasını sağlamaktadır. Lizozimli kitosan kaplama, albüminden yumurta kabuğuna doğru su ve CO₂ kaybı oranını etkili düzeyde azaltarak albümin sıvılaşmasını ve yumurta sarısının su almasını inhibe ederek yumurta sarısı kalite kaybını önemli oranda minimize etmişlerdir. 3 farklı lizozim-kitosan konsantrasyonu incelendiğinde yumurta sarısı indeksi bakımından depolama boyunca istatistiksel olarak önemli farklar bulunamamıştır. Bu sonuçlara göre, lizozim oda sıcaklığında(25°C) kontrole göre yumurta sarısı kalitesini en az 2-3 hafta daha fazla muhafaza etmektedir. Obanu ve Mpiere (1984) yaptıkları çalışmada yerfıstığı, çığıt ve hindistancevizi yağı ile kaplanan yumurtaların oda koşullarında 36 gün depolanması sonrası SI değerlerinde önemli farklılıklar olmadığını rapor etmişlerdir.

Çizelge 4.2.3. Lizozim-Kitosan kaplamanın depolama süresi boyunca yumurta sarı indeksi değerleri üzerine etkisi

Depolama Süresi (Hafta) / Sarı İndeksi							
UYG	0.HAFTA	1.HAFTA	2.HAFTA	3.HAFTA	4.HAFTA	5.HAFTA	6.HAFTA
KNT	0,48±0,00	0,45±0,01	0,42±0,00	0,38±0,01Da	0,33±0,01	0,31±0,01Fa	0,28±0,01
	Aa	Ba	Ca		Ea		Ga
KTS	0,48±0,00	0,47±0,01	0,45±0,01	0,42±0,02Cb	0,38±0,02	0,35±0,01Eb	0,32±0,01
	Aa	ABab	Bb		Db		Fb
%10 L	0,48±0,00	0,47±0,00	0,45±0,00	0,42±0,00Cb	0,40±0,01	0,38±0,01Dc	0,36±0,01
	Aa	Ab	Bb		Dc		Ec
%20 L	0,48±0,00	0,48±0,00	0,45±0,00	0,43±0,00Cb	0,40±0,01	0,39±0,01Dc	0,37±0,01Ec
	Aa	Ab	Bb		Dc		d
%60 L	0,48±0,00	0,48±0,00	0,45±0,00	0,43±0,08Cb	0,41±0,00	0,39±0,01Dc	0,38±0,02
	Aa	Ab	Bb		Dc		Ed

^{A-G} Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (p < 0.05).

^{a-d} Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (p < 0.05).

4.2.3. Albümin ve sarı pH ölçümleri

Yumurta kalitesi üzerine depolamanın etkisi albümin pH'sındaki yükselmeye ölçülebilir. Taze bir yumurtada pH değeri 7.5-8.5 arasında iken, kısa bir süre içerisinde pH değeri 9,0ve üzerine yükselir. Albümin pH'sındaki artış yumurta beyazındaki karbonik asidin parçalanmasıyla CO₂ kaybından kaynaklanmakta ve bikarbonat buffer sistemindeki değişikliklerle sonuçlanmaktadır (Biladeau ve Keener, 2009; Jirangrat ve ark., 2010). Grup, depolama ve grup ile depolama arası interaksiyonları albümin pH' sı üzerinde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (p<0.05). Kitosan kaplı yumurtalar kaplanmamış yumurtalar ile kıyaslandığında daha düşük pH değerleri gözlenmektedir (Çizelge 4.2.4). Albümin pH'sı çözülmüş CO₂, bikarbonat iyonları, karbonat iyonları ve proteinler arasındaki dengeye bağlıdır (Li-Chan ve ark., 1995). Yumurtanın kümeden çıkmasından itibaren kabuk porlarından CO₂'nin difüze olması yumurta pH'sında özellikle albüminde ani bir artışa neden olmaktadır. Lizozim ilaveli/ilavesiz kitosan kaplamanın albümin tazeliğinin sürdürülmesini sağlayıcı etkisi porların kapatılması özelliğinden ve stabilitesinden gelmektedir. Kaplanmamış yumurtalarda pH değerleri 8.95' den (1 günlük yumurta) 9.69' a (6 haftalık yumurta) değişmektedir. Albümin pH' sı depolama sonunda kitosan (%0 lizozim) 9.37, %10 lizozim-kitosan 9.26, %20 lizozim-kitosan 9.23 ve %60 lizozim-kitosan kaplamada 9.28 değerlerine ulaşmıştır (Çizelge 4.2.4). Bu sonuçlar, lizozim ilaveli kitosan kaplamanın kabuk üzerindeki porları kapatarak CO₂ geçişini azaltmakta ve yumurtalarda albümin pH' sının kontrolünde kaplamanın önemli bir etkisi olduğunu kanıtlamaktadır. Kitosan ve mineral yağlar gibi bazı kaplama materyalleri, albümin pH' sının düşük kalmasına yardımcı olan CO₂'a karşı etkili bariyerdir (Scott ve Silversides, 2000; Caner ve Cansız, 2008; Jirangrat ve ark., 2010). Tüm lizozim-kitosan kaplama kombinasyonları albümin pH'sı düşünüldüğünde kaplanmamış yumurtalara kıyasla istatistiksel olarak önemli derecede daha düşük değerlere sahiptir. Lizozim ile kaplanmış yumurtalar arasında ise herhangi bir farklılık bulunamamıştır. Albümin tazeliği açısından lizozim kaplamanın 6. haftası, kontrol grubunun 3. haftası ve kitosan kaplamanın ise 5. haftasıyla karşılaştırılması mümkündür.

Çizelge 4.2.4. Lizozim-Kitosan kaplamanın depolama süresi boyunca yumurta albümin pH değerleri üzerine etkisi

UYG*	Depolama Süresi (Hafta) / Albümin pH						
	0.HAFTA	1.HAFTA	2.HAFTA	3.HAFTA	4.HAFTA	5.HAFTA	6.HAFTA
KNT	8,95±0,04 Aa	9,11±0,03 Ba	9,20±0,02 Ca	9,26±0,03 CDa	9,30±0,03 Da	9,40±0,02 Ea	9,69±0,03F a
KTS	8,95±0,04 Aa	9,00±0,05 Ab	9,11±0,06 Bb	9,15±0,03 BCb	9,19±0,03 CDb	9,25±0,02 Db	9,37±0,02 Eb
%10 L	8,95±0,04 Aa	8,97±0,05 Ab	9,00±0,05 Ac	9,01±0,08 Ac	9,12±0,02 Bb	9,17±0,02 BCc	9,23±0,02 Cc
%20 L	8,95±0,04 Aa	8,97±0,05 Ab	8,99±0,04 Ac	9,00±0,05 Ac	9,14±0,03 Bb	9,18±0,03 BCc	9,26±0,03 Cc
%60 L	8,95±0,04 Aa	8,98±0,05 ABb	9,04±0,04 Bbc	9,05±0,03 Bc	9,14±0,03 Cb	9,20±0,02 Cbc	9,28±0,02 Dc

^{A-F} Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (p < 0.05).

^{a-c} Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (p < 0.05).

*UYG: Uygulamalar, KNT: Kontrol, KTS: %1 Kitosan, %10 L: %1 Kitosan ve %10 Lizozim kaplama, %20 L: %1 Kitosan ve %20 Lizozim kaplama, %60 L: %1 Kitosan ve %60 Lizozim kaplama.

4.2.4. Albümin ve sarı kuru madde ölçümleri

Albüminin sıvı konsantrasyonunun ölçümü olan albümin toplam kuru madde (DMA indeksi) aynı zamanda yumurta tazeliğinin bir göstergesi olarak kullanılmaktadır. Albüminin incilmesi veya sıvılaşmasının nedenleri: Sıvılaşma; proteaz enzimlerinden, yükselen pH değerlerindeki hidroksil iyonları veya tiol tipi indirgen ajanların neden olduğu depolimerizasyondan ve ovomusin-lizozim kompleksinin interaksyonu sayılabilir. Albüminin pH değişimleri ovomusin-lizozim interaksyonunun destabilizasyonu ile sonuçlanmaktadır (Torrice ve ark., 2011a). Albüminin içerdiği su yumurta sarısına ve yumurta sarısındaki bazı besinsel bileşenler de albümine geçmektedir. Albümin ve yumurta sarısındaki ozmotik yön ve değişiklikler refraktometrik metotla ölçülebilir. Kısa bir zaman periyodu içerisinde albümin içerisinde yumurta sarısının karışması nedeniyle DMA artmaktadır.

Grup, depolama ve grup x depolama interaksyonları DMA üzerinde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Kaplanmamış yumurtaların DMA değerleri tüm kaplanmış yumurtalardan daha yüksek bulunmuştur (Çizelge 4.2.5). Depolama boyunca albümin kuru maddesindeki artış, yumurta sarısının sıvılaşması ve sonrasında albümine karışmasına

bağlanabilir. Kalın albümin jel halde iken ince albümin sıvı haldedir. Depolama boyunca kalın albüminin jelatinimsi yapısının fiziksel ve kimyasal karakteristikleri değişir ve kademeli olarak konsistens kaybederek sıvıya dönüşür. Kaplanmamış yumurtaların DMA değeri 11.50' den (bir günlük yumurta) 19.46' ya (5 haftalık yumurta) kadar istatistiksel olarak önemli bir yükselme göstermiştir (Çizelge 4.2.5). Depolama sonunda kitosan, %10 lizozim-kitosan, %20 lizozim-kitosan, %60 lizozim-kitosan kaplamalar sırasıyla 16.51, 15.87, 14.73 ve 14.50 değerlerine yükselirken kaplanmamış yumurtalar 19.46 değerine yükselmiştir. %20 ve %60 lizozim-kitosan kaplı örnekler %10 lizozim-kitosan ve sadece kitosan kaplı örneklerden istatistiksel olarak daha düşük DMA değerleri sergilemiştir. Fakat, Jones (2007) yaptığı çalışmada albümin kuru madde değerlerinin depolamanın başından sonuna kadar pek değişmediğini rapor etmiştir (En düşük: 12.2; en yüksek: 12.59).

Çizelge 4.2.5. Lizozim-kitosan kaplamanın depolama süresi boyunca albümin kuru madde değerleri üzerine etkisi

UYG*	Depolama Süresi (Hafta) / Albümin Kuru Madde Değeri					
	0.HAFTA	1.HAFTA	2.HAFTA	3.HAFTA	4.HAFTA	5.HAFTA
KNT	11,50±0,01Aa	12,70±0,17Ba	15,01±0,23Ca	17,01±0,12Da	17,94±0,26Ea	19,46±0,12Fa
KTS	11,50±0,01Aa	11,71±0,12Ab	12,20±0,05Bb	13,96±0,04Cb	15,53±0,04Db	16,51±0,26Eb
%10 L	11,50±0,01Aa	11,74±0,06Ab	12,26±0,03Bb	13,50±0,31Cc	14,32±0,15Dc	15,87±0,39Ec
%20 L	11,50±0,01Aa	11,64±0,06ABb	11,86±0,05Bc	12,26±0,08Cd	13,55±0,02Dd	14,73±0,03Ed
%60 L	11,50±0,01Aa	11,54±0,04Ab	11,76±0,06Cc	11,99±0,06Bd	13,25±0,02Ce	14,50±0,04Dd

^{A-F} Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (p < 0.05).

^{a-e} Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (p < 0.05).

*UYG: Uygulamalar, KNT: Kontrol, KTS: %1 Kitosan, %10 L: %1 Kitosan ve %10 Lizozim kaplama, %20 L: %1 Kitosan ve %20 Lizozim kaplama, %60 L: %1 Kitosan ve %60 Lizozim kaplama.

Yumurta sarısı kuru madde değerleri depolama boyunca önemli olarak düşüş göstermiştir. Sarı kuru maddesi üzerinde grup, depolama ve grup x depolama interaksyonları istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (p<0.05). Yumurta beyazından su transferi depolama boyunca sarı kuru maddesini %2-4 oranında düşürmektedir (Jones, 2007).

Kaplanmamış yumurtaların sarı kuru maddesi 45.26' dan (bir günlük yumurta) 41.10'a (5 haftalık yumurta) düşmüştür. Kaplanmamış (kontrol) ve uygulama örnekleri arasında sarı kuru maddesi bakımından istatistiksel olarak önemli değişiklikler gözlenmiştir (p<0.05). %60 lizozim-kitosan kaplama tüm gruplardan daha yüksek sarı kuru madde değerlerine sahip olmuş ve % 20 lizozim-kitosan kaplama ise en yüksek ikinci değerlere sahip olmuştur

(Çizelge 4.2.6). Stadelman ve Cotterill (1995) tarafından yapılan bir çalışmada, yumurta kuru maddesi; albümin %12, sarı %44-48 ve tüm yumurta %23-25 bulunmuştur.

Çizelge 4.2.6. Lizozim-kitosan kaplamanın depolama süresi boyunca yumurta sarısı kuru madde değerleri üzerine etkisi

Depolama Süresi (Hafta) / Yumurta Sarısı Kuru Madde Değeri						
UYG*	0.HAFTA	1.HAFTA	2.HAFTA	3.HAFTA	4.HAFTA	5.HAFTA
KNT	45,26±0,04Aa	44,81±0,03Aa	43,39±0,02Ba	42,59±0,03Ca	41,94±0,03Da	41,10±0,02Ea
KTS	45,26±0,04Aa	45,08±0,03Ba	44,57±0,04Cb	44,11±0,02Db	43,57±0,03Eb	42,98±0,04Fb
%10 L	45,26±0,04Aa	45,13±0,02Ba	44,84±0,02Cb	44,46±0,02Dc	43,82±0,02Ec	43,70±0,02Fc
%20 L	45,26±0,04Aa	45,21±0,02Ba	44,99±0,04Bc	44,64±0,03Cd	44,04±0,05Dd	43,79±0,02Ed
%60 L	45,26±0,04Aa	45,21±0,02Ba	45,07±0,05Cc	44,69±0,02Ce	44,16±0,04Ede	43,91±0,02Fe

^{A-F} Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (p < 0.05).

^{a-e} Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (p < 0.05).

*UYG: Uygulamalar, KNT: Kontrol, KTS: %1 Kitosan, %10 L: %1 Kitosan ve %10 Lizozim kaplama, %20 L: %1 Kitosan ve %20 Lizozim kaplama, %60 L: %1 Kitosan ve %60 Lizozim kaplama.

4.2.5. Albümin ve bütün yumurtada relatif köpük kapasitesi

Köpükler, termodinamik olarak stabil değildir ve nispi stabilitesi drenaj, ayrışma ve/veya birleşme gibi faktörlerden etkilenmektedir. İnce filmlerin hava/su ara yüzeylerinin iki özelliği vardır; köpük oluşturma veya kırma. Hava fazı hacmi, likit fazı viskozitesi, ara yüzey gerilimi ve viskozitesi, kabarcık boyutu, boyut dağılımı ve şekil gibi bazı faktörler köpüklerin reolojisini etkilemektedir(Lucisano ve ark., 1996; Herzhaft, 1999; Pernell ve ark., 2000; Davis ve ark., 2004).

Yumurta beyazının çırpılabilirliği, köpük hacmi ve köpük stabilitesi (belirli bir zamanda köpükten salınan sıvı miktarı) ile ölçülebilir. Likit/hava ara yüzeyinde geniş bir yüzey alanı sayesinde çırpma sırasında proteinler denatüre olur ve kümeleşir. Özellikle ovomusin sıvı tabaka ile hava kabarcıkları arasında çözünmez bir film materyali şeklini alır ve dolayısıyla köpüğü stabilize eder. Kaplama ve depolama süresi arasında köpük kapasitesi (RWC) için önemli düzeyde interaksyon gözlenmiştir (p<0.05). RWC' de zamanla lineer bir düşüş gerçekleşmiştir. Zaman geçtikçe filmler kademeli olarak incelmekte ve kopmakta, böylece sıvı kaybı olmakta ve sonucunda köpük çökmektedir (Vernon-Carter ve ark., 2001). Kitosan, lizozim-kitosan kaplama ve depolama süresinin interaksyon etkisi albümin ve dolayısıyla tüm yumurtanın köpük kapasitesi için istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Kaplanmamış

yumurtalarda (300), sadece kitosan kaplanmış yumurtalarda (407), %10 lizozim-kitosan (700), %20 lizozim-kitosan (614) ve %60 lizozim-kitosan (692) kaplanmış yumurta gruplarının RWC değerlerinde istatistiksel olarak önemli farklılıklar ($p < 0,05$) vardır (Çizelge 4.2.7). Tüm yumurta RWC değerlerinde kaplanmamış (266), kitosan (342), %10 lizozim-kitosan (400), %20 lizozim-kitosan (385) ve %60 lizozim-kitosan (371) arasında da önemli farklılıklar bulunmaktadır (Çizelge 4.2.7 ve 4.2.8).

4.hafta depolama sonunda RWC değerlerindeki yüzde azalmalar, kaplanmamış %42.62, kitosan %39.03, %10 lizozim-kitosan %31.03, %20 lizozim-kitosan %33.10 ve %60 lizozim-kitosan %36 oranında gerçekleşmiştir. 6 hafta sonunda ise kontrolde (kaplanmamış) %63.3, kitosanda %52.8 ve lizozim-kitosan kaplamalarda %31-36 oranında RWC azalması meydana gelmiştir. Bu sonuçlar, depolama boyunca RWC'nin korunmasında lizozim kaplamanın etkili olduğunu ispatlamaktadır. Sıvı fazın pH'sı proteinlerin doğası ve önemini belirler ve böylece köpüğü etkiler (Phillips, 1981).

Yumurta globülini, akışkan viskozitesinin artırılmasıyla ve yüzey alanının azaltılmasıyla bu etkiye katkı sağlamaktadır (Chen ve ark., 2005). Bilindiği gibi, depolamayla birlikte pH artışının bir sonucu olarak n-ovalbümin daha az hidrofobik olan s-ovalbümine dönüşmektedir. Bu dönüşüm, köpük stabilitesinde bir azalmaya neden olan hava/su ara yüzeyinde yapışkan bir film oluşumunu engeller. S-ovalbümin ile süzölmüş sıvı hacmi aralarında pozitif yönlü bir korelasyon vardır (Kinsella ve Phillips, 1989; Alleoni ve Antunes, 2004a).

Çizelge 4.2.7. Lizozim-kitosan kaplamanın depolama süresi boyunca albümin köpük kapasitesi RWC değerleri üzerine etkisi

Depolama Süresi / Albümin RWC							
UY	0.HAFTA	1.HAFTA	2.HAFTA	3.HAFTA	4.HAFTA	5.HAFTA	6.HAFTA
KN	1025,0±41,8	900,00±31,	766,67±40,8	666,67±60,5	533,33±40,8	400,00±31,6	300,00±44,7
T	3Aa	62Ba	2Ca	5Da	2Ea	2Fa	2Ga
KT	1025,0±41,8	985,71±37,80	914,29±37,80	850,00±70,7	692,86±60,7	550,0±40,82	407,14±34,5
S	3Aa	ABab	BCb	1Cb	5Db	Eb	0Fb
%1	1025,0±41,8	1035,71±	978,57±26,73	935,71±37,8	878,57±26,7	792,86±44,9	700,0±28,87
0 L	3Aa	37,8Ab	Bb	0Bbc	3Cc	9Cc	Dc
%2	1025,0±41,8	1014,29±	964,29±37,8	942,86±44,9	842,86±44,9	771,43±39,3	614,29±24,4
0 L	3Aa	24,4Ab	0Ab	9Ac	9Bc	4Bc	0Cc
%6	1025,0±41,8	1014,29±	971,43±39,34	928,57±26,73E	878,57±56,6	778,57±39,3	692,86±44,9
0 L	3Aa	37,8ABb	ABb	Cbc	9Cc	4Dc	9Dc

Çizelge 4.2.8. Lizozim-kitosan kaplamanın depolama süresi boyunca bütün yumurtanın köpük kapasitesi (RWC) değerleri üzerine etkisi

Depolama Süresi / Bütün Yumurta - RWC							
UYG*	0.HAFTA	1.HAFTA	2.HAFTA	3.HAFTA	4.HAFTA	5.HAFTA	6.HAFTA
KNT	725,0±27,39Aa	683,33±40,82ABa	641,67±49,16BCa	591,67±37,64Ca	416,67±51,64Da	375,00±27,39Da	266,67±27,39Da
KTS	725,0±27,39Aa	714,29±24,40Aa	657,14±44,99ABa	628,57±26,73Bab	442,86±34,50Cab	400,0±28,87CDb	342,86±28,87CDb
%10 L	725,0±27,39Aa	721,43±26,73Aa	671,43±26,73Aa	671,43±26,73Ab	500,0±50,0Bb	435,71±37,80BCb	400,0±37,80BCb
%20 L	725,0±27,39Aa	714,29±24,40Aa	664,29±24,40Aa	664,29±24,40Aab	485,71±47,56Bab	442,86±34,50BCb	385,71±34,50BCb
%60 L	725,0±27,39Aa	721,3±26,73Aa	685,71±55,63Aa	678,57±56,69Ab	464,29±37,80Bab	421,43±26,73BCb	371,43±26,73BCb

^{A-F} Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (p < 0.05).

^{a-c} Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (p < 0.05).

*KNT: Kontrol, KTS: %1 Kitosan, %10 L: %1 Kitosan ve %10 Lizozim kaplama, %20 L: %1 Kitosan ve %20 Lizozim kaplama, %60 L: %1 Kitosan ve %60 Lizozim kaplama.

4.2.6. Viskozite ölçümü

Latince, albumen (yumurta beyazı) sözcüğünden türemiştir. Albüminde depolama sırasında görülen değişikliklerden biri yumurta beyazının kalın kısmının fiziksel bozulmasıdır. Albümin depolama boyunca pH'daki değişimin etkisi ile yavaş yavaş bozulur ve kalın albümin viskozitesi azalmakta ve jelatinimsi bir yapı kazanmaktadır (Stadelman ve Cotterill, 1995). Yumurta albüminindeki en kayda değer proteinlerden biri olan ovomisin, yumurta beyazının jelatinimsi yapı almasında ve dolayısıyla yumurta beyazının viskozitesinde önemli rol oynar. Albümin viskozitesi ovomisin-lisozim kompleksinin bütünlüğüyle ilişkilidir. Bu yüzden, ovomisinin β fraksiyonu ayrılması (ovomisin-lisozim kompleksinin kırılması) albüminin incilmesiyle sonuçlanır (Kemps ve ark., 2010b). Sıvıların reolojik özellikleri genellikle kayma gerilmesi ve kayma oranı eğrisiyle tanımlanır. Bu eğrinin eğimi ise viskozite olarak isimlendirilir (Li-Chan ve Nakai, 1989). Albümin viskozitesi; köpük oluşturma, emülsifiye etme ve jelleşme özellikleri gibi fonksiyonel karakteristiklerle ilgili olduğundan önemli bir kalite parametresidir (Meuer ve Egbers, 1990). Fakat, depolama sırasında albüminin reolojik davranışının modifikasyonlarına ilgili çok az çalışma bulunmaktadır. Albümin viskozitesi kayma gerilimine bağlı olan pseudoplastik bir akışkandır. Depolama boyunca albümin viskozite değerleri Çizelge 4.2.9'da görülmektedir. Viskozite değerleri ince albüminin Newtoniyan bir akışkan gibi davrandığını göstermektedir (Li-Chan ve Nakai, 1989; Kemps ve ark., 2010a). Farklı kayma oranları ve farklı örnek hazırlama metodlarının kullanılması nedeniyle elde edilen viskozite değerleri ile literatürdeki değerlerin karşılaştırılması zordur (Meuer ve Egbers, 1990). Viskozite değişimleri arasında göze çarpan farklılıklar elde edilmiştir. 24.gün depolanan yumurtalarda ortalama viskozite değerleri sırasıyla 0.0304 ve 0.0181 Pa/s' dir (Meuer ve Egbers, 1990). Albümin pH'daki yükselmenin bir sonucu olarak viskozitesi azalmaktadır. Depolama sırasında kompleksin destabilizasyonu izoelektrik noktaya yaklaşan pH'nın düşüşünden kaynaklanmaktadır (Mara ve ark., 1996; Kemps ve ark., 2010b). Yumurtanın depolanması sırasında viskozitede bir düşüş gözlenmiş olup, yumurtadaki albüminin kademeli olarak su almasıyla albüminin incelmesinin bir sonucudur (Ma ve ark., 1990). 6 haftalık depolama sonrasında lisozim-kitosan kaplı yumurtalar kaplanmamış yumurtalardan önemli derecede daha yüksek viskozite değerlerine sahip olmuştur (Çizelge 4.2.9). Depolama süresince viskozitede istatistiksel olarak önemli derecede ($p < 0.05$) azalma saptanmıştır. Kaplanmamış yumurtaların ortalama viskozite değeri (4.67), kitosan (10.30), %10 lisozim-kitosan (13.97), %20 lisozim-kitosan (15.03) ve %60 lisozim-kitosan (17.03) kaplı yumurtalardan

daha düşüktür. Kitosan kaplı ve kaplanmamış örneklerin depolama süresince viskozite değerleri arasında istatistiksel olarak önemli farklılıklar gözlenmiştir ve özellikle %60 lizozim-kitosan kaplama yüksek viskozite değerleri sergilemiştir (Çizelge 4.2.9). Bu sonuçlara göre, %20 ve %60 lizozim-kitosan kaplama, ovomusin kompleksinin oluşumunda yer alan karbonhidrat ve proteinlerdeki değişimini minimize ederek kontrol ve kitosan kaplamaya göre albümin kalitesinin korunmasında önemli derecede daha etkili olduğu belirlenmiştir. (Gossett ve ark., 1983; Li-Chan ve ark., 1995).

Çizelge 4.2.9. Lizozim-kitosan kaplamanın depolama süresi boyunca albümin viskozite değerleri (cp) üzerine etkisi

UYG*	Depolama Süresi (Hafta) / Albümin Viskozite Değeri (cp)						
	0.HAFTA	1.HAFTA	2.HAFTA	3.HAFTA	4.HAFTA	5.HAFTA	6.HAFTA
KNT	58,57±2,34 Aa	38,93±2,72B a	24,67±2,03C a	18,07±1,16D a	10,63±0,76E a	6,23±1,03 EFa	4,67±0,55 Fa
KTS	58,57±2,34 Aa	53,60±0,53B b	46,30±0,80C b	29,10±0,89D b	19,80±1,08E b	15,23±1,07 Eb	10,30±0,78 Fb
%10 L	58,57±2,34 Aa	53,37±1,06B b	49,37±0,67B b	35,37±0,95C c	24,53±2,31D b	18,57±0,85 Ebc	13,97±0,84 Ebc
%20 L	58,57±2,34 Aa	53,83±0,12A b	47,93±0,90B b	32,20±0,92C c	27,47±1,11C c	20,27±0,81 Dc	15,03±1,17 Ebc
%60 L	58,57±2,34 Aa	53,80±1,11B b	49,37±0,81B b	34,97±2,57C c	27,63±1,60D c	21,23±1,06 Ec	17,03±1,18 Ec

^{A-F} Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (p < 0.05).

^{a-c} Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (p < 0.05).

*UYG: Uygulamalar, KNT: Kontrol, KTS: %1 Kitosan, %10 L: %1 Kitosan ve %10 Lizozim kaplama, %20 L: %1 Kitosan ve %20 Lizozim kaplama, %60 L: %1 Kitosan ve %60 Lizozim kaplama.

4.2.7. Renk analizleri

Taze yumurta kabuğunun rengi müşteri beğenilirliği açısından önemli bir özelliktir. Kabuk renginin yumurtanın besin değeri üzerine etkisi olmamasına karşın, tüketici tercihini etkilemektedir.

Çizelge 4.2.10'da lizozim-kitosan ile kaplanan yumurtaların depolama süresince albümin L* renk parlaklık değerlerinin değişimi verilmiştir. Depolama süresince albümin L* değişimleri depolamaya bağlı olarak artmış, fakat kaplamalar ve kontrol arasındaki fark önemli bulunmamıştır (p>0,05). Caner ve Cansız (2008) tarafından yapılan ve kitosanın

kaplama materyali olarak kullanıldığı bir çalışmada depolamanın son haftasında albümin L* renk değeri 78,95 ile 80,19 arasında tespit edilmiştir.

Çizelge 4.2.10. Lizozim-kitosan kaplamanın depolama süresi boyunca yumurtanın albümin “L*” değerleri üzerine etkisi

UYG*	Depolama Süresi / Yumurta Albümin L*				
	0.HAFTA	1.HAFTA	2.HAFTA	3.HAFTA	4.HAFTA
KNT	79,96±2,20	84,93±0,73	84,88±0,30	82,30±0,66	86,74±0,64
KTS	79,96±2,20	82,19±0,65	82,75±1,80	82,51±1,38	86,10±0,26
%10 L	79,96±2,20	83,18±2,21	81,04±1,73	84,20±0,84	86,45±0,62
%20 L	79,96±2,20	83,17±2,87	83,47±0,08	82,27±1,39	86,35±0,98
%60 L	79,96±2,20	82,01±1,84	82,38±1,18	81,54±2,25	87,80±1,75
GENEL	79,96±1,64A	83,10±2,20B	82,90±1,62B	82,56±1,41B	86,69±0,96C

^{A-C} Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (p < 0.05).

*UYG: Uygulamalar, KNT: Kontrol, KTS: %1 Kitosan, %10 L: %1 Kitosan ve %10 Lizozim kaplama, %20 L: %1 Kitosan ve %20 Lizozim kaplama, %60 L: %1 Kitosan ve %60 Lizozim kaplama.

Çizelge 4.2.11’da lizozim-kitosan ile kaplanan yumurtaların depolama süresince albümin a* renk değerlerinin değişimi verilmiştir. Depolama süresince albümin a* değişimleri depolamaya bağlı olarak artmıştır. Caner ve Cansız (2008) tarafından yapılan ve Kitosanın kaplama materyali olarak kullanıldığı bir çalışmada depolamanın son haftasında albümin a* renk değeri -2,50 ile -3,01 arasında tespit edilmiştir. Darvishi ve ark. (2012) tarafından yapılan çalışmada yumurtanın albümin a* değeri 0,67 olarak bulunmuştur.

Çizelge 4.2.12’da lizozim-kitosan ile kaplanan yumurtaların depolama süresince albümin b* renk değerlerinin değişimi verilmiştir. Depolama süresince albümin b* değişimleri depolamaya bağlı olarak azalmıştır. Caner ve Cansız (2008) tarafından yapılan ve kitosanın kaplama materyali olarak kullanıldığı bir çalışmada depolamanın son haftasında (4. hafta) albümin b* renk değeri 6,01 ile 7,72 arasında tespit edilmiştir.

Çizelge 4.2.11. Lizozim-kitosan kaplamanın depolama süresi boyunca yumurtanın albümin “a*” değerleri üzerine etkisi

UYG*	Depolama Süresi / Yumurta Albümin a*				
	0.HAFTA	1.HAFTA	2.HAFTA	3.HAFTA	4.HAFTA
KNT	-3,28±0,20	-3,01±0,06	-3,20±0,22	-3,64±0,10	-2,64±0,18
KTS	-3,28±0,31	-3,48±0,11	-3,13±0,09	-3,58±0,10	-2,54±0,31
%10 L	-3,28±0,31	-3,52±0,07	-3,48±0,18	-3,15±0,19	-2,57±0,06
%20 L	-3,28±0,31	-3,48±0,86	-3,16±0,08	-3,57±0,13	-2,60±0,19
%60 L	-3,28±0,31	-3,58±0,15	-3,27±0,07	-3,43±0,08	-2,21±0,32
GENEL	-3,28±0,23A	-3,41±0,36A	-3,25±0,17A	-3,47±0,20A	-2,51±0,24B

^{A-B} Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (p < 0.05).

Çizelge 4.2.12. Lizozim-kitosan kaplamanın depolama süresi boyunca yumurtanın albümin “b*” değerleri üzerine etkisi

UYG*	Depolama Süresi / Yumurta Albümin b*				
	0.HAFTA	1.HAFTA	2.HAFTA	3.HAFTA	4.HAFTA
KNT	12,51±1,63	8,40±0,94	9,49±0,61	10,53±0,23	8,96±0,27
KTS	12,51±1,63	8,97±0,11	9,24±0,45	10,41±0,24	8,69±0,46
%10 L	12,51±1,63	9,56±0,35	10,87±0,06	9,94±0,71	8,47±0,08
%20 L	12,51±1,63	9,67±1,71	9,38±0,23	10,10±0,50	8,54±0,18
%60 L	12,51±1,63	9,60±0,70	10,07±0,49	9,69±0,68	8,21±1,16
GENEL	12,51±1,21A	9,04±1,14B	9,81±0,70B	9,93±0,71B	8,37±0,77C

^{A-C} Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (p < 0.05).

*UYG: Uygulamalar, KNT: Kontrol, KTS: %1 Kitosan, %10 L: %1 Kitosan ve %10 Lizozim kaplama, %20 L: %1 Kitosan ve %20 Lizozim kaplama, %60 L: %1 Kitosan ve %60 Lizozim kaplama.

Çizelge 4.2.13’da lizozim-kitosan ile kaplanan yumurtaların depolama süresince sarı L* renk parlaklık değerlerinin değişimi verilmiştir. Depolama süresince sarı L* değişimleri depolamaya bağlı olarak azalmıştır. Caner ve Cansız (2008) tarafından yapılan ve kitosanın kaplama materyali olarak kullanıldığı bir çalışmada depolamanın son haftasında sarı L* renk değeri 59,89 ile 61,76 arasında tespit edilmiştir. Darvishi ve ark. (2012) tarafından yapılan çalışmada yumurtanın sarı L* değeri 51,06 olarak bulunmuştur. Bansiddhi ve Bansiddhi (2011) tarafından yapılan çalışmada ise farklı bitkisel orjinli

yağlar (pirinç kepeği, palm, susam) ile kaplanan ve 13°C’de muhafaza edilen yumurtalarda renk değerleri 2. haftanın sonunda sırası ile pirinç kepeği yağı ile kaplanan yumurtalarda 58,61; susam yağı ile kaplanan yumurtalarda 58,61; palm yağı ile kaplanan yumurtalarda 56,65; 13°C’de muhafaza edilen yumurtalarda 57,96 ve oda sıcaklığında(25°C) muhafaza edilen yumurtalarda ise 59,04 olarak tespit edilmiştir. Depolamanın 8. haftasında pirinç kepeği yağı ile kaplanan yumurtalarda 55,23; susam yağı ile kaplanan yumurtalarda 55,91; palm yağı ile kaplanan yumurtalarda 55,98 ve 13°C’de muhafaza edilen yumurtalarda 58,12 tespit edilirken,oda sıcaklığında muhafaza edilen yumurtalarda ise renk değeri tespit edilememiştir.

Çizelge 4.2.13. Lizozim-kitosan kaplamanın depolama süresi boyunca yumurtanın sarı L* değerleri üzerine etkisi

Depolama Süresi / Yumurta Sarı L* Değeri					
UYG*	0.HAFTA	1.HAFTA	2.HAFTA	3.HAFTA	4.HAFTA
KNT	65,32±0,59	60,74±0,53	59,68±0,24	57,94±0,47	58,22±0,61
KTS	65,32±0,59	59,77±0,75	60,90±0,56	56,58±0,71	58,08±1,55
%10 L	65,32±0,59	59,45±0,17	60,83±1,13	59,57±1,02	58,56±0,12
%20 L	65,32±0,59	59,25±0,23	61,10±0,08	60,14±1,71	58,45±0,13
%60 L	65,32±0,59	60,59±0,50	61,53±0,50	60,80±0,78	57,27±0,84
GENEL	65,32±0,44A	59,96±0,73B	60,81±0,79B	59,61±1,26C	58,12±0,79C

^{A-C} Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (p < 0.05).

*UYG: Uygulamalar, KNT: Kontrol, KTS: %1 Kitosan, %10 L: %1 Kitosan ve %10 Lizozim kaplama, %20 L: %1 Kitosan ve %20 Lizozim kaplama, %60 L: %1 Kitosan ve %60 Lizozim kaplama.

Çizelge 4.2.14’da lizozim-kitosan ile kaplanan yumurtaların depolama süresince sarı a* renk değerlerinin değişimi verilmiştir. Depolama süresince sarı a* değişimleri depolamaya bağlı olarak artmıştır. Caner ve Cansız (2008) tarafından yapılan ve kitosanın kaplama materyali olarak kullanıldığı bir çalışmada sarı a* renk değeri 4,96 ile 5,97 arasında tespit edilmiştir. Darvishi ve ark. (2012) tarafından yapılan çalışmada yumurtanın sarı a* değeri 6,72 olarak bulunmuştur.

Çizelge 4.2.14. Lizozim-kitosan kaplamanın depolama süresi boyunca yumurtanın sarı a* değerleri üzerine etkisi

UYG*	Depolama Süresi / Yumurta Sarısı a* Değeri				
	0.HAFTA	1.HAFTA	2.HAFTA	3.HAFTA	4.HAFTA
KNT	-0,81±0,21	0,25±0,46	2,31±0,40	2,22±0,04	1,29±1,17
KTS	-0,81±0,21	0,69±0,52	0,97±0,32	1,36±0,01	1,52±0,16
%10 L	-0,81±0,21	0,57±0,07	0,82±0,37	1,43±0,31	1,48±0,09
%20 L	-0,81±0,21	0,42±0,44	1,24±0,37	1,21±0,16	1,54±1,19
%60 L	-0,81±0,21	0,44±0,45	1,16±0,30	1,46±0,01	2,36±0,09
GENEL	-0,81±0,16A	0,47±0,35B	1,30±0,61C	1,53±0,39C	1,62±0,73C

^{A-C} Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (p < 0.05).

*UYG: Uygulamalar, KNT: Kontrol, KTS: %1 Kitosan, %10 L: %1 Kitosan ve %10 Lizozim kaplama, %20 L: %1 Kitosan ve %20 Lizozim kaplama, %60 L: %1 Kitosan ve %60 Lizozim kaplama.

Çizelge 4.2.15’da lizozim-kitosan ile kaplanan yumurtaların depolama süresince sarı b* renk değerlerinin değişimi verilmiştir. Depolama süresince sarı b* değişimleri depolamaya bağlı başlangıçta stabil bir seyir izlemiş ancak sonrasında artmıştır. Caner ve Cansız (2008) tarafından yapılan ve kitosanın kaplama materyali olarak kullanıldığı çalışmada depolamanın son haftasında sarı b* renk değeri 37,85 ile 40,52 arasında tespit edilmiştir. Darvishi ve ark. (2012) tarafından yapılan başka bir çalışmada yumurtanın sarı b* değeri 52,24 olarak bulunmuştur. Bansiddhi ve Bansiddhi (2011) tarafından yapılan çalışmada ise farklı bitkisel orjinli yağlar (pirinç kepeği, palm, susam) ile kaplanan ve 13°C’de muhafaza edilen yumurtalarda renk değerleri 2. haftanın sonunda sırası ile pirinç kepeği yağı ile kaplanan yumurtalarda 59,14; susam yağı ile kaplanan yumurtalarda 58,79; palm yağı ile kaplanan yumurtalarda 59,09; 13°C’de muhafaza edilen yumurtalarda 57,33 ve oda sıcaklığında(25°C) muhafaza edilen yumurtalarda ise 61,74 olarak tespit edilmiştir. Depolamanın 8. haftasında pirinç kepeği yağı ile kaplanan yumurtalarda 69,57; susam yağı ile kaplanan yumurtalarda 60,36; palm yağı ile kaplanan yumurtalarda 62,50 ve 13°C’de muhafaza edilen yumurtalarda 61,59 tespit edilirken, 25°C oda sıcaklığında muhafaza edilen yumurtalarda ise renk değeri tespit edilememiştir. Çalışmada elde edilen veriler ile literatürde yer alan çalışmalar arasında benzerlik olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.2.15. Lizozim-kitosan kaplamanın depolama süresi boyunca yumurtanın sarı b* değerleri üzerine etkisi

UYG*	Depolama Süresi / Yumurta Sarı b*				
	0.HAFTA	1.HAFTA	2.HAFTA	3.HAFTA	4.HAFTA
KNT	47,96±2,67	38,92±1,25	40,71±0,58	43,63±1,47	49,71±0,22
KTS	47,96±2,67	37,81±0,96	40,96±0,66	44,65±1,61	48,27±0,65
%10 L	47,96±2,67	40,07±0,80	40,48±1,55	41,09±0,57	49,55±1,71
%20 L	47,96±2,67	38,13±1,36	40,28±2,12	42,13±0,45	49,00±0,34
%60 L	47,96±2,67	38,03±1,45	39,79±1,86	43,70±0,29	49,68±0,57
GENEL	47,96±1,99A	38,59±1,24B	40,44±1,64B	43,04±1,54C	49,24±0,87D

^{A-D} Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (p < 0.05).

*UYG: Uygulamalar, KNT: Kontrol, KTS: %1 Kitosan, %10 L: %1 Kitosan ve %10 Lizozim kaplama, %20 L: %1 Kitosan ve %20 Lizozim kaplama, %60 L: %1 Kitosan ve %60 Lizozim kaplama.

4.2.8. Kabuk kırılma dayanımı (kabuk mukavemeti) analizi

Yumurtanın dış katmanı olan kabuk, yumurta ağırlığının %10-11'ini oluşturur. Ortalama olarak kabuk ağırlığı 5-6 g ve kabuk kalınlığı yaklaşık 0,30-0,35 mm arasındadır. Bu yapı, yumurta içeriğinin korunmasında, su ve gaz alışverişinde çok önemli bir role sahiptir. Kabuk mukavemeti kabuk kalitesi ile doğrudan ilişkilidir. Yumurta kabuğu, depolama ve pazarlama sırasında kırılmaları minimize edecek yeterli kuvvete olmalıdır. Kabukta yaklaşık olarak 7.000 ile 17.000 arasında mikroskobik por olup, bu gözenekçiklerin kitosan filmle kaplandığında hem gazgeçisi azaltılacak hemde kabuk mukavemeti artırılabilecektir. Zayıf kabuk kalitesi önemli ekonomik kayıplara yol açmaktadır. Kabuğun kalınlığı, uterusu harcadığı zamana ve kabuk oluşumu sırasında depolanan kalsiyum miktarına bağlıdır. Eğer yumurta uterusu kısa süre kalırsa, kabuk kalınlığı ince olur. Aynı zamanda, yumurtlama zamanı da kabuk kalınlığını etkilemektedir. Kabuk kalitesini etkileyen diğer iki faktör ise yüksek sıcaklık ve yem kalitesidir (Anonim 2013).

Delinme kuvveti kırılmanın maksimum stresidir. Yumurta kabuğunun üst kısmı alt kısmında daha yüksek mukavemete sahiptir (Xie ve ark., 2002). Kaplanmamış yumurtalar (kontrol) hem üst hem de alt değerleri bakımından kitosan kaplı yumurtalardan istatistiksel olarak daha düşük kabuk mukavemeti sergilemiştir (Çizelge 4.2.16 ve 4.2.17). Lizozim-kitosan ile kaplı yumurtalar kaplanmamış (kontrol) göre çok daha yüksek kabuk mukavemet değerleri sergilemiştir (Çizelge 4.2.16 ve 4.2.17). Farklı oranlarda lizozim kitosan kaplamaların kullanılan lizozim oranlarına göre kabuk kırılma mukavemeti

arasında önemli farklılıklar saptanmamıştır. Lisozim içeren ve lisozim içermeyen kitosan ile kaplanmış yumurtaların hem üst hem de alt kabuk mukavemetinde istatistiksel olarak önemli farklılıklar gözlenmemiştir. Tüm kaplanmış yumurtalar önemli derecede yüksek kabuk kırılma mukavemeti değerleri sergilemişlerdir (Çizelge 4.2.16 ve 4.2.17). Bu sonuçlar, lisozim ilaveli/ilavesiz kitosan kaplamaların kabuk kırılmasının minimize edilmesinde potansiyel uygulaması olabileceğinin göstergesidir. Kitosan kaplamalar, yumurtaların kabuklarını güçlendirerek, zayıf kabuk kalitesinden kaynaklanan yumurtalardaki kırılma, çatlama ve doğan kayıpları önemli oranda azaltabilir. Çalışmada lisozim ilavesinin kabuk mukavemetine etkisi önemsiz bulunmuştur.

Çizelge 4.2.16. Lisozim-Kitosan kaplanan yumurtanın depolama süresi boyunca kabuk mukavemeti-üst değerleri üzerine etkisi

Depolama Süresi / Yumurta Kabuk Mukavemeti-üst						
UYG*	0.HAFTA	1.HAFTA	2.HAFTA	3.HAFTA	4.HAFTA	GENEL
KNT	4,58±0,36	4,62±0,73	4,60±0,42	4,37±0,52	4,28±0,60	4,49±0,55a
KTS	4,58±0,36	5,14±0,57	4,94±1,10	4,83±0,37	4,73±0,47	4,85±0,64b
%10 L	4,58±0,36	5,19±0,32	5,19±0,70	4,99±0,66	4,83±0,56	4,96±0,57b
%20 L	4,58±0,36	5,35±0,40	5,07±0,44	5,01±0,76	4,91±0,50	4,97±0,53b
%60 L	4,58±0,36	5,10±0,34	5,08±0,47	5,07±0,58	4,74±0,32	4,89±0,44b
GENEL	4,58±0,34A	5,05±0,56B	4,99±0,69BC	4,84±0,61BC	4,70±0,52AB	

^{A-C} Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (p < 0.05).

^{a-c} Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (p < 0.05).

Çizelge 4.2.17. Lizozim-Kitosan kaplanan yumurtanın depolama süresi boyunca kabuk mukavemeti-üst değerleri üzerine etkisi

Depolama Süresi / Yumurta Kabuk Mukavemeti-alt						
UYG*	0.HAFTA	1.HAFTA	2.HAFTA	3.HAFTA	4.HAFTA	GENEL
KNT	4,11±0,34	4,19±0,63	4,25±0,70	4,12±0,29	4,05±0,52	4,12±0,48a
KTS	4,11±0,34	4,85±0,65	4,77±0,45	4,62±0,50	4,56±0,34	4,57±0,53b
%10 L	4,11±0,34	4,73±0,42	4,82±0,61	4,72±0,57	4,61±0,44	4,60±0,53b
%20 L	4,11±0,34	4,68±0,47	4,69±0,31	4,63±0,37	4,57±0,36	4,53±0,42b
%60 L	4,11±0,34	4,76±0,41	4,62±0,46	4,46±0,48	4,60±0,54	4,50±0,48b
GENEL	4,11±0,32A	4,67±0,53B	4,65±0,52B	4,51±0,46B	4,43±0,49B	

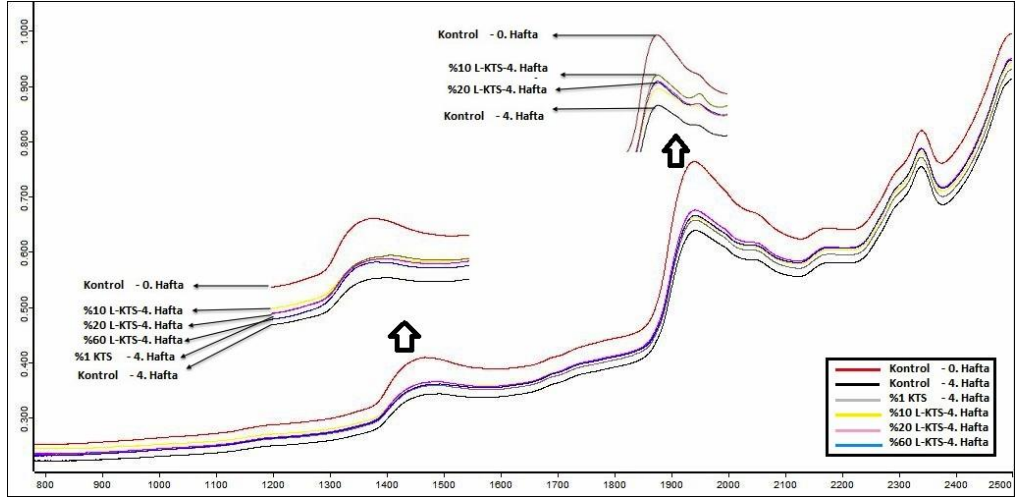
^{A-B} Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (p < 0.05).

^{a-b} Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (p < 0.05).

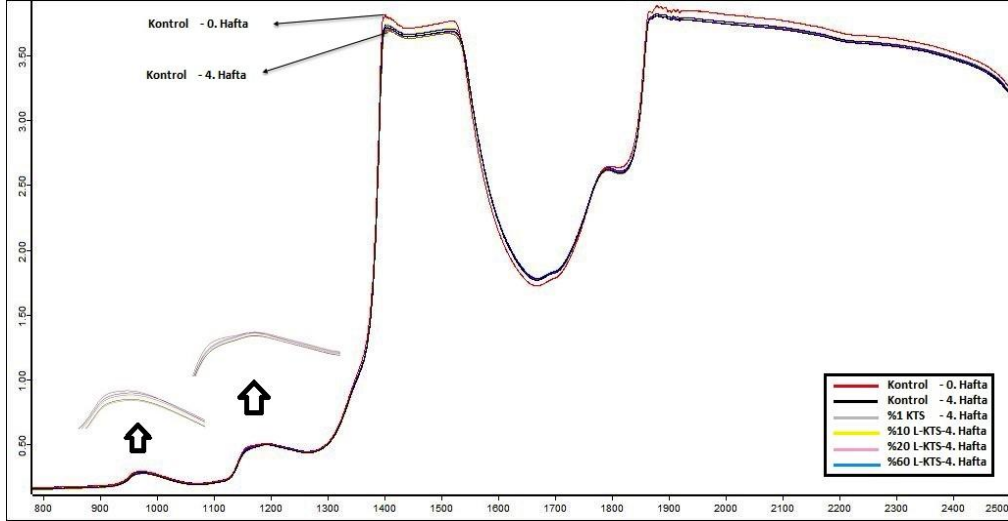
*UYG: Uygulamalar, KNT: Kontrol, KTS: %1 Kitosan, %10 L: %1 Kitosan ve %10 Lizozim kaplama, %20 L: %1 Kitosan ve %20 Lizozim kaplama, %60 L: %1 Kitosan ve %60 Lizozim kaplama.

4.2.9. FT-NIR spektroskopi değerleri

Hasarsız yöntemlerden olan Fourier Transform Yakın İnfrared (FT-NIR) spektral yöntem olarak yumurta gibi gıdaların fonksiyonel gruplarının (-OH,-CH,-NH,-SH) belirlenmesinde kullanılmaktadır.Kontrol ve kitosan-lizozim kaplanan yumurtalara depolama başında ve sonunda örneklere ait spektralar Şekil 4.2.1, 4.2.2 ve 4.2.3'te verilmiştir. FT-NIR spektroskopisi absorpsiyon spektrumun 780 ile 2500 nm dalga boyu aralığını kapsamakta ve yapı içerisindeki O-H, C-H, C-O ve N-H gibi moleküler bağların titreşimleri ile ilgili olarak absorpsiyon bantları vermektedir(Kemps ve ark., 2006).Absorpsiyon bantlarının 1360 ile 1550 nm arasının OH gruplarının bağı ile olduğu ifade edilmiştir.

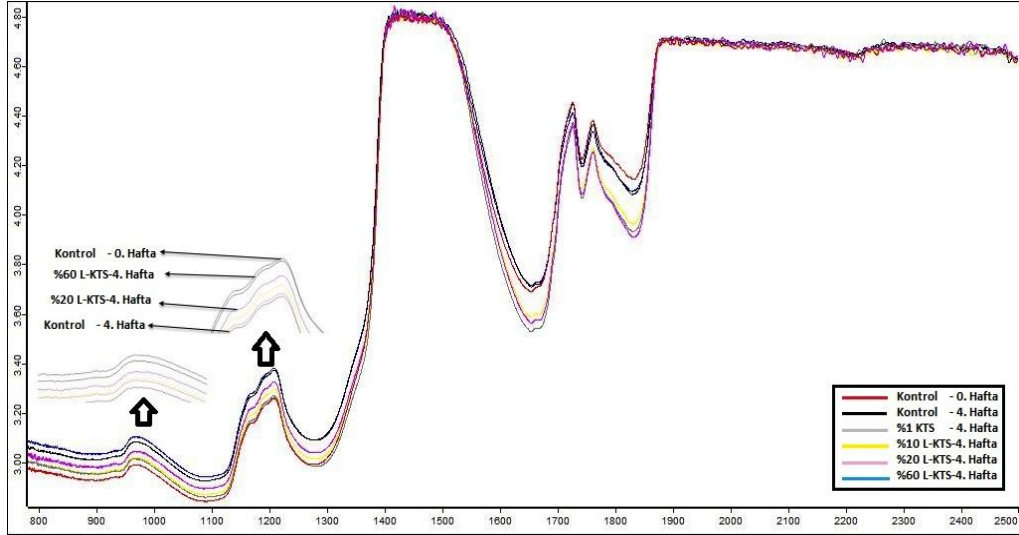


Şekil 4.2.1. Liozım-Kitosan kaplanan yumurtaların kabuklarının depolamanın ilk ve son haftasında FT-NIR yansıma spektrası'na etkisi.



Şekil 4.2.2. Liozım-Kitosan kaplanan yumurtaların albümin depolamanın ilk ve son haftasında FT-NIR iletım spektrası'na etkisi.

Liozım-Kitosan kaplanmış yumurtalarda FT-NIR spektroskopisi elde edilen değerler yukarıda kabuk için iletım spektrası Şekil 4.2.1'de, albümin yansıma spektrası Şekil 4.2.2'de ve yumurta sarısının yansıma spektra verileri ise Şekil 4.1.3'te verilmiştir. Uygulamaları takiben yapılan ölçümlerde 1400, 2000, 2300 ve 2900 nm'de pik absorbans değerleri 4 hafta depolama sonunda elde edilen pik değerlerinde değişimler gözlenmiştir. Uygulama sonrası ve depolamanın son haftasında yapılan ölçümlerde iletım eğrilerine karşı absorbans bantları elde edilmiştir. Yumurta albümininde 1400 ve 1800 nm'de pik değerler elde edilirken yumurta sarısında ise 900, 1200, 1400, 1700, 1800 ve 1950'de pik değerlere ulaşılmıştır.



Şekil 4.2.3. Liozım-Kitosan kaplanan yumurtaların sarısının depolamanın ilk ve son haftasında FT-NIR yansıma spektrası'na etkisi.

1360-1550nm'de absorpsiyon bandları -OH eğilme titreşimlerinin (stretching vibration of OH) ilk aşırı tonu (overtone), ve 1850-2100nm germe ve eğilme titreşim kombinasyonu için görülmektedir. Depolama süresindeki artış ile bu dalga boyu bantlarında maksimum ile dalga boyları artıyoğunluğuda daha düşük dalga boylarına kaymıştır. Bu hidrojen bağlarının kırılmasına bağlı olup, depolama ile su moleküllerinin serbestlik derecesi artmaktadır.

4.2.10. Mikrobiyolojik analizler

4.2.10.1. Toplam mezofil aerobik bakteri sayımı analiz değerleri

Beş haftalık depolama süresince, kaplama materyalleri TMAB değerlerini istatistiksel olarak önemli ($p < 0,05$) düzeyde azalmasını sağladığı ve stabil seyir izlediği saptanmıştır. Kitosan-liozım kaplama materyalleri en az mikrobiyal gelişme tespit edilen kaplamalardandır. Mikrobiyal gelişmeyi gösteren analiz değerleri, depolama süresine, depolama sıcaklığına, yumurta ebadına, nisbi neme ve kabuk porları gibi birçok faktöre bağımlı olarak değişiklik gösterebilmektedir. Liozimin Gram (+) bakterilere karşı bilinen inhibisyon etkisi ile TMAB değerlerindeki azalma üzerinde etkili olduğu düşünülmektedir.

Tüm kitosan-liozım kaplama uygulamalarının depolama boyunca ($p < 0,05$) taze yumurtalardaki TMAB sayısını önemli ölçüde azaldığı saptanmıştır. Kitosan-liozım kaplamanın tek başına kitosan ile karşılaştırıldığında 3. haftadan sonra TMAB üzerine istatistiksel olarak daha etkin olduğu gözlenmiştir. Kabuklu yumurtanın toplam flora sayımını ifade eden TMAB sayımı 0. hafta 1,79 log kob/yumurta olan değer, depolama

sonunda son hafta (5. hafta) kitosan-%60 lizozim kaplaması için 2,07 log kob/yumurta, kitosan-%20 lizozim kaplaması için 2,28 log kob/yumurta, kitosan-%10 lizozim kaplaması için 2,55 log kob/yumurta olduğu, sadece kitosan kaplaması için ise 3,07 log kob/yumurta ve kontrol grubu numunelerde ise 3,61 ile en yüksek artış kaydedildiği gözlenmiştir. Çalışmada kontrol grubunda son iki hafta sayım değerlerinin birbirinden farksız olduğu görülmüştür. Depolama periyodu son haftasında, toplam mezofilik aerobik bakteri yükünün kontrol grubu yumurtalarda en yüksek olduğu belirlenmiştir. Depolama boyunca toplam florada en düşük artış 2,07 log kob/yumurta ile kitosan %60 örnek grubunda tespit edilmiştir. Bu durum lizozim ve kitosanın sinerjik etkisinden kaynaklanmaktadır (Çizelge 4.2.18).

Çizelge 4.2.18. Lizozim-kitosan kaplamanın depolama süresi boyunca yumurtanın toplam mezofil aerobik bakteri (TMAB) sayımı (log kob/yumurta) üzerine etkisi

Depolama Süresi / Yumurta TMAB sayımı						
UYG	0.HAFTA	1.HAFTA	2.HAFTA	3.HAFTA	4.HAFTA	5.HAFTA
*						
KNT	1,83±0,15 Aa	2,31±0,19 BCa	2,57±0,30Ca	3,00±0,09 Da	3,38±0,08E Fa	3,63±0,10 Fa
KTS	1,83±0,15 Aa	2,11±0,17ABa b	2,24±0,25B Cab	2,57±0,18C b	2,93±0,10D Eb	3,08±0,08 Eb
%10	1,83±0,15 Aa	1,95±0,13AB Cb	2,23±0,13BCDb	2,25±0,17CD bc	2,43±0,12D Ec	2,60±0,13 Ec
%20	1,83±0,15 Aa	1,91±0,14A b	1,93±0,09A bc	2,01±0,12A c	2,13±0,13ABc d	2,33±0,22Cc d
%60	1,83±0,15 Aa	1,83±0,12 Ab	1,89±0,04Ac	1,91±0,11 Ac	1,89±0,08 Ad	2,15±0,11 Ad

^{A-E} Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (p < 0.05).

^{a-d} Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (p < 0.05).

*UYG: Uygulamalar, KNT: Kontrol, KTS: %1 Kitosan, %10 L: %1 Kitosan ve %10 Lizozim kaplama, %20 L: %1 Kitosan ve %20 Lizozim kaplama, %60 L: %1 Kitosan ve %60 Lizozim kaplama.

4.2.10.2. Küf-maya sayımı analiz değerleri

Kontrol numunelerindeki küf gelişiminin kitosan ve kitosan-lizozim kaplamalardan son derece yüksek olduğu; (%) lizozim miktarının istatistiksel olarak etkisinin önemli olduğu gözlenmiştir (Çizelge 4.2.19). Kitosan-lizozim antimikrobiyal kaplama içeren

yumurta örneklerinde, küf-maya miktarının ciddi oranda azaldığı tespit edilmiştir. Özellikle son üç haftada lizozim içermeyen kitosan kaplama yumurtadaki küf miktarı farklı oranda lizozim (%10, %20 ve %60) içeren yumurtalara kıyasla daha yüksektir. Son haftalarda kitosan %20 ve %60 lizozim uygulamaları istatistiki olarak en az mikrobiyal yük içeriğine sahiptir (Çizelge 4.2.19).

Çizelge 4.2.19. Lizozim-kitosan kaplamanın depolama süresi boyunca yumurtanın küf-maya sayımı (log kob/yumurta) üzerine etkisi

Depolama Süresi / Yumurta Küf-Maya sayımı						
UYG	0.HAFTA	1.HAFTA	2.HAFTA	3.HAFTA	4.HAFTA	5.HAFTA
KNT	2,75±0,11Aa	3,15±0,12Ba	3,34±0,19CDa	3,47±0,18DEa	3,60±0,15Ea	3,76±0,19Fa
KTS	2,75±0,11Aa	2,92±0,12Bb	3,14±0,20CDb	3,25±0,11DEb	3,36±0,12EFb	3,47±0,16Fb
%10 L	2,75±0,11Aa	2,84±0,13ABbc	2,94±0,15Bc	3,10±0,13CDc	3,24±0,15DEbc	3,33±0,18Ebc
%20 L	2,75±0,11Aa	2,77±0,18Ac	2,92±0,14BCc	3,01±0,16CDcd	3,15±0,12DEcd	3,25±0,20Ecd
%60 L	2,75±0,11Aa	2,76±0,16Ac	2,86±0,14ABc	2,92±0,15BCd	3,06±0,11CDd	3,17±0,21Dd

^{A-F} Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (p < 0.05).

^{a-d} Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (p < 0.05).

*UYG: Uygulamalar, KNT: Kontrol, KTS: %1 Kitosan, %10 L: %1 Kitosan ve %10 Lizozim kaplama, %20 L: %1 Kitosan ve %20 Lizozim kaplama, %60 L: %1 Kitosan ve %60 Lizozim kaplama.

4.2.10.3. *S. aureus* analiz değerleri

Depolama periyodu boyunca kitosan-lizozim kaplamaların *S. aureus*'a karşı etkinliklerinin kontrol grubuna nazaran önemli düzeyde (p<0.05) olduğu tespit edilmiştir. *S. aureus*'a karşı lizozim-kitosan kaplamalarının inhibe edici etkisi lizozimin artan konsantrasyonlarıyla orantılıdır. Kontrol numunelerinde, depolama sırasında *S. aureus* sayısının artmasına karşı kitosan kaplanan yumurtalarda az miktarda olduğu; kitosan-lizozim etkisinin önemli olduğu gözlenmiştir (Çizelge 4.2.20). Kitosan-lizozim antimikrobiyal kaplamanın *S. aureus* gelişimini ciddi oranda baskıladığı gözlenmiştir. Özellikle son üç haftada lizozim (%20 ve %60) içerenlerin en etkin şekilde *S. aureus* miktarını baskıladığı gözlenmiştir. Son 3, 4 ve 5. haftalarda kitosan %20 ve %60 lizozim uygulamaların istatistiksel olarak *S. aureus* bakımından benzer olduğu gözlenmiştir.

Çizelge 4.2.20. Lizozim-kitosan kaplamanın depolama süresi boyunca *S. aureus* (log kob/yumurta) üzerine etkisi

Depolama Süresi / Yumurta <i>S. aureus</i> sayımı						
UY G*	0.HAFTA	1.HAFTA	2.HAFTA	3.HAFTA	4.HAFTA	5.HAFTA
KNT	1,67±0,2 3Aa	1,94±0,16B a	2,47±0,26B CDa	2,58±0,22CD a	2,85±0,19D a	3,36±0,12 Ea
KTS	1,67±0,2 3Aa	1,96±0,09A Ba	2,03±0,15A BCb	2,21±0,20BC Dab	2,39±0,26C Db	2,51±0,21 Db
%10 L	1,67±0,2 3Aa	1,81±0,11A Bab	1,86±0,14A Bb	1,96±0,12AB bc	2,05±0,17A Bbc	2,13±0,12 Bbc
%20 L	1,67±0,2 3Aa	1,71±0,09A b	1,82±0,15A b	1,88±0,11Ab c	1,90±0,13A c	2,02±0,15 Ac
%60 L	1,67±0,2 3 Aa	1,68±0,09 Ab	1,81±0,11 Ab	1,81±0,09 Ac	1,86±0,10 Ac	1,90±0,08 Ac

^{A-E} Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (p < 0.05).

^{a-c} Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (p < 0.05).

*UYG: Uygulamalar, KNT: Kontrol, KTS: %1 Kitosan, %10 L: %1 Kitosan ve %10 Lizozim kaplama, %20 L: %1 Kitosan ve %20 Lizozim kaplama, %60 L: %1 Kitosan ve %60 Lizozim kaplama.

Kabuklu yumurtanın *S. aureus* sayımı 0. hafta 1,55 olan değerinin depolama sonunda kitosan %60 lizozim kaplaması için 1,89, kitosan-%20 lizozim kaplaması için, 2,01, kitosan-%10 lizozim kaplaması için 2,08, sadece kitosan kaplaması için ise 2,48 ve kontrol grubu numunelerde ise 3,33 ile en yüksek oranda olduğu kaydedilmiştir.

4.2.10.4. Enterobacteriaceae analiz değerleri

Enterobacteriaceae sonuçları incelendiğinde son haftada %10 ve %20 kitosan lizozim antimikrobiyal kaplamalarının istatistiksel olarak birbirine benzer olduğu, ayrıca bu haftada yer alan diğer uygulamaların farklı olduğu tespit edilmiştir (p<0.05). 2. haftada kontrolün; kitosan %0, %10 ve %20 uygulamalardan farklı olduğu fakat kitosan %0, %10 ve %20 uygulamalarının birbirlerinden farksız oldukları belirlenmiştir (Çizelge 4.2.21).

Çizelge 4.2.21. Lisozim-kitosan kaplamanın depolama süresi boyunca yumurtanın *Enterobacteriaceae* sayımı (log kob/yumurta) üzerine etkisi

Depolama Süresi / Yumurta <i>Enterobacteriaceae</i> sayımı						
UYG	0.HAFTA	1.HAFTA	2.HAFTA	3.HAFTA	4.HAFTA	5.HAFTA
KNT	1,77±0,13Aa	2,54±0,10BCa	2,76±0,15CDEa	2,84±0,10DEa	2,87±0,13Ea	3,37±0,11Fa
KTS	1,77±0,13Aa	1,97±0,13ABab	2,17±0,18BCb	2,37±0,15CDb	2,57±0,16DEb	2,80±0,16Eb
%10 L	1,77±0,13Aa	1,91±0,12ABb	1,98±0,13ABbc	2,02±0,16ABc	2,09±0,16Bc	2,17±0,21Bc
%20 L	1,77±0,13Aa	1,90±0,10Ab	1,95±0,11Abc	1,98±0,10Ac	2,04±0,11Ac	2,04±0,13Ac
%60 L	1,77±0,13Aa	1,75±0,11Ab	1,76±0,14Ac	1,87±0,12Ac	1,86±0,15Ac	1,92±0,14Ac

^{A-E} Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (p < 0.05).

^{a-c} Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (p < 0.05).

*UYG: Uygulamalar, KNT: Kontrol, KTS: %1 Kitosan, %10 L: %1 Kitosan ve %10 Lisozim kaplama, %20 L: %1 Kitosan ve %20 Lisozim kaplama, %60 L: %1 Kitosan ve %60 Lisozim kaplama.

Depolamanın 5. haftasında kontrolün uygulamalardan daha yüksek mikrobiyal aktiviteye sahip olduğu; sadece kitosan kaplama yapılan yumurta örneklerinin farklı oranda lisozim (%10, %20 ve %60) içerenlere kıyasla daha yüksek mikrobiyal yük içerdiği gözlenmiştir.

4.2.10.5. *Salmonella* spp.analizi

Çalışma kapsamında tüm uygulama ve kontrol grubu yumurta örneklerinden *Salmonella* izole edilememiştir. Jo ve ark. (2011) tarafından yapılan çalışmada *Salmonella* Typhimurium inoküle edilen ve kitosan ile kaplanan ve kuru buzda muhafaza edilen yumurtalarda *Salmonella* Typhimurium sayısının önemli düzeyde azaldığı bildirilmiştir. Kitosanın yumurtada bulunan birçok bakteriye ve *Salmonella*, *Staphylococcus*, *Alcaligenes*, *Pseudomonas* ve *Listeria* gibi bakterilere karşı antimikrobiyal etkisi bilinmektedir (Leleu ve ark., 2010). Kim ve ark. (2007) kitosanın sahip olduğu antimikrobiyal etkisinin kitosan molekül ağırlığı ve yapısına bağlı olarak *Salmonella* Enteritidis'in gelişmesini baskıladığını ve bu etkinin katyonik kitosanın hücreler arasındaki yüzeyde oluşan elektriksel iletkenliğine bağlı olduğu bildirilmiştir (Haiqiang Chen, 2002).

4.3. Ozon Uygulamasının Yumurtanın Kalitesi Üzerine Etkisi

4.3.1. Ağırlık kaybı değerlendirilmesi

Yumurta kendisini çevreleyen kabuk ve kütikula zarı ile dış etmenlere karşı koruma sağlamaktadır (Messens ve ark., 2005; Li-Chan ve Kim, 2008; Oliveira ve ark., 2013). Kabuk yüzeyinde por adı verilen mikro gözeneklerden nem ve CO₂ geçişine bağlı olarak depolama süresince yumurtada ağırlık kaybı görülmektedir (Scott ve Silversides, 2000; Park ve ark., 2003; Rodriguez-Romo ve ark., 2007). Ayrıca depolamaya bağlı olarak yumurta albümini ile sarısı arasındaki vitellin zarı mukavemetini zaman içerisinde yitirmekte ve bu durum yumurtanın bozulma sürecini hızlandırmaktadır (Mudau, 2007; Berardinelli ve ark., 2008).

Yumurtalarda yüzey dezenfeksiyonu amacıyla kullanılan ozonun güçlü bir oksidant olması sebebiyle yumurta bileşenlerinde değişikliğe neden olup olmadığı, araştırmacıların ilgisini çekmektedir (Fuhrmann ve ark., 2010; Perry ve ark., 2011). Yapılan çalışmalar ozonun kabuktan yumurtanın iç kısmına geçtiğini ve albümine difüze olduğunu bildirmektedir (Scott ve ark., 1993; Rodriguez-Romo ve ark., 2007; Beleh, 2008; Braun ve ark., 2011). Ayrıca ozon uygulamasının protein, glikoprotein, glikolipid ve çoklu doymamış yağ asitler gibi hücrel bileşenler üzerinde okside edici etkisi bulunduğunu göstermektedir (Kamotani, 2009). Ozonun yumurta kabuğunda yer alan kütikula zarındaki çözümlü proteinlerde oksidasyona neden olduğu ve yumurta albümininde bulunan serbest sülfidril gruplar üzerinde önemli düzeyde azalma sağladığı bildirilmiştir (Fuhrmann ve ark., 2010).

Bu çalışmada, farklı konsantrasyon ve sürelerde ozon uygulamasını takip eden depolama süresince kontrol ve uygulama örneklerinde düzenli bir ağırlık kaybı görülmüş olup, ozon uygulamasının dördüncü haftadan itibaren yumurta ağırlık kayıplarını önemli ($p<0,05$) düzeyde azalttığı tespit edilmiştir (Çizelge 4.31). Ozonun yumurta içerisine difüzyonunun anlık olmayıp zaman içerisinde gerçekleştiği bildirilmiş ve dokulara etkisinin oluşturduğu serbest radikaller ve oksidasyon ürünleri gibi farklı etkin bileşenler ile açıklanabileceği ifade edilmiştir (Rodriguez-Romo ve ark., 2007; Fuhrmann ve ark., 2010). Ayrıca ozonun yumurtadaki kabuk iç zarı ile albüminde yer alan lizozim, ovoinhibitör gibi fonksiyonel bileşenler ile sistein, triptofan ve metionin gibi amino asitlerin yapısına olan etkisi bildirilmiştir (Ludwig ve Schmidt, 1979; Fuhrmann ve ark.,

2010; Sharma ve Graham, 2010). Ağırlık kaybının depolamanın 4. haftasında tüm uygulama grupları ile kontrol arasındaki farkın istatistiksel açıdan önemli ($p < 0,05$) olması ozonun yumurta akı iç kısmına difüzyonunu ile ilgili olabileceği düşünülmektedir. Farklı konsantrasyonlarda ozon uygulamasından ağırlık kaybı değerleri arasındaki farkın istatistiksel açıdan önemli olmadığı ancak depolama sonunda kontrol ile 4 ve 6 ppm uygulama grupları arasındaki fark önemli ($p < 0,05$), 2 ppm ile önemsiz bulunmuştur. Etlik kuluçkalık yumurtalarda yapılan ağırlıkça %3,06 ozon uygulama sonrası, ağırlık kaybı açısından kontrol grubu ile uygulama grubu arasında fark önemsiz bulunmuştur (Whistler ve Sheldon, 1989b).

Depolama sonunda örneklerin ağırlık kayıpları kontrolde %7,99 ile en yüksek seviyede meydana gelirken, uygulama örnekleri arasında 4 ppm ozon uygulamasında en düşük ağırlık kaybı değeri (%6,94) elde edilmiştir. Farklı dozlarda ozon uygulanan yumurta örnekleri depolama sonunda ağırlık kaybı bakımından istatistiksel olarak birbirlerinden farklı ($p > 0,05$) olup, 2 ppm dışındaki uygulamaların kontrolden farklı olduğu belirlenmiştir. Araştırmacılar tarafından yapılan çalışmada ozonun yumurta proteinleri arasında yer alan lizozimin 3 boyutlu yapısında ve sistein amino asidinin tiyol bağlarını oksidasyon sonucu disülfid bağlarına dönüşümüne etkisini tespit edilmiştir (Ludwig ve Schmidt, 1979; Uzun ve ark., 2012). Ancak bu etkinin yumurtada uygulanan ozonun ağırlık kaybına etkisi tam olarak izah edilememiştir.

Çizelge 4.3.1. Farklı ozon konsantrasyonlarının depolama süresi boyunca yumurta ağırlık kaybı değerleri üzerine etkisi

Depolama Süresi / Ağırlık Kaybı					
	1.HAFTA	2.HAFTA	3.HAFTA	4.HAFTA	5.HAFTA
KNT	2,22±0,16Aa	3,50±0,40Ba	5,02±0,40Ca	6,84±0,28Da	7,99±0,26Ea
2 ppm	2,10±0,14Aa	2,66±0,47Ab	3,85±0,91Bb	5,14±0,88Cb	7,32±0,91Dab
4 ppm	1,95±0,19Aa	2,92±0,24Bb	4,35±0,47Cbc	5,16±0,79Db	6,94±0,57Eb
6 ppm	2,03±0,19Aa	3,13±0,30Ba	4,73±0,50Cc	5,62±0,43Db	7,16±0,33Eb

^{A-E} Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır

^{a-b} Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır

Uygulamayı takip eden 1. haftada yapılan ölçümlerde en fazla ağırlık kaybı %2,2 ile kontrol grubu örneklerinde tespit edilmiş ve uygulama örnekleri arasında en az kayıp ise % 1,95 ile 4 ppm ozon konsantrasyonu uygulamasında gözlenmiştir (Çizelge 4.3.1).

Depolamanın sonunda en yüksek ağırlık kaybı kontrol grubu yumurtalarda belirlenmiş ve 2 ppm, 4 ppm, 6 ppm ozon uygulamalarının depolama sonunda ağırlık kaybı açısından birbirlerine benzer oldukları saptanmıştır. 4 ve 6 ppm gibi artan ozon konsantrasyonlarının yumurta enzim inaktivasyonuna da neden olacağı düşünülmektedir. Farklı konsantrasyonlardaki ozon uygulaması depolama boyunca yumurtada ağırlık kaybı yönünden bir artış gözlenmiş olup, bu artışın kontrol grubu örneklerden daha fazla olmadığı saptanmıştır. Dolayısı ile ozonun yumurta kabuğu ve albümin bileşenlerine etki ederek depolama boyunca bayatlamının yavaşlatılması ve ağırlık kaybının azaltılması üzerine etkisinin olduğu söylenebilir (Fuhrmann ve ark., 2010).

4.3.2. Haugh birimi ve sarı indeksi analizi

Haugh birimi (HB) albümin kalitesiyle doğrudan ilgili olup, kalın albümin yüksekliği ile yumurta ağırlığının bir fonksiyonudur (Stadelman, 1995; Scott ve Silversides, 2000; Park ve ark., 2003; Caudill, 2007). Haugh birimini etkileyen temel faktörler arasında sıcaklık ve depolama süresi vardır (Roberts, 2004).

Ozonun pastörizasyon işlemi ile kombinasyonu üzerinde yapılan bir çalışmada 4°C’de muhafaza edilen yumurtalarda HB açısından 8 hafta boyunca önemli bir farklılık tespit edilmemiş ancak uygulamaya tabii tutulmuş ve 25°C’de muhafaza edilen yumurtalarda HB değerinin haftalık periyotta aralarındaki farkın önemli olduğu bildirilmiştir (Perry ve ark., 2011). Oda sıcaklığında (25°C) muhafaza edilen yumurtalarda depolama boyunca HB değeri azalmaktadır (Scott ve Silversides, 2000; Park ve ark., 2003; Laca ve ark., 2010; Perry, 2010).

Yapılan araştırmalarda ozonun yumurta albümini üzerindeki oksidasyon etkisine bağlı olarak kalın albüminin yüksekliğinde artışa neden olduğu ifade edilmektedir (Perry ve ark., 2011; Uzun ve ark., 2012). Benzer sonuç ozon ile muamele edilen yumurtanın albümin yayılmasının kontrol grubunda 5,3 olan değerinin uygulama sonrası 4,8 olarak tespit edilmesiyle paraleldir (Kamotani ve ark., 2010). Literatür çalışmaları ile yapılan çalışmadaki verilerin uyumlu olduğu tespit edilmiştir. Farklı ozon konsantrasyonlarında yapılan bu çalışmada 0. haftada kontrol numunesinde 82,09 olan HB değeri 5 dk uygulama gruplarında (2–4–6 ppm) HB sırası ile 84,29–84,69 ve 85,49 olarak tespit edilmiş ve literatür çalışmaları ile uyum göstermiştir. Depolama süresi ile birlikte artan albümin pH seviyesi ile albümin yüksekliği azalmakta ve dolayısı ile HB değeri düşmektedir (Scott ve Silversides, 2000).

Kontrol grubu örneklerde 6 hafta depolama sonrasında HB değerleri 2 dk ve 5 dk uygulama sürelerinde sırasıyla 45,18 ve 45,05 olarak belirlenirken, uygulama örneklerinde HB değerleri 52,07 ile 55,64 arasında seyretmiş ve istatistiksel olarak kontrolden önemli düzeyde farklılık ($p<0,05$) tespit edilmiştir (Çizelge 4.3.2.). Ozon konsantrasyonlarının yumurta HB değeri üzerine etkisi incelenirken, depolamanın başında kontrol grubunda 5 dk muamele süresinde HB 82,09 olarak tespit edilmiş sadece 6 ppm 5 dk uygulamasının kontrolden farklı olduğu belirlenmiştir. Ancak 2 dk uygulama süresine tabi tutulan örneklerin 0. hafta HB değerlerinin kontrol grubundan farksız oldukları tespit edilmiştir (çizelge 4.3.2).

Ovomusin ile lizozim arasında bulunan kompleks bağının depolama ile özelliğini yitirmesi sonucunda ve albümin pH düzeyindeki artışa bağlı olarak yumurta albümin viskozitesi düşmektedir (Scott ve Silversides, 2000; Perry ve ark., 2011). Buna göre ozon konsantrasyonlarının uygulama, depolama ve uygulama sürelerine etkileri önemli olup, üçlü interaksiyon önemli bulunmuştur. Depolamanın son haftasında HB değeri kontrol ile uygulama arası istatistiksel olarak farklı bulunmuştur. Ayrıca depolama sonrası 2 ppm 2 ve 5 dk uygulaması ile 2 ppm 2 dk uygulamalarının aralarındaki fark istatistiksel olarak önemli ($p>0,05$) bulunmamıştır. Yapılan bir çalışmada ozon ile pastörizasyon işleminin kombine edildiği bir çalışmada HB değerlerinin kontrol ve uygulama örnekleri arasındaki fark anlamlı bulunmuştur (Rodríguez Romo, 2004). Çalışma sonucunda elde edilen veriler ile literatür çalışmaları ile uyumlu olduğu saptanmıştır.

Çizelge 4.3.2. Farklı ozon konsantrasyonlarının depolama süresi boyunca yumurta Haugh Birimi değerleri üzerine etkisi

Depolama Süresi (Hafta) / Uygulama Süresi (Dk) / HB Değeri*													
0.HAFTA		1.HAFTA		2.HAFTA		3.HAFTA		4.HAFTA		5.HAFTA		6.HAFTA	
2 DK	5 DK	2 DK	5 DK	2 DK	5 DK	2 DK	5 DK	2 DK	5 DK	2 DK	5 DK	2 DK	5 DK
83,06 (AA)≠ 0,38AaI	82,09 (AA)≠ 0,34 AaI	79,30 (AA)≠ 0,39BaI	80,78 (AA)≠ 0,48 AaI	75,77 (AA)≠ 0,38CaI	76,50 (AA)≠ 0,61BaI	68,22 (A)≠ 0,65DaI	69,49 (A)≠ 0,46CaI	67,38 (A)≠ 0,83DaI	67,20 (A)≠ 0,40CaI	59,40 (B)≠ 0,29EaI	59,32 (B)≠ 0,32DaI	45,18 (B)≠ 0,58FaI	45,05 (B)≠ 0,48DaI
83,74 (AA)≠ 0,39AaI	84,29 (AA)≠ 0,30AaI,II	79,63 (AA)≠ 0,36BaI	79,28 (AA)≠ 0,80BaI,II	77,14 (AA)≠ 0,63CaI	78,28 (AA)≠ 0,80BaI,II	71,40 (A)≠ 0,98DaI	73,57 (AA)≠ 0,88CbII	69,45 (A)≠ 0,93EaII	70,20 (A)≠ 0,69DaII	64,80 (A)≠ 0,82FaII	66,28 (A)≠ 0,55EaII	53,47 (B)≠ 0,9GaII	52,87 (B)≠ 0,7FaII
84,43 (AA)≠ 0,22AaI	84,69 (AA)≠ 0,24AaI,II	79,73 (AA)≠ 0,70BaI	78,32 (AA)≠ 0,58BaI	77,26 (AA)≠ 0,88CaI	77,98 (AA)≠ 0,94CaI,II	74,37 (AA)≠ 0,77DaIII	76,94 (AA)≠ 0,70CbIII	70,33 (A)≠ 0,70EaII	72,61 (AA)≠ 0,96DbIII	65,63 (A)≠ 0,35FaII	67,85 (A)≠ 0,7EbII,III	52,07 (B)≠ 0,7GaII	55,54 (B)≠ 0,9FbIII
84,00 (AA)≠ 0,24AaI	85,49 (AA)≠ 0,25AaII	79,56 (AA)≠ 0,75BaI	79,97 (AA)≠ 0,59BaI	77,69 (AA)≠ 0,71CaI	79,39 (AA)≠ 0,60CbII	76,82 (AA)≠ 0,79CaIV	78,08 (AA)≠ 0,88CaIII	72,75 (AA)≠ 0,76DaIII	72,64 (AA)≠ 0,64DaIII	69,00 (A)≠ 0,76EaII	69,34 (A)≠ 0,65EaIII	54,38 (B)≠ 0,51FaIII	55,64 (B)≠ 0,59FaIII

A-[†] Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır, (Uygulama: sabit – Süre: sabit – Depolama: farklı) (p < 0.05).

a-b Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır, (Uygulama: sabit – Süre: farklı) (p < 0.05).

i-iv Aynı alt satırda farklı rakamla gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır, (Depolama: sabit – Süre: sabit – Uygulama: farklı) (p < 0.05).

Çizelge 4.3.3. Farklı ozon konsantrasyonlarının depolama süresi boyunca yumurta sarı indeksi değerleri üzerine etkisi

Depolama Süresi (Hafta) / Sarı İndeksi							
	0.HAFTA	1.HAFTA	2.HAFTA	3.HAFTA	4.HAFTA	5.HAFTA	6.HAFTA
KNT	0,47±0,01A	0,43±0,01Ba	0,40±0,01C	0,35±0,01D	0,31±0,01E	0,29±0,01F	0,26±0,01G
	a		a	a	a	a	a
2 ppm	0,48±0,01A	0,44±0,01Ba	0,42±0,01C	0,38±0,01D	0,35±0,01E	0,32±0,01F	0,30±0,01G
	a	b	b	b	b	b	b
4 ppm	0,50±0,01A	0,44±0,01Ba	0,43±0,01B	0,41±0,79C	0,37±0,01D	0,32±0,01E	0,32±0,01G
	a	b	b	c	c	c	c
6 ppm	0,51±0,01A	0,45±0,01B	0,44±0,01B	0,42±0,43C	0,39±0,01D	0,36±0,01E	0,34±0,01G
	a	b	c	c	d	d	d

^{A-G} Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır

^{a-d} Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır

Yumurtanın tazeliğinin belirlenmesinde kullanılan sarı indeksi, yumurta sarısının genişliğinin yüksekliğine oranını ifade etmektedir (Stadelman, 1995; Torrico ve ark., 2011a). Ozonun ısıl işlem ile yapılan kombinasyonunda depolama boyunca sarı indeksi değerinin Haugh birimi ile benzerlik gösterdiği belirtilmiştir (Perry, 2010; Perry ve ark., 2011).

Farklı ozon konsantrasyonlarının depolama süresince sarı indeksi üzerine etkisi Çizelge 4.3.3.'te verilmiştir. Buna göre depolama süresi ve uygulama süresinin sarı indeksine olan etkisinin interaksiyonu önemli ($p<0,05$) olup, üçlü interaksiyonları ise istatistiki açıdan önemsizdir. Yapılan bir çalışmada ozon ile pastörizasyon işleminin kombinasyonu sonucu kontrol grubu yumurtalarda sarı indeks değeri (0,39) ve uygulama örneklerinde (0,40) olarak tespit edilmiş ve aralarında istatistiki olarak fark tespit edilememiştir (Rodríguez Romo , 2004). Ozon uygulanan ve 4°C'de muhafaza edilen yumurtalarda sarı indeks değerinde çok değişim görülmezken, 25°C'de depolanan yumurtalarda kontrol grubuna göre istatistiki olarak önemli ($p<0,05$) haftalık değişimler gözlenmiştir (Perry ve ark., 2011). Depolama boyunca albümininden sarı kısma su geçişi sebebiyle vitellin membranının mukavemeti azalmaktadır, bu duruma etki eden faktörler arasında; yumurta iç sıcaklığı ve depolama süresi gelmektedir (Caudill, 2007; Laca ve ark., 2010; Perry ve ark., 2011). Ozon ile muamele edilen ve 25°C'de muhafaza edilen yumurtaların depolamanın 4, 5 ve 6. haftalarında kontrol ile aralarındaki farkın önemli

bulduğu bildirilmiştir (Perry, 2010). Ozonun yumurtaya etkisinin belirlenmesi için yapılan bu çalışmada ise 0. hafta tüm uygulamaların istatistiki olarak farksız ($p>0,05$) olduğu ancak depolama sonunu temsil eden 6. hafta itibariyle tüm uygulama gruplarının birbirinden farklı ($p<0,05$) oldukları tespit edilmiştir (Çizelge 4.3.3). Bu durum daha önce yapılmış olan literatür verileri ile örtüşmektedir. Yapılan çalışmada kontrol örneklerinin sarı indeks değerleri diğer uygulama değerlerinden daha düşük olarak tespit edilmiştir.

Farklı ozon dozlarının uygulama süresi açısından sarı indeksi üzerine etkisi ise Çizelge 4.3.4.'te yer verilmiştir. Farklı ozon konsantrasyonlarında yapılan çalışmanın 6. haftasında kontrol numunesi 0,26 SI ile en düşük değer tespit edilirken 2 ppm 0,30; 4 ppm 0,32 ve 6 ppm 0,34 olarak tespit edilmiş olup, tüm uygulamaların istatistiki açıdan kontrolden ve birbirlerinden farklı ($p<0,05$) oldukları belirlenmiştir. Bu veriler literatür çalışmaları ile uyum göstermektedir.

Çizelge 4.3.4. Farklı ozon konsantrasyonlarının uygulama süresi açısından yumurta sarı indeksi değerleri üzerine etkisi

	Uygulama Süresi / Sarı İndeksi	
	2 DK	5 DK
KNT	0,36±0,07Aa	0,36±0,07Aa
2 ppm	0,38±0,06Ab	0,39±0,06Bb
4 ppm	0,40±0,05Ac	0,42±0,05Bc
6 ppm	0,41±0,05Ad	0,43±0,05Bd

^{A-B} Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır

^{a-d} Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır

Depolama süresi SI üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Kontrol ve ozon uygulanmış örneklerde SI değerlerinin depolamayla düştüğü gözlenmiştir (Çizelge 4.3.3). Depolamanın 4. haftasında SI değeri, kontrolde 0,31 e düşerken, 6 ppm, 0,39; 4 ppm 0,37 ve 2 ppm'de 0,35'e düşmüş olup, tüm uygulamaların istatistiksel olarak 4.haftadan sonra farklılaştığı gözlenmiştir. 6 haftalık depolama sonunda 6 ppm, 4 ppm ve 2 ppm ozon muamale edilen yumurtalar sırasıyla 0,34; 0,32 ve 0,30 SI değerlerine sahip olurken kontrol 0.26 SI değerine sahip olmuştur (Çizelge 4.3.3).

Farklı ozon konsantrasyonlarında istatistiksel olarak uygulama süresinin önemli olduğu gözlenmiştir (Çizelge 4.3.4). Yapılan bu çalışmada kontrol numunesinde 0,36 olan

ortalama değer, 2 ppm 2 dk 0,38, 2 ppm 5 dk 0,39; 4 ppm 2 dk 0,40, 4 ppm 5 dk 0,42; 6 ppm 2 dk 0,41 ve 6 ppm 5 dk'da 0,43 olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.3.4).

4.3.3. Albümin ve sarı pH ölçümleri

Yumurtanın tazeliğinin tayininde ve depolama boyunca kalitesindeki değişimin belirlenmesinde albümin pH değeri bir indikatör olarak kullanılmaktadır (Scott ve Silversides, 2000; Perry ve ark., 2011). Yumurta albümini depolama boyunca kontrol grubunda 8,64'ten artarak 9,27'ye kadar çıkmıştır. Ozon ve pastörizasyonun kombinasyonu ile ilgili yapılan bir çalışmada ozon ile muamele edilen yumurtaların albümin pH değerlerinde düşme kaydedildiği bildirilmiş ve albümin pH değerine gözlenen azalmanın yumurtanın bayatlama süreci ile CO₂ kaybının önüne geçebileceği ifade edilmiştir. (Perry ve ark., 2011). Ozon uygulamasının yumurta albümininde depolama ile oluşan pH artışını engellediği bildirilmiştir. CO₂'nin radikal tutucu olarak hareket etmesi ve parçalanması sonucu ozon uygulanan yumurta albümini CO₂ seviyesinde azalmaya sebep olmaktadır. Bu durum hidroksil amino asitlerin oksidasyonu sonucu albümindeki bazı bileşiklerin radikal zincir reaksiyon oluşturması ile açıklanabilmektedir. Ayrıca ozonun yumurtada bulunan arjinin, sistein, histidin, metionin, pentoalanin, triptofan ve triosin gibi amino asitlerin tiyol (-SH) gruplarının oksidasyonu sonucu disülfid bağlarına dönüşümüne yol açtığı bildirilmektedir (Cataldo, 2003; Perry ve ark., 2011; Uzun ve ark., 2012). Çalışmada uygulamayı takip eden analizlerde 2 ppm uygulamasında 8,59; 4 ppm uygulamasında 8,55 ve 6 ppm uygulamasında 8,49 albümin pH değerleri elde edilmiştir.

Çizelge 4.3.5. Farklı ozon konsantrasyonlarının depolama süresi boyunca yumurta albümini pH değerleri üzerine etkisi

Depolama Süresi (Hafta) / Albümin pH							
	0.HAFTA	1.HAFTA	2.HAFTA	3.HAFTA	4.HAFTA	5.HAFTA	6.HAFTA
KNT	8,64±0,02	8,76±0,05	8,84±0,03	9,03±0,03	9,13±0,02	9,20±0,05	9,27±0,04
	Aa	ABa	Ba	Ca	CDa	DEa	Ea
2 ppm	8,59±0,03	8,29±0,02	8,31±0,02	8,30±0,04	8,30±0,05	8,38±0,02	8,59±0,05
	Aa	Bb	Bb	Bb	Bb	Bb	Cb
4 ppm	8,55±0,03	8,16±0,06	8,17±0,02	8,17±0,04	8,19±0,06	8,21±0,04	8,36±0,09
	Aab	Bc	Bc	Bc	Bc	Bc	Cc
6 ppm	8,49±0,03	8,00±0,06	7,98±0,07	7,97±0,05	8,01±0,06	8,01±0,09	8,09±0,09
	Ab	Ad	Ad	Ad	ABd	ABd	Bd

^{A-E} Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır

^{a-d} Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır

Farklı ozon konsantrasyonlarında uygulama yapılan çalışmada uygulamaların, uygulama sürelerinin ve depolama sürelerinin ikili interaksiyonları istatistiksel olarak önemli ($p < 0,05$) olduğu gözlenmiştir (Çizelge 4.3.5, 4.3.6 ve 4.3.7). Çalışma sonucunda 6. haftada kontrol numunesinde 9,27 olan albümin pH değeri, 2 ppm 'de 8,59 iken, 4 ppm 'de 8,36 ve 8,09 olarak istatistiksel açıdan aralarındaki fark önemli olarak belirlenmiştir. Ozon ile muamele edilen yumurta üzerine yapılan bir çalışmada kontrol grubu başlangıç albümin pH düzeyi 8,95; 10 dk muamele süresi ile 8,79; 20 dk muamele süresi ile 8,91 ve 30 dk muamele süresi ile 8,68'e kadar düştüğü gözlenmiş olup, 14 gün depolama sonrasında ise kontrol grubu albümin pH düzeyi 9,00; 10 dk muamele süresi ile 8,95; 20 dk muamele süresi ile 8,88 ve 30 dk muamele süresi ile 8,76 olarak belirlenmiştir (Goo-Hee ve Kyung-Haeng, 2012). Yapılan çalışmada elde edilen bulgular ile literatür çalışmalarında yer alan veriler arasında paralellik bulunduğu gözlemlenmiştir.

Çizelge 4.3.6. Farklı ozon konsantrasyonlarının uygulama süresi açısından yumurta albümini pH değerleri üzerine etkisi

	Uygulama Süresi / Albümin pH	
	2 DK	5 DK
KNT	8,97±0,23Aa	9,01±0,22Aa
2 ppm	8,43±0,14Ab	8,35±0,13Bb
4 ppm	8,30±0,14Ac	8,22±0,15Bc
6 ppm	8,13±0,13Ad	8,04±0,19Bd

^{A-B} Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır

^{a-d} Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır

Ozon uygulamasında, muamele sürelerinin albümin pH değeri üzerine etkisi Çizelge 4.3.6'da verilmiş olup, 2 dk ve 5 dk uygulama grubu albümin pH verileri arasındaki farkın önemli olduğu belirlenmiştir. Buna göre 2 ppm konsantrasyonunda 2 dk muamele süresi için 8,43 olarak belirlenen pH değeri 5 dk'ya çıkarıldığında 8,35'e düşmüştür. Aynı şekilde 4 ppm ozon konsantrasyonunda 2 dk uygulama süresinde 8,30 olarak tespit edilen albümin pH'sı 5 dk'da 8,22 olarak elde edilmiştir. 6 ppm ozon uygulamasında ise 8,13 olarak elde edilen 2 dk muamele albümin pH'nın 5 dk uygulama süresinde 8,04'e düştüğü tespit edilmiş olup, muamele süresinin artışı ile yumurta albümini pH değerinin azaldığı belirlenmiş ve sonuçlar literatür ile teyit edilmiştir (Goo-Hee ve Kyung-Haeng, 2012).

Yumurtanın ozon ile muamele edilmesi neticesinde uygulama süresi ve depolama haftası arasındaki korelasyon Çizelge 4.3.7'de verilmiş olup, artan ozon uygulama süreleri ile albümin pH değerlerinin azaldığı ve haftalık depolamaya bağlı olarak yumurtada gelişen fiziksel ve kimyasal reaksiyonların sonucunda albümin pH değerlerinde değişiklik söz konusu olmaktadır. Elde edilen veriler literatür çalışmaları ile benzerlik göstermektedir (Goo-Hee ve Kyung-Haeng, 2012).

Çizelge 4.3.7. Farklı uygulama sürelerinin depolama süresi boyunca yumurta albümini pH değerleri üzerine etkisi

Hafta	Uygulama Süresi (Dk) / Albümin pH	
	2 DK	5 DK
0	8,57±0,05Aa	8,53±0,06Aa
1	8,28±0,23Ab	8,22±0,27Ab
2	8,29±0,27Ab	8,21±0,29Abc
3	8,27±0,30Abc	8,24±0,35Abc
4	8,36±0,35Ac	8,28±0,40Acd
5	8,37±0,39Acd	8,27±0,39Ad
6	8,56±0,39Ad	8,41±0,41Be

^{A-B} Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır

^{a-e} Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır

Çizelge 4.3.8’de farklı ozon konsantrasyonlarının depolama boyunca sarı pH değerlerine etkisi verilmiştir. Farklı konsantrasyonlarda ozon uygulaması yapılan yumurta örneklerinde sarı pH değerlerinde düşme gözlenmiştir. Başlangıç sarı pH değeri 6,24 olan kontrol grubu yumurtaların depolama sonunda pH değeri 6,57 olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.3.8). Yumurtanın depolama sürecinde bayatlaması ile yumurta albüminindeki suyun sarısına geçiş yaptığı bilinmektedir (Biladeau ve Keener, 2009; Perry ve ark., 2011). Ozon ile muamele edilen yumurtaların 0. hafta sarı pH değerleri arasında istatistiki olarak fark önemli ($p>0,05$) bulunmamıştır.

Çizelge 4.3.8. Farklı ozon konsantrasyonlarının depolama süresi boyunca yumurta sarısı pH değerleri üzerine etkisi

Depolama Süresi (Hafta) / Sarı pH							
	0.HAFTA	1.HAFTA	2.HAFTA	3.HAFTA	4.HAFTA	5.HAFTA	6.HAFTA
KNT	6,24±0,01	6,32±0,02	6,37±0,02	6,42±0,02	6,45±0,01	6,48±0,03	6,57±0,08
	Aa	ABa	BCa	BCDa	CDa	DEa	Ea
2 ppm	6,23±0,01	6,12±0,05	6,17±0,06	6,18±0,06	6,21±0,06	6,27±0,08	6,38±0,07
	Aa	Bb	Bb	Bb	Bb	Bb	Cb
4 ppm	6,23±0,02	6,02±0,03	6,05±0,03	6,08±0,02	6,11±0,02	6,17±0,07	6,27±0,08
	Aa	Bc	BCc	BCc	Cc	Cc	Dc
6 ppm	6,23±0,02	5,99±0,02	6,02±0,01	6,05±0,01	6,06±0,01	6,09±0,06	6,14±0,04
	Aa	Ad	BCc	BCc	BCc	CDc	Dd

^{A-E} Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır

^{a-d} Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır

Ozon ile yumurta uygulaması üzerine literatürde yapılan çalışmada; kontrol grubu yumurtaların sarı pH değeri 6,53 olarak tespit edilmiş ve uygulamada 10 dk ile 20 dk ozon ile muamele edilmiş yumurtaların sarı pH değerleri arasında istatistiki fark olmadığı ancak 30 dk süre ile muamele edilen yumurtalarda pH değerinin 6,32'ye düşerek istatistiksel farkın olduğu bildirilmiştir. Depolama sonunda ise, 14. günde kontrol grubunda pH 6,77; 10 dk uygulamada 6,62; 20 dk uygulamada 6,60; 30 dk uygulamada ise 6,52 tespit edilerek sadece 30 dk uygulamasının diğer uygulama ve kontrol grubu örneklerden sarı pH değeri açısından istatistiki olarak farklı olduğu, kontrol, 10 dk uygulama ve 20 dk uygulama gruplarının ise benzer olduğu bildirilmiştir (Goo-Hee ve Kyung-Haeng, 2012). Tez kapsamında yapılan çalışmada elde edilen değerler ile literatür verileri eşleşmektedir.

Ozon uygulanan yumurta örneklerinde uygulama süresi ve depolama süresinin yumurta sarısı pH değerine etkisi Çizelge 4.3.9'da yer verilmiştir. Buna göre aynı ozon konsantrasyonunda uygulama süresinin 2 dk'dan 5 dk'ya çıkarılması ile yumurta sarısı pH değerinde uygulama gruplarında düşme kaydedilmiştir. 2 ve 5 dk olarak muamele sürelerinin uygulamalar ile mukayesesi yapıldığında ise tüm uygulama ve kontrol yumurta sarı pH değerlerinin istatistiksel olarak birbirlerinden farklı oldukları belirlenmiştir. Yapılan literatür çalışmasında kullanılan 10 dk, 20 dk ve 30 dk uygulama sürelerinde artan

süre ile sarı pH değerlerinde azalma kaydedilmiş ve yapılan bu çalışmada elde edilen verilerle paralel sonuçlar gözlemlenmiştir (Goo-Hee ve Kyung-Haeng, 2012).

Çizelge 4.3.9. Farklı ozon konsantrasyonlarının uygulama süresi açısından yumurta sarısı pH değerleri üzerine etkisi

	Uygulama Süresi / Sarı pH	
	2 DK	5 DK
KNT	6,40±0,11Aa	6,41±0,10Aa
2 ppm	6,25±0,09Ab	6,20±0,10Bb
4 ppm	6,15±0,10Ac	6,12±0,09Ac
6 ppm	6,10±0,08Ad	6,07±0,07Ad

^{A-B} Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır

^{a-d} Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır

4.3.4. Albümin ve sarı kuru madde ölçümleri

Yumurtada albümin ve sarı fraksiyonları farklı oran, nem seviyesi ve kuru madde değerlerine sahiptir (Ragni ve ark., 2011). Yumurtanın depolama sürecinde bayatlaması ile yumurta albüminindeki suyun sarısına geçiş yaptığı bilinmektedir (Biladeau ve Keener, 2009; Perry ve ark., 2011). Ayrıca albümindeki suyun ozmotik difüzyonu ve yumurta sarısından yumurta akına geçişi ile sarı ve albümin arasında bariyer görevi gören vitellin membran zayıflayarak fonksiyonunu yitirmektedir. Bu geçiş neticesinde yumurta sarısının kuru maddesi azalarak sıvılaşmaktadır (Scott ve Silversides, 2000; Shittu ve Ogunjinmi, 2011b; Torrico ve ark., 2011a).

Farklı ozon konsantrasyonlarının yumurta albümin kuru madde değerleri üzerine olan etkisi Çizelge 4.3.10'da verilmiştir. Buna göre ozon ile muamele edilen yumurtaların kuru madde değerleri 2 ppm'de 12,48; 4 ppm'de 12,52 ve 6 ppm'de 12,50 olarak belirlenmiş olup, kontrol grubu yumurtaların ise başlangıç kuru madde değeri 12,48 olarak tespit edilmiştir. 0. haftada uygulamalarda ozonun albümin kuru madde değerleri üzerine olan etkisi istatistiki olarak önemli ($p>0,05$) bulunmamıştır. Ancak depolama sonunda elde edilen değerlerde ise kontrolde 17,86; 2 ppm uygulamada 15,56; 4 ppm uygulamada 14,61 ve 6 ppm uygulamada ise 13,69 olarak tespit edilerek farklı ozon konsantrasyonlarının yumurta albümini kuru maddesi üzerine etkisi istatistiki açıdan anlamlı ($p<0,05$) olarak belirlenmiştir. Depolama boyunca 0, 1 ve 2. haftalarda tüm uygulama ve kontrol grupları benzer iken, depolamanın ikinci haftasında kontrol ve 6 ppm uygulamalarının farklı,

depolamanın 3.haftası itibariyle de uygulama grupları kontrolden ayrılmış ve depolamanın 4. haftasından sonra ise uygulama grupları arasındaki fark önemli olarak belirlenmiştir. Ozon uygulamasından sonra reaktif oksijen tür ve diğer radikallerin oluşumuna bağlı olarak vitellin membran mukavemetinin etkilendiği bildirilmiştir (Fuhrmann ve ark., 2010).

Çizelge 4.3.10. Farklı ozon konsantrasyonlarının depolama süresi boyunca yumurta albümin kuru madde değerleri üzerine etkisi

Depolama Süresi (Hafta) / Yumurta Albümin Kuru Madde Değeri							
	0.HAFTA	1.HAFTA	2.HAFTA	3.HAFTA	4.HAFTA	5.HAFTA	6.HAFTA
KNT	12,48±0,06	12,71±0,05	12,26±0,22	14,46±0,46B	15,31±0,48	16,14±0,53	17,86±0,55
	Aa	Aa	Aa	a	BCa	Ca	Da
2 ppm	12,48±0,02	12,39±0,04	12,37±0,40	13,07±0,41B	13,51±0,51	14,44±0,79	15,56±0,95
	Aa	Aa	ABa	Cb	Cb	Db	Eb
4 ppm	12,52±0,03	12,36±0,04	12,29±0,25	13,02±0,46B	13,18±0,44	13,49±0,33	14,61±0,83
	Aa	Aa	ABab	Cb	Cbc	Cc	Dc
6 ppm	12,50±0,05	12,35±0,05	12,44±0,17	12,63±0,43A	12,69±0,37	12,84±0,32	13,69±0,56
	Aa	Aa	Ab	b	Ac	Ad	Bd

^{A-E} Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır

^{a-d} Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır

Çizelge 4.3.11'de farklı ozon dozlarına maruz kalan yumurtaların sarısının kuru madde değerleri üzerine olan etkisine yer verilmiştir. Ozon uygulanan yumurtaların kuru madde değerlerinin kontrolden farklı olmadığı ($p>0,05$), ancak 3. haftadan itibaren istatistiki olarak farklılığın olduğu saptanmıştır. Depolama sonunda 2 ve 5 dk olarak uygulanan 4 ppm ve 6 ppm uygulamalarının sırası ile (41,8; 42,06; 42,12 ve 42,22) birbirinden farksız oldukları belirlenmiştir. Ayrıca 2 ppm ozon uygulamasının 2 dk ve 5 dk muamele süreleri arasında istatistiki olarak fark ($p>0,05$) olmadığı tespit edilmiştir.

Uygulamanın 1 ve 2. haftasında 5 dk muamele süresinde sadece 6 ppm 5 dk muamele süresinin diğer uygulama ve kontrol grubundan istatistiki olarak farklılık ($p<0,05$) gösterdiği, diğer tüm değerlerin kontrolden farksız oldukları belirlenmiş olup, 3. hafta itibariyle uygulama grupları ile kontrol gruplarının arasındaki farkın istatistiksel olarak önemsiz bulunduğu, sadece 6 ppm'de farkın önemli olduğu belirlenmiştir. Uygulamanın ilk haftasında ise tüm grupların arasındaki fark önemli bulunmamıştır. Bu

BÖLÜM 4 – ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA Muhammed YÜCEER

durum ozonlamaya tabii tutulan yumurtaların sarısının kuru madde değişimine etkisinin ani olmayıp zaman içerisinde oluştuğunu göstermekte, vitellin membranın depolama ile mukavemeninin zayıflaması ve ozon uygulamasında oluşan serbest radikallerin etkisinin olabileceği yönünde olduğu bildirilmektedir (Fuhrmann ve ark., 2010).

Çizelge 4.3.11. Farklı ozon konsantrasyonlarının depolama süresi boyunca yumurta sarısı kuru madde değerleri üzerine etkisi

Depolama Süresi (Hafta) / Uygulama Süresi (Dk) / Yumurta Sarısı Kuru Madde Değeri																	
0.HAFTA		1.HAFTA		2.HAFTA		3.HAFTA		4.HAFTA		5.HAFTA		6.HAFTA					
2 DK	5 DK	2 DK	5 DK	2 DK	5 DK	2 DK	5 DK	2 DK	5 DK	2 DK	5 DK	2 DK	5 DK				
43,42±	43,57±	42,83±	42,82±	42,54±	42,50±	42,23±	42,13±	41,45±	41,42±	40,45±	40,47±	39,93±	39,93±				
0,15AaI	0,07 AaI	0,04BaI	0,05BaI	0,10BCaI	0,07BaI	0,09CaI	0,19CaI	0,02DaI	0,05DaI	0,16EaI	0,25EaI	0,15FaI	0,12FaI				
43,55±	43,58±	42,61±	42,62±	42,69±	42,64±	42,40±	42,25±	41,90±	42,04±	41,38±	41,71±	41,08±	41,43±				
0,05AaI	0,02AaI	0,07BaI	0,16ABaI	0,10BaI	0,04BaI	0,08BaI,II	0,11CaI,II	0,13CaII	0,14CaII	0,17DaII	0,11DbII	0,14DaII	0,10DbII				
43,57±	43,57±	42,68±	42,67±	42,66±	42,68±	42,53±	42,54±	42,43±	42,42±	42,28±	42,31±	41,80±	42,06±				
0,03AaI	0,01AaI	0,07BaI	0,16BaI	0,05BaI	0,07BaI	0,13BCaI,II	0,11BCaII	0,40BCaIII	0,12BCaIII	0,17CaIII	0,06CDaIII	0,24DaIII	0,07DaIII				
43,56±	43,56±	42,89±	43,14±	77,69±	42,87±	42,65±	42,94±	42,45±	42,84±	42,34±	42,43±	42,12±	42,22±				
0,02AaI	0,03AaI	0,12BaI	0,1BaII	0,1CaI	0,10BaI	0,19BCaII	0,03BaIII	0,1CaIII	0,09BbIV	0,03CDaIII	0,08CaIII	0,1DaIII	0,1CaIII				

A-F Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır, (Uygulama: sabit – Süre: sabit – Depolama: farklı) (p < 0.05).

a-b Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır, (Uygulama: sabit – Süre: farklı) (p < 0.05).

I-IV Aynı alt satırda farklı rakamla gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır, (Depolama: sabit – Süre: sabit – Uygulama: farklı) (p < 0.05).

4.3.5. Albümin ve bütün yumurtada relatif köpük kapasitesi

Yumurthanın köpük oluşturmada albümindeki proteinlerin bir fonksiyonu olup, yumurta albümininin belirli bir süre karıştırılması ile elde edilen köpüğün özelliklerini ifade etmektedir. Albümine sarının kontamine olmasıyla yumurthanın köpük oluşturma özelliği önemli seviyede azalmaktadır (Bailey, 1935; Kirunda ve McKee, 2000). Yapılan çalışmalar ozona maruz kalan yumurtaların protein oksidasyonunu neticesinde G₂ ve G₃ gibi globüler proteinlerin birleşerek köpük hacminde artışa yol açtığını göstermektedir (Perry ve ark., 2011). Ayrıca ozon uygulamasının yumurta albümin köpük oluşturma kapasitesi ve köpük stabilitesini arttırdığı belirtilmiştir (Uzun ve ark., 2012). Yumurthanın farklı konsantrasyonlarında ozon ile muamelesinde yumurta albümininin köpük oluşturma kapasitesine (RWC) etkisi Çizelge 4.3.12 ve 4.3.13'te verilmiştir. Buna göre uygulamayı takip eden 0. hafta ölçümlerinde kontrol grubu köpük oluşturma değeri 1352 olup, uygulamalarda 2 ppm'de 1345; 4 ppm'de 1366 ve 6 ppm ozonda ise 1383 olarak tespit edilmiştir. Depolamanın 1. haftasından itibaren uygulamaların kendi aralarında ve kontrolden istatistiksel olarak önemli düzeyde farklı (p<0,05) oldukları görülmüştür. Depolama boyunca tüm uygulama grupları ve kontrolde köpük oluşturma değerlerinin haftalık değişimi önemli bulunmuştur.

Çizelge 4.3.12. Farklı ozon konsantrasyonlarının depolama süresi boyunca yumurta albümini RWC değerleri üzerine etkisi

Depolama Süresi / RWC - Albümin							
	0.HAFTA	1.HAFTA	2.HAFTA	3.HAFTA	4.HAFTA	5.HAFTA	6.HAFTA
KNT	1352,0±27,3	1108,3±37,6	908,3±37,64	800,0±31,69	670,0±27,3	508,3±37,64	333,3±40,81
	9Aa	4Ba	Ca	Da	9Ea	Fa	Ga
2 ppm	1345,0±33,4	1175,0±39,8	1022,2±26,3	900,0±33,33	758,3±46,8	633,3±38,92	512,5±48,27
	3Aa	9Bb	5Cb	Db	7Eb	Fb	Gb
4 ppm	1366,0±38,9	1268,2±40,4	1127,3±60,6	1006,0±35,0	850,0±36,9	720,0±48,	641,7±46,87
	2Aa	5Bc	8Cc	3Dc	3Ec	3Fc	Gc
6 ppm	1383,3±24,6	1340,9±37,5	1230,0±48,3	1118,0±33,7	955,0±28,3	840,9±37,56	725,0±26
	2Aa	4Bd	0Cd	1Dd	8Ed	Fd	,1Gd

^{A-G} Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır

^{a-d} Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır

Çizelge 4.3.13. Farklı ozon konsantrasyonlarının depolama süresi boyunca yumurta albümini RWC değerleri üzerine etkisi

	Uygulama Süresi / RWC - Albümin	
	2 DK	5 DK
KNT	809,5±319,6Aa	812,5±339,5Aa
2 ppm	882,5±296,5Ab	923,1±279,8Bb
4 ppm	964,5±267,6Ac	1030,5±254,2Bc
6 ppm	1067,1±240,9Ad	1100,0±246,3Bd

^{A-B} Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır

^{a-d} Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır

Ozon uygulamasının yumurta albümini köpük oluşturma değerleri üzerine etkisinin uygulama süresi açısından etkisi Çizelge 4.3.13'te verilmiş olup, uygulama süresinin artması ile köpük oluşturma kapasitelerinin tüm uygulama gruplarında artış sağladığı ve gerek süre, gerekse uygulamadaki farkın istatistiki olarak önemli olduğu tespit edilmiştir. 2 ppm uygulamanın 2 dk uygulama süresinde 882 olan köpük oluşturma değeri uygulama süresinin 5 dk'ya çıkarılması ile 923'e yükselmiştir. 4 ppm ozon uygulamasında 964,5 olan 2 dk uygulama değeri 5 dk'ya çıkarıldığı zaman 1030,5'e ulaşmıştır. Aynı şekilde 6 ppm ozon uygulamasında 2 dk uygulama süresinde 1067,1 olan köpük oluşturma kapasitesi 5 dk'da 1100'e erişmiştir. Literatürde yapılan çalışmalarda ise ozon ile pastörizasyonun kombine edilerek muamele edilen ve 8 hafta 25°C'de muhafaza edilen yumurtaların, kombine uygulamanın sadece pastörize edilen uygulama gruplarından daha yüksek köpük oluşturma özellikleri sergilediği bildirilmiştir (Perry ve ark., 2011).

Ozonun farklı konsantrasyonlarının yumurtanın muamelesinde bütün yumurta köpük oluşturma kapasitesi üzerine etkisi Çizelge 4.3.14; 4.3.15 ve 4.3.16'da verilmiştir. Ozon uygulamasından sonra yapılan ölçümlerde kontrol örneklerinde köpük oluşturma değeri 758,3 olup, uygulamalarda ise 2 ppm'de 762,5; 4 ppm'de 775,0 ve 6 ppm ozonda ise 800,0 olarak belirlenmiştir. Depolamada uygulama gruplarının tamamı ve kontrol örneğinde köpük oluşturma kapasitesi değerlerinin haftalık seyri değerlendirildiğinde farkın istatistiksel açıdan anlamlı ($p<0,05$) olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.3.14. Farklı ozon konsantrasyonlarının depolama süresi boyunca bütün yumurta RWC değerleri üzerine etkisi

Depolama Süresi / RWC - Bütün							
	0.HAFT	1.HAFT	2.HAFT	3.HAFT	4.HAFTA	5.HAFTA	6.HAFTA
	A	A	A	A			
KNT	758,3±	675,0±	531,3±	491,7±	360,0±	300,0±31,6D	216,7±25,8E
	37,6Aa	27,3Ba	25,8Ca	37,6Ca	22,3Da	a	a
2 ppm	762,5±	759,1±	695,5±	595,8±	554,5±	386,4±	316,7±
	31,0Aa	20,2Ab	56,8Bb	39,6Cb	52,2Cb	50,4Db	32,5Eb
4 ppm	775,0±	804,2±	760,0±	725,0±	637,5±	486,4±	387,5± 31,0Ec
	26,1Aa	33,4Ac	31,6ABc	26,3Bc	37,6Cc	32,3Dc	
6 ppm	800,0±	831,8±	804,5±	736,4±	681,8±25,3C	541,7±	445,0± 33,4Ed
	36,9Aa	25,2Ad	26,9Ac	23,3Bc	c	28,8Dd	

^{A-E} Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır

^{a-d} Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır

Çizelge 4.3.15. Farklı ozon konsantrasyonlarının depolama süresi boyunca bütün yumurta RWC değerleri üzerine etkisi

Uygulama Süresi / RWC - Bütün		
	2 DK	5 DK
KNT	483,3±186,6Aa	475,0±195,7Aa
2 ppm	558,5±176,4Ab	603,8±162,0Bb
4 ppm	642,3±158,3Ac	660,0±150,7Bc
6 ppm	680,0±144,5Ad	696,3±139,3Ad

^{A-B} Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır

^{a-d} Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır

Farklı konsantrasyonlarda ozon uygulamasına tabii tutulan yumurtaların maruz bırakıldığı 2 ve 5 dk sürelerinin bütün yumurtanın köpük oluşturma kapasitesine etkisine Çizelge 4.3.15’da yer verilmiştir. Buna göre albüminde elde edilen değerlere benzer sonuçlar alınmış olup, 2 ppm ve 2 dk ozona maruz bırakılan yumurtada köpük kapasitesi 558,5 olup, uygulama süresi 5 dk’ya çıkarıldığında ise elde edilen köpük oluşturma değeri 603,8’e yükselmiştir. 4 ppm konsantrasyon ve 2 dk süre ile ozon uygulamasına maruz bırakılan yumurtalarda 642,3 olarak tespit edilen köpük oluşturma değeri aynı

konsantrasyonda sürenin 5 dk'ya yükseltilmesi ile elde edilen köpük değeri 660 olarak tespit edilmiştir. 6 ppm ozon dozajının sabit tutularak sürenin 2'den 5 dk'ya çıkarılması sonucu bütün yumurta köpük oluşturma değeri 680'den 696,3'e ulaşmıştır. Uygulamalarda muamele süresinin bütün yumurtanın köpük oluşturma kapasitesi üzerine etkisi tüm değerler için anlamlı ($p<0,05$) bulunmuştur. Çalışmada uygulanan uygulama sürelerinin yumurtanın depolama boyunca bütün köpük oluşturma kapasitesi üzerine etkileri Çizelge 4.3.17'da verilmiştir. Buna göre uygulama süreleri arasındaki fark önemli bulunmazken ($p>0,05$) depolama süreleri (hafta) arasındaki fark ($p<0,05$) önemli bulunmuştur. Bu durum depolama ile uygulama süresi arasında bir interaksiyonun olmadığını göstermektedir. Ozon uygulamasını takip eden ölçümlerde sadece 6 ppm 5 dk uygulamasının kontrol ve diğer uygulamalardan istatistiki olarak farklı olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.3.16. Farklı ozon konsantrasyonlarının depolama süresi boyunca bütün yumurta RWC değerleri üzerine etkisi

Depolama Süresi / RWC - Bütün		
Hafta	2 DK	5 DK
0	771,4±37,3Aa	780,0±33,4Aa
1	778,6±53,7Aa	782,6±65,8Aa
2	697,4±94,9Ab	739,5±100,8Ab
3	647,5±95,2Ac	657,9±101,7Ab
4	563,2±110,3Ad	617,5±102,9Ad
5	425,5±89,5Ae	467,5±96,3Ae
6	347,6±79,8Af	371,4±85,9Af

^{a-f} Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır

Çalışmada kullanılan uygulama sürelerinin yumurtanın depolama boyunca bütün köpük oluşturma kapasitesi üzerine etkileri Çizelge 4.3.16'da verilmiştir. Buna göre uygulama süreleri arasındaki fark önemli bulunmazken ($p>0,05$) depolama süreleri (hafta) arasındaki fark ($p<0,05$) önemli bulunmuştur.

4.3.6. Viskozite ölçümü

Depolama ile yumurtalarda albümin ve sarı pH değeri artıp, Haugh birimi ve sarı indeksi düşmekte, vitellin zarının mukavemeti ve yumurtanın viskozitesi azalmaktadır

(Kirunda ve McKee, 2000). Taze yumurtanın viskozite değeri olan 111 cp değeri, 2 hafta depolama ile birlikte 81 cp'ye kadar düşmüştür. Yumurtada bayatlama süreci ile birlikte glikoprotein ve ovomusin disülfid bağları yıkıma uğrayarak membranın geçirgenliği değişmekte ve albümin viskozitesi düşmektedir. Ayrıca depolama ile birlikte yumurtadaki suyun albüminden sarıya doğru geçişi, suyun sarı kısımda birikim göstermesi ile birlikte vitellin zar elastik yapısını kaybetmektedir (Kirunda ve McKee, 2000). Ayrıca lizozim-ovomusin kompleksinde depolama ile meydana gelen pH yükselmesine bağlı değişimin albüminin sıvılaşması yani viskozitesinin azalmasında temel etken olduğu bilinmektedir (Ragni ve ark., 2007) .

Ozon uygulanan yumurtaların depolama 5. haftası itibariyle albümin viskozite değerlerinin 13,02 cp ile 15,69 cp arasında seyrederek her 2 dk ve 5 dk uygulama sürelerinde kontrol ve uygulama tüm gruplarının istatistiki olarak farklı oldukları gözlenmiştir. Ayrıca depolama sonunda kontrol ile 2 ppm uygulaması arasındaki farkın önemli olmadığı ancak 6 ppm ve 4 ppm 2 dk uygulaması ile arasında farklılık olduğu ($p<0,05$) tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlar ile yumurtanın depolamaya bağlı olarak gelişen viskozite azalması birbirini doğrulamaktadır (Stadelman, 1995).

Çizelge 4.3.17. Farklı ozon konsantrasyonlarının depolama süresi boyunca albümin viskozite değerleri üzerine etkisi

Depolama Süresi (Hafta) / Uygulama Süresi (Dk) / Albümin Viskozite Değeri (cp)													
0.HAFTA		1.HAFTA		2.HAFTA		3.HAFTA		4.HAFTA		5.HAFTA		6.HAFTA	
2 DK	5 DK	2 DK	5 DK	2 DK	5 DK	2 DK	5 DK	2 DK	5 DK	2 DK	5 DK	2 DK	5 DK
66,15±	67,04±	62,00±	61,43±	52,15±	51,43±	40,75±	41,01±	28,20±	28,54±	13,02±	13,14±	5,24±	5,08±
0,63AaI	0,50AaI	0,70BaI	0,68BaI	0,49CaI,II	0,32CaI	0,91DaI	0,76DaI	0,65EaI	0,67EaI	0,42FaI	0,43FaI	0,42GaI	0,44GaI
68,37±	68,92±	61,58±	61,25±	50,85±	53,40±	42,80±	42,52±	31,88±	32,20±	15,69±	14,55±	7,64±	6,78±
0,66AaI	0,45AaI	0,47BaI	0,66BaI	0,54CaI	0,60CaIII	0,52DaI,II	0,66DaI,II	0,55EaI	0,49EaII	0,42FaII	0,56FaII	0,96GaII	0,95GaII
69,15±	66,81±	59,78±	60,67±	49,96±	49,78±	43,59±	42,61±	32,29±	31,96±	14,83±	14,68±	6,99±	6,43±
0,57AaI	0,55AaI	0,43BaI	0,58BaI	0,98CaI,II	0,50CbII	0,49DaI,II	0,40DaII	0,73EaII	0,50EaII	0,39FaII	0,32FaII	0,66GaII	0,47FaII
67,28±	68,83±	68,69±	69,74±	53,69±	55,22±	43,93±	46,34±	30,20±	33,81±	15,10±	14,73±	6,78±	6,04±
0,53AaI	0,71AbI	0,87AaII	0,67AaII	0,40BaII	0,47BaIII	0,47CaII	0,53CaIII	0,70DaII	0,47DbII	0,45EaII	0,36EaII	0,49FaII	0,38DbIII

^{A-G} Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır, (Uygulama: sabit – Süre: sabit – Depolama: farklı) (p < 0.05).

^{a-b} Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır, (Uygulama: sabit – Süre: sabit – Süre: farklı) (p < 0.05).

^{I-III} Aynı alt satırda farklı rakamla gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır, (Depolama: sabit – Süre: sabit – Uygulama: farklı) (p < 0.05).

4.3.7. Renk analizleri

Yumurta kabuğundaki renk farklılığı ise tavuk ırkına göre değişiklik göstermektedir. Çizelge 4.3.18’te farklı ozon konsantrasyonlarının yumurtaların kabuk L renk parametre değerlerine etkileri verilmiştir. Ozon uygulamalarında artan konsantrasyona karşı yumurta kabuk “L*” değerlerinin (parlaklığının) istatistiki açıdan önemli ($p < 0,05$) düzeyde arttığı saptanmıştır. Ayrıca daha parlak ve beyaz yumurta elde edilmesini sağladığı tespit edilmiştir. Ozon özellikle de yumurta kabuğunun rengi üzerinde oksidan madde özelliğinden dolayı ağartıcı rol oynayarak kabuğun renginin daha beyaz-parlak olmasına yol açtığı belirlenmiştir.

Çizelge 4.3.18. Farklı ozon uygulama konsantrasyonlarının yumurta kabuk L* renk parametresi üzerine etkisi

Uygulama	Kabuk L*
KNT	93,23±0,84a
2 ppm	94,19±0,94b
4 ppm	94,29±0,84b
6 ppm	94,41±0,81b

^{a-b} Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır ($p < 0.05$).

Çizelge 4.3.19’te farklı ozon konsantrasyonları uygulanan yumurtaların 5 haftalık depolama süresince kabuk L* renk parametre değerleri verilmiştir. Depolama süresince tüm örnek gruplarında L* renk parlaklık değerlerinin stabil olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.3.19. Farklı ozon uygulama sonrası depolama süresinin yumurta kabuk L* renk parametresi üzerine etkisi

Depolama Süresi (Hafta) / Kabuk L*					
0.HAFTA	1.HAFTA	2.HAFTA	3.HAFTA	4.HAFTA	5.HAFTA
92,50±0,72A	94,28±0,66B	94,56±0,58B	94,49±0,49B	94,53±0,54B	94,35±0,65B

^{A-B} Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır ($p < 0.05$).

Çizelge 4.3.20’de ozona farklı sürelerde muamele edilen yumurtaların kabuk L* renk parametre değerleri verilmiştir. Uygulama süresinin artışı ile L* renk parlaklık değerlerinin artış kaydettiği belirlenmiş olup, artışın istatistiki olarak önemli ($p < 0,05$) olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.3.20. Farklı ozon uygulama sürelerinin yumurta kabuk L* renk parametresi üzerine etkisi

Uygulama Süresi / Kabuk L*	
2 DK	5 DK
94,05±0,96A	94,20±0,937B

^{A-B} Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (p < 0.05).

Çizelge 4.3.21'te farklı ozon konsantrasyonlarının yumurtaların kabuk a* renk parametre değerlerine etkileri verilmiştir. Ozon uygulamalarında artan konsantrasyona karşı kabuk a değerlerinin istatistiki açıdan önemli (p<0,05) düzeyde azaldığı saptanmıştır.

Çizelge 4.3.21. Farklı ozon uygulama konsantrasyonlarının yumurta kabuk a* renk parametresi üzerine etkisi

Uygulama	Kabuk a*
KNT	-0,61±0,06a
2 ppm	-0,53±0,06b
4 ppm	-0,49±0,06c
6 ppm	-0,45±0,07d

^{a-d} Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (p < 0.05).

Çizelge 4.3.22'te farklı ozon konsantrasyonları uygulanan yumurtaların 5 haftalık depolama süresince kabuk a* renk parametre değerleri verilmiştir. Depolama süresince tüm örnek gruplarında a* renk değerlerinin stabil olduğu, 5. haftada istatistiki farkın olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.3.22. Farklı ozon uygulama sonrası depolama süresinin yumurta kabuk a* renk parametresi üzerine etkisi

Depolama Süresi (Hafta) / Kabuk a*					
0.HAFTA	1.HAFTA	2.HAFTA	3.HAFTA	4.HAFTA	5.HAFTA
-0,49±0,07A	-0,50±0,08A	-0,49±0,08A	-0,49±0,09A	-0,52±0,08A	-0,56±0,07B

^{A-B} Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (p < 0.05).

Çizelge 4.3.23'te farklı ozon konsantrasyonlarının yumurtaların kabuk b* renk parametre değerlerine etkileri verilmiştir. Ozon uygulamalarında artan konsantrasyonakarı

kabuk b* değerlerinin (sarılık) istatistiki açıdan önemli ($p<0,05$) düzeyde azaldığı saptanmıştır.

Çizelge 4.3.23. Farklı ozon uygulama konsantrasyonlarının yumurta kabuk b* renk parametresi üzerine etkisi

Uygulama	Kabuk b*
KNT	1,59±0,11a
2 ppm	1,44±0,13b
4 ppm	1,35±0,08c
6 ppm	1,29±0,10d

^{a-d} Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır ($p < 0.05$).

Çizelge 4.3.24’de ozona farklı sürelerde muamele edilen yumurtaların kabuk b* renk parametre değerleri verilmiştir. Uygulama süresinin artışı ile b* renk değerlerinin azalma kaydettiği ve oluşan farkın istatistiki olarak önemli ($p<0,05$) olduğu belirlenmiştir. Farklı ozon uygulama sonrası depolama süresinin yumurta kabuk a renk parametresi üzerine etkisinin önemli olmadığı tespit edilmiştir.

Çizelge 4.3.24. Farklı ozon uygulama sürelerinin yumurta kabuk b* renk parametresi üzerine etkisi

Uygulama Süresi / Kabuk b*	
2 DK	5 DK
1,41±0,15A	1,38±0,14B

^{A-B} Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır ($p < 0.05$).

Çizelge 4.3.25’te farklı ozon konsantrasyonlarının yumurtaların albümin L* renk parametre değerlerine etkileri verilmiştir. Ozon uygulamalarında artan konsantrasyona karşı albümin L* parlaklık renk değerlerinin istatistiki açıdan önemli ($p<0,05$) düzeyde azaldığı saptanmıştır.

Çizelge 4.3.25. Farklı ozon uygulama konsantrasyonlarının yumurta albümin L* renk parametresi üzerine etkisi

Uygulama	Albümin L*
KNT	76,81±1,63a
2 ppm	74,76±1,88b
4 ppm	73,40±1,62c
6 ppm	71,97±1,26d

^{a-d} Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (p < 0.05).

Çizelge 4.3.26'te farklı ozon konsantrasyonları uygulanan yumurtaların 5 haftalık depolama süresince albümin L* renk parametre değerleri verilmiştir. Depolama süresince tüm örnek gruplarında L* renk parlaklık değerlerinin önemli düzeyde azaldığı belirlenmiştir.

Çizelge 4.3.26. Ozon uygulama sonrası depolama süresinin yumurta albümin L* renk parametresi üzerine etkisi

Depolama Süresi (Hafta) / Albümin L*					
0.HAFTA	1.HAFTA	2.HAFTA	3.HAFTA	4.HAFTA	5.HAFTA
73,52±2,07A	75,17±1,95B	75,54±2,00B	74,57±2,14C	72,93±1,63D	71,87±1,51E

^{A-E} Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (p < 0.05).

Çizelge 4.3.27'de ozona farklı sürelerde muamele edilen yumurtaların albümin L* renk parametre değerleri verilmiştir. Uygulama süresinin artışı ile L* renk parlaklık değerlerinin azalma kaydettiği ve oluşan farkın istatistiki olarak önemli (p<0,05) olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.3.27. Farklı ozon uygulama sürelerinin yumurta albümin L* renk parametresi üzerine etkisi

Uygulama Süresi / Albümin L*	
2 DK	5 DK
74,15±2,24A	73,66±2,28B

^{A-B} Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (p < 0.05).

BÖLÜM 4 – ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA Muhammed YÜCEER

Çizelge 4.3.28’te farklı ozon konsantrasyonlarının yumurtaların albümin a* renk parametre değerlerine etkileri verilmiştir. Ozon uygulamalarında artan konsantrasyona karşı albümin a* renk değerlerinin istatistiki açıdan önemli ($p < 0,05$) düzeyde azaldığı saptanmıştır.

Çizelge 4.3.28. Farklı ozon uygulama konsantrasyonlarının yumurta albümin a* renk parametresi üzerine etkisi

Uygulama	Albümin a*
KNT	-3,82±0,43a
2 ppm	-4,13±0,46b
4 ppm	-4,22±0,48bc
6 ppm	-4,31±0,47c

^{a-c} Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır ($p < 0.05$).

Çizelge 4.3.29’te farklı ozon konsantrasyonları uygulanan yumurtaların 5 haftalık depolama süresince albümin a* renk parametre değerleri verilmiştir. Depolama süresince tüm örnek gruplarında a* renk değerlerinin önemli düzeyde arttığı belirlenmiştir.

Çizelge 4.3.29. Farklı ozon uygulama sonrası depolama süresinin yumurta albümin a* renk parametresi üzerine etkisi

Depolama Süresi (Hafta) / Albümin a*					
0.HAFTA	1.HAFTA	2.HAFTA	3.HAFTA	4.HAFTA	5.HAFTA
-4,63±0,25A	-4,48±0,31A	-4,05±0,47B	-3,94±0,40B	-3,96±0,44B	-3,87±0,46B

^{A-B} Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır ($p < 0.05$).

Çizelge 4.3.30’te farklı ozon konsantrasyonları uygulanan yumurtaların 5 haftalık depolama süresi boyunca albümin b* renk parametre değerleri verilmiştir. Depolama süresince tüm örnek gruplarında b* renk değerlerinin önemli düzeyde azaldığı belirlenmiştir.

Çizelge 4.3.30. Farklı ozon konsantrasyonlarının yumurtanın depolama süresi boyunca albümin b* renk parametresi üzerine etkisi

		Depolama Süresi / Albümin b*					
		0.HAFTA	1.HAFTA	2.HAFTA	3.HAFTA	4.HAFTA	5.HAFTA
KNT		11,96±0,5	9,99±0,52	9,36±0,63	8,96±0,87	9,09±0,71	8,15±0,82
		Aa	Ba	BCa	BCa	BCa	Ca
2 ppm		9,67±0,60	8,53±0,96	8,16±0,76	7,67±0,84	7,81±0,52	7,90±0,46
		Ab	Bb	Bab	Bab	Bab	Bab
4 ppm		8,82±0,54	7,49±0,42	7,40±0,75	7,15±0,79	7,01±0,91	7,02±0,76
		Ab	Bbc	Bbc	Bbc	Bbc	Bab
6 ppm		7,55±0,48	7,11±0,42	6,82±0,64	6,30±0,40	6,29±0,38	6,54±0,40
		Ac	ABc	ABc	Bc	Bc	ABb

^{A-C} Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (p < 0.05).

^{a-c} Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (p < 0.05).

Çizelge 4.3.31’te farklı ozon konsantrasyonlarının yumurtaların sarı L* renk parametre değerlerine etkileri verilmiştir. Ozon uygulamalarında artan konsantrasyona karşı sarı L* renk parlaklık değerlerinin istatistiki açıdan önemli (p<0,05) düzeyde arttığı saptanmıştır.

Çizelge 4.3.31. Farklı ozon uygulama konsantrasyonlarının yumurta sarısı L* renk parametresi üzerine etkisi

Uygulama	Sarı L*
KNT	55,29±1,02a
2 ppm	56,26±1,41b
4 ppm	56,52±1,30bc
6 ppm	56,75±1,27c

^{a-c} Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (p < 0.05).

Çizelge 4.3.32’te farklı ozon konsantrasyonları uygulanan yumurtaların 5 haftalık depolama süresince sarı L* renk parametre değerleri verilmiştir. Depolama süresince tüm örnek gruplarında L* renk parlaklık değerlerinin önemli düzeyde azaldığı belirlenmiştir.

BÖLÜM 4 – ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA Muhammed YÜCEER

Çizelge 4.3.32. Farklı ozon uygulama sonrası depolama süresinin yumurta sarısı L* renk parametresi üzerine etkisi

Depolama Süresi (Hafta) / Sarı L*					
0.HAFTA	1.HAFTA	2.HAFTA	3.HAFTA	4.HAFTA	5.HAFTA
55,28±0,77A	57,57±0,98B	57,91±0,94B	56,55±0,96C	55,74±0,74A	55,20±0,76D

^{A-D} Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (p < 0.05).

Çizelge 4.3.33’de farklı ozon konsantrasyonlarının yumurtaların sarı a* renk parametre değerlerine etkileri verilmiştir. Ozon uygulamalarında artan konsantrasyona karşı sarı a* renk değerlerinin istatistiki açıdan önemli (p<0,05) düzeyde azaldığı saptanmıştır.

Çizelge 4.3.33. Farklı ozon uygulama konsantrasyonlarının yumurta sarısı a* renk parametresi üzerine etkisi

Uygulama	Sarı a*
KNT	2,83±0,54a
2 ppm	2,45±0,45b
4 ppm	2,03±0,69c
6 ppm	1,49±0,77d

^{a-d} Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (p < 0.05).

Çizelge 4.3.34’te ozona farklı sürelerde muamele edilen yumurtaların sarı a* renk parametre değerleri verilmiştir. Uygulama süresinin artışı ile a* renk değerlerinin azalma kaydettiği ve oluşan farkın istatistiki olarak önemli (p<0,05) olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.3.34. Farklı ozon uygulama sürelerinin yumurta sarısı a* renk parametresi üzerine etkisi

Uygulama Süresi / Sarı a*	
2 DK	5 DK
2,22 ±0,80A	2,00±0,77B

^{A-B} Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (p < 0.05).

Çizelge 4.3.30’te farklı ozon konsantrasyonları uygulanan yumurtaların 5 haftalık depolama süresi boyunca sarı b* renk parametre değerleri verilmiştir. Depolama süresince tüm örnek gruplarında b* renk değerlerinin önemli düzeyde artış kaydettiği belirlenmiştir.

Çizelge 4.3.35. Farklı ozon konsantrasyonlarının yumurtanın depolama süresi boyunca sarı b* renk parametresi üzerine etkisi

	Depolama Süresi / Sarı b*					
	0.HAFTA	1.HAFTA	2.HAFTA	3.HAFTA	4.HAFTA	5.HAFTA
KNT	30,74±0,72Aa	34,19±0,60Ba	37,65±0,87Ca	39,88±0,92Da	41,73±0,77Ea	43,38±0,48Fa
2 ppm	31,88±0,60Aab	36,49±0,58Bb	39,69±0,35Cb	40,67±0,76Cab	42,87±0,42Dab	44,05±0,99Eab
4 ppm	32,36±0,92Ab	36,89±0,71Bb	40,16±0,73Cb	41,17±0,91Cab	43,04±0,77Db	44,31±0,76Eab
6 ppm	32,77±0,74Ab	37,15±0,70Bb	60,61±0,93Cc	41,52±0,44Cb	42,92±0,83Dab	44,70±0,75Eb

^{A-F} Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (p < 0.05).

^{a-d} Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (p < 0.05).

4.3.8. Kabukta kırılma direnci (kabuk mukavemet)analizi

Yumurtanın üretim sonrası pazarlanması ve nakliyesinde yapısal bütünlüğünün korunması tüketici beğenisi ve ekonomik açıdan önem arz etmektedir. Farklı ozon uygulamalarının yumurta kabuğuna etkisi Çizelge 4.3.36’da verilmiş olup, kontrol grubu ve tüm uygulamalar arasındaki farkın istatistiksel açıdan önemli olduğu saptanmış ve ozon uygulamasının yumurtanın üst taraf kabuk mukavemetini azalttığı tespit edilmiştir. Fuhrmann ve ark. (2010) ozon uygulamasının yumurta kabuğu kutikula tabakasına zarar verdiği ve kutikulanın fonksiyonel etkisinin ortadan kaldırıldığı ayrıca yumurtanın kabuğuna zarar verebileceğini ifade etmiştir.

Çizelge 4.3.36. Farklı ozon uygulama konsantrasyonlarının yumurtanın kabuk mukavemeti-üst üzerine etkisi

Uygulama	Kabuk Mukavemet- Üst
KNT	4,13±0,20a
2 ppm	3,72±0,19b
4 ppm	3,35±0,18c
6 ppm	3,00±0,17d

^{a-d} Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (p < 0.05).

Çizelge 4.3.37’de farklı depolama sürelerinin yumurta kabuğunun üst kısmı mukavemeti üzerine etkisi incelenmiştir. Buna göre başlangıç, 1. ve 2. hafta uygulamaları arasındaki fark önemli iken, 2, 3 ve 4. haftalar benzer ve 3, 4 ve 5. haftanın yine farksız olduğu ayrıca 1, 2 ve 5. haftanın aralarındaki farkın önemli ($p < 0,05$) olduğu bildirilmiştir. Bu durumun depolama süresince yumurta kabuğunun mukavemetinin depolamaya bağlı olarak zayıflaması olarak izah edilebilmektedir.

Çizelge 4.3.37. Farklı ozon uygulama sonrası depolama süresinin yumurta kabuk mukavemeti-üst üzerine etkisi

Depolama Süresi (Hafta) / Kabuk Mukavemet- Üst					
0.HAFTA	1.HAFTA	2.HAFTA	3.HAFTA	4.HAFTA	5.HAFTA
3,63±0,48A	3,59±0,42A	3,49±0,40B	3,42±0,39BC	3,40±0,38BC	3,32±0,39C

^{A-C} Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır ($p < 0.05$).

Çizelge 4.3.38’de farklı ozon uygulama sürelerinin yumurta kabuğunun üst kısmı mukavemeti üzerine etkisi incelenmiştir. Artan ozon uygulama süresi ile kabuk mukavemetinin önemli oranda azaldığı tespit edilmiştir.

Çizelge 4.3.38. Farklı ozon uygulama sürelerinin yumurta kabuk mukavemeti-üst üzerine etkisi

Uygulama Süresi / Kabuk Mukavemet- Üst	
2 DK	5 DK
3,54±0,39A	3,40±0,44B

^{A-B} Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır ($p < 0.05$).

Çizelge 4.3.39’da farklı ozon konsantrasyonlarının yumurta kabuk alt kısmı mukavemetine etkisi verilmiştir. Kontrol grubu ve tüm uygulamalar arasındaki farkın istatistiksel açıdan önemli olduğu saptanmış ve ozon uygulamasının yumurtanın üst taraf kabuk mukavemetini azalttığı tespit edilmiştir.

Çizelge 4.3.39. Farklı ozon uygulama konsantrasyonlarının yumurtanın kabuk mukavemeti-alt üzerine etkisi

Uygulama	Kabuk Mukavemeti- Alt
KNT	4,11±0,23a
2 ppm	3,66±0,24b
4 ppm	3,49±0,28c
6 ppm	3,31±0,27d

^{a-d} Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır ($p < 0.05$).

Çizelge 4.3.40'da farklı depolama sürelerinin yumurta kabuğunun alt kısmı mukavemeti üzerine etkisi incelenmiştir. Buna göre başlangıç, 0, 1 ve 2. hafta uygulamaları arasındaki fark önemsiz iken, 4 ve 5. haftanın 0, 1 ve 2. haftadan farklı olduğu ayrıca 2, 3 ve 4, 5. haftanın kendi aralarındaki farkın önemsiz ($p < 0,05$) olduğu bildirilmiştir. Bu durumun depolama süreci ile yumurta kabuğunun mukavemetinin zayıflaması olarak izah edilmektedir.

Çizelge 4.3.40. Farklı ozon uygulama sonrası depolama süresinin yumurta kabuk mukavemeti-alt üzerine etkisi

Depolama Süresi (Hafta) / Kabuk Mukavemet- Alt					
0.HAFTA	1.HAFTA	2.HAFTA	3.HAFTA	4.HAFTA	5.HAFTA
3,74±0,39A	3,68±0,34AB	3,62±0,37ABC	3,532±0,34BC	3,47±0,36C	3,46±0,30C

^{A-C} Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır ($p < 0.05$).

Çizelge 4.3.40'da farklı ozon uygulama sürelerinin yumurta kabuğunun alt kısmı mukavemeti üzerine etkisi incelenmiştir. Artan ozon uygulama süresi ile kabuk mukavemetinin önemli oranda azaldığı tespit edilmiştir.

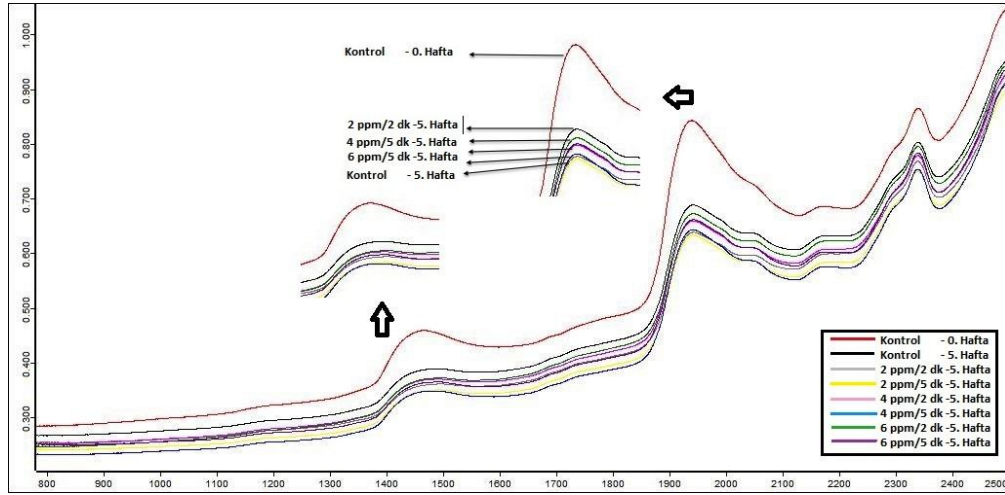
Çizelge 4.3.41. Farklı ozon uygulama sürelerinin yumurta kabuk mukavemeti-alt üzerine etkisi

Uygulama Süresi / Kabuk Mukavemeti- Alt	
2 DK	5 DK
3,62±0,35A	3,53±0,37B

^{A-B} Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır ($p < 0.05$).

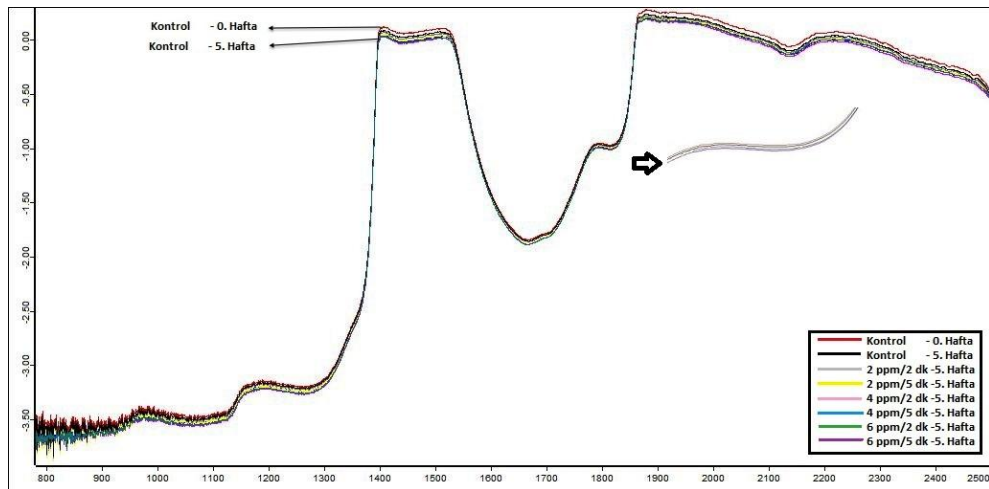
4.3.9. FT-NIR spektroskopideğerleri

FT-NIR gibi alternatif teknikler ve kullanımı üzerine yumurtaya hasar verilmeden yapılan dış analizlere olan ilgi sonucu birçok çalışma gerçekleştirilmiştir (Abdel-Nour, 2008; Giunchi ve ark., 2008; Zhao ve ark., 2010; Lin ve ark., 2011). Farklı konsantrasyon ve sürelerde ozona maruz bırakılan yumurtaların FT-NIR spektra eğrilerinde farklılıklar meydana gelmiştir. Şekil 4.3.1.; 4.3.2. ve 4.3.3'te elde edilen değerler verilmiştir.



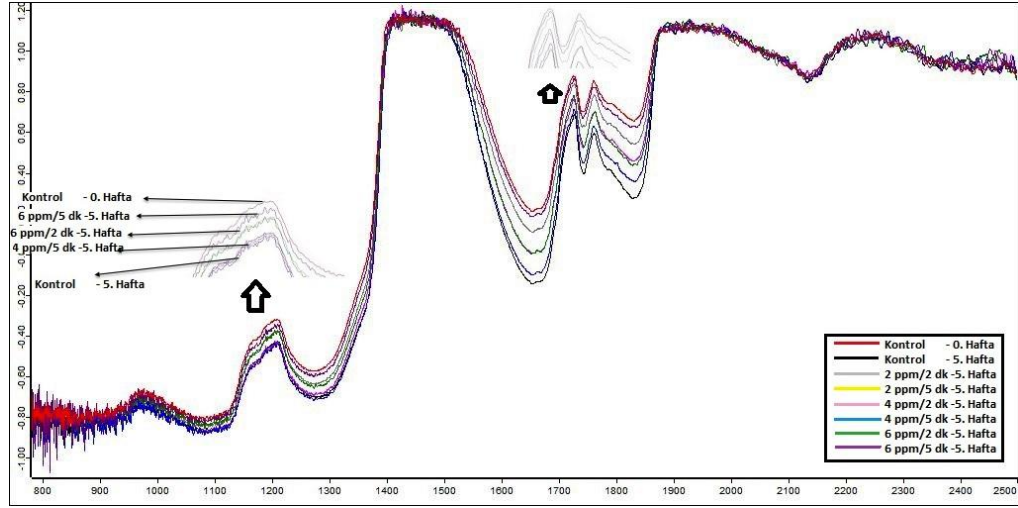
Şekil 4.3.1. Ozon ile muamele edilen yumurtaların kabuklarının depolamanın ilk ve son haftasında FT-NIR yansımaya spektrası'na etkisi.

Farklı ozon konsantrasyonlarının uygulandığı çalışmada 0. hafta kontrol grubu yumurtaların tazelik açısından en yüksek yansımaya absorbans değerini sağladığını ve depolamanın sonunda ise en düşük absorbans değerini 5. hafta kontrol grubuna ait olduğu saptanmıştır (Şekil 4.3.1).



Şekil 4.3.2. Ozon ile muamele edilen yumurtaların albüminin depolamanın ilk ve son haftasında FT-NIR iletim spektrası'na etkisi.

Farklı ozon konsantrasyonlarının uygulandığı çalışmada kabukta elde edilen sonuca benzerlik göstermiştir. 0. hafta kontrol grubu yumurtaların tazelik açısından en yüksek iletim absorbans değerini sağladığını ve depolamanın sonunda ise en düşük absorbans değerini 5. hafta kontrol grubuna ait olduğu saptanmıştır (Şekil 4.3.1).



Şekil 4.3.3. Ozon ile muamele edilen yumurtaların sarısının depolamanın ilk ve son haftasında depolamanın ilk haftasındaki FT-NIR iletim spektrası'na etkisi.

4.3.10. Mikrobiyolojik analizler

4.3.10.1. Toplam mezofilik aerobik bakteri Sayımı analiz değerleri

Ozon, uzun yıllardır bilinen ve dezenfektan amacıyla kullanılan güçlü oksidant etkiye sahip olup, yumurta yüzeyindeki bakterilerin hücre duvarını okside ederek inaktive ettiği bilinmektedir. Böylece mikroorganizmanın hücre duvarının geçirgenliği artmakta ve yaşamını yitirmektedir. Ozonun inaktivasyon etkisi sadece bakteriler ile sınırlı olmayıp küf, maya, protozoa ve virüsleri de kapsamaktadır (Cataldo, 2003; Güzel-Seydim ve ark., 2004a; Fuhrmann ve ark., 2010; Kamotani ve ark., 2010; Perry ve Yousef, 2011). Yumurtanın kendisini dış etkenlerden koruması için kutikula zarı adı verilen birincil koruma mekanizması ve yumurtaya bakteri geçişi ile ağırlık kaybında bariyer görevi olan kutikula zarı ozon ile okside olmaktadır. Ayrıca kutikula zarı yumurtanın follluğa ulaşmasından itibaren 48 saat içerisinde işlevini yitirmektedir (Fuhrmann ve ark., 2010).

Ozon ile yapılan bir çalışmada ağırlıkça % 3,03 ozon ile 2 saat muamele edilen yumurtalarda TMAB değerlerinde 2,5 log düşüm elde edildiği ifade edilmiştir (Whistler ve Sheldon, 1989a). Ozon ile yapılan dezenfeksiyon işlemlerinde uygulamada kullanılan

ozon konsantrasyonu ve muamele süresinin önemli olduğu bildirilmiştir (Braun ve ark., 2011). Çizelge 4.3.42’de farklı konsantrasyonlarda ozona maruz bırakılan yumurtaların yüzeylerindeki flora verilmiştir. Buna göre uygulama öncesi (kontrol grubu) yumurtanın yüzeyindeki TMAB değeri 2,71 ve 2,73 log kob/yumurta iken ozon uygulamasından sonra sayım değerleri 2 ppm’de 2 dk’da 2,42; 2 ppm’de 5 dk’da 2,38log kob/yumurta; 4 ppm 2 dk’da 2,28log kob/yumurta; 4 ppm 5 dk’da 2,21; 6 ppm 2 dk’da 2,09log kob/yumurta ve 6 ppm 5 dk’da ise 1,84 log kob/yumurtaolarak 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 TMAB’a etkisi istatistiki olarak anlamlı ($p>0,05$) bulunmamıştır. Ozon uygulamasının yumurta yüzeyindeki toplam flora üzerinde 0,31 ile 0,89 log arasında düşüm sağladığı belirlenmiştir. Elde edilen verilerin daha önce yapılan çalışmalar ile uyumlu olduğu görülmüştür (Whistler ve Sheldon, 1989a). Depolama sonrası yumurtaların TMAB değerlerinde yumurtada gelişen fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik değişimlere bağlı olarak artış kaydedilmiştir.

Çizelge 4.3.42. Farklı ozon konsantrasyonlarının depolama süresi boyunca yumurtanın toplam mezofil aerobik bakterisi (TMAB) sayımı (log kob/yumurta) üzerine etkisi

Depolama Süresi (Hafta) / Uygulama Süresi (Dk) / Yumurta TMAB sayımı																
0.HAFTA		1.HAFTA			2.HAFTA			3.HAFTA			4.HAFTA			5.HAFTA		
2 DK	5 DK	2 DK	5 DK	2 DK	5 DK	2 DK	5 DK	2 DK	5 DK	2 DK	5 DK	2 DK	5 DK	2 DK	5 DK	
KN ¹	2,73±0,08	2,84±0,06	2,87±0,08	3,01±0,08	2,98±0,04	3,26±0,05	3,24±0,06	3,42±0,07	3,42±0,07	3,42±0,09	3,77±0,05	3,82±0,09				
	AaI	AaI	BaI	BaI	BaI	BaI	BaI	CaI	CaI	DaI	EaI	EaI				
2 ppm	2,42±0,03	2,38±0,05	2,57±0,03	2,51±0,03	2,64±0,03	2,74±0,03	2,73±0,07	2,85±0,05	2,82±0,07	2,82±0,07	2,96±0,07	2,94±0,06				
	AaII	AaII	BaII	BaII	BaII	CaII	CaII	DaII	DaII	DaII	EaII	EaII				
4 ppm	2,28±0,04	2,21±0,05	2,44±0,05	2,40±0,08	2,64±0,06	2,71±0,05	2,69±0,03	2,78±0,08	2,78±0,08	2,78±0,05	2,86±0,08	2,82±0,05				
	AaIII	AaIII	BaIII	BaIII	CaIII	CDaII,III	DaII	DEaII,III	DEaII,III	DEaII	EaIII	EaIII				
6 ppm	2,09±0,11	1,84±0,09	2,26±0,04	1,99±0,08	2,37±0,07	2,64±0,06	2,53±0,06	2,73±0,07	2,57±0,07	2,57±0,08	2,77±0,08	2,58±0,09				
	AaIV	AbIV	BaIV	BbIV	CaIII	Da III	DbIV	DEaIII	DbIV	DbIV	EaIII	DbIV				

A-E Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır, (Uygulama: sabit – Süre: sabit – Depolama: farklı) (p < 0.05).

a-b Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır, (Uygulama: sabit – Süre: farklı) (p < 0.05).

I-IV Aynı alt satırda farklı rakamla gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır, (Depolama: sabit – Süre: sabit – Uygulama: farklı) (p < 0.05).

4.3.10.2. Küf-Maya sayımı analiz değerleri

Küf ve mayalar kabukta bulunabilmekte ve yüksek nisbi rutubet içeren ortam şartlarında depolamada yumurtaların bozulmasına sebep olabilmektedir (Musgrove ve ark., 2008).

Farklı ozon konsantrasyonlarının yumurtanın küf-maya florasına etkisi ve depolama boyunca seyri Çizelge 4.3.43'ta verilmiştir. Ozon ile muamele edilmeyen yumurtalarda 2,90 log olan küf-maya sayımı, ozon ile muamele edilen yumurtalarda 1,07 ile 2,03 log arasında görülmüştür. Ozon uygulaması neticesinde yumurtanın yüzeyinde logaritmik düşüşün 6 ppm 5 dk'da 1,83 log olduğu belirlenmiştir. Diğer uygulamaların ise 0,87 ile 1,04 log kob/yumurta düşüm sağladığı belirlenmiştir. 5 haftalık depolama sonucunda, kontrol grubu yumurtalarda küf-maya sayımı 3,94-3,95 olarak tespit edilmiş olup, depolamanın yumurtanın yüzeysel küf-maya florasında yaklaşık 1 logaritmik artışa neden olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca uygulama yapılan örneklerde depolamanın etkisi ile küf-maya flora artışı 0,61 ile 0,98 arasında olduğu ve yüksek konsantrasyonda ozon uygulamasına tabii tutulan yumurta örneklerinin düşük konsantrasyonda ozon ile muamele edilen yumurtalara göre uygulama sonrasında daha hızlı küf-maya gelişmesi gözlenmiştir. Elde edilen değerler literatür verileri ile uyum göstermektedir (Güzel-Seydim ve ark., 2004b). Ozon uygulamasının muamele süreleri açısından değerlendirildiğinde 6 ppm konsantrasyonunda depolama boyunca tüm haftalarda 2 dk ile 5 dk arasında küf-maya sayımları açısından istatistiki fark ($p<0,05$) tespit edilmiş olup, aynı fark 2 ppm uygulamasının 2 ve 5. hafta depolama sürelerinde de gözlenmiştir.

Çizelge 4.3.43. Farklı ozon konsantrasyonlarının depolama süresi boyunca yumurtanın küf-maya sayımı (log kob/yumurta) üzerine etkisi

Depolama Süresi (Hafta) / Uygulama Süresi (Dk) / Yumurta Küf-Maya sayımı													
	0.HAFTA		1.HAFTA		2.HAFTA		3.HAFTA		4.HAFTA		5.HAFTA		
	2 DK	5 DK	2 DK	5 DK	2 DK	5 DK	2 DK	5 DK	2 DK	5 DK	2 DK	5 DK	
KNT	2,90±0,05	2,90±0,05	3,18±0,08	3,25±0,08	3,46±0,07	3,46±0,08	3,53±0,09	3,53±0,08	3,69±0,09	3,69±0,05	3,95±0,07	3,94±0,08	
	AaI	AaI	BaI	BaI	CaI	CaI	CaI	CDaI	DaI	DaI	EaI	EaI	
2 ppm	2,03±0,03	2,06±0,04	12,18±0,09	2,10±0,09	12,30±0,06	2,19±0,07	2,40±0,07	2,34±0,06	2,52±0,09	2,41±0,08	2,64±0,07	2,49±0,06	
	AaII	AaII	BaII	AaII	CaII	ABbII	CDaII	BaII	DEaII	CaII	EaII	CbII	
4 ppm	2,10±0,05	1,99±0,04	2,12±0,03	2,09±0,07	2,13±0,04	2,11±0,04	2,26±0,04	2,22±0,03	2,28±0,04	2,25±0,07	2,32±0,07	2,29±0,08	
	AaII	AaII	AaII	ABaII	AaIII	BaIII	BaIII	BCaIII	BaIII	CaIII	BaII,III	CaIII	
6 ppm	1,86±0,06	1,07±0,09	1,95±0,05	1,15±0,09	1,99±0,03	1,57±0,08	2,19±0,07	1,95±0,09	2,23±0,06	2,03±0,08	2,26±0,07	2,05±0,05	
	AaIII	AbIII	ABaIII	AbIII	BaIV	BbIV	CaIII	CbIII	CaIII	CbIV	CaIII	CbIV	

A^{a-z} Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır, (Uygulama: sabit – Süre: sabit – Depolama: farklı) (p < 0.05).

a^{a-b} Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır, (Uygulama: sabit – Süre: farklı) (p < 0.05).

I-IV Aynı alt satırda farklı rakamla gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır, (Depolama: sabit – Süre: sabit – Uygulama: farklı) (p < 0.05).

4.3.10.3. *S. aureus* analiz değerleri

Yumurta albümününin yapısında yer alan antimikrobiyal özelliğe sahip bileşenlerin *S. aureus*'un gelişimi üzerine inhibe etkisi araştırılmıştır (Wellman-Labadie ve ark., 2008). Yapılan bir çalışmada yumurta yüzeyindeki *S. aureus* sayım değerleri 0,7 log kob/cm²'den 15 gün sonra 1,8 log kob/cm²'ye yükselmiştir (Shenga ve ark., 2010). 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 (Edema ve Atayese, 2006; Al-Natour ve ark., 2012)

Çizelge 4.3.44'te farklı konsantrasyon ve sürelerde ozona maruz bırakılan kabuklu yumurtaların yüzey *S.aureus* değerleri verilmiştir. Ayrıca ozon uygulanan tüm yumurta örneklerinin *S. aureus* sayım değerlerinin azalttığı en çok azalma (inaktivasyon) ise 6 ppm uygulamasında 1,78 ve 1,37 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 olarak tespit edildiği gözlenmiştir. Ozon uygulamasının uygulama süre açısından değerlendirildiğinde, sadece 6 ppm uygulamasının diğer uygulama ve kontrol grubu örneklerin *S. aureus* değerlerinden istatistiki olarak farklı olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca 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.

Çizelge 4.3.44. Farklı ozon konsantrasyonlarının depolama süresi boyunca yumurtanın *S. aureus* sayımı (log kob/yumurta) üzerine etkisi

Depolama Süresi (Hafta) / Uygulama Süresi (Dk) / Yumurta <i>S. aureus</i> sayımı													
0.HAFTA		1.HAFTA		2.HAFTA		3.HAFTA		4.HAFTA		5.HAFTA			
2 DK	5 DK	2 DK	5 DK	2 DK	5 DK	2 DK	5 DK	2 DK	5 DK	2 DK	5 DK	2 DK	5 DK
2,20±0,05	2,22±0,04	2,51±0,04	2,50±0,08	2,65±0,04	2,71±0,06	2,92±0,06	2,96±0,09	3,05±0,05	3,09±0,08	3,25±0,04	3,24±0,06		
AaI	AaI	BaI	BaI	BaI	CaI	CaI	CaI	CaI	DEaI	DEaI	DEaI	DaI	EaI
2,09±0,08	2,03±0,03	2,16±0,07	2,12±0,07	2,31±0,08	2,28±0,06	2,49±0,07	2,37±0,08	2,72±0,07	2,67±0,09	2,82±0,06	2,71±0,07		
AaI,II	AaII	AaII	AaII	BaII	ABaII	CaII	BaII	DaII	CaII	DaII	CaII	DaII	CaII
2,01±0,04	1,89±0,07	2,05±0,08	2,01±0,05	2,25±0,06	2,21±0,09	2,36±0,07	2,23±0,05	2,61±0,07	2,41±0,05	2,68±0,08	2,54±0,07		
AaII	AaIII	AaII,III	AaIII	BaII	BaII	BaII	BaIII	CaII	CbIII	CaII	CaIII	CaII	CaIII
1,67±0,07	1,36±0,09	1,96±0,04	1,64±0,10	2,07±0,05	1,81±0,08	2,20±0,04	2,05±0,06	2,32±0,07	2,17±0,08	2,32±0,06	2,24±0,06		
AaIII	AbIV	BaIII	BbIII	BCaIII	CbIII	CDaIII	DbIII	DaIII	DEbIV	DaIII	EbIV	DaIII	EbIV

A-E Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır, (Uygulama: sabit – Süre: sabit – Depolama: farklı) (p < 0.05).

a-b Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır, (Uygulama: sabit – Süre: sabit – Süre: farklı) (p < 0.05).

I-IV Aynı alt satırda farklı rakamla gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır, (Depolama: sabit – Süre: sabit – Uygulama: farklı) (p < 0.05).

4.3.10.4. Enterobacteriaceae analiz değerleri

Gıdaların kalitesinin gözleminde Enterobacteriaceae popülasyonunun önemli bir yeri bulunmaktadır (Gole ve ark., 2013). Jones ve ark. (2004) tarafından yumurtanın uzun süre muhafazasında mikrobiyal florası üzerine yapılan 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 yumurta kabuğunda Enterobacteriaceae popülasyonu olarak tespit edilen bakteri grubunun %60,78 gibi büyük bir çoğunluğunun *E.coli* türü bakterilerin oluşturduğunu tespit etmiştir. Kalan yüzde ise %9,15 ile *Salmonella*, %8,49 ile *Enterobacter* yer almaktadır.

Farklı konsantrasyon ve sürelerle ozona maruz bırakılan kabuklu yumurtaların yüzey Enterobacteriaceae değerleri Çizelge 4.3.45'te 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 ($p<0,05$) olduğu saptanmıştır. Çalışmada artan muamele süresi ile tüm haftalarda uygulamalar arasındaki farkın önemli olarak tespit edildiği gözlenmiştir. Ozon uygulamasının uygulama süre açısından değerlendirildiğinde, sadece 6 ppm uygulamasının diğer uygulama ve kontrol grubu örneklerin Enterobacteriaceae değerlerinden istatistiki olarak farklı olduğu tespit edilmiştir. Depolama süresince tüm uygulama gruplarında Enterobacteriaceae değerlerindeki artış istatistiki olarak önemli ($p<0,05$) bulunmuştur. Uygulama sonrası depolanan yumurtalarda Enterobacteriaceae gelişimi kontrol grubuna göre daha yavaş gerçekleşmiştir.

Çizelge 4.3.45. Farklı ozon konsantrasyonlarının depolama süresi boyunca yumurtanın Enterobacteriaceae sayımı (log kob/yumurta) üzerine etkisi

Depolama Süresi (Hafta) / Uygulama Süresi (Dk) / Yumurta Enterobacteriaceae sayımı												
0.HAFTA		1.HAFTA		2.HAFTA		3.HAFTA		4.HAFTA		5.HAFTA		
2 DK	5 DK	2 DK	5 DK	2 DK	5 DK	2 DK	5 DK	2 DK	5 DK	2 DK	5 DK	
2,44±0,05	2,50±0,04	2,62±0,07	2,68±0,06	2,77±0,04	2,70±0,05	2,80±0,04	2,79±0,05	2,85±0,08	2,85±0,08	3,02±0,04	3,00±0,05	
AaI	AaI	BaI	ABaI	BCaI	BaI	BCaI	BaI	CaI	CaI	DaI	DaI	
2,18±0,06	2,17±0,04	2,23±0,07	2,13±0,09	2,34±0,04	2,31±0,06	2,49±0,07	2,49±0,03	2,56±0,08	2,50±0,07	2,73±0,07	2,67±0,0	
AaII	AaII	ABaII	AaII	BaII	ABaII	CaII	CaII	CaII	CaII	DaII	7DaII	
2,11±0,06	2,05±0,07	2,18±0,07	2,14±0,07	2,28±0,06	2,30±0,05	2,45±0,08	2,39±0,09	2,49±0,09	2,44±0,04	2,54±0,08	2,52±0,0	
AaII	AaII	ABaII	AaII	BaII	BaII	CaII	BCaII	CaII,III	CaII	CaIII	7CaIII	
1,78±0,09	1,37±0,11	2,14±0,04	1,95±0,07	2,25±0,07	2,02±0,04	2,37±0,09	2,14±0,07	2,42±0,08	2,17±0,08	2,45±0,09	2,26±0,0	
AaIII	AbIII	BaII	BbIII	BCaII	CbIII	CDaII	CDbIII	DaIII	DbIII	DaIII	7DbIV	

^{A-D} Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır, (Uygulama: sabit – Süre: sabit – Depolama: farklı) (p < 0.05).

^{a-b} Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır, (Uygulama: sabit – Süre: sabit – Süre: farklı) (p < 0.05).

^{i-iv} Aynı alt satırda farklı rakamla gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır, (Depolama: sabit – Süre: sabit – Uygulama: farklı) (p < 0.05).

4.3.10.5. Salmonella analizi

Rodriguez-Romo ve Yousef (2005) tarafından yapılan çalışmada UV ve ozonun kombine edilerek kabuklu yumurtaya uygulanmasında *Salmonella enterica* serotip Enteritidis 4,6 log inaktivasyon elde edildiği bildirilmiştir. Farklı konsantrasyon ve sürelerde ozon ile muamele edilen yumurtaları kapsayan çalışmanın kontrol ve uygulama örneklerinde *Salmonella* spp. saptanmamıştır.

4.4. Ultrases Uygulamasının Yumurtanın Kalitesi Üzerine Etkisi**4.4.1. Ağırlık kaybı değerlendirmesi**

Yumurta kabuğu yüzeyinde bulunan porlar ile su buharı ve CO₂ kaybına bağlı olarak depolama boyunca yumurta ağırlığı azalmaktadır (Stadelman, 1995; Scott ve Silversides, 2000). Yumurtaya uygulanan yıkama işleminin kütikula zarı üzerinde geri dönüşümsüz hasarlara yol açmadığı bildirilmiştir (Leleu ve ark., 2011b). Gıda endüstrisinde yaygın şekilde uygulanmaya başlanan ultrases tekniğinin yumurta üzerindeki etkisi kavitasyon oluşumu, türbülans, kayma gerilmesi ve dinamik ajitasyon şeklinde olup, yumurtada bir çok fiziksel ve kimyasal değişimlere yol açtığı bildirilmiştir (Arzeni ve ark., 2012). FAO(2003),% 2-3 gibibir ağırlık kaybı piyasada yumurtalar için yaygın olup,tüketiciler fark edemezler.

Yapılan çalışmalarda 140 W ve 35 kHz'de 5, 10 ve 15 dk süre ile ultrases dalgalarına maruz bırakılan damızlık yumurtalarda 33°C'de 14 gün muhafaza sonrası, kontrol grubundanda %10,78; 5 dk uygulamada %10,37; 10 dk uygulamada %10,52 ve 15 dk ultrases uygulamada ise %10,42 ağırlık kaybı belirlenmiştir. Ultrases uygulamasının damızlık yumurtalarda inkübasyon süresince ağırlık kaybını etkilemesinin istatistiki açısından önemli olmadığı ifade edilmiştir (Aygün ve Sert, 2012). Ultrases uygulamasının damızlık yumurtalarda kütikula zarına zarar vermediği ve bu zar üzerinde olumsuz bir etki oluşturmadığı ayrıca ağırlık kaybının kontrol grubundan daha yüksek olmaması, ultrasesin özellikle porlar aracılığıyla meydana gelen su kaybını arttırmadığı bildirilmiştir (Peebles ve ark., 1998; Aygün ve Sert, 2012). Aynı şekilde yapılan bir başka çalışmada kütikula zarının termoultrases uygulamasından etkilenmediği ve kontrol grubu ile uygulama grubu arasında ağırlık farkı açısından istatistiksel bir farklılık bulunmadığı ifade edilmiştir (Cabeza ve ark., 2011). Ultrasesin ağırlık kaybı üzerine etkisini inceleyen başka bir çalışmada, 35 kHz'de 5, 15 ve 30 dk ultrases dalgalarına maruz bırakılan yumurtaların depolama (1-7-14 gün 22°C'de) sonucunda yumurtaki

ağırlık kaybının kontrol, 5 dk, 15 dk ve 30 dk uygulamalarında sırası ile; %4,64; %4,48; %4,40 ve %4,34 olarak meydana geldiği görülmüştür (Sert ve ark., 2013).

Ultras es uygulamasının ağırlık kaybına etkisi depolama boyunca istatistiki önemlilik göstermiştir. Ağırlık kaybı üzerine ultras es uygulamasının etkisi ilk haftada (%1,29 - %1,99), 2. haftada (%2,66 ve %3,30), 3. haftada (%4,25-5,32) 4. haftada (%5,39-6,64) ve 5. haftada (%6,48-%8,39) şeklinde değişmiştir. (Çizelge 4.4.1). Fakat, farklı ultras es güç (200, 300 ve 450 W) uygulamalarının depolama süresince ağırlık kaybına etkisinin istatistiksel açıdan farklı olmadığı tespit edilmiştir (Çizelge 4.4.1).

Çizelge 4.4.1. Farklı ultras es uygulamalarının depolama süresi boyunca yumurta ağırlık kaybı değerleri üzerine etkisi

Depolama Süresi / Ağırlık Kaybı					
	1.HAFTA	2.HAFTA	3.HAFTA	4.HAFTA	5.HAFTA
KNT	1,99±0,32Aa	3,30±0,46Ba	5,32±0,46Ca	6,64±0,61Da	8,39±0,46Ea
200 W	1,29±0,25Aa	2,86±0,45Ba	4,35±0,62Cb	5,53±0,73Db	6,72±0,77Eb
300 W	1,37±0,29Aa	2,66±0,36Ba	4,29±0,67Cb	5,46±0,60Db	6,51±0,85Eb
450 W	1,40±0,20Aa	2,68±0,32Ba	4,25±0,58Cb	5,39±0,63Db	6,48±0,65Eb

^{A-E} Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (p < 0.05).

^{a-b} Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (p < 0.05).

Ultras es uygulamasında farklı muamele sürelerinin yumurtanın ağırlık kaybı üzerine etkisine Çizelge 4.4.2’de yer verilmiştir. Farklı (200, 300 ve 450 W) uygulama gruplarının farklı (2 dk ve 5 dk) muamele sürelerinde yumurtanın ağırlık kaybı üzerine etkileri sırası ile 2 dk için; 4,09-4,23 iken, 5. dk için ise 4,14-4,92 olarak belirlenmiştir. Ultras es uygulama sürelerinin yumurtanın ağırlık kaybı üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (Çizelge 4.4.2). Uygulama gruplarının ağırlık kaybına etkisi ise istatistiki olarak kontrol grubundan istatistiksel olarak farklı (p<0,05) olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.4.2). Bu çalışmalarda ultras es uygulamasında kullanılan zamanın ağırlık kaybı üzerine istatistiksel olarak önemli olup, Sert ve ark. (2013) bildirdiği sonuçlarla da uyumludur. Artan uygulama süresi ile ağırlık kaybının artmasında Ultras esin kavitasyon etkisinin ilgili olabileceği düşünülmektedir.

Çizelge 4.4.2. Farklı ultrases uygulamalarının depolama süresi boyunca yumurta ağırlık kaybı değerleri üzerine etkisi

	Uygulama Süresi / Ağırlık Kaybı	
	2 DK	5 DK
KNT	4,98±1,30Aa	5,06±1,16Aa
200 W	4,09±2,06Ab	4,14±2,02Bb
300 W	4,13±2,08Ac	4,89±1,80Bc
450 W	4,23±1,98Ad	4,92±1,82Bd

^{A-B} Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır ($p < 0.05$).

^{a-d} Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır ($p < 0.05$).

4.4.2. Haugh birimi ve sarı indeksi analizi

Tavukçuluk endüstrisinde Haugh birimi yumurta albümininin kalitesinin tayini amacıyla kullanılmakta olup, yumurtanın tazeliğinin belirlenmesinde en önemli kalite kriteri olarak değerlendirilmektedir (Sert ve ark., 2013). Yumurtanın depolanması ile meydana gelen albümin pH'ın artması ve viskozitenin azalması sonuç Haugh biriminde düşme kaydedildiği ifade edilmiştir (Kirunda ve McKee, 2000).

35 kHz ultrases 5, 15 ve 30 dk uygulandığı bir çalışmada yumurtaların Haugh birimi değerleri kontrol ve uygulama gruplarında 1. gün sonunda kontrol 63,21 iken; 5 dk 64,41; 15 dk 66,02 ve 30 dk 67,93 olarak tespit edilmiştir. Kontrol ve 5 dk uygulamasının birbirinden farksız iken, 15 dk ve 30 dk uygulamalarının birbirlerinden ve diğer uygulamalardan istatistiki olarak farklı oldukları ifade edilmiştir (Sert ve ark., 2013). 14. Gün sonunda kontrol 50,52 iken; 35 kHz de 5 dk 49,97; 15 dk 53,14 ve 30 dk 55,98 olup, kontrol ve 35 kHz 5 dk uygulamasının birbirinden istatistiksel olarak farksız, 30 dk uygulamasının hepsinden farklı oldukları belirtilmiştir (Sert ve ark., 2013). Depolama boyunca Haugh birimleri tüm uygulamalarda azalmakla beraber, kontrol ve 30 dk uygulamalarında HB birimindeki azalmanın önemsiz olduğu ancak 5 dk ve 15 dk uygulamalarda haftalık dağılımlar arasındaki farkın önemli ($p < 0,05$) olduğu tespit edilmiştir (Sert ve ark., 2013). Sonuç olarak literatür çalışmalarında ultrases uygulamasının yumurtanın Haugh birim değerleri üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli olduğu çeşitli çalışmalarda bildirilmiştir (Sert ve ark., 2011; Sert ve ark., 2013).

Farklı ultrases dalga ve uygulama sürelerinin yumurtanın HB değeri üzerine etkisi Çizelge 4.4.3'te verilmiştir. Yapılan bu çalışmada uygulamaları takip eden ölçümlerde (0.hafta) kontrol grubu yumurtaların 200 W uygulama grubu HB değerleri arasında istatistiki olarak fark bulunmamış ($p>0,05$) ayrıca 200 W, 300 W ve 450 W uygulamalarının arasındaki farkın istatistiki açıdan önemli olduğu belirlenmiştir. Depolamanın 3. haftası itibariyle kontrol ve tüm uygulama grupları arasında istatistiksel açıdan birbirinden farklı bulunurken, uygulamalar arasındaki farkın istatistiki açıdan 5. haftaya kadar önemli olmadığı ve bu haftada uygulama grupları 'A' sınıfını muhafaza ederken, kontrol grubunun 'B' sınıfına kadar düştüğü saptanmıştır. Ancak depolamanın 6. haftasında 200 ve 300 W uygulamaları arasındaki farkın önemli olmadığı, kontrol grubunun uygulamalardan farklı olduğu belirlenmiştir. Ayrıca 450 W uygulamasının kontrol ve diğer uygulama gruplarından farklı olduğu ve en yüksek HB değerlerine sahip olduğu gözlemlenmiştir.

Çizelge 4.4.3. Farklı ultrases uygulamalarının depolama süresi boyunca yumurta Haugh birimi değerleri üzerine etkisi

Depolama Süresi (Hafta) / Haugh Birimi							
	0.HAFTA	1.HAFTA	2.HAFTA	3.HAFTA	4.HAFTA	5.HAFTA	6.HAFTA
KNT	78,81(AA)	75,94(AA)±	72,93(A)±0,	67,79(A)±	65,81(A)±	58,00(B)±	46,77(B)±
	±0,80Aa	0,23Ba	36Ca	0,56Da	0,42Ea	0,34Fa	0,62Ga
200 W	79,35(AA)	76,55(AA)±	73,70(AA)±	71,30(A)±	68,89(A)±	62,58(A)±	51,68(B)±
	±0,35Aa	0,35Ba	0,35Cab	0,35Db	0,72Eb	0,69Fb	0,70Gb
300 W	80,53(AA)	76,60(AA)±	73,87(AA)±	71,65(A)±	68,92(A)±	62,49(A)±	52,27(B)±
	±0,66Ab	0,27Bab	0,48Cb	0,39Db	0,26Eb	0,58Fb	0,58Gb
450 W	81,27(AA)	76,89(AA)±	73,98(AA)±	71,77(A)±	69,16(A)±	62,67(A)±	53,38(B)±
	±0,54Ac	0,32Bb	0,38Cb	0,32Db	0,52Eb	0,50Fb	0,68Gc

^{A-G} Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır ($p < 0.05$).

^{a-c} Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır ($p < 0.05$).

*Sınıflandırma - HB >72 'AA' kalite; 72-60 'A' kalite, 59-31 'B' kalite; <30 'C' kalite olarak tasnif edilebilir (Anonim, 2001).

Sarı indeksi, yumurta kalitesinin tayininde tazeliğinin bir göstergesi olan, uygulamada yumurta sarısı genişliğinin yüksekliğine olan oranı şeklinde bildirilmektedir (Stadelman, 1995; Torrico ve ark., 2011a). Farklı güçte ultrases işlemine tabii tutulan yumurtaların sarı indeksi değerleri Çizelge 4.4.4'te verilmiştir. Başlangıçta kontrol ve

ultrases uygulama örneklerinin sarı indeksi değerleri istatistiksel olarak benzer bulunmuş ve depolamanın 2. haftasından itibaren kontrol ile uygulama grupları arasındaki fark önemli ($p < 0,05$) bulunmuştur. Ultrases uygulaması yapılan örneklerde (200, 300 ve 450 W) depolama sonunda sarı indeksi değerleri sırası ile 0,28; 0,28 ve 0,29 olarak tespit edilirken kontrol grubunda 0,25 olarak belirlenmiştir. Depolamanın son haftasında kontrol grubunun uygulama gruplarından ve 450 W uygulama grubunun da diğer iki uygulama (200 ve 300 W) grubundan sarı indeksi değeri açısından istatistiki olarak farklı olduğu saptanmıştır. Sert ve ark. (2013) tarafında yapılan çalışmada yumurtalar 35 kHz ultrases gücünde 5, 15 ve 30 süre ile muamele sonrasında sarının genişliğinde artış kaydedildiği bildirilmiştir. Ayrıca yapılan analizler sonucunda sarı yüksekliğinin 30 dk uygulamanın diğer gruplara göre daha fazla olduğu saptanmış ve ultrases uygulamasının yumurtanın sarısının yüksekliğini daha yüksek olduğu fakat istatistiki açıdan önemli olmadığı bildirilmiştir. Literatür sonuçları ile çalışmada elde edilen bulguların paralel olduğu görülmüştür. Farklı güç ultrases uygulama ve muamele sürelerinin depolama süresince sarı indeksi üzerine etkisi ayrı ayrı önemli ($p < 0,05$) olup, interaksiyonları önemlidir. Aygun ve Sert (2013) tarafından yapılan çalışmada sarı indeksinin 22°C’de muhafaza edilen yumurtalarda azaldığı ifade edilmiştir. Bu durumun depolamada albüminden sarıya su geçişi ile vitellin zarının genişleyerek etkisini kaybetmesi ile açıklanmaktadır (Caudill, 2007; Laca ve ark., 2010; Perry ve ark., 2011).

Çizelge 4.4.4. Farklı ultrases uygulamalarının depolama süresi boyunca yumurta sarı indeksi değerleri üzerine etkisi

Depolama Süresi (Hafta) / Sarı İndeksi							
	0.HAFTA	1.HAFTA	2.HAFTA	3.HAFTA	4.HAFTA	5.HAFTA	6.HAFTA
KNT	0,45±0,01	0,43±0,01B	0,39±0,01	0,33±0,01	0,30±0,01	0,27±0,01	0,25±0,01
	Aa	a	Ca	Da	Ea	Fa	Ga
200 W	0,46±0,01	0,43±0,01B	0,40±0,01	0,35±0,01	0,34±0,01	0,30±0,01	0,28±0,01
	Aa	ab	Cb	Db	Eb	Fb	Gb
300 W	0,47±0,01	0,44±0,01B	0,40±0,01	0,36±0,01	0,34±0,01	0,30±0,01	0,28±0,01
	Aa	b	Cb	Dbc	Eb	Fb	Gb
450 W	0,48±0,01	0,44±0,01B	0,40±0,01	0,37±0,01	0,34±0,01	0,31±0,01	0,29±0,01
	Aa	b	Cb	Dc	Eb	Fc	Gc

^{A-G} Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır ($p < 0.05$).

^{a-c} Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır ($p < 0.05$).

4.4.3. Albümin ve yumurta sarısı pH ölçümleri

Albümin pH düzeyi yumurtanın iç kalite kriterleri açısından en önemli parametrelerden birisidir (Stadelman, 1995; Shittu ve Ogunjinmi, 2011a). Taze kabuklu yumurta albümin pH'sı, CO₂ kaybına bağlı olarak, 7,5 ile 8,5 seviyesinden depolama boyunca yaklaşık 9,8'e kadar yükselbilmekte ve bu değer yumurtanın taze olup olmadığının bir göstergesi olarak kabul edilmektedir (Scott ve Silversides, 2000; Rocculi ve ark., 2009). Yapılan bu çalışmada, albümin pH'sı kontrol grubunda 8,26 ve 8,30'dan 6 hafta depolama sonunda 9,10-9,11'e kadar yükselmiş ve haftalık depolama periyotları arasındaki farkın istatistiksel açıdan önemli ($p<0,05$) olduğu belirlenmiştir. Ultrases uygulamasının yumurtanın albümin pH düzeyine etkisi Çizelge 4.4.5'te verilmiştir. Buna göre depolamanın başlangıcında 2 dk ultrases uygulaması, kontrol, 200 W ve 300 W grupları istatistiksel açıdan benzer iken, 450 W farklı ($p<0,05$) olarak belirlenmiştir. Ayrıca yine ilk günde 5 dk ultrases uygulaması, kontrol 200 W grupları arasındaki fark önemsiz ($p>0,05$) olup, 300 ve 450 W uygulamaları ise diğer gruplardan ve birbirlerinden istatistiksel olarak farklı bulunmuştur. Depolamanın 3. haftasında 2 ve 5 dk ultrases muamele gruplarının albümin pH değeri üzerine etkisi tüm gruplarda istatistiksel açıdan farklı saptanmıştır (Çizelge 4.4.5).

Sert ve ark. (2011) tarafından yapılan çalışmada 35 kHz ultrases dalgasına 5, 15 ve 30 dk süre ile maruz bırakılan yumurtaların albümin pH düzeylerinde istatistiksel olarak fark bulunmadığı bildirilmiş ve kontrol grubu örneklerin 8,6 pH'dan depolama sonrası 9,36'ya yükseldiği ifade edilmiştir. Kontrol grubundaki pH artışı yumurtanın depolama sürecinde meydana gelen kütikula zarının etkisini yitirmesi, CO₂ kaybı ve albümin viskozitesinin azalması gibi fiziksel ve kimyasal değişimlere bağlı olarak gelişmiştir. Yapılan bir başka çalışmada ise, 35 kHz ultrasese 5, 15 ve 30 statik ve dinamik olarak maruz bırakılan yumurtalarda ultrases uygulamasının albümin pH değeri üzerine etkisinin istatistiksel açıdan önemli olduğu ve 9,09 olan kontrol albümin pH'ının 5 dk uygulaması ile 9,15'e yükselirken; 15 dk uygulama ile 8,97'ye ve 30 dk uygulamada ise 8,96'ya düşürmüştür. 15 ve 30 dk uygulamaları arasındaki fark önemsiz iken, 5 dk uygulama ile kontrol grupları arasındaki farkın da önemli ($p<0,05$) olduğu ifade edilmiştir. Sert ve ark. (2013) yaptığı bir çalışmada; 35 kHz ultrases ve farklı sürelerde (5, 15 ve 30 dk.) kontrol grubu örneklerin albümin pH düzeyleri başlangıçta 9,09 (kontrol), 7. günde 9,38 ve depolama sonunda 14. günde ise artarak 9,48'e ulaşmıştır. Ayrıca uygulama (5, 15 ve 30 dk) gruplarında da benzer artış görülmüş ve ilk günde uygulama sonrası elde edilen ölçümlerde albümin pH düzeyi sırası ile 9,15; 8,97 ve 8,96 iken depolama sonunda 14. günde ise 9,49 (5 dk); 9,47 (15 dk) ve 9,34 (30 dk) olarak saptanmıştır (Sert ve ark., 2013).

Gélvez-Ordoñez ve ark. (2009) tarafından yapılan bir çalışmada 40 kHz-80 Watt gücünde ultrases ile 5, 10 ve 15 dk süreye maruz bırakılan likit yumurta beyazının 3 gün 4°C’de muhafaza edilmesi sonucunda uygulama örneklerin pH değerlerinde istatistiki olarak anlamlı bir fark ($p<0,05$) tespit edilememiştir. Bu durumun uygulanan ultrasese bağlı olarak yüklü grupların değişimi ve makro bileşenlerin yüzey etkisine bağlı olabileceği ifade edilmiştir. Çalışmada yumurtlamayı takip eden 120 saat sonrasını temsil eden kontrol grubunda başlangıç pH değeri 8,0 ve 3. günde ise 8,5 olarak tespit edilirken, 5 dk muamele sürelerinin pH değerleri 1. günde 8,0; 2. Günde 8,0 ve 3. Günde 8,1; 10dk muamele sürelerinin pH değerleri 1. günde 8,2, 2. Günde 8,3 ve 3. günde 8,3; 15dk muamele sürelerinin pH değerleri 1. günde 8,0, 2. Günde 8,3 ve 3. günde 8,3 olarak saptanmıştır. Ayrıca yumurtlamayı takip eden 24 saat (taze yumurta) içerisinde alınan numuneleri temsil eden kontrol grubunda başlangıç pH değeri 7,5 ve 3. günde 8,0 olarak tespit edilirken, 5, 10 ve 15 dk muamele sürelerinin uygulama sonrası pH değerleri sırası ile 7,7-7,9 aralığında saptanmıştır. Literatürde verilen değerler ile çalışmada elde edilen değerlerin birbirleri ile örtüştüğü belirlenmiştir.

Yumurtanın depolama boyunca sarı pH değeri artmaktadır. Sert ve ark. (2013) tarafından yapılan çalışmada 6,03 olan kontrol grubu sarı pH değerinin 5, 15 ve 30 dk ultrases muamelesinde sırası ile 5,98; 5,95 ve 5,91 düzeylerine düşürdüğü ve uygulamaların kontrol grubunda istatistiki olarak farklı olduğu belirtilmiştir. Ayrıca 5 dk ve 15 dk uygulamasının istatistiksel olarak benzer olduğu yine 15 ve 30 dk uygulamasının da kendi içerisinde farklı olmadığı belirlenmiştir. Kontrol grubu yumurtaların pH değeri depolama ile başlangıçta 6,03 iken; 7. günde 6,21 ve 14. günde 6,35 olarak tespit edilmiş; farklı uygulama (5, 15 ve 30 dk) sürelerinde ise 7. günde sırası ile 6,16; 6,03 ve 5,97 olup, depolamanın sonunda 14. günde sırası ile 6,28; 6,19 ve 6,21 olarak saptanmıştır (Sert ve ark.;2013). Sert ve ark. (2013) yaptığı bu çalışmada ultrasesin uygulama ve depolama üzerindeki etkisi, sarı pH değişimi üzerine istatistiksel açıdan önemli olduğu bildirilmiştir. Fakat Sert ve ark. (2011) tarafından yapılan bir diğer ultrases çalışmasında (35 kHz 140 W güç) farklı sürelerdeki (5, 15 ve 30 dk) uygulamalarda yumurta sarısı pH değeri üzerinde istatistiki olarak fark oluşturmadığı ifade edilmiştir. Hidalgo ve ark. (1996) tarafından yapılan başka bir çalışmada ise pH değeri 6,1’den sırası ile 30°C’de 29 günde 6,6’e; 20°C’de 87 günde 6,5’e ve 5°C’de 354 günde 6,8’e kadar yükseldiği bildirilmiştir.

Bu çalışmada farklı ultrases uygulama güçlerinde (200 W, 300 W ve 450 W) ve farklı sürelerde (2 ve 5) muamele edilen yumurtaların sarılarının pH değerlerindeki değişim Çizelge 4.4.6’da verilmiştir. Buna göre ultrases uygulamasını takip eden ilk gün ölçümlerinde kontrol

ve 200 W uygulamasının istatistiksel olarak farksız olduğu ancak 300 W ve 450 W uygulamalarının da istatistiksel olarak birbirlerinden ve kontrol ile 200 W uygulamasından istatistiksel olarak farklı ($p < 0,05$) olduğu tespit edilmiştir. Depolama boyunca kontrol grubunda 5 ve 6. hafta dışında tüm haftalar arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olduğu uygulama gruplarında ise 200 W uygulamasının 0. gün ve 1. haftası dışında depolama süresinde haftalık farkların istatistiksel açıdan anlamlı olduğu belirlenmiştir. 300W ve 450 W uygulamalarında ise 2 ve 3. hafta dışında tüm haftalık değişim periyotlarındaki farkın istatistiksel olarak önemli bulunmuştur.

Ultrases uygulanan gruplarda 6 hafta depolama sonunda 200 W ve 300 W uygulaması (6,30 ve 6,26) istatistiksel olarak benzer iken, kontrol ile 450 W uygulaması 6,36 ve 6,21 değerleriyle birbirlerinden ve diğer gruplardan (200W ve 300 W) istatistiksel olarak farklı bulunmuştur. Çalışmada elde edilen sonuçlar sınırlı sayıda bulunabilen literatür verileriyle uyumlu bulunmuştur (Sert ve ark., 2011; Sert ve ark., 2013).

Çizelge 4.4.5. Farklı ultrases uygulamalarının depolama süresi boyunca yumurta albüminin pH değerleri üzerine etkisi

Depolama Süresi (Hafta) / Uygulama Süresi (DK) / Albümin pH														
	0.HAFTA		1.HAFTA		2.HAFTA		3.HAFTA		4.HAFTA		5.HAFTA		6.HAFTA	
	2 DK	5 DK	2 DK	5 DK	2 DK	5 DK	2 DK	5 DK	2 DK	5 DK	2 DK	5 DK	2 DK	5 DK
KN1	8,26±	8,30±	8,45±	8,44±	8,61±	8,61±	8,73±	8,75±	8,88±	8,88±	9,02±	9,01±	9,10±	9,11±
	0,06AaI	0,02AaI	0,02BaI	0,02BaI	0,02CaI	0,03CaI	0,02DaI	0,02DaI	0,05EaI	0,05EaI	0,04FaI	0,02FaI	0,06GaI	0,06GaI
200 W	8,28±	8,26±	8,43±	8,39±	8,56±	8,53±	8,67±	8,64±	8,80±	8,73±	8,93±	8,87±	9,03±	8,96±
	0,04AaI	0,03AaI	0,02BaI	0,02BaI,II,III	0,03CaI	0,06CaI	0,02DaI	0,02DaI	0,04EaI	0,02EbII	0,03FaI	0,02FaI	0,04GaI	0,03GbII
300 W	8,26±	8,16±	8,36±	8,34±	8,47±	8,42±	8,56±	8,52±	8,69±	8,67±	8,82±	8,80±	8,93±	8,88±
	0,03AaI	0,02AbII	0,05BaII	0,02BaII	0,03CaII	0,04CaII	0,03DaII	0,05DaII	0,04EaIII	0,05EaII,III	0,03FaII	0,03FaIII	0,03GaII	0,06GaIII
450 W	8,14±	8,09±	8,33±	8,34±	8,41±	8,40±	8,48±	8,45±	8,65±	8,63±	8,75±	8,75±	8,86±	8,84±
	0,02AaII	0,02AaIII	0,03BaII	0,03BaII	0,03CaII	0,02BaIII	0,06DaIV	0,02CaIV	0,02EaIII	0,03DaIII	0,03FaIV	0,02EaIII	0,02GaII	0,03FaIII

^{A-G} Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır, (Uygulama: sabit – Süre: sabit – Depolama: farklı) (p < 0.05).

^{s-b} Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır, (Uygulama: sabit – Depolama: sabit – Süre: farklı) (p < 0.05).

^{I-IV} Aynı alt satırda farklı rakamla gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır, (Depolama: sabit – Süre: sabit – Uygulama: farklı) (p < 0.05).

Çizelge 4.4.6. Farklı ultrases uygulamalarının depolama süresi boyunca yumurta sarısı pH değerleri üzerine etkisi

		Depolama Süresi (Hafta) / Sarı pH					
	0.HAFTA	1.HAFTA	2.HAFTA	3.HAFTA	4.HAFTA	5.HAFTA	6.HAFTA
KNT	6,04±0,02A	6,08±0,03	6,16±0,04B	6,21±0,02B	6,24±0,02C	6,31±0,03	6,36±0,03
	a	Aa	a	Ca	Da	DEa	Ea
200 W	6,02±0,03A	6,06±0,02	6,14±0,04B	6,17±0,02B	6,20±0,04Ca	6,25±0,03	6,30±0,03
	a	Aa	ab	Cab	b	Db	Eb
300 W	5,97±0,02A	6,04±0,03	6,11±0,03C	6,14±0,02C	6,16±0,02D	6,21±0,02	6,26±0,02
	a	Ba	bc	Db	bc	Ec	Fb
450 W	5,93±0,02A	5,98±0,02	6,07±0,03C	6,12±0,02Db	6,15±0,02D	6,17±0,02	6,21±0,06
	a	Bb	c		Ec	EFc	Fc

^{A-E} Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (p < 0.05).

^{a-c} Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (p < 0.05).

4.4.4. Albümin ve sarı çözümlü kuru madde ölçümleri

Yumurtanın albümin pH ve kuru madde değeri depolama ve sıcaklık ile doğrusal orantılı şekilde artmaktadır. Kuru maddede meydana gelen bu değişim, albüminde buharlaşma ile kabuktan su kaybı ve albüminde sarı kısma zayıflayan vitellin membran ile suyun difüzyonu meydana gelmektedir(Lucisano ve ark., 1996; Hammershøj ve ark., 2002).

Yumurtanın farklı güçte ultrases dalgalarına farklı süreler ile muamele edilmesinin uygulama sonrası ve 6 haftalık depolama periyodu boyunca toplam kuru madde değeri üzerine etkisi Çizelge 4.4.7 ve 4.4.8'de yer verilmiştir. Buna göre ultrases uygulamasının yumurtanın albümin kuru madde miktarı üzerine etkisinin istatistiki açıdan önemli (p<0,05) olmadığı değerlerin 11,24 ile 11,26 arasında seyrettiği gözlenmiştir. Ancak depolamanın 3. haftası itibariyle kontrol grubu ve uygulama grupları arasındaki fark istatistiksel açıdan önemli olup, 4 ile 6. haftalarda 200 W uygulama ile,300W ve 450 W uygulama grupları arasında istatistiki açıdan önemli farklar oluşmuştur. Depolamanın son haftasında kontrol grubu albümin toplam kuru madde değeri 17,45 olarak tespit edilirken, 200 W, 300 W ve 450 W uygulama gruplarında sırası ile 15,52; 14,7 ve 14,41 değerleri elde edilmiştir.

Çizelge 4.4.7. Farklı ultrases uygulamalarının depolama süresi boyunca yumurta albümin kuru madde değerleri üzerine etkisi

Depolama Süresi (Hafta) / Yumurta Albümin Kuru Madde Değeri							
	0.HAFTA	1.HAFTA	2.HAFTA	3.HAFTA	4.HAFTA	5.HAFTA	6.HAFTA
KNT	11,24±0,04	11,59±0,14	12,23±0,19	13,13±0,27	14,19±0,41	15,48±0,25	17,45±0,62
	Aa	Aa	Ba	Ca	Da	Ea	Fa
200 W	11,24±0,06	11,47±0,23	12,07±0,16	12,73±0,24	13,53±0,46	14,13±0,22	15,52±0,63
	Aa	Aa	Ba	Cb	Db	Eb	Fb
300 W	11,24±0,07	11,40±0,27	12,03±0,13	12,49±0,34	13,17±0,33	13,89±0,23	14,70±0,34
	Aa	Aa	Ba	Cb	Dc	Eb	Fc
450 W	11,26±0,09	11,37±0,12	12,00±0,23	12,47±0,14	13,13±0,25	13,85±0,13	14,41±0,15
	Aa	Aa	Ba	Cb	Dc	Eb	Fc

^{A-F} Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (p < 0.05).

^{a-c} Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (p < 0.05).

Cabeza ve ark. (2011) tarafından yapılan kombine termoultrases uygulamasında, yumurtalar 24 kHz – 400 W 54°C’de 5 dk süre ile ısı işlem ultrasese tabii tutulmuştur. Çalışma sonucunda yumurtanın kabuk ve fiziksel kalite parametrelerinde kontrol ve uygulama grupları arasında istatistiksel bir farkın olmadığı tespit edilmiştir. Bir diğer çalışmada ise 4 - 5 hafta süresince 15°C’de depolanan yumurtaların albümininde nem düzeyi düşerken, yumurta sarısı nem miktarının arttığı ifade edilmiş ve depolama başlangıcı ile depolama sonunda elde edilen albümin nem seviyesi %86,5 ve sarı nem seviyesi %54,2 ifade edilmiş ve değerler arasındaki farkın istatistiksel olarak farklı (p<0,05) olduğu belirtilmiştir (Guo ve ark., 2007). Çalışmadaki veriler literatür verileri ile benzerlik göstermektedir.

Çalışma sonucuna göre depolamada yumurta albümini nem seviyesi azalarak kuru madde miktarında artış görülmekte ve yumurta sarısında ise nem düzeyi su geçişine bağlı artmakta, kuru madde miktarı depolama ile azalmaktadır.

Çalışma kapsamında farklı sürelerde ultrases dalgalarına maruz bırakılan yumurtalarda sadece depolamanın son haftası olan 6. haftada 2 ve 5 dk uygulama sürelerinin istatistiki olarak farklı olduğu, diğer haftalarda ise aralarındaki farkın istatistiki olarak önemli olmadığı belirlenmiştir. Depolama süresinin 2 dk uygulama değerinde albümin kuru maddesine etkisi 0 ve 1. haftada benzer iken diğer haftalarda aralarındaki farkın istatistiksel açıdan farklı olduğu saptanmıştır. Bu durum depolamanın

sadece son haftasında uygulama süresinin istatistiksel açıdan anlamlı olduğunu göstermektedir.

Çizelge 4.4.8. Farklı ultrases uygulamalarının depolama süresi boyunca yumurta albümin kuru madde değerleri üzerine etkisi

Depolama Süresi / Albümin Kuru Madde		
Hafta	2 DK	5 DK
0	11,24±0,11Aa	11,25±0,12Aa
1	11,45±0,18Aa	11,43±0,17Aa
2	12,07±0,19Ab	12,06±0,19Ab
3	12,67±0,29Ac	12,59±0,25Ac
4	13,42±0,47Ad	13,40±0,46Ad
5	14,20±0,61Ae	14,15±0,54Ae
6	15,41±0,87Af	15,09±0,82Bf

^{a-f} Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır ($p < 0.05$).

Çizelge 4.4.9’de farklı ultrases uygulamalarına maruz kalan kabuklu yumurta sarılarının kuru madde değerlerine etkisi verilmiştir. Ultrases uygulamasının yumurta sarısının kuru maddesi üzerine etkisinin istatistiki açıdan önemli olmadığı ($p > 0,05$), ancak 6 hafta depolama sonunda kontrol grubunun (41,02 ve 41,06), ultrases uygulamalardan istatistiksel olarak farklı olduğu, 300 W ultrases uygulamasının 2 dk ve 5 dk süre değerlerinin (42,00 ve 42,02) ise 200 W ve 450 W uygulamaları ile istatistik olarak benzer olduğu, ancak 200 W ve 450 W ultrases uygulamalarının yumurta sarısı kuru madde değerlerine etkisi açıdan istatistiki olarak farklı ($p < 0,05$) olduğu saptanmıştır. Yumurtanın depolama periyodunda, depolama sıcaklığına bağlı olarak albüminden yumurtanın sarısına doğru su geçişi meydana gelmekte ve sarı kuru maddesi azalmaktadır (Hidalgo ve ark., 1996).

Farklı güçlerde ultrases uygulamasına tabii tutulan yumurtaların uygulamayı takip eden 4. haftaya kadar tüm kontrol ve 2 dk ile 5 dk uygulama süreleri benzer olup, depolamanın 4. haftası itibariyle kontrol ve uygulama grupları arasında anlamlı fark oluşumu gözlenmiş ve takip eden depolama sürecinde bu farklılık değişmemiştir (Çizelge 4.4.9). Depolamanın 4. haftasına kadar devam eden benzerliğin yumurta sarısını çevreleyen zarın depolama ile etkisini kaybetmesi ile ilgili olabileceği düşünülmektedir. Depolamanın 5. haftasında ise, kontrol grupları ile uygulama gruplarının farklı olduğu

ancak uygulama gruplarda ultrasese bağılı olarak meydana gelen sarı kuru madde değişimindeki farklılığın önemli olmadığı tespit edilmiştir.

Hidalgo ve ark. (1996) tarafından yapılan çalışmada 30°C’de muhafaza edilen yumurtaların sarı kuru madde değerlerinin 22. gün sonunda 52,3’ten 47,8’e; 87. gün sonunda 20°C’de muhafaza edilen yumurtalarda 50,4’ten 47,9’a ve 204. günde 5°C’de muhafaza edilen yumurtalarda ise 51,8’den 48,8’e düşmüştür. Muhafaza sıcaklığının yumurta kuru maddesi üzerinde istatistik olarak önemli bir etkisinin olduğu ifade edilmiştir.

Çizelge 4.4.9. Farklı ultrases uygulamalarının depolama süresi boyunca sarımsı yumurta sarısı kuru madde değerleri üzerine etkisi

Depolama Süresi (Hafta) / Uygulama Süresi (Dk) / Yumurta Sarısı Kuru Madde Değeri														
	0.HAFTA		1.HAFTA		2.HAFTA		3.HAFTA		4.HAFTA		5.HAFTA		6.HAFTA	
	2 DK	5 DK	2 DK	5 DK	2 DK	5 DK	2 DK	5 DK	2 DK	5 DK	2 DK	5 DK	2 DK	5 DK
KN	42,57± 0,05AaI	42,61± 0,09AaI	42,46± 0,11BaI	42,44± 0,23BaI	42,35± 0,24BCaI	42,35± 0,35BCaI	42,24± 0,26 CaI	42,26± 0,21CaI	42,03± 0,32DaI	42,00± 0,36DaI	41,68± 0,20EaI	41,70± 0,24EaI	41,06± 0,16FaI	41,02± 0,23FaI
200 W	42,58± 0,06AaI	42,57± 0,08AaI	42,46± 0,27ABaI	42,47± 0,28ABaI	42,37± 0,24BCaI	42,38± 0,32BCaI	42,34± 0,22BCaI	42,35± 0,32BCaI	42,24± 0,46CaII	42,24± 0,34CDaII	42,02± 0,23DaII	42,06± 0,24DaII	41,87± 0,26DaII	41,93± 0,34DaI
300 W	42,58± 0,06AaI	42,58± 0,07AaI	42,49± 0,34ABaI	42,50± 0,19ABaI	42,38± 0,42BCaI	42,39± 0,34BCaII	42,36± 0,42BCaI	42,37± 0,42BCaII	42,24± 0,42CDaII	42,25± 0,43CDaII	42,10± 0,33DEaII	42,12± 0,36DEaII	42,00± 0,22EaII	42,02± 0,23EaI
450 W	42,58± 0,09AaI	42,58± 0,06AaI	42,52± 0,24ABaI	42,53± 0,12ABaI	42,39± 0,34BCaI	42,40± 0,21BCaI	42,37± 0,24BCaI	42,40± 0,15BCaI	42,27± 0,12CDaII	42,29± 0,13CDaII	42,15± 0,22DEaII	42,16± 0,12DEaII	42,08± 0,27EaIII	42,10± 0,13EaI

^{A-F} Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır, (Uygulama: sabit – Süre: sabit – Depolama: farklı) (p < 0.05).

^{a-b} Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır, (Uygulama: sabit – Süre: farklı) (p < 0.05).

^{I-IV} Aynı alt satırda farklı rakamlarla gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır, (Depolama: sabit – Süre: sabit – Uygulama: farklı) (p < 0.05).

4.4.5. Albümin ve bütün yumurtada relatif köpük kapasitesi

Yumurthanın albümini jelleşme, köpük oluşturma, yapısal bağlayıcılık, emülsiyon oluşumu gibi birçok fonksiyonel özellikleri yapısında bulundurmakta olup, bu özelliklerden bir çok gıda maddesinin üretiminde faydalanılmaktadır (Arzeni ve ark., 2012).

Çizelge 4.4.10'da farklı ultrases uygulama ve farklı sürelerde muamele edilen yumurtaların depolama süresince yumurta albümin köpük kapasitesine etkisi çalışma kapsamında incelenmiştir. Uygulamayı takip eden ölçümlerde kontrolde 1075 olan köpük kapasitesi 200 W uygulamada 1083,3'e, 300 W uygulamada ise 1092,1'e ve 450 W uygulamada ise 1129,2'ye yükselmiş olup, kontrol ve uygulamalar arasındaki farkın ultrases uygulamasının albümin köpük kapasitesi değerleri üzerindeki etkisi istatistiki olarak önemli bulunmamıştır. Ancak 0. haftada ve takip eden haftalarda depolamanın 1. haftasında 450 W uygulaması kontrol ve 200 W uygulamasından istatistiki olarak farklı bulunmuştur. 200 W ultrases uygulaması kontrol ve 300 W ile benzer olup, kontrol uygulaması ile 300 W uygulaması birbirinden farklı olarak saptanmıştır. Ayrıca 300 ve 450 W uygulamalarının istatistiksel açıdan benzer oldukları gözlenmiştir. Depolama periyodunun 2. ve 3. haftalarında uygulama gruplarının tamamı birbirlerine benzer ancak kontrol grubundan ise istatistiksel olarak farklı bulunmuştur. Kontrol grubunun depolama süresince tüm haftalık değişimleri önemli olarak belirlenmiştir.

Kabuklu yumurtalara farklı sürelerde ultrases uygulamasını albümin köpük oluşturma değerleri üzerine etkisi ise Çizelge 4.4.11'te verilmiştir. Uygulama süresinin 2 dk'dan 5 dk'ya çıkarılması ile sadece 200 W uygulamasında istatistiksel fark tespit edilirken diğer uygulama gruplarındaki fark istatistiksel açıdan önemli ($p>0,05$) bulunmamıştır. Ayrıca uygulama süresinin depolama açısından değerlendirilmesinde ise, 300 ve 450 W gruplarının arasındaki farkın istatistiksel olarak önemsiz olduğu ancak bu uygulama grupları ile kontrol ve 200 W arasındaki farkın önemli olduğu saptanmıştır.

Çizelge 4.4.10. Farklı ultrases uygulamalarının depolama süresi boyunca yumurta albümini RWC değerleri üzerine etkisi

Depolama Süresi / RWC - Albümin							
	0.HAFTA	1.HAFTA	2.HAFTA	3.HAFTA	4.HAFTA	5.HAFTA	6.HAFTA
KNT	1075,0±41,8	925,0±27,3	775,0±41,8	650,0±31,6	533,3±27,3	416,7±25,8	291,7±31,6
	Aa	Ba	Ca	Da	Ea	Fa	Ga
200 W	1083,3±38,9	1000,0±39,9	945,8±45,0	891,7±41,4	705,6±46,4	616,7±39,9	475,0±45,3
	Aa	Bab	BCb	Cb	Db	Eb	Fb
300 W	1092,1±36,0	1054,5±47,1	975,1±54,3	931,8±40,3	837,5±43,3	745,8±49,8	612,5±52,7
	Aa	Bbc	Bb	Bb	Cc	Dc	Ec
450 W	1129,2±45,0	1079,2±52,0	975,1±54,3	945,5±35,0	866,7±44,3	770,8±33,4	645,8±33,4
	Aa	Ac	Bb	Bb	8Cc	Dc	Ec

^{A-G} Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (p < 0.05).

^{a-c} Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (p < 0.05).

Çizelge 4.4.11. Farklı ultrases uygulamalarının depolama süresi boyunca yumurta albümini RWC değerleri üzerine etkisi

Uygulama Süresi / RWC - Albümin		
	2 DK	5 DK
KNT	669,0±268,5Aa	664,3±265,1Aa
200 W	784,1±231,7Ab	858,8±195,1Bb
300 W	878,9±169,6Ac	901,2±166,2Ac
450 W	911,9±165,6Ac	919,5±166,2Ad

^{A-B} Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (p < 0.05).

^{a-d} Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (p < 0.05).

Arzeni ve ark. (2012) tarafından yapılan çalışmada 20 kHz'de 20 Amp uygulanan yumurta aklarının köpük oluşturma değerlerinin istatistiksel açıdan önemli düzeyde düştüğü bildirilmiştir.

Gélvez-Ordoñez ve ark. (2009) tarafından yapılan çalışmada likit yumurta beyazının ultrasese 40 kHz 80 Watt gücünde farklı sürelerde (5, 10 ve 15 dk) maruz bırakılması sonucunda örneklerinin tamamının kontrol grubuna göre köpük kapasitesinde %13,07 ile 15,84 arasında artış kaydedildiği ifade edilmiştir. Ayrıca 15 dk tabii tutulan

uygulama grubu örneklerinin köpük kapasitesi değerlerinin 5 ve 10 dk uygulamaya maruz gruba göre istatistiksel açıdan farklı olduğu belirlenmiştir.

Yumurtaya uygulanan farklı güç ve uygulama sürelerine sahip ultrases dalgalarının bütün yumurta köpük oluşturma kapasitesi üzerine etkisi Çizelge 4.4.12; 4.4.13 ve 4.4.14’da verilmiştir. Çalışma kapsamında kontrol, 200 W, 300 W ve 450 W ultrases uygulamalarının bütün yumurta köpük kapasitesi değerleri sırası ile 400; 426,5; 441,1 ve 459,0 olarak saptanmış ve uygulamalar ile kontrol arasındaki fark istatistiki açıdan önemli bulunmuştur. Ultrases uygulamalarının yumurtanın depolama süresince bütün yumurta köpük kapasitesi üzerine etkisi ise; haftalık depolama periyotları açısından 4. ve 5. haftalar dışında önemli olarak saptanmıştır.

Çizelge 4.4.12. Farklı ultrases uygulamalarının bütün yumurta RWC değerleri üzerine etkisi

Uygulama / RWC - Bütün			
KNT	200 W	300 W	450 W
400,0±141,4A	426,5±132,3B	441,1±130,4C	459,0±134,2D

^{A-D} Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (p < 0.05).

Çizelge 4.4.13. Depolama süresinin ultrases uygulanan bütün yumurta RWC değerleri üzerine etkisi

Depolama Süresi (Hafta) / RWC - Bütün						
0.HAFTA	1.HAFTA	2.HAFTA	3.HAFTA	4.HAFTA	5.HAFTA	6.HAFTA
673,8±31,7A	558,3±38,1B	461,0±32,6C	389,0±51,8D	350,0±37,5E	322,6±31,6E	294,0±40,1G

^{A-G} Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (p < 0.05).

Çalışmada uygulanan uygulama sürelerinin yumurtanın depolama boyunca bütün köpük oluşturma kapasitesine etkisi Çizelge 4.4.14’da yer almıştır. Ayrıca 2 dk ve 5 dk olarak iki farklı ultrases uygulama süresi tatbik edilen yumurtaların bütün köpük kapasitesi 432,2 ve 441,1 olarak tespit edilerek uygulama sürelerinin köpük kapasitesine olan etkisi istatistiki olarak önemli (p<0,05) olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4.4.14. Farklı ultrases uygulama sürelerinin bütün yumurta RWC değerleri üzerine etkisi

Uygulama Süresi / RWC - Bütün	
2 DK	5 DK
432,2±133,8A	441,1±135,2B

^{A-B} Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (p < 0.05).

4.4.6. Viskozite ölçümü

Farklı ultrases uygulanan yumurtaların albümin viskozite üzerine etkisi Çizelge 4.4.14'te verilmiştir. Albumin viskozite değerleri depolama boyunca istatistiksel olarak azalmaktadır. Ultrases uygulama güçlerinin viskozite değerleri üzerine etkisinde önemli bulunmuştur. Bu çalışmada Uygulama x Süre x Depolama üçlü interaksiyon istatistiksel olarak önemli (p<0,05) olduğu belirlenmiştir. Kontrol grubu 0.haftadaki albümin viskozite değerleri 72,05 ile 72,45 arasında değişim gösterirken, ultrases uygulaması 2 dk için 72,59-73,61 ve 5 dk için 72,69-73,96 arasında tespit edilmiş ve istatistiksel açıdan benzer bulunmuştur. Depolamanın 3. haftasına kadar kontrol grubu ile ultrases uygulama grupları arasındaki fark istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Ancak 3.hafta sonundaki ölçümlerde kontrol grubu 48,5 (2 dak.) - 48,72 (5 dak) ve ultrases uygulama grupları arasında 53,88 - 55,42 değerleri arasında olup, istatistiksel olarak (p<0,05) fark önem kazanmıştır (Çizelge 4.4.14).

Çalışmada kontrol grubu örneklerde depolamaya bağlı olarak hızlı viskozite azalması görülmektedir. 0. ve 1. haftada stabil olan haftalık değişim takip eden depolama periyodunda istatistiki açıdan önemli fark olup, 72,05-72,45'ten 11,40-11,86'ya kadar düşmüştür. Depolamanın 6. haftasında ultrases uygulanan yumurtaların depolamanın 5. haftasında da istatistiksel olarak (p<0,05) benzer olduğu saptanmıştır. Çalışmada elde edilen değerler ile yumurtalarda depolamaya bağlı olarak gerçekleşen viskozite azalması gibi değişimler birbirini teyit etmektedir.

Lucisano ve ark. (1996)'da ilerleyen depolamazamanıyla yumurta albümin viskozitesinin azaldığını belirtmiştir. Arzeni ve ark. (2012) 20 kHz frekans ve 20 Amp'de yumurta akı üzerinde yaptıkları çalışmada ultrasesin yumurta albümininde yüzey hidrofobik etkiyi arttırdığı ancak toplam sülfhidril grupları üzerinde bir değişiklik oluşmadığı ifade edilmiştir. Aynı çalışmada ultrasesin albümin görünür viskozitesini %13 nisbetinde azalttığı bu durumun yumurtanın köpük oluşturma, emülsiyon ve jelleşme özelliklerini etkilediği bildirilmiştir. Depolanan yumurtalarda albümin pH değeri artarken

vitellin zarının mukavemeti ve yumurtanın albümin viskozitesi düşmektedir (Kirunda ve McKee, 2000). Yapılan bir çalışmada taze yumurtanın viskozite değeri 111 cp'den 2 hafta depolama ile birlikte 81 cp'ye kadar azalmıştır. Lizozimkompleks içindemevcut olduğunda,daha güçlühale gelir ve bozunması depolama sırasındaHartışından kaynaklanmaktadır. Yumurtanın depolanma ile birlikte glikoprotein ve ovomusin disülfit bağları yıkıma uğrayarak membranın geçirgenliği değişmekte ve albümin viskozitesi azalmaktadır. Yumurtadaki suyun albüminden sarıya doğru geçişi ve suyun sarı kısımda birikim göstermesiyle vitellin zar elastik özelliğini yitirmektedir (Kirunda ve McKee, 2000). Yapılan çalışmalarda bildirilen bir diğer etken ise lizozim-ovomusin kompleksinin depolamada pH yükselmesine bağlı olarak albüminin sıvılaşması yani viskozitesinin azaldığı bildirilmektedir (Ragni ve ark., 2007).Albümin viskoziteovomucin-lizozim kompleksi bağlı olup, ovomucinkonsantrasyonusıvılaşmışalbüminle kıyaslandığında kalın albümine göre dörtkat daha fazla olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 4.4.14. Farklı ultrases uygulamalarının depolama süresi boyunca albümin viskozite değerleri üzerine etkisi

Depolama Süresi (Hafta) / Uygulama Süresi (Dk) / Albümin Viskozite Değeri																	
0.HAFTA		1.HAFTA		2.HAFTA		3.HAFTA		4.HAFTA		5.HAFTA		6.HAFTA					
2 DK	5 DK	2 DK	5 DK	2 DK	5 DK	2 DK	5 DK	2 DK	5 DK	2 DK	5 DK	2 DK	5 DK	2 DK	5 DK	2 DK	5 DK
72,05±	72,45±	66,25±	65,51±	57,40±	57,23±	48,50±	48,72±	37,60±	38,13±	23,40±	23,94±	11,40±	11,86±				
0,47AaI	0,50AaI	0,41AaI	0,30AaI	0,34BaI	0,44BaI	0,48CaI	0,41CaI	0,42DaI	0,51DaI	0,57EaI	0,4EaI	0,79FaI	0,77FaI				
72,59±	72,69±	68,46±	68,52±	62,47±	63,08±	55,07±	55,30±	41,34±	42,65±	32,11±	32,54±	19,74±	21,04±				
0,44AaI	0,37AaI	0,78AaI	0,5ABaI	0,61BaI	0,53BaI	0,57CaI	0,50CaI	0,67CaI	0,40DaI	0,39DaI	0,7EaI	0,45EaI	0,4FaI				
73,31±	73,41±	67,60±	67,95±	63,60±	62,28±	55,42±	55,10±	42,62±	42,47±	32,40±	35,85±	21,38±	22,47±				
0,61AaI	0,40AaI	0,48AaI	0,54AaI	0,72AaI	0,62BaI	0,51BaI	0,62CaI	0,37CaI	0,33DaI	0,65DaI	0,7DaI	0,7EaI	0,7EaI				
73,61±	73,96±	66,32±	66,65±	61,11±	60,30±	54,73±	53,88±	42,26±	42,42±	35,24±	32,52±	23,43±	22,28±				
0,5AaI	0,5AaI	0,6BaI	0,5BaI	0,6BaI	0,7CaI	0,5CaI	0,6DaI	0,8DaI	0,4DbII	0,4EaII	0,4FaII	0,7FaII	0,7GaII				

^{a-f} Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır, (Uygulama: sabit – Süre: sabit – Depolama: farklı) (p < 0.05).

^{a-b} Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır, (Uygulama: sabit – Depolama: sabit – Süre: farklı) (p < 0.05).

I-IV Aynı alt satırda farklı rakamla gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır, (Depolama: sabit – Süre: sabit – Uygulama: farklı) (p < 0.05).

4.4.7. Renk analizleri

Çizelge 4.4.15'te farklı ultrases konsantrasyonları uygulanan yumurtaların 5 haftalık depolama süresince kabuk L* renk parametre değerleri verilmiştir. Depolama süresince tüm örnek gruplarında L* renk parlaklık değerlerinde stabil kalmıştır.

Çizelge 4.4.15. Farklı ultrases konsantrasyonlarının depolama süresi boyunca yumurta kabuk L* renk parametresi üzerine etkisi

Depolama Süresi (Hafta) / Kabuk L*					
0.HAFTA	1.HAFTA	2.HAFTA	3.HAFTA	4.HAFTA	5.HAFTA
92,66±0,41A	94,10±0,56B	94,45±0,53BC	94,47±0,50BC	94,57±0,56BC	94,44±0,59BC

^{A-C} Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (p < 0.05).

Çizelge 4.4.16'te farklı ultrases konsantrasyonlarının yumurtaların kabuk L* renk parametre değerlerine etkileri verilmiştir. Ultrases uygulamalarında artan güce karşı kabuk L* değerlerinin istatistiki açıdan önemli (p<0,05) düzeyde azaldığı saptanmıştır.

Çizelge 4.4.16. Farklı ultrases konsantrasyonlarının yumurta kabuk L* renk parametresi üzerine etkisi

Uygulama	Kabuk L*
KNT	94,53±0,80a
200 W	94,23±0,85ab
300 W	94,13±0,80bc
450 W	93,97±0,73c

^{a-c} Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (p < 0.05).

Çizelge 4.4.17'te farklı ultrases konsantrasyonlarının yumurtaların kabuk a* renk parametre değerlerine etkileri verilmiştir. Ultrases uygulamalarında artan güce karşı kabuk a* değerlerinin istatistiki açıdan önemli (p<0,05) düzeyde azaldığı saptanmıştır.

Çizelge 4.4.17. Farklı ultrases konsantrasyonlarının yumurta kabuk a* renk parametresi üzerine etkisi

Uygulama	Kabuk a*
KNT	-0,47±0,14a
200 W	-0,59±0,14b
300 W	-0,62±0,14c
450 W	-0,68±0,15d

^{a-d} Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (p < 0.05).

Çizelge 4.4.18’de farklı ultrases konsantrasyonları uygulanan yumurtaların 5 haftalık depolama süresince kabuk a* renk parametre değerleri verilmiştir. Depolama süresince tüm örnek gruplarında a renk değerlerinde istatistiki olarak önemli derecede azalma kaydedilmiştir.

Çizelge 4.4.18. Farklı ultrases uygulama sonrası depolama süresinin yumurta kabuk a* renk parametresi üzerine etkisi

Depolama Süresi (Hafta) / Kabuk a*					
0.HAFTA	1.HAFTA	2.HAFTA	3.HAFTA	4.HAFTA	5.HAFTA
-0,32±0,07A	-0,61±0,11B	-0,73±0,09C	-0,64±0,08D	-0,67±0,08D	-0,68±0,07D

^{A-D} Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (p < 0.05).

Çizelge 4.4.19’te farklı ultrases konsantrasyonlarının yumurtaların kabuk b* renk parametre değerlerine etkileri verilmiştir. Ultrases uygulamalarında artan güce karşı kabuk b* değerlerinin istatistiki açıdan önemli (p<0,05) düzeyde arttığı saptanmıştır.

Çizelge 4.4.19. Farklı ultrases uygulama konsantrasyonlarının yumurta kabuk b* renk parametresi üzerine etkisi

Uygulama	Kabuk b*
KNT	2,12±0,60a
200 W	2,42±0,62ab
300 W	2,68±0,68bc
450 W	2,89±0,75c

^{a-c} Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (p < 0.05).

Çizelge 4.4.20’de farklı ultrases konsantrasyonları uygulanan yumurtaların 5 haftalık depolama süresince kabuk b* renk parametre değerleri verilmiştir. Depolama süresince tüm örnek gruplarında b* renk değerlerinde istatistiksel açıdan önemli düzeyde azalma kaydedilmiştir.

Çizelge 4.4.20. Farklı ultrases uygulama sonrası depolama süresinin yumurta kabuk b* renk parametresi üzerine etkisi

Depolama Süresi (Hafta) / Kabuk b*					
0.HAFTA	1.HAFTA	2.HAFTA	3.HAFTA	4.HAFTA	5.HAFTA
1,91±0,57A	3,41±0,59B	2,76±0,66C	2,56±0,52C	2,48±0,53C	2,46±0,55C

^{A-C} Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (p < 0.05).

Çizelge 4.4.21’de farklı ultrases konsantrasyonları uygulanan yumurtaların 5 haftalık depolama süresince albümin L* renk parametre değerleri verilmiştir. Depolamanın 0,1 ve 2. haftaları dışında örnek gruplarında L* renk değerlerinde istatistiksel açıdan önemli düzeyde azalma kaydedilmiştir. Sert ve ark. (2013) tarafından yapılan çalışmada sadece statik ultrases uygulanan örneklerde depolama süresince meydana gelen albümin L* değerlerindeki azalmanın istatistiki olarak önemli olduğu belirtilmiştir.

Çizelge 4.4.21. Farklı ultrases uygulama sonrası depolama süresinin yumurta albümin L* renk parametresi üzerine etkisi

Depolama Süresi (Hafta) / Albümin L*					
0.HAFTA	1.HAFTA	2.HAFTA	3.HAFTA	4.HAFTA	5.HAFTA
77,59±2,74A	77,65±1,96A	76,96±1,69AB	76,25±1,92B	74,61±2,17C	73,54±2,02C

^{A-G} Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (p < 0.05).

Çizelge 4.4.22’de farklı ultrases konsantrasyonlarının albümin L* renk parametre değerlerine etkileri verilmiştir. Ultrases uygulamalarında artan güce karşı albümin L* değerlerinin istatistiki açıdan önemli (p<0,05) düzeyde azaldığı saptanmıştır.

Sert ve ark. (2013) tarafından yapılan çalışmada albümin L* değerlerinin ultrases uygulanan yumurta örneklerinde istatistiki açıdan önemli düzeyde azalttığı bildirilmiştir. Kontrol grubunda 51,12 olan L değerinin 5 dk uygulamada 49,22; 15 dk uygulamada 45,16 ve 30 dk uygulamada ise 44,76 olarak tespit edilmiştir. Çalışmada elde edilen verilerin literatür verileri ile uyumlu olduğu belirlenmiştir (Sert ve ark., 2011).

Çizelge 4.4.22. Farklı ultrases uygulama konsantrasyonlarının yumurta albümin L* renk parametresi üzerine etkisi

Uygulama	Albümin L*
KNT	78,60±2,30a
200 W	76,90±2,26b
300 W	75,64±2,13c
450 W	74,55±2,29d

^{a-d} Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (p < 0.05).

Çizelge 4.4.23’te farklı ultrases konsantrasyonları uygulanan yumurtaların 5 haftalık depolama süresince albümin a renk parametre değerleri verilmiştir. Depolama süresince tüm örnek gruplarında a* renk değerlerinde istatistiksel açıdan önemli düzeyde azalma kaydedilmiştir. Benzer sonuçlara yapılan literatür çalışmalarında rastlanılmıştır (Sert ve ark., 2013).

Çizelge 4.4.23. Farklı ultrases uygulama sonrası depolama süresinin yumurta albümin a* renk parametresi üzerine etkisi

Depolama Süresi (Hafta) / Albümin a*					
0.HAFTA	1.HAFTA	2.HAFTA	3.HAFTA	4.HAFTA	5.HAFTA
-4,56±0,30A	-4,67±0,31AB	-4,79±0,36ABC	-4,89±0,47BC	-5,01±0,40CD	-5,16±0,39D

^{A-D} Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (p < 0.05).

Çizelge 4.4.24'te farklı ultrases konsantrasyonlarının yumurtaların albümin a* renk parametre değerlerine etkileri verilmiştir. Ultrases uygulamalarında artan güce karşı kabuk a* değerlerinin istatistiki açıdan önemli (p<0,05) düzeyde azaldığı saptanmıştır. Sert ve ark. (2013) tarafından yapılan çalışmada kontrol, 5 dk; 15 dk ve 30 dk uygulama sürelerinde albümin a* değerleri sırası ile -2,11; -2,30; -2,42 ve -2,80 olarak tespit edilmiştir.

Çizelge 4.4.24. Farklı ultrases uygulama konsantrasyonlarının yumurta albümin a* renk parametresi üzerine etkisi

Uygulama	Albümin a*
KNT	-4,78±0,59ab
200 W	-4,86±0,39ab
300 W	-4,78±0,432a
450 W	-4,97±0,42b

^{a-b} Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (p < 0.05).

Çizelge 4.4.25'te farklı ultrases konsantrasyonları uygulanan yumurtaların 5 haftalık depolama süresince albümin b renk parametre değerleri verilmiştir. Depolama süresince tüm örnek gruplarında b* renk değerlerinde istatistiksel açıdan önemli düzeyde artma kaydedilmiştir. Yapılan çalışma ile literatür verilerinin benzerliği saptanmıştır (Sert ve ark., 2013).

Sert ve ark. (2013) tarafından yapılan çalışmada depolama süresince kontrol grubu dahil tüm örnek gruplarında depolama boyunca albümin b* parametresinin arttığı gözlenmiş bu artışın kontrol grubunda 9,45'den 14. gün sonunda 14,43'e ulaştığı belirlenmiştir. Adı geçen çalışmada sonuç olarak yumurtada albümin b* değerinin depolama ile artış eğilimi gösterdiği ifade edilmiştir.

Çizelge 4.4.25. Farklı ultrases uygulama sonrası depolama süresinin yumurta albümin b* renk parametresi üzerine etkisi

Depolama Süresi (Hafta) / Albümin b*					
0.HAFTA	1.HAFTA	2.HAFTA	3.HAFTA	4.HAFTA	5.HAFTA
13,32±1,37A	13,82±1,29AB	14,63±1,30ABC	15,02±1,64BC	15,46±1,44CD	16,35±1,34D

^{A-D} Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (p < 0.05).

Çizelge 4.4.26'da farklı ultrases konsantrasyonlarının yumurtaların albümin b* renk parametre değerlerine etkileri verilmiştir. Ultrases uygulamalarında artan güce karşı albümin b değerlerinin istatistiki açıdan önemli (p<0,05) düzeyde arttığı saptanmıştır. Yapılan bir başka çalışmada ise kontrol, 5 dk ve 15 dk uygulama sürelerinde albümin b* değerleri sırası ile 9,45; 10,15 ve 10,30 olarak bildirilmiştir (Sert ve ark., 2013).

Çizelge 4.4.26. Farklı albümin uygulama konsantrasyonlarının yumurta albümin b* renk parametresi üzerine etkisi

Uygulama	Albümin b*
KNT	14,90±2,01ab
200 W	14,45±1,81ab
300 W	14,71±1,482a
450 W	15,13±1,62b

^{a-b} Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (p < 0.05).

Çizelge 4.4.27'de farklı ultrases konsantrasyonları uygulanan yumurtaların 5 haftalık depolama süresince sarı L* renk parametre değerleri verilmiştir. Depolama süresince tüm örnek gruplarında L* renk parlaklık değerlerinde istatistiksel açıdan önemli düzeyde azalma kaydedilmiştir. Elde edilen çalışma ile Sert ve ark. (2013) tarafından yapılan çalışmanın sonuçlarının benzerlik gösterdiği kontrol grubunda depolama süresince L*değerinin 71,68; 64,98 ve 56,02 olarak seyrettiği ifade edilmiştir. Ayrıca uygulama gruplarında da benzer azalma eğiliminin olduğu belirtilmiştir.

Çizelge 4.4.27. Farklı ultrases uygulama sonrası depolama süresinin yumurta sarısı L* renk parametresi üzerine etkisi

Depolama Süresi (Hafta) / Sarı L*					
0.HAFTA	1.HAFTA	2.HAFTA	3.HAFTA	4.HAFTA	5.HAFTA
56,73±1,65A	56,35±1,57AB	55,92±1,56ABC	55,30±2,12BC	54,70±1,51CD	54,26±1,89D

^{A-D} Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (p < 0.05).

Çizelge 4.4.28’de farklı ultrases konsantrasyonlarının yumurtaların sarı L* renk parametre değerlerine etkileri verilmiştir. Ultrases uygulamalarında artan güce karşı sarı L* değerlerinin istatistiki açıdan önemli (p<0,05) düzeyde arttığı saptanmıştır. Yapılan bir literatür çalışmasında ise kontrol, 5 dk; 15 dk ve 30 dk uygulama sürelerinde sarı L* değerleri sırası ile 71,68; 71,20; 74,29 ve 79,00 olarak bildirilmiştir (Sert ve ark., 2013). Elde edilen sonuçların daha önce yapılan çalışmalar ile uyumlu olduğu gözlenmiştir.

Çizelge 4.4.28. Farklı ultrases uygulama konsantrasyonlarının yumurta sarısı L* renk parametresi üzerine etkisi

Uygulama	Sarı L*
KNT	53,52±1,60ab
200 W	52,01±1,65a
300 W	55,85±1,43ab
450 W	56,73±1,79b

^{a-b} Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (p < 0.05).

Çizelge 4.4.29’da farklı ultrases konsantrasyonları uygulanan yumurtaların 5 haftalık depolama süresince sarı a* renk parametre değerleri verilmiştir. Uygulama süresinin 2 dk’dan 5 dk’ya çıkarıldığı örnek gruplarında sarı a renk değerlerinde istatistiksel açıdan önemli düzeyde azalma kaydedilmiştir. Depolama boyunca a* renk değerinin stabil bir seyir izlediği ifade edilebilir. Elde edilen sonuçlar yapılan literatür sonuçları ile uyumluluk gösterdiği belirlenmiştir (Sert ve ark., 2013).

Çizelge 4.4.29. Farklı ultrases uygulama süreleri sonrası depolama süresinin yumurta sarısı a* renk parametresi üzerine etkisi

Süre	Depolama Süresi (Hafta) / Sarı a			
	1.HAFTA	2.HAFTA	3.HAFTA	4.HAFTA
2 DK	7,16±0,43Aa	7,87±0,53Aa	7,31±0,47ABa	7,20±0,35ABa
5 DK	7,07±0,41Aa	7,04±0,38Ab	6,93±0,62Ab	6,82±0,52Ab

^{A-B} Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (p < 0.05).

^{a-b} Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (p < 0.05).

Çizelge 4.4.30'da farklı ultrases konsantrasyonlarının yumurtaların sarı b* renk parametre değerlerine etkileri verilmiştir. Ultrases uygulamalarında artan güce karşı sarı b* değerlerinin istatistiki açıdan önemli (p<0,05) düzeyde azaldığı saptanmıştır. Yapılan bir literatür çalışmasında kontrol, 5 dk; 15 dk ve 30 dk uygulama sürelerinde sarı b* değerleri sırası ile 38,11; 36,38; 35,86 ve 35,10 olarak bildirilmiştir (Sert ve ark., 2013). Elde edilen sonuçların daha önce yapılan çalışmalar ile uyumlu olduğu gözlenmiştir.

Çizelge 4.4.30. Farklı ultrases uygulama konsantrasyonlarının yumurta sarısı b* renk parametresi üzerine etkisi

Uygulama	Sarı b*
KNT	41,52±3,15a
200 W	40,14±3,34ab
300 W	39,28±2,94bc
450 W	38,36±3,06c

^{a-c} Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (p < 0.05).

Çizelge 4.4.31'de farklı ultrases konsantrasyonları uygulanan yumurtaların 5 haftalık depolama süresince sarı b* renk parametre değerleri verilmiştir. Depolama süresince tüm örnek gruplarında b* renk değerlerinde istatistiksel açıdan önemli (p<0,05) düzeyde artış kaydedilmiştir. Sert ve ark. (2013) tarafından yapılan çalışmada uygulama gruplarında sarı b* değerleri uygulamanın ilk haftasında 35,10; 35,86 ve 36,38 olarak belirlenmiş 14 haftalık depolama süresi sonunda ise 41,15; 41,32 ve 43,19 olarak tespit edilmiştir.

Çizelge 4.4.31. Farklı ultrases uygulama sonrası depolama süresinin yumurta sarısı b* renk parametresi üzerine etkisi

Depolama Süresi (Hafta) / Sarı b*					
0.HAFTA	1.HAFTA	2.HAFTA	3.HAFTA	4.HAFTA	5.HAFTA
35,31±2,44A	37,69±2,19B	39,31±2,28BC	40,58±1,85CD	41,88±2,02DE	42,88±1,54E

^{A-E} Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (p < 0.05).

4.4.8. Kabukta kırılma direnci (kabuk mukavemeti) analizi

Yumurtataşıma sırasındasağlamkalması ve kırılma direnci ekonomik açıdan önemlidir. Farklı ultrases uygulamalarının yumurta kabuğuna etkisi Çizelge 4.4.31’de verilmiş olup, kontrol grubu ve tüm uygulamalar arasındaki farkın istatistiksel açıdan önemli (p<0,05) olduğu saptanmıştır

Çizelge 4.4.31. Farklı ultrases uygulamalarının yumurta kabuğu alt mukavemeti değerleri üzerine etkisi

Uygulama / Kabuk Mukavemeti-Alt			
KNT	200 W	300 W	450 W
3,78±0,29A	3,58±0,25B	3,30±0,24C	3,02±0,20D

^{A-D} Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (p < 0.05).

Kontrol grubunda 3,78 olarak tespit edilen kabuk mukavemetinin uygulama gruplarında (200 W, 300 W ve 450 W) sırası ile 3,58; 3,30 ve 3,02 olarak tespit edilmiş ve tüm değerler arasındaki farkın istatistiksel olarak anlamlı olduğu gözlemlenmiştir. Ultrasesin yumurtada kabuk mukavemetini düşürdüğü tespit edilmiştir. Sert ve ark. (2011) tarafından yapılan bir diğer çalışmada ise 140 W ve 35 kHz’de farklı nisbi rutubet ve muhafaza şartlarında depolanan yumurtalarda ultrases işleminin kabuk mukavemetine etkisi incelenmiştir. Buna göre 5°C’de muhafaza edilen yumurtaların kabuk mukavemetlerinin 22°C’de muhafaza edilen yumurtalara göre daha yüksek tespit edilmiştir. 22°C’de muhafaza edilen grupların uygulama başlangıcı ile depolama sonrası dönem arasında herhangi bir farklılık tespit edilememiştir.

Çizelge 4.4.32’de farklı depolama sürelerinin yumurta kabuğunun alt kısmı mukavemeti üzerine etkisi incelenmiştir. Buna göre başlangıç, 0, 1, 2 ve 3. hafta uygulamaları arasındaki fark önemsiz iken, 5. hafta’nın farklı olduğu ayrıca 3 ve 4. haftanın kendi aralarındaki farkın önemsiz (p>0,05) olduğu bildirilmiştir. Bu durumun

depolama süreci ile yumurta kabuğunun mukavemetinin zayıflaması olarak izah edilmektedir.

Çizelge 4.4.32. Depolama süresinin ultrases uygulanan yumurta kabuğu alt mukavemeti değerleri üzerine etkisi

Depolama Süresi (Hafta) / Kabuk Mukavemeti-Alt					
0.HAFTA	1.HAFTA	2.HAFTA	3.HAFTA	4.HAFTA	5.HAFTA
3,59±0,26A	3,56±0,35A	3,50±0,33AB	3,37±0,28AB	3,27±0,29B	2,94±0,24C

^{A-C} Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (p < 0.05).

Farklı ultrases uygulamalarının yumurta kabuğu üst kabuk mukavemeti üzerine etkisi Çizelge 4.4.33’de verilmiştir.Uygulama grubu örnekler arasındaki istatistiki farkın önemli olmadığı (p>0,05) tespit edilmiştir. Elde edilen bulgular ile literatür verilerinin benzer olduğu gözlemlenmiştir (Sert ve ark., 2011)

Çizelge 4.4.33. Farklı ultrases uygulamalarının yumurta kabuğu üst mukavemeti değerleri üzerine etkisi

KNT	Uygulama / Kabuk Mukavemeti-Üst		
	200 W	300 W	450 W
4,47±0,42A	4,01±0,31B	3,96±0,25B	3,83±0,27B

^{A-B} Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (p < 0.05).

Depolama süresinin ultrases ile muamele edilen kabuklu yumurtaların üst kabuk mukavemetine etkisi Çizelge 4.4.33 ve Çizelge 4.4.34’te verilmiş olup, depolama ile tüm gruplarda kabuk mukavemetinin azaldığı bildirilmiştir. Kabuk mukavemeti üzerine depolamanın etkisi incelendiğinde 1, 2 ve 3. haftaların benzer olduğu 0. haftanın diğer haftalardan farklılık gösterdiği ve 2,3,4 ve 5.haftaların kabuk mukavemeti açısından aralarındaki farkın önemli olmadığı ve depolamadaki kabuk mukavemeti değerlerinin önceki verilere kıyasla stabil bir seyir izlediği ifade edilebilir.

Çizelge 4.4.34. Depolama süresinin ultrases uygulanan yumurta kabuğu üst mukavemeti değerleri üzerine etkisi

Depolama Süresi (Hafta) / Kabuk Mukavemeti-Üst					
0.HAFTA	1.HAFTA	2.HAFTA	3.HAFTA	4.HAFTA	5.HAFTA
4,64±0,33A	4,13±0,26B	4,01±0,19BC	3,93±0,17BCD	3,82±0,20CD	3,74±0,15D

^{A-D} Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (p < 0.05).

Sert ve ark. (2013) tarafından yapılan çalışmada 35 kHz frekansta 5, 15 ve 30 dk süre yumurtalar ultrasese maruz bırakılmıştır. Ultrases uygulamasının yumurtanın kabuk mukavemetini azalttığı bildirilmiş olup, artan uygulama süresinin doğrudan yumurta kabuk mukavemetini zayıflattığı ifade edilmiştir. Kabuk mukavemetinin ultrases uygulamasıyla arttığı tespit edilmiştir. Ayrıca depolama ile birlikte kontrol grubunda mukavemetin azaldığı ancak uygulama gruplarında istatistik farkın bulunmadığı belirlenmiştir.

4.4.9. FT-NIR spektroskopi değerleri

Günümüzde yumurtanın kalite özelliklerinin yeni metotlar kullanarak ve yumurtayı deforme etmeden belirlenmesi üzerine yoğun çalışmalar yapılmaktadır (Abdel-Nour, 2008; Giunchi ve ark., 2008; Zhao ve ark., 2010; Lin ve ark., 2011). Bunlar arasında NIR (Near Infrared Spectroscopy), yumurta kabuk renginin ölçümü ile tavuk stres ve genel sağlık durumu ile yumurtanın kalınlığı ve kırılmaya karşı hassasiyeti belirlenebilmektedir. NIR spektroskopisi uzun yıllardır bilinen ve genellikle numunelerin kimyasal yapısının ve besin bilgilerinin belirlenmesi amacıyla kullanılan bir teknik olup, C-H, N-H ve O-H bağlarının tanımı, teşhisi ve miktarsal tayininde kullanılmaktadır (Galiş ve ark., 2012).

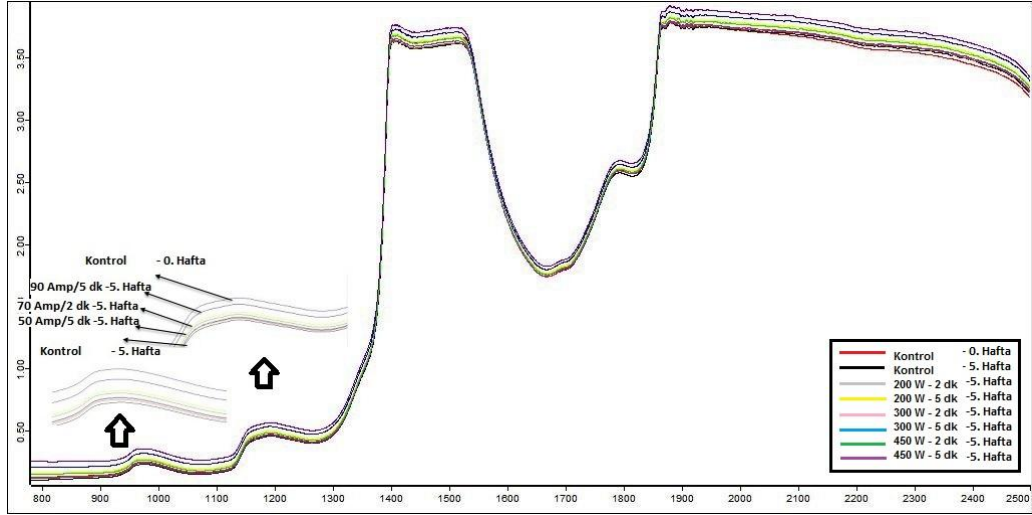
FT-NIR yardımıyla 800-2.500 nm spektral dalga boyu aralığında yumurtaya herhangi bir hasar verilmeden kalite özelliklerinin tayini yapılabilmektedir. Yumurtanın tazeliğinin hasarlı yöntemler (hava boşluğu, katı albümin yüksekliği ve Haugh Birim) ile FT-NIR gibi hasarsız yöntemlerin mukayesesinde uygulama çalışma ile tahminleme üzerine yapılan modellemesinde R² değerlerinin sırası ile 0,732; 0,789 ve 0,676 olarak tespit edilmiştir (Giunchi ve ark., 2008; Galiş ve ark., 2012).

NIR teknolojisinin yumurtanın kalite özelliklerinin tayininde kullanılması üzerine NIR-HSI (Near Infrared Hyperspectral Imaging System)'in omega-3 yağ asitlerince zenginleştirilmiş kabuklu yumurtaların, damızlık-döllü yumurtaların diğer yumurtalardan ayrılmasında ve kırık kabuklu yumurtalar ile diğer yumurtaların tasnifinde yararlanılmaktadır. Ayrıca yumurtanın tazeliğinin belirlenmesinde 530 ile 1130 nm dalga

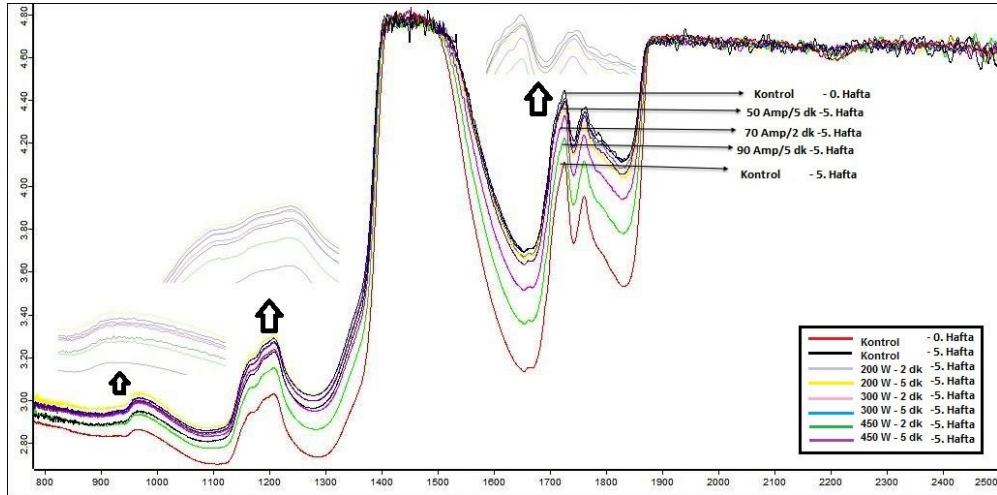
boyunun kullanılabileceği bildirilmiş ve bu amaçla damızlık yumurta tayini, hava boşluğu analizi ile ağırlık kaybı ve pH değerlerinin analiz edildiği çalışmada 0,9 ile 0,92 korelasyon katsayısı- R^2 değerlerine ulaşılmıştır. Albümin kalite kriterlerinin tayininde 570-750 nm dalga boyulu Vis-NIR tercih edilmektedir (Galiş ve ark ., 2012). Lin ve ark. (2011) tarafından yapılan çalışmada yumurtanın tazelik kriteri olan Haugh Unit değerinin NIR ile tahminlemesinde 0,87 korelasyon katsayısına erişilmiş olup, GA-ANN modeli ile 0,912'ye kadar çıkarılabilmektedir.

Farklı ultrases uygulamalarının yumurta albümini üzerine etkisi şekil 4.4.1'de verilmiştir. Uygulama sonrası ve depolamanın son haftasında yapılan ölçümlerde reflektans spektasına karşı absorbands bantları elde edilmiştir. Ölçümlerde artan ultrases gücü uygulamaları ile 1850, 1400, 1200 ve 1000 nm'de pik absorbands değerlerine ulaşıldığı kontrol grubunda uygulama gruplarına göre daha düşük absorpsiyonların elde edildiği belirlenmiştir. Németh ve ark. (2011) tarafından yapılan çalışmada yumurta akının farklı sıcaklık (50, 55 ve 60°C) ve sürelerde (10-24 saat) muamelesi ile protein denaturasyonunun NIR tekniği ile 700-1700 nm dalga boyları arasında belirlenmesine çalışılmış ve grafik eğrilerinde 1000, 1200 ve 1400 nm değerlerinde pik absorpsiyonlar tespit edilmiştir.

Farklı ultrases uygulamalarının yumurtanın sarısı üzerine etkisi şekil 4.1.2'de verilmiş olup, 1000, 1200, 1500, 1700, 1750 ve 1850 nm'de pik absorpsiyonlar elde edilmiştir. Albüminden farklı olarak yumurta sarısında pik absorbands değerleri kontrol grubunda gözlemlenmiş, en düşük absorbands değerleri 450 W uygulamasında elde edilmiştir.



Şekil 4.4.1. Ultrases ile muamele edilen yumurtaların albüminin depolamanın ilk ve son haftasında FT-NIR iletim spektrası'na etkisi.



Şekil 4.4.2. Ultrases ile muamele edilen yumurtaların sarısının depolamanın ilk ve son haftasında depolamanın ilk haftasındaki FT-NIR iletim spektrası'na etkisi.

4.4.10. Mikrobiyolojik analizler

4.4.10.1. Toplam mezofilik aerobik bakteri sayımı analiz değerleri

Ultrases, gıdalarda mikrobiyal inaktivasyon amacıyla uygulama potansiyeli olan alternatif metotlar arasında yer almaktadır (Piyasena ve ark., 2003). Ultrases uygulamasında elde edilen mikrobiyal inaktivasyonun ses dalgalarının hücre zarının mukavemetini etkilemesi, bölgesel ısı yoğunlaşması ve serbest radikal oluşumu ile açıklanırken, kavitasyon olarak adlandırılan basınç farkları ile meydana gelen gaz baloncuklarının oluşumu ve inaktivasyon mekanizması genel kabul gören bir görüştür. Ultrases işleminde gıda içerisinde oluşan ultrasonik enerji belirli bir seviyeye ulaştığı

zaman şok dalgaları meydana gelerek hızlı çarpışmalar gerçekleşir (Piyasena ve ark., 2003). Gram negatif bakterilerin ultrasese gram pozitif bakterilerden daha duyarlı olduğu bildirilmiştir. Isı ile kombine edilerek uygulanan ultrasesin yumurta kabuğuna ve membranına zarar vermediği; toplam canlı bakteri, spor oluşturan bakteri ile *Salmonella* spp.gelişimin ve yumurtaya geçişini etkilemediği yapılan çalışmada ifade edilmiştir (Cabeza ve ark., 2011). Yumurta kabuğunun yüzeyinde bulunabilecek yüksek bakteri florası, yumurtanın iç kısmına bakteri geçiş ihtimalini yükseltmektedir (Gole ve ark., 2013). Yumurtalarda albümin ve sarı kalitesi ile toplam mezofil aerob bakteri florası yumurtanın muhafaza edildiği şartlardan etkilenmekte olup, düşük sıcaklıkta muhafaza edilen yumurtaların (5°C’de 10 gün) toplam flora değerleri yüksek sıcaklıkta muhafaza edilen yumurtalara (22°C’de 10 gün) kıyasla daha düşük tespit edilmiştir (Sert ve ark., 2011).

Ultrases uygulamasının yumurtanın sarı ve beyazında toplam mezofil bakteri yükünü önemli düzeyde düşürdüğü ve muamele süresinin 5 dk’dan 30 dk’ya çıkarılması ile inaktivasyonda artış kaydedildiği bildirilmiştir (Sert ve ark., 2011; Sert ve ark., 2013). Sert ve ark. (2011) tarafından yapılan çalışmada 35 kHz frekansta 140 w gücünde 5, 15 ve 30 dk süre ile ultrases uygulamasına tabii tutulan yumurtalarda en düşük toplam mezofilik aerobik bakteri sayım değerleri uygulama sonrası, 10 gün 5°C ve 10 gün 22°C’de sırası ile albüminde 2,485; 2,344; 2,610 ve sarıda sırası ile 2,403; 2,292 ve 2,422 log kob/g ile 30 dk muamele süresinde saptanmış olup, uygulamalar arasındaki farkın istatistikî açıdan önemli ($p<0,05$) olduğu bildirilmiştir. Kontrol grubunda başlangıç flora değerleri albüminde 2,604 ve sarısında da 2,565 log kob/g olarak tespit edilmiştir. Artan ultrases muamele süresi ile yumurta yüzeyindeki toplam bakteri florasının ve dolayısı ile yumurtanın iç kısmına (albümin ve sarı) difüze olan bakteri sayısında azalmaya yol açtığı ifade edilmiştir (Sert ve ark., 2011).

Ultrases ile muamele edilen yumurtalarda toplam mezofilik aerob bakteri sayım değerleri Çizelge 4.4.36’da verilmiştir. 2 dk süreyle ultrases ile muamele edilen yumurtalarda kontrol grubu, 200 W,300 W ve 450 W uygulamalarında TMAB sayısı sırası ile 4,22-3,81; 3,56 ve 3,37 log kob/yumurtaolarak tespit edilmiştir. En yüksek inaktivasyon değeri 0,85 log₁₀ düşümü ile 450 W’de saptanmıştır. Tüm gruplar arasındaki TMAB farkının istatistikî açısından önemli ($p<0,05$) olduğu ifade edilmiştir. Ultrases muamele süresinin 2 dk’dan 5 dk’ya çıkarılması ile kontrol grubunda 4,2 log kob/yumurtaolan TMAB sayımı 200 W uygulamada 3,6log kob/yumurta’ya; 300 W uygulamada 3,47 log kob/yumurta ve 450 W ultrases dalgalarına maruz bırakıldıklarında ise 3,0 log

kob/yumurta'ya düşürüldüğü saptanmıştır. Tüm uygulama gruplarında ultrases uygulaması sırası ile 0,6; 0,73 ve 1,2 logaritmik düşüş elde edilmiş olup, uygulama gruplarının arasındaki farkın önemli ($p<0,05$) olduğu saptanmıştır. Ayrıca 0. haftada kontrol grubu dışındaki uygulama gruplarında ultrases muamele süresinin TMAB'e etkisinin önemli olduğu belirlenmiştir. Cabeza ve ark. (2011) tarafından yapılan çalışmada yumurtaların 55°C 'de 5 dk süre ile 24 kHz ve 400 W'ta termoultrasese maruz bırakılması ile toplam canlı flora 4,5 log kob/ yumurta'dan $<10^2$ kob/yumurta'ya düşmüştür. Cabeza ve ark. (2011) tarafından elde edilen sonuç ile bu çalışmanın sonuçları birbirlerine benzerlik göstermektedir. Kontrol grubu ve diğer uygulama gruplarında depolama süresince haftalık TMAB artışının önemli olduğu 4,2-4,22 log kob/yumurtaolarak tespit edilen kontrol grubu başlangıç florasının 5. hafta sonunda 5,35-5,37 log kob/yumurtaolarak tespit edilmiştir. Uygulama gruplarında uygulamayı takip eden başlangıç TMAB değerleri 3,0 ile 3,81 log kob/yumurtaarasında iken depolama sonunda önemli düzeyde artış kaydedilmiş ve 5. haftanın sonunda ise 3,75 ile 4,09 log kob/yumurtaarasında uygulamaya göre değişkenlik tespit edilmiştir. Depolama sonunda tüm uygulama ve kontrol grupları arasındaki farkın önemli ($p<0,05$) olduğu belirlenmiştir. Elde edilen veriler ile literatür çalışmalarının benzer olduğu tespit edilmiştir (Shenga ve ark., 2010; Cabeza ve ark., 2011; Sert ve ark., 2011; Aygun ve Sert, 2012).

Çizelge 4.4.36. Farklı ultrases uygulamalarının depolama süresi boyunca yumurtanın toplam mezofil aerobik bakteri (TMAB) sayımı (log kob/yumurta) üzerine etkisi

Depolama Süresi (Hafta) / Uygulama Süresi (Dk) / Yumurta TMAB sayımı													
0.HAFTA		1.HAFTA		2.HAFTA		3.HAFTA		4.HAFTA		5.HAFTA			
2 DK	5 DK	2 DK	5 DK	2 DK	5 DK	2 DK	5 DK	2 DK	5 DK	2 DK	5 DK	2 DK	5 DK
4,22±0,06	4,20±0,07	4,54±0,07	4,53±0,06	4,77±0,08	4,76±0,06	4,93±0,09	4,92±0,07	5,11±0,09	5,10±0,10	5,37±0,17	5,35±0,16		
AaI	AaI	BaI	BaI	CaI	CaI	DaI	DaI	EaI	EaI	FaI	FaI		
3,81±0,09	3,60±0,07	3,92±0,05	3,69±0,07	3,99±0,07	3,79±0,04	4,02±0,08	3,87±0,06	4,05±0,05	3,92±0,09	4,09±0,09	3,98±0,06		
AaII	AbII	BaII	BbII	CaII	CbII	DaII	DbII	EaII	EaII	FaII	FbII		
3,56±0,07	3,47±0,06	3,65±0,04	3,65±0,07	3,76±0,07	3,72±0,09	3,80±0,09	3,78±0,06	3,90±0,06	3,87±0,08	3,97±0,08	3,94±0,07		
AaIII	AbIII	BaIII	BbIII	CaIII	CbIII	DaIII	DbIII	EaIII	EbIII	FaIII	FbIII		
3,37±0,08	3,00±0,09	3,52±0,05	3,15±0,08	3,62±0,05	3,24±0,07	3,69±0,05	3,31±0,09	3,73±0,09	3,61±0,04	3,79±0,09	3,75±0,06		
AaIV	AbIV	BaIV	BbIV	CaIV	CbIV	DaIV	DbIV	EaIV	EbIV	FaIV	FbIV		

A-F Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır, (Uygulama: sabit – Süre: sabit – Depolama: farklı) (p < 0.05).

a-b Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır, (Uygulama: sabit – Süre: farklı) (p < 0.05).

I-IV Aynı alt satırda farklı rakamla gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır, (Depolama: sabit – Süre: sabit – Uygulama: farklı) (p < 0.05).

4.4.10.2. Küf-maya sayımı analiz değerleri

Yumurtada depolama ile birlikte küf ve maya gelişimi artış göstermektedir. Depolama süresince yumurta kabuk membranının etkinliğini yitirmesi ile bariyer özelliği azalmakta ve yumurta yüzeyi küf-maya gelişimine açık hale gelmektedir. Yapılan bir çalışmada depolama öncesi 1,5 log kob/ml olan sayım değeri depolamanın 8. ve 10. haftasında 2,6 ile 2,9 log kob/ml olarak tespit edilmiştir (Jones ve ark., 2004). Aygun ve Sert (2012) tarafından yapılan 35 kHz frekansta 140 W güç ve 5, 10 ve 15 süre ile ultrases dalgalarına maruz bırakılan yumurtalar üzerindeki küf ve maya yükü kontrol grubunda 3,74-4,61 log kob/yumurta olarak tespit edilirken, uygulama süresine bağlı olarak örneklerde %17,9 ile 54,8 arasında düşüm elde edilmiştir. Depolama periyodu sonrasında tüm uygulama gruplarının da kontrol grubuna göre en az %46 daha az küf maya sayımı tespit edilmiştir.

Farklı ultrases uygulama değerlerine tabii tutulan yumurtaların yüzey küf-maya yükünün depolama boyunca değişimi Çizelge 4.4.37’de yer verilmiştir. Ultrases uygulama öncesi kontrol grubunda 4,12 log kob/yumurta olan küf-maya sayımı, uygulama sonrası 2,74 ile 3,51 log kob/yumurta arasına düşmüştür. Başlangıç küf-maya flora değeri 4,12 log kob/yumurtaolan yumurtaların depolamanın 5. haftasında 5,13 log kob/yumurta’ya yükselmiştir. Depolama süresince kontrol grubundaki gelişmenin ve haftalık değişimin istatistiksel açıdan anlamlı olduğu belirlenmiştir. Bu yönüyle elde edilen depolamaya bağlı değerlerin daha önce yapılan literatür çalışmaları ile paralel olduğu saptanmıştır (Jones ve ark., 2004; Shenga ve ark., 2010). Ultrases uygulamasında kullanılan 2 ve 5 dk uygulama süreleri arasındaki farkın tüm uygulama gruplarında istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiş ve elde edilen bu bulgunun Aygun ve Sert (2012) tarafından yapılan çalışma ile örtüştüğü görülmüştür. Çalışma kapsamında en yüksek inaktivasyonun 2,38 log ile 450 W 5 dk’da gözlemlendiği ve en az inaktivasyonun ise 1,61 log ile 200 W 2 dk’da gerçekleştiği tespit edilmiştir. 450 W-5dk ultrases uygulaması neticesinde yumurta yüzeyindeki 2,74 log olan küf-maya değerinin 5 haftalık depolama sonucunda yumurtada meydana gelen değişimlere bağlı olarak 1,72 log artış ile 3,46 log kob/yumurtaya yükseldiği ve bu artışın istatistiki olarak önemli ($p < 0,05$) olduğu belirlenmiştir. Daha düşük güçte ultrasese tabii tutulan yumurtalarda uygulama sonrasında daha hızlı küf-maya gelişimi tespit edilmiştir.

Çizelge 4.4.37. Farklı ultrases uygulamalarının depolama süresi boyunca yumurtanın küf-maya sayımı (log kob/yumurta) üzerine etkisi

Depolama Süresi (Hafta) / Uygulama Süresi (Dk) / Yumurta Küf.Maya sayımı																
0.HAFTA		1.HAFTA		2.HAFTA		3.HAFTA		4.HAFTA		5.HAFTA						
2 DK	5 DK	2 DK	5 DK	2 DK	5 DK	2 DK	5 DK	2 DK	5 DK	2 DK	5 DK					
KT	4,12±0,09	4,12±0,08	4,45±0,07	4,45±0,08	4,50±0,09	4,51±0,07	4,71±0,09	4,72±0,07	4,89±0,10	4,90±0,09	5,13±0,14	5,13±0,17				
	AaI	AaI	BaI	BaI	CaI	CaI	DaI	DDaI	EaI	EaI	FaI	FaI				
W	3,51±0,05	3,47±0,09	3,67±0,08	3,58±0,06	3,77±0,07	3,68±0,05	3,94±0,08	3,79±0,06	3,97±0,08	3,88±0,08	4,01±0,04	3,92±0,08				
	AaII	AbII	BaII	BbII	CaII	CbII	DaII	DbII	DaII	EbII	FaII	FbII				
W	3,40±0,07	3,31±0,06	3,47±0,08	3,41±0,07	3,63±0,07	3,51±0,08	3,69±0,07	3,67±0,05	3,80±0,06	3,72±0,09	3,84±0,04	3,79±0,09				
	AaIII	AbIII	BaIII	BbIII	CaIII	CbIII	DaIII	DbIII	EaIII	EbIII	FaIII	FbIII				
W	3,19±0,09	2,74±0,11	3,36±0,07	3,09±0,08	3,46±0,09	3,17±0,08	3,59±0,08	3,23±0,07	3,65±0,07	3,37±0,09	3,68±0,05	3,46±0,08				
	AaIV	AbIV	BaIV	BbIV	CaIV	CbIV	DaIV	DbIV	EaIV	EbIV	FaIV	FbIV				

A-F Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır, (Uygulama: sabit – Süre: sabit – Depolama: farklı) (p < 0.05).

s-b Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır, (Uygulama: sabit – Süre: farklı) (p < 0.05).

I-IV Aynı alt satırda farklı rakamla gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır, (Depolama: sabit – Süre: sabit – Uygulama: farklı) (p < 0.05).

4.4.10.3.S. aureus analiz değerleri

Yumurta albümini proteinlerinin ve özellikle lizozimin *S. aureus* üzerindeki inaktivasyon etkisi bilinmektedir (Wellman-Labadie ve ark., 2008). Yapılan bir çalışmada yumurtanın depolama ile yüzeydeki *S. aureus* sayım değerleri 0,7 log kob/cm²'den 15 gün sonra 1,8 log kob/cm²'ye yükselmiştir (Shenga ve ark., 2010). Yumurta 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 (Al-Natour ve ark., 2012). Aygun ve Sert (2012) tarafından damızlık yumurtaların 140 W güç ve 35 kHz frekansta 5, 10 ve 15 dk süre ile ultrasese maruz bırakılması üzerinde yapılan çalışmada inkübasyon süresince yumurtaların *Staphylococcus* spp. sayım değerlerinde anlamlı değişimlerin gözlemlendiği bildirilmiştir. En düşük sayım değerleri 15 dk muamele edilen örnek gruplarında olup, 5 ile 15 dk uygulamasının sayım değerleri arasında %54,5'lik bir fark oluşturduğu ifade edilmiştir. Çalışmada en yüksek sayım değerleri inkübasyon sonucundaki kontrol grubunda saptanmıştır.

Ultrasese uygulamasının yumurtada *S. aureus* düzeyine etkisi Çizelge 4.4.38'de verilmiştir. Buna göre 2 dk süre ile ultrasese maruz bırakılan yumurtalarda kontrol grubunda 1,87 olarak tespit edilen *S. aureus* sayım değeri 200 W'de 1,69; 300 W'de 1,65 ve 450 W'da ise 1,37 log'a düştüğü tespit edilmiştir. Ultrasese uygulama süresinin 5 dk'ya yükseltilmesi ile kontrol grubunda 1,89 olan *S. aureus* değeri 200 W'de 1,67; 300 W'de 1,56 ve 450 W uygulamasında ise 1,10 log kob/yumurta seviyesine kadar düştüğü belirlenmiştir. 5 dk ultrasese uygulaması en yüksek 0,79 logaritmik düşüm sağlarken uygulama süresinin 2 dk'da tutulması durumunda 0,5 log düşüm sağlanabilmiştir. Ayrıca başlangıç kontrol grubunda 1,87-1,89 olan sayım değerleri 5 haftalık depolama periyodu sonrasında 3,35-3,37 log kob/yumurta düzeyine yükselirken uygulama gruplarında 1,10-1,69 aralığında olan uygulama sonrası *S. aureus* değerleri depolama sonunda 1,60-2,12 aralığında kalmıştır.

Çizelge 4.4.38. Farklı ultrases uygulamalarının depolama süresi boyunca yumurtanın *S. aureus* sayımı (log kob/yumurta) üzerine etkisi

Depolama Süresi (Hafta) / Uygulama Süresi (Dk) / Yumurta <i>S. aureus</i> sayımı													
0.HAFTA		1.HAFTA		2.HAFTA		3.HAFTA		4.HAFTA		5.HAFTA			
2 DK	5 DK	2 DK	5 DK	2 DK	5 DK	2 DK	5 DK	2 DK	5 DK	2 DK	5 DK	2 DK	5 DK
KNT	1,87±0,08	1,89±0,05	1,96±0,07	1,94±0,08	2,20±0,17	2,17±0,27	2,26±0,24	2,30±0,09	2,80±0,09	2,81±0,10	3,37±0,06	3,35±0,10	
	AaI	AaI	BaI	BaI	BaI	CaI	CaI	CaI	DEaI	DEaI	DEaI	EaI	
200 W	1,69±0,09	1,67±0,07	1,86±0,11	1,80±0,09	1,93±0,07	1,83±0,08	2,03±0,13	1,92±0,07	2,08±0,17	1,94±0,07	2,12±0,20	2,08±0,17	
	AaI,II	AaII	AaII	AaII	BaII	ABaII	CaII	BaII	DaII	CaII	DaII	CaII	
300 W	1,65±0,09	1,56±0,08	1,78±0,12	1,76±0,09	1,83±0,08	1,82±0,09	1,86±0,06	1,86±0,06	1,92±0,09	1,88±0,04	1,98±0,18	1,91±0,21	
	AaII	AaIII	AaII,III	AaIII	BaII	BaII	BaII	BaIII	CaII	CbIII	CaII	CaIII	
450 W	1,37±0,23	1,10±0,14	1,37±0,09	1,33±0,24	1,62±0,06	1,51±0,08	1,62±0,11	1,56±0,10	1,66±0,11	1,61±0,31	1,69±0,22	1,60±0,09	
	AaIII	AbIV	BaIII	BbIII	BCaIII	CbIII	CDaIII	DbIII	DaIII	DEbIV	DaIII	EbIV	

A-F Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır, (Uygulama: sabit – Süre: sabit – Depolama: farklı) ($p < 0.05$).

a-b Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır, (Uygulama: sabit – Süre: farklı) ($p < 0.05$).

I-IV Aynı alt satırda farklı rakamla gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır, (Depolama: sabit – Süre: sabit – Uygulama: farklı) ($p < 0.05$).

4.4.10.4. Enterobacteriaceae analiz değerleri

Gıdaların kalitesinin gözleminde Enterobacteriaceae popülasyonunun önemli bir yeri bulunmaktadır (Gole ve ark., 2013). Aygun ve Sert (2012) tarafından yapılan çalışmada damızlık yumurtalara 140 W güçte 35 kHz frekansta ve 30°C’de 5, 10 ve 15 dk süre ile ultrases uygulaması yapılarak, koliform bakteri değerinin 0,85 ile 3,05 log kob/yumurta arasında olduğu, en yüksek inaktivasyonun %59,9 ile 15 dk olarak uygulanan muamele grubunda tespit edildiği bildirilmiştir. Jones ve ark. (2004) tarafından yumurtanın uzun süre muhafazasında mikrobiyal florası üzerine yaptıkları 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 yumurta kabuğunda Enterobacteriaceae popülasyonu olarak tespit edilen bakteri grubunun %60,78 gibi büyük bir çoğunluğunun *E.coli* türü bakterilerin oluşturduğunu tespit etmiştir. Kalan yüzdelik oranda ise %9,15 ile Salmonella, %8,49 ile Enterobacter yer almaktadır. Sert ve ark. (2013) tarafından yapılan çalışmada yumurtaya 35 kHz frekansta 5, 15 ve 30 dk ultrases muamele çalışması yapılmıştır. Bu kapsamda yumurtanın kabuğuna 3,5 log olarak inoküle edilen *E.coli*’nin 5 dk muamele süresinde kontrole göre %50 inaktivasyon elde edilmiş ve 15 dk ile 30 dk’da yumurta kabuğundaki *E.coli*’nin tamamının inaktive edildiği bildirilmiştir.

Farklı ultrases uygulamalarının yumurtanın Enterobacteriaceae değerleri üzerine etkisi Çizelge 4.4.39’da verilmiştir. Ultrases uygulamasında kontrol grubunda 1,93-1,94 olan değer uygulama sonrası 1,28 ile 1,77 arasında değiştiği belirlenmiştir. Uygulama sonrası 2 dk ultrases ile muamele edilen yumurtaların kontrol 200 W ve 300 W uygulamalarının istatistiki olarak benzer olduğu, ayrıca 200 ve 450 W uygulamalarının arasındaki farkın önemsiz ($p>0,05$) olduğu ve kontrol grubu ile 300 W uygulamasından farklı olduğu saptanmıştır. Ultrases muamele süresinin 5 dk’ya çıkarılması ile kontrol grubu ile 200 ve 300 W uygulamalarının farksız olduğu ancak 450 W uygulamasının diğer gruplardan istatistiksel açıdan farklılık ($p<0,05$) taşıdığı belirlenmiştir.

Depolama süresi sonunda 2 dk muamele süresinde kontrol grubunun tüm uygulama gruplarından farklı olduğu, 200 W uygulama grubundan diğer uygulama gruplarından ve 300W ile 450 W gruplarının aralarındaki farkın önemsiz bulunmuştur. Ancak diğer uygulama grubu ile aralarındaki farkın ise önemli olduğu tespit edilmiştir. Kontrol grubunda 1,93-1,94 olan başlangıç sayım değerinin 5. haftanın sonunda 3,46-3,48 log kob/yumurta düzeyine ulaştığı ve 0 ile 1; 2 ile 3 ve 4 ile 5.

haftalardaki haftalık farkların benzer olduğu gözlemlenmiştir. 300 W 5 dk uygulamasının depolama süresince haftalık değişimin stabil olduğu ve istatistiki olarak fark ($p < 0,05$) arz etmediği belirlenmiştir. Ultrases uygulamasında yumurtaların maruz bırakıldığı 2 dk ve 5 dk süresinin yumurtaların Enterobacteriaceae seviyesi üzerine etkisinin sadece 200 W 5. haftasında önem kazandığı diğer uygulamalarda ise aralarındaki farkın önemsiz olduğu saptanmıştır.

Çizelge 4.4.39. Farklı ultrases uygulamalarının depolama süresi boyunca yumurtanın Enterobacteriaceae sayımı (log kob/yumurta) üzerine etkisi

	Depolama Süresi (Hafta) / Uygulama Süresi (Dk) / Yumurta Enterobacteriaceae sayımı																				
	0.HAFTA			1.HAFTA			2.HAFTA			3.HAFTA			4.HAFTA			5.HAFTA					
	2 DK	5 DK	AaI	2 DK	5 DK	ABaI	2 DK	5 DK	BCaI	2 DK	5 DK	BaI	2 DK	5 DK	CaI	2 DK	5 DK	CaI	2 DK	5 DK	CaI
KT	1,94±0,09	1,93±0,08	AaI	2,20±0,06	2,23±0,30	ABaI	2,77±0,04	2,53±0,08	BCaI	2,79±0,09	2,84±0,08	BaI	3,16±0,06	3,21±0,08	CaI	3,46±0,18	3,48±0,12	CaI	CaI	CaI	CaI
200 W	1,77±0,07	1,82±0,09	AaI	1,90±0,08	1,91±0,05	ABaI,II	2,34±0,04	1,98±0,02	BaI	2,18±0,16	1,95±0,06	BCaI	2,35±0,09	1,96±0,05	ABaI	2,41±0,12	2,09±0,16	CaI	CaI	CaI	BbII
300 W	1,81±0,08	1,67±0,09	AaI	1,73±0,07	1,69±0,13	AaII	2,28±0,06	1,79±0,08	BaI	1,89±0,07	1,76±0,10	ABaI,II	1,96±0,09	1,89±0,05	ABaI	1,98±0,09	1,93±0,06	CaI	CaI	CaI	AaII
450 W	1,55±0,19	1,28±0,23	AbII	1,56±0,15	1,51±0,26	ABaIII	2,25±0,07	1,75±0,09	BCaI	1,77±0,06	1,76±0,07	BaI	1,84±0,13	1,84±0,07	BCaI	1,87±0,08	1,84±0,06	CaI	CaI	CaI	BaIII

A-F Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır, (Uygulama: sabit – Süre: sabit – Depolama: farklı) (p < 0.05).

a-b Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır, (Uygulama: sabit – Süre: sabit – Depolama: sabit – Süre: farklı) (p < 0.05).

I-IV Aynı alt satırda farklı rakamla gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır, (Depolama: sabit – Süre: sabit – Uygulama: farklı) (p < 0.05).

4.4.10.5. Salmonella analizi

Salmonella gibi patojen bakterilerin yumurtanın yüzeyinde bulunabileceği bildirilmiştir (Sert ve ark., 2013). Salmonellosis kaynağı olarak yumurta kabuğunun enfeksiyondaki etkisine araştırmacılar tarafından dikkat çekilmiştir (Cabeza ve ark., 2011). Yumurtanın kabuğundaki *Salmonella*'nın ultrases ile inaktivasyonu üzerine bir çok çalışma gerçekleştirilmiştir (Cabeza ve ark., 2004; Cabeza ve ark., 2005; Huang ve ark., 2006a; Cabeza ve ark., 2011; Aygun ve Sert, 2012).

Cabeza ve ark. (2011) tarafından yapılan çalışmada yumurtaya inoküle edilen *S. Enteritidis*'in 7,78 log kob değerinden termoultrases ile muamele sonrası 2,95 log kob/yumurta değerine düşürüldüğü ve bu azalmanın istatistiki açıdan önemli olduğu bildirilmiştir. Ayrıca Aygun ve Sert (2012) tarafından yapılan bir çalışmada ise, 35 kHz frekansta 140 W güç ve 30°C'de 5, 10 ve 15 dk süre ile ultrasese maruz bırakılan kuluçkalık yumurtada kontrol grubunda *Salmonella* spp. 2,77 log kob/yumurta olarak tespit edilirken 5 dk süre ile ultrasese maruz bırakılan yumurtalarda elde edilen düşümün benzalkonyum klorür uygulanan örnekler ile eşit (2,22 log kob/yumurta) olduğu bildirilmiştir. Ayrıca inkübasyon döneminde kontrol grubun 0,82 log kob/yumurta olarak tespit edilen artışın 15 dk süreyle ultrasese maruz bırakılan yumurtalarda 0,76 log kob/yumurta olarak saptanmıştır. Ultrases işleminin yumurtanın yüzeyindeki *Salmonella* spp. düzeyini azalttığı yapılan çalışmalarda ifade edilmiştir.

Salmonella Enteritidis inokülasyonu yapılan likit yumurtada yüksek vurgulu alan yüksek basınç ve ultrasesin kombinasyonu sonucu gerçekleştirilen bir çalışmada 3,2 log inaktivasyon elde edilmiştir (Huang ve ark., 2006a). Huang ve ark. (2006b) tarafından yapılan ve 1,2,3 dk süre ile 20 kHz frekans 40 W güçte ile bütün likit yumurtaya uygulanan ultrases işleminde muamele süresinin artışı (1 dk: 0,17; 2 dk: 0,27 ve 3 dk: 0,28 log) ile *S. Enteritidis*'te elde edilen inaktivasyonda artmıştır. Muamele süresinin istatistiki açıdan *S. Enteritidis*'in inaktivasyonunda önemli olduğu bildirilmiştir. Çalışmamızda farklı süre ve güçlerde ultrasese tabii tutulan yumurtaların kontrol ve uygulama gruplarında *Salmonella* varlığı tespit edilememiştir.

4.5. Kombine Edilen Farklı Muhafaza Tekniklerinin Yumurthanın Kalitesi Ömrüne Etkileri

4.5.1. Ağırlık kaybı değerlendirmesi

Yumurthanın depolanarak muhafazasında kabuk yüzeyinden nem kaybı ve CO₂ geçişine bağlı olarak yumurthanın ağırlığı azalır (Hidalgo ve ark., 1996; Caner, 2005b; Al-Hajo ve ark., 2010). Kaplama materyalleri yumurta kabuğunda koruyucu bariyer etkisi oluşturarak kabuktan nem ve CO₂ geçişini azaltır ve ağırlık kaybını minimize ederek yumurthanın raf ömrünün artmasına yardımcı olur(Caner, 2005a). Yumurta işleme endüstrisinde yumurta kabuğu, sarısı ve albümininin ağırlığının fiyata etkisi nedeniyle muhafaza tekniklerinin ağırlık kaybının minimize edilmesindeki önemi ortaya çıkmaktadır (Al-Hajo ve ark., 2010). Yumurthanın kalitesinin gözleminde ağırlık kaybı indikatör olarak kullanılmaktadır (Park ve ark., 2003). Yumurthanın yenilebilir çeşitli kaplama materyalleri ile muhafazası üzerine bir çok çalışma gerçekleştirilmiş olup, kaplamanın oda sıcaklığında(25°C) muhafaza edilen yumurtaların iç kalite özelliklerinin muhafazasında etkili olduğu bildirilmiştir (Bhale ve ark., 2003; Caner ve Cansız, 2008; Suppakul ve ark., 2010; Bansiddhi ve Bansiddhi, 2011; Musa ve ark., 2011; Shittu ve Ogunjinmi, 2011b; Torrico ve ark., 2011a; Wardy ve ark., 2011; Goncagul ve ark., 2012; Zhao Meimei, 2012).

Çalışmanın son bölümü olan optimizasyon çalışmasında şellak kaplama, kitosan-lizozim kaplama, ozon ve ultrases uygulamalarının yumurthanın kalite kriterlerine etkisi incelenmiştir. Bu amaçla uygulamaların yumurtadaki depolamaya bağlı ağırlık kaybı üzerine etkisi Çizelge 4.5.1’de verilmiştir. Depolamanın ilk haftasında kontrol grubundaki ağırlık kaybı %1,78; şellak kaplamada %0,31; kitosan-lizozim kaplamada %1,26; ozon uygulamada %1,48 ve ultrases uygulamada ise %1,34 şeklinde gerçekleşmiştir. Buna göre kontrol grubu ve şellak kaplama diğer gruplarından ve birbirlerinden istatistiki olarak farklı (p<0,05) iken, kitosan-lizozim kaplama, ozon ve ultrases uygulama gruplarının ağırlık kaybı üzerine etkileri birbirinden farksızdır. Tüm kaplama yapılan ve uygulama gerçekleştirilen gruplar kontrol grubu ile karşılaştırıldığında yumurtada ağırlık kaybını önemli (p<0,05) derecede azalttığı tespit edilmiştir. En az ağırlık kaybı şellak ile kaplama yapılan yumurta gruplarında tespit edilirken en yüksek ağırlık kaybı ise kontrol grubunda saptanmıştır. Elde edilen daha önce yapılan bölümlerde elde edilen sonuçlar ile benzerlik gösterdiği ve literatür çalışmalarına uyumlu olduğu belirlenmiştir (Caner, 2005a; Musa ve ark., 2011).

Depolamanın 2. haftasından 5. haftası olan depolama sonuna kadar tüm kontrol ve uygulama gruplarının arasında anlamlı fark olduğu bildirilmiştir. Ayrıca depolama süresince şellak ile kaplama yapılan yumurta örnekleri dışındaki tüm gruplarda ağırlık kaybı açısından haftalık değişimlerin istatistiki açıdan önemli olduğu şellak ile kaplanan uygulama grubu örneklerinde ise 2 ile 3 ve 3 ile 4. haftaların birbirlerine benzer olduğu belirlenmiştir. Depolama sonunda yumurtaların toplam ağırlık (su) kayıpları kontrol, şellak kaplama, kitosan-lizozim kaplama, ozon ve ultrases uygulamalarında sırası ile; 8,35; 1,37; 4,10; 7,22; 6,32 olarak tespit edilmiş olup, en yüksek ağırlık kaybının kontrol grubu yumurtalarda olduğu tespit edilmiştir. Depolama süresince farklı uygulamaların kabuklu yumurtada ağırlık kaybını depolama boyunca istatistiki açıdan önemli düzeyde azalttığı tespit edilmiştir. Kaplanmamış (kontrol grubu) yumurtalarda depolama boyunca anlamlı ve en yüksek ağırlık kayıplarının gözlemlendiği tespit edilmiştir. Şellak kaplamanın çalışma kapsamında uygulanan muhafaza yöntemleri arasında yüzeyi etkin biçimde kaplaması ve yapısındaki çözücülerin etkisi ile yumurtanın ağırlık kaybını sınırlandırması açısından en etkili yöntem olduğu belirlenmiştir. Bu yönüyle şellak kaplamanın diğer uygulamalara göre ağırlık kaybını önemli ($p < 0,05$) düzeyde azalttığı saptanmıştır. Şellak ile kaplanan yumurtaların 2 ile 3. haftalar ve 4 ile 5. haftalarda nem-ağırlık kaybını istatistiksel açıdan önemli olmadığı ve yumurtadan suyun difüzyonunu sınırlandırdığı tespit edilmiştir. Depolama boyunca yumurtada ağırlık kaybını etkileyen başlıca parametrelerin kaplama işlemi, yumurta büyüklüğü, kabuk üzerindeki gözenek sayısı, depolama süresi ve depolama sıcaklığı olabileceği ifade edilmiştir (Park ve ark., 2003; Al-Hajo ve ark., 2010; Musa ve ark., 2011).

Çizelge 4.5.1. Farklı yumurta muhafaza uygulamalarının depolama süresi boyunca yumurta ağırlık kaybı (%) üzerine etkisi

UYG*	Depolama Süresi / Ağırlık Kaybı (%)				
	1.HAFTA	2.HAFTA	3.HAFTA	4.HAFTA	5.HAFTA
KNT	1,78±0,38Aa	3,55±0,71Ba	5,32±0,65Ca	6,91±0,37Da	8,35±0,69Ea
Şellak	0,31±0,29Ab	0,63±0,27Bb	0,92±0,34BCb	1,16±0,51CDb	1,37±0,34Db
%20 L	1,26±0,38Ac	2,09±0,43Bc	2,98±0,29Cc	3,47±0,25Dc	4,10±0,32Ec
6-4 Ozon	1,48±0,53Ac	2,87±0,52ABd	4,47±0,32Cd	5,95±0,27Dd	7,22±0,24Ed
450-4 Ult	1,34±0,42Ac	2,52±0,39Be	3,84±0,41Ce	5,16±0,42De	6,32±0,22Ee

^{A-E} Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (p < 0.05).

^{a-e} Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (p < 0.05).

*UYG: Uygulamalar, %20 L: %1 Kitosan ve %20 Lizozim kaplama, 6-4 Ozon: 6 ppm – 4 dk Ozon uygulaması, 450-4 US: 450 W ve 4 dk Ultrases uygulaması

Caner (2005a) tarafından yapılan çalışmada, şellak yumurtada kaplama materyali olarak kullanılmış ve 4 hafta süresince oda sıcaklığında (25°C) muhafaza edilen yumurtalarda %0,75 ağırlık kaybı tespit edilirken kontrol grubunda bu değer %6,78 olarak saptanmış ve şellakın yumurtanın depolama süresince ağırlık kaybında etkisinin istatistiksel açıdan önemli olduğu bildirilmiştir. Musa ve ark. (2011) şellak'ın %1; 3 ve 5'lik konsantrasyonlarının 40°C'de yumurtada ağırlık kaybı üzerine etkilerini inceledikleri çalışmada; 30. gün sonunda ağırlık kayıplarının kontrol %1; %3 ve %5'lik şellak uygulamalarında sırası ile %25,27; %21,32, %13,61 ve %6,47 olarak tespit edilmiş olup, %5'lik şellak kaplamasının kontrol ve diğer kaplamalara kıyasla ağırlık kaybını istatistiki olarak önemli düzeyde düşürdüğü saptanmıştır. Al-Hajo ve ark. (2010) bıldırcın yumurtalarının %1,3 ve 5 şellak ile kaplanması ve 40°C'de muhafazası üzerine yaptıkları bir çalışmada 7. günde kontrolde %10,11; %1'de %7,46; %3'te %1,53 ve %5 şellak konsantrasyonunda ise %0,90 ağırlık kaybı tespit edilirken, depolamanın 42. gününde sırası ile % 52,43; %42,73; %32,54 ve %30,44 ağırlık kaybı meydana gelmiştir.

Çalışma kapsamında kaplanmamış yumurtalarda (kontrol) ağırlık kaybı kitosan-lizozim kaplı olan örneklerde farkın istatistiki açıdan fazla olduğu tespit edilmiştir. Bhale ve ark. (2003) kitosan ile kaplanan yumurtalarda ağırlık kaybının 5. hafta sonunda % 6,8 civarında olduğunu ifade etmiştir.

Ozon, güçlü bir oksidant olarak yumurtanın kabuğundan iç kısmına nüfuz etmektedir (Fuhrmann ve ark., 2010; Perry ve ark., 2011). Yumurta kabuğunda yer alan kütikula zarındaki çözünür proteinlerin ozon ile okside edildiği ifade edilmiştir. (Scott ve ark., 1993; Rodriguez-Romo ve ark., 2007; Beleh, 2008; Fuhrmann ve ark., 2010; Braun ve ark., 2011).

Ultras ses ile muamele edilen damızlık yumurtalarda inkübasyon süresince ağırlık kaybının istatistiki açısından önemli olmadığı bildirilmiş ve ultras ses uygulamasının yumurta üzerindeki kavite etkisiyle bazı değişimlere yol açtığı ifade edilmiştir (Arzeni ve ark., 2012; Aygun ve Sert, 2012). Yumurtanın ultras ses işlemine tabii tutulması ile kütikula zarının zarar görmediği bu nedenle ağırlık kaybını arttırmadığı bildirilmiştir (Peebles ve ark., 1998; Aygun ve Sert, 2012). Aynı şekilde yapılan bir başka çalışmada kütikula zarının termoultras ses uygulamasından etkilenmediği ve kontrol grubu ile uygulama grubu arasında ağırlık farkı açısından istatistiksel bir farklılık bulunmadığı ifade edilmiştir (Cabeza ve ark., 2011). Ultras sesin ağırlık kaybı üzerine etkisini inceleyen bir diğer çalışmada ise 35 kHz’de 5, 15 ve 30 dk ultras ses dalgalarına maruz bırakılan yumurtalar 22°C’de 1-7-14 gün depolama sonucunda yumurta ağırlık kaybının kontrol, 5 dk, 15 dk ve 30 dk uygulamalarında sırası ile; %4,64; 4,48; 4,40 ve 4,34 olarak meydana geldiği görülmüştür (Sert ve ark., 2013).

4.5.2. Haugh birimi ve sarı indeksi analizi

Yumurtada iç kalite özelliklerindeki değişimin belirlenmesinde Haugh birimi (HB) kullanılmakta olup, yumurtanın ağırlığı ve iç kalın albüminin matematiksel bir fonksiyonu olarak hesaplanmaktadır (Haugh, 1937; Stadelman, 1995; Kirunda ve McKee, 2000; Bhale ve ark., 2003; Alleoni ve Antunes, 2004b; Samli ve ark., 2005). Yumurtanın genel kalite indeksi parametreleri arasında yer alan HB değeri taze yumurtalarda daha yüksektir, depolama ile azalma göstermektedir. Amerika Birleşik Devletlerinde HB değeri yumurtaların sınıflandırılmasında yaygın olarak kullanılmaktadır (Park ve ark., 2003).

Kirunda ve McKee (2000) tarafından yapılan çalışmada taze yumurtada 80,47 olan HB değerinin 2 hafta depolama periyodu sonrasında 55,12’ye düştüğü gözlemlenmiştir. Yumurtanın kitosan ile kaplanması hakkında yapılan çalışmalarda HB değerinin kontrole göre önemli düzeyde farklı olduğu tespiti yapılmış ve kaplama ile HB’nin depolama süresince muhafaza edildiği, bu durumun kaplama materyalinin porlardan CO₂ ve nem kaybını minimize etmesi ile açıklanabildiği bildirilmiştir (Bhale ve ark., 2003; Park ve

ark., 2003; Caner, 2005a; Caner ve Cansız, 2007; Kim ve ark., 2008; Jo ve ark., 2011; Torrico ve ark., 2011b; Wardy ve ark., 2013).

Şellak kaplamanın HB birimi üzerine etkisini inceleyen araştırmacılar depolama süresince HB değerindeki azalmanın şellak kaplanan yumurtalarda kontrol grubuna göre istatistiki açıdan önemli düzeyde farklı olduğu ve kaplama grubunda azalmanın kontrole göre daha yavaş olduğu tespit edilmiştir (Caner, 2005a; Al-Hajo ve ark., 2010; Musa ve ark., 2011; Al-Hajo ve ark., 2012). Ozon uygulamasının HB değerine etkisi incelenen çalışmalarda muamele sonrası HB değerinde istatistiki olarak artış kaydedildiği ve bunun ozonun okside edici etkisi ile albümin yayılmasını sınırlayarak katı albümin yüksekliğinde ve dolayısı ile HB değerini arttırdığı ifade edilmiştir (Rodríguez Romo, 2004; Kamotani ve ark., 2010; Perry ve ark., 2011; Goo-Hee ve Kyung-Haeng, 2012). Ultrases'in yumurtada HB değeri üzerine etkisi çeşitli çalışmalarda ele alınmıştır. Yapılan çalışmalarda ultrases muamele süresi ve etkisinin artışı ile HB değerinde istatistiki olarak kontrol grubuna göre artış kaydedildiği ifade edilmiştir (Sert ve ark., 2011; Sert ve ark., 2013).

Kabuklu yumurtaların farklı muhafaza teknikleri uygulanarak depolama boyunca HB değerleri Çizelge 4.5.2'te verilmiştir. Buna göre kontrol grubu örneklerin 0. haftada 80,17 ile başlayan HB değerinin depolama süresince istatistiki olarak önemli seviyede azalarak 6. haftanın sonunda 50,04'e düştüğü belirlenmiştir. Şellak ile kaplanan yumurtaların 0 ve 1. haftada ve 1. ile 2. haftalarda HB değeri açısından stabil bir seyir izlediği gözlemlenmiş ve 0. hafta 80,02 HB değerinden depolama son haftasında 72,37'ye kadar azalmıştır. Kitosan-lizozim kaplama grubunda 1. hafta HB değerinin 0. ve 2. hafta ile benzer olduğu diğer haftalar ile farklılık taşıdığı tespit edilmiş ve 0. haftada 80,08 HB değerinin depolama sonunda 68,27'ye ulaştığı saptanmıştır. Ozon ve ultrases uygulanan 2 ayrı grubun ise depolama süresince haftalık değişimlerin istatistiki açıdan önemli olduğu gözlemlenmiş ve ozon uygulamasında 80,55 olan başlangıç HB değerinin depolama sonunda 61,21'e düştüğü gözlenmiştir. Ultrases uygulamasında ise 80,73 olarak belirlenen başlangıç HB değerinin depolama ile azalarak 57,14'e kadar düştüğü belirlenmiştir. Depolamanın 0. haftasında kontrol grubunu ile uygulamalar arasında istatistiki açıdan fark olmadığı tespit edilmiştir. Buna göre HB değerinin şellak veya kitosan-lizozim kaplama ile istatistiksel olarak değişim göstermediği ancak ultrases veya ozon uygulamasına tabii tutulması ile istatistiki olarak artış kaydedildiği saptanmıştır. Bu artışın uygulamaların sebep olduğu oksidasyon nedeniyle kalın albümin yüksekliğinin

artışına ve dolayısı ile bayatlama sürecine bağlı olduğu ifade edilmiştir (Perry ve ark., 2011; Uzun ve ark., 2012).

Çizelge 4.5.2. Farklı yumurta muhafaza uygulamalarının depolama süresi boyunca Haugh Birimi değerleri üzerine etkisi

Depolama Süresi (Hafta) / Haugh Birimi							
U	0.HAFTA	1.HAFTA	2.HAFTA	3.HAFTA	4.HAFTA	5.HAFTA	6.HAFTA
KNT	80,17(AA)±3 ,9Aa	75,93(AA)±2 ,9Ba	72,92(AA)± 4,4Ca	70,78(A)±4,8 Da	67,46(A)±3,9 Ea	60,64(A)±6,2 Fa	50,04(B)±8 ,3Ga
	80,02(AA)±3 ,2Aa	80,14(AA)±3 ,7Ab	78,94(AA)± 4,1Bb	77,98(AA)±2, 4BCb	76,94(AA)±3 ,3Cb	74,87(AA)±5 ,9Db	72,37(AA)±3 ,5Eb
%20 L	80,08(AA)±5 ,1Aa	78,95(AA)±4 ,6ABc	78,10(AA)± 5,3Bbc	76,89(AA)±4, 8Cbc	74,90(AA)±3 ,6Dc	71,72(A)±3,8 Ec	68,27(A)±3 ,7Fc
6-4 O	80,55(AA)±2 ,3Aa	78,95(AA)±3 ,1Bc	77,49(AA)± 4,6Cc	76,00(AA)±5, 9Dc	72,12(AA)±5 ,2Ed	69,71(A)±3,9 Fd	61,21(A)±6 ,5Gd
450-4 US	80,73(AA)±3 ,2Aa	78,25(AA)±9 ,1Bc	76,14(AA)± 6,6Cd	74,78(AA)±6, 1Dd	70,33(A)±5,6 Ee	67,10(A)±4,6 Fe	57,14(B)±7 ,2Ge

^{A-G} Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (p < 0.05).

^{a-e} Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (p < 0.05).

*Sınıflandırma - HB >72 'AA' kalite; 72-60 'A' kalite, 59-31 'B' kalite; <30 'C' kalite olarak tasnif edilebilir (Anonim, 2001).

*U: Uygulamalar, %20 L: %1 Kitosan ve %20 Lizozim kaplama, 6-4 Ozon: 6 ppm – 4 dk Ozon uygulaması, 450-4 US: 450 W ve 4 dk Ultrases uygulaması

Depolamanın 1. haftası itibariyle kontrol grubu diğer tüm kaplama ve uygulama gruplarından farklılık arz etmiştir. Depolamanın son haftasında ise kontrol ve diğer tüm gruplar arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir. Depolama sonunda en yüksek HB değeri şellak ile kaplama yapılan yumurta örneklerinde tespit edilirken bunu sırası ile kitosan-lizozim, ozon, ultrases ve kontrol grupları takip etmiştir. Elde edilen verilerin literatür çalışmaları ile uyumlu olduğu belirlenmiştir (Bhale ve ark., 2003; Caner, 2005a; Kim ve ark., 2007; Kamotani ve ark., 2010; Perry ve ark., 2011; Sert ve ark., 2011; Wardy ve ark., 2011; Uzun ve ark., 2012; Sert ve ark., 2013).

Sarı indeksi (SI), yumurtanın ve yumurta sarısının kalitesinin gözleminde kullanılmakta olup, yumurta sarısı genişliğinin yüksekliğine olan oranı ile tayin edilmektedir (Stadelman, 1995; Kirunda ve McKee, 2000). Sarı indeksi değeri yumurtanın depolama süresi boyunca azalmakta olup, bu durum vitellin membranın

mukavemetini kaybetmesi ve yumurta sarısına albüminden vitellin membran ile su geçişi neticesinde SI değeri düşmektedir (Hidalgo ve ark., 1996; Kirunda ve McKee, 2000; Berardinelli ve ark., 2008).

Yumurtanın farklı kaplama materyalleri ile kaplanması üzerine yapılan çalışmalarda depolama boyunca SI değerinin değişiminin minimize edilmesinde kaplamanın etkisinin önemli olduğu bildirilmiştir (Bhale ve ark., 2003; Caner, 2005a; Caner ve Cansız, 2008; Torrico ve ark., 2010; Torrico ve ark., 2011b).

Park ve ark. (2003) tarafından yapılan çalışmada kontrol (kaplanmamış, yıkanmamış ve sanitize edilmemiş) grubu yumurtalar ile yıkanmış yumurtalar ve yıkanmış-sanitize edilmiş ve kitosan ile kaplanmış yumurtaların 4°C ve 30°C’de muhafazası ve SI değerine etkisi incelenmiştir. Araştırma sonucunda 30°C’de muhafaza edilen yumurtalarda tespit edilen SI değerlerinin 4°C’de muhafaza edilen yumurtalara kıyasla daha hızlı düştüğü ve istatistiki açıdan önemli olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca 30°C’de muhafaza edilen yumurtalarda depolama sonucunda yıkanmamış yumurtaların yıkanmışlara ve yıkanmış yumurtaların yıkanmış, sanitize edilmiş ve kaplanmış yumurtalara göre daha düşük SI değerlerine sahip olduğu belirlenmiştir.

Ozon ile muamele edilen yumurtalarda SI değerinin değişiminin incelendiği çalışmalarda; ısı işlem ile yapılan kombinasyonda depolama süresince sarı indeksi değerinin Haugh birimi ile benzerlik gösterdiği bildirilmiş ve 25°C’de muhafaza edilen yumurtaların depolamanın 4, 5 ve 6. haftalarında kontrol ile aralarındaki farkın önemli bulunduğu bildirilmiştir (Perry, 2010; Perry ve ark., 2011). Bu durum depolama boyunca albüminden yumurtanın sarı kısma su geçişi sebebiyle vitellin membranın mukavemeti azalması gelirken, bu sürece etki eden faktörler arasında; yumurta iç sıcaklığı ve depolama süresi gelmektedir (Caudill, 2007; Laca ve ark., 2010; Perry ve ark., 2011). Yapılan bir diğer çalışmada ise ozon ile kombine edilen pastörizasyon işleminin sonucunda kontrol grubu yumurtalarda sarı indeks değeri (0,39) ve uygulama örneklerinde ise (0,40) ile istatistiki açıdan fark tespit edilememiştir (Rodríguez Romo, 2004). Ozon uygulanan ve 4°C’de muhafaza edilen yumurtalarda sarı indeks değerinde çok değişim görülmezken, 25°C’de depolanan yumurtalarda kontrol grubuna göre istatistiki olarak önemli ($p < 0,05$) haftalık değişimler gözlenmiştir (Perry ve ark., 2011). Çizelge 4.5.3’te uygulama sonrası SI değeri 0,46’dan 0,47’ye yükselmiş ancak farkın önemli olmadığı tespit edilmiştir. Ayrıca depolama süresince ozon ile muamele edilen yumurtaların SI değerleri önemli düzeyde azalma göstermiştir.

Ultrasesin sarı indeksine etkisinin belirlenmesi üzerine yapılan çalışmalarda 35 kHz ve 5, 15 ve 30 dk süre ile ultrases dalgalarına maruz bırakılan yumurtaların SI değerlerinde kısmi artış kaydedildiği ve bu artışın istatistiksel olarak önemli olduğu ifade edilmiştir (Sert ve ark., 2013). Aynı çalışma sonucunda elde edilen bulgulara göre uygulama süresinin arttırılması ile SI değerinin yükseldiği bildirilmiştir.

Farklı yumurta muhafaza tekniklerinin kabuklu yumurtaya uygulanması ve depolama süresince sarı indeksi (SI) değerine etkisi Çizelge 5.3'te verilmiştir. Yapılan çalışmada kontrol grubu yumurtaların 0,46 olan 0. hafta SI değerinin depolama ile önemli düzeyde azalarak 6. haftada 0,27 SI değeri elde edilmiştir. Depolama süresince şellak ile kaplanan yumurtaların SI değeri 0,46'dan 0,41'e düşmüştür. Kitosan ve lizozim ile kaplanan yumurta örneklerinde 2. ile 3. ve 4. ile 5. haftaların benzer olduğu 0,46 olan başlangıç SI değerinin depolamanın sonunda 0,36'ya düştüğü tespit edilmiştir. Uygulama gruplarından ozon ile muamele edilen yumurtalarda 0,47 olan başlangıç SI değerinin depolama sonunda 0,34'e kadar düştüğü gözlenmiş ve haftalık değişimlerin istatistiki olarak önemli olduğu saptanmıştır. Ultrases uygulama grubunda ise 0,47 SI değeri 6. hafta itibariyle 0,33'e düşerek haftalık değişimlerin önemli olduğu ifade edilmiştir.

Çalışmanın 0. haftasında (uygulama sonrası) kontrol ve tüm uygulama grupları arasındaki farkın istatistiki açıdan önemli olmadığı ($p>0,05$) belirlenmiş olup, 1. haftada aradaki fark önemli olarak değişim göstermiştir. Depolamanın 2.,3. ve 4. haftalarında kontrol ve şellak kaplaması yapılan yumurta örneklerinin birbirlerinden ve diğer uygulamalardan farklı iken kitosan-lizozim kaplama ile ozon ve ultrases uygulama gruplarının benzer oldukları saptanmıştır. Çalışmada depolamanın son 6. haftasında kontrol grubu, şellak kaplama grubu ve kitosan-lizozim kaplama grupları birbirlerinden ve diğer uygulama gruplarından istatistiki açıdan farklı olarak tespit edilirken uygulama grupları arasında yer alan ozon ve ultrases muamele gruplarının ise istatistiki olarak farksız ($p>0,05$) oldukları belirlenmiştir.

Aygun ve Sert (2013) tarafından yapılan çalışmada sarı indeksinin 22°C'de muhafaza edilen yumurtalarda düştüğü ifade edilmiştir. Bu durumun depolamada albüminden sarıya su geçişi ile vitellin zarının genişleyerek etkisini kaybetmesi ile açıklanmaktadır (Caudill, 2007; Laca ve ark., 2010; Perry ve ark., 2011).

Çizelge 4.5.3. Farklı yumurta muhafaza uygulamalarının depolama süresi boyunca yumurta sarı indeksi değerleri üzerine etkisi

UYG*	Depolama Süresi (Hafta) / Sarı İndeksi						
	0.HAFTA	1.HAFTA	2.HAFTA	3.HAFTA	4.HAFTA	5.HAFTA	6.HAFTA
KNT	0,46±0,03A a	0,42±0,07B a	0,38±0,08C a	0,35±0,04D a	0,32±0,05E a	0,29±0,05F a	0,27±0,05G a
Şellak	0,46±0,06A a	0,45±0,02A b	0,44±0,08A Bb	0,43±0,03B Cb	0,43±0,06C Db	0,42±0,02C Db	0,41±0,02D b
%20 L	0,46±0,03A a	0,44±0,08B b	0,42±0,02C c	0,40±0,06C c	0,38±0,04D c	0,37±0,04D Ec	0,36±0,06E c
6-4 Ozon	0,47±0,04A a	0,45±0,04B b	0,42±0,06B c	0,41±0,03B c	0,38±0,06C c	0,35±0,06D cd	0,34±0,07D d
450-4 US	0,47±0,06A a	0,45±0,04B b	0,42±0,06C c	0,40±0,08D c	0,38±0,07E c	0,35±0,04 Fd	0,33±0,05G d

^{A-G} Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (p < 0.05).

^{a-d} Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (p < 0.05).

*UYG: Uygulamalar, %20 L: %1 Kitosan ve %20 Lisozim kaplama, 6-4 Ozon: 6 ppm – 4 dk Ozon uygulaması, 450-4 US: 450 W ve 4 dk Ultrases uygulaması

4.5.3. Albümin ve yumurta sarısı pH ölçümleri

Yumurtada önemli bir tazelik kriteri olan albümin pH değeri depolama ile birlikte kabuktaki porlardan CO₂ kaybına bağlı olarak yaklaşık 7,5 ile 8,5 seviyesinden 9,8'e kadar yükselebilmektedir (Stadelman, 1995; Scott ve Silversides, 2000; Rocculi ve ark., 2009; Shittu ve Ogunjinmi, 2011b). Yumurtanın albümininde oluşan pH artışının oluşan CO₂'nin çözünmesi ile CO₂'nin yıkıma uğrayarak bikarbonat ve karbonata dönüşümünün bir fonksiyonu olup, sıcaklık artışı ile bikarbonat tampon sistemi etkileşimi hız kazanmaktadır. Bu durum ayrıca lisozimde bulunan amino asitlerin karbonat ve karbonik asit ile etkileşime girmeleri ile açıklanabilmektedir (Keener ve ark., 2001; Biladeau ve Keener, 2009; Banerjee ve ark., 2011). Nongtaodum ve ark. (2013) tarafından yapılan ve farklı orjinli yağların kullanılarak yumurtaların kaplanması ile 25°C'de 5 hafta süre ile depolanan yumurtalarda kaplamanın etkisi ile CO₂ ve suyun neden olduğu karbonik asit yıkımının yavaşlatılması ve dolayısıyla kontrol grubuna kıyasla daha düşük albümin pH değerlerinin elde edilmesinde etkili olduğu ifade edilmiştir.

Perry ve ark. (2011) tarafından yapılan çalışmada ozonun ısıl işlem (pastörizasyon) ile kombine edildiği bir çalışmada albümin pH değerlerinin önemli düzeyde düştüğü

bildirilmiştir. Ozon ile muamele edilen yumurtaların albümin değerinin depolamada CO₂ kaybına bağlı olarak oluşan pH artışını engellediği bildirilmiştir. Yapılan literatür çalışmalarında ozon uygulaması sonrasında yumurtadaki CO₂'nin radikal tutucu olarak görev yaparak indirgenmesi sonucunda radikal ürünler oluşmakta CO₂ seviyesi düşerek, hidroksil amino asitlerin oksidasyonu ve bazı radikal zincir reaksiyonlarının meydana geldiği bildirilmiştir (Cataldo, 2003; Perry ve ark., 2011; Uzun ve ark., 2012).

Goo-Hee ve Kyung-Haeng (2012) tarafından yapılan çalışmada 10, 20 ve 30 dk süre ile ozona maruz bırakılan yumurtaların albümin pH değerleri 8,95; 10 dk muamele süresi ile 8,79; 20 dk muamele süresi ile 8,91 ve 30 dk muamele süresi ile 8,68'e kadar düştüğü gözlenmiş olup, 14 gün depolama sonrasında ise kontrol grubu albümin pH düzeyi 9,00; 10 dk muamele süresi ile 8,95; 20 dk muamele süresi ile 8,88 ve 30 dk muamele süresi ile 8,76 olarak saptanmıştır.

Yumurtada uygulanan farklı muhafaza tekniklerinin uygulama sonrası ve depolama boyunca albümin pH değerine etkisi Çizelge 4.5.4'te verilmiştir. Albümin pH değerlerinde zaman ile oluşan artışın kaplanmamış (kontrol) yumurta örneklerinde önemli ve şellak ve kitosan-lizozim kaplanmış yumurta grubunda ise ilk 2 haftalık depolama periyodunda önemsiz ($p>0,05$) olduğu tespit edilmiştir. Çalışma kapsamında 0. hafta albümin pH değerlerinin kontrol ve uygulama grupları arasında istatistiki olarak fark bulunmadığı belirlenmiştir. Kontrol grubunda 7,79 olarak tespit edilen albümin pH değerinin şellak kaplama, kitosan lizozim kaplama, ozon uygulama ve ultrases ile muamele uygulama gruplarında sırası ile 7,80; 7,82; 7,66 ve 7,61 olarak saptanmıştır. Ozon ve ultrases uygulama gruplarında albümin pH değerindeki azalma söz konusu olup, 5. ve 6. haftada istatistiki olarak diğer uygulama ve kontrol grubundan bir farklılık ($p>0,05$) teşkil etmediği belirlenmiştir. Depolamanın 1. haftasında kontrol grubu albümin pH değerinin uygulama gruplarından farklı olduğu ve şellak kaplama, kitosan-lizozim kaplama değerlerinin benzer, aynı şekilde şellak kaplama ile ultrasese tabii tutulan yumurtaların albümin pH değerlerinin kendi aralarında benzerlik gösterdiği saptanmıştır. Ozon ile muamele edilen yumurtaların albümin pH değeri 7,55 ile en düşük değer olarak tespit edilmiş ve diğer uygulama gruplarından istatistiki olarak farklılık ($p<0,05$) göstermiştir. Bu durumun yumurtanın içerisine difüze olan ve serbest radikal ve oksidasyon yan ürün oluşumunun etkisinin zamanla oluştuğu ifade edilen çalışmalar ile benzerlik göstermiştir (Rodriguez-Romo ve ark., 2007; Fuhrmann ve ark., 2010). Depolamanın son haftasında albümin pH değerinin tüm uygulama grupları arasındaki farkın istatistiki açıdan önemli ($p<0,05$) olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.5.4. Farklı yumurta muhafaza uygulamalarının depolama süresi boyunca yumurta albümin pH değerleri üzerine etkisi

Depolama Süresi (Hafta) / Uygulama Süresi (Dk) / Albümin pH							
UYG*	0.HAFTA	1.HAFTA	2.HAFTA	3.HAFTA	4.HAFTA	5.HAFTA	6.HAFTA
KNT	7,79±0,07	8,10±0,02	8,36±0,06	8,58±0,04	8,84±0,03	9,10±0,03	9,27±0,05
	Aa	Ba	Ca	Da	Ea	Fa	Ga
Şellak	7,80±0,02	7,81±0,03	7,92±0,04	8,04±0,02	8,14±0,02	8,25±0,03	8,44±0,05
	Aa	Abd	Bb	Cb	Db	Eb	Fb
%20 L	7,82±0,02	7,87±0,02	7,95±0,02	8,14±0,03	8,31±0,03	8,53±0,02	8,75±0,05
	Aa	ABb	Bb	Cb	Dc	Ec	Fc
6-4 Ozon	7,66±0,06	7,55±0,03	7,70±0,03	7,74±0,03	7,82±0,03	7,94±0,03	8,04±0,02
	Aa	Bc	Cc	CDc	Dd	Ed	Fd
450-4 US	7,61±0,03	7,74±0,02	7,83±0,02	7,92±0,03	8,08±0,03	8,10±0,05	8,22±0,06
	Aa	Bd	BCb	Cd	Db	Ee	Fe

^{A-G} Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (p < 0.05).

^{a-e} Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (p < 0.05).

*UYG: Uygulamalar, %20 L: %1 Kitosan ve %20 Lizozim kaplama, 6-4 Ozon: 6 ppm – 4 dk Ozon uygulaması, 450-4 US: 450 W ve 4 dk Ultrases uygulaması

Jo ve ark. (2011) tarafından yumurtanın kitosan ile kaplanması üzerine yapılan çalışmada kitosan ile kaplanan yumurtada albümin pH değeri 9,16 olarak tespit edilirken 7. günün sonunda kontrol grubunda albümin pH değeri 10,66'ya ve 23°C'de 7 gün süre ile muhafaza edilen kitosan kaplı yumurtalarda albümin pH değeri 10,29'a yükselmiştir. Buna göre depolama sonrası uygulama ve kontrol grubu albümin pH değerinin istatistiki olarak farklı (p<0,05) olduğu ifade edilmiştir.

Sert ve ark. (2011) tarafından yapılan çalışmada 35 kHz ultrases dalgasına 5, 15 ve 30 dk süre ile maruz bırakılan yumurtaların albümin pH düzeylerinde istatistiksel olarak fark bulunmadığı bildirilmiş ve kontrol grubu örneklerin 8,6 pH'dan depolama sonrası 9,36'ya yükseldiği ifade edilmiştir. Kontrol grubundaki pH artışı yumurtanın depolama sürecinde meydana gelen kütikula zarının etkisini yitirmesi, CO₂ kaybı ve albümin viskozitesinin azalması gibi fiziksel ve kimyasal değişimlere bağlı olarak gelişmiştir. Yapılan bir başka çalışmada ise, 35 kHz'de 5,15 ve 30 dk süre ile ultrases uygulanan yumurtalarda albümin pH değerinin istatistiksel açıdan önemli olduğu ve 9,09 olan

kontrol albümin pH'nın 5 dk uygulama ile 9,15'e yükselirken; 15 dk uygulama ile 8,97'ye ve 30 dk uygulamada ise 8,96'ya düşürmüştür. 15 ve 30 dk uygulamaları arasındaki fark önemsiz iken, 5 dk ve kontrol grupları birbirlerinden farklı ve aralarındaki farkın da önemli ($p<0,05$) olduğu ifade edilmiştir. Uygulamada kontrol grubu örneklerin albümin pH düzeyleri 9,09 başlangıç, 7. günde 9,38 ve depolama sonunda 14. günde ise artarak 9,48'e ulaşmıştır. Ayrıca uygulama (5, 15 ve 30 dk) gruplarında da benzer artış görülmüş ve ilk günde uygulama sonrası elde edilen ölçümlerde albümin pH düzeyi sırası ile 9,15; 8,97 ve 8,96 iken depolama sonunda 14. günde ise 9,49; 9,47 ve 9,34 olarak saptanmıştır (Sert ve ark., 2013).

Gélvez-Ordoñez ve ark. (2009) tarafından yapılan çalışmada likit yumurta beyazının 40 kHz ve 80 Watt gücünde ultrasese 5, 10 ve 15 dk süre ile maruz bırakılması ve 3 gün 4°C'de muhafaza edilmesi sonucunda uygulama örneklerin pH değerlerinde istatistiki olarak anlamlı bir fark ($p<0,05$) tespit edilememiştir. Bu durumun uygulanan ultrasese bağlı olarak yüklü grupların değişimi ve makro bileşenlerin yüzey etkisine bağlı olabileceği ifade edilmiştir. Çalışmada yumurtlamayı takip eden 120 saat sonrası temsil eden kontrol grubunda başlangıç pH değeri 8,0 ve 3. günde ise 8,5 olarak tespit edilirken, 5, 10 ve 15 dk muamele sürelerinin uygulama sonrası pH değerleri sırası ile 8,0; 8,2 ve 8,0 iken 3 depolama sonrası 8,1; 8,3 ve 8,3 olarak saptanmıştır. Ayrıca yumurtlamayı takip eden 24 saat (taze yumurta) içerisinde alınan numuneleri temsil eden kontrol grubunda başlangıç pH değeri 7,5 ve 3. günde ise 8,0 olarak tespit edilirken, 5, 10 ve 15 dk muamele sürelerinin uygulama sonrası pH değerleri sırası ile 7,7; 7,8 ve 7,9 iken 3 depolama sonrası 7,8; 7,8 ve 7,9 olarak saptanmıştır.

Yumurthanın depolama sürecinde bayatlaması ile yumurta albüminindeki suyun ozmotik basınç sonucu vitellin membran aracılığıyla yumurta sarısına geçiş yaptığı bilinmektedir (Hidalgo ve ark., 1996; Berardinelli ve ark., 2008; Biladeau ve Keener, 2009; Perry ve ark., 2011). Jo ve ark. (2011) tarafından yapılan çalışmada kontrolde başlangıç sarı pH değeri 6,16 olarak tespit edilirken, kitosan kaplanan yumurtada 6,15 olarak saptanmıştır. Yumurtaların 23°C'de 7 gün muhafazasından sonra kontrol grubu yumurtaların sarı pH değerleri 6,43'e yükselirken, kitosan kaplı yumurtalarda pH değeri 6,16 olarak belirlenmiştir. Elde edilen değerlerde uygulama ve kontrol grubu sarı pH değerinin istatistiki olarak farklı ($p<0,05$) olduğu ifade edilmiştir.

Ozon işlemi ile muamele edilen yumurta kontrol grubu sarı pH değeri 6,53 olarak tespit edilmiş ve uygulamada 10 dk ile 20 dk ozon ile muamele edilmiş yumurtaların ise sarı pH değerleri arasında istatistiki fark olmadığı ancak 30 dk süre ile muamele edilen

yumurtalarda pH değerinin 6,32'ye düşerek istatistiksel farkın ($p<0,05$) olduğu bildirilmiştir. Depolama sonunda ise, 14. günde kontrol grubunda sarı pH değeri 6,77; 10 dk uygulamada 6,62; 20 dk uygulamada 6,60; 30 dk uygulamada ise 6,52 tespit edilerek sadece 30 dk uygulamasının diğer uygulama ve kontrol grubu örneklerden sarı pH değeri açısından istatistiki olarak farklı ($p<0,05$) olduğu, kontrol, 10 dk uygulama ve 20 dk uygulama gruplarından farksız ($p>0,05$) olduğu bildirilmiştir (Goo-Hee ve Kyung-Haeng, 2012).

Yumurtalara uygulanan farklı muhafaza tekniklerinin yumurta sarı pH değerine etkisi ve depolama boyunca seyri Çizelge 4.5.5'te verilmiş olup, uygulamaları takip eden yumurta sarısı pH değerlerinin kontrol ve uygulama grupları arasında istatistiki açıdan fark ($p<0,05$) bulunmadığı saptanmıştır. Kontrol ve kaplama grubu örneklerde sarı pH değeri 6,12 olarak tespit edilirken, ozon ve ultrases uygulama gruplarında sırası ile 6,06 ve 6,08 olarak tespit edilmiş, ancak uygulama gruplarında azalan pH değerlerinin istatistiksel açıdan anlamlı olmadığı ifade edilmiştir. Depolamanın 2. haftası itibariyle uygulama grupları ile kontrol grubu yumurta örneklerinin sarı pH değerleri arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olduğu bildirilmiştir. Depolama son haftasında kontrol grubu sarı pH değeri 6,57 ile diğer uygulama gruplarından farklılık gösterirken, şellak ve kitosan-lisozim kaplama grubu yumurtaların sarı pH değerleri 6,43 olarak tespit edilmiş ve kontrol ile diğer uygulama gruplarından farklı ($p<0,05$) olduğu ifade edilmiştir. Ozon ile muamele edilen yumurtaların depolama sonunda sarı pH değeri 6,23 ve ultrases uygulanan yumurtalarda ise 6,27 olarak tespit edilerek her iki değer istatistiki olarak farklı olduğu gözlemlenmiştir.

Çizelge 4.5.5. Farklı yumurta muhafaza uygulamalarının depolama süresi boyunca yumurta sarısı pH değerleri üzerine etkisi

UYG*	Depolama Süresi (Hafta) / Sarı pH						
	0.HAFTA	1.HAFTA	2.HAFTA	3.HAFTA	4.HAFTA	5.HAFTA	6.HAFTA
KNT	6,12±0,04 Aa	6,20±0,05 Ba	6,30±0,03 Ca	6,36±0,05D a	6,44±0,04 Ea	6,51±0,02 Fa	6,57±0,03 Ga
Şellak	6,12±0,02 Aa	6,13±0,02 Aad	6,16±0,02 ABbd	6,20±0,02B Cb	6,22±0,01 Cbe	6,28±0,02 Db	6,32±0,02 Db
%20 L	6,12±0,03 Aa	6,15±0,02 Ab	6,17±0,04 Ab	6,22±0,03B b	6,27±0,03 Cc	6,33±0,03 Dc	6,43±0,04 Ec
6-4 Ozon	6,06±0,02 Aa	6,05±0,03 Ac	6,10±0,02 ABc	6,13±0,04B c	6,14±0,02 Bd	6,19±0,04 Cd	6,23±0,06 Cd
450-4 US	6,08±0,04 Aa	6,10±0,02 Acd	6,12±0,04 ABcd	6,14±0,04B Cc	6,18±0,03 CDde	6,22±0,06 DEd	6,27±0,04 Ee

^{A-G} Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (p < 0.05).

^{a-e} Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (p < 0.05).

*UYG: Uygulamalar, %20 L: %1 Kitosan ve %20 Lizozim kaplama, 6-4 Ozon: 6 ppm – 4 dk Ozon uygulaması, 450-4 US: 450 W ve 4 dk Ultrases uygulaması

Sert ve ark. (2011) tarafından yapılan bir çalışmada 5, 15 ve 30 dk ultrases uygulamasının sarı pH değeri üzerinde istatistiki olarak fark oluşturmadığı ifade edilmiştir. Yumurtanın depolama periyodunda sarı pH değerinin arttığı bilinmekte olup, Hidalgo ve ark. (1996) tarafından yapılan çalışmada pH değeri 6,1'den sırası ile 30°C'de 29. günde 6,6'e; 20°C'de 87. günde 6,5'e ve 5°C'de 354. günde ise 6,8'e kadar artış kaydettiği bildirilmiştir.

Sert ve ark. (2013) tarafından yapılan bir diğer çalışmada ise 6,03 olan kontrol grubu sarı pH değerinin 5, 15 ve 30 dk ultrases muamelesinde sırası ile 5,98; 5,95 ve 5,91 düzeylerine düşürdüğü ve uygulamaların kontrol grubunda istatistiki olarak farklı olduğu ifade edilmiştir. Ayrıca 5 dk ve 15 dk uygulamasının istatistiksel açıdan benzer olduğu yine 15 dk ve 30 dk uygulamasının da kendi içerisinde farklı olmadığı belirlenmiştir. Kontrol grubu yumurtaların pH değeri depolama ile başlangıçta 6,03; 7. günde 6,21 ve 14. günde 6,35 olarak tespit edilirken uygulama (5, 15 ve 30 dk) gruplarında ise 7. günde sırası ile 6,16; 6,03 ve 5,97 olup, depolamanın sonunda 14. günde ise sırası ile 6,28; 6,19 ve 6,21 olarak saptanmış ve ultrasesin uygulama ve depolama üzerindeki etkisinin sarı pH değişimi üzerinde anlamlı olduğu bildirilmiştir.

4.5.4. Albümin ve sarı çözünür kuru madde ölçümleri

Yumurta albümin ve sarı olmak üzere iki ayrı yapıdan oluşmakta ve bunların fonksiyonel özellikleri ile bileşimleri arasında fark bulunmaktadır (Stadelman ve Cotterill, 1995). Yumurtayı oluşturan yapıların kuru madde değerleri birbirinden farklılık göstermekte ve depolama ile birlikte değişime uğramaktadır (Ragni ve ark., 2011). Depolanan yumurtalarda albümin kuru madde değerindeki artışın kabuklu yumurtada meydana gelen sarı kuru maddesinin azalması, albümin kuru maddesinin artması, albümin sıvılaşması, kabuktan su buharlaşması ve suyun albüminden yumurtanın sarı kısmına zayıflayan vitellin membrana difüzyonu gibi değişiklikler ile açıklanabilmektedir (Lucisano ve ark., 1996; Scott ve Silversides, 2000; Hammershøj ve ark., 2002; Perry ve ark., 2011; Shittu ve Ogunjinmi, 2011b; Torrico ve ark., 2011b). Ayrıca bazı çalışmalarda depolama süresince yumurtada şeker ve furosinde meydana gelen biyokimyasal değişimlerin de kuru madde değeri üzerinde etkili olabileceği ifade edilmiştir (Hidalgo ve ark., 2006; Shittu ve Ogunjinmi, 2011b). Yumurta albümin kuru madde değeri 11,9 civarındadır (Ragni ve ark., 2011).

Jo ve ark. (2011) tarafından yapılan çalışmada kaplanmamış ve kitosan ile kaplanan yumurtalarda nem düzeyi sırası ile 87,66 ve 88,26 olarak tespit edilirken 23°C’de depolamanın 7. gününde albümin nem değerleri sırası ile 86,79 ve 87,93 olarak saptanmış ve kaplamanın başlangıç ile depolama arasındaki albümin nem kaybını önemli düzeyde düşürdüğü ifade edilmiştir. Kaplamanın yumurtadan nem kaybını ve dolayısı ile pH artışını sınırlayarak ağırlık kaybı ve vitellin membranın mukavemetini daha uzun süre muhafaza ettiği belirlenmiştir. Ozon uygulamasından sonra reaktif oksijen tür ve diğer radikallerin oluşumuna bağlı olarak vitellin membran mukavemetinin etkilendiği bildirilmiştir (Fuhrmann ve ark., 2010).

Farklı muhafaza tekniklerinin yumurtanın albümin kuru maddesine etkisi Çizelge 4.5.6’da yer verilmiştir. Uygulamaları takip eden albümin kuru madde ölçümlerinde istatistiksel bir fark ($p < 0,05$) saptanmamıştır. Kontrol grubu örneklerin başlangıç albümin kuru madde değeri 11,79 iken 6. haftanın sonunda 17,16’ya yükselmiş ve literatür çalışmaları ile benzerlik göstermiştir. Depolama sonucunda en yüksek kuru madde değeri kontrol grubunda 17,16 olarak tespit edilirken en düşük albümin kuru madde değeri ise şellak ile kaplanan uygulama grubunda 13,14 olarak belirlenmiştir. Bu sonuç ile şellak kaplamanın diğer uygulamalara kıyasla albümin kalitesini en iyi derecede muhafaza ettiği ifade edilebilir. Depolama neticesinde tüm uygulamaların kendi

içerisinde ve kontrol grubu ile albümin kuru madde üzerine etkilerinin istatistiksel açıdan oluşturduğu fark önemli ($p<0,05$) bulunmuştur.

Çizelge 4.5.6. Farklı yumurta muhafaza uygulamalarının depolama süresi boyunca yumurta albümin kuru madde değerleri üzerine etkisi

Depolama Süresi (Hafta) / Yumurta Albümin Kuru Madde Değeri							
UYG*	0.HAFTA	1.HAFTA	2.HAFTA	3.HAFTA	4.HAFTA	5.HAFTA	6.HAFTA
KNT	11,79±0,15	12,42±0,18	13,15±0,15	13,89±0,29	14,81±0,15	15,76±0,24	17,16±0,45
	Aa	Ba	Ca	Da	Ea	Fa	Ga
Şellak	11,80±0,16	11,87±0,16	12,05±0,17	12,17±0,16	12,25±0,16	12,59±0,15	13,14±0,13E
	Aa	Ab	Bb	Cb	Cb	Db	b
%20 L	11,79±0,29	11,98±0,25	12,13±0,26	12,28±0,116	12,35±0,24	12,85±0,27	13,37±0,35E
	Aa	Bbc	Bb	Cbc	Cb	Dc	c
6-4 Ozon	11,80±0,37	12,09±0,28	12,16±0,29	12,34±0,24	12,55±0,27	13,60±0,38	14,25±0,28F
	Aa	Bcd	Bb	Cc	Dc	Ed	d
450-4 US	11,79±0,16	11,22±0,19	11,40±0,35	12,65±0,28	13,07±0,28	14,01±0,29	14,57±0,26
	Aa	Bd	Cc	Dd	Ed	Fe	Ge

^{A-G} Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır ($p < 0.05$).

^{a-e} Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır ($p < 0.05$).

*UYG: Uygulamalar, %20 L: %1 Kitosan ve %20 Lizozim kaplama, 6-4 Ozon: 6 ppm – 4 dk Ozon uygulaması, 450-4 US: 450 W ve 4 dk Ultrases uygulaması

Yapılan bir çalışmada 5 hafta süresince 15°C’de muhafaza edilen yumurtaların albümininde nem düzeyi düşerken, yumurta sarısı nem miktarının arttığı ifade edilmiş ve depolama başlangıcı ile depolama sonunda elde edilen albümin nem seviyesi %86,5 ve sarı nem seviyesi %54,2 ifade edilmiş ve değerler arasındaki farkın istatistiksel olarak farklı ($p<0,05$) olduğu belirtilmiştir (Guo ve ark., 2007). Çalışma sonucuna göre depolamada yumurta albümini nem seviyesi azalarak kuru madde miktarında artış görülmekte ve yumurta sarısında ise nem düzeyi su geçişine bağlı artmakta, kuru madde miktarı depolama ile azalmaktadır.

Yumurtanın depolama süresince albüminde yumurta sarısına vitellin membran aracılığıyla su geçişi ile yumurta sarısının kuru maddesi azalmaktadır(Hidalgo ve ark., 1996). Yumurta sarısının kuru madde değeri 50,3 civarındadır (Ragni ve ark., 2011).

Farklı uygulamaların yumurtanın sarı kuru madde değeri üzerine etkisi Çizelge 4.5.7’de verilmiştir. 0. haftada kontrol ve uygulama grupları arasında istatistiki açıdan bir

fark tespit edilmemiş, ancak 1. haftadan itibaren kontrol ile uygulama grupları arasındaki fark önemli ($p < 0,05$) olarak saptanmıştır. Depolama süresince kontrol ve uygulama gruplarında sarı kuru madde değerlerinde azalma gözlenmiş ve 43,46 olan kontrol grubunun başlangıç sarı kuru madde değeri depolama 6. haftanın sonundaki değeri 40,39'a düşmüştür.

Çizelge 4.5.7. Farklı yumurta muhafaza uygulamalarının depolama süresi boyunca yumurta sarısı kuru madde değerleri üzerine etkisi

Depolama Süresi (Hafta) / Yumurta Sarısı Kuru Madde Değeri							
UYG*	0.HAFTA	1.HAFTA	2.HAFTA	3.HAFTA	4.HAFTA	5.HAFTA	6.HAFTA
KNT	43,46±0,33 Aa	42,64±0,26 Ba	42,19±0,33 Ca	41,36±0,24 Da	41,07±0,27 Ea	40,84±0,39 Ea	40,39±0,36F a
Şellak	43,45±0,12 Aa	43,42±0,23 Ab	43,17±0,22 Bb	43,11±0,14 Bb	43,01±0,22 BCb	42,85±0,13 Cb	42,52±0,25D b
%20 L	43,46±0,14 Aa	43,23±0,35 Bbc	43,03±0,35 BCbc	42,88±0,26 Dc	42,74±0,13 Dc	42,52±0,26 Ec	42,28±0,33F c
6-4 Ozon	43,46±0,16 Aa	43,11±0,22 Bc	42,84±0,23 Ccd	42,65±0,27 Cd	42,41±0,25 Dd	42,16±0,34 Ed	41,73±0,25F d
450-4US	43,44±0,25 Aa	43,06±0,23 Bc	42,70±0,38 Cd	42,52±0,19 CDd	42,32±0,36 Dd	41,86±0,28 Ee	41,55±0,34F e

^{A-F} Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır ($p < 0.05$).

^{a-e} Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır ($p < 0.05$).

*UYG: Uygulamalar, %20 L: %1 Kitosan ve %20 Lizozim kaplama, 6-4 Ozon: 6 ppm – 4 dk Ozon uygulaması, 450-4 US: 450 W ve 4 dk Ultrases uygulaması

Kaplamanın yumurta sarısı nem değerlerine etkisini inceleyen bir çalışmada; kaplanmamış ve kitosan ile kaplanan yumurtalarda nem düzeyi sırası ile 53,00 ve 54,91 olarak tespit edilirken 23°C'de depolamanın 7. gününde albümin nem değerleri sırası ile 53,53 ve 55,89 olarak saptanmış ve kaplamanın başlangıç ile depolama arasındaki yumurta sarısı nem kaybını önemli düzeyde düşürdüğü ifade edilmiştir. Kaplamanın yumurtadan nem kaybını sınırlayarak vitellin membranın mukavemetini daha uzun süre muhafaza ettiği belirlenmiştir (Jo ve ark., 2011).

Yumurtanın depolama ile sarı kuru maddesindeki değişimin incelendiği bir çalışmada, 30°C'de muhafaza edilen yumurtaların sarı kuru madde değerlerinin 52,3'ten 22. gün sonunda 47,8'e; 20°C'de muhafaza edilen yumurtalarda 50,4'ten 87. gün

sonunda 47,9'a ve 5°C'de muhafaza edilen yumurtalarda ise 51,8'den 204. günde 48,8'e düşmüştür. Muhafaza sıcaklığının yumurta kuru maddesi üzerinde istatistiki açıdan önemli bir etkisinin olduğu ifade edilmiştir (Hidalgo ve ark., 1996).

4.5.5. Albümin ve bütün yumurtada relatif köpük kapasitesi

Yumurthanın köpük oluşturma özelliği albümin proteinlerinin kalitesi ile ilişkilidir (Kirunda ve McKee, 2000; Mudau, 2007). Yumurthanın albümini jelleşme, köpük oluşturma, yapısal bağlayıcılık, emülsiyon oluşumu gibi birçok fonksiyonel özellikleri ve köpük oluşturma özelliği bu özelliklerden en önemlisi olup, pastacılık ve fırıncılık ürünlerinin üretiminde faydalanılmaktadır (Stadelman ve Cotterill, 1995; Liu ve ark., 2009; Arzeni ve ark., 2012). Yumurta akının köpük oluşturma yapısındaki proteinlerin bir fonksiyonu olup, belirli bir süre karıştırılması ile elde edilen köpüğün özelliklerini ifade etmekte ve gaz (hava) fazının sıvı (su) fazı içerisindeki dağılımı ile köpük oluşumu gerçekleştirerek, albümine sarının kontamine olmasıyla yumurthanın köpük oluşturma özelliği önemli seviyede azalmaktadır (Bailey, 1935; Kirunda ve McKee, 2000; Berardinelli ve ark., 2008). Albüminin sıvılaşması ile yumurta köpük oluşturma özelliğinin azaldığı bildirilmiştir (Mudau, 2007).

Jo ve ark. (2011), kitosan kaplanan ve kuru buzda muhafaza edilen yumurtaların köpük özelliklerini incelediği çalışmasında kitosan kaplama ve kuru buzda muhafaza edilen yumurtalardaki köpük stabilitesi ve köpük kapasitesi değerlerindeki değişiminin önemli olmadığı ifade edilmiştir. Kapama tekniklerinin yumurta albümin köpük stabilitesini etkilemediği ancak yağ ile dış yüzeyi kaplanan yumurtaların köpük kapasitesinde düşme gözlemlendiği tespit edilmiştir (Mudau, 2007).

Ozon ile muamele edilen yumurtalarda protein oksidasyonunu sonrasında G_2 ve G_3 gibi globüler proteinlerin birleşerek köpük hacmini arttırdığı bildirilmiştir (Perry ve ark., 2011). Albüminin %4'ünü oluşturan G_1 , G_2 , G_3 gibi globüler proteinlerin ve ovomisin ile ovalbüminin köpük oluşturma özellikleri açısından önemi bilinmektedir (Mudau, 2007). Ayrıca ozon uygulamasının hem yumurta albümin köpük oluşturma kapasitesini, hem de köpük stabilitesini arttırdığı belirtilmiştir (Uzun ve ark., 2012).

Çizelge 4.5.8'de yumurtada uygulanan muhafaza tekniklerinin albümin köpük kapasitesine etkisi verilmiştir. Uygulama sonrası elde edilen ölçümlerde kaplama grubu örneklerinin kontrol ile benzer olduğu ayrıca ozon ve ultrases ile muamele edilen uygulama grubu örneklere ait albümin köpük kapasitesi değerlerinin kontrol grubundan farklı ve kaplama grubu ile benzer olduğu saptanmıştır. Uygulama sonrası depolaman

örneklerde en yüksek albümin köpük kapasitesi değerleri şellak ile kaplanan yumurta örneklerinde elde edilirken bunu sırası ile %20 lizozim-kitosan, ultrases ve ozon ile muamele edilen uygulama grupları takip etmiştir. En zayıf köpük özellikleri kontrol grubunda belirlenmiştir.

Gélvez-Ordoñez ve ark. (2009) tarafından yapılan bir çalışmada sıvı albüminin 40 kHz ve 80 Watt gücünde ultrasese 5, 10 ve 15 dk süre ile muamele edilen örneklerin kontrol grubuna göre köpük kapasitesinde %13,07 ile 15,84 arasında arttığı ve 15 dk uygulama süresine tabii tutulan uygulama grubu örneklerinin köpük kapasitesi değerlerinin 5 ve 10 dk uygulamaya maruz gruba göre istatistiksel açıdan farklı olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4.5.8. Farklı yumurta muhafaza uygulamalarının depolama süresi boyunca yumurta albümini RWC değerleri üzerine etkisi

UY G*	Depolama Süresi / Albümin RWC						
	0.HAFTA	1.HAFTA	2.HAFTA	3.HAFTA	4.HAFTA	5.HAFTA	6.HAFTA
KN T	1150,0±31,6 2Aa	958,3±30,41 Ba	841,6±37,63 Ca	700,0±35,3 5Da	616,6±40,8 2Ea	425,0±27,3 8Fa	241,6±37, 63Ga
Şell ak	1116,6±25,8 1Aab	1080,0±27,3 8Ab	1060,0±41,8 3ABb	991,0±37,6 3BCb	920,0±27,3 8Cdb	841,6±37,6 3Db	758,3±38, 63Eb
%2 0 L	1091,6±37,7 3Aab	1041,6±37,6 3ABb	975,0±37,38 BCc	900,0±37,6 3Cbc	780,0±27,3 8Dc	700,0±35,3 5Dc	560,0±37, 63Ec
6-4 Ozo n	1175,0±27,3 8Ab	1220,0±27,3 8Ac	980,0±27,38 Bc	850,0±31,6 2Cc	725,0±27,3 8Dc	570,0±27,3 8Ed	458,3±37, 63Fd
450- 4 US	1158,3±37,6 3Ab	1200,3±35,5 3Ac	975,0±37,38 Bbc	880,0±27,3 8Cc	741,6±27,6 3Dc	591,66±37, 63Ed	466,6±25, 81Fd

^{A-G} Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (p < 0.05).

^{a-d} Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (p < 0.05).

*UYG: Uygulamalar, %20 L: %1 Kitosan ve %20 Lizozim kaplama, 6-4 Ozon: 6 ppm – 4 dk Ozon uygulaması, 450-4 US: 450 W ve 4 dk Ultrases uygulaması.

Çizelge 4.5.9. Farklı yumurta muhafaza uygulamalarının depolama süresi boyunca bütün yumurta RWC değerleri üzerine etkisi

Depolama Süresi / Bütün Yumurta RWC							
UY G*	0.HAFTA	1.HAFTA	2.HAFTA	3.HAFTA	4.HAFTA	5.HAFTA	6.HAFTA
KN	725,00±27,3	591,66±37,63	433,33±40,82	341,66±37,63	275,0±27,38	241,66±37,63	200,30±37,63
T	8Aa	a	Ca	Da	Ea	Ea	3Ea
Şella k	708,30±37,6	691,60±37,63	680,00±27,38	625,00±27,38	591,60±37,63	510,00±41,83	466,20±41,83
	3Aa	Bb	ABb	BCb	CDb	DEb	3Eb
%20 L	708,30±37,6	650,00±35,35	591,60±37,63	558,33±37,63	503,30±37,63	420,00±27,38	333,30±25,81
	3Aa	Bab	BCc	Dbc	Dc	Ec	1Ec
6-4 Ozo n	725,00±41,8	741,66±37,63	620,00±27,38	510,00±41,83	391,60±37,63	316,66±25,81	291,66±37,63
	3Aa	c	Bbc	Cc	Dd	DEd	9Ed
450-4 US	741,66±37,6	733,30±25,81	608,33±37,63	480,00±27,38	375,00±27,38	308,30±37,68	275,00±27,38
	3Aa	c	Bbc	Cc	Dd	Ed	8Ed

^{A-E} Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır ($p < 0.05$).

^{a-d} Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır ($p < 0.05$).

*UYG: Uygulamalar, %20 L: %1 Kitosan ve %20 Lizozim kaplama, 6-4 Ozon: 6 ppm – 4 dk Ozon uygulaması, 450-4 US: 450 W ve 4 dk Ultrases uygulaması.

Yumurtanın farklı muhafaza teknikleri ile muamelesinde 0. haftada bütün köpük kapasitesinde kontrol ile uygulama grupları arasında istatistiki açıdan fark ($p < 0,05$) tespit edilmemiştir (Çizelge 4.5.9). Depolamanın ilk haftası itibariyle ozon ve ultrases ile muamele edilen örnek gruplarının köpük kapasitesi değerleri kaplama ve kontrol gruplarından farklı ve birbirine benzer olarak saptanmıştır. Ayrıca şellak ile kaplanan grubun köpük değerleri kontrol grubundan farklı ve kitosan-lizozim grubunu ile benzer bulunmuştur. Kitosan – lizozim kaplanan yumurtaların kontrol ve şellak kaplama grubu ile bezer olduğu belirlenmiştir.

Kitosan-lizozim ile kaplanan,ozon ve ultrases uygulanan yumurta örneklerinin depolama sonunda köpük kapasite değerlerinin benzer olduğu şellak ile kaplanan örneklerin ise kontrol ve diğer uygulamalardan istatistiki açıdan farklı ($p < 0,05$) olduğu belirlenmiştir.

4.5.6. Viskozite ölçümü

Albüminin viskozitesi önemli bir kalite ve tazelik parametresi kabul edilmekte, yumurtanın köpük oluşturma, jelleşme ve emülsiyon oluşumu gibi bir çok fonksiyonel özelliğine etki etmektedir(Kemps ve ark., 2010b). Depolama ile birlikte yumurta albümininin katı kısmı zaman içerisinde sıvılaşarak viskozite azalmasına bağlı olarak sıvı albümine dönüşmektedir (Meuer ve Egbers, 1990; Lucisano ve ark., 1996; Toussant ve Latshaw, 1999; Şenköylü, 2001; Silversides ve Scott, 2001a; Berardinelli ve ark., 2003). Yumurtanın depolanması sırasında viskozitede bir düşüş gözlenmiştir. Bu depolanan yumurtalarda albüminin kademeli olarak su almasıyla albüminin incelmesinin bir sonucudur (Ma ve ark., 1990). Viskozitedeğerlerindeki azalmadoğrudanyumurtanın raf ömrünü etkileyebilen albümindeki sıvılaşma ile ilişkilidir. Albümin viskozitesi ovomusin-lisozim kompleksinin bütünlüğüyle ilişkilidir. Bu yüzden, ovomusinin β fraksiyonu ayrılması (ovomusin-lisozim kompleksinin kırılması) albüminin incelişmesiyle sonuçlanır (Kemps ve ark., 2010b). Katı albüminin, sıvı albümine dönüşmesinde sıcaklık, nem ve CO₂ kaybı ve pH etkilemektedir. Ayrıca Maillard reaksiyonunun da katı albüminin sıvı albümine dönüşmesinde etkili olduğu bildirilmiştir (Lucisano ve ark., 1996; Caner ve Cansız, 2008).

Hidalgo ve ark. (1996) yumurtanın viskozitesinin depolama süresince 1.85'ten 1,49 Pa*s'e düştüğü ve kuru maddesi ile ilişkili olduğunu tespit etmiştir. Yumurtada albümin viskozitesi ovomusin ile lisozim kompleksine bağlı olup, ovomusin konsantrasyonu sıvı albümin ile karşılaştırıldığında katı albüminde dört kat daha fazladır (Lucisano ve ark., 1996). Yumurtanın depolama boyunca pH'nın artışı, albüminin ovomusin-lisozim kompleksini etkilemektedir. Ovomusin-lisozim kompleksi elektrostatik bağlar ile stabil halde olup, albümin viskozitesinden sorumludur. pH'nın artması, ovomusin-lisozim bağlarının kırılmasına ve katı albüminin sıvılaşarak sıvı albümin haline gelmesine neden olmaktadır (Lucisano ve ark., 1996).

Lucisano ve ark. (1996) artan depolama zamanıyla viskozitenin azaldığını ve pseudoplastik yapıdan newtoniyana geçiş göstererek zaman ve sıcaklıkla akış davranış indeksinin artmasına bağlı olduğunu bildirmiştir. Depolama boyunca ovomusin-lisozim kompleksinin destabilizasyonu, lisozim zoelektrik noktasına (10.7) yaklaşarak, pH artışından kaynaklanmakta olduğu bildirilmiştir. Böylece, ovomusin fraksiyona ayrılarak,

sıvı albüminin viskozitesi azalmakta ve kalınalbüminin azalmasına ve incelmesine neden olmaktadır. Spada ve ark. (2011) ve Shenga ve ark. (2010) kontrol grubu yumurta akının viskozitesinin önemli oranda azaldığı ve depolama boyunca ham ve pastörize hem de kontrol yumurta albüminlerinde hızlı oranda sıvılaşma gözlemlendiği bildirilmiştir.

Farklı muhafaza yöntemlerinin uygulama sonrası ve depolama süresince yumurtaların albümin viskozite değişimlerine etkisi Çizelge 4.5.10'da verilmiştir. Uygulamayı takip eden viskozite analizlerinde kaplama ve uygulamaların albümin viskozitesini istatistikî açıdan önemli ($p > 0,05$) düzeyde etkilemediği saptanmış ve tüm değerler benzer bulunmuştur. Depolama süresince tüm uygulama ve kontrol grubu yumurta örneklerinin albümin viskozite değerleri önemli ($p < 0,05$) düzeyde azalmıştır. Depolamanın son haftasında ise tüm uygulama grupları birbirlerinden ve kontrol grubundan istatistikî açıdan farklı olarak belirlenmiştir. Çalışmada elde edilen değerler ile yumurtalarda depolamaya bağlı olarak gerçekleşen viskozite azalması gibi değişimler birbirini teyit etmektedir.

Yumurtanın kitosan ile kaplanması ve sonrasında kuru buzda muhafaza edilen bir çalışmada yumurta viskozite değerlerinin 14 gün depolama süresince istatistikî açıdan önemli düzeyde değişim gözlenmediği bildirilmiştir (Jo ve ark., 2011).

Arzeni ve ark. (2012) 20 kHz frekans ve 20 Amp'de yumurta akı üzerinde yaptıkları çalışmada ultrasesin yumurta albümininde yüzey hidrofobik etkiyi arttırdığı ancak toplam sülfhidril grupları üzerinde bir değişiklik oluşmadığı ifade edilmiştir. Aynı çalışmada ultrasesin albümin görünür viskozitesini %13 nisbetinde azalttığı bu durumun yumurtanın köpük oluşturma, emülsiyon ve jelleşme özelliklerini etkilediği bildirilmiştir. Depolanan yumurtalarda albümin pH değeri artarken vitellin zarının mukavemeti ve yumurtanın albümin viskozitesi düşmektedir (Kirunda ve McKee, 2000). Yapılan bir çalışmada taze yumurtanın viskozite değeri 111 cp'den 2 hafta depolama ile birlikte 81 cp'ye kadar azalmıştır. Yumurtanın depolanma ile birlikte glikoprotein ve ovomusunin disülfid bağları yıkıma uğrayarak membranın geçirgenliği değişmekte ve albümin viskozitesi azalmaktadır. Yumurtadaki suyun albüminden sarıya doğru geçişi ve suyun sarı kısımda birikim göstermesiyle vitellin zar elastik özelliğini yitirmektedir (Kirunda ve McKee, 2000). Yapılan çalışmalarda bildirilen bir diğer etken ise lizozim-ovomusin kompleksinin depolamada pH yükselmesine bağlı olarak albüminin sıvılaşması yani viskozitesinin azaldığı bildirilmektedir (Ragni ve ark., 2007).

Çizelge 4.5.10. Farklı yumurta muhafaza uygulamalarının depolama süresi boyunca albümin viskozite değerleri üzerine etkisi

Depolama Süresi (Hafta) / Albümin Viskozite Değeri (cp)							
UYG*	0.HAFTA	1.HAFTA	2.HAFTA	3.HAFTA	4.HAFTA	5.HAFTA	6.HAFTA
KNT	75,11±0,33	56,30±0,95	40,45±0,33	32,47±0,26	25,20±0,42	13,53±0,4	7,72±0,47G
	Aa	Ba	Ca	Da	Ea	Fa	a
Şellak	74,90±0,65	70,80±0,43	66,30±0,45	54,80±0,62	46,21±0,52	36,96±0,53	30,10±0,6G
	Aa	Bb	Cb	Db	Eb	Fb	b
%20 L	74,85±0,47	69,12±0,43	60,90±0,58	46,40±0,60	38,01±0,75	29,68±0,85	23,50±0,31G
	Aa	Bc	Cc	Dc	Ec	Fc	
6-4 Ozon	75,10±0,39	73,67±0,38	62,42±0,61	50,30±0,52	36,24±0,57	21,11±0,48	16,10±0,72G
	Aa	Bd	Cd	Dd	Ed	Fd	
450-4 US	75,02±0,53	65,36±0,36	59,40±0,64	41,60±0,45	33,00±0,39	18,86±0,46	13,85±0,47G
	Aa	Be	Cc	De	Ee	Fe	

^{A-G} Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (p < 0.05).

^{a-e} Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (p < 0.05).

*UYG: Uygulamalar, %20 L: %1 Kitosan ve %20 Lizozim kaplama, 6-4 Ozon: 6 ppm – 4 dk Ozon uygulaması, 450-4 US: 450 W ve 4 dk Ultrases uygulaması.

4.5.7. Renk analizleri

Çizelge 4.5.11’de farklı muhafaza uygulamalarının kabuklu yumurtanın depolama boyunca kabuk L* parametresine etkileri verilmiştir. Depolama süresince kontrol ve uygulama gruplarındaki L renk parlaklık parametresi stabil kalmıştır. Yumurta örneklerinde uygulamayı takip eden 0. hafta ölçümlerinde kitosan-lizozim kaplama (94,17), ozon (93,99) ve ultrases (94,62) grubu kabuk L* renk parametre değerleri arasındaki fark istatistiki olarak önemsiz bulunurken, şellak ile kaplanan yumurta örneklerinin kontrol ve diğer uygulama gruplarına göre daha düşük kabuk L* değeri (92,84), yani daha az parlak olduğu sonucuna varılmıştır. Bu durum şellak ile kaplanan yumurtanın şellak’tan gelen rengin yumurta kabuğunun parlaklığını azaltmasından ve mat bir görüntü oluşturmasından ileri gelmektedir. Ayrıca 4. ve 5. haftada kontrol grubu ve şellak ile kaplanan yumurtaların istatistiki olarak benzer olduğu yine aynı haftalarda lizozim-kitosan, ozon ve ultrases yumurta örneklerinin kabuk L* değerlerinin kendi aralarında benzer olduğu saptanmıştır. Kontrol grubunun depolama ile parlaklığı azalmış

ve şellak kaplama grubu yumurta örneklerinin kabuk yüzeyL renk değerlerine yaklaştığı belirlenmiştir. Ultrases ile muamele edilen örneklerde yumurta yüzeyinin kontrol grubuna göre parlaklık değerinin (L* değeri) arttığı ve bu artışın istatistiki olarak önemli ($p < 0,05$) olduğu ifade edilebilir.

Çizelge 4.5.11. Farklı muhafaza uygulamalarının depolama süresince yumurta kabuk L* renk parametresi üzerine etkisi

UYG*	Depolama Süresi / Kabuk L*					
	0.HAFTA	1.HAFTA	2.HAFTA	3.HAFTA	4.HAFTA	5.HAFTA
KNT	93,77±0,61 Aa	93,95±0,98 Aa	93,91±0,67 Aa	94,20±0,56 Aa	93,68±0,38 Aa	93,57±0,51 Aa
Şellak	92,84±0,61 Ab	92,94±0,97 Ab	92,72±0,47 Ab	93,03±0,69 Ab	93,36±0,67 Aa	93,24±0,49 Aa
%20 L	94,17±0,51 Ac	94,72±0,34 ABac	94,92±0,59 ABc	95,12±0,49 Bc	95,28±0,48 Bb	95,12±0,33 Bb
6-4 Ozon	93,99±0,52 Ac	94,58±0,57 Bab	94,53±0,67 Bac	94,88±0,37 Bc	94,55±0,50 Bb	94,85±0,25 Bb
450-4 US	94,62±0,52 Ac	94,91±0,52 Ac	94,66±0,44 Aac	94,72±0,49 Aa	94,90±0,49 Ab	94,85±0,37 Ab

^{A-B} Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır ($p < 0.05$).

^{a-c} Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır ($p < 0.05$).

Çizelge 4.5.12’de farklı muhafaza uygulamalarının kabuklu yumurtanın depolama boyunca kabuk a* parametresine etkileri verilmiştir. Depolama süresince kontrol ve uygulama gruplarındaki L* renk parlaklık parametre değerlerinin depolama boyunca aralarında fark olduğu ancak şellak grubu hariç diğer uygulama ve kontrol grubunda ise aradaki farkın istatistiksel açıdan önemsiz olduğu saptanmıştır.

Çizelge 4.5.12. Farklı muhafaza uygulamalarının depolama süresince yumurta kabuk a* renk parametresi üzerine etkisi

UYG*	Depolama Süresi / Kabuk a*					
	0.HAFTA	1.HAFTA	2.HAFTA	3.HAFTA	4.HAFTA	5.HAFTA
KNT	-0,18±0,07 Aa	-0,43±0,07 Ba	-0,37±0,07 ABa	-0,69±0,15 Ca	-0,66±0,15 Ca	-0,63±0,16 Ca
Şellak	-2,24±0,25 ACb	-2,46±0,39 ABCb	-2,47±0,17 BCb	-2,64±0,27 Bb	-2,36±0,30 Cb	-2,43±0,20 ABCb
%20 L	-0,22±0,10 Aa	0,63±0,07 Bc	-0,54±0,08 Ba	-0,76±0,10 BCa	-0,87±0,12 Ca	-0,80±0,09 Ca
6-4 Ozon	-0,23±0,05 Aa	0,37±0,12 Aa	-0,38±0,10 Aa	-0,74±0,11 Ba	-0,77±0,08 Ba	-0,67±0,07 Ba
450-4 US	-0,21±0,05 Aa	0,52±0,07 BCac	-0,40±0,10 ABa	-0,71±0,10 Ca	-0,77±0,07 Ca	-0,71±0,05 Ca

^{A-C} Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (p < 0.05).

^{a-c} Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (p < 0.05).

*UYG: Uygulamalar, %20 L: %1 Kitosan ve %20 Lizozim kaplama, 6-4 Ozon: 6 ppm – 4 dk Ozon uygulaması, 450-4 US: 450 W ve 4 dk Ultrases uygulaması.

Çizelge 4.5.13’de farklı muhafaza uygulamalarının kabuklu yumurtanın depolama boyunca kabuk b* parametresine etkileri verilmiştir. Farklı muhafaza uygulamaları sonrası depolanan kontrol ve uygulama grubu yumurtaların haftalık depolama döneminde kabuk b* renk değeri açısından aralarındaki farkın önemli olmadığı, uygulamalar açısından ise sadece şellak grubunun kabuk b* değerinin diğer uygulamalardan ve kontrol grubu yumurta örneklerinden istatistiki olarak farklı (p<0,05) olduğu saptanmıştır. 0. Haftada kontrol, kitosan-lizozim, ozon ve ultrases ile şellak grubu yumurta örneklerinin kabuk b* değerleri sırası ile 2,02; 2,10; 2,01; 2,10 ve 12,01 olarak tespit edilmiş olup, şellak kaplamasında elde edilen değer ile diğer uygulamalar arasındaki kabuk b* renk değeri farkı kaplama malzemesi olarak kullanılan şellak’tan ileri gelmektedir.

Çizelge 4.5.13. Farklı muhafaza uygulamalarının depolama süresince yumurta kabuk b* renk parametresi üzerine etkisi

UYG*	Depolama Süresi / Kabuk b*					
	0.HAFTA	1.HAFTA	2.HAFTA	3.HAFTA	4.HAFTA	5.HAFTA
KNT	2,02±1,35 Aa	2,69±1,37 ABa	2,79±1,03 ABa	2,82±1,02 ABa	2,26±0,89 ABa	3,80±1,07 Ba
Şellak	12,01±1,03 Ab	13,36±1,05 ABb	14,80±1,51 Bb	12,99±1,58 Ab	12,51±1,31 Ab	13,27±1,19 Ab
%20 L	1,10±0,33 Aa	1,64±0,74 Ba	1,96±0,73 Ca	1,74±0,93 Ba	2,16±0,74 Aa	2,08±0,31 Ac
6-4 Ozon	2,01±0,94 Aa	2,06±1,00 Aa	2,17±0,55 Aa	1,90±0,64 Aa	2,05±1,11 Aa	2,22±0,87 Ac
450-4 US	1,26±0,45 Aa	1,66±0,41 Aa	1,83±0,33 Aa	1,72±0,55 Aa	1,62±0,38 Aa	1,68±0,44 Ac

^{A-B} Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (p < 0.05).

^{a-c} Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (p < 0.05).

*UYG: Uygulamalar, %20 L: %1 Kitosan ve %20 Lizozim kaplama, 6-4 Ozon: 6 ppm – 4 dk Ozon uygulaması, 450-4 US: 450 W ve 4 dk Ultrases uygulaması.

Çizelge 4.5.14’te farklı muhafaza uygulamaları sonrası depolanan yumurta örneklerinde albümin L* renk parlaklık değerleri verilmiştir. Buna göre tüm gruplarda renk değerlerinin azalma eğiliminde olduğu saptanmıştır. Ayrıca depolamanın son haftasında kontrol, şellak ve ultrases grupları arasındaki farkın önemli olmadığı (p>0,05) ancak lizozim-kitosan kaplama ve ozon uygulama grubunun diğer gruplardan farklı olduğu belirlenmiştir. Şellak kaplama ile ultrases gruplarının kontrol, lizozim-kitosan ve ozon grupları ile benzer olduğu gözlenmiştir.

Çizelge 4.5.14. Farklı muhafaza uygulamalarının depolama süresince yumurta albümin L* renk parametresi üzerine etkisi

UYG*	Depolama Süresi / Albümin L*					
	0.HAFTA	1.HAFTA	2.HAFTA	3.HAFTA	4.HAFTA	5.HAFTA
KNT	79,67±2,83 Ab	76,11±2,48 ABa	75,59±2,91 ABa	73,76±2,19 BCa	72,51±2,79 BCa	69,79±2,28 Ca
Şellak	81,18±2,58 Aab	80,56±2,48 Aab	77,44±2,88 ABa	75,62±1,70 Ba	74,20±1,76 Ba	73,42±1,90 Bab
%20 L	82,73±2,01 Aa	79,61±2,25 ABab	78,11±1,94 BCa	74,60±1,57 Ca	75,12±1,21 Ca	75,48±2,55 BCb
6-4 Ozon	78,49±2,69 ABab	81,37±2,35 Ab	79,74±2,40 Aab	74,43±2,22 Ba	74,20±2,40 Ba	74,02±2,19 Bb
450-4 US	78,13±1,95 Ab	78,95±2,33 ABab	82,97±2,46 Bb	74,98±2,11 Ca	75,09±1,99 Ca	72,95±2,17 Cab

^{A-C} Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (p < 0.05).

^{a-b} Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (p < 0.05).

*UYG: Uygulamalar, %20 L: %1 Kitosan ve %20 Lizozim kaplama, 6-4 Ozon: 6 ppm – 4 dk Ozon uygulaması, 450-4 US: 450 W ve 4 dk Ultrases uygulaması.

Çizelge 4.5.15'te yumurta muhafaza uygulamalarının albümin a* renk parametresine etkileri verilmiş olup, kontrol, şellak kaplama, lizozim-kitosan kaplama ve ultrases uygulamalarının albümin a* renk değerleri arasındaki farkın istatistiki açıdan önemsiz olduğu, ozon uygulama örneklerinin albümin a* değerinin diğer gruplardan farklı (p<0,05) olduğu ve kitosan-lizozim kaplama grubu ile benzer olduğu saptanmıştır.

Çizelge 4.5.15. Farklı muhafaza uygulamalarının yumurta albümin a* renk parametresi üzerine etkisi

Uygulama	Albümin a*
KNT*	-5,78±0,79a
Şellak	-5,69±0,76a
%20 L	-5,43±0,85ab
6-4 Ozon	-5,15±0,43b
450-4 Ult	-5,61±0,86a

^{a-b} Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (p < 0.05).

*KNT: kontrol, %20 L: %1 kitosan ve %20 Lizozim kaplama, 6-4 Ozon: 6 ppm – 4 dk ozon uygulaması, 450-4 Ult: 450 W ve 4 dk ultrases uygulaması

Çizelge 4.5.16'da farklı muhafaza uygulamaları sonrasında 6 hafta süre ile depolanan yumurtaların albümin a* renk değerlerindeki değişim verilmiştir. Buna göre haftalık değişimdeki artışın önemli olduğu belirtilmiştir.

Çizelge 4.5.16. Farklı muhafaza uygulamaları sonrası depolama sürelerinin yumurta albümin a* renk parametresi üzerine etkisi

Depolama Süresi (Hafta) / Albümin a*					
0.HAFTA	1.HAFTA	2.HAFTA	3.HAFTA	4.HAFTA	5.HAFTA
-5,21±0,84A	5,39±0,84AB	-5,03±1,40A	-5,68±0,76BC	-5,81±0,81BC	-6,08±0,78EC

^{A-C} Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (p < 0.05).

Çizelge 4.5.17'da farklı muhafaza uygulamalarına tabi tutulan ve sonrasında 6 hafta süre ile depolanan yumurtaların albümin b* değerlerindeki değişim verilmiştir. Buna göre haftalık değişimdeki artışın önemli olduğu belirtilmiştir. Uygulamalar arasında depolamanın 4. haftasına kadar albümin b* renk değeri arasındaki fark istatistiki olarak önemli değil iken, depolamanın 5. haftasında tüm uygulama grupları ile kontrol grubu arasında oluşan fark önemli (p<0,05) bulunmuştur.

Çizelge 4.5.17. Farklı muhafaza uygulamalarının depolama süresince yumurta albümin b* renk parametresi üzerine etkisi

Depolama Süresi / Albümin b*						
UYG*	0.HAFTA	1.HAFTA	2.HAFTA	3.HAFTA	4.HAFTA	5.HAFTA
KNT	16,12±3,03 Aa	17,26±3,30 Aa	17,36±2,8 Aa	19,81±3,29 ABa	18,60±3,58 Aa	23,33±3,01 Ba
Şellak	16,53±3,26 Aa	16,56±3,01 Aa	16,53±2,84 Aa	19,80±1,72 ABa	21,79±2,78 Ba	21,54±1,48 Bab
%20 L	14,10±2,78 Aa	16,80±2,76 ABa	17,82±2,52 ABa	16,72±3,09 ABa	20,36±3,06 Ba	19,43±2,96 Bab
6-4 Ozon	12,91±3,09 Aa	14,01±3,02 ABa	15,36±2,94 ABa	17,76±3,05 BCa	18,01±2,73 BCa	20,25±3,07 Cab
450-4 US	17,34±3,11 Aa	17,51±3,09 Aa	15,86±2,29 Aa	20,19±1,86 Ba	20,43±3,04 Ba	17,70±3,08 ABb

^{A-C} Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (p < 0.05).

^{a-b} Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (p < 0.05).

*UYG: Uygulamalar, %20 L: %1 Kitosan ve %20 Lizozim kaplama, 6-4 Ozon: 6 ppm – 4 dk Ozon uygulaması, 450-4 US: 450 W ve 4 dk Ultrases uygulaması.

Çizelge 4.5.18’da farklı muhafaza uygulamalarına tabi tutulan ve depolanan yumurtaların sarı L* değerlerindeki değişim verilmiştir. Buna göre haftalık değişimdeki artışın önemli olduğu belirtilmiştir. Depolamanın 1 ve 2. haftasının benzer olduğu ayrıca 4. ve 5. haftasının kendi aralarında istatistiki açıdan farklı (p<0,05) olduğu, diğer haftaların ise kendi aralarında ve diğer gruplar ile benzer olmadığı bildirilmiştir.

Çizelge 4.5.18. Farklı muhafaza uygulamaları sonrası depolama sürelerinin yumurta sarısı L* renk parametresi üzerine etkisi

Depolama Süresi (Hafta) / Sarı L*					
0.HAFTA	1.HAFTA	2.HAFTA	3.HAFTA	4.HAFTA	5.HAFTA
54,94±1,90A	56,11±2,08B	56,42±2,36B	54,91±2,34C	53,41±1,63D	52,51±2,04D

^{A-D} Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (p < 0.05).

Çizelge 4.5.19’da yumurta muhafaza uygulamalarının sarı L* renk parametresine etkileri verilmiş olup, kontrol grubunun diğer gruplardan farklı olduğu ve şellak kaplama, lizozim-kitosan kaplama ve ozon uygulamalarının sarı L* renk değerleri arasındaki farkın istatistiki açıdan önemsiz olduğu, ultrases uygulama örneklerinin sarı L* değerinin diğer gruplardan farklı ($p<0,05$) olduğu ancak kitosan-lizozim kaplama grubu ve ozon uygulama grubu ile benzer olduğu saptanmıştır.

Çizelge 4.5.19. Farklı muhafaza uygulamalarının yumurta sarısı L* renk parametresi üzerine etkisi

Uygulama	Sarı L*
KNT*	53,50±2,36a
Şellak	55,76±2,11b
%20 L	54,86±2,55bc
6-4 Ozon	55,06±2,32bc
450-4 US	54,98±2,49c

^{a-c} Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır ($p < 0.05$).

*UYG: Uygulamalar, %20 L: %1 Kitosan ve %20 Lizozim kaplama, 6-4 Ozon: 6 ppm – 4 dk Ozon uygulaması, 450-4 US: 450 W ve 4 dk Ultrases uygulaması.

Çizelge 4.5.20’de yumurta muhafaza uygulamalarının sarı a* renk parametresine etkileri verilmiş olup, kontrol grubunun diğer gruplardan farklı olduğu ve şellak kaplama, lizozim-kitosan kaplama ozon ve ultrases uygulamalarının sarı a* renk değerleri arasındaki farkın istatistiki açıdan önemsiz olduğu ifade edilmiştir.

Çizelge 4.5.20. Farklı muhafaza uygulamalarının yumurta sarısı a* renk parametresi üzerine etkisi

Uygulama	Sarı a*
KNT*	11,89±2,79a
Şellak	9,30±2,96b
%20 L	9,45±3,29b
6-4 Ozon	9,92±3,12b
450-4 US	10,12±3,05b

^{a-b} Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır ($p < 0.05$).

Çizelge 4.5.21’de farklı muhafaza uygulamalarına tabi tutulan ve depolanan yumurtaların sarı a* değerlerindeki değişim verilmiştir. Buna göre haftalık değişimdeki artışın önemli olduğu, depolamanın 0, 1 ve 2. haftasının benzer olduğu ayrıca 4. ve 5. haftasının kendi aralarında istatistiki açıdan farksız ($p>0,05$) olduğu, 1., 2., ve 3. haftalardaki sarı a* değerinin kendi aralarında benzerliği bildirilmiştir.

Çizelge 4.5.21. Farklı muhafaza uygulamaları sonrası depolama sürelerinin yumurta sarısı a* renk parametresi üzerine etkisi

Depolama Süresi (Hafta) / Sarı a*					
0.HAFTA	1.HAFTA	2.HAFTA	3.HAFTA	4.HAFTA	5.HAFTA
8,52±2,72A	9,00±3,02AB	9,59±2,83AB	10,07±3,04B	11,81±2,69C	11,92±3,18C

^{A-C} Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır ($p < 0.05$).

Çizelge 4.5.22’de farklı muhafaza uygulamalarına tabi tutulan ve sonrasında 6 hafta süre ile depolanan yumurtaların sarı b* değerlerindeki değişim verilmiştir. Buna göre haftalık depolama süresince kontrol grubu için 0. ve 1. haftanın benzer, 2., 3., 4. ve 5. haftanın kendi aralarında benzer olduğu belirtilmiştir. Uygulamalar arasında depolama süresince 3. ve 4. haftalarda fark oluşmuş ancak diğer haftalarda herhangi bir farklılık tespit edilememiştir.

Çizelge 4.5.22. Farklı muhafaza uygulamalarının depolama süresince yumurta sarısı b* renk parametresi üzerine etkisi

Depolama Süresi / Sarı b*						
UYG*	0.HAFTA	1.HAFTA	2.HAFTA	3.HAFTA	4.HAFTA	5.HAFTA
KNT	35,30±1,78 Aa	35,31±3,75 Aa	42,92±3,14 Ba	42,22±3,59 Ba	43,31±4,88 Ba	40,98±4,48 Ba
Şellak	35,19±2,32 Aa	38,80±2,52 ABa	35,45±4,60 Ab	39,98±4,44 ABa	44,17±4,54 Ba	39,73±4,25 ABa
%20 L	33,60±3,04 Aa	38,55±3,72 ABa	41,96±2,35 Ba	32,61±3,24 Bb	43,01±3,32 Ba	43,25±2,90 Ba
6-4 Ozon	32,51±3,24 Aa	40,63±2,52 Ba	41,15±3,06 Ba	37,12±2,81 ABab	36,60±2,41 ABb	43,90±2,40 Ca
450-4 US	32,88±2,46 Aa	37,69±2,95 ABa	43,01±2,15 Ba	41,77±2,22 Ba	42,04±2,72 Bab	42,01±2,97 Ba

^{A-B} Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır ($p < 0.05$).

^{a-b} Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır ($p < 0.05$).

4.5.8. Kabukta kırılma direnci (kabuk mukavemeti) analizi

Çizelge 4.5.23’de farklı muhafaza uygulamalarına tabi tutulan ve depolanan yumurtaların kabuk mukavemet-alt kısım değerlerindeki değişim verilmiştir. Buna göre haftalık değişimdeki azalmanın önemli olduğu belirtilmiştir. Depolama ile birlikte yumurtanın kabuk mukavemetinin azaldığı saptanmıştır. Depolamanın 0, 1 ve 5. haftasının benzer olduğu ayrıca 2., 3. ve 4. haftasının kendi aralarında istatistiki açıdan farksız ($p>0,05$) olduğu bildirilmiştir.

Çizelge 4.5.23. Farklı muhafaza uygulamaları sonrası depolama süresinin yumurtanın kabuk mukavemeti-alt üzerine etkisi

Depolama Süresi (Hafta) / Kabuk Mukavemet- Alt					
0.HAFTA	1.HAFTA	2.HAFTA	3.HAFTA	4.HAFTA	5.HAFTA
3,06±0,91A	3,22±0,83AB	3,57±0,78B	3,62±0,91B	3,58±0,88B	3,46±0,98AB

^{A-B} Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır ($p < 0.05$).

Çizelge 4.5.23 ve Çizelge 4.5. 24’te yumurta muhafaza uygulamalarının yumurta örneklerinin kabuk mukavemet-alt kısım değerlerindeki değişim verilmiş olup, kontrol grubunun diğer gruplardan farklı olduğu ve şellak kaplama, lizozim-kitosan kaplama ve ozon uygulamalarının kabuk mukavemet-alt kısım değerleri arasındaki farkın istatistiki açıdan önemsiz olduğu ifade edilmiştir. Ayrıca ultrases uygulamasına tabii tutulan yumurta örneklerinin diğer gruplardan farklı olduğu ve en düşük değere sahip olduğu saptanmıştır.

Çizelge 4.5.24. Farklı muhafaza uygulamalarının yumurtanın kabuk mukavemeti-alt üzerine etkisi

Uygulama	Kabuk Mukavemet -Alt
KNT	3,31±0,79a
Şellak	3,51±0,79b
%20 L	3,49±0,92b
6-4 Ozon	3,36±0,98ab
450-4 Ult	3,23±0,92c

^{a-c} Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır ($p < 0.05$).

Çizelge 4.5.25'te farklı muhafaza uygulamalarına tabi tutulan ve depolanan yumurtaların kabuk mukavemet-üst kısım değerlerindeki değişim verilmiştir. Buna göre haftalık değişimin önemli olduğu belirtilmiştir. Depolamanın 0., 1. ve 5. haftasının benzer olduğu ayrıca 2., 3., 4. ve 5. haftasının kendi aralarında istatistiki açıdan farksız ($p > 0,05$) olduğu bildirilmiştir.

Çizelge 4.5.25. Farklı muhafaza uygulamaları sonrası depolama süresinin yumurtanın kabuk mukavemeti-üst üzerine etkisi

Depolama Süresi (Hafta) / Kabuk Mukavemet- Üst					
0.HAFTA	1.HAFTA	2.HAFTA	3.HAFTA	4.HAFTA	5.HAFTA
3,14±0,46A	3,41±0,78AB	3,46±0,42B	3,64±0,78B	3,45±0,54B	3,42±0,68AB

^{A-B} Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır ($p < 0.05$).

Çizelge 4.5.26'da yumurta muhafaza uygulamalarının yumurta örneklerinin kabuk mukavemet-üst kısım değerlerindeki değişim verilmiş olup, kontrol grubunun diğer gruplardan farklı olduğu ve şellak ve lizozim-kitosan kaplamaların kabuk mukavemet-üst kısım değerleri arasındaki farkın istatistiki açıdan önemsiz olduğu, ozon grubunun kontrol ile benzer olduğu ifade edilmiştir. Ayrıca ultrases uygulanan yumurta örneklerinin diğer gruplardan farklı olduğu ve en düşük değere sahip olduğu saptanmıştır. Ultrases uygulamasının en düşük değere sahip olmasında kavtasyonun yumurtanın kütükula katmanını deforme etmesi ve kabukta deformasyona sebebiyet vermesinden kaynaklanabileceği düşünülmektedir (Cabeza ve ark., 2005; Cabeza ve ark., 2011).

Çizelge 4.5.26. Farklı muhafaza uygulamalarının yumurtanın kabuk mukavemeti-üst üzerine etkisi

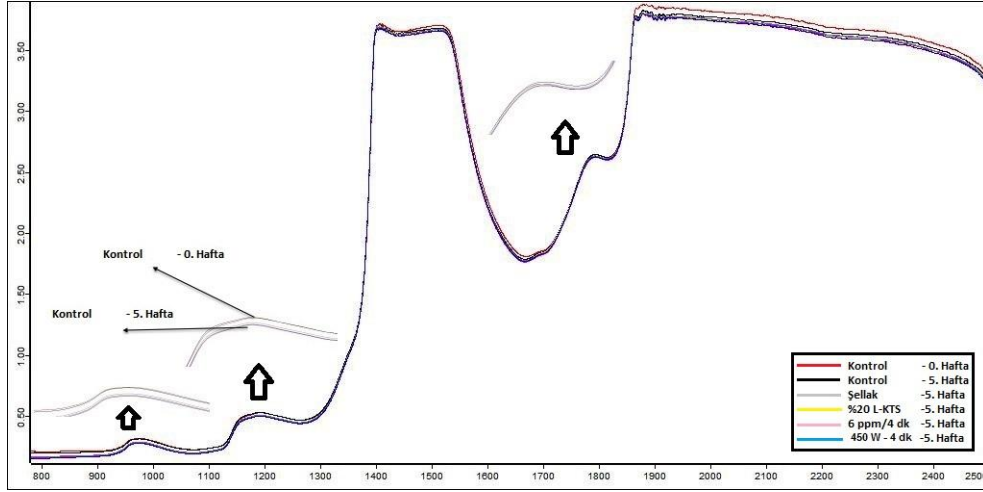
Uygulama	Kabuk Mukavemet -Üst
KNT	3,23±0,64a
Şellak	3,63±0,54b
%20 L	3,56±0,54b
6-4 Ozon	3,30±0,62ac
450-4 Ult	3,13±0,78d

^{a-d} Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır ($p < 0.05$).

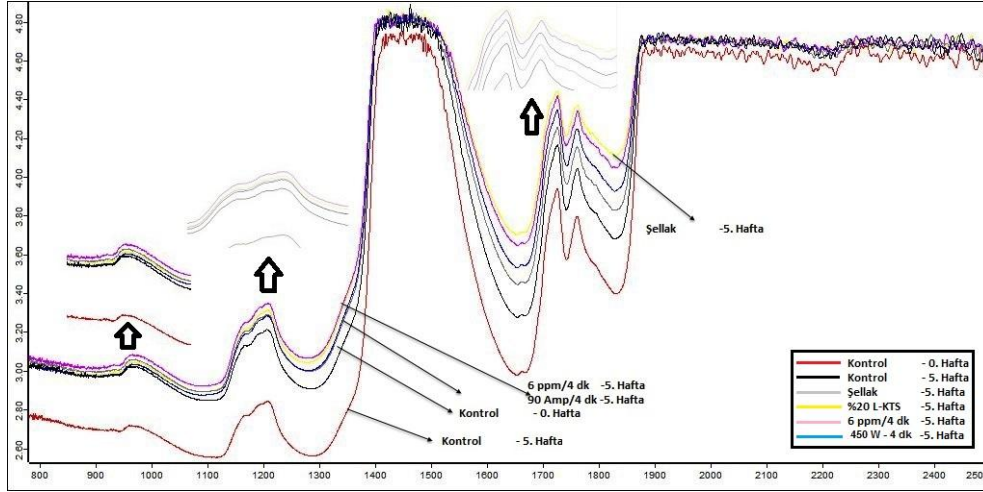
4.5.9. FT-NIR spektroskopi değerleri

Günümüzde yumurtanın kalite özelliklerinin yeni metotlar kullanarak ve yumurtayı deforme etmeden belirlenmesi üzerine yoğun çalışmalar yapılmaktadır. FT-NIR spektroskopi değerleri yumurtadaki su miktarındaki değişim hakkında bilgi vermekte ve HB değerlerinin tahminlenmesinde yararlanılmaktadır. Elde edilen grafiklerdeki absorban spektral piklerin yüksek veya düşük olması birçok faktöre bağlı olabilmektedir. Bu faktörler arasında yumurtanın işleme metodu bilgisi de yer almaktadır (Abdel-Nour, 2008; Giunchi ve ark., 2008; Zhao ve ark., 2010; Lin ve ark., 2011). Bunlar arasında NIR (Near Infrared Spectroscopy), yumurta kabuk renginin ölçümü ile tavuk stres ve genel sağlık durumu ile yumurtanın kalınlığı ve kırılmaya karşı hassasiyeti belirlenebilmektedir. Floresan Spektroskopi ile kabuk rengi ve albümin kalitesi tayin edilebilmektedir. Nükleer Manyetik Rezonans ve vibrasyon-titreşim testleri ile yumurta kabuğunun bütünlüğü ve kabuk mukavemeti tayin edilebilmekte olup, aküstik vibrasyon ile albümin kalitesi, kabukta bütünlük izlemesi ve kirlilik tayini yapılabilmekte olup, endüstride yumurta tasnifinde değerlendirilebilmektedir. NIR spektroskopisi uzun yıllardır bilinen ve genellikle numunelerin kimyasal yapısının ve besin bilgilerinin belirlenmesi amacıyla kullanılan bir teknik olup, C-H, N-H ve O-H bağlarının tanımı, teşhisi ve miktarsal tayininde kullanılmaktadır (Galiş ve ark., 2012).

NIR teknolojisinin yumurtanın kalite özelliklerinin tayininde kullanılması üzerine NIR-HSI (Near Infrared Hyperspectral Imaging System)'in omega-3 yağ asitlerince zenginleştirilmiş kabuklu yumurtaların, damızlık-döllü yumurtaların diğer yumurtalardan ayrılmasında ve kırık kabuklu yumurtalar ile diğer yumurtaların tasnifinde yararlanılmaktadır. Ayrıca yumurtanın tazeliğinin belirlenmesinde 530 ile 1130 nm dalga boyunun kullanılabileceği bildirilmiş ve bu amaçla damızlık yumurta tayini, hava boşluğu analizi ile ağırlık kaybı ve pH değerlerinin analiz edildiği çalışmada 0,9 ile 0,92 korelasyon katsayısı- R^2 değerlerine ulaşılmıştır. Albümin kalite kriterlerinin tayininde 570-750 nm dalga boyulu Vis-NIR tercih edilmektedir (Galiş ve ark., 2012). Lin ve ark. (2011) tarafından yapılan çalışmada yumurtanın tazelik kriteri olan HB değerinin NIR ile tahminlenmesinde 0,87 korelasyon katsayısına erişilmiş olup, GA-ANN modeli ile 0,912'ye kadar çıkarılabilmektedir.



Şekil 4.5.1. Farklı yumurta muhafaza uygulamalarının albüminin depolamanın ilk ve son haftasında FT-NIR iletim spektrasi'na etkisi.



Şekil 4.5.2. Farklı yumurta muhafaza uygulamalarının yumurta sarısının depolamanın ilk ve son haftasında depolamanın ilk haftasındaki FT-NIR iletim spektrasi'na etkisi.

Yumurtaya herhangi bir hasar verilmeden kalite özelliklerinin tayininde 800-2.500 nm spektral dalga boyu aralığında FT-NIR ölçümü yapılabilmektedir. Yumurtanın tazeliğinin hasarlı yöntemler (hava boşluğu, katı albümin yüksekliği ve Haugh Birim) ile FT-NIR gibi hasarsız yöntemlerin mukayesesinde uygulama çalışma ile tahminleme üzerine yapılan modellemesinde R^2 değerlerinin sırası ile 0,732; 0,789 ve 0,676 olarak tespit edilmiştir (Giunchi ve ark., 2008; Galiş ve ark., 2012). Yumurtada özellikle 970, 1200, 1450 ve 1750 nm değerlerinde pik değerlerinin yüksek olması yumurtada su miktarının yüksek olduğunun ve tazeliğinin bir göstergesidir. Depolama sonunda yumurtada meydana gelen su kaybına bağlı olarak kontrol grubunda en düşük pik

değerlere ulaşılabilir. Çalışmada şellak kaplamanın 5. hafta sonunda yumurta kalitesinin korunmasında en etkili uygulama olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.5.2).

4.5.10. Mikrobiyolojik Analizler

4.5.10.1. Toplam mezofil aerobik bakteri sayımı analiz değerleri

Yumurta kabuğunun yüzeyinde bulunabilecek yüksek bakteri florası, yumurtanın iç kısmına bakteri geçiş ihtimalini yükseltmektedir (Gole ve ark., 2013). Yumurtalarda albümin ve sarı kalitesi ile TMAB florası yumurtanın muhafaza edildiği şartlardan etkilenmekte olup, düşük sıcaklıkta muhafaza edilen yumurtaların (5°C’de 10 gün) toplam flora değerleri yüksek sıcaklıkta muhafaza edilen yumurtalara (22°C’de 10 gün) kıyasla daha düşük tespit edilmiştir (Sert ve ark., 2011). Jones ve ark. (2004) tarafından yapılan çalışmada depolama öncesi yaklaşık 4,0 log kob/ml olan TMAB sayımı depolamanın 8. haftasında artarak 5,3 log kob/ml olarak saptanmıştır.

Park ve ark. (2003) tarafından yapılan çalışmada yumurta kaplamanın sadece mikroorganizmaların yumurta içerisine geçişini sınırlandırmadığı, aynı zamanda yumurtanın iç kalitesinin muhafazasında önemli bir etkisinin olduğu bildirilmiştir. Kitosan kaplamanın yumurta kabuğu yüzeyinden nem geçişini ve kaybını sınırlayarak mikrobiyal kontaminasyona karşı bariyer oluşturduğu ve böylece yumurtanın raf ömrünün arttırılmasını sağladığı bildirilmiştir (Bhale ve ark., 2003).

Elde edilen bulgular Park ve ark. (2003) tarafından yapılan çalışmadan yıkanan ve sanitize edilen yumurtaların mikrobiyal analiz sonuçları ile ozon veya ultrases ile muamele edilen yumurtalarda elde edilen sonuçlara benzerlik gösterdiği belirlenmiştir.

Ultrases günümüzde mikrobiyal inaktivasyon amacıyla gıda sektöründe uygulama potansiyeli olan ve termal yöntemlere alternatif metotlar arasındadır (Piyasena ve ark., 2003). Uygulamadaki mikrobiyal inaktivasyon etkisinin ses dalgalarının hücre zarının mukavemetini etkilemesi, bölgesel ısı yoğunlaşması ve serbest radikal oluşumu ile açıklanırken, kavitasyon olarak adlandırılan basınç farkları ile meydana gelen ani gaz baloncuklarının oluşumu ve patlaması ile inaktivasyon mekanizması açıklanmaktadır. Gram negatif bakterilerin ultrasese olan duyarlılığının gram pozitif bakterilerden daha yüksek olduğu bildirilmiştir. Ayrıca artan viskozite ile ultrasesin etkisinin azaldığı bildirilmiş ve ısı ile kombine edilerek uygulanan ultrasesin yumurta kabuğuna ve membranına zarar vermediği; toplam canlı bakteri, spor oluşturan bakteri ile *Salmonella* spp.gelişimi ve yumurtaya geçişini etkilemediği yapılan çalışmada ifade edilmiştir (Cabeza ve ark., 2011).

Farklı muhafaza yöntemlerinin kabuklu yumurtanın kalitesine ve raf ömrüne olan etkisi Çizelge 4.5.27’de verilmiş olup, uygulamayı takip eden toplam flora sayımlarında kontrol grubu (2,01) ile şellak kaplamanın (2,00) istatistiki olarak farklı olmadığı ($p>0,05$) ancak diğer uygulama gruplarının (lisozim-kitosan kaplama, ozon ve ultrases uygulama) sırası ile 2,90; 2,60; 2,76 log kob/yumurta değerleri ile kendi aralarında ve şellak ile kontrol grubundan farklı ($p<0,05$) oldukları saptanmıştır. Depolama süresince tüm uygulama grupları kendi aralarında ve kontrol grubundan istatistiki olarak farklı olup, depolama sonucunda en yüksek TMAB değeri 3,91 log kob/yumurta ile kontrol grubuna ait çıkmıştır. Uygulama gruplarında ise sırası ile 3,00; 3,18; 3,10 ve 3,14 log kob/yumurtadeğerleri elde edilmiştir. Elde edilen veriler ile literatürde verilen değerlerin benzer olduğu tespit edilmiştir (Shenga ve ark., 2010; Cabeza ve ark., 2011; Sert ve ark., 2011; Aygun ve Sert, 2012). Depolama süresince şellak kaplama uygulama grubunu temsil eden örneklerin dışındaki kontrol ve uygulama gruplarında haftalık TMAB artışının istatistiki olarak farklı ($p<0,05$) olduğu saptanmıştır.

Ultrases uygulamasının yumurtanın sarı ve beyazında TMAB yükünü önemli düzeyde düşürdüğü ve muamele süresinin 5 dk’dan 30 dk’ya çıkarılması ile inaktivasyonda artış kaydedildiği bildirilmiştir (Sert ve ark., 2011; Sert ve ark., 2013). Sert ve ark. (2011) tarafından yapılan çalışmada 35 kHz frekansta 140 W gücünde 5, 15 ve 30 dk süre ile ultrases uygulamasına tabii tutulan yumurtalarda en düşük TMAB sayım değerleri uygulama sonrası, 10 gün 5°C ve 10 gün 22°C’de sırası ile albüminde 2,485; 2,344; 2,610 ve sarıda sırası ile 2,403; 2,292 ve 2,422 log kob/g ile 30 dk muamele süresinde saptanmış olup, uygulamalar arasındaki farkın istatistiki açıdan önemli ($p<0,05$) olduğu bildirilmiştir. Kontrol grubunda başlangıç flora değerleri albüminde 2,604 ve sarıda da 2,565 log kob/g olarak tespit edilmiştir. Artan ultrases muamele süresi ile yumurta yüzeyindeki toplam bakteri florasının ve dolayısı ile yumurtanın iç kısmına (albümin ve sarı) difüze olan bakteri sayısında azalmaya yol açtığı ifade edilmiştir (Sert ve ark., 2011).

Çizelge 4.5.27. Farklı yumurta muhafaza uygulamalarının depolama süresi boyunca yumurtanın toplam mezofil aerobik bakteri (TMAB) sayımı (log kob/yumurta) üzerine etkisi

UYG*	Depolama Süresi / Yumurta TMAB sayımı					
	0.HAFTA	1.HAFTA	2.HAFTA	3.HAFTA	4.HAFTA	5.HAFTA
KNT	3,01±0,14 Aa	3,20±0,26 Ba	3,38±0,13 Ca	3,67±0,35 Da	3,79±0,17 Ea	3,91±0,39 Fa
Şellak	3,00±0,26 Aa	2,98±0,18 Ab	2,97±0,15 Ab	2,98±0,38 Ab	2,98±0,18 Ab	3,00±0,27 Ab
%20 L	2,90±0,18 Ab	2,86±0,27 Bc	2,96±0,28 Cb	3,03±0,19 Db	3,15±0,29 Ec	3,18±0,25 Ec
6-4 Ozon	2,60±0,29 Ac	2,64±0,18 Ad	2,75±0,26 Bc	2,85±0,33 Cc	2,97±0,16 Db	3,10±0,19 Ed
450-4 US	2,76±0,24 Ad	2,92±0,31 Ac	3,01±0,18 Cd	3,06±0,29 CDd	3,09±0,27 DEc	3,14±0,27 Ec

^{A-F} Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (p < 0.05).

^{a-d} Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (p < 0.05).

*UYG: Uygulamalar, %20 L: %1 Kitosan ve %20 Lizozim kaplama, 6-4 Ozon: 6 ppm – 4 dk Ozon uygulaması, 450-4 US: 450 W ve 4 dk Ultrases uygulaması.

4.5.10.2. Küf-maya sayımı analiz değerleri

Yumurtada depolama ile birlikte küf ve maya gelişimi artış göstermektedir. Depolama süresince yumurta kabuk membranının etkinliğini yitirmesi ile bariyer özelliği azalmakta ve yumurta yüzeyi küf-maya gelişimine açık hale gelmektedir. Yapılan bir çalışmada depolama öncesi 1,5 log kob/ml olan sayım değeri depolamanın 8. ve 10. haftasında 2,6 ile 2,9 log kob/ml olarak tespit edilmiştir (Jones ve ark., 2004).

Aygun ve Sert (2012) tarafından yapılan 140 W güç ve 35 kHz frekansta 5, 10 ve 15 süre ile ultrases dalgalarına maruz bırakılan yumurtalar üzerindeki küf ve maya kontrol grubunda 3,74-4,61 log kob/yumurta olarak tespit edilirken, uygulama süresine bağlı olarak örneklerde %17,9 ile 54,8 arasında düşüm elde edilmiştir. Depolama periyodu sonrasında tüm uygulama gruplarının kontrol grubuna göre en az %46 daha az küf maya sayımı tespit edilmiştir.

Farklı muhafaza yöntemleri uygulaman yumurta örneklerinin yüzey küf-maya florasına etkisi ve depolama boyunca gözlemi Çizelge 4.5.28’de yer verilmiştir. Buna göre kontrol grubu küf-maya sayımı depolama öncesi 3,09 log kob/yumurtadeğerinden depolama sonrası 3,88 log kob/yumurtadeğerine kadar istatistiki olarak önemli düzeyde artış kaydetmiştir. Uygulamaları takip eden sayım değerlerinde ise kaplama grubunun (şellak: 3,11 log kob/yumurta; liozım-kitosan: 3,10 log kob/yumurta) küf-maya florası ile kontrol grubu (3,09 log kob/yumurta) benzer elde edilmiş ancak uygulama grupları (ozon:1,91 log kob/yumurta; ultrasnes 2,17 log kob/yumurta) daha düşük saptanmıştır.

Depolamanın son haftasında kaplama grupları kendi aralarında ve uygulama grupları kendi aralarında benzer olarak elde edilmiştir. Bu yönüyle elde edilen depolamaya bağlı değerlerin daha önce yapılan literatür çalışmaları ile paralel olduğu saptanmıştır (Jones ve ark., 2004; Shenga ve ark., 2010).

Çizelge 4.5.28. Farklı yumurta muhafaza uygulamalarının depolama süresi boyunca yumurtanın küf-maya sayımı (log kob/yumurta) üzerine etkisi

Depolama Süresi / Yumurta Küf-Maya sayımı						
UYG*	0.HAFTA	1.HAFTA	2.HAFTA	3.HAFTA	4.HAFTA	5.HAFTA
KNT	3,09±0,29 Aa	3,45±0,36 Ba	3,53±0,29 BCa	3,64±0,39 CDa	3,69±0,24 Da	3,88±0,32 Ea
Şellak	3,11±0,15 Aa	3,12±0,17 Ab	3,13±0,16 Ab	3,13±0,15 Ab	3,14±0,26 Ab	3,16±0,28 Ab
%20 L	3,10±0,17 Aa	3,12±0,16 ABb	3,14±0,29 ABCb	3,16±0,26 ABCb	3,21±0,24 BCb	3,23±0,37 Cb
6-4 Ozon	1,91±0,20 Ab	2,24±0,11 Bc	2,65±0,37 Cc	2,81±0,37 Dc	2,98±0,38 Ec	3,01±0,39 Ec
450-4 US	2,17±0,19 Ac	2,63±0,39 Bd	2,73±0,39 BCc	2,76±0,36 CDc	2,87±0,46 Ed	2,93±0,27 Ec

^{A-E} Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (p < 0.05).

^{a-d} Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (p < 0.05).

*UYG: Uygulamalar, %20 L: %1 Kitosan ve %20 Liozım kaplama, 6-4 Ozon: 6 ppm – 4 dk Ozon uygulaması, 450-4 US: 450 W ve 4 dk Ultrasnes uygulaması.

4.5.10.3. *S. aureus* analiz değerleri

S. aureus yumurta kabuğunda bulunabilen bir mikroorganizmadır (Edema ve Atayese, 2006). Yumurta albümini proteinlerinin ve özellikle lizozimin *S. aureus* üzerindeki inaktivasyon etkisi bilinmektedir (Wellman-Labadie ve ark., 2008). Yumurtanın depolama ile yüzeydeki *S. aureus* sayım değerleri 0,7 log kob/cm²'den 15 gün sonra 1,8 log kob/cm²'ye yükselmiştir (Shenga ve ark., 2010). Yumurtanın 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 (Edema ve Atayese, 2006; Al-Natour ve ark., 2012). Aygun ve Sert (2012) tarafından damızlık yumurtaların 140 W güç ve 35 kHz frekansta 5, 10 ve 15 dk süre ile ultrasese maruz bırakılması üzerinde yapılan çalışmada inkübasyon süresince yumurtaların *Staphylococcus* spp. sayım değerlerinde anlamlı değişimlerin gözlemlendiği bildirilmiştir. En düşük sayım değerlerinin 15 dk muamele edilen örnek gruplarında olup, 5 ile 15 dk uygulamasının sayım değerleri arasında %54,5'lik bir fark oluşturduğu ifade edilmiştir. Çalışmada en yüksek sayım değerleri inkübasyon sonucundaki kontrol grubunda saptanmıştır. Yumurta ve ürünlerinde *S. aureus* kaynaklı toksin üretimi için *S. aureus* sayım değerinin 10⁶ kob/g'ın üzerine çıkması gerektiği bildirilmiştir (Özkaya ve Cömert, 2008). Bu nedenle yapılan çalışmada literatürde verilen sayım değerlerine ulaşılmadığı için gıda güvenliği açısından bir risk gözlemlenmemiştir.

Farklı muhafaza tekniklerinin yumurta yüzeyindeki *S. aureus* düzeyine etkisi Çizelge 4.5.29'da verilmiştir. Uygulamayı takip eden analizlerde kontrol grubu (2,34 log kob/yumurta) ve kaplama grubu (şellak 2,32 log kob/yumurta; lizozim-kitosan kaplama: 2,32 log kob/yumurta) arasındaki fark istatistiksel açıdan farklı bulunmamıştır (p>0,05). Ancak ozon ve ultrasese tatbik edilen örnek gruplarında kontrol ve kaplama gruplarına göre flora azalmış (ozon: 1,42 log kob/yumurta; ultrasese 1,38 log kob/yumurta) ve bu azalmanın istatistiki açıdan önemli (p<0,05) olduğu saptanmıştır. Depolamanın son haftasında ise; en yüksek sayım değeri 3,08 log kob/yumurta ile kontrol grubuna ait bulunmuş kaplama grupları şellakta 2,36; lizozim 2,64 ve uygulama grupları ise ozon 2,32 log kob/yumurta ve ultrasese 2,30 log kob/yumurta olarak tespit edilmiştir. Kontrol grubunun uygulama gruplarından farklı olduğu ancak lizozim-kitosan kaplamanın diğer kaplama ve uygulama gruplarından istatistiki olarak farklılık (p<0,05) arz ettiği belirlenmiştir.

BÖLÜM 4–ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA Muhammed YÜCEER

Çizelge 4.5.29. Farklı yumurta muhafaza uygulamalarının depolama süresi boyunca yumurtanın *S.aureus* sayımı (log kob/yumurta) üzerine etkisi

Depolama Süresi / Yumurta <i>S. aureus</i> sayımı						
UYG*	0.HAFTA	1.HAFTA	2.HAFTA	3.HAFTA	4.HAFTA	5.HAFTA
KNT	2,34±0,08 Aa	2,52±0,09 ABa	2,74±0,08 BCa	2,90±0,09 CDa	2,98±0,05 CDa	3,08±0,05 Da
Şellak	2,32±0,09 Aa	2,30±0,11 Aab	2,34±0,04 Ab	2,34±0,07 Ab	2,34±0,06 Ab	2,36±0,06 Ab
%20 L	2,32±0,14 Aa	2,37±0,08 Aa	2,40±0,09 Ab	2,41±0,04 Ab	2,50±0,08 ABb	2,64±0,07 Bc
6-4 Ozon	1,42±0,24 Ab	1,68±0,12 Bc	1,78±0,09 BCc	1,98±0,08 CDc	2,11±0,07 DEc	2,32±0,09 Eb
450-4 US	1,38±0,27 Ab	1,42±0,24 ABd	1,64±0,10 Bc	1,90±0,06 Cc	2,00±0,08 Cc	2,30±0,05 Db

^{A-E} Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (p < 0.05).

^{a-d} Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (p < 0.05).

*UYG: Uygulamalar, %20 L: %1 Kitosan ve %20 Lisozim kaplama, 6-4 Ozon: 6 ppm – 4 dk Ozon uygulaması, 450-4 US: 450 W ve 4 dk Ultrases uygulaması.

4.5.10.4. Enterobacteriaceae analiz değerleri

Gıdaların kalitesinin gözleminde Enterobacteriaceae popülasyonunun önemli bir yeri bulunmaktadır (Gole ve ark., 2013). Aygun ve Sert (2012) tarafından yapılan çalışmada damızlık yumurtalara 140 W güçte 35 kHz frekansta ve 30°C’de 5, 10 ve 15 dk süre ile ultrases uygulaması yapılarak, koliform bakteri değerinin 0,85 ile 3,05 log kob/yumurta arasında olduğu, en yüksek inaktivasyonun %59,9 ile 15 dk olarak uygulanan muamele grubunda tespit edildiği bildirilmiştir. Jones ve ark. (2004) tarafından yumurtanın uzun süre muhafazasında mikrobiyal florası üzerine yaptıkları 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 yumurta kabuğunda Enterobacteriaceae popülasyonu olarak tespit edilen %60,78 gibi büyük bir çoğunluğunun *E.coli* türü bakterilerin oluşturduğunu tespit etmiştir. Kalan yüzdede ise %9,15 ile *Salmonella*, %8,49 ile *Enterobacter* yer almaktadır. Sert ve ark. (2013) tarafından yapılan çalışmada yumurtaya 35 kHz frekansta 5, 15 ve 30 dk ultrases

BÖLÜM 4–ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA Muhammed YÜCEER

muamele çalışması yapılmıştır. Bu kapsamda yumurtanın kabuğuna 3,5 log olarak inoküle edilen *E.coli*'nin 5 dk muamele süresinde kontrole göre % 50 inaktivasyon elde edilmiş ve 15 dk ile 30 dk'da yumurta kabuğundaki *E.coli*'nin tamamının inaktive edildiği bildirilmiştir.

Farklı muhafaza tekniklerinin yumurtanın Enterobacteriaceae değerleri üzerine etkisi Çizelge 4.5.30'da verilmiştir. Uygulama sonrası kontrol grubu (2,46 log kob/yumurta) ve kaplama grubu (şellak 2,51 log kob/yumurta; lizozim-kitosan kaplama: 2,43log kob/yumurta) arasında istatistiksel açıdan farklı bulunmamıştır ($p>0,05$). Ancak ozon ve ultrases tatbik edilen örnek gruplarında kontrol ve kaplama gruplarına göre flora azalmış (ozon: 2,00log kob/yumurta; ultrases 1,99log kob/yumurta) ve bu azalmanın istatistiki açıdan önemli ($p<0,05$) olduğu, depolama sonrası 5. haftada 3,38 log kob/yumurta değeri ile en yüksek değere kontrol grubunda rastlanılmıştır. Uygulama gruplarında sırası ile şellak, lizozim-kitosan kaplama, ozon ve ultrases uygulamada; 2,53; 2,73; 2,42; 2,36 log kob/yumurta olarak tespit edilmiştir. Şellak ve lizozim-kitosan kaplama gruplarının kendi aralarında ve diğer uygulamalardan istatistiki olarak farklı olduğu ancak uygulama gruplarından ozon ve ultrases ile muamele edilen yumurta örneklerine ait Enterobacteriaceae değerlerinin istatistiksel olarak farksız oldukları tespit edilmiştir.

Çizelge 4.5.30. Farklı yumurta muhafaza uygulamalarının depolama süresi boyunca yumurtanın Enterobacteriaceae sayımı (log kob/yumurta) üzerine etkisi

Depolama Süresi / Yumurta Enterobacteriaceae sayımı						
UYG*	0.HAFTA	1.HAFTA	2.HAFTA	3.HAFTA	4.HAFTA	5.HAFTA
KNT	2,46±0,04 Aa	2,75±0,04 Ba	2,88±0,09 Ca	3,10±0,09 Da	3,22±0,09 Ea	3,38±0,07 Fa
Şellak	2,51±0,08 Aa	2,52±0,07 Ab	2,52±0,07 Ab	2,51±0,08 Ab	2,53±0,08 Ab	2,53±0,09 Ab
%20 L	2,43±0,07 Aa	2,53±0,16 Bb	2,59±0,08 BCb	2,65±0,08 CDc	2,68±0,03 CDc	2,73±0,11 Dc
6-4 Ozon	2,00±0,04 Ab	2,06±0,04 Ac	2,19±0,06 Bc	2,33±0,04 BCc	2,39±0,09 Cd	2,42±0,04 Cd
450-4 Ult	1,99±0,08 Ab	2,06±0,10 Ac	2,24±0,04 Bc	2,28±0,03 BCc	2,31±0,06 BCd	2,36±0,09 Cd

^{A-F} Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır ($p < 0.05$).

^{a-d} Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır ($p < 0.05$).

4.5.10.5. Salmonella Spp.analizi

Salmonella gibi patojen bakterilerin yumurtanın yüzeyinde bulunabileceği bildirilmiştir (Sert ve ark., 2013). *Salmonella* infeksiyonlarının kaynağı olarak yumurta kabuğunun enfeksiyondaki etkisine araştırmacılar tarafından dikkat çekilmiştir (De Buck ve ark., 2004; Cabeza ve ark., 2011). Kabuklu yumurtanın yüzeyinde bulunabilen *Salmonella enteritica* alttip *Enteritidis* ve *Typhimurim*'un uygun sıcaklık ve rutubet şartlarında yumurtanın iç kısmına nüfuz edebileceği bildirilmiştir (Berrang ve ark., 1999; Leleu ve ark., 2011a). Jo ve ark. (2011) ve Leleu ve ark. (2010) tarafından yapılan çalışmada kaplamanın inoküle edilen *Salmonella Typhimurium* ve *Salmonella Enteritidis* sayısını önemli düzeyde azaldığı bildirilmiştir. Ayrıca Curtis ve ark. (1995) hızlı soğutmanın *Salmonella enterica* düzeyini düşürdüğü rapor edilmiştir. Yapılan çalışmada kontrol ve uygulama gruplarında depolama süresince *Salmonella Spp.* tespit edilememiştir. Torrico ve ark. (2010) tarafından yapılan 5 hafta depolanan ve mineral yağ ile kitosanın farklı emülsiyonlarının kullanıldığı çalışmada *Salmonella spp.* varlığına rastlanılmamıştır.

Jo ve ark. (2011) tarafından yapılan çalışmada *Salmonella Typhimurium* inoküle edilen ve kitosan ile kaplanan ve kuru buzda muhafaza edilen yumurtalarda *Salmonella Typhimurium* sayısının önemli düzeyde azaldığı bildirilmiştir. Kitosanın yumurtada bulunan bir çok bakteriye ve *Salmonella*, *Staphylococcus*, *Alcaligenes*, *Pseudomonas* ve *Listeria* gibi bakteri gruplarına karşı antimikrobiyal etkisi bilinmektedir (Leleu ve ark., 2010). Kim ve ark. (2007) kitosanın sahip olduğu antimikrobiyal etkisinin kitosan molekül ağırlığı ve yapısına bağlı olarak *Salmonella Enteritidis*'in gelişmesini baskıladığını ve bu etkinin katyonik kitosanının hücreler arasındaki yüzeyde oluşan elektriksel iletkenliğine bağlı olduğu bildirilmiştir (Haiqiang Chen, 2002).

Rodriguez-Romo ve Yousef (2005) tarafından yapılan çalışmada UV ve ozonun kombine edilerek kabuklu yumurtaya uygulanmasında *Salmonella enterica* serotip *Enteritidis* 4,6 log inaktivasyon elde edildiği bildirilmiştir.

Yumurtanın kabuğundaki *Salmonella*'nın ultrases ile inaktivasyonu üzerine bir çok çalışma gerçekleştirilmiştir (Cabeza ve ark., 2004; Cabeza ve ark., 2005; Huang ve ark., 2006a; Cabeza ve ark., 2011; Aygun ve Sert, 2012). Cabeza ve ark. (2011) tarafından yapılan çalışmada yumurtaya inoküle edilen *S. Enteritidis*'in 7,78 log kob değerinden termoultrases ile muamele sonrası 2,95 log kob değerine düşürüldüğü ve bu

BÖLÜM 4–ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA Muhammed YÜCEER

azalmanın istatistiki açıdan önemli olduğu bildirilmiştir. Ayrıca Aygun ve Sert (2012) tarafından yapılan bir çalışmada ise, 140 W güç ve 35 kHz frekansta 30°C’de 5, 10 ve 15 dk.süre ile ultrasese maruz bırakılan kuluçkalık yumurtalardada kontrol grubunda *Salmonella* spp. 2,77 log kob/yumurta olarak tespit edilirken 5 dk. süreyle ultrasese uygulaması sonucu elde edilen azalmanın benzalkonyum klorüruygulanan örnekler ile eşit (2,22 log kob/yumurta) olduğu bildirilmiştir. Ayrıca inkübasyon döneminde kontrol grubun 0,82 olarak tespit edilen artışın 15 dk süreyle ultrasese maruz bırakılan yumurtalarda 0,76 olarak saptanmıştır. Ultrases işleminin yumurtanın yüzeyindeki *Salmonella* spp. düzeyini azalttığı yapılan çalışmalarda ifade edilmiştir. Huang ve ark. (2006b) tarafından yapılan ve 1,2,3 dk süre ile 40 W güçte 20 kHz frekans ile bütün likit yumurtaya uygulanan ultrases işleminde muamele süresinin artışı (1 dk: 0,17; 2 dk: 0,27 ve 3 dk: 0,28 log) ile *S. Enteritidis*’te elde edilen inaktivasyonda artmıştır. Muamele süresinin istatistiki açıdan *S. Enteritidis*’in inaktivasyonunda önemli olduğu bildirilmiştir. *Salmonella* Enteritidis ile yapılan likit yumurtada yüksek vurgulu alan yüksek basınç ve ultrasesin kombinasyonu ile gerçekleştirilen çalışmada 3,2 loginaktivasyon elde edilmiştir (Huang ve ark., 2006a).Farklı muhafaza tekniklerinin kabuklu yumurta üzerinde çalışıldığı kontrol ve uygulama grubu örneklerde *Salmonella* spp.saptanmamıştır.

BÖLÜM 5

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada; farklı kaplamaların (PASI, PASK, zein, şellak), lizozim-kitosan antimikrobiyal kaplamanın, ozon, ultrases uygulamaları ve bu yöntemlerin tamamının kombine edilerek taze yumurtanın oda sıcaklığında(25°C) depolama boyunca, fiziksel, kimyasal, mikrobiyolojik ve FT-NIR kalite özelliklerindeki değişim üzerine etkisi incelenerek, bu uygulamaların yumurtanın raf ömrüne etkisi belirlenmiştir.

Çalışmanın birinci bölümünde, farklı kaplamalar kullanılarak kaplanan yumurtaların depolama süresince raf ömrünün belirlenmesi amacıyla periyodik analizler yapılmıştır. Depolama süresince PASI, PASK, zein ve şellak ile kaplanmış yumurtalar, kontrol grubu yumurtalara göre daha iyi iç kalite özellikleri göstermiştir. Kaplamaların oda sıcaklığında(25°C) muhafaza edilen yumurtanın raf ömrünü 2 hafta arttırdığı saptanmıştır. Kaplanmamış yumurtaların ağırlık kaybı, albümin ve sarı pH'sı, albümin renk a* ve sarı renk b* değeri ve albümin kuru maddesi kaplanmış yumurtalardan yüksek çıkmıştır. Farklı kaplanmış yumurtaların HB, sarı indeksi, albümin ve bütün RWC, sarı kuru maddesi, albümin viskozitesi ve kabuk mukavemeti depolama boyunca kontrol (kaplanmamış) yumurtalardan daha yüksek çıkmıştır. Şellak ve zein ile kaplanmış olan yumurtaların kabuk kırılma direnci en yüksek değeri vermiştir. Şellak ve zein ile kaplanan yumurtalar 5 hafta depolama süresince AA kalite sınıfını muhafaza ederken PASI ve PASK A sınıfında, kontrol (kaplanmamış) yumurta grubu ise B kalite sınıfı olarak belirlenmiş ve şellak ile zein kaplamanın yumurtayı kaplanmamış yumurtalara göre en az 2 hafta süre ile AA kalite sınıfında muhafaza ettiği tespit edilmiştir. Çalışmada kullanılan kaplamaların yumurta iç kalitesini kontrolden daha etkin koruyarak, kaplama malzemesi olarak kullanılabilceği bulunmuştur. Yumurtanın tazeliği onun kalitesi ile ilgili olup, özellikle ağırlık kaybı, albümin pH'ı, HB ve RWC parametrelerinin depolama süresinden istatistiksel olarak etkilendiğini göstermektedir.

Farklı kaplama yapılan taze kabuklu yumurtalarda depolama sonunda mikrobiyal yük daha düşük çıkmış ve kaplamanın mikroorganizmaların gelişiminin üzerine etkileri önemli bulunmuştur. Kaplamanın yumurtada bulunan gözenekleri kapatarak yüzeysel bakteri gelişiminin inhibisyonu ve bozulmanın yavaşlatılması üzerinde etkisini göstererek depolanan yumurtanın tazeliğini koruduğu belirlenmiştir.

Çalışmanın ikinci bölümünde, antimikrobiyal aktif ambalajlama konseptinin içinde lizozim-kitosan kaplamanın ve kitosan kaplamanın yumurta iç kalitesini ve raf ömrüne

etkisi araştırılmış ve kaplama malzemesinin yumurtayı kontrolden daha etkin bir biçimde koruduğu belirlenmiştir. Yumurtanın özellikle ağırlık kaybı, albümin pH'ı, HB ve RWC parametrelerinin lizozim konsantrasyonundan ve depolama süresinden istatistiksel olarak etkilendiğini göstermektedir. Kitosan-lizozim kaplamalar, depolama sırasında yumurtanın raf ömrünü arttırmada geliştirici etkilere (iç kalite kaybını geciktirme) sahip olduğu ve kabuğun mukavemetini artırarak kırılma riskini azalttığı belirlenmiştir. Özellikle taşıma sırasında oluşabilecek çatlamlar ve kırılmaların önüne geçme potansiyeli olduğu görülmüştür. Bu çalışma, %10, %20 ve %60 lizozim-kitosan kaplamanın depolama süresinden olumsuz etkilenen yumurtaların fonksiyonel özelliklerini devam ettirmede umut verici bir alternatif olduğunu göstermektedir. Özellikle %20 lizozim-kitosan kaplaması depolama sırasında kaplanmamış yumurtalar için gözlenen süreden en az 3 hafta daha uzun süre iç kaliteyi korumaya devam ettirmiştir (özellikle Haugh birimi ve pH).

Depolama boyunca kitosan kaplama yapılan taze kabuklu yumurtalarda kaplama yapılmayanlara göre mikrobiyal yük daha düşük çıkmış ve kaplamanın mikroorganizmalar üzerine etkileri önemli bulunmuştur. Yumurtalarda, *Salmonella* spp. izole edilmemesine rağmen antimikrobiyal kaplamanın depolama süresince Enterobacteriaceae, koagülaz pozitif *S. aureus*, TMAB ve küf-maya sayısını önemli düzeyde azalttığı tespit edilmiştir. Buna göre antimikrobiyal katkı kaplamaların taze yumurtaların raf ömrü üzerine pozitif etkisi olduğu tespit edilmiştir. Sonuç olarak kitosan-lizozim antimikrobiyal etkisinin artan lizozim konsantrasyonlarında artış gösterdiği, ayrıca yapılan tüm mikrobiyolojik analiz sonuçları bu tespiti desteklemektedir. Kaplanmış yumurtaların ve özellikle antimikrobiyal özelliğe sahip lizozim ile kaplamanın daha düşük mikrobiyal yüke (Enterobacteriaceae, *S. aureus*, TMAB ve küf-maya) sahip olması, kaplamanın yüzeysel bakteri gelişimi üzerinde inhibisyon etkisini ve kontrollü salınım sağladığını göstermektedir. Bu durum ile kitosan-lizozim kaplamaların kütle transferini azaltarak bariyer görevi yaptığı ayrıca kaplama materyalinin antimikrobiyal etkisi ile yumurtanın tazeliğini koruduğu (raf ömrünü artırdığı) görülmektedir.

Çalışmanın birinci ve ikinci bölümü birlikte değerlendirildiğinde aktif ambalajlama teknolojilerinin yumurtanın raf ömrünün artırılmasında başarıyla kullanılabileceği gözlenmiştir. Özellikle taşıma sırasında oluşabilecek çatlamlar ve kırılmaların önüne geçme potansiyeli olduğu ve kaplamanın depolama süresinden olumsuz etkilenen yumurtaların fonksiyonel özelliklerini devam ettirmede umut verici bir alternatif olduğunu göstermektedir. Gelecekte özellikle farklı antioksidan ve antimikrobiyaller kullanılarak

hazırlanacak farklı kaplamaların kolay bozulan gıdalarda uygulanarak etkinlikleri belirlenme çalışmalarının yapılması gerekmektedir.

Besin değeri yüksek olan yumurtanın depolama süresini arttırmaya ve taşıma sırasında kırılgenliğini minimize etmeye yönelik çalışmaların arttırılması gerekmektedir. Böylece değerli bir gıda maddesi olan yumurta kayıpları en aza indirilebilecek ve ülke ekonomisine fayda sağlanacaktır.

Çalışmanın üçüncü bölümünde, yumurtanın yüzeyine farklı konsantrasyon (2 ppm, 4 ppm ve 6 ppm) ve sürelerde (2 dk ve 5 dk) ozon uygulanmış ve yumurta üzerindeki etkileri ile raf ömrünü uzatmadaki rolü araştırılmıştır. Çalışma kapsamında kullanılan ozonun yumurtanın iç kalite ve fonksiyonel özelliklerini iyileştirdiği saptanmıştır. Ozon uygulaması yumurta yüzey mikrobiyal florasını seviyesini hızlı bir biçimde düşürmesine rağmen, depolama ile mikrobiyal gelişim devam etmiş ancak kontrol grubunun altında seyretmiştir. Ozon uygulamalarında artan konsantrasyona karşı yumurta kabuk “L*” değerlerinin (parlaklığının) önemli düzeyde arttığı ve daha parlak ve beyaz yumurta elde edilmesini sağladığı tespit edilmiştir. Ozon özellikle de yumurta kabuk rengi üzerinde oksidan madde özelliğinden dolayı ağartıcı rol oynayarak kabuğun renginin daha beyaz olmasına yol açtığı belirlenmiştir.

Ozonun yumurtada albümin pH, HB, SI, viskozite gibi iç kalite değerlerinin depolama boyunca yükselmesini yavaşlattığı ve böylece bozulmasını yavaşlatarak kontrol grubuna göre raf ömrünü uzattığı belirlenmiştir. Ayrıca ozon uygulanan yumurtaların depolama süresince albümin ve bütün RWC, sarı pH, albümin ve bütün kuru madde ve ağırlık kaybı değerleri açısından kontrol ile istatistiki fark saptanmış ve daha iyi sonuçlar elde edilmiştir.

Depolama boyunca ozon uygulaması yapılan taze kabuklu yumurtalarda kontrol grubuna göre mikrobiyal yük daha düşük çıkmış ve ozon uygulamasının mikroorganizmalar üzerine etkileri önemli bulunmuştur. Yumurtalarda, *Salmonella* izole edilmemesine rağmen antimikrobiyal kaplamanın Enterobacteriaceae, *S. aureus*, TMAB ve küf-maya popülasyonu üzerine önemli düzeyde redüksiyon sağladığı ve artan ozon konsantrasyon ve uygulama süreleri ile inaktivasyonun önemli düzeyde arttığı tespit edilmiştir. Buna göre ozon gazı uygulamasının taze yumurtaların raf ömrü üzerine pozitif etkisi olduğu tespit edilmiştir.

Ozonun yumurtanın fiziksel ve kimyasal iç kalite kriterlerine ve bileşenleri üzerine etkisi, tam olarak açıklanmış olmayıp, bu konuda daha fazla çalışmaların yapılması gerekmektedir.

Çalışmanın dördüncü bölümünde, farklı ultrases gücü (200 W, 300 W ve 450 W) ile farklı uygulama süresinin (2 ve 5 dk) kabuklu yumurtada iç kalitenin muhafazası ve raf ömrüne etkisi incelenmiştir. Buna göre ultrases uygulamasını takip eden ölçümlerde albümin pH'nın kontrol ve 200 W uygulamasının istatistiksel olarak farksız olduğu ancak 300 W ve 450 W uygulamalarının da istatistiki olarak birbirlerinden ve kontrol ile 200 W uygulamasından istatistiki olarak farklı olduğu saptanmıştır. Uygulamayı takip eden ölçümlerde (0.hafta) kontrol grubu yumurtaların HB değerinin 200 W uygulaması ile istatistiki olarak aralarındaki farkın önemli olmadığı ayrıca tüm uygulamalarının ise farklı olduğu belirlenmiştir. Depolamanın 3. haftası itibariyle kontrol ve uygulama grupları istatistiksel açıdan birbirinden farklı bulunurken uygulamalar arasındaki farkın önemli olmadığı ancak 6. haftada 200 W ve 300 W uygulamalarının benzer 450 W uygulamasının ise farklı olduğu gözlenmiştir. Ultrases uygulamalarının yumurtanın fonksiyonel özelliklerine etkisinin incelendiği RWC analizinde artan ultrases gücü ile RWC değerlerinde önemli artış kaydedilmiştir.

Çalışmada elde edilen mikrobiyolojik sonuçlara göre yumurtaya ultrases uygulanması ile TMAB, küf-maya, Enterobacteriaceae ve *S. aureus* sayısında gerçekleşen inaktivasyonlar neticesinde, kontrol grubu yumurta örneklerine göre ultrases uygulanan yumurta örneklerinin raf ömürlerinde önemli düzeyde artış kaydedilmiştir. Artan ultrases gücü değerlerinde yumurtaların ve kontrole göre daha düşük mikrobiyal yüke (Enterobacteriaceae, *S. aureus*, TMAB ve küf-maya) sahip olması, ultrases uygulamasının yumurtada yüzeysel bakteri gelişimi üzerinde inhibisyon etkisini göstermektedir.

Çalışmanın beşinci bölümünde ise, önceki dört bölümde uygulanan çalışmaların optimum uygulamalarının (şellak, kitosan-%20 lizozim, 6 ppm-4 dk ozon ve 450 W-4 dk ultrases) kombine edilerek yumurtanın kalite kriterleri ve raf ömrüne etkisi araştırılmıştır. Kombinasyon uygulamalarında elde edilen sonuçlara göre yumurtanın iç kalite parametrelerinde tüm uygulamalar kontrol grubu örneklere göre daha düşük albümin pH, ağırlık kaybı ve sarı kuru madde değerinin yanında daha yüksek HB, sarı indeksi, RWC ve albümin viskozitesi elde edilmiştir. Çalışmada yumurtanın kabuk mukavemetini şellak ve kitosan-%20 lizozim kaplama artırırken, ultrases uygulaması azaltmış ve ozon uygulamasının etkisi gözlenmemiştir. HB değerlerinin şellak kaplamada 6. haftaya kadar AA sınıfını muhafaza ederken, kitosan-%20 lizozim, ozon ve ultrases uygulamalarında A sınıfında olduğu kontrol grubunda ise B sınıfına düştüğü saptanmıştır. Albümin pH değerlerinin ozon ve ultrases uygulama örneklerinde en düşük değerlere (8,04 ve 8,22) sahip olduğu, kontrol grubu örneklerin ise en yüksek (9,27) pH değerlerine ulaştığı

belirlenmiştir. Albümin RWC değerlerinin en iyi şekilde şellak kaplaması (758,3) tarafından muhafaza edildiği bunu sırası ile kitosan-%20 lizozim kaplama (560,0), ultrases uygulama (466,6) ve ozon uygulamanın (458,3) takip ettiği, kontrol grubunun ise en düşük değere (241,6) sahip olduğu saptanmıştır. Çalışmada sonucunda iç kalite parametreleri açısından sıralama ise şellak, kitosan-%20 lizozim, 6 ppm-4 dkozon ve 450 W-4 dk ultrases şeklinde gerçekleşmiştir.

Çalışmanın beşinci bölümünde elde edilen mikrobiyolojik sonuçlara göre yumurtaya farklı muhafaza teknikleri uygulanması ile TMAB değerlerinin uygulama sonrası (0.hafta) şellak ve kitosan-%20 lizozim kaplamalar kontrol grubu ile istatistiki fark meydana gelmemiştir. Ancak ozon ve ultrases uygulamalarının kontrol ve kaplama gruplarına göre önemli düzeyde fark oluşturmuştur. Bu durum ozon ve ultrases uygulamalarının yumurtanın yüzey dezenfeksiyonundaki etkinliğini göstermektedir. Uygulama yapılan yumurtaların 6 haftalık depolama süreci sonunda ozon ve ultrases uygulamalarında en düşük TMAB değerleri elde edilmiş ve kaplama grubu yumurta örneklerinin de kontrol grubuna göre istatistiki açıdan farklı olduğu ve depolama boyunca kaplamaya bağlı olarak stabil bir seyir izlediği gözlemlenmiştir. Benzer sonuçlara küf-maya, *Enterobacteriaceae* ve *S. aureus* sayımlarında ulaşılmıştır. Ayrıca ozon ve ultrases uygulama gruplarında uygulama sonrası (0.hafta) yumurtada yüzey mikrobiyal yükü (*Enterobacteriaceae*, *S. aureus*, TMAB ve küf-maya) önemi düzeyde inaktive ettiği ve inhibisyon etkisi olduğu saptanmıştır.

Bu çalışma, albümin kalite kriterlerinin (pH, toplam kuru madde, viskozite ve RWC) mükemmel bir gösterge olduğunu ve yumurtaların iç kalitesini yani tazeliğini belirlemede etkili bir biçimde indikatör olarak kullanılabileceğini açıkça ortaya koymaktadır.

Yumurta üzerine yapılan bu çalışmada elde edilen sonuçlara göre aktif ambalajlama ve yeni muhafaza yöntemlerinin yumurtanın özelliklerinin korunması ve raf ömrünün arttırılmasında etkili bir yöntem olduğu belirlenmiştir. Özellikle kullanılan aktif ambalajlama ile yeni muhafaza yöntemlerinin kombine edilerek kullanılması sonucunda daha iyi sonuçların alınacağı düşünülmekte olup, bu alan araştırılmaya açık bir sahadır.

Sonuç olarak, çalışma kapsamında kullanılan yöntemlerin yumurtanın fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik kalitesini iyileştirdiği gözlenmiştir. Bu açıdan değerlendirildiğinde:

1- Endüstride katma değeri yüksek, daha uzun süre raf ömrüne sahip ürünlerin üretimi için farklı antimikrobiyal madde içeren kaplama materyalleri kullanılarak taze yumurtanın kaplanması ve iç kalite kriterlerinin muhafazası ve bunun yumurtanın işlenmesinde uygulanan yeni tekniklerin geliştirilmesine,

2- Uygulamalar için yumurtanın fonksiyonel özelliklerini en iyi düzeyde koruyarak en yüksek mikrobiyal inaktivasyonun elde edilebileceği optimumu ile kombine edilmiş ultrases ve ozon çalışma şartlarının modellenmesi ve optimizasyonuna,

3- Gelecekte yeni muhafaza yöntemlerinin (termal/termal olmayan veya her ikisinin kombinasyonu)taze kabuklu yumurtada uygulanması ile yumurtanın iç kalite ve fonksiyonel özelliklerine etkileri yanında mikrobiyal inaktivasyon üzerindeki etkilerinin araştırılmasına,

4- Yumurta ve yumurta ürünleri için yeni teknolojik gelişmelerin uygulanabileceği yeni araştırmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

KAYNAKLAR

- Abdel-Nour N., 2008. Chicken Egg Quality Assesment from Visible/near Infrared Observations. MSc Dissertation (Yüksek Lisans Tezi). McGill University, Montreal, Quebec, Canada.
- Aboonajmi M., Akram A., Nishizu T., Kondo N., Setarehdan S. ve Rajabipour A., 2010. An Ultrasound Based Technique for the Determination of Poultry Egg Quality. *Res. Agri. Eng.*, 56 (1): 26-32.
- Aboonajmi M., Setarehdan S. K., Nishizu T. ve Kondo N., b.t. Prediction of Poultry Egg Freshness Using Ultrasound Technique.
- Açıkğöz Z. ve Önenç S. S., 2006. Fonksiyonel Yumurta Üretimi. *Hay. Üret.*, 47 (1): 36-46.
- Adewuyi Y. G., 2001. Sonochemistry- Environmental Science and Engineering Applications. *Ind. Eng. Chem. Res.*, 40: 4681-4715.
- Al-Bachir M. ve Zeinou R., 2006. Effect of Gamma Irradiation on Some Characteristics of Shell Eggs and Mayonnaise Prepared from Irradiated Eggs. *J. of Food Safety*, 26: 348-360.
- Al-Hajo N. A. A., Oleiwi W. S., Hadel S. N., Ahmed A. R. S. ve Safaa H. F., 2010. The Effect of Coating and Storage Time on Internal Quality of Quail Eggs in Room Temperature. *Al-Anbar J. of Agr. Sci.*, 8 (4): 1-6.
- Al-Hajo N. A. A., Zangana B. S. R., Al-Janabi L. A. F. ve Al-Khalani F. M. H., 2012. Effect of Coating Materials (Gelatin) and Storage Time on Internal Quality of Chicken and Quail Eggs under Refrigerated Storage. *Egypt. Poult. Sci.*, 32 (I): 107-115.
- Al-Natour M. Q., Alaboudi A. R., Al-Hatamelh N. A. ve Osaili T. M., 2012. Escherichia Coli O157:H7 Facilitates the Penetration of Staphylococcus Aureus into Table Eggs. *J. Food Sci.*, 77 (1): M29-34.
- Alleoni A. C. C. ve Antunes A. J., 2004a. Albumen Foam Stability and S-Ovalbumin Contents in Eggs Coated with Whey Protein Concentrate. *Braz. J. of Poult. Sci.*, 6 (2): 105-110.
- Alleoni A. C. C. ve Antunes A. J., 2004b. Internal Quality of Eggs Coated with Whey Protein Concentrate. *Sci. Agric. (Piracicaba, Braz.)*, 61 (3): 276-280.
- Altan A., Altan Ö., S. Ö., K. Ö., Akbaş Y. ve Ayhan V., 2002. Yüksek Yaz Sıcaklıklarında Kafes Yerleşim Sıklığının Yumurta Tavuklarının Performansı Üzerine Etkileri. *Turk J. Vet. Anim. Sci.*, 26: 695-700.
- Álvarez I., Niemira B. A., Fan X. ve Sommers C. H., 2007. Modeling the Irradiation Followed by Heat Inactivation of Salmonella Inoculated in Liquid Whole Egg. *J. Food Sci.*, 72 (5): M145-M152.

- Anderson K. E., Patterson P. H., Koelkebeck K. W., Darre M. J., Carey J. B., Ahn D. U., Ernst R. A., Kunej D. R. ve Jones D. R., 2008. Temperature Sequence of Eggs from Oviposition through Distribution: Transportation-Part 3. *Poult. Sci.*, 87 (6): 1195-201.
- Anker M., 1996. *Edible and Biodegradable Films and Coatings for Food Packaging: A Literature Review*. SIC. Goteborg, Sweden.
- Anonim. 1990. Official Methods of Analysis of Association of Official Chemists,. AOAC Inc. Arlington, VA, USA.
- Anonim. 2000. Gıda Mikrobiyolojisi ve Uygulamaları. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü. Ankara.
- Anonim. 2001. Egg Grading Manual. United States Department of Agriculture. Agricultural Handbook Number 75, USDA Agricultural Marketing Service, Washington DC, USA, .
- Anonim. 2003a. Egg Marketing-a Guide for the Production and Sale of Eggs. FAO Agricultural Services Bulletin 150. Rome, Italy: FAO Publications
- Anonim. 2003b. Microbiology of Food and Animal Feeding Stuffs - Horizontal Method for Enumeratn of Coagulase-Positive Staphylococci (Staphylococcus Aureus and Other Species) - Part 1: Technique Using Baird -Parker Agar Medium.
- Anonim. 2012. Yumurta Tavukçuluğu Verileri. (YUM-BİR). Ankara.
- Anonim. (2013). <http://Faostat.Fao.Org/Site/569/Desktopdefault.aspx?Pageid=569> - Ancor.
- Anton M. ve Nau F., 2006. Bioactive Egg Components and Their Potential Uses. *World's Poultry Sci. J.*, 62: 429-438.
- Arzeni C., Pérez O. E. ve Pilosof A. M. R., 2012. Functionality of Egg White Proteins as Affected by High Intensity Ultrasound. *Food Hydro.*, 29 (2): 308-316.
- Arzeni C., Pérez O. E. ve Pilosof M. R., 2011. Aggregation and Gelation Properties of Egg White Proteins as Affected by High Intensity Ultrasound. 11th International Congress on Engineering and Food. Athens, Greece.
- Avan T. ve Alişarlı M., 2002. Muhafaza Şartlarının Yumurtanın Fiziksel, Kimyasal Ve Mikrobiyolojik Kalitesi Üzerine Etkisi. *YYÜ. Vet. Fak. Derg.*, 13 (1-2): 98-107.
- Aygun A. ve Sert D., 2012. Effects of Ultrasonic Treatment on Eggshell Microbial Activity, Hatchability, Tibia Mineral Content, and Chick Performance in Japanese Quail (*Coturnix Coturnix Japonica*) Eggs. *Poult. Sci.*, 91 (3): 732-8.
- Aygun A. ve Sert D., 2013. Effects of Vacuum Packing on Eggshell Microbial Activity and Egg Quality in Table Eggs under Different Storage Temperatures. *J. Sci. Food Agric.*, 93 (7): 1626-32.
- Bailey M. I., 1935. Foaming of Egg White. *Ind. & Eng. Chem.*, 27 (8): 973-976.

- Baldwin E. A., 1999. Surface Treatments and Edible Coatings in Food Preservation. In: Rahman, M. S. (ed) *Handbook of Food Preserv.* Marcel Dekker Inc. New York, USA. 577-609.
- Banerjee P., Keener K. M. ve Lukito V. D., 2011. Influence of Carbon Dioxide on the Activity of Chicken Egg White Lysozyme. *Poult. Sci.*, 90 (4): 889-95.
- Bansiddhi D. ve Bansiddhi K., 2011. Effect of Coating Vegetable Oils on Quality of Eggs- Interior Color Quality. IThe 3rd International Conference on Sustainable Animal Agriculture for Developing Countries (SAADC2011). Thailand.
- Baysal T. ve Demirdöven A., 2012. Ultrasound in Food Technology. In: Chen, D. (ed) *Handbook on Applications of Ultrasound: Sonochemistry for Sustainability.* CRC Press Inc. USA.
- Beatrice H. L. ve Yousef A. E., 2002. Alternative Food-Preservation Technologies- Efficacy and Mechanisms. *Microbes and Infec.*, 4: 433-440.
- Beleh F. T. M., 2008. Effects of Various Sanitizing Treatments on Hatchability of Broiler Breeder Eggs. MSc Dissertation (Yüksek Lisans Tezi). An Najah National University, Nablus, Palestine.
- Belitz H.-D., Grosch W. ve Schieberle P., 2009. Eggs. In: Belitz, H.-D., Grosch, W. ve Schieberle, P. (eds) *Food Chemistry.* Springer-Verlag Berlin Heidelberg. USA.
- Bell D. D., Patterson P. H., Koelkebeck K. W., Andersen K. E., Darre M. J., Carey J. B., Kunej D. R. ve Zeidler G., 2001. Egg Marketing in National Supermarkets- Egg Quality-Part 1. *Poult. Sci.*, 80 (383-389).
- Berardinelli A., Donati V., Giunchi A., Guarnieri A. ve Ragni L., 2003. Effects of Sinusoidal Vibrations on Quality Indices of Shell Eggs. *Biosys. Eng.*, 86 (3): 347-353.
- Berardinelli A., Ragni L., Giunchi A., Gradari P. ve Guarnieri A., 2008. Physical-Mechanical Modifications of Eggs for Food-Processing During Storage. *Poult. Sci.*, 87 (10): 2117-25.
- Berrang M. E., Cox N. A., J.F. F. ve Buhr R. J., 1999. Bacterial Penetration of the Eggshell and Shell Membranes of the Chicken Hatching Egg- A Review. *J. Appl. Poult. Res.*, 8: 499-504.
- Beyer R. S., (2005). Factors Affecting Egg Quality. Kansas State University. <http://www.oznet.ksu.edu/library/lvstk2/ep127.pdf>.
- Bhale S., No H. K., Prinyawiwatjul W., Farr A. J., Nadarajah K. ve Meyers S. P., 2003. Chitosan Coating Improves Shelf Life of Eggs. *J. of Food Sci.*, 68 (7): 2378-2383.
- Bialca K. L. ve Demirci A., 2007. Decontamination of Escherichia Coli O157:H7 and Salmonella Entrica on Blubberies Using Ozone and Pulsed Light Uv-Light. *J. of Food Sci.*, 72: M391-M396.

- Biladeau A. M. ve Keener K. M., 2009. The Effects of Edible Coatings on Chicken Egg Quality under Refrigerated Storage. *Poult. Sci.*, 88 (6): 1266-74.
- Bintsis T., Litopoulou-Tzanetaki E. ve Robinson R. K., 2000. Existing and Potential Applications of Ultraviolet Light in the Food Industry – a Critical Review. *J. Sci. Food Agric.*, 80: 637-645.
- Board R. G. ve Fuller R., 1994. *Microbiology of the Avian Egg*. Springer-Science+Business Media, B. V.
- Braun P. G., Fernandez N. ve Fuhrmann H., 2011. Investigations on the Effect of Ozone as a Disinfectant of Egg Surfaces. *Ozone: Sci. & Eng.*, 33 (5): 374-378.
- Cabeza M. C., Cambero M. I., de la Hoz L., García M. L. ve Ordóñez J. A., 2011. Effect of the Thermoultrasonic Treatment on the Eggshell Integrity and Their Impact on the Microbial Quality. *Inn. Food Sci. & Em. Technol.*, 12 (2): 111-117.
- Cabeza M. C., Garcia M. L., De La Hoz L., Cambero I. ve Ordonez J. A., 2005. Thermoultrasonication Eliminates Salmonellae from Intact Eggshells without Changing the Functional Properties of Their Components. *J. Food Sci.*, 70 (6): 292-295.
- Cabeza M. C., Ordóñez J. A., Cambero I., de la Hoz L. ve Garcia M. L., 2004. Effect of Thermoultrasonication on Salmonella Enterica Seovar Enteritidis in Distilled Water and Intact Shell Eggs. *J. Food Protec.*, 67 (9): 1886-1891.
- Caner C., 2005a. The Effect of Edible Eggshell Coatings on Egg Quality and Consumer Perception. *J. Sci. of Food Agric.*, 85 (11): 1897-1902.
- Caner C., 2005b. Whey Protein Isolate Coating and Concentration Effects on Egg Shelf Life. *J. Sci. of Food Agric.*, 85 (13): 2143-2148.
- Caner C. ve Cansız Ö., 2007. Effectiveness of Chitosan-Based Coating in Improving Shelf-Life of Eggs. *J. Sci. of Food Agric.*, 87 (2): 227-232.
- Caner C. ve Cansız Ö., 2008. Chitosan Coating Minimises Eggshell Breakage and Improves Egg Quality. *J. of the Sci. of Food and Agric.*, 88 (1): 56-61.
- Cansız Ö., 2006. Farklı Organik Asitlerle Üretilen Kitosan Kaplama Materyalinin Yumurta Raf Ömrü Ve Kabuk Mukavemetini Geliştirmede Etkinliğinin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Çanakkale.
- Cataldo F., 2003. On the Action of Ozone on Proteins. *Poly. Degr. and Stab.*
- Caudill A. B., 2007. Effects of Cool Water Washing of Shell Eggs on Haugh Unit, Vitellinen Membrane Strength, Aerobic Bacteria, Yeast and Mould. MSc Dissertation (Yüksek Lisans Tezi). Auburn University, Auburn, USA.

- Chandrasekaran S., Ramanathan S. ve Basak T., 2013. Microwave Food Processing-a Review. *Food Research International*, 52 (1): 243-261.
- Chavez C., Knape K. D., Coufal C. D. ve Carey J. B., 2002. Reduction of Eggshell Aerobic Plate Counts by Ultraviolet Irradiation. *Poult. Sci.*, 81: 1132-1135.
- Chen M. C., Yeh G. H. C. ve Chiang B. H., 1996. Antimicrobial and Physicochemical Properties of Methylcellulose and Chitosan Films Containing a Preservative. *J. Food Proces. Preser.*, 20 (5): 379-390.
- Chen S. P., Wu G. Z. ve Zeng H. Y., 2005. Preparation of High Antimicrobial Activity Thiourea Chitosan-Ag⁺ Complex. *Carbohydr. Poly.*, 60 (1): 33-38.
- Chen Y.-C., Hu M.-L. ve Cheng C.-W., 2011. Applying Non-Destructive Techniques to Inspect Preserved Egg Products by Decay Rates. *J. Food Eng.*, 104 (1): 30-35.
- Choi M. S., Cheigh C. I., Jeong E. A., Shin J. K. ve Chung M. S., 2009. Nonthermal Sterilization of *Listeria Monocytogenes* in Infant Foods by Intense Pulsed Light Treatment. *J. Food Eng.*, 97: 504-509.
- Coutts J. A. ve Wilson G. C., 1990. Egg Quality Handbook. Queensland Department of Primary Industries, Australia
- Cullen P. J., Valdramidis V. P., Tiwari B. K., Patil S., Bourke P. ve O'Donnell C. P., 2010. Ozone Processing for Food Preservation: An Overview on Fruit Juice Treatments. *Ozone: Sci. & Eng.*, 32 (3): 166-179.
- Curtis P. A., Anderson K. E. ve Jones F. T., 1995. Cryogenic Gas for Rapid Cooling of Commercially Processed Shell Eggs before Packaging. *J. Food Protec.*, 58 (4): 389-394.
- Darvishi H., Khoshtaghaza M. H., Zarein M. ve Azadbakht M., 2012. Ohmic Processing of Liquid Whole Egg, White Egg and Yolk. *Agri. Eng. Int. CIGR J*, 14 (4): 224-230.
- Das K. P. ve Kinsella J. E., 1990. Stability of Food Emulsions: Physicochemical Role of Protein and Nonprotein Emulsifiers, 34: 81-201.
- Davis J. P., Foegeding E. A. ve Hansen F. K., 2004. Electrostatic Effects on the Yield Stress of Whey Protein Isolate Foams. *Colloids and Surfaces B-Biointerfaces*, 34 (1): 13-23.
- De Buck J., Van Immerseel F., Haesebrouck F. ve Ducatelle R., 2004. Colonization of the Chicken Reproductive Tract and Egg Contamination by *Salmonella*. *J. Appl. Microbiol.*, 97 (2): 233-45.
- Dev S. R. S., Raghavan G. S. V. ve Garipey Y., 2008. Dielectric Properties of Egg Components and Microwave Heating for in-Shell Pasteurization of Eggs. *J. of Food Eng.*, 86 (2): 207-214.

- Devlieghere F., Vermeiren L. ve Debevere J., 2004. New Preservation Technologies: Possibilities and Limitations. *Int. Dairy J.*, 14 (4): 273-285.
- Dolatowski Z., Stadnik J. ve Stasiak D., 2007. Applications of Ultrasound in Food Technology. *Acta Sci. Pol. Technol. Aliment.*, 6 (3): 89-99.
- Duan J., Kim K., Daeschel M. A. ve Zhao Y., 2008. Storability of Antimicrobial Chitosan-Lysozyme Composite Coating and Film-Forming Solutions. *J. Food Sci.*, 73 (6): M321-M329.
- Duan J., Park S. I., Daeschel M. A. ve Zhao Y., 2007. Antimicrobial Chitosan-Lysozyme (Cl) Films and Coatings for Enhancing Microbial Safety of Mozzarella Cheese. *J. Food Sci.*, 72 (9): M355-62.
- Dunn J., 1996. Pulsed Light and Pulsed Electric Field for Foods and Eggs. *Poult. Sci.*, 75: 1133-1136.
- Dutta P. K., Tripathi S., Mehrotra G. K. ve Dutta J., 2009. Perspectives for Chitosan Based Antimicrobial Films in Food Applications. *Food Chem.*, 114 (4): 1173-1182.
- Edema M. ve Atayese A., 2006. Bacteriological Quality of Cracked Eggs Sold for Consumption in Abeokuta, Nigeria. *Int. J. Poult. Sci.*
- Fellows P. J., 2000. Food Processing Technology: Principles and Practices. Woodhead publishing.
- Freeland-Graves J. H. ve Peckman G. C., 1987. Eggs. In: Freeland-Graves, J. H. ve Peckman, G. C. (eds) *Foundation of Food Prep.* Macmillan Publishing. New York. 415-440.
- Fuhrmann H., Rupp N., Buchner A. ve Braun P., 2010. The Effect of Gaseous Ozone Treatment on Egg Components. *J. Sci. Food Agric.*, 90 (4): 593-8.
- Galiş A.-M., Dale L. M., Boudry C. ve Théwis A., 2012. The Potential Use of near-Infrared Spectroscopy for the Quality Assessment of Eggs and Egg Products. *Scientific Works. C Ser. Vet. Med.*, LVIII (3): 294-307.
- Galiş A. M., Marcq C., Marlier D., Portetelle D., Van I., Beckers Y. ve Théwis A., 2013. Control of Salmonella Contamination of Shell Eggs—Preharvest and Postharvest Methods- a Review. *Comp. Rev. in Food Sci. and Food Safety*, 12: 155-182.
- Garcia M. L., Burgos J., Sanz B. ve Ordoñez J. A., 1989. Effect of Heat and Ultrasonic Waves on the Survival of Two Strains of Bacillus Subtilis. *J. of App. Microb.*, 67 (6): 619-628.
- Gélvez-Ordoñez V., Mendoza-Galvis F. ve Delgado J., 2009. The Effect of Ultrasonic Treatment on Some Functional Properties of Egg White *Revista Científica, FCV-LUZ*, XI (1): 71-76.

- Giunchi A., Berardinelli A., Ragni L., Fabbri A. ve Silaghi F. A., 2008. Non-Destructive Freshness Assessment of Shell Eggs Using Ft-Nir Spectroscopy. *J. Food Eng.*, 89 (2): 142-148.
- Gole V. C., Chousalkar K. K. ve Roberts J. R., 2013. Survey of Enterobacteriaceae Contamination of Table Eggs Collected from Layer Flocks in Australia. *Int. J. Food Microbiol.*, 164 (2-3): 161-5.
- Gomez-Lopez V. M., Ragaert P., Debevere J. ve Devlieghere F., 2007. Pulsed Light for Food Decontamination: A Review. *Trends in Food Sci. & Techn.*, 18 (9): 464-473.
- Goncagul G., Sahan Y., Gurbuz O. ve Kara A., 2012. Effect of Polyethylene Glycol Coating on Salmonella Enteritidis in Artificially Contaminated Eggs. *CyTA - J. of Food*, 10 (4): 268-274.
- Goo-Hee C. ve Kyung-Haeng L., 2012. Effect of Ozone Treatment for Sanitation of Egg. *Korean J. for Food Sci. of Ani. Res.*, 32.
- Gossett P. W., Rizvi S. S. H. ve Baker R. C., 1983. Selected Rheological Properties of Ph-Adjusted or Succinylated Egg-Albumin. *J. Food Sci.*, 48 (5): 1395-1399.
- Gottselig S. M., 2011. Microbial Reduction on Eggshell Surfaces by the Use of Hydrogen Peroxide and Ultraviolet Light. MSc Dissertation (Yüksek Lisans Tezi). Texas A&M University, Texas, USA.
- Graham D. M., (2000). Ozone as an Antimicrobial Agent for the Treatment, Storage and Processing of Foods in Gas and Aqueous Phases. <http://www.ozomax.com/pdf/Ozone-in-Poultry-Meat-and-Fish-report.pdf>.
- Guo W., Trabelsi S., Nelson S. ve Jones D., 2007. Storage Effects on Dielectric Properties of Eggs from 10 to 1800 Mhz. *J. Food Sci.*, 72 (5): 40.
- Guzel-Seydim Z. B., Greene A. K. ve Seydim A. C., 2004. Use of Ozone in the Food Industry. *LWT - Food Sci. and Techn.*, 37 (4): 453-460.
- Güzel-Seydim Z., Jr B. I. B. ve Greene A. K., 2004a. Efficacy of Ozone to Reduce Bacterial Populations in the Presence of Food Components. *Food Microbiol*, 21: 457-479.
- Güzel-Seydim Z., Jr P. I. B. ve Greene A. K., 2004b. Efficacy of Ozone to Reduce Bacterial Populations in the Presence of Food Components. *Food Microbiol.*, 21: 475-479.
- Haiqiang Chen R. C. A. a. S. J. K., 2002. Effect of Rapid Cooling of Shell Eggs on Microrack Development, Penetration of Salmonella Enteritidis and Eggshell Strength. *J. of Food Proces. Preser.*, 26: 57-73.
- Halkman A. K., 2005a. Mikroorganizma Analiz Yöntemleri. Merck Gıda Mikrobiyolojisi Uygulamaları. Başak Matbaacılık Ltd. Şti. Ankara.

- Halkman A. K., 2005b. Toplam Bakteri Sayımı In: Halkman, A. K. (ed) *Gıda Mikrobiyolojisi Uygulamaları*. Başak Matbaacılık ve Tanıtım Hizmetleri. Ltd. Şti. Ankara.
- Hammershøj M., Larsen L., Andersen A. ve Qvist K., 2002. Storage of Shell Eggs Influences the Albumen Gelling Properties. *LWT - Food Sci. and Techn.*
- Hansen J. K., 2002. Application of Ozone as a Disinfectant for Commercially Processed Seafood. MSc Dissertation (Yüksek Lisans Tezi). Oregon State University, Corvallis, OR, USA.
- Haugh R. R., 1937. The Haugh Unit for Measuring Egg Quality. In *The U. S. Egg and Poultry Magazine*, (pp. 553-554).
- Hecer C., Balci, F. and Udum, C.D., 2007. The Effects of Ozone and Chlorine Applications on Microbiological Quality of Chickens During Processing. *J. Biol. Environ. Sci.*, 1 (13): 131-138.
- Heperkan D. ve Gökler O., 2006. Kabuklu Yumurtada Patojen Riskleri Ve Muhafaza Yöntemleri. *Dünya Gıda*: 11-17.
- Herzhaft B., 1999. Rheology of Aqueous Foams: A Literature Review of Some Experimental Works. *Oil & Gas Sci. Techn.*, 54 (5): 587-596.
- Hidalgo A., Lucisano M., Comelli E. ve Pompei C., 1996. Evolution of Chemical and Physical Yolk Characteristics During the Storage of Shell Eggs. *J Agric Food Chem.*
- Hidalgo A., Rossi M. ve Pompei C., 2006. Estimation of Equivalent Egg Age through Furosine Analysis. *Food Chem.*, 94: 608-612.
- Hincke M. T., Gautron J., Panheleux M., Garcia-Ruiz J., McKee M. D. ve Nys Y., 2000. Identification and Localization of Lysozyme as a Component of Eggshell Membranes and Eggshell Matrix. *Matrix Bio.*, 19: 443-453.
- Hışıl Y. ve Otleş S., 1997. Changes of Vitamin B1 Concentrations During Storage of Hen Eggs. *Lebensmittel-Wissenschaft Und-Technologie (Food Sci. Technol.)*, 30: 320-323.
- Hou H., Singh R. K., Muriana P. M. ve Stadelman W. J., 1996. Pasteurization of Intact Shell Eggs. *Food Microbiol.*, 13: 93-101.
- Huang E., Mittal G. S. ve Griffiths M. W., 2006a. Inactivation of Salmonella Enteritidis in Liquid Whole Egg Using Combination Treatments of Pulsed Electric Field, High Pressure and Ultrasound. *Biosystems Engineering*, 94 (3): 403-413.
- Huang E., Mittal G. S. ve Griffiths M. W., 2006b. Inactivation of Salmonella Enteritidis in Liquid Whole Egg Using Combination Treatments of Pulsed Electric Field, High Pressure and Ultrasound. *Biosys. Eng.*, 94.

- Huopalahti R., López-Fandiño R., Anton M. ve Schade R., 2007. *Bioactive Egg Compounds*. Springer-Verlag. Berlin Heidelberg.
- ICMSF. 1986. *Microorganisms in Foods 2: Sampling for Microbiological Analysis: Principles and Specific Applications*. Toronto: University of Toronto Press, Blackwell Scientific Publications.
- Imran M., Revol-Junelles A. M., Martyn A., Tehrani E. A., Jacquot M., Linder M. ve Desobry S., 2010. Active Food Packaging Evolution: Transformation from Micro- to Nanotechnology. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, 50 (9): 799-821.
- Ino T., Hattori M., Yoshida T., Hattori S., Yoshimura K. ve Takahashi K., 2006. Improved Physical and Biochemical Features of a Collagen Membrane by Conjugating with Soluble Egg Shell Membrane Protein. *Biosci. Biotechnol. Biochem.*, 70 (4): 865-873.
- Jin T., 2010. Inactivation of *Listeria Monocytogenes* in Skim Milk and Liquid Egg White by Antimicrobial Bottle Coating with Polylactic Acid and Nisin. *J. Food Sci.*, 75 (2): M83-8.
- Jirangrat W., Torrico D. D., No J., No H. K. ve Prinyawiwatkul W., 2010. Effects of Mineral Oil Coating on Internal Quality of Chicken Eggs under Refrigerated Storage. *Int. J. of Food Sci. & Techn.*, 45 (3): 490-495.
- Jo C., Ahn D. U., Liu X. D., Kim K. H. ve Nam K. C., 2011. Effects of Chitosan Coating and Storage with Dry Ice on the Freshness and Quality of Eggs. *Poult. Sci.*, 90 (2): 467-72.
- Jones D. R., 2007. Egg Functionality and Quality During Long-Term Storage. *Int. J. of Poult. Sci.*, 6 (3): 157-162.
- Jones D. R., Musgrove M. T. ve Northcutt J. K., 2004. Variations in External and Internal Microbial Populations in Shell Eggs During Extended Storage. *J. of Food Protec.*, 67 (12): 2657-2666.
- Jooyandeh H., 2011. Whey Protein Films and Coatings a Review. *Pakistan J. of Nutrit.*, 10 (3): 296-301.
- Jun S., Irudayaraj J., Demirci A. ve Geiser D., 2003. Pulsed Uv-Light Treatment of Corn Meal for Inactivation of *Aspergillus Niger*. *Int. J. of Food Sci. Techn.*, 38: 833-888.
- Kamotani S., 2009. Consumer Acceptance of Ozone-Treated Whole Shell Eggs. MSc Dissertation (Yüksek Lisans Tezi). The Ohio State University, Columbus, Ohio, USA.
- Kamotani S., Hooker N., Smith S. ve Lee K., 2010. Consumer Acceptance of Ozone-Treated Whole Shell Eggs. *J. of Food Sci.*, 75 (2): S103-107.
- Karaca H. ve Velioglu Y. S., 2007. Ozone Applications in Fruit and Vegetable Processing. *Food Rev. Int.*, 23 (1): 91-106.

- Karahan A. G. ve akmakçı M. L., 1999. Yumurtada Bozulma Etkenlerinin Belirlenmesi Ve Raf Ömrünün Uzatılması. *Gıda Teknol. Derg.*, 4 (2): 58-65.
- Kartal S., Aday M. S. ve Caner C., 2012. Use of Microperforated Films and Oxygen Scavengers to Maintain Storage Stability of Fresh Strawberries. *Postharvest Bio. and Techn.*, 71: 32-40.
- Kato A., 1995. Interactions of Egg White Proteins. In: Gaonkar, A. G. (ed) *Ingredient Interactions Effects on Food Quality*. Marcel Dekker Inc.
- Kavas G., Kavas N., Gönç S. ve Kınık Ö., 2007. Süt Teknolojisinde Pulse Elektrik Alan Uygulamaları. Gıda Mühendisliği 5. Kongresi. Ankara.
- Keener K., LaCrosse J. ve Babson J., 2001. Chemical Method for Determination of Carbon Dioxide Content in Egg Yolk and Egg Albumen. *Poultry Sci.*, 80 (7): 983-987.
- Keklik N. M., 2009. Decontamination of Poultry Products by Pulsed Uv-Light. PhD Dissertation (Doktora Tezi). The Pennsylvania State University, Pennsylvania, USA.
- Keklik N. M., Demirci A., Patterson P. H. ve Puri V. M., 2009. Decontamination of Shell-Eggs with Pulsed Uv-Light. Reno, Nevada.
- Kemps B. J., Bamelis F. R., De Ketelaere B., Mertens K., Tona K., Decuypere E. M. ve De Baerdemaeker J. G., 2006. Visible Transmission Spectroscopy for the Assessment of Egg Freshness. *J. Sci. of Food and Agric.*, 86 (9): 1399-1406.
- Kemps B. J., Bamelis F. R., Mertens K., Decuypere E. M., Baerdemaeker J. D. ve Ketelaere B. D., 2010a. The Assessment of Viscosity Measurements on the Albumen of Consumption Eggs as an Indicator for Freshness. *Poult Sci*, 89: 2699-2703.
- Kemps B. J., Bamelis F. R., Mertens K., Decuypere E. M., De Baerdemaeker J. G. ve De Ketelaere B., 2010b. The Assessment of Viscosity Measurements on the Albumen of Consumption Eggs as an Indicator for Freshness. *Poultry Sci.*, 89 (12): 2699-703.
- Kemps B. J., Ketelaere B. D., Bamelis F. R., Mertens K., Decuypere E. M., Baerdemaeker J. G. D. ve Schwagele F., 2007. Albumen Freshness Assessment by Combining Visible near-Infrared Transmission and Low-Resolution Proton Nuclear Magnetic Resonance Spectroscopy. *Poult. Sci.*, 86: 752-759.
- Keoelbeck K. W., (1999). What Is Egg Quality and Conserving It? University of Illinois. . <http://www.traill.uiuc.edu/poultrynet/paperDisplay.cfm?ContentID=522>.
- Kerry J. P., O'Grady M. N. ve Hogan S. A., 2006. Past, Current and Potential Utilisation of Active and Intelligent Packaging Systems for Meat and Musclebased Products: A Review. *Meat Sci.*, 74: 113-130.

- Keyser M., Muller I. A., Cilliers F. P., Nel W. ve Gouws P. A., 2008. Ultraviolet Radiation as a Non-Thermal Treatment for the Inactivation of Microorganisms in Fruit Juice. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 9 (3): 348-354.
- Khadre M. A., Yousef A. E. ve Kim J. G., 2001. Microbiological Aspects of Ozone Applications in Food: A Review. *J. Food Sci.*, 66 (9): 1242-1252.
- Khurana A., 2003. Ozone Treatment for Prevention of Microbial Growth in Air Conditioning Systems. MSc Dissertation (Yüksek Lisans Tezi). University of Florida, Florida, USA.
- Kim J.-G., Yousef A. E. ve Khadre M. A., 2003. Ozone and Its Current and Future Application in the Food Industry. *Adv. in Food Nut. Res.*, 45: 167-218.
- Kim J. W. ve Slavik M. F., 1996. Changes in Eggshell Surface Microstructure after Washing with Cetylpyridinium Chloride or Trisodium Phosphate. *J. of Food Protection*, 59 (8): 859-863.
- Kim S. H., No H. K., Kim S. D. ve Prinyawiwatkul W., 2006. Effect of Plasticizer Concentration and Solvent Types on Shelf-Life of Eggs Coated with Chitosan. *J. of Food Sci.*, 71 (4): S349-S353.
- Kim S. H., No H. K. ve Prinyawiwatkul W., 2007. Effect of Molecular Weight, Type of Chitosan, and Chitosan Solution Ph on the Shelf-Life and Quality of Coated Eggs. *J. Food Sci.*, 72 (1): S044-8.
- Kim S. H., No H. K. ve Prinyawiwatkul W., 2008. Plasticizer Types and Coating Methods Affect Quality and Shelf Life of Eggs Coated with Chitosan. *J. Food Sci.*, 73 (3): S111-7.
- Kim S. H., Youn D. K., No H. K., Choi S. W. ve Prinyawiwatkul W., 2009. Effects of Chitosan Coating and Storage Position on Quality and Shelf Life of Eggs. *Int. J. of Food Sci. & Techn.*, 44 (7): 1351-1359.
- Kinsella J. E. ve Phillips L. G., 1989. Structure Function Relationships in Food Proteins: Films and Foaming Behavior. In: Kinsella, J. E. ve Souncie, W. G. (eds) *Food Proteins*. AOCS, Champaign, IL. 52-77.
- Kirunda D. ve McKee S., 2000. Relating Quality Characteristics of Aged Eggs and Fresh Eggs to Vitelline Membrane Strength as Determined by a Texture Analyzer. *Poult. Sci.*, 79 (8): 1189-1193.
- Koudele J. W. ve Heinsohn E. C., 1960. The Egg Products Industry of the United States. Manhattan, USA.
- Kovacs-Nolan J., Phillips M. ve Mine Y., 2005a. Advances in the Value of Eggs and Egg Components for Human Health. *J. Agric. Food Chem.*, 53: 8421-8431.

- Kovacs-Nolan J., Phillips M. ve Mine Y., 2005b. Advances in the Value of Eggs and Egg Components for Human Health. *J. Agric. Food Chem.*, 53 (8421-8431).
- Krochta J. M. ve De Mulder-Johnson C., 1997. Edible and Biodegradable Polymer Films: Challenges and Opportunities. *Food Technol.*, 51 (2): 61-74.
- Kuo F. L., Carey J. B., Ricke S. C. ve Ha S. D., 1996. Peroxidase Catalyzed Chemical Dip, Egg Shell Surface Contamination, and Hatching. *J. Appl. Poult. Res.*, 5: 6-13.
- Kuorwel K. K., Cran M. J., Sonneveld K., Miltz J. ve Bigger S. W., 2011. Antimicrobial Activity of Biodegradable Polysaccharide and Protein-Based Films Containing Active Agents. *J Food Sci*, 76 (3): R90-R102.
- Kuropatwa M., Tolkach A. ve Kulozik U., 2009. Impact of Ph on the Interactions between Whey and Egg White Proteins as Assessed by the Foamability of Their Mixtures. *Food Hydrocol.*, 23 (8): 2174-2181.
- Laca A., Paredes B. ve Díaz M., 2010. A Method of Egg Yolk Fractionation. Characterization of Fractions. *Food Hydrocol.*, 24 (4): 434-443.
- Lakins D. G., Alvarado C. Z., Luna A. M., O'Keefe S. F., Boyce J. B., Thompson L. D., Brashears M. T., Brooks J. C. ve Brashears M. M., 2009. Comparison of Quality Attributes of Shell Eggs Subjected to Directional Microwave Technology. *Poultry Sci.*, 88 (6): 1257-65.
- Lasagabaster A., Arboleya J. C. ve de Marañón I. M., 2011. Pulsed Light Technology for Surface Decontamination of Eggs: Impact on Salmonella Inactivation and Egg Quality. *Inn. Food Sci. & Emer. Techn.*, 12 (2): 124-128.
- Lechevalier V., Jeantet R., Arhaliass A., Legrand J. ve Nau F., 2007. Egg White Drying: Influence of Industrial Processing Steps on Protein Structure and Functionalities. *J. of Food Eng.*, 83 (3): 404-413.
- Lee C. H., An D. S., Park H. J. ve Lee D. S., 2003a. Wide-Spectrum Antimicrobial Packaging Materials Incorporating Nisin and Chitosan in the Coating. *Pack. Techn. and Sci.*, 16 (3): 99-106.
- Lee D. U., Heinz V. ve Knorr D., 2003b. Effects of Combination Treatments of Nisin and High-Intensity Ultrasound with High Pressure on the Microbial Inactivation in Liquid Whole Egg. *Inn. Food Sci. & Emer. Techn.*, 4: 387-393.
- Leleu S., Herman L., Heyndrickx M., De Reu K., Michiels C. W., De Baerdemaeker J. ve Messens W., 2011a. Effects on Salmonella Shell Contamination and Trans-Shell Penetration of Coating Hens' Eggs with Chitosan. *Int. J. Food Microbiol.*, 145 (1): 43-8.

- Leleu S., Herman L., Heyndrickx M., Michiels C., Baerdemaeker J. D. ve Messens W., 2010. The Effect of a Chitosan Coating of the Shell of Hen's Eggs on the Internal Egg Quality and the Shell Contamination and Trans-Shell Penetration by Salmonella Enterica Serovar Enteritidis. XIIIth European Poultry Conference. Turku, Finland,.
- Leleu S., Messens W., De Reu K., De Preter S., Herman L., Heyndrickx M., De Baerdemaeker J., Michiels C. ve Bain M., 2011b. Effect of Egg Washing on the Cuticle Quality of Brown and White Table Eggs. *J. of Food Protec.*, 74 (10): 1649-1654.
- Li-Chan E. C. Y. ve Kim H.-O., 2007. Structure and Chemical Composition of Eggs. In: Mine, Y. (ed) *Egg Bioscience and Biotechol.* Wiley.
- Li-Chan E. C. Y. ve Kim H. O., 2008. Structure and Chemical Composition of Eggs. In: Mine, Y. (ed) *Egg Bioscience and Technology.* John Wiley & Sons, Inc. Hoboken, New Jersey, USA.
- Li-Chan E. C. Y. ve Nakai S., 1989. Biochemical Basis for the Properties of Egg White. *Crit. Rev. Poultry Biol.*, 2: 21-58.
- Li-Chan E. C. Y., Powrie W. D. ve Nakai S., 1995. The Chemistry of Eggs and Egg Products. In: Stadelman, W. J. veCotterill, J. (eds) *Egg Science and Technology.* The Haworth Press Inc. New York.
- Lin H., Zhao J., Sun L., Chen Q. ve Zhou F., 2011. Freshness Measurement of Eggs Using near Infrared (Nir) Spectroscopy and Multivariate Data Analysis. *Inn. Food Sci. & Emerg. Techn.*, 12 (2): 182-186.
- Linton M., McClements J. M. J. ve Patterson M. F., 2004. Changes in the Microbiological Quality of Vacuum-Packaged, Minced Chicken Treated with High Hydrostatic Pressure. *Innovative Food Sci. and Emerging Tech.*, 5: 151-159.
- Liu X. D., Han R. X., Yun H., Jung K. C., Jin D. I., Lee B. D., Min T. S. ve Jo C., 2009. Effect of Irradiation on Foaming Properties of Egg White Proteins. *Poult. Sci.*, 88 (11): 2435-41.
- Lotfian F., Hahemiravan M., Jahed E., Khodaparast M. H. H. ve Khaneghah M. A., 2012. Effect of Electromagnetic Waves (Cold Pasteurization) on Yolk Liquid Stored at Different Time on the Logarithmic Count of Mesophilic Aerobic Bacteria. *Adv. in Env. Bio.*, 6 (2): 648-654.
- Lucisano M., Hidalgo A., Comelli E. M. ve Rossi M., 1996. Evolution of Chemical and Physical Albumen Characteristics During the Storage of Shell Eggs. *J. Agric. Food Chem.*, 44: 1235-1240.

- Ludwig B. ve Schmidt H., 1979. Raman Spectra of N-Formylkynurenine Derivatives of Lysozyme Produced by Ozone Oxidation. *Elsevier/North-Holland Biomedical - FEBS Letters*, 106 (2).
- Ma C. Y., Sahasrabudhe M. R., Poste L. M., Harwalkar V. R., Chambers J. R. ve Ohara K. P. J., 1990. Gamma-Irradiation of Shell Eggs Internal and Sensory Quality, Physicochemical Characteristics, and Functional-Properties. *Can. Inst. of Food Sci. and Techn. J.*, 23 (4-5): 226-232.
- Macherey L. N., 2007. Using Lipase to Improve the Functional Properties of Yolk-Contaminated Egg Whites. MSc Dissertation (Yüksek Lisans Tezi). Virginia Polytechnic Institute and State University, Blackburg, Virigina, USA.
- Mahapatra A. K., Muthukumarappan K. ve Julson J. L., 2005. Applications of Ozone, Bacteriocins and Irradiation in Food Processing: A Review. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, 45 (6): 447-61.
- Mara L., Hidalgo A., Comelli E. M. ve Rossi M., 1996. Evolution of Chemical and Physical Albumen Characteristics During the Storage of Shell Eggs. *J. Agric. Food Chem.*, 44: 1235-1240.
- Mason T. J., Paniwnyk L. ve Lorimer J. P., 1996. The Uses of Ultrasound in Food Technology. *Ultrason Sonochem*, 3: 253-260.
- Mastromatteo M., Lucera A., Sinigaglia M. ve Corbo M. R., 2010. Synergic Antimicrobial Activity of Lysozyme, Nisin, and Edta against *Listeria Monocytogenes* in Ostrich Meat Patties. *J. Food Sci.*, 75 (7): M422-9.
- McClements D. J., 1995. Advances in the Application of Ultrasound in Food Analysis and Processing. *Trends in Food Sci. & Tech.*, 6: 293-299.
- McCluskey V. K. K., 2007. Microbial Analysis of Shelled Eggs and Chemical and Functional Analysis of Liquid Eggs. PhD Dissertation (Doktora Tezi). Auburn University, Auburn, Alabama, USA.
- McWilliams M., 2001. Eggs. In: McWilliams, M. (ed) *Foods Experimental Perspectives*. Prentice Hall. 355-377.
- Mecitoğlu Ç., Yemenicioğlu A., Arslanoğlu A., Elmacı Z. S., Korel F. ve Çetin A. E., 2006. Incorporation of Partially Purified Hen Egg White Lysozyme into Zein Films for Antimicrobial Food Packaging. *Food Res. Int.*, 39 (1): 12-21.
- Messens W., Grijspeerdt K. ve Herman L., 2005. Eggshell Penetration by *Salmonella*- a Review. *World's Poult. Sci.*, 67: 71-82.

- Meurer H.-J. ve Egbers C., 1990. Changes in Density and Viscosity of Chicken Egg Albumen and Yolk During Incubation. *J. of Experimental Zoology*, 255 (1): 16-21.
- Mine Y., 1995. Recent Advances in the Understanding of Egg White Protein Functionality. *Trends in Food Sci. & Techn.*, 6: 225-232.
- Mine Y., 2002. Recent Advances in Egg Protein Functionality in the Food System. *World's Poult. Sci. J.*, 58: 31-39.
- Mine Y., 2007. Egg Bioscience and Biotechnology. Wiley-Interscience & Sons, Inc., Publication. Hoboken, New Jersey, USA.
- Mine Y. ve Kovacs-Nolan J., 2006. New Insights in Biologically Active Proteins and Peptides Derived from Hen Egg. *World's Poult. Sci. J.*, 62: 87-96.
- Mine Y. ve Zhang H., 2012. Egg Components in Food Systems. In: Eskin, N. A. ve Shahidi, F. (eds) *Biochemistry of Foods, 3rd Edition*. Academic Press. USA. 584.
- Mudau M. S., 2007. Functional Properties of Microwave Pasteurized and Oil Coated Whole Shell Eggs. Thesis of MInstAgrar (Food Production and Processing). University of Pretoria, South Africa.
- Musa T. N., Ulawi W. S. ve Al-Hajo N. A. A., 2011. The Effect of Shellac as Coating Material on the Internal Quality of Chicken Eggs. *Int. J. of Poult. Sci.*, 10 (1): 38-41.
- 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. of Food Protec.*, 71 (6): 1258-1261.
- Musgrove M. T., 2004. Effect of Processing on the Microbiology of Commercial Shell Eggs. PhD Dissertation (Doktora Tezi). University of Georgia, Athens, Georgia, USA.
- Musgrove M. T., Jones D. R., Northcutt J. K., Harrison M. A. ve Cox N. A., 2005. Impact of Commercial Processing on the Microbiology of Shell Eggs. *J. of Food Protec.*, 68 (11): 2367-2375.
- Muthukumarappan K., O'Donnell C. P. ve Cullen P. J., 2010. Ozone Utilization. In: Muthukumarappan, K., O'Donnell, C. P. ve Cullen, P. J. (eds) *Encyclopedia of Agricultural, Food, and Biological Engineering*. Taylor & Francis.
- Németh C., Pataki A., Jónás G., Surányi J., Friedrich L., Pásztor-Huszár K. ve Balla C., 2011. Near Infrared Spectroscopic Measurements in Liquid Egg White Products Kept at 50, 55 and 60°C. *J. of Food, Agri. & Environ.*, 9 (3-4): 49-52.
- No H. K., Prinyawiwatkul W. ve Meyers S. P., 2005. Comparison of Shelf Life of Eggs Coated with Chitosans Prepared under Various Deproteinization and Demineralization Times. *J. of Food Sci.*, 70 (6): S377-S382.

- Nongtaodum S., Jangchud A., Jangchud K., Dhamvithee P., No H. K. ve Prinyawiwatkul W., 2013. Oil Coating Affects Internal Quality and Sensory Acceptance of Selected Attributes of Raw Eggs During Storage. *J. Food Sci.*, 78 (2): S329-35.
- Nys Y., Gautron J., Garcia-Ruiz J. ve Hincke M., 2004. Avian Eggshell Mineralization. In: *Biochemical and Functional Characterization of Matrix Proteins*. Comptes Rendus Palevol.
- Obanu Z. ve Mpieri A., 1984. Efficiency of Dietary Vegetable Oils in Preserving the Quality of Shell Eggs under Ambient Tropical Conditions. *J. of the Sci. of Food and Agric.*, 35 (12): 1311-1317.
- Oliveira D. A., Benelli P. ve Amante E. R., 2013. A Literature Review on Adding Value to Solid Residues: Egg Shells. *Journal of Cleaner Production*, 46.
- Ordóñez J. A. ve Burgos J., 1976. Effect of Ultrasonic Waves on the Heat Resistance of Bacillus Spores. *App. and Environ. Microb.*: 183-184.
- Osterstrom O. ve Lilja C., 2012. Evolution of Avian Eggshell Structure. *J. Morphol.*, 273 (3): 241-7.
- Ozdemir M. ve Floros J. D., 2004. Active Food Packaging Technologies. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, 44 (3): 185-93.
- Özkaya F. D. ve Cömert M., 2008. Gıda Zehirlenmelerinde Etken Faktörler. *Türk Hijyen ve Deneysel Biy. Derg.*, 65 (3): 149-158.
- Padgett T., Han I. Y. ve Dawson P. L., 1998. Incorporation of Food-Grade Antimicrobial Compounds into Biodegradable Packaging Films. *J. of Food Protec.*, 61 (10): 1330-1335.
- Park S. I., Daeschel M. A. ve Zhao Y., 2004. Functional Properties of Antimicrobial Lysozyme-Chitosan Composite Films. *J. of Food Sci.*, 69 (8): M215-M221.
- Park S. I., Yoo I. J., Jeon K. H., Kim H. K., Chang E. J. ve Oh H. I., 2003. Effects of Various Eggshell Treatments on the Egg Quality During Storage. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.*, 16 (8): 1224-1229.
- Park S. Y., Marsh K. S. ve Rhim J. W., 2002. Characteristics of Different Molecular Weight Chitosan Films Affected by the Type of Organic Solvents. *J. of Food Sci.*, 67 (1): 194-197.
- Pascual A., Llorca I. ve Canut A., 2007. Use of Ozone in Food Industries for Reducing the Environmental Impact of Cleaning and Disinfection Activities. *Trends in Food Sci. & Techn.*, 18: S29-S35.
- Pérez A. G., Sanz C., Ríos J. J., Ollas R. ve Ollas J. M., 1999. Effects of Ozone Treatment on Postharvest Strawberry Quality. *J. Agric. Food Chem.*, 47: 1652-1656.

- Peebles E. D., Pansky T., Doyle S. M., Boyle C. R., Smith T. W., Latour M. A. ve Gerard P. D., 1998. Effects of Dietary Fat and Eggshell Cuticle Removal on Egg Water Loss and Embryo Growth in Broiler Hatching Eggs. *Poult. Sci.*, 77: 1522-1530.
- Pernell C. W., Foegeding E. A. ve Daubert C. R., 2000. Measurement of the Yield Stress of Protein Foams by Vane Rheometry. *J. Food Sci.*, 65 (1): 110-114.
- Perry J. J., 2010. Ozone Based Treatments for Inactivation of Salmonella Enterica Serovar Enteritidis in Shell Eggs. PhD Dissertation (Doktora Tezi). The Ohio State University, Columbus, Ohio, USA.
- Perry J. J., Rodriguez-Saona L. E. ve Yousef A. E., 2011. Quality of Shell Eggs Pasteurized with Heat or Heat-Ozone Combination During Extended Storage. *J. Food Sci.*, 76 (7): S437-444.
- Perry J. J. ve Yousef A. E., 2011. Decontamination of Raw Foods Using Ozone-Based Sanitization Techniques. In: Doyle, M. P. ve Klaenhammer, T. R. (eds) *Annual Review of Food Science and Technology, Vol 2*. 281-298.
- Phillips M. C., 1981. Protein Conformation at Liquid Interfaces and Its Role in Stabilizing Emulsions and Foams. *Food Techn.*, 35 (1): 50.
- Pinto P., Ribeiro R., Sousa L., Verde S. C., Lima M. G., Dinis M., Santana A. ve Botelho M. L., 2004. Sanitation of Chicken Eggs by Ionizing Radiation: Functional and Nutritional Assessment. *Radiation Phy. Chem.*, 71 (1-2): 35-38.
- Pirani S., 2010. Application of Ozone in Food Industries . PhD Dissertation (Doktora Tezi). Università degli Studi di Milano, Milano, Italy.
- Piyasena P., Mohareb E. ve McKellar R. C., 2003. Inactivation of Microbes Using Ultrasound: A Review. *Int. J. of Food Microbiol.*, 87 (3): 207-216.
- Ragni L., Al-Shami A., Mikhaylenko G. ve Tang J., 2007. Dielectric Characterization of Hen Eggs During Storage. *J. of Food Eng.*, 82 (4): 450-459.
- Ragni L., Berardinelli A., Cevoli C. ve Sirri F., 2011. Admittance Measurements to Assess the Total Solids and Fat Contents in Liquid Whole Egg Products. *J. of Food Eng.*, 107 (2): 179-185.
- Ragni L., Berardinelli A., Vannini L., Montanari C., Sirri F., Guerzoni M. E. ve Guarnieri A., 2010. Non-Thermal Atmospheric Gas Plasma Device for Surface Decontamination of Shell Eggs. *J. of Food Eng.*, 100 (1): 125-132.
- Rastogi N. K., 2011. Opportunities and Challenges in Application of Ultrasound in Food Processing. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, 51 (8): 705-22.

- Regalado C., Pérez-Pérez C. L.-C. s., E. ve García-Almendarez B., 2006. Whey Protein Based Edible Food Packaging Film and Coatings . In: Guevara-González, R. G. ve Torres-Pacheco, I. (eds) *Advances in Agricultural and Food Biotechnology*. Research Signpost. Kerala, India.
- Restuccia D., Spizzirri U. G., Parisi O. I., Cirillo G., Curcio M., Iemma F., Puoci F., Vinci G. ve Picci N., 2010. New Eu Regulation Aspects and Global Market of Active and Intelligent Packaging for Food Industry Applications. *Food Cont.*, 21 (11): 1425-1435.
- Reu I. K. D., 2006. Bacteriological Contamination and Infection of Shell Eggs in the Production Chain. PhD Dissertation (Doktora Tezi). University of Ghent, Gent, Belgium.
- Rhim J. W., Weller C. L. ve Gennadios A., 2004. Effects of Soy Protein Coating on Shell Strength and Quality of Shell Eggs. *Food Sci. and Biotechn.*, 13 (4): 455-459.
- Roberts J. R., 2004. Factors Affecting Egg Internal Quality and Egg Shell Quality in Laying Hens. *J. of Poult. Sci.*, 41: 161-177.
- Rocculi P., Tylewicz U., Pękosławska A., Romani S., Sirri F., Siracusa V. ve Rosa M., 2009. Map Storage of Shell Hen Eggs, Part 1: Effect on Physico-Chemical Characteristics of the Fresh Product. *LWT - Food Sci. and Techn.*, 42: 758-762.
- Rodríguez Romo L. A., 2004. Control of Salmonella Enterica Serovar Enteritidis in Shell Eggs by Ozone, Ultraviolet Radiation, and Heat. PhD Dissertation (Doktora Tezi). The Ohio State University, Columbus, Ohio, USA.
- Rodriguez-Romo L. A., Vurma M., Lee K. ve Yousef A. E., 2007. Research Note: Penetration of Ozone Gas across the Shell of Hen Eggs. *Ozone: Sci. & Eng.*, 29 (2): 147-150.
- Rodriguez-Romo L. A. ve Yousef A. E., 2005. Inactivation of Salmonella Enterica Serovar Enteritidis on Shell Eggs by Ozone and Uv Radiation. *J. of Food Protec.*, 68 (4): 711-717.
- Ryu K. N., No H. K. ve Prinyawiwatkul W., 2011. Internal Quality and Shelf Life of Eggs Coated with Oils from Different Sources. *J. Food Sci.*, 76 (5): S325-9.
- Rzedzicki J. ve Stepien-Pysniak D., 2009. Antimicrobial Defence Mechanisms of Chicken Eggs and Possibilities for Their Use in Protecting Human and Animal Health. *Seccio*, LXIV (2): 1-8.
- Sagis L. M. C. G.-M., A. E. A., Prins A. ve Van Der Linden E., 2001. Effect of Copper Ions on the Drainage Stability of Foams Prepared from the Egg White. *Colloids and Surfaces. A: Physicochem. Eng. Aspects*, 180: 163-172.
- Samli H. E., Agha A. ve Senkoylu N., 2005. Effects of Storage Time and Temperature on Egg Quality in Old Laying Hens. *J. Appl. Poult. Res.*, 14: 548-553.

- San Martin M. F., Barbosa Canovas G. V. ve Seanson B. G., 2002. Food Processing by High Hydrostatic Pressure. *Crt. Rev. in Food Sci. and Nutr.*, 42 (6): 627-645.
- Sarıbay M. U. ve Köseoğlu T., 2012a. Işınlamanın Yumurta Beyazının Köpük Oluşturma Özelliği Üzerine Etkisi. *Gıda*, 37 (5): 273-278.
- Sarıbay M. U. ve Köseoğlu T., 2012b. Işınlanmış Yumurta Ve Yumurta Ürünlerinde Kalite Değişimleri. *Gıda ve Yem Bilimi - Tek. Derg.*, 12: 41-48.
- Scott T. A. ve Silversides F. G., 2000. The Effect of Storage and Strain of Hen on Egg Quality. *Poult. Sci.*, 79 (12): 1725-1729.
- Scott T. A., Swetnam C. ve Kinsman R., 1993. Screening Sanitizing Agents and Methods of Application for Hatching Eggs - Iii. Effect of Concentration and Exposure Time on Emriyo Vialibility. *J. App. Poult. Res.*, 2: 12-18.
- Sepulveda D. R. M. M., Gongora-Nieto J. A., Guerrero-Beltran J. A. ve Barbosa Canovas G. V., 2003. Extension of Milk Shelf-Life by a Hurdle Combination of Pulsed Electric Fields and a Mild Thermal Treatment. Institute of Food Technologists, Annual Meeting. USA.
- Sert D., Aygun A. ve Demir M. K., 2011. Effects of Ultrasonic Treatment and Storage Temperature on Egg Quality. *Poult. Sci.*, 90 (4): 869-75.
- Sert D., Aygun A., Torlak E. ve Mercan E., 2013. Effect of Ultrasonic Treatment on Reduction of Esherichia Coli Atcc 25922 and Egg Quality Parameters in Experimentally Contaminated Hens' Shell Eggs. *J. Sci. Food Agric.*, 93 (12): 2973-2978.
- Seydim A. C. ve Dawson P. L., 1999. Packaging Effects on Shell Egg Breakage Rates During Simulated Transportation. *Poult. Sci.*, 78 (148-151).
- Sharma V. K. ve Graham N. J. D., 2010. Oxidation of Amino Acids, Peptides and Proteins by Ozone: A Review. *Ozone: Sci. & Eng.*, 32 (2): 81-90.
- Shenga E., Singh R. P. ve Yadav A. S., 2010. Effect of Pasteurization of Shell Egg on Its Quality Characteristics under Ambient Storage. *J. Food Sci. Technol.*, 47 (4): 420-5.
- Shittu T. ve Ogunjinmi O., 2011a. Effect of Low Cost Shell Coatings and Storage Conditions on the Raw and Cooked Qualities of Shell Egg Efecto De Recubrimientos De Cascara De Bajo Coste Y De Las Condiciones De Almacenaje Sobre La Calidad De Huevos Crudos Y Cocinados. *CyTA - Journal of Food*.
- Shittu T. A. ve Ogunjinmi O., 2011b. Effect of Low Cost Shell Coatings and Storage Conditions on the Raw and Cooked Qualities of Shell Egg *CyTA - J. of Food*, 9 (1): 1-7.
- Sijtsma S., Linnemann A., van Gaasbeek T., Dagevos H. ve Jongen W., 2002. Variables Influencing Food Perception Reviewed for Consumer-Oriented Product Development. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, 42 (6): 565-81.

- Silversides F. ve Scott T., 2001a. Effect of Storage and Layer Age on Quality of Eggs from Two Lines of Hens. *Poult. Sci.*, 80 (8): 1240-1245.
- Silversides F. G. ve Scott T. A., 2001b. Effect of Storage and Layer Age on Quality of Eggs from Two Lines of Hens. *Poult Sci*, 80: 1240-1245.
- Sivaramakrishnan S. R., 2010. Microwave Pasteurization of Shell Eggs. PhD Dissertation (Doktora Tezi) McGill University, Ste-Anne-de-Bellevue, Quebec, Canada.
- Sizer C. E. ve Balasubramaniam V. M., 1999. New Intervention Processes for Minimally Processed Juices. *Food Technology*, 53 (10): 64-67.
- Solomon S. E., 2010. The Eggshell: Strength, Structure and Function. *Bri. Poult. Sci.*, 51 (Supplement 1): 52-59.
- Song Y., Babiker E. E., Usui M., Saito A. ve Kato A., 2002. Emulsifying Properties and Bactericidal Action of Chitosan–Lysozyme Conjugates. *Food Res. Int.*, 35: 459-466.
- Soria A. C. ve Villamiel M., 2010. Effect of Ultrasound on the Technological Properties and Bioactivity of Food: A Review. *Trends in Food Sci. & Techn.*, 21 (7): 323-331.
- Spada F. P., Gutierrez E. M. R., Souza M. C., Brazaca S. G. C., Lemes D. E. A., Fischer F. S., Coelho A. A. D. ve Savino V. J. M., 2011. Viscosity of Egg White from Hens of Different Strains Fed with Commercial and Natural Additive. *Ciência Tecnol. de Alimentos*, 32 (1): 47-51.
- Stadelman W. J., 1995. Quality Identification of Shell Eggs. In: Stadelman, W. J. veCotterill, J. (eds) *Egg Science and Technology*. The Haworth Press Inc. . New York.
- Stadelman W. J. ve Cotterill O. J., 1995. *Egg Science and Technology*. The Haworth Press Inc. New York.
- Stivarius M. R., Pohlman F. W., McElyea K. S. ve Apple J. K., 2002. Microbial, Instrumental Color and Sensory Color and Odor Characteristics of Ground Beef Produced from Beef Trimmings Treated with Ozone or Chlorine Dioxide. *Meat Sci.*, 60: 299-305.
- Su Cha D., Choi J. H., Chinnan M. S. ve Park H. J., 2002. Antimicrobial Films Based on Na-Alginate and K-Carrageenan. *LWT - Food Sci. and Tech.*, 35 (8): 715-719.
- Suppakul P., Jutakorn K. ve Bangchokedee Y., 2010. Efficacy of Cellulose-Based Coating on Enhancing the Shelf Life of Fresh Eggs. *J. of Food Eng.*, 98 (2): 207-213.
- Surai P. ve Sparks N., 2001. Designer Eggs: From Improvement of Egg Composition to Functional Food. *Trends in Food Sci. & Tech.*, 12: 7-16.
- Susyal G., 2011. Mikroenkapsüle Edilmiş Yumurta Tozunun Depolanması Sırasında Yağ Asitleri Kompozisyonunda Meydana Gelen Değişmeler. Yüksek Lisans Tezi. Celal Bayar Üniversitesi, Manisa.

- Şamlı H. E., Şenköylü N., Akyürek H. ve Ağma A., 2005. Doğal Pigmentlerin Yaşlı Tavuklarda Yumurta Sarısına Etkileri. *Tekirdağ Ziraat Fak. Derg.*, 2 (3): 281-286.
- Şenköylü N., 2001. Yumurtanın Biyolojik Özellikleri. In: *Modern Tavuk Üretimi*. Bursa Teknik Kitabevi. Trakya Üniversitesi, Tekirdağ Ziraat Fakültesi, Hayvansal Üretim Bölümü, Tekirdağ. 55-64.
- Şivgin T., Evren M., Apan M., Akkaya M., Öztürk C. ve Öztürk R., 2011. Sıvı Yumurta Üretim Yöntemleri Ve Mikrobiyolojik Özellikleri. 7. Gıda Mühendisliği Kongresi. Ankara.
- Tayyar M., (2005). Yumurta Hijyeni. <http://homepage.uludag.edu.tr/~mtayyar/yumurtahijyeni.htm>.
- Terezza T. A. ve Krochta J. M., 2000. Color Stability of Edible Coatings During Prolonged Storage. *J. of Food Sci.*, 65 (7): 1166-1169.
- Ternes W., 2002. Egg Lipids. In: Sikorski, Z. E. ve Kolakowska, A. (eds) *Chem. And Funct. Prop. Of Food Lipids*. CRC Press.
- Thammachat T. ve Soradech S., 2013. Fabrication and Characterization of Shellac/2-Isopropyl-5-Methylphenol Composite Film Patch: Physical and Antimicrobial Properties. *Adv. Mat. Res.*, 747: 31-34.
- Thompson J. F., Knutson J., Ernst R. A., Kuney D., Riemann H., Himathongkham S. ve Zeidler G., 2000. Rapid Cooling of Shell Eggs. *J. Appl. Poult. Res.*, 9: 258-268.
- Tona K., Bahé K., Kamers B., Mertens K., Kemps B., Onagbesan O. M., Decuypere E. ve Gbeassor M., 2013. Effects of Egg Storage Conditions on Eggshell Resonant Frequency and Albumen Characteristics. *Int. J. of Poult. Sci.*, 12 (3): 130-134.
- Torrice D. D., 2010. Effects of Emulsion Coatings on the Internal Quality and Shelf Life of Eggs. MSc Dissertation (Yüksek Lisans Tezi). Louisiana State University Baton Rouge, LA, USA.
- Torrice D. D., Jirangrat W., No H. K., Prinyawiwatkul W., Ge B. ve Ingram D., 2010. A Novel Emulsion Coating and Its Effects on Internal Quality and Shelf Life of Eggs During Room Temperature Storage. *Int. J. of Food Sci. & Techn.*, 45 (11): 2241-2249.
- Torrice D. D., No H. K., Prinyawiwatkul W., Janes M., Corredor J. A. ve Osorio L. F., 2011a. Mineral Oil-Chitosan Emulsion Coatings Affect Quality and Shelf-Life of Coated Eggs During Refrigerated and Room Temperature Storage. *J. Food Sci.*, 76 (4): S262-8.
- Torrice D. D., No H. K., Sriwattana S., Ingram D. ve Prinyawiwatkul W., 2011b. Effects of Initial Albumen Quality and Mineral Oil-Chitosan Emulsion Coating on Internal Quality and Shelf-Life of Eggs During Room Temperature Storage. *Int. J. of Food Sci. & Techn.*, 46 (9): 1783-1792.

- Toussant M. J. ve Latshaw J. D., 1999. Ovomucin Content and Composition in Chicken Eggs with Different Interior Quality. *J. Sci. Food Agric.*, 79: 1666-1670.
- Tran M. T. T. ve Farid M., 2004. Ultraviolet Treatment of Orange Juice. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 5 (4): 495-502.
- Trujillo A. J., Capellas M., Gervilla R., Saldo J. ve Guamis B., 2002. Application of High Hydrostatic Pressure on Milk and Dairy Products: A Review. *Inv. Food Sci. Emerg. Tech.*, 3: 295-307.
- Tülek Y. ve Filizay G., 2006. Gıda Endüstrisinde Yüksek Hidrostatik Basınç Uygulamaları. *Pamukkale Üniv., Müh. Bilim. Derg.*, 12 (3): 369-377.
- Uzun H., Ibanoglu E., Catal H. ve Ibanoglu S., 2012. Effects of Ozone on Functional Properties of Proteins. *Food Chem.*, 134 (2): 647-54.
- Ünlütürk A. ve Turantaş F., 2003. Gıda Mikrobiyolojisi. Meta Basım Matbaacılık Hizmetleri. Bornova-İzmir. 606s.
- Van der Plancken I., Van Loey A. ve Hendrickx M. E., 2007. Foaming Properties of Egg White Proteins Affected by Heat or High Pressure Treatment. *J. of Food Eng.*, 78 (4): 1410-1426.
- Vermeiren L., Devlieghere F., Beest M., Kruijf N. ve Debevere J., 1990. Developments in Active Packaging. *Trends in Food Sci. & Tech.*, 10: 77-86.
- Vernon-Carter E. J., Espinosa-Paredes G., Beristain C. I. ve Romero-Tehuitzil H., 2001. Effect of Foaming Agents on the Stability, Rheological Properties, Drying Kinetics and Flavour Retention of Tamarind Foam-Mats. *Food Res. Int.*, 34 (7): 587-598.
- Vilkhu K., Mawson R., Simons L. ve Bates D., 2008. Applications and Opportunities for Ultrasound Assisted Extraction in the Food Industry — a Review. *Inv. Food Sci. & Emerg. Tech.*, 9 (2): 161-169.
- Waimaleongora-Ek P., Garcia K. M., No H. K., Prinyawiwatkul W. ve Ingram D. R., 2009. Selected Quality and Shelf Life of Eggs Coated with Mineral Oil with Different Viscosities. *J. Food Sci.*, 74 (9): S423-9.
- Wang H. ve Slavik M. F., 1998. Bacterial Penetration into Eggs Washed with Various Chemicals and Stored at Different Temperatures and Times. *J. of Food Protection*, 61 (3): 276-279.
- Wardy W., Torrico D. D., Herrera Corredor J. A., No H. K., Zhang X., Xu Z. ve Prinyawiwatkul W., 2013. Soybean Oil-Chitosan Emulsion Affects Internal Quality and Shelf-Life of Eggs Stored at 25 and 4 °C. *Int. J. Food Sci. & Techn.*, 48 (6): 1148-1156.
- Wardy W., Torrico D. D., Jirangrat W., No H. K., Saalia F. K. ve Prinyawiwatkul W., 2011. Chitosan-Soybean Oil Emulsion Coating Affects Physico-Functional and Sensory Quality of Eggs During Storage. *LWT - Food Sci. and Tech.*, 44 (10): 2349-2355.

- Wardy W., Torrico D. D., No H. K., Prinyawiwatkul W. ve Saalia F. K., 2010. Edible Coating Affects Physico-Functional Properties and Shelf Life of Chicken Eggs During Refrigerated and Room Temperature Storage. *Int. J. of Food Sci. & Tech.*, 45 (12): 2659-2668.
- Washburn K. W., 1982. Incidence, Cause and Prevention of Egg Shell Breakage in Commercial Production. *Poult. Sci.*, 61: 2005-2012.
- Watkins B. A., 1995. The Nutrition Value of the Egg. In: Stadelman, W. J. veCotterill, J. (eds) *Egg Sci. And Technol.* The Haworth Press Inc. New York.
- Wei Z., Xu C. ve Li B., 2009. Application of Waste Eggshell as Low-Cost Solid Catalyst for Biodiesel Production. *Bioresource Tech.*, 100 (11): 2883-2885.
- Wellman-Labadie O., 2008. Antimicrobial Defences of the Avian Egg. PhD Dissertation (Doktora Tezi). University of Ottawa, Ottawa, ON, Canada.
- Wellman-Labadie O., Picman J. ve Hincke M. T., 2008. Comparative Antibacterial Activity of Avian Egg White Protein Extracts. *Br. Poultry Sci.*, 49 (2): 125-32.
- Wells J. B., Coufal C. D., Parker H. M. ve McDaniel C. D., 2010. Disinfection of Eggshells Using Ultraviolet Light and Hydrogen Peroxide Independently and in Combination. *Poult. Sci.*, 89 (11): 2499-505.
- Whistler P. E. ve Sheldon B. W., 1989a. Bactericidal Activity, Eggshell Conductance, and Hatchability Effects of Ozone Versus Formaldehyde Disinfection. *Poultry Sci.*, 68 (8): 1074-1077.
- Whistler P. E. ve Sheldon B. W., 1989b. Bactericidal Activity, Eggshell Conductance, and Hatchability Effects of Ozone Versus Formaldehyde Disinfection. *Poult Sci*, 68 (8): 1074-1077.
- Williams K. C., 1992. Some Factors Affecting Albumen Quality with Particular Reference to Haugh Unit Score. *World's Poult. Sci. J.*, 48: 5-16.
- Wong Y. C., Herald T. J. ve Hachmeister K. A., 1996a. Evaluation of Mechanical and Barrier Properties of Protein Coatings on Shell Eggs. *Poult Sci*, 75 (3): 417-422.
- Wong Y. C., Herald T. J. ve Hachmeister K. A., 1996b. Evaluation of Mechanical and Barrier Properties of Protein Coatings on Shell Eggs. *Poult. Sci.*, 75 (417-422).
- Wu J., 2006. Ozone Treatment. In: Wu, J. (ed) *Encyclopedia of Chemical Processing*. Taylor and Francis. New York.
- Xie L., Hettiarachchy N. S., Ju Z. Y., Mueullenet J., Wang H., Slavik M. F. ve Janes M. E., 2002. Edible Film Coating to Minimize Eggshell Breakage and Reduce Post-Wash Bacterial Contamination Measured by Dye Penetration in Eggs. *J. of Food Sci.*, 67 (1): 280-284.

- Yamanaka Y., Furukawa N. ve Yokokawa Y., 1980. Egg Shell Surface Coating with Edible Material: Effects on the Quality of Chicken Eggs. . *J. Agric. Sci. Tokyo Univ. Agric.*, 25 (1): 10-17.
- Yang P. P. W. ve Chen T. C., 1979. Stability of Ozone and Its Germicidal Properties on Poultry Meat Microorganisms in Liquid Phase. *J. Food Sci.*, 44 (2): 501-504.
- Yi F., Guo Z. X., Zhang L. X., Yu J. ve Li Q., 2004. Soluble Eggshell Membrane Protein: Preparation, Characterization and Biocompatibility. *Biomaterials*, 25 (19): 4591-9.
- Yousef A. E. ve Rodriguez-Romo L. A., Process for Ozone Based Decontamination of Shell Eggs. 2004
- Yücel A., 2000. Yumurta Ve Bal. Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Yardımcı Ders Notları Teksir No:4. Bursa.
- Zeidler G., 2002. Processing and Packaging Shell Eggs. In: *Commercial Chicken Meat and Egg Production*. Springer Publishers. New York, NY. USA. 1107-1129.
- Zeuthen P. ve Bøgh-Sørensen L., 2003. Food Preservation Techniques. Woodhead Publishing. UK.
- Zhao J., Lin H., Chen Q., Huang X., Sun Z. ve Zhou F., 2010. Identification of Egg's Freshness Using Nir and Support Vector Data Description. *J. Food Eng.*, 98 (4): 408-414.
- Zhao Meimei Y. X. ve Yang Pengbin. 2012. Preservative Effects of Coating with Compound Agents Combined with Extract from *Kadsura Longipedunculata* on Chicken Eggs at Room Temperature. *Chin. Soc. of Agri. Eng.*, 28 (22): 269-275.

ÇİZELGELER

Sayfa No

Çizelge 2.2.1. Yumurtanın bileşimi (%)	4
Çizelge 2.1.2. Yumurtanın vitamin bileşimi (mg/100 g).....	5
Çizelge 2.1.3. Yumurtanın mineral madde bileşimi	6
Çizelge 2.1.4. Yumurtada bulunan yapılar ve özellikleri	7
Çizelge 2.1.5. Yumurta akı proteinlerinin bazı fonksiyonel özellikleri.....	10
Çizelge 2.1.6. Dünyada yumurta üretim miktarı (ton).....	11
Çizelge 2.1.7. Türkiye’de 2002-2012 yılları arasında yumurta üretim miktarı	12
Çizelge 2.1.8. Bazı ülkelerde 2011 yılı yumurta ve yumurta ürünleri tüketim miktarı.....	13
Çizelge 2.1.9. Türkiye’nin yıllara göre yumurta ihracatı miktar ve tutarları.....	13
Çizelge 2.1.10. Farklı materyaller ile yumurtanın kaplanması ve 25°C’de 4 hafta süre depolama sonucunda yumurta iç kalitesine etkisi üzerine yapılan bazı literatür çalışmaları	32
Çizelge 4.1.1. Farklı kaplamaların yumurtanın depolama süresi boyunca ağırlık kaybı (%) değerleri üzerine etkisi	48
Çizelge 4.1.2. Farklı kaplamaların yumurtanın depolama süresi boyunca Haugh Birimi değerleri üzerine etkisi	51
Çizelge 4.1.3. Farklı kaplamaların yumurtanın depolama süresi boyunca sarı indeksi değerleri üzerine etkisi	53
Çizelge 4.1.4. Farklı kaplamaların yumurtanın depolama süresi boyunca albümin pH değerleri üzerine etkisi.....	54
Çizelge 4.1.5. Farklı kaplamaların yumurtanın depolama süresi boyunca yumurta sarısı pH değerleri üzerine etkisi	55
Çizelge 4.1.6. Farklı kaplamaların yumurtanın depolama süresi boyunca albümin kuru madde değerleri üzerine etkisi.....	57
Çizelge 4.1.7. Farklı kaplamaların yumurtanın depolama süresi boyunca yumurta sarısı kuru madde değerleri üzerine etkisi	58
Çizelge 4.1.8. Farklı kaplamaların yumurtanın depolama süresi boyunca albümin köpük kapasitesi değerleri üzerine etkisi	59
Çizelge 4.1.9. Farklı kaplamaların yumurtanın depolama süresi boyunca bütün yumurta RWC değerleri üzerine etkisi	60

Çizelge 4.1.10. Farklı kaplamaların yumurtanın depolama süresi boyunca albümin viskozite değerleri üzerine etkisi	62
Çizelge 4.1.11. Farklı kaplamaların yumurtanın 4 hafta depolama sonunda albümin L* değeri üzerine etkisi	63
Çizelge 4.1.12. Farklı kaplamaların yumurtanın 4 hafta depolama sonunda albümin a* değeri üzerine etkisi	63
Çizelge 4.1.13. Farklı kaplamaların yumurtanın 4 hafta depolama sonunda albümin b* değeri üzerine etkisi	63
Çizelge 4.1.14. Farklı kaplamaların yumurtanın 4 hafta depolama sonundaki yumurta sarısı *L değeri üzerine etkisi	64
Çizelge 4.1.15. Farklı kaplamaların yumurtanın 4 hafta depolama sonunda yumurta sarısı *a değeri üzerine etkisi	64
Çizelge 4.1.16. Farklı kaplamaların yumurtanın 4 hafta depolama sonundaki yumurta sarısı *b değeri üzerine etkisi	65
Çizelge 4.1.17. Farklı kaplamaların yumurtanın depolama süresi boyunca kabuk mukavemeti-alt değerleri üzerine etkisi.....	66
Çizelge 4.1.18. Farklı kaplamaların yumurtanın depolama süresi boyunca kabuk mukavemeti-üst değerleri üzerine etkisi	67
Çizelge 4.1.19. Farklı kaplamaların yumurtanın depolama süresi boyunca toplam mezofil aerobik bakteri (TMAB) sayımı (log kob/yumurta) üzerine etkisi.....	71
Çizelge 4.1.20. Farklı kaplamaların yumurtanın depolama süresi boyunca küf-maya sayımı (log kob/yumurta) üzerine etkisi	71
Çizelge 4.1.21. Farklı kaplamaların yumurtanın depolama süresi boyunca <i>S.aureus</i> sayımı (log kob/yumurta) üzerine etkisi	72
Çizelge 4.1.22. Farklı kaplamaların yumurtanın depolama süresi boyunca Enterobacteriaceae sayımı (log kob/yumurta) üzerine etkisi	73
Çizelge 4.2.1. Liozım-kitosan kaplamanın depolama süresi boyunca yumurta ağırlık kaybı (%) üzerine etkisi.....	75
Çizelge 4.2.2. Liozım-Kitosan kaplamanın depolama süresi boyunca yumurtanın Haugh Birimi değerleri üzerine etkisi	77
Çizelge 4.2.3. Liozım-Kitosan kaplamanın depolama süresi boyunca yumurta sarı indeksi değerleri üzerine etkisi	78
Çizelge 4.2.4. Liozım-Kitosan kaplamanın depolama süresi boyunca yumurta albümin pH değerleri üzerine etkisi.....	80

Çizelge 4.2.5. Liozım-kitosan kaplamanın depolama süresi boyunca albümin kuru madde değerleri üzerine etkisi.....	81
Çizelge 4.2.6. Liozım-kitosan kaplamanın depolama süresi boyunca yumurta sarısı kuru madde değerleri üzerine etkisi	82
Çizelge 4.2.7. Liozım-kitosan kaplamanın depolama süresi boyunca albümin köpük kapasitesi RWC değerleri üzerine etkisi.....	84
Çizelge 4.2.8. Liozım-kitosan kaplamanın depolama süresi boyunca bütün yumurtanın köpük kapasitesi (RWC) değerleri üzerine etkisi.....	84
Çizelge 4.2.9. Liozım-kitosan kaplamanın depolama süresi boyunca albümin viskozite değerleri (çp) üzerine etkisi	86
Çizelge 4.2.10. Liozım-kitosan kaplamanın depolama süresi boyunca yumurtanın albümin “L*” değerleri üzerine etkisi	87
Çizelge 4.2.11. Liozım-kitosan kaplamanın depolama süresi boyunca yumurtanın albümin “a*” değerleri üzerine etkisi	87
Çizelge 4.2.12. Liozım-kitosan kaplamanın depolama süresi boyunca yumurtanın albümin “b*” değerleri üzerine etkisi.....	88
Çizelge 4.2.13. Liozım-kitosan kaplamanın depolama süresi boyunca yumurtanın sarı L* değerleri üzerine etkisi	89
Çizelge 4.2.14. Liozım-kitosan kaplamanın depolama süresi boyunca yumurtanın sarı a* değerleri üzerine etkisi.....	90
Çizelge 4.2.15. Liozım-kitosan kaplamanın depolama süresi boyunca yumurtanın sarı b* değerleri üzerine etkisi.....	91
Çizelge 4.2.16. Liozım-Kitosan kaplanan yumurtanın depolama süresi boyunca kabuk mukavemeti-üst değerleri üzerine etkisi	92
Çizelge 4.2.17. Liozım-Kitosan kaplanan yumurtanın depolama süresi boyunca kabuk mukavemeti-üst değerleri üzerine etkisi	93
Çizelge 4.2.18. Liozım-kitosan kaplamanın depolama süresi boyunca yumurtanın toplam mezofil aerobik bakteri (TMAB) sayımı (log kob/yumurta) üzerine etkisi	96
Çizelge 4.2.19. Liozım-kitosan kaplamanın depolama süresi boyunca yumurtanın küf-maya sayımı (log kob/yumurta) üzerine etkisi	97
Çizelge 4.2.20. Liozım-kitosan kaplamanın depolama süresi boyunca <i>S. aureus</i> (log kob/yumurta) üzerine etkisi.....	98

Çizelge 4.2.21. Lizozim-kitosan kaplamanın depolama süresi boyunca yumurtanın Enterobacteriaceae sayımı (log kob/yumurta) üzerine etkisi	99
Çizelge 4.3.1. Farklı ozon konsantrasyonlarının depolama süresi boyunca yumurta ağırlık kaybı değerleri üzerine etkisi	101
Çizelge 4.3.2. Farklı ozon konsantrasyonlarının depolama süresi boyunca yumurta Haugh Birimi değerleri üzerine etkisi	101
Çizelge 4.3.3. Farklı ozon konsantrasyonlarının depolama süresi boyunca yumurta sarı indeksi değerleri üzerine etkisi	106
Çizelge 4.3.4. Farklı ozon konsantrasyonlarının uygulama süresi açısından yumurta sarı indeksi değerleri üzerine etkisi	107
Çizelge 4.3.5. Farklı ozon konsantrasyonlarının depolama süresi boyunca yumurta albümini pH değerleri üzerine etkisi	109
Çizelge 4.3.6. Farklı ozon konsantrasyonlarının uygulama süresi açısından yumurta albümini pH değerleri üzerine etkisi	110
Çizelge 4.3.7. Farklı uygulama sürelerinin depolama süresi boyunca yumurta albümini pH değerleri üzerine etkisi.....	111
Çizelge 4.3.8. Farklı ozon konsantrasyonlarının depolama süresi boyunca yumurta sarısı pH değerleri üzerine etkisi	112
Çizelge 4.3.9. Farklı ozon konsantrasyonlarının uygulama süresi açısından yumurta sarısı pH değerleri üzerine etkisi	113
Çizelge 4.3.10. Farklı ozon konsantrasyonlarının depolama süresi boyunca yumurta albümin kuru madde değerleri üzerine etkisi	114
Çizelge 4.3.11. Farklı ozon konsantrasyonlarının depolama süresi boyunca yumurta sarısı kuru madde değerleri üzerine etkisi	115
Çizelge 4.3.12. Farklı ozon konsantrasyonlarının depolama süresi boyunca yumurta albümini RWC değerleri üzerine etkisi	117
Çizelge 4.3.13. Farklı ozon konsantrasyonlarının depolama süresi boyunca yumurta albümini RWC değerleri üzerine etkisi	118
Çizelge 4.3.14. Farklı ozon konsantrasyonlarının depolama süresi boyunca bütün yumurta RWC değerleri üzerine etkisi	119
Çizelge 4.3.15. Farklı ozon konsantrasyonlarının depolama süresi boyunca bütün yumurta RWC değerleri üzerine etkisi	119
Çizelge 4.3.16. Farklı ozon konsantrasyonlarının depolama süresi boyunca bütün yumurta RWC değerleri üzerine etkisi	120

Çizelge 4.3.17. Farklı ozon konsantrasyonlarının depolama süresi boyunca albümin viskozite değerleri üzerine etkisi	120
Çizelge 4.3.18. Farklı ozon uygulama konsantrasyonlarının yumurta kabuk L* renk parametresi üzerine etkisi	123
Çizelge 4.3.19. Farklı ozon uygulama sonrası depolama süresinin yumurta kabuk L* renk parametresi üzerine etkisi	123
Çizelge 4.3.20. Farklı ozon uygulama sürelerinin yumurta kabuk L* renk parametresi üzerine etkisi	124
Çizelge 4.3.21. Farklı ozon uygulama konsantrasyonlarının yumurta kabuk a* renk parametresi üzerine etkisi	124
Çizelge 4.3.22. Farklı ozon uygulama sonrası depolama süresinin yumurta kabuk a* renk parametresi üzerine etkisi	124
Çizelge 4.3.23. Farklı ozon uygulama konsantrasyonlarının yumurta kabuk b* renk parametresi üzerine etkisi	125
Çizelge 4.3.24. Farklı ozon uygulama sürelerinin yumurta kabuk b* renk parametresi üzerine etkisi	125
Çizelge 4.3.25. Farklı ozon uygulama konsantrasyonlarının yumurta albümin L* renk parametresi üzerine etkisi	126
Çizelge 4.3.26. Ozon uygulama sonrası depolama süresinin yumurta albümin L* renk parametresi üzerine etkisi	126
Çizelge 4.3.27. Farklı ozon uygulama sürelerinin yumurta albümin L* renk parametresi üzerine etkisi	126
Çizelge 4.3.28. Farklı ozon uygulama konsantrasyonlarının yumurta albümin a* renk parametresi üzerine etkisi	127
Çizelge 4.3.29. Farklı ozon uygulama sonrası depolama süresinin yumurta albümin a* renk parametresi üzerine etkisi	127
Çizelge 4.3.30. Farklı ozon konsantrasyonlarının yumurtanın depolama süresi boyunca albümin b* renk parametresi üzerine etkisi.....	128
Çizelge 4.3.31. Farklı ozon uygulama konsantrasyonlarının yumurta sarısı L* renk parametresi üzerine etkisi	128
Çizelge 4.3.32. Farklı ozon uygulama sonrası depolama süresinin yumurta sarısı L* renk parametresi üzerine etkisi.....	129
Çizelge 4.3.33. Farklı ozon uygulama konsantrasyonlarının yumurta sarısı a* renk parametresi üzerine etkisi	129

Çizelge 4.3.34. Farklı ozon uygulama sürelerinin yumurta sarısı a* renk parametresi üzerine etkisi	129
Çizelge 4.3.35. Farklı ozon konsantrasyonlarının yumurtanın depolama süresi boyunca sarı b* renk parametresi üzerine etkisi	130
Çizelge 4.3.36. Farklı ozon uygulama konsantrasyonlarının yumurtanın kabuk mukavemeti-üst üzerine etkisi	130
Çizelge 4.3.37. Farklı ozon uygulama sonrası depolama süresinin yumurta kabuk mukavemeti-üst üzerine etkisi	131
Çizelge 4.3.38. Farklı ozon uygulama sürelerinin yumurta kabuk mukavemeti-üst üzerine etkisi	131
Çizelge 4.3.39. Farklı ozon uygulama konsantrasyonlarının yumurtanın kabuk mukavemeti-alt üzerine etkisi	132
Çizelge 4.3.40. Farklı ozon uygulama sonrası depolama süresinin yumurta kabuk mukavemeti-alt üzerine etkisi	132
Çizelge 4.3.41. Farklı ozon uygulama sürelerinin yumurta kabuk mukavemeti-alt üzerine etkisi	132
Çizelge 4.3.42. Farklı ozon konsantrasyonlarının depolama süresi boyunca yumurtanın toplam mezofil aerobik bakteri (TMAB) sayımı (log kob/yumurta) üzerine etkisi	133
Çizelge 4.3.43. Farklı ozon konsantrasyonlarının depolama süresi boyunca yumurtanın küf-maya sayımı (log kob/yumurta) üzerine etkisi	135
Çizelge 4.3.44. Farklı ozon konsantrasyonlarının depolama süresi boyunca yumurtanın <i>S.aureus</i> sayımı (log kob/yumurta) üzerine etkisi	138
Çizelge 4.3.45. Farklı ozon konsantrasyonlarının depolama süresi boyunca yumurtanın Enterobacteriaceae sayımı (log kob/yumurta) üzerine etkisi	140
Çizelge 4.4.1. Farklı ultrases uygulamalarının depolama süresi boyunca yumurta ağırlık kaybı değerleri üzerine etkisi	144
Çizelge 4.4.2. Farklı ultrases uygulamalarının depolama süresi boyunca yumurta ağırlık kaybı değerleri üzerine etkisi	145
Çizelge 4.4.3. Farklı ultrases uygulamalarının depolama süresi boyunca yumurta Haugh birimi değerleri üzerine etkisi	146
Çizelge 4.4.4. Farklı ultrases uygulamalarının depolama süresi boyunca yumurta sarı indeksi değerleri üzerine etkisi	147

Çizelge 4.4.5. Farklı ultrases uygulamalarının depolama süresi boyunca yumurta albümin pH değerleri üzerine etkisi.....	150
Çizelge 4.4.6. Farklı ultrases uygulamalarının depolama süresi boyunca yumurta sarısı pH değerleri üzerine etkisi	152
Çizelge 4.4.7. Farklı ultrases uygulamalarının depolama süresi boyunca yumurta albümin kuru madde değerleri üzerine etkisi.....	153
Çizelge 4.4.8. Farklı ultrases uygulamalarının depolama süresi boyunca yumurta albümin kuru madde değerleri üzerine etkisi.....	154
Çizelge 4.4.9. Farklı ultrases uygulamalarının depolama süresi boyunca yumurta sarısı kuru madde değerleri üzerine etkisi	155
Çizelge 4.4.10. Farklı ultrases uygulamalarının depolama süresi boyunca yumurta albümini RWC değerleri üzerine etkisi	158
Çizelge 4.4.11. Farklı ultrases uygulamalarının depolama süresi boyunca yumurta albümini RWC değerleri üzerine etkisi	158
Çizelge 4.4.12. Farklı ultrases uygulamalarının bütün yumurta RWC değerleri üzerine etkisi.....	159
Çizelge 4.4.13. Depolama süresinin ultrases uygulanan bütün yumurta RWC değerleri üzerine etkisi.....	159
Çizelge 4.4.14. Farklı ultrases uygulama sürelerinin bütün yumurta RWC değerleri üzerine etkisi.....	160
Çizelge 4.4.14. Farklı ultrases uygulamalarının depolama süresi boyunca albümin viskozite değerleri üzerine etkisi	160
Çizelge 4.4.15. Farklı ultrases konsantrasyonlarının depolama süresi boyunca yumurta kabuk L* renk parametresi üzerine etkisi.....	163
Çizelge 4.4.16. Farklı ultrases konsantrasyonlarının yumurta kabuk L* renk parametresi üzerine etkisi	163
Çizelge 4.4.17. Farklı ultrases konsantrasyonlarının yumurta kabuk a* renk parametresi üzerine etkisi	164
Çizelge 4.4.18. Farklı ultrases uygulama sonrası depolama süresinin yumurta kabuk a* renk parametresi üzerine etkisi.....	164
Çizelge 4.4.19. Farklı ultrases uygulama konsantrasyonlarının yumurta kabuk b* renk parametresi üzerine etkisi	165
Çizelge 4.4.20. Farklı ultrases uygulama sonrası depolama süresinin yumurta kabuk b* renk parametresi üzerine etkisi	165

Çizelge 4.4.21. Farklı ultrases uygulama sonrası depolama süresinin yumurta albümin L* renk parametresi üzerine etkisi.....	166
Çizelge 4.4.22. Farklı ultrases uygulama konsantrasyonlarının yumurta albümin L* renk parametresi üzerine etkisi.....	166
Çizelge 4.4.23. Farklı ultrases uygulama sonrası depolama süresinin yumurta albümin a* renk parametresi üzerine etkisi	167
Çizelge 4.4.24. Farklı ultrases uygulama konsantrasyonlarının yumurta albümin a* renk parametresi üzerine etkisi	167
Çizelge 4.4.25. Farklı ultrases uygulama sonrası depolama süresinin yumurta albümin b* renk parametresi üzerine etkisi	168
Çizelge 4.4.26. Farklı albümin uygulama konsantrasyonlarının yumurta albümin b* renk parametresi üzerine etkisi	168
Çizelge 4.4.27. Farklı ultrases uygulama sonrası depolama süresinin yumurta sarısı L* renk parametresi üzerine etkisi	169
Çizelge 4.4.28. Farklı ultrases uygulama konsantrasyonlarının yumurta sarısı L* renk parametresi üzerine etkisi	169
Çizelge 4.4.29. Farklı ultrases uygulama süreleri sonrası depolama süresinin yumurta sarısı a* renk parametresi üzerine etkisi.....	170
Çizelge 4.4.30. Farklı ultrases uygulama konsantrasyonlarının yumurta sarısı b* renk parametresi üzerine etkisi	170
Çizelge 4.4.31. Farklı ultrases uygulama sonrası depolama süresinin yumurta sarısı b* renk parametresi üzerine etkisi.....	171
Çizelge 4.4.31. Farklı ultrases uygulamalarının yumurta kabuğu alt mukavemeti değerleri üzerine etkisi.....	171
Çizelge 4.4.32. Depolama süresinin ultrases uygulanan yumurta kabuğu alt mukavemeti değerleri üzerine etkisi	172
Çizelge 4.4.33. Farklı ultrases uygulamalarının yumurta kabuğu üst mukavemeti değerleri üzerine etkisi.....	172
Çizelge 4.4.34. Depolama süresinin ultrases uygulanan yumurta kabuğu üst mukavemeti değerleri üzerine etkisi	173
Çizelge 4.4.36. Farklı ultrases uygulamalarının depolama süresi boyunca yumurtanın toplam mezofil aerobik bakteri (TMAB) sayımı (log kob/yumurta) üzerine etkisi	175

Çizelge 4.4.37. Farklı ultrases uygulamalarının depolama süresi boyunca yumurtanın küf-maya sayımı (log kob/yumurta) üzerine etkisi	178
Çizelge 4.4.38. Farklı ultrases uygulamalarının depolama süresi boyunca yumurtanın <i>S.aureus</i> sayımı (log kob/yumurta) üzerine etkisi.....	180
Çizelge 4.4.39. Farklı ultrases uygulamalarının depolama süresi boyunca yumurtanın Enterobacteriaceae sayımı (log kob/yumurta) üzerine etkisi	185
Çizelge 4.5.1. Farklı yumurta muhafaza uygulamalarının depolama süresi boyunca yumurta ağırlık kaybı (%) üzerine etkisi.....	189
Çizelge 4.5.2. Farklı yumurta muhafaza uygulamalarının depolama süresi boyunca Haugh Birimi değerleri üzerine etkisi	192
Çizelge 4.5.3. Farklı yumurta muhafaza uygulamalarının depolama süresi boyunca yumurta sarı indeksi değerleri üzerine etkisi.....	195
Çizelge 4.5.4. Farklı yumurta muhafaza uygulamalarının depolama süresi boyunca yumurta albümin pH değerleri üzerine etkisi	197
Çizelge 4.5.5. Farklı yumurta muhafaza uygulamalarının depolama süresi boyunca yumurta sarısı pH değerleri üzerine etkisi.....	200
Çizelge 4.5.6. Farklı yumurta muhafaza uygulamalarının depolama süresi boyunca yumurta albümin kuru madde değerleri üzerine etkisi.....	202
Çizelge 4.5.7. Farklı yumurta muhafaza uygulamalarının depolama süresi boyunca yumurta sarısı kuru madde değerleri üzerine etkisi	203
Çizelge 4.5.8. Farklı yumurta muhafaza uygulamalarının depolama süresi boyunca yumurta albümini RWC değerleri üzerine etkisi.....	205
Çizelge 4.5.9. Farklı yumurta muhafaza uygulamalarının depolama süresi boyunca bütün yumurta RWC değerleri üzerine etkisi.....	206
Çizelge 4.5.10. Farklı yumurta muhafaza uygulamalarının depolama süresi boyunca albümin viskozite değerleri üzerine etkisi.....	209
Çizelge 4.5.11. Farklı muhafaza uygulamalarının depolama süresince yumurta kabuk L* renk parametresi üzerine etkisi	210
Çizelge 4.5.12. Farklı muhafaza uygulamalarının depolama süresince yumurta kabuk a* renk parametresi üzerine etkisi.....	211
Çizelge 4.5.13. Farklı muhafaza uygulamalarının depolama süresince yumurta kabuk b* renk parametresi üzerine etkisi	212
Çizelge 4.5.14. Farklı muhafaza uygulamalarının depolama süresince yumurta albümin L* renk parametresi üzerine etkisi.....	213

Çizelge 4.5.15. Farklı muhafaza uygulamalarının yumurta albümin a* renk parametresi üzerine etkisi	214
Çizelge 4.5.16. Farklı muhafaza uygulamaları sonrası depolama sürelerinin yumurta albümin a* renk parametresi üzerine etkisi	214
Çizelge 4.5.17. Farklı muhafaza uygulamalarının depolama süresince yumurta albümin b* renk parametresi üzerine etkisi	215
Çizelge 4.5.18. Farklı muhafaza uygulamaları sonrası depolama sürelerinin yumurta sarısı L* renk parametresi üzerine etkisi	215
Çizelge 4.5.19. Farklı muhafaza uygulamalarının yumurta sarısı L* renk parametresi üzerine etkisi	216
Çizelge 4.5.20. Farklı muhafaza uygulamalarının yumurta sarısı a* renk parametresi üzerine etkisi	216
Çizelge 4.5.21. Farklı muhafaza uygulamaları sonrası depolama sürelerinin yumurta sarısı a* renk parametresi üzerine etkisi.....	217
Çizelge 4.5.23. Farklı muhafaza uygulamaları sonrası depolama süresinin yumurtanın kabuk mukavemeti-alt üzerine etkisi.....	218
Çizelge 4.5.24. Farklı muhafaza uygulamalarının yumurtanın kabuk mukavemeti-alt üzerine etkisi.....	218
Çizelge 4.5.25. Farklı muhafaza uygulamaları sonrası depolama süresinin yumurtanın kabuk mukavemeti-üst üzerine etkisi.....	219
Çizelge 4.5.26. Farklı muhafaza uygulamalarının yumurtanın kabuk mukavemeti-üst üzerine etkisi	219
Çizelge 4.5.27. Farklı yumurta muhafaza uygulamalarının depolama süresi boyunca yumurtanın toplam mezofil aerobik bakteri (TMAB) sayımı (log kob/yumurta) üzerine etkisi	224
Çizelge 4.5.28. Farklı yumurta muhafaza uygulamalarının depolama süresi boyunca yumurtanın küf-maya sayımı (log kob/yumurta) üzerine etkisi.....	225
Çizelge 4.5.29. Farklı yumurta muhafaza uygulamalarının depolama süresi boyunca yumurtanın <i>S.aureus</i> sayımı (log kob/yumurta) üzerine etkisi	227
Çizelge 4.5.30. Farklı yumurta muhafaza uygulamalarının depolama süresi boyunca yumurtanın Enterobacteriaceae sayımı (log kob/yumurta) üzerine etkisi	228

ŞEKİLLER	Sayfa No
Şekil 2.1.1. Yumurtanın yapısı (Tayyar, 2005).....	6
Şekil 3.1.1. Basınçlı çift cidarlı ultrases reaktör düzeneği.	40
Şekil 3.1.2. Ozon gaz bağlantı reaktör düzeneği.	41
Şekil 4.1.1. Farklı kaplama materyalleri ile kaplanan yumurtaların depolamanın ilk ve son haftasında kabuklarının FT-NIR yansıma spektrası'na etkisi.	68
Şekil 4.1.2. Farklı kaplama materyalleri ile kaplanan yumurtaların depolamanın ilk ve son haftasında albümin FT-NIR iletim spektrası'na etkisi.	69
Şekil 4.1.3. Farklı kaplama materyalleri ile kaplanan yumurtaların sarısının depolamanın ilk ve son haftasında FT-NIR iletim spektrası'na etkisi.....	69
Şekil 4.2.1. Lisozim-Kitosan kaplanan yumurtaların kabuklarının depolamanın ilk ve son haftasında FT-NIR yansıma spektrası'na etkisi.	94
Şekil 4.2.2. Lisozim-Kitosan kaplanan yumurtaların albümin depolamanın ilk ve son haftasında FT-NIR iletim spektrası'na etkisi.....	94
Şekil 4.2.3. Lisozim-Kitosan kaplanan yumurtaların sarısının depolamanın ilk ve son haftasında FT-NIR yansıma spektrası'na etkisi.....	95
Şekil 4.3.1. Ozon ile muamele edilen yumurtaların kabuklarının depolamanın ilk ve son haftasında FT-NIR yansıma spektrası'na etkisi.	133
Şekil 4.3.2. Ozon ile muamele edilen yumurtaların albüminin depolamanın ilk ve son haftasında FT-NIR iletim spektrası'na etkisi.....	134
Şekil 4.3.3. Ozon ile muamele edilen yumurtaların sarısının depolamanın ilk ve son haftasında depolamanın ilk haftasındaki FT-NIR iletim spektrası'na etkisi.	134
Şekil 4.4.1. Ultrases ile muamele edilen yumurtaların albüminin depolamanın ilk ve son haftasında FT-NIR iletim spektrası'na etkisi.	175
Şekil 4.4.2. Ultrases ile muamele edilen yumurtaların sarısının depolamanın ilk ve son haftasında depolamanın ilk haftasındaki FT-NIR iletim spektrası'na etkisi.....	175
Şekil 4.5.1. Farklı yumurta muhafaza uygulamalarının albüminin depolamanın ilk ve son haftasında FT-NIR iletim spektrası'na etkisi.	221
Şekil 4.5.2. Farklı yumurta muhafaza uygulamalarının yumurta sarısının depolamanın ilk ve son haftasında depolamanın ilk haftasındaki FT-NIR iletim spektrası'na etkisi.	221

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı: Muhammed YÜCEER

Doğum Tarihi:21.11.1980

EĞİTİM DURUMU

Lisans Öğrenimi: Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Gıda Mühendisliği (2002)

Yüksek Lisans Öğrenimi: İstanbul Teknik Üniversitesi, Gıda Mühendisliği ABD (2007)**Tez Başlığı:**Kolesterolü Düşürülmüş Yumurta sarısı Üretimi ve Düşük Kolesterol ve Düşük Yağlı Mayonezin Bazı Özelliklerinin İncelenmesi

Bildiği Yabancı Diller: İngilizce, Arapça, Rusça

BİLİMSEL FAALİYETLER

1-SCI, SCI-Expanded SSCI ve AHCI kapsamında yer alan dergilerde yayınlar;

Yuceer, M., Caner, C. 2013. Antimicrobial lysozyme–chitosan coatings affect functional properties and shelf life of chicken eggs during storage..*J Sci. Food Agric.* DOI 10.1002/jsfa.6322.

2-SCI, SCI-Expanded, SSCI ve AHCI dışındaki uluslararası indekslerdeki yayınlar;

Yuceer, M., Temizkan, R. ve Caner, C. Fonksiyonel Gıda Olarak Yumurta: Bileşenleri ve Fonksiyonel Özellikleri. *Akademik Gıda* 10(4): 70-76

ULUSLARARASI KONGRE SUNULARI;

Yuceer, M. and Ozcelik, B. 2007. “Production of Cholesterol Reduced Egg Yolk and using in Low Cholesterol Mayonnaise Production.” Oral and Poster presentation. 2nd *International Congress on Food and Nutrition.* 24-26 Oct., 2007 Istanbul.

Yuceer, M. and Ozcelik, B. 2008. “Production of Cholesterol Reduced Pasteurized Egg Yolk by Adsorption of Cholesterol with Beta-Cyclodextrine.” Poster presentation. *IFT’08 Annual Meeting& Food Expo.* June 28-July 1, 2008 New Orleans, USA.

Yuceer, M. and Ozcelik, B. 2009. “Rheological Properties of Egg Yolk Cholesterol and Fat Reduced Mayonnaise.” Poster presentation. 3rd *International Congress on Food and Nutrition.* 22-25 April, 2009, Antalya.

Yuceer, M. ve Ozcelik, B. 2009. “Yumurta Akı Proteinlerinden Saflaştırılarak Üretilen Proteinlerin Fonksiyonel Özellikleri.” *II Geleneksel Gıdalar Sempozyumu*. 27-29 Mayıs, 2009, Van.

Yuceer, M. 2009. “Production of cholesterol reduced egg yolk adsorption with beta-Cyclodextrin.” 21-25 June, 2009. *The XIII European Symposium on the Quality of Eggs and Egg Products*. Turku. Finland.

Yuceer, M. and Caner, C. “Novel Techniques of Measurement of Chemical and Physical Properties in Shell Eggs during Storage Period.” 21-25 June, 2009. *The XIII European Symposium on the Quality of Eggs and Egg Products*. Turku. Finland.

Yuceer, M. ve Caner, C. “Geleneksel Yumurta ve Yumurta Ürünleri”.15-17 June, 2010. *Traditional Foods from Adriatic to Caucasus*. Tekirdağ.

Yuceer, M. and Caner, C. Various Coating Improves Chicken Egg Quality and Minimizes Eggshell Breakage.16-18.09.2010, *VI. Uluslararası Ambalaj Kongresi*. Istanbul.

Yuceer, M., Caner, C. and Kartal, S., Microwave Susceptors: Innovative Active Packaging. 16-18.09.2010, *VI. Uluslararası Ambalaj Kongresi*. Istanbul.

Yuceer, M., Temizkan, R., Büyükcan, M.B. ve Caner, C. Gıda Ambalajlamada Biyopolimer Bazlı Nanokompozitler. 09-11.05.2013. *VII. Uluslararası Ambalaj Kongresi*. İzmir.

ULUSAL KONGRE,

Yuceer, M. and Caner, C.Kitosan-Lisozim Kaplamanın Taze Yumurtanın Kalite Kriterlerini Muhafazasında Etkinliği. 24-27.11.2011. *7. Gıda Mühendisliği Kongresi*. Ankara.

İŞ DENEYİMİ

Tarih	Firma	Pozisyon	Görevler
11.2002-07.2005	A.B GIDA SAN. VE TIC. A. S.	Dış Ticaret Assistanı	Yemlik fosfat, fosfat ve yumurta ürünleri hakkında ithalat, ihracat, kambiyo ve gümrük işlemleri, Arapça ve İngilizce yazışma, görüşme ve ticari ilişkilerin kurulması. Konsolosluklar ile ilişkiler, ithalat ve ihracat dokümanı hazırlanması. Yurtiçi ve yurt dışı fuar organizasyonları tertip edilmesi.
07.2005-devam ediyor	A.B GIDA SAN. VE TIC. A. S.	Üretim- Kalite ve Ar&Ge Müdürü	Geliştirme mühendisi yumurta ürünleri (pastörize sıvı yumurta, yumurta tozu, donjdurulmuş yumurta, yumurta kabuğu tozu) üretimi ile ilgili Kalite güvence çalışmalarının yapılması. Tesisin Kalite yönetim sistemleri ile belgelendirme çalışmaları (HACCP, ISO 9001, ISO 14001, GMP, BRC, OHSAS 18001ve ISO 22000, AIB, SEDEX), üretim planlama, ürün geliştirme (scramble yumurta, omlet ve kek için özel yumurta karışımı, sporcu içeceği, sıcak ve soğuk dekoratif jöle,kek jeli, sos, marmelat, dondurma külahı, pasta altı kek, baton kek, topkek, hazır kek karışımı- kek miks, pandispanya kek miks, sufle miski, şarlot, makaron karışımı, un, kurutulmuş un vb.) Laboratuvar analiz metodu geliştirme, işletme için gerekli yasal süreç başvurularının hazırlanması ve takibi.

ÜYESİ OLDUĞU MESLEKİ KURULUŞLAR:

TMMOB - Gıda Mühendisleri Odası üyesi
Institute of Food Technologists-IFT,
World's Poultry Science Association-WPSA,
Poultry Science Association-PSA,
International Association for Food Protection-IAFP,
Society of Manufacturing Engineers-SME,
International Egg Commission (IEC),
Tüketici Derneği (TÜDER)
Türk Standartları Enstitüsü Ayna Komitesi üyesi.

Araştırma Projeleri ve Raporlar

Proje Türü	Proje Adı
Lisans Projesi	Van İnci Kefali Balığının (<i>Chalcalburnus tarichi</i>) Atmosferik Koşullarda Kurutulması.
Lisans Projesi	Malt Üretim Teknikleri
Bitirme Projesi (lisans)	Prion Hastalıkları ve Gıda Güvenliği
İTÜ, Proje Yönetim Merkezi	Düşük Kolesterolü Yumurta Sarısı Üretimi (CREY).
Doktora Tezi / SAN-TEZ (00729.STZ.2010-2)	Yumurtanın Aktif Ambalajlama ve Yeni Muhafaza Yöntemleri ile Raf Ömrünün Arttırılması

İLETİŞİM

Cep Tel: (536) 457 28 77

e-posta: myuceer@comu.edu.tr ; myuceer@gmail.com