



T.C.

ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ

LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**ULTRASES UYGULAMASININ KABUKLU YUMURTANIN
DEPOLAMA STABİLİTESİNE ETKİSİ**

YÜKSEK LİSANS YETERLİK TEZİ

GÖZDE YILDIRIM

Tez Danışmanı

PROF. DR. CENGİZ CANER

ÇANAKKALE – 2022



T.C.

ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ

LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**ULTRASES UYGULAMASININ KABUKLU YUMURTANIN DEPOLAMA
STABİLİTESİNE ETKİSİ**

YÜKSEK LİSANS YETERLİK TEZİ

GÖZDE YILDIRIM

Tez Danışmanı

PROF. DR. CENGİZ CANER

ÇANAKKALE – 2022

ETİK BEYAN

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Tez Yazım Kuralları'na uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada; tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu, tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi, kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı, bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu, bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi taahhüt ve beyan ederim.

Gözde YILDIRIM
29/08/2022

TEŞEKKÜR

Eğitim hayatımın en değerli dönemlerinden biri olan Yüksek Lisans öğrenimim ve tez çalışmam boyunca her konuda bana destek olan saygı değer Prof. Dr. Cengiz CANER'e ve çalışma sürem boyunca ne zaman ihtiyaç duysam yanımda olan Doç. Dr. Muhammet YÜCEER ve desteklerini esirgemeyen değerli aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Gözde YILDIRIM
Çanakkale, 29 Ağustos 2022



ÖZET

ULTRASES UYGULAMASININ KABUKLU YUMURTANIN DEPOLAMA STABİLİTESİNE ETKİSİ

Gözde YILDIRIM

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Prof. Dr. Cengiz CANER

İkinci Danışman: Doç. Dr. Muhammet YÜCEER

29/08/2022, 52

Değerli bir protein ve besin kaynağı olan taze yumurtalar sınırlı raf ömrüne sahiptir. Ultrason ve ozon gibi termal-olmayan teknikler, uzun raf-ömrü ve minimum işlenmiş gıdaların üretilmesinde dikkat çekmektedir.

Bu araştırmanın amacı, farklı güçteki ultrasonikasyon proseslerinin (80W, 160W ve 360W) taze yumurtanın depolama stabilitesinin uzatılmasında kalite kriterleri üzerindeki (albümin ve yumurta sarısı pH, Haugh ünitesi, yumurta sarısı indeksi, kuru madde ve RWC) etkinliğini araştırmaktır.

Taze yumurtaların, yumurta sarısı indeksi (YI) depolamada kontrolde, 0,42'den 0,27'ye düşerken, 360W, 160W ve 80W güçteki ultrases uygulamalarında sırasıyla 0,32, 0,33 ve 0,33'e düşmüştür.

Haugh birimi(HU) 4 haftalık depolama sonrası 79,30'dan kontrol örneğinde 40,66'ya düşerken, 47,39 HU (360W), 46,73 (160W) ve 47,07 (80W) düşmüştür. Stabilitate, başlangıç değeri 31'den (kontrol) 25-18 (ultrasonikasyon) depolama sonunda 6,5 (kontrol) 13-14'e (ultrasonikasyon) düşmüştür.

Albümin pH değerleri depolama sonunda 8.67-8.84'ten (başlangıç) 9,54'e (kontrol) 9,43-9,41'e (ultrasonikasyon) ulaşmıştır. Yumurta sarısının pH değerleri 6.07'ye (kontrol) depolama sonunda 6,35 (kontrol) 6,27 (80W), 6,25 (160W) ve 6,23'e (360W) artmıştır.

Albüminin kuru madde, 14.23'ten (başlangıç) depolama sonunda 16.43 (kontrol)-16,5 (360W), 16,62 (160W) ve 16,90 (80W)'a yükselmiştir. Yumurta sarısının kuru madde

değerleri depolama sonunda 48.75'ten (başlangıç) 44.78'e (kontrol) -46,48 (360W), 46,26 (160W) ve 45.92'ye (80W) düşmüştür.

RWC değerleri (başlangıç 932-845), depolama sonunda 725 (kontrol), 860 (360W), 847 (160W) ve 855 (80W) düşmüştür. En düşük kabuk mukavemeti, ultrasonik kavitasyon nedeniyle 360W- ultrasonikasyon yumurtalarında (4.1 (kgf)-top) gözlenmiştir.

Bu çalışmadan, taze yumurtaların fonksiyonel özelliklerini (pH, HU, YI, DM ve RWC) muhafaza eden ultrasonikasyonun, gücüne bağlı olarak stabilitesini korumuştur. Yüksek ultrason (360 W) kabuk mukavemetini azaltan mikro çatlaklara yol açmıştır.

Bu çalışma, taze yumurtaların depolama stabilitesinin, özellikle 80W ve 160W, kabuk mukavemetine olumsuz bir etki olmaksızın en az 1 hafta uzatıldığını göstermiştir. Ultrasonikasyon, taze yumurtaların uzun süreli depolama stabilitesinin artırılmasında uygulanabilir ve etkili bir procestir.

Anahtar Kelimeler: Yumurta, ultrasonikasyon, stabilite, kalite kriterleri

ABSTRACT

THE EFFECT OF ULTRASOUND APPLICATION ON THE STORAGE STABILITY OF SHELL EGGS

Gözde YILDIRIM

Çanakkale Onsekiz Mart University

School of Graduate Studies

Master of Science Thesis in Food Science

Co-supervisor: Prof. Dr. Cengiz CANER

Co-advisor: Assoc. Prof. Dr. Muhammed YÜCEER

29/08/2022, 52

As a valuable source of protein and nutrients, the shelf life of fresh eggs is limited. With non-thermal techniques such as ultrasound and ozone, it attracts attention in the enhancing of shelf-life and minimally processed foods.

The purpose of this study, ultrasonication process (80W, 160W and 360W) storage stability in improving quality attributes of fresh eggs (yolk and albumen pH, Haugh unit, yolk index, dry matter and RWC) is to investigate the effectiveness.

The egg yolk index (YI) of the fresh eggs used in the study showed changes during storage. This change decreased from 0.42 to 0.27 for control, while it decreased by 0.32, 0.33 and 0.33 for 360W, 160W and 80W applications.

The values of Haugh unit (HU), one of the parameters used in the study, showed a high change after 4 weeks of storage. The HU value decreased from 79.30 to 40.66 (control), 47.39HU (360W), 46.73 (160W) and 47.07 (80W).

The stability values decreased from the initial value of 31 (control) 25-18 (ultrasonication) to 6.5 (control) 13-14 (ultrasonication) at the end of storage.

Albumin pH values increased from 8.67-8.84(initial) to 9.54(control) 9.43-9.41(ultrasonication) at the end of storage. The pH values of egg yolk increased to 6.07-(initial)- 6.35 (control) 6.27 (80W), 6.25 (160W) and 6.23 (360W) at the end of storage. The dry matter of albumin increased from 14.23 (initial) to 16.43(control) -16.5(360W), 16.62(160W) and 16.90(80W) at the end of storage. Dry matter values of egg yolk decreased

from 48.75(initial) to 44.78(control) -46.48(360W), 46.26(160W) and 45.92(80W) at the end of storage.

RWC values (initial 932-845) were decreased to 725(control), 860(360W), 847(160W) and 855(80W) at the end of storage. The lowest shell strength, due to ultrasonic cavitation 360W-in ultrasonication eggs (4.1(kgf)-top) has been observed.

From this study, it was reveal that the functional properties of fresh eggs (pH, HU, YI, DM and RWC) were preserved depending on the ultrasonication power used. High ultrasound (300W) caused micro cracks that reduced shell strength.

This study showed that the storage stability of fresh eggs, especially 80W and 160W, was extended for at least 1 week without any adverse effect on shell strength. Ultrasonication can be a feasible and effective process for increasing the long-term storage stability of fresh eggs.

Keywords: Egg, ultrasonication, stability, and quality criteria

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ETİK BEYAN.....	i
TEŞEKKÜR.....	ii
ÖZET	iii
ABSTRACT	v
İÇİNDEKİLER	vii
SİMGELER ve KISALTMALAR.....	ix
TABLolar DİZİNİ.....	x
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xii

BİRİNCİ BÖLÜM

GİRİŞ

1

1.1. Tezin Amacı.....	2
1.2. Hipotez	2

İKİNCİ BÖLÜM

KURAMSAL TEMELLER /ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

3

2.1. Yumurtanın Bileşimi.....	3
2.2. Yumurtanın Kimyasal Yapısı	3
2.3. Yumurtanın Fiziksel Yapısı	4
2.4. Dünyada ve Türkiye’de Tavuk Yumurtası Üretim Hacmi	6
2.5. Depolama Süresince Yumurtada Meydana Gelen Değişimler	8
2.6. Yumurta Muhafaza Yöntemleri	11
2.7. Ses	12
2.7.1. Çok alçak frekanslı ses (İnfrasonik)	12
2.7.2. Çok yüksek frekanslı Ses (Ultrasonik)	13
2.8. Ultrases	13
2.8.1. Gıdalarda Ultrasonikasyonun Kullanım Alanları	14
2.8.2. Ultrasonikasyonun Çalışma Prensipleri	15
2.8.3. Ultrasonikasyonun Mikrobiyal Etkisi	17

2.9.	Yumurta ile İlgili Daha Önce Yapılan Çalışmalar	18
2.10.	Ultrasesin Farklı Gıdalarda Uygulanması ile İlgili Yapılan Çalışmalar	20
ÜÇÜNCÜ BÖLÜM		
ARAŞTIRMA YÖNTEMİ/MATERYAL YÖNTEM		23
3.1.	Materyal	23
3.1.1.	Taze Yumurta	23
3.2.	Yöntem	23
3.2.1.	Yapılan Uygulamalar	23
3.2.2.	Analizler	24
3.2.3.	İstatistiksel Analizler	27
DÖRDÜNCÜ BÖLÜM		28
ARAŞTIRMA BULGULARI		
4.1.	Araştırma Bulguları	28
4.1.1.	Ağırlık Kaybı	28
4.1.2.	Haugh birimi	29
4.1.3.	Yumurta Sarısı İndeksi	31
4.1.4.	Kabuklu Yumurta Albumin ve Sarı Ph Ölçümleri	32
4.1.5.	Albumin ve sarı çözünür kuru madde ölçümleri	34
4.1.6.	Albumin ve bütün yumurtada relatif köpük kapasitesi	36
4.1.7.	Reolojik Özellikler	38
4.1.8.	Renk analizleri	42
4.1.9.	Kabukta kırılma direnci (kabuk mukavemeti) analizi	48
BEŞİNCİ BÖLÜM		51
SONUÇ ve ÖNERİLER		
KAYNAKÇA		54

SİMGELER VE KISALTMALAR

a*	Kırmızılık-yeşillik
b*	Sarılık-mavilik
CO ₂	Karbondioksit
dk	Dakika
HB	Haugh Birimi – Haugh Unit
g	Gram
KNT	Kontrol
L*	Parlaklık
LS	Lisozim
O ₂	Oksijen
O ₃	Ozon
US	Ultrases
W	Watt
SI	Sarı İndeksi – Yolk İndeks

TABLolar DİZİNİ

Tablo No	Tablo Adı	Sayfa No
Tablo 1	Yumurtada bulunan yapılar ve özellikleri	5
Tablo 2	Dünyada ve Türkiyede Yumurta Üretim Hacmi	7
Tablo 3	Türkiye'de Yumurta Üretim Hacmi	7
Tablo 4	2020-2021 Kümes Hayvancılığı Üretim Miktarı	8
Tablo 5	Farklı ultrases uygulamalarının 24 C'de depolanan yumurtaların ağırlık kaybına olan etkisi	26
Tablo 6	24°C'de 4 haftalık depolama sırasında çeşitli ultrases güç uygulamalarının Haugh ünitesi (HU) ve yumurta kalitesi üzerindeki etkisi	28
Tablo 7	24°C'de 4 haftalık depolama sırasında çeşitli ultrases güç uygulamalarının Sarı İndeksi (YI) ve yumurta kalitesi üzerindeki etkisi	29
Tablo 8	24°C'de 4 haftalık depolama sırasında çeşitli ultrasonik güç uygulamalarının albümin pH'I üzerindeki etkisi	30
Tablo 9	24°C'de 4 haftalık depolama sırasında çeşitli ultrasonik güç uygulamalarının Sarı pH'I üzerindeki etkisi	32
Tablo 10	Ultrases teknolojisi ile muamele edilen yumurtaların 4 haftalık depolamada albümin kuru madde miktarındaki değişim	33
Tablo 11	Ultrases teknolojisi ile muamele edilen yumurtaların 4 haftalık depolamada yumurta sarısı kuru madde miktarındaki değişim	33
Tablo 12	Ultrases teknolojisi ile muamele edilen yumurtaların 4 haftalık depolamada ultrases teknolojisinin yumurta relative köpük kapasitesine etkisi	34
Tablo 13	Ultrases teknolojisi ile muamele edilen yumurtaların 4 haftalık depolamada ultrases teknolojisinin yumurtaların köpük stabilitesine olan etkisi	36

Tablo 14	Ultras es teknolojisi ile muamele edilen yumurtaların 4 haftalık depolamada kabuk L* renk parametresi üzerine etkisi	40
Tablo 15	Ultras es teknolojisi ile muamele edilen yumurtaların 4 haftalık depolamada kabuk a* renk parametresi üzerine etkisi	41
Tablo 16	Ultras es teknolojisi ile muamele edilen yumurtaların 4 haftalık depolamada kabuk b* renk parametresi üzerine etkisi	41
Tablo 17	Ultras es teknolojisi ile muamele edilen yumurtaların 4 haftalık depolamada yumurta akı L* renk parametresi üzerine etkisi	42
Tablo 18	Ultras es teknolojisi ile muamele edilen yumurtaların 4 haftalık depolamada yumurta akı a* renk parametresi üzerine etkisi	42
Tablo 19	Ultras es teknolojisi ile muamele edilen yumurtaların 4 haftalık depolamada yumurta akı b* renk parametresi üzerine etkisi	43
Tablo 20	Ultras es teknolojisi ile muamele edilen yumurtaların 4 haftalık depolamada yumurta sarısı L* renk parametresi üzerine etkisi	44
Tablo 21	Ultras es teknolojisi ile muamele edilen yumurtaların 4 haftalık depolamada yumurta sarısı a* renk parametresi üzerine etkisi	45
Tablo 22	Ultras es teknolojisi ile muamele edilen yumurtaların 4 haftalık depolamada yumurta sarısı b* renk parametresi üzerine etkisi	46
Tablo 23	Ultras es teknolojisi ile muamele edilen yumurtaların 4 haftalık depolamada yumurta kabuğu alt kısmı mukavemeti üzerine etkisi	47
Tablo 24	Ultras es teknolojisi ile muamele edilen yumurtaların 4 haftalık depolamada yumurta kabuğu üst kısmın mukavemeti üzerine etkisi	48

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil No	Şekil Adı	Sayfa No
Şekil 1	Yumurtanın Yapısı	4
Şekil 2	Depolama sırasında yumurta kalite kaybı süreci.	9
Şekil 3	Ultrasonik Kavitasyon	16
Şekil 4	Albümin kalitesi değişimi.	27
Şekil 5	PLA enzimi ile muamele edilmiş sıvı yumurta beyazının, 4 ° C'de saklama süresi boyunca kesme hızı (viskozite eğrisi) ile viskozitenin değişmesi üzerine etkisi.	38
Şekil 6	PLA enzimi ile muamele edilmiş sıvı yumurta beyazının 24 ° C'de 4 haftalık saklama süresi boyunca yumurtaların deformasyon tarama eğrisine etkisi.	38
Şekil 7	PLA enzimi ile muamele edilmiş sıvı yumurta beyazının, 24 ° C'de 4 haftalık saklama süresi boyunca yumurtaların sıklığının bir fonksiyonu olarak Elastik modül-G 've viskoz modül -G' üzerine etkisi.	39
Şekil 8	PLA enzimi ile muamele edilmiş sıvı yumurta beyazının, 4 ° C'de saklama süresi boyunca sıvı yumurta beyazlarının sıcaklık tarama eğrisine etkisi	39

BİRİNCİ BÖLÜM

GİRİŞ

Protein kalitesi olarak çok yüksek değere sahip olan yumurtanın beslenmemizde de yeri oldukça önemlidir. Bu önemin sebebi yumurtada bulunan proteinlerin tamamının vücutta işlenerek, vücut proteinlerine dönüşebilmesi ve bu sayede biyoyararlanımının oldukça yüksek olmasıdır (Gıda Bilgi, 2020).

Gallus gallus var. domesticus cinsi olan evcil tavuklar, ticari olarak yumurta eldesinde kullanılmaktadır. Bu tavukların yumurtaları sofralık yumurta veya yemeklik yumurta olarak da adlandırılmaktadır (Anonim, 2008). Tüm besinler arasında en önemli yere sahip besin ögesi olarak karşımıza çıkan yumurta %93,7 gibi yüksek bir besin değeri oranına sahip olmaktadır. Yumurta temelde kabuk, beyaz ve sarı kısımlarından oluşmaktadır. Bunun yanı sıra içerdiği önemli besin maddelerine A, D, E, K ve B vitaminleri örnek gösterilebilir, demir, fosfor gibi iz mineraller açısından zengin bir bileşime sahip olması da gelişme çağı için önem taşımaktadır. Bu denli önemli vitamin değerine sahip olan yumurtanın aynı zamanda mineraller, demir ve fosfor gibi içerdiği besin maddeleri de ergenlik dönemindeki bireylerde gelişim açısından kritik bir öneme sahiptir (Watkins, 1995; Açıkgoz ve Önenç, 2006).

Yumurta bir çok sektörde ticari olarak önemli bir yere sahiptir. Pastacılık, fırıncılık gibi sektörlerde yumurta son dönemlerde pastörize (sıvı) yumurta olarak çok fazla talep görmektedir. Aynı zamanda kurutulmuş toz halinde veya dondurularak da kullanımı yaygınlaşmaktadır. 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 bir şekilde kullanılmaktadır (Koudele ve Heinsohn, 1960; Stadelman ve Cotterill, 1995). Yumurta içeren gıda maddelerine örnek olarak; mayonez, sos, gofret, makarna, sporcu gıdaları, mantı, krema, çikolata gibi bir çok gıda ürünü verilebilir.

Yüksek protein kaynağı olarak yumurta, günlük olarak tüketilen en besleyici ürünlerden biridir. Fakat yumurta, yapısı itibariyle depolama sırasında bozulmaya karşı oldukça hassastır. Yumurtlamadan hemen sonra yumurtada kalite kayıpları meydana gelmeye başlamaktadır. Bu kalite kayıpları dahilinde bayatlama süreci olarak adlandırılan yumurtanın fonksiyonel, mikrobiyolojik ve kimyasal özellikleri değişir (Freeland-Graves ve Peckman,

1987). Kabuklu yumurtanın sahip olduğu kabuk tabakası bir bariyer olarak kabul edilse de bu doğal bariyer yumurtayı tüm dış etmenlere karşı koruyamaz ve bu nedenle kabuklu yumurtanın raf ömrü saklama koşullarına bağlı olarak nispeten kısadır. Kabuklu yumurta bozulma etmenlerine karşı oldukça hassas bir gıda maddesidir. Bu sebeple yumurta raf ömründe yapılacak en ufak bir uzatma, gıda endüstrisi için oldukça değerli olmaktadır (Wong vd., 1996).

1.1. Tezin Amacı

Bu alışma ısıl olmayan yeni muhafaza yöntemlerinden biri olan ultrases yönteminin taze kabuklu yumurtaların kalite kriterlerinin (iç kalite kriterleri, kabuk mukavemeti vb) artırılmasında etkinliğinin araştırılmasını amaçlamaktadır. Bu amaçla pH, kuru madde, kabuk mukavemeti, yumurta kabuğu köpük kapasitesi (RWC), yumurta akı haugh birimi (HB), yumurta sarı indeksi (SI), renk (L^* , a^* , b^*) analizleri oda sıcaklığında (25 C) 4 hafta boyunca depolanan yumurtalarda periyodik olarak gerçekleştirilmiştir.

1.2. Hipotez

Kabuklu yumurtanın kalitesinin iyileştirilmesi ve tazeliğinin daha uzun süre korunabilmesi için etkin ve ekonomik olarak uygun olacak yeni yöntemlere ihtiyaç vardır. Ultrases gibi yeni yöntemlerin taze yumurtanın raf ömrünün artırılması üzerine yapılan çalışmaların oldukça sınırlı sayıda olduğu görülmektedir. Türkiye gibi ciddi miktarda yumurta üretimi gerçekleştirilen bir ülkede bu durum bizlere bu konu hakkında daha fazla çalışmaya yer verilmesi gerektiğini göstermektedir. Yumurtanın genel kalitesindeki kk bir gelişme-iyileşme bile endüstride kayda değer tasarruflar sağlayacaktır. Ultrases ile muamele edilen yumurtalarda, ultrases dalgalarının mikroorganizmalar üzerindeki kavitasyon etkisinden yararlanılarak yumurtalarda mikrobiyal yükün azaltılması ve buna bağlı olarak raf ömrünün artırılmasının mümkün olduğu öngörülmektedir.

İKİNCİ BÖLÜM

KURAMSAL TEMELLER/ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.1. Yumurtanın Bileşimi

Yetişkin bireylerde günlük olarak gereksinim duyulan birçok esansiyel besin ögesini içeren yumurta, fonksiyonel bir gıda hammaddesi olarak kabul görmektedir (Açıkgöz & Öneç, 2006). Bir yumurta genel olarak 60 g ağırlığa sahiptir. Bu ağırlığın %27,5'ini yumurta sarısı, %9,5'ini kabuk ve %63 gibi büyük bir oranını da yumurta beyazı oluşturmaktadır. Kabuksuz bir yumurtanın bileşimine baktığımız zaman %75 gibi büyük bir oranının su olduğunu görürüz, geri kalan kısmın %12'sini lipitler oluşturmakta, %0,72'sini karbonhidratlar oluşturmakta, %12'sini proteinler oluşturmakta ve %11,7'sini mineral maddeler oluşturmaktadır. Yumurtanın yüksek protein oranının dağılımı ise; albüminde %10,6 olup, yumurta sarısı protein oranı ise %16,6 olmaktadır. Yumurta sarısı yüksek protein oranı içermekte olsa da yumurta sarısında 2,78 g protein bulunurken, yumurta akı 3,5 g protein miktarına sahip olarak yumurta sarısından daha yüksek protein oranına sahiptir (Stadelman ve Cotterill, 1995; Kovacs-Nolan vd., 2005a).

2.2. Yumurtanın Kimyasal Yapısı

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. Ayrıca yumurta proteinleri diğer gıda maddelerine göre en yüksek biyolojik değere sahip olan proteinlerdir. Lisozim, ovotransferrin ve avidin gibi yumurta beyazındaki proteinler, sayısız biyolojik ve fonksiyonel karakteristiklere sahiptir. Yumurta proteinlerinin, biyolojik olarak aktif peptit kaynağı olduğu iyi bilinmektedir. Yumurta proteinlerinin temel fonksiyonları ise gelişen embriyoya besin sağlaması ve mikrobiyal etkilerden yumurtayı korumak olarak ifade edilebilir (Li-Chan ve Kim, 2008; Mine ve Zhang, 2012).

Yumurta albümininde yer alan proteinler ısı işleme karşı oldukça hassastırlar. Yumurta proteinlerindeki koagülasyon işlemi daha çok pişirme esnasında meydana gelmektedir. Çeşitli gıda ürünlerinde yumurtanın çırpılabilirlik, köpükleşme ve köpük stabilitesi özellikleri oldukça önemlidir. Fakat yumurtanın sahip olduğu fonksiyonel

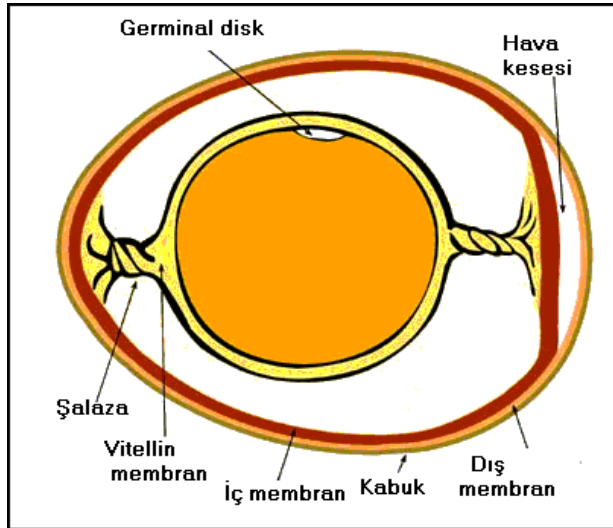
özellikler yüksek sıcaklıklara karşı oldukça hassastırlar (Mine Y. , 2007; Van der Plancken vd., 2007).

Yumurtada; mono, di ve trigliseritlerin yanında kolesterol ve kolesterol esterleri bulunmaktadır. Bunun yanı sıra yumurta serbest yağ asitleri açısından da oldukça zengin bir bileşime sahiptir (Ternes, 2002). Yumurta akı %0,02 oranında lipid içeriğine sahip olmakla birlikte az miktarda lipid içermektedir. Yumurta akında ise lipid miktarı yaklaşık olarak 4,5 g civarındadır. Bu bilgiler ışığında 60 g bir yumurtanın 5 g gibi az miktarda yağ içeriği olduğu görülmektedir. Bunun yanında yumurta sarısında bulunan lipidlerin, yumurtanın içerdiği diğer önemli besin öğelerinden Lutein ve E vitaminin insan vücudunda bağırsaklarda daha kolay bir şekilde emilimine yardımcı olduğu bildirilmiştir (Surai & Sparks, 2001).

2.3. Yumurtanın Fiziksel Yapısı

Kabuklu yumurtanın yapısını incelediğimizde, kabuk, yumurta sarısı ve yumurta akı olarak 3 ana kısımdan oluştuğunu görebiliriz.

Şekil 1’de bir yumurtanın yapısı görülmektedir. Bununla birlikte, kabuklu yumurtada bulunan diğer yapılar ve bu yapıların özelliklerine Tablo 1’de yer verilmiştir.



Şekil 1 : Yumurtanın Yapısı

Tablo 1 : Yumurtada bulunan yapılar ve özellikleri (Stadelman ve Cotterill, 1995; Mine Y., 2007; Wellman-Labadie, 2008; Susyal , 2011; Heperkan ve Gökler, 2006)

	Bileşimi ve Özellikleri	Koruyucu Özelliği
Kutikula	Kutikula tabakasının kalınlığı yaklaşık olarak 20-30 μ dur. İçeriğini %90 oranında proteinler, %4 oranında karbonhidratlar %3 oranında kül ve % 3 oranında yağ molekülleri oluşturur.	Kabukta bulunan gözenekleri kapatarak CO ₂ ve nem transferini önlemektedir, bu sayede yüzeyde bulunan bakterilerin yumurta içerisine geçişi engellenmektedir. Kabuğun yıkanması halinde kutikula tabakası uzaklaşmakta ve yumurtanın raf ömrünün azalmasına neden olmaktadır.
Yumurta kabuğu	Yapısı yüksek oranda kalsiyum ve magnezyum içermektedir. Yumurta kabuğu binlerce gözenekten oluşmaktadır. Bu gözeneklere por adı verilmektedir.	Yumurta kabuğunu oluşturan porlar ile yumurtanın içine gaz girişi ve çıkışı sağlanmaktadır. Kabuk yumurtayı dış çevresel etkenlerden korur. Kabuğun kırılması, çatlaması veya uygun olmayan ortamlardaki depolama bakterilerin yumurta porlarından iç kısmına geçmesini sağlayabilmektedir.
Kabuk içindeki dış zar	Yumurta kabuğunda bulunan dış iç zara göre daha kalın olan tabakadır.	İç zardan daha az koruyucu özelliği bulunmaktadır.
Kabuk içindeki iç zar	Dış zardan farklı olarak lizozim enzimi ve protein içerir.	İçerdiği lizozim enzimi sayesinde bakterileri inaktive eder ve koruyucu özelliği bulunur. Protein içeriği ise gözenekleri kapatarak koruyuculuğunun artmasını 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 sınırlanmaktadır.
Yumurta sarısı	Yüksek oranda protein içerir ve lipit içeriği de yüksektir.	Yüksek besin değerine sahiptir. Antimikrobiyal madde içeriği bulunmamaktadır bu yüzden mikrobiyal bozulmaya karşı daha hassastır.

Yumurta kabuğu, yumurtayı dış etmenlerden koruma konusunda oldukça önemlidir. Bu fonksiyonunu içerdiği kütikula zarı, çift katlı kabuk altı zarı ve kalsiyum karbonat tabakası sayesinde gerçekleştirilmektedir. Ortalama bir kabuklu yumurtada, kabuk ağırlığı yaklaşık 5-6 gram olmakta iken kabuk kalınlığı ise yaklaşık 300-350 mikrometre olmaktadır. Yumurta kabuğu su ve gaz alışverişini sağlayan fonksiyonları sayesinde yumurta içeriğinin korunmasında önemli bir yere sahiptir (Mine Y. , 2007).

2.4. Dünyada ve Türkiye’de Tavuk Yumurtası Üretim Hacmi

Tavukçuluk sektörü başta olmak üzere yumurta endüstrisi, ülkemiz hayvancılığı içerisinde en hızlı gelişme gösteren sektör olup, modern teknolojiyi uygulamada gelişmiş ülkeler seviyesindedir (Anonim, 2012).

Çin, dünya yumurta üretimi ortalamasına bakıldığında 74 milyon tonluk kabuklu yumurta üretiminin %36 gibi büyük bir kısmını tek başına üreten bir ülke olarak önemli bir yumurta üreticisi olarak karşımıza çıkmaktadır. Dünya üzerinde ortalama olarak 1,9 milyon ton kabuklu yumurta ihracatı gerçekleştirilmektedir. Bu ihracatın %15 gibi bir kısmını karşılayan Türkiye Cumhuriyeti Dünya Yumurta İhracatı sıralamasında 289 bin ton kabuklu yumurta ihracatı ile 2. Sırada yer almaktadır.

Tablo 2 Dünyada ve Türkiyede Yumurta Üretim Hacmi (Anonim, 2018. FAO. Erişim 15.05.2022)

Yıl	Çin	ABD	Hindistan	Meksika	Türkiye	Diğer	Dünya
2000	18.547	5.017	2.035	1.788	844	22.909	51.140
2005	20.724	5.350	2.568	2.025	753	25.267	56.687
2010	23.483	5.437	3.378	2.381	740	28.821	64.241
2011	23.897	5.475	3.466	2.459	810	29.391	65.498
2012	24.320	5.589	3.655	2.318	932	30.283	67.097
2013	24.446	5.778	3.835	2.516	1.031	30.895	68.501
2014	24.598	5.974	4.111	2.567	1.072	31.795	70.117
2015	25.493	5.757	4.317	2.653	1.045	32.681	71.946
2016	26.500	6.038	4.561	2.720	1.122	32.949	73.890

Tablo 3 Türkiye'de Yumurta Üretim Hacmi (Anonim, 2015. TÜİK. Erişim 15.05.2022)

Yıl	Kesilen tavuk sayısı (bin adet)	Tavuk eti(ton)	Kesilen hindi sayısı (bin adet)	Hindi eti (ton)	Tavuk Yumurtası* (ton)
2000	413.963	643.457	2.292	19.274	844.287
2005	538.900	936.697	4.417	42.709	753.278
2010	843.898	1.444.059	3.657	31.965	740.025
2011	963.245	1.613.309	4.044	36.331	809.668
2012	1.047.783	1.723.919	4.764	41.931	931.923
2013	1.060.673	1.758.363	4.574	39.627	1.031.047
2014	1.109.742	1.894.669	5.174	48.662	1.071.587
2015	1.118.719	1.909.276	5.360	52.722	1.045.469
2016	1.101.572	1.879.018	4.663	46.501	1.131.100
2017	1.228.444	2.136.734	5.219	52.363	1.205.075

Türkiye Cumhuriyeti'nin son 10 yıllık yumurta üretimine bakıldığında hızlı bir büyüme kaydetmiş olduğu görülebilmektedir. Tablo 3'te 2000 yılından 2017 yılına kadar Türkiye'deki yumurta üretim hacmi hakkında bilgi verilmiştir.

2017 yılına bakıldığında Türkiye'de kabuklu yumurta üretim miktarının 1,2 milyon tonluk üretim ile maksimum seviyeye ulaşmış olduğu görülmektedir. Ayrıca bu miktar 2005 yılı ile kıyaslandığında %60 oranında artmış olduğu görülmektedir (Anonim, Kanatlı Hayvancılık Sektör Politika Belgesi, 2018).

Tablo 4 2020-2021 Kümes Hayvancılığı Üretim Miktarı (Anonim, 2021. TÜİK, Erişim: 11 Mart 2021)

Kümes hayvancılığı üretim miktarı, Ocak 2021

	Ocak		Değişim (%)
	2020	2021	
Tavuk eti (Ton)	183 713	173 290	-5,7
Kesilen tavuk (Bin adet)	102 837	96 185	-6,5
Tavuk yumurtası (Bin adet)	1 777 526	1 696 282	-4,6
Hindi eti (Ton)	4 705	3 465	-26,4

TÜİK verilerine göre tavuk yumurtası üretimi 2021 yılında 1,7 milyar adet olarak gerçekleşmiştir. 2020 yılına göre tavuk yumurtası üretiminde %4,6 oranında azalış olduğu görülmektedir (TÜİK, 11 Mart 2021).

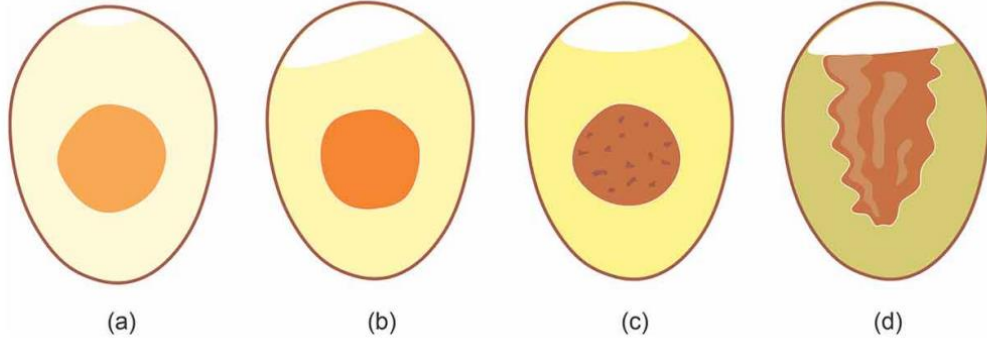
Artan dünya nüfusu ile üretimde yaşanan bu kayıplar beraberinde besin ihtiyacının karşılanması konusunda zorlukları getirmektedir. Bu nedenle alternatif metodlar ile besin maddelerinin korunması ve kayıpların azaltılması yönünde çalışmalar yapılmalıdır.

2.5. Depolama Süresince Yumurtada Meydana Gelen Değişimler

Yumurtlamadan hemen sonra yumurtada kalite kayıpları meydana gelmeye başlamaktadır. Bu kalite kayıpları dahilinde bayatlama süreci olarak adlandırılan yumurtanın fonksiyonel, mikrobiyolojik ve kimyasal özellikleri değişir. Yumurtanın yapısında meydana gelen değişiklikler kısa sürede bozulmasına sebep olmaktadır ve bu durum ciddi sağlık riskleri meydana getirmektedir.

Kabuklu yumurtada görülen problemler içerisinde en önemlisi yumurta kabuğunda oluşabilecek çatlak ve kırılmalardır. Bu çatlak ve kırıklar, yumurtanın içerisine hızlı bir şekilde mikroorganizmaların girişine sebep olmakta, nem kaybını hızlandırmakta ve

bozulmayı hızlandırmaktadır (Cansız, 2006). Yumurtalarda depolama esnasında nem kaybı sonucu ağırlığında azalma meydana gelir. Depolama ile birlikte yumurta akı içerisindeki su miktarı azalmakta ve yumurta sarısına geçiş yaptığından yumurta sarısının su içeriği artmaktadır. Bu nedenle yumurta akının viskozitesi düşmekte ve yumurtanın düz bir yüzeye kırılması halinde yumurtada sarının yayılması-patlaması gözlenmektedir.



Şekil 2 Depolama sırasında yumurta kalite kaybı süreci. (a) Taze yumurta (küçük hava kesesi, ortalanmış yumurta sarısı), (b) biraz eski yumurta (daha büyük hava kesesi), (c) eski yumurta (merkezi olmayan ve lekeli yumurta sarısı) ve (d) tüketime uygun olmayan yumurta (kırılmış yumurta sarısı ve istenmeyen koku).

Depolama ile birlikte ağırlık azalır ve bu durum yumurtanın raf ömrünü kısaltarak bayatlamasını hızlandırmaktadır (Stadelman ve Cotterill, 1995; Heperkan ve Gökler, 2006). Kabuklu yumurtanın depolanması esnasında görülen CO₂ kaybı yumurta akının pH değerini yükseltmektedir. Taze kabuklu yumurtalarda depolama başlangıcında pH değeri 7,5 bandında seyretmekte iken depolama sürecinde bu değer 9,6 ve üzerine çıkabilmektedir. Bu pH artışları sonucunda yumurta bileşimindeki ovomisin-lisozim bağları kırılır ve bu durum albüminin sıvılaşması şeklinde sonuçlar ortaya çıkarır (Lucisano vd., 1996). Albumin sıvılaşması sonucunda yumurta jelleşme ve köpürme gibi önemli fonksiyonlarını kaybetmektedir.

Yumurta kendi doğal antimikrobiyal korunma mekanizması ile mikrobiyolojik bozulmalara karşı direnç gösterse de bazı uygun olmayan depolama şartları altında bu korunma mekanizması yumurta kalitesinin korunması için yeterli olmamakta ve yumurta çevresel mikrobiyol tehditler ile karşı karşıya kalmaktadır (Macherey, 2007).

Kütikula tabakası yumurtlamadan önce oluşan mukoz bir koruyucu katmandır, kabuğun dış yüzünü kaplar ve yapısındaki proteinler ile yumurtayı bakteriyel tehditlerden korumaya yardımcı olur.

Kabuklu yumurtanın iç kısmı her ne kadar steril olarak kabul ediliyor olsa da bazı depolama ve nakliye esnalarında yumurta kabuğuna zarar gelmektedir. Bu da yumurtanın kabuğunda bulunan çok sayıda mikrobiyal tehdidin yumurta içerisine girebilmesine olanak sağladığından raf ömrünü kısaltmaktadır.

Depolama koşullarındaki yumurtalarda porlar genişleyerek bakteri ve küf misellerinin yumurtanın içine girmesi kolaylaşmaktadır. Yapılan çalışmalarda yumurta başına mikrobiyal floranın 10^2 ile 10^8 kob/yumurta olduğu ve ortalama 10^5 kob/yumurta düzeylerinde olduğu belirtilmiştir (Stadelman ve Cotterill, 1995; Wellman-Labadie, 2008). Yumurtalarda bakteriyel kaynaklı bozulmalar küf bozulmalarına göre daha fazla görülmektedir.

Yumurtalarda bozulma süreci tat, koku ve görünüşteki olumsuz değişiklikler sonucu çürüme olarak tanımlanmaktadır. Uygun depolama şartlarında muhafaza edilen yumurtalarda mikrobiyal bozulma süresinin en az 20 gün olduğu bildirilmiştir (Heperkan ve Gökler, 2006; Wellman-Labadie, 2008).

Muhafaza sıcaklığı, kabuklu yumurtalarda mikrobiyal gelişmeyi engelleyen en önemli unsurdur. Yapılan çalışmalarda 7°C ve üzerindeki sıcaklıkların mikrobiyal gelişimi artırdığı ve bunun sonucunda yumurtanın hızla tazeliğini kaybettiği görülmektedir. Bu esnada yumurta içerisindeki hava boşluğu büyümektedir ve viskozitesi azalmaktadır. Oda sıcaklığı koşulları olan 25°C 'de depolanması halinde 1-2 gün içerisinde tazeliğini yitirmekte olan kabuklu yumurta, 2°C 'de depolanması halinde birkaç ay muhafaza edilebilmektedir (Stadelman ve Cotterill, 1995; Heperkan ve Gökler, 2006).

Depolama süreci ile birlikte yumurtanın bayatlaması sonucu yumurta kabuğunun porlarında bulunan koruyucu katman etkisini yitirmektedir ve bunun sonucunda da yumurta dış tehlikelere karşı savunmasını yitirmektedir. Yumurta kabuğunda mikrobiyal yük artarak yumurtanın hızla bozulmasına neden olmaktadır.

2.6. Yumurta Muhafaza Yöntemleri

Kabuklu yumurtada meydana gelen mikrobiyolojik bozulmaları önlemek için farklı muhafaza metotları kullanılmaktadır. Bunlar arasında en ekonomik ve en etkili metodu seçerek endüstriyel kullanıma uyarlamak ekonomik olarak da çok ciddi kazanımlar sağlayabilir. Bu ısıl olmayan koruma yöntemleri arasında ultrases teknolojisi ile muamele, ozon, UV ışın ile muamele, yüksek basınçlı CO₂ işlemi, yüksek yoğunluklu atımlı elektrik alan, ışınlama işlemi ve yüksek hidrostatik basınç uygulamaları bulunmaktadır. Ayrıca bu uygulamaların dışında da antimikrobiyal maddeler kullanılarak yumurtanın kalitesinin korunması, yüzeydeki mikrobiyal yükün azaltılması ve bu sayede raf ömrünün artırılmasına yönelik birçok çalışma bulunmaktadır (Keklik, 2009; Chen vd., 1996; Şivgin vd., 2011).

Yumurta kalitesini korumaya yönelik yapılan tüm bu araştırmaların temel amacı mikrobiyal yükün azaltılması, mikrobiyal gelişimin durdurulması veya geciktirilmesi ile mikrobiyal bulaşmanın önlenmesi sayesinde yumurtanın raf ömrünün normalden daha fazla uzatılmasıdır. Günümüzde yalnızca gıdayı koruyacak metodlar yeterli olmamakta aynı zamanda gıdanın kendisini, duyuşal özelliklerini ve besinsel değerlerini koruyan teknolojiler hakkında yapılan çalışmalar da artmıştır. Taze yumurtaların kalitesinin muhafazasına ve raf ömrünün artırılmasına yönelik araştırmalar da bu bağlamda büyük önem kazanmıştır. Raf ömrü artırılırken özellikle kabuğun zarar görmemesi hatta kabuk kalitesinin geliştirilmesi istenilir.

Taze kabuklu yumurtalar gibi besin değeri yüksek fakat bozulmaya karşı hassas olan ürünlerin uygun ve yeni muhafaza yöntemleri kullanılarak ileri teknoloji ve koruyucu ambalajlama yöntemleri ile mikrobiyolojik bozulmalardan kaynaklanan kayıpların azaltılması, ürünlere katma değer kazandırılması bu sayede pazarda yer alan ürün çeşitliliğinin artırılması ve ihracat konusunda daha fazla ürünün daha uzak mesafelere bozulmaya uğramadan gönderilebilmesi ülke ekonomisi ve bölge ekonomisine katkıda bulunmasını sağlayacak önemli araştırmalar olarak karşımıza çıkmaktadır.

2.7. Ses

Sesin yayılması mekanik titreşimler ile oluşan dalgalardır ve esnek bir ortam gereklidir. Ses, katı, sıvı veya gaz ortamlarda dalgalar halinde yayılabilmektedir. Sesin yayılabilmesi için maddesel bir ortama ihtiyaç bulunur. Özellikle ses, insan kulağı tarafından algılanabilen frekanslardan oluşan mekanik titreşimler anlamına gelir (Goldman, 1962; Gonzalez, 2003).

Sesi oluşturan unsurlar, frekans, dalga boyu, periyot (T) ve hızdır. “Frekans” ses dalgasının birim zamanda oluşturduğu titreşim sayısı olarak açıklanmaktadır. Frekans birimi ise Hertz’dir. Ses, madde ortamında yayılır ve boşlukta yayılması mümkün değildir. Boşlukta sesin yayılması için gerekli olan atom veya molekül gibi tanecikler bulunmamaktadır (Majid & Nayik, 2015).

2.7.1. Çok alçak frekanslı ses (İnfrasonik)

20 Hertz den daha az frekansa sahip olan bu ses, İnfrasound olarak adlandırılmaktadır ve insan kulağının duyamayacağı kadar düşük frekanslı bir sestir. Fakat bu ses dalgası, hava basıncı sonucu oluşan ses dalgalarının frekanslarından daha yüksek olmaktadır.

Yapılan araştırmalarda insan kulağının duyma aralığının 20 Hertz ile 20000 Hertz aralığı olduğu bulunmuştur. Fakat insan kulağının her ne kadar bu aralıktaki sesleri duyduğu söylene de en iyi 250 Hertz ve 3000 Hertz aralığındaki konuşma frekansı olarak adlandırılan bölgeyi duymaktadır. Hayvanlar ise genel olarak insanların duyamadığı çok düşük frekanslı sesleri bile duyabilirler (Majid & Nayik, 2015).

2.7.2. Çok yüksek frekanslı Ses (Ultrasonik)

Ultrasonik sesler, çok yüksek frekanslı sesler olup insan kulağının duyamayacağı seslere denir. Bu seslerin frekansları 20.000 Hertz’in üzerindedir. Fakat düşük frekanslı seslerde olduğu gibi hayvanlar ultrasonik sesleri de duyabilme yetisine sahiptir (Majid & Nayik, 2015).

2.8. Ultrases

Ultrases, çok yüksek frekanslı seslere verilen ad olup, insan kulağının işitme yetisinin çok üzerinde olan seslerdir. 20.000 Hertz veya 18 kHz'in üzerindeki frekanslarda olan ses dalgalarıdır. Tüm ses dalgaları gibi ultrases dalgaları da katı, sıvı ve gaz gibi maddesel ortamlarda sıkışma ve genleşme ile yayılmaktadır. Bunun sonucunda kavitasyon oluşturma özelliği bulunmaktadır.

Genel olarak gıda sanayiinde iki çeşit ultrases uygulaması kullanılmaktadır. Bular; düşük enerji yoğunluklu ($<1 \text{ W/cm}^2$; $>100 \text{ kHz}$) ve yüksek enerji yoğunluklu ($10-1000 \text{ W/cm}^2$; $20-100 \text{ kHz}$) ultrases uygulamalarıdır.

Gıdalarda tahribata sebep olmadan kalite tayini yapılmasına imkan vermesinden dolayı yumurta kalitesini tayin etmek amacıyla düşük yoğunluklu ultrases uygulaması kullanılmaktadır. Mikrobiyal inaktivasyon gibi yüksek kavitasyona ihtiyaç duyulan işlemlerde yüksek yoğunluklu ultrases uygulamaları kullanılmaktadır. Proses işleme süreçlerinde, gıda sanayiinde tercih edilmektedir. Ultrases teknolojisini en değerli kılan faktör farklı birçok uygulama ile birlikte kombine edilebilmesidir. Bu farklı uygulama kombinasyonlarında ise ısı ile kombinasyonuna 'termoultrasonikasyon', basınç ile kombine edilerek uygulanan ultrases uygulamasına 'monosonikasyon' veya hem sıcaklık hem de basınç ile birlikte uygulanan ultrases kombinasyonuna ise 'monotermosonikasyon' adı verilmektedir (Piyasena vd., 2003; Vilkuh vd., 2008; Soria ve Villamiel, 2010; Rastogi, 2011).

Ultrases uygulaması ile elde edilen kavitasyon mekanizmasının bakteriler üzerinde inhibisyon etkisi bulunmaktadır. Kavitasyon ile birlikte sıvı içerisinde bulunan mikro bubble tanecikler büyüyerek bir eşik değere ulaşmaktadır ve sonrasında bu tanecikler patlayarak yüksek bir ısı açığa çıkarmaktadır. 5000 Kelvin ısı açığa çıkmakta ve 500 Mpa basınç açığa çıkararak bakteriyel inaktivasyon sağlanmaktadır.

Kavitasyon eşiğini belirleyen parametreler basıncın büyüklüğü, oluşan ultrases dalgasının frekansı ve gaz kabarcıklarının başlangıçtaki büyüklükleri olarak belirtilmektedir.

Ultrases teknolojisinin inaktivasyon etkisinin bakteriler, virüs ve bakteri sporları, küf ve mayalar gibi bir çok mikroorganizma üzerindeki etkisi yapılan araştırmalarda ortaya konulmaktadır. Fakat bu araştırmalarda bakteri gruplarının ultrases işleme karşı farklı hassasiyette oldukları görülmüştür. Gram negatif (-) bakterilerin, gram pozitif (+) bakterilere

karşı daha dirençli oldukları araştırmalarda ifade edilmektedir (Piyasena vd., 2003; Mason vd., 1996; Adewuyi , 2001).

Ultras es teknolojisi gıda işlenmesi ve üretimi alanında bir çok farklı fonksiyonu ile kullanılmaktadır. Bu fonksiyonlarına örnek olarak tekstürel özellikleri ve viskozitesinin ölçülmesi, katı veya sıvı gıdaların konsantrasyonlarının tayini, et, süt, yumurta, sebze ve meyve gibi gıdaların bileşimlerinin belirlenmesi verilebilir.

Ayrıca yumurta özelinde bakıldığında yüzey temizliğinde, hücre tahribatında, kabuk kalınlığının ölçülmesinde, filtrasyonda, mikroorganizmaların ve enzimlerin inaktivasyonu gibi amaçlarla da kullanılmaktadır (McClements , 1995; Fellows , 2000; Ozdemir ve Floros, 2004; Dolatowski vd., 2007).

2.8.1. Gıdalarda Ultrasonikasyonun Kullanım Alanları

Gıdalarda yeni muhafaza yöntemleri arasında yer alan ultras es yönteminin uygulama alanlarına baktığımızda köpük kırmada, şekerlerin ve katı yağların kristalizasyonunda, kurutmada, etin olgunlaşmasında, temizlemede, yüzey dekontaminasyonunda, enzim aktivitesinin inhibisyonunda, dondurmada ve özellikle mikrobiyal inaktivasyonda kullanılma imkanlarının çok fazla olduğu görülmektedir (Brennan, 2006; Tavman vd., 2009).

Ultras es uygulaması daha düşük sıcaklıklarda ve kısa sürelerde mikroorganizmaların inaktivasyonunu sağlarken aynı zamanda geleneksel ısıl işlem uygulamalarında görülen olumsuz duyu sal değişimlere ve besin kaybına neden olmamaktadır (Vercet vd., 1997; Vercet vd., 2001; Butz, 2002; Piyasena vd., 2003; Chemat ve Hoarau, 2004; Bozkurt ve İçier, 2009).

2.8.2. Ultrasonikasyonun Çalışma Prensibi

Ultrasonikasyonu oluşturan ultras es dalgaları sulu çözeltilerde etkili olmaktadır. Çözelti içerisinde kavitasyona neden olarak mikroorganizmaların hücre duvarını parçalar ve bu sayede hücre inaktivasyonunu sağlar (Elliot ve Winder, 1995; Tabatabaie ve Mortazavi, 2008). Ultras es ses dalgalarının inaktivasyon etkisi basınç dalgalarının maddesel ortamda yayılması ile ortaya çıkmaktadır.

Ses dalgalarının oluşturduğu mekanik titreşimler basınç dalgalarına dönüşerek enerji oluşturur, oluşan bu enerji ortama aktarılır ve ortama aktarılan enerji dalga ile temas etmekte olan maddeye aktarılmaktadır.

Ultrasonik dalganın oluşturduğu hareket ortamdaki tüm moleküllere aktarılır ve moleküller oluşan bu enerjiyi komşu moleküle iletir. Her molekül başlangıçtaki konumuna geri dönmektedir. Bu teknolojiye önemli parametrelerden biri olan ses şiddeti ise oluşan ses dalgasını ifade etmektedir.

Ses şiddetini ayrıca dalga tarafından birim zamanda, birim alanda taşınan enerji olarak da ifade edebiliriz.

Ultras ses teknolojisinden yararlanmak için ses dalgasının ortama yayılması gerekmektedir ve bunun için belirli bir frekansta çalışan, alternatif akımı mekanik titreşimlere dönüştürebilen ultras ses dalgaları üreten cihazlar kullanılmaktadır. Oluşan bu titreşimler probu titreterek ortama iletilmektedirler. Sıvı ortamlarda ise orijinal pozisyonda titretilen akustik alan molekülleri ortamın akustik basıncını artırır ve böylece ortamın basıncı da artar. Basıncın pozitif olduğu durumlarda moleküller arası uzaklık azalmıştır fakat basıncın negatif olduğu durumlarda moleküller arası uzaklık artmış olmaktadır. Ultras ses ile oluşan basıncın kritik değerin altına düşmesi halinde moleküller arası uzaklığın molekülleri bir arada tutmak için gerekli olan kritik değerin üzerine çıkması gerekmektedir. Bu sayede sıvı kırılmakta ve boşluk veya kavitasyon oluşmaktadır. (Mason ve Lorimer, 2002; Tavman vd., 2009).

Kavitasyonların bir kez oluşması halinde büyümeye devam ederler ta ki basınç maksimum negatif değerine ulaşana kadar. Bu noktadan sonra basınç pozitif değerlere ulaşır ve kavitasyon kabarcıkları çökmeye zorlanır. Kavitasyon kabarcıklarının çökmesi halinde çok yüksek bir enerji açığa çıkmaktadır ve bunun sonucunda mikro-jetler oluşmaktadır (Neduzhii, 1962; Lauterborn, 1997; Tavman vd., 2009).



Şekil 3 Ultrasonik Kavitasyon (Hielscher, 2013)

2.8.3. Ultrasonikasyonun Mikrobiyal Etkisi

1930'lu yılların başından itibaren ultrasesin mikrobiyal inaktivasyon etkisi olduğu bilinmektedir (Harvey ve Loomis, 1929). Bunun ardından sıcaklık ve ultrason işleminin bir arada kullanılmasının yalnızca sıcaklık kullanılan bir uygulamaya göre daha fazla mikrobiyal inaktivasyon sağladığı görülmüştür (Garcia vd., 1989). Ultrases teknolojisinin mikrobiyal inaktivasyonu sağlama mekanizması, akustik kavitasyon sonucunda ortaya çıkmakta olan basınç ve ısının uygulanan yüzeyde bulunan hücrelerin fonksiyonel bileşenlerine zarar vermesi, hücreyi parçalaması ve hücrenin yapısını bozması şeklinde açıklanmıştır (Ulusoy vd., 2007; Bozkurt vd., 2009).

Hücrelerin yapısının da ultrasesin etkinliğini değiştirdiği yapılan araştırmalarda belirlenmiştir. Büyük boyutlu hücrelerin, çubuk şeklinde olan bakterilerin ultrasese daha duyarlı oldukları kabul edilmiştir. Küçük boyutlu hücreler ve kök şeklindeki hücreler ultrasese karşı daha dayanıklıdır (Jacobs ve Thornley, 1954). Buna ek olarak, gram pozitif bakteriler gram negatif bakterilerden, bakteri sporları vejetatif hücrelerden, aerobik bakteriler anaerobik bakterilerden daha dirençlidir (Sanz vd., 1985).

Yapılan araştırmalar ultrasonik radyasyon teknolojisinin bakteriyel inaktivasyon için kullanılabileceğini göstermektedir. Mikrobiyal inaktivasyon amacıyla kullanılan ultrasonikasyon teknolojisinin araştırmaları 1960 yılında denizaltı savunma harbinde ses

dalgalarının balıkları öldürdüğüün keşfedilmesinin akabinde ağırlık kazanmıştır (Earnshaw vd., 1995).

Ultras es dalgalarının öldürücü etkilerinin yetersiz olması bu yöntemin bir sterilizasyon yöntemi olarak kullanılmasının önüne geçmektedir.

Fakat yine de son yıllarda yapılan araştırmalarda ultrasonik dalgaların mikrobiyal inaktivasyon etkisi araştırmacıların ilgisini çeken bir konu olarak karşımıza çıkmaktadır (Pagan vd., 1999).

2.9. Yumurta ile İlgili Daha Önce Yapılan Çalışmalar

Caner C. ve Yüceer M. (2019) yumurtalarda raf ömrü boyunca kaliteyi artırmaya yönelik yeni ve inovatif yöntemler üzerine araştırmalar yapmışlardır. Bu araştırma kapsamında 450W 4 dk süreyle ultras es yöntemi kullanılarak işlem görmüş yumurtalar 24°C oda sıcaklığında depolanmış ve depolama boyunca belirli parametrelerle kalitesindeki değişimler ölçülmüştür. Çalışma kapsamında ultras es ile muamelenin yumurta kalitesini kayda değer şekilde artırdığı bildirilmiştir.

Yüceer M. ve Caner C. (2014) yaptıkları bir çalışmada 200W, 300W, 450W ve 2 dk, 5 dk olarak taze kabuklu yumurtalara ultras es uygulamışlardır. Bu çalışma kapsamında ultras es uygulama süresi ve gücü arttıkça kabuk kalınlığının zarar gördüğü görülmüştür. 300W ve 450W ultras es uygulamalarının taze kabuklu yumurtaların depolama süresini uzattığı ve depolamada yaşanan kalite kaybını azalttığı görülmüş fakat kabuk mukavemetini de olumsuz etkilediği bildirilmiştir.

Long Sheng vd. (2018) ultras es yönteminin yumurta beyazının köpürme kabiliyeti üzerine yaptıkları bir araştırmada 360W ultras es uygulanan yumurtaların %260 oranında köpürme kabiliyetlerinin arttığını bildirmişlerdir.

Özbakır S. (2015) yumurta yüzeyinin dezenfeksiyonu amacıyla ozon ve ultras es yöntemleri kullandığı çalışmada ozon (O) (1O₃; 33.6 g/m³ konsantrasyon 5 dk uygulama süresi ve 2O₃; 101.0 g/m³ konsantrasyon ve 15 dk uygulama süresi), ultrasonikasyon (US) (1US; 35 kHz, 1200 W, 3 dk uygulama süresi ve 2US; 35 kHz, 1200 W, 6 dk uygulama süresi) teknolojileri ve bunların kombine uygulamalarının (3US+3O₃; 1200 W, 35 kHz, 2 dk+20.2 g/m³, 3 dk ve

3O₃+3US; 20.2 g/m³, 3 dk+1200 W, 35 kHz, 2 dk) yumurtaların doğal mikroflorasında ve yumurta yüzeyine kontamine edilen patojen bakterilerin inaktivasyonundaki etkisini incelemiştir. Ultrases uygulamalarının yumurtanın duyuşal özellikleri olan renk, tat-aroma, koku, ağızda bıraktığı his ve kalite özellikleri olarak karşımıza çıkan ağırlık, şekil indeksi, özgül ağırlık, renk, Haugh birimi, sarı indeksi, yumurta yüzeyi mineral madde analizi, pH, ak indeksi gibi özelliklerine olan etkisi incelenmiştir. Bu çalışmada elde edilen sonuçlar göstermiştir ki 5 ve 15 dakikalık ozon uygulamaları ile başlangıç toplam küf ve maya sayısı tamamen inaktive edilirken, başlangıç mikrobiyal yükte ise önemli derecede azalma sağlanmıştır. Bu sonuçların yanında yumurtanın duyuşal ve kalite özelliklerinde olumsuz etkiler görülmemesi de oldukça önemlidir. 3 ve 6 dakikalık ultrases uygulamaları ozon uygulamaları ile kıyaslandığında ultrases uygulamalarında başlangıç mikrobiyal yükte daha az inaktivasyon olduğu görülmüştür. Ayrıca ağırlık ve özgül ağırlık gibi kalite özelliklerinde artışa sebep olmuş, kabuk gücünde azalma ve kabukta çatlamalar görülmüştür.

Yumurtanın duyuşal özelliklerinde bir değişiklik görülmemiştir. Ultrases ve ozon teknolojilerinin birlikte uygulanması halinde ozonun önce uygulanması mikrobiyal inaktivasyon bakımından daha etkili olmaktadır. Fakat kalite özelliklerinde meydana gelen istenmeyen değişiklikler iki tür kombinasyonda da görülmüştür.

Yüceer M. (2018) yaptığı çalışmasında sıvı bütün yumurtalara 150W ve 375W değerlerinde 3 ve 6 dk ultrases uygulamış ve sıvı yumurtalarda ultrases kullanımının yumurtadaki fiziksel ve fonksiyonel özellikleri üzerindeki etkisini araştırmıştır. Yaptığı çalışmada ultrases uygulamasının yumurtaların köpük kapasitesi değerlerine önemli ölçüde etki ettiğini görmüştür. Ultrases dalgalarının gücü arttıkça ve uygulama süresi uzadıkça yumurtaların köpük kapasitelerinin de arttığı sonucuna ulaşmıştır.

2.10. Ultrasesin Farklı Gıdalarda Uygulanması ile İlgili Yapılan Çalışmalar

Yapılan bir çalışmada domates sularına sadece ısıl işlem ve termosonikasyon (20 kHz, 25, 50 ve 75 µm, 60, 65 ve 70°C) uygulanarak pektin metil esteraz (PME) enziminin inaktivasyonu incelenmiştir. 60, 65 ve 70°C'lerde sırasıyla 41.8, 11.7 ve 4.3 dk'lık sürelerle uygulanan termosonikasyon uygulamasının PME aktivitesini % 90 oranında azaltırken sadece ısıl işlemin 60, 65 ve 70°C'de 90.1, 23.5 ve 3.5 dk uygulanmasıyla pektin metil esteraz enzimi aktivitesinde yaklaşık %90 lık azalma bu şekilde de sağlanmıştır. Yapılan bu

çalışmada yüksek sıcaklıklarda hava kabarcıkları içinde buhar basıncının artması sebebiyle işlemin etkinliği azalmıştır. Bu da termosonikasyon uygulamasında sıcaklığın 70°C'ye yükseltilmesinin bir avantajının olmadığını göstermiştir (Mason T. , 1990).

Üç farklı işlem içeren bir çalışmada düşük enerjili ultrases dalgalarının yoğurdun fermentasyonuna olan etkisi araştırılmıştır. Birinci işlem kontrol örneği olmaktadır bu sebeple yoğurt normal fermentasyon işlemi ile üretilmiştir. İkinci işlemde ilk olarak süte ultrasonikasyon uygulaması yapılarak daha sonrasında yoğurt kültürü eklenmiştir. Sonuncu grupta ise süte yoğurt kültürü eklenmiş ve fermentasyona bırakılmadan önce ultrasonikasyon uygulanmıştır. Çalışmanın sonunda üç işlemde elde edilen ürünler karşılaştırılmış ve süte yoğurt kültürü eklenmeden önce uygulanan ultrases işleminin son üründe su tutma kapasitesini arttırdığı ve serum miktarını azalttığı belirlenmiştir. Süte yoğurt kültürü eklendikten sonra uygulanan ultrases uygulamasının son üründe yoğurdun fermentasyon süresini yarım saat kısalttığı, su tutma kapasitesini arttırdığı fakat serum miktarında faydalı bir değişikliğe sebep olmadığı belirlenmiştir (Wu vd., 2001).

Vercet vd. (2002) yaptıkları çalışmalarında sıcaklık, basınç ve ultrasonikasyonun bir arada kullanımının (monotermosonikasyon), domatesteki pektik enzimlerden pektin metil esteraz (PME) ve poligalakturonaz (PG) ve domates salçasının reolojik özelliklerine etkisini araştırmışlardır.

Yapılan çalışmada domates suyuna monotermosonikasyon (20 kHz, 200 kPa, 117 µm, 70°C) uygulanmış, ve bunun yanında 70°C sıcaklıkta 1 dk süreyle ısıtılan domates suyunda enzim inaktivasyonuna bakılmıştır. Bu çalışma kapsamında ısıtılan domates suyu başlangıç PME aktivitesi % 38 azalmıştır. Fakat monotermosonikasyon uygulanan domates sularında ise PME görülmemiştir. PG aktivitesi monotermosonikasyon uygulaması ile % 62 azalmıştır. Isı uygulamasının ise PG aktivitesini hiç değiştirmedeği görülmüştür. Bu çalışmanın sonuçlarına göre yüksek viskozitede domates suyu üretiminde monotermosonikasyon uygulamasının uygun olduğu saptanmıştır.

Knorr vd. (2004) yaptıkları çalışmalarında portakal suyunda askorbik asit degradasyonunu incelemiştirler. 20°C'de depoladıkları portakal suyuna ultrasonikasyon ile birlikte sıcaklık uyguladıkları çalışmalarında askorbik asit degradasyonunun sadece sıcaklık uygulaması ile kıyaslandığında daha az olduğunu paylaşmışlardır.

Kuldiloke ve Eshtiaghi (2008) yaptıkları bir çalışmada portakal suyu kaynaklı maya oluşumunu engellemeyi başarmışlardır. Bu çalışma kapsamında %40 (80 W) ultrasonik güç ve 50°C'de 15 dk bir ısı işlem uygulaması kullanmışlardır.

Bozkurt ve İçier (2009) yaptıkları çalışmada, çileklerin raf ömrünü arttırmak amacıyla, ultrasonikasyon (32 kHz'de 20, 50 ve 65°C) ve UV-C (12.36 W/m²) uygulamışlar ve bu proseslerin çilek kalitesine etkilerini ve mikrobiyal etkinliklerini araştırmışlardır. Çalışma kapsamında UV-C uygulaması mikrobiyal olarak yeterli inaktivasyon sağlayamasa da antosiyanin miktarı, renk, pH, doku gibi kalite özelliklerinin korunmasında etkili bir yöntem olarak karşımıza çıkmaktadır. Isı ile kombine olarak kullanılan ultrasonikasyon yöntemi ise dokuda yumuşama ve renkte bozulmalara neden olmuştur fakat bunun yanında mikrobiyal olarak iyi bir etkinliğe sahip olmaktadır.

Bermudez-Aguirre vd. (2010) yaptıkları çalışma kapsamında ultrasonikasyon ve ısı işlemlerinin kombine kullanımı ile sütte bulunan *L. Innocua* ve mezofilik bakterilerin inaktive edilmesini araştırmıştır. Bu çalışma sonucunda ultases uygulanan işlemde inaktivasyon hızının daha fazla olduğu görülmüştür.

Ercan ve Soysal, (2010) yaptıkları çalışmalarında ultrasonikasyon teknolojisinin enzim inaktivasyonu üzerine etkilerini incelemişlerdir. Bu çalışmada domateste bulunan peroksidaz enzimine %15 - %75 aralığında ultrases dalgaları 20 – 150 saniye aralığında değişen sürelerde uygulanmıştır. Çalışmanın sonucunda %50 ve %75 ultrases gücünün 150 saniye uygulanması ile enzim inaktivasyonunun tamamen sağlandığı görülmüştür. Ultrases işlemi uygulanan domates suyunda C vitamini kaybının ısı işlemine göre daha az olduğu ve ultrasonikasyonun ısı işlemine alternatif olabileceği belirtilmiştir.

Taze kabuklu yumurtalarda kaliteyi korumaya yönelik çalışmaların ve proses sonrası yumurta kalitesini ve duyu özelliklerini etkileyen faktörler üzerine yapılan çalışmaların ve araştırmaların sınırlı olduğu görülmektedir. Bu nedenle yumurta kalitesini korumaya yönelik alternatif teknolojiler üzerine yapılan çalışmaların artırılması gerekmektedir. Özellikle taze kabuklu yumurtaların ısı olmayan işlemler ile raf ömrü boyunca duyu özelliklerinin bozulmasına neden olmadan kalitesinin korunmasına yönelik ultrases uygulamalarının araştırılması hedeflenmektedir.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

ARAŞTIRMA YÖNTEMİ/MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Taze yumurta

Bu çalışma kapsamında kullanılan taze kabuklu beyaz yumurtalar A.B Gıda San ve Tic A.Ş. yumurta üreticisinin günlük-taze 41 haftalık aynı yaş grubunda olan Lohmann cinsi tavukların yumurtalarından rastgele seçilmiştir. Seçilen yumurtalar ivedi bir şekilde laboratuvara alınmış ve kirli, çatlak, boyut ve ağırlığı diğerlerine göre standart dışında olanlar tasnif edilerek uygun olmayanlar ayrılmıştır. Tüm analizler 2 tekerrür ve 2 paralel olarak yapılmıştır. Yumurta örnekleri 25°C oda sıcaklığında muhafaza edilmiştir.

3.2. Yöntem

3.2.1. Yapılan uygulamalar

Ultrases uygulaması

Kavitasyon oluşturmak için Ultrascall processor UIP1000hd (1000 W) ultrases cihazı kullanılarak BS2d18 metalik prop ile cihazın özel haznesi içerisinde ultrases uygulanmıştır. Ultrases uygulamaları cihazın 1,5 litrelik 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 güçlerde (80 W, 160 W ve 360 W) ve 3 dk süreyle ultrases uygulaması yapılmıştır.

- Kontrol
- 80 W - 3 dk ultrases uygulaması
- 160 W - 3 dk ultrases uygulaması
- 360 W - 3 dk ultrases uygulaması

3.2.2. Analizler

Fiziksel, kimyasal ve fonksiyonel analizler

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 3'er adet yumurta alınarak 0.001 g hassasiyete 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:

$$\text{Ağırlık Kaybı} = \frac{[(B.Y.A. - S.Y.A.) \times 100]}{B.Y.A.} \quad (1.1)$$

B.Y.A. = Başlangıç yumurta ağırlığı

S.Y.A. = Son yumurta ağırlığı

Haugh birimi

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, Mitutoyo Ltd., İngiltere) ile ölçülmüştür. Ölçümü yapılan 5 noktanın ortalaması aşağıdaki formülde yerine konularak Haugh birimi elde edilmiştir (Caner, 2005a).

$$\text{Haugh birimi} = 100 \log (h - 1.7 G^{0.37} + 7.6) \quad (1.2)$$

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 sarı indeksi

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.

$$\text{Sarı İndeksi: } (h*100)/R \quad (1.3)$$

h= Yumurta sarısının yüksekliği

R=Yumurta sarısının çapı

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).

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.

Relatif köpük kapasitesi

Yumurta akı ve bütün yumurta örneklerinin (20°C) nispi köpük kapasitesi (RWC) Li-Chan vd. (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. devirde daha sonra ise 90 saniye boyunca 3. devirde çırpılmasıyla elde edilmiştir. Köpük yoğunluğu, köpüğün belirli bir hacim kütlesi ve köpük stabilitesinden hesaplanmıştır. Köpük stabilitesi Lechevalier vd. (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 2 paralelli olarak gerçekleştirilmiş ve ortalamaları hesaplanmıştır.

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 için 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).

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 moment ölçümüne bağlı olarak seçilmiştir. Silikon yağı standart solüsyonu (Brookfield Eng., MA, ABD) viskozimetreyi kalibre etmek için kullanılmıştır.

Kabukta kırılma direnci (kabuk mukavemeti)

Yumurta kabuğunun mukavemetini belirlemek amacıyla yumurtaların üst ve alt kısımlarının kırılma dirençleri (kg/f) tekstür analiz cihazı (TA.XT Plus, 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.

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. Farklılıkların belirlenmesinde Tukey çoklu karşılaştırma testinden yararlanılmıştır. Çalışmada her bir tekerrür için 30 yumurta 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.

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

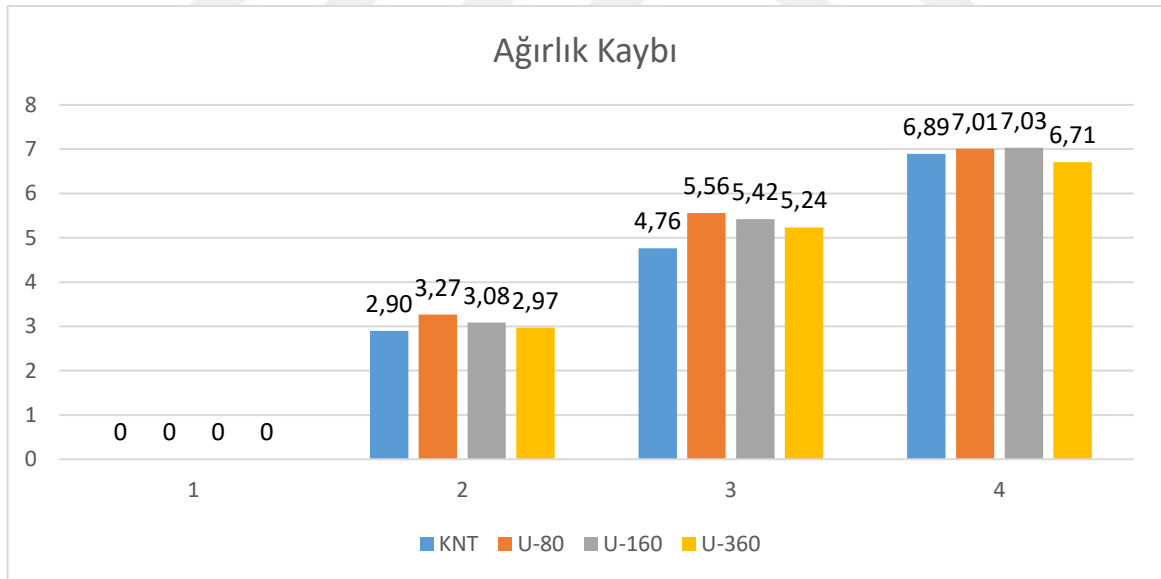
ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1. Araştırma Bulguları

4.1.1. Ağırlık Kaybı

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 vd., 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 vd., 2012).

Tablo 5 Farklı ultrases uygulamalarının 24 C’de depolanan yumurtaların ağırlık kaybına olan etkisi



İkinci haftada en yüksek ağırlık kaybı 80 W ultrases uygulamasında görülmekte iken en düşük ağırlık kaybı kontrol örneğinde görülmektedir. Üçüncü ve dördüncü haftalarda depolama ile birlikte 80 W ve 160 W ultrases uygulanan örneklerdeki ağırlık kaybı değerleri birbirlerine yakın olmakta iken 360 W ultrases uygulanan örneklerdeki ağırlık kaybı

miktarının kontrol ve diğer ultrases uygulanan örneklerden önemli ölçüde daha az düzeyde olduğu görülmektedir.

4.1.2. Haugh birimi

HU birimindeki azalma, depolama esnasında yumurtanın iç kalitesindeki bir değişimin sonucudur. Kalite azalmasına bağlı olarak albümin yüksekliğinde de belirgin bir azalma meydana gelir. Albümin giderek ince bir yapıya sahip olur ve depolama sırasında CO₂ kaybeder, bu da pH'ın artmasına neden olarak lizozim-ovomüsin kompleksi arasındaki elektrostatik kompleksin bozulmasına sebebiyet verir. Kalın akın incilmesi, ovomüsünde meydana gelen değişikliklerle ilişkili olarak daha düşük HU sonuçları görülür.

Yumurta akından sarı kısma su transferi ve yumurta depolama sırasında vitellin-membran kaybının stabilitesi yumurta akı yüksekliğinin depolama esnasında düşmesinin sebeplerindendir.



Şekil 4 Albümin kalitesi değişimi. (a) Taze yumurta: Albumin yoğun ve yüksek (b) Eski yumurta: Albumin yoğunluğu azalmış ve sıvı oranı artmış

Depolama sırasında yumurta akının kalitesinin ölçütü olan HU deki değişim Tablo 6'da verilmiştir.

Tablo 6 24°C'de 4 haftalık depolama sırasında çeşitli ultrason güç uygulamalarının Haugh ünitesi (HU) ve yumurta kalitesi üzerindeki etkisi

Uygulam	Haugh Birimi				
	0. Hafta	1. Hafta	2. Hafta	3. Hafta	4. Hafta
a					
Kontrol	79,3(AA)±5,5Aa	65,3(AA)±1,2B	57,3(AA)±2,1Ca	51,8(A)±2,1Da	40,6(A)±1,8Ea
80 W	79(AA)±1,0Aa	67(AA)±1,5Bab	60,5(AA)±2,1Cb	53,1(AA)±1,9Db	45,6(AA)±4,2Eb
160 W	80(AA)±1,7Aa	67,9(AA)±1,6B	61(AA)±1,6Cb	54,6(AA)±1,9Db	47,2(AA)±2,0Eb
360 W	81,7(AA)±4,1Aa	68,5(AA)±1,7B	63,8(AA)±3,1Cb	55,3(AA)±1,5Db	48,8(A)±1,5Eb

Veriler, Üçlü ölçümlerin Ortalama ± standart sapmaları olarak ifade edilir.

a-e Farklı küçük harflerle aynı sütundaki ortalamalar önemli ölçüde farklıdır (P <0.05).

A-G Farklı büyük harflerle aynı satırdaki ortalamalar önemli ölçüde farklıdır (P <0.05)

Yumurta Kalitesi: AA, HU > 72; A, HU = 71–60; B, HU = 59–31; C, HU < 30.

Yumurtaların HU değerinde her halükarda depolama süresince düşüş olmuştur. Mevcut araştırmada 4 haftanın sonunda, işlem görmemiş yumurtaların sonikasyona tabi tutulmuş kabuklu yumurtalardan (45.1-47.5-48.8) (p<0.05) önemli ölçüde daha düşük HU'ya (40.6) sahip olduğu gösterilmiştir (Tablo 6).

İşlem görmemiş yumurtaların HU değerleri, depolama süresi boyunca çok daha hızlı bir şekilde azalmıştır. 4 haftalık depolama sırasında 360-W ve 160-W için 80-W ve kontrole göre önemli ölçüde daha yüksek HU değerleri gözlemlenmiştir. Bu çalışmaya göre, 360-W ve 160-W sonikasyonun, depolama sırasında yumurta akı kalite değişikliklerini korumada diğerlerinden daha verimli olduğunu söyleyebilmekteyiz. Bu çalışmada çeşitli sonikasyon güçlerinin depolama sırasında yumurta beyazı kalitesini koruduğunun altı çizilmektedir. Mevcut araştırma, özellikle 160-W ve 360-W olmak üzere ultrasonun uygulama gücüne bağlı olarak albümin yüksekliğinin (HU) korunmasının en az 1 hafta sürdüğünü göstermiştir. Sert, Aygün ve Demir, taze yumurtaların ultrason ile muamele edilmesinde (5,15 ve 30 dakika 35 kHz) ve en uzun muamele süresinde (30 dakika) ultrasona tabi tutulmayanlara göre HU'da önemli artış görüldüğünü yayınlamışlardır. Mevcut sonuçlarımız önceki çalışmalarla uyumludur (Bhale vd., 2003).

4.1.3. Yumurta Sarısı İndeksi

Sarı indeksi, yumurta kalitesinin tayininde tazeliğinin bir göstergesi olan, uygulamada yumurta sarısı genişliğinin yüksekliğine olan oranı şeklinde bildirilmektedir (Stadelman, 1995; Torrico vd., 2011a). Farklı güçte ultrases işlemine tabii tutulan yumurtaların sarı indeksi değerleri Tablo 7’de verilmiştir.

Tablo 7 24°C’de 4 haftalık depolama sırasında çeşitli ultrases güç uygulamalarının Sarı İndeksi (YI) ve yumurta kalitesi üzerindeki etkisi

Uygulama	SARI İNDEKSİ (YI)				
	0. Hafta	1. Hafta	2. Hafta	3. Hafta	4. Hafta
Kontrol	0,43±0,02Aa	0,36±0,02Ba	0,31±0,01Ca	0,29±0,01Da	0,26±0,01Ea
80 W	0,43±0,01Aa	0,39±0,01Bb	0,34±0,01Cb	0,33±0,01CDb	0,32±0,01D b
160 W	0,43±0,01Aa	0,38±0,01Bb	0,35±0,01Cb	0,34±0,01CDbc	0,33±0,01D bc
360 W	0,43±0,01Aa	0,38±0,01Bb	0,34±0,01Cb	0,35±0,01CDc	0,34±0,01D c

Veriler, Üçlü ölçümlerin Ortalama ± standart sapmaları olarak ifade edilir.

a-e Farklı küçük harflerle aynı sütundaki ortalamalar önemli ölçüde farklıdır (P <0.05).

A-G Farklı büyük harflerle aynı satırdaki ortalamalar önemli ölçüde farklıdır (P <0.05).

Yumurta Kalitesi: AA, HU > 72; A, HU = 71–60; B, HU = 59–31; C, HU < 30.

Ultrases ile işlem görmüş yumurtalar (0,32-0,34) işlem görmemiş yumurtalardan (0,26) daha yüksek YI değerleri göstermiştir. Depolama sonunda, işlem görmemiş yumurta YI değeri 0,43'ten 0,26'ya düşerken, 80-W, 160-W ve 360-W ultrasonik işlemlerde sırasıyla 0,32; 0,33 ve 0,34 değerleri bulunmuştur. 360 W ve 160 W ile ultrases işlemi görmüş yumurtaların 4. Haftadaki YI değerleri, ultrases işlemi görmemiş yumurtaların 2. Haftadaki YI değerlerinden daha yüksek bulunmuştur. Böylece sonikasyon, Caner ve Yüceer (2015) ve Sert, Aygun, Torlak ve Mercan (2013)'de olduğu gibi YI'yi (yumurta tazeliğini) iki hafta daha uzun süre korumada etkili olduğunu göstermiştir.

4.1.4. Kabuklu Yumurta Albumin ve Sarı 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 yükselebilmekte ve bu değer yumurtanın taze olup olmadığının bir göstergesi olarak kabul edilmektedir (Scott ve Silversides, 2000; Rocculi vd., 2009).

Yapılan bu çalışmada, albümin pH'sı kontrol grubunda 8,66'dan 4 hafta depolama sonunda 9,54'e kadar yükselmiş ve haftalık depolama periyotları arasındaki farkın istatistiksel açıdan önemli ($p < 0,05$) olduğu belirlenmiştir.

Mevcut araştırmalarda, tüm grupların yumurta beyazlarının pH'ı, depolama süreleri boyunca önemli ölçüde yükselmektedir.

Tablo 8 24°C'de 4 haftalık depolama sırasında çeşitli ultrasonik güç uygulamalarının albümin pH'ı üzerindeki etkisi

Uygulama	ALBUMIN PH				
	0. Hafta	1. Hafta	2. Hafta	3. Hafta	4. Hafta
Kontrol	8,66±0,05Aa	9,34±0,03Ba	9,47±0,02Ca	9,50±0,02Ca	9,54±0,02Da
80 W	8,83±0,05Ab	9,25±0,01Bb	9,37±0,02Cb	9,41±0,02Cdb	9,44±0,02Db
160 W	8,85±0,04Ab	9,23±0,03Bb	9,36±0,02Cb	9,39±0,01Cbc	9,40±0,01Cc
360 W	8,88±0,05Ab	9,23±0,01Bb	9,34±0,02BCb	9,37±0,02Cc	9,39±0,01Cc

Veriler, Üçlü ölçümlerin Ortalama ± standart sapmaları olarak ifade edilir.

a-e Farklı küçük harflerle aynı sütundaki ortalamalar önemli ölçüde farklıdır ($P < 0,05$).

A-G Farklı büyük harflerle aynı satırdaki ortalamalar önemli ölçüde farklıdır ($P < 0,05$).

Kontrol grubunun pH değeri depolama boyunca işlem görmüş yumurtalara göre önemli ölçüde yüksekken, en düşük pH değerleri 9,39 (360-W) ve 9,40 (160-W) sonikasyona tabi tutulmuş yumurtalardan elde edilmiştir ve bunu 80-W (9,44) ultrasonikasyona tabi tutulmuş grup izlemiştir (Tablo 8).

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.

Buna göre 360-W ve 160-W sonikasyon uygulanmış taze yumurta grupları istatistiksel açıdan benzer bulunmuştur. 4 haftalık depolama sonucunda 360W ve 160 W sonikasyona

tabi tutulmuş yumurtaların yumurta akı tazeliği 80W sonikasyona tabi tutulmuş yumurtaların ikinci haftadaki yumurta akı tazeliğine eř değer bulunmuştur. Bu sonuçlar; 360W ve 160W sonikasyon uygulamalarının depolama sũresi boyunca yumurta akı tazeliğini korumada en etkili işlem olduklarını vurgulamaktadır.

Sonikasyon işlemi, depolama sũresi boyunca yumurta beyazının pH'ının korunmasında, beyazın sıvılaşmasının önlenmesinde ve pH değerlerini kontrol ederek yumurta beyazının kalitesinin korunmasına katkıda bulunmaktadır. Bu sayede kabuklu yumurtaların iç kalitesi normalden daha uzun sũre korunabilmektedir.

Yapılan bu çalışmada 160W ultrases uygulamasının sonikasyondan sonra mikro çatlaklar veya kabuk kırılması gibi kabuklu yumurtalarda ciddi hasarlara sebep olmadan yumurtaların raf mrũ boyunca pH'ını korumada etkili olduğunu bu sayede de yumurta tazeliğini korumada en etkili yöntem olduğunu göstermektedir.

Taze yumurta sarısının pH değerı yaklaşık 6,0'dır ve depolama esnasında 6,5 değerlerine kadar yũkselebilir. Yapılan bu çalışmada 4 haftalık depolama sũrecinde sonikasyon işlemi uygulanmamış kontrol grubu yumurtalarda, yumurta sarısının pH değerı 6,35'e ulaşmıştır.

Ultrasonikasyon işlemi uygulanmış taze kabuklu yumurtalarda ise depolama sonunuda sarı pH değerleri sırasıyla 6,27 (80W), 6,25 (160W) ve 6,23 (360W) olarak bulunmuştur. Ultrasonikasyon işlemi uygulanan yumurtaların pH değerlerinin ikinci haftanın sonunda kontrol grubuna göre anlamlı olarak daha dũřuk olduğu tespit edilmiştir. Taze kabuklu yumurta sarılarının pH değerlerindeki değişim Tablo 9'da verilmiştir.

Tablo 9 24°C'de 4 haftalık depolama sırasında çeşitli ultrasonik güç uygulamalarının Sarı pH'I üzerindeki etkisi

Uygulama	Yumurta Sarısı pH				
	0. Hafta	1. Hafta	2. Hafta	3. Hafta	4. Hafta
Kontrol	6,08±0,03Aa	6,14±0,03Ba	6,23±0,02Ca	6,28±0,02Da	6,35±0,03Ea
80W	6,09±0,04Aa	6,11±0,02Aa	6,17±0,05ABb	6,22±0,04Bab	6,27±0,02Cb
160W	6,07±0,03Aa	6,08±0,04Ab	6,14±0,03ABb c	6,19±0,03Bb	6,24±0,04Cc
360W	6,08±0,05Aa	6,08±0,05Ab	6,12±0,05ABc	6,18±0,03BC b	6,23±0,03Cc

Veriler, Üçlü ölçümlerin Ortalama ± standart sapmaları olarak ifade edilir.

a-e Farklı küçük harflerle aynı sütundaki ortalamalar önemli ölçüde farklıdır (P <0.05).

A-G Farklı büyük harflerle aynı satırdaki ortalamalar önemli ölçüde farklıdır (P <0.05).

4.1.5. Albümin ve sarı çözünür kuru madde ölçümleri

Yumurtanın albümin pH ve kuru madde değeri depolama ve sıcaklık ile doğrusal orantılı olarak artmaktadır. Kuru maddede meydana gelen bu değişim, albüminden buharlaşma ile kabuktan su kaybı ve albüminden sarı kısma zayıflayan vitellin membran ile suyun difüzyonu sebebiyle meydana gelmektedir (Lucisano vd., 1996; Hammershøj vd., 2002). Yumurtanın farklı güçte ultrases dalgalarıyla farklı süreler ile muamele edilmesinin uygulama sonrası ve 4 haftalık depolama periyodu boyunca toplam kuru madde değeri üzerine etkilerine Tablo 10 ve 11'de yer verilmiştir.

Tablo 10 Farklı ultrases uygulamalarının depolama süresi boyunca yumurta albümin kuru madde değerleri üzerine etkisi

Depolama Süresi (Hafta) / Yumurta Albümin Kuru Madde Değeri					
Uygulama	0. Hafta	1. Hafta	2. Hafta	3. Hafta	4. Hafta
Kontrol	14,2±0,3Aa	14,8±0,3Ba	15,1±0,3BCa	15,9±0,3Ca	16,4±0,4Da
80W	14,4±0,3Aa	15,6±0,4Bb	16,3±0,4Cb	16,4±0,3Cb	16,9±0,3Db
160W	14,1±0,7Aa	15,7±0,5Bb	16,3±0,2BCb	16,2±0,4BCab	16,6±0,4Cb
360W	14,2±0,6Aa	15,3±0,4Bb	16,2±0,4Cb	16,4±0,4Cb	16,5±0,2Cb

Veriler, Üçlü ölçümlerin Ortalama ± standart sapmaları olarak ifade edilir.

a-e Farklı küçük harflerle aynı sütundaki ortalamalar önemli ölçüde farklıdır (P <0.05).

A-G Farklı büyük harflerle aynı satırdaki ortalamalar önemli ölçüde farklıdır (P <0.05).

Tablo 11 Farklı ultrases uygulamalarının depolama süresi boyunca yumurta sarısı kuru madde değerleri üzerine etkisi

Depolama Süresi (Hafta) / Yumurta Sarısı Kuru Madde Değeri					
Uygulama	0. Hafta	1. Hafta	2. Hafta	3. Hafta	4. Hafta
Kontrol	48,7±0,5Aa	46,5±0,5Ba	45,6±0,7Ca	45,3±0,8CDa	44,8±0,3Da
80W	48,6±0,8Aa	47,1±0,7Bb	46,5±0,7Cb	46,2±0,3CDb	45,9±0,2Db
160W	48,3±0,6Aa	47,4±0,2Bb	46,5±0,3Cb	46,4±0,5Cb	46,2±0,3Cb
360W	48,2±0,7Aa	47,5±0,4Bb	46,6±0,1Cb	46,5±0,1Cb	46,4±0,06Cb

Veriler, Üçlü ölçümlerin Ortalama ± standart sapmaları olarak ifade edilir.

a-e Farklı küçük harflerle aynı sütundaki ortalamalar önemli ölçüde farklıdır (P <0.05).

A-G Farklı büyük harflerle aynı satırdaki ortalamalar önemli ölçüde farklıdır (P <0.05).

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.

Ultrases ile muamele edilmeyen kontrol grubu için albümin toplam kuru madde değeri, sonikasyon uygulanmış gruplara göre daha düşük bulunmuştur (Tablo 10). Depolama sırasında yumurta beyazında artan toplam kuru madde, yumurta sarısına su geçişi olmasından kaynaklı sıvılaşması ile ilişkilendirilmiştir. Bu sıvılaşma, beyaz da likidite artışına yol açmakta ve yumurta kalitesinde bozulmalara sebep olmaktadır. Depolama esnasında yaşanan sıvı göçü albümin ve yumurta sarısı konsantrasyonlarında değişikliklere sebep olmakta ve kuru madde konsantrasyonlarında değişikliklere yol açmaktadır. (Yüceer M., 2016; Torrico DD, 2011).

Ultras es ile muamele edilmeyen kontrol örneği yumurta akının toplam kuru madde değeri depolamanın başında 14,2'den depolama sonunda 16,4'e kadar değişiklik göstermiştir. Sonikasyon uygulanmış örneklerin toplam kuru maddesi, işlenmemiş örneklerden daha yüksek bulunmuştur, bunun büyük bir sebebi sonikasyon işleminin, yumurta sarısının albümine göç etmesine neden olması olarak açıklanmaktadır.

Sarının kuru madde değeri, depolama periyotları sırasında, ilk haftadaki en yüksek değeri olan 48'den depolama sonunda 44,78-46,48'e önemli ölçüde düşmüştür. Sonikasyon uygulanmış yumurtalardaki sarıların toplam kuru madde değeri, sonikasyon işlemi uygulanmayan kontrol grubundan önemli ölçüde daha yüksek toplam kuru madde değerine sahip olarak bulunmuştur (Tablo 11). Bununla birlikte, sonikasyona tabi tutulan yumurtaların toplam kuru madde değerleri arasında istatistiksel olarak önemli bir fark bulunmamıştır. Bu sonuçlar Jones ve Yüceer, Aday ve Caner ile uyumludur (Jones, 2007; Yuceer M., 2016).

4.1.6. Albümin ve bütün yumurtada relatif köpük kapasitesi

Yumurtanın albümini jelleşme, köpük oluşturma, yapısal bağlayıcılık, emülsiyon oluşumu gibi birçok fonksiyonel özellikleri yapısında bulundurmakta olup, bu özelliklerden birçok gıda maddesinin üretiminde faydalanılmaktadır (Arzeni vd., 2012).

Tablo 12'de farklı ultras es uygulamaları ile muamele edilen yumurtaların depolama süresince yumurta albümin köpük kapasitesine etkisi çalışma kapsamında incelenmiştir.

Beyazın çırpma kapasitesi, RWC ve köpük stabilitesinin (FS – Foam stability) ölçülmesiyle belirlenebilir. Köpük stabilitesi veya drenaj hacmi, köpükte su tutma kapasitesini yansıtır ve zamanla destabilizasyon ile oluşan kayıp sıvının ölçülmesiyle belirlenir (Jones, 2007; Lomakina ve Mikova, 2006).

Albüminin relatif köpük kapasitesi (RWC) başlangıçta 932-937'ye, depolama sonunda 705'e, 857'ye (360-W), 847'ye (160-W) ve 835'e (80-W) düşerek önemli ölçüde azalmıştır (Tablo 12). Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar Yüceer, Aday ve Caner tarafından yayınlanan daha önceki çalışmalar ile uyumlu bulunmuştur (Yüceer M., 2016).

Bu çalışmada yumurta örneklerine uygulanan 360-W, 160-W ve 80-W gücündeki sonikasyon işleminin, sonikasyon işlemi uygulanmamış olanlara kıyasla köpük kapasitesini %20 oranında artırabileceği tespit edilmiştir.

Pozitif yüklü lizozim ($pI=10.7$), albümin köpük stabilitesinde önemli bir işleve sahiptir. Lizozim ve diğer negatif yüklü proteinler, köpük oluşumu sırasında hava-sıvı arayüzüne transfer olmaktadır. Bu nedenle, diğer negatif yüklü proteinler, lizozim ile elektrostatik olarak etkileşime girerek protein tabakası üzerindeki itici elektrostatik etkileşimlerde ve albüminin köpük stabilizasyonunda bir azalmaya yol açmaktadır (Yüceer M., 2016).

360-W ve 160-W sonikasyon işlemine tabi tutulan örneklerin RWC değerlerinin sonikasyon işlemi uygulanmayan ve 80 W sonikasyon işlemi uygulanan örneklerden istatistiksel olarak önemli ölçüde farklı ve daha yüksek köpük stabilitesine sahip olduğu belirlenmiştir.

Bu çalışma göstermektedir ki, sonikasyon işlemi kabuklu yumurtalarda depolama sırasında pH'daki değişiklikleri önlediği için RWC'yi de önemli ölçüde korumaktadır.

Tablo 12 Farklı ultrases uygulamalarının depolama sırasında yumurtaların relative köpük kapasitesine etkisi

Uygulama	Relatif Köpük Kapasitesi (Relative Whipping Capacity)				
	0. Hafta	1. Hafta	2. Hafta	3. Hafta	4. Hafta
Kontrol	932±45Aa	850±28Ba	740±22Ca	725±21Ca	705±17CDa
80 W Ultrases	930±28Aa	870±14Bb	865±35Bb	852±31BCb	835±21Cb
160 W Ultrases	935±21Aa	880±28Bb	865±21BCb	860±22DCb	847±24Db
360 W Ultrases	937±17Aa	905±21Bb	877±20Cb	865±21CDb	857±17Db

Veriler, Üçlü ölçümlerin Ortalama \pm standart sapmaları olarak ifade edilir.

a-e Farklı küçük harflerle aynı sütundaki ortalamalar önemli ölçüde farklıdır ($P < 0.05$).

A-G Farklı büyük harflerle aynı satırdaki ortalamalar önemli ölçüde farklıdır ($P < 0.05$).

Tablo 13 Farklı ultrases uygulamalarının depolama sırasında yumurtaların köpük stabilitesine etkisi

Uygulama	Köpük Stabilitesi (Foaming Stability)				
	0. Hafta	1. Hafta	2. Hafta	3. Hafta	4. Hafta
Kontrol	31±2,8Aa	21±1,4Ba	15,5±2,1Ca	13,5±0,7Da	7,0±2,8Ea
80 W	25±1,4Ab	19,5±3,5Ba	17,5±2,1Bba	15±2,8Bb	13±2,8Bb
160 W	21±1,4Ac	20±2,8Aa	18±1,4Ba	16,5±3,5BCb	13,5±2,1Cb
360 W	18±2,8Ad	18,5±2,1Aa	17±2,8Aa	15,5±2,1Bb	14±1,4Bb

Veriler, Üçlü ölçümlerin Ortalama ± standart sapmaları olarak ifade edilir.

a-e Farklı küçük harflerle aynı sütundaki ortalamalar önemli ölçüde farklıdır (P <0.05).

A-G Farklı büyük harflerle aynı satırdaki ortalamalar önemli ölçüde farklıdır (P <0.05).

Bu sonuçlar, sonikasyonun köpük kapasitesini iyileştirebileceği yönündeki yayınlanmış daha önceki çalışmalarla doğrulanmıştır. Stefanovic, Jovanovic, Dojcinovic, Levic, Nedovic, Bugarski and Knezevic-Jugovic, yaptıkları çalışmada (20 kHz, 34-W 2– 20 dakika) sonikasyon uygulamasının yumurtada relatif köpük kapasitesi ve köpük stabilitesini geliştirdiğini paylaşmışlardır (Stefanovic AB, 2017). Sonikasyon işlemi, 40 kHz, 80-W uygulamada 5–10 dakika için köpük kapasitesi artmıştır fakat 15 dakikalık uygulamada köpük kapasitesinin azaldığı bulunmuştur (Gélvez-Ordoñez V, 2009). 20 kHz, 90, 120, 240, 360 ve 480-W, 10 dakika sonikasyon uygulanan yumurtalarda sonikasyon işlemi relatif köpük kapasitesini ve köpük stabilitesini artırmıştır (Sheng L, 2018).

4.1.7. Reolojik Özellikler

Albumin viskoelastik özellikleri, işlenmiş gıdaların nihai kalitesinde önemli bir rol oynamaktadır.

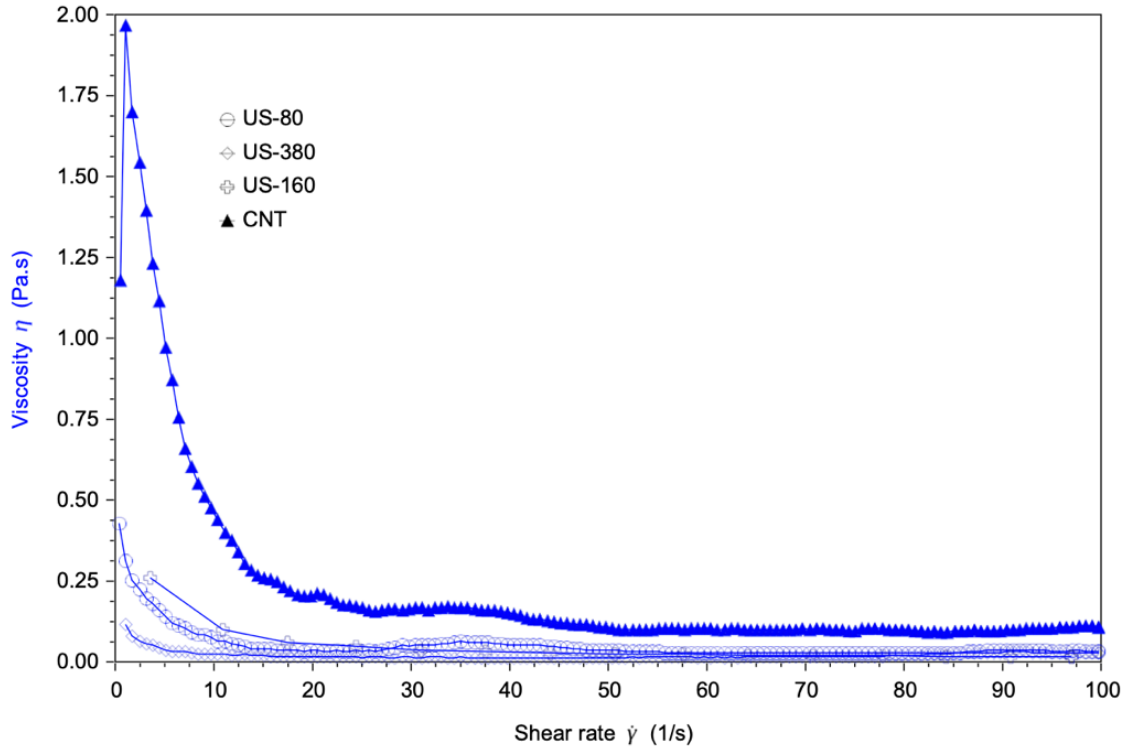
Yumurtaların reolojik analizi, deformasyon, maddenin akış direnci, viskoelastisitesi ve çeşitli ultrason gücünün maddenin akış davranışı üzerindeki etkisini incelemek üzere yapılmıştır.

Bu çalışmaya göre ultrason işlemi uygulanan yumurta numuneleri, kontrole kıyasla daha az likidite ve daha yüksek jelleşme kabiliyeti göstermiştir.

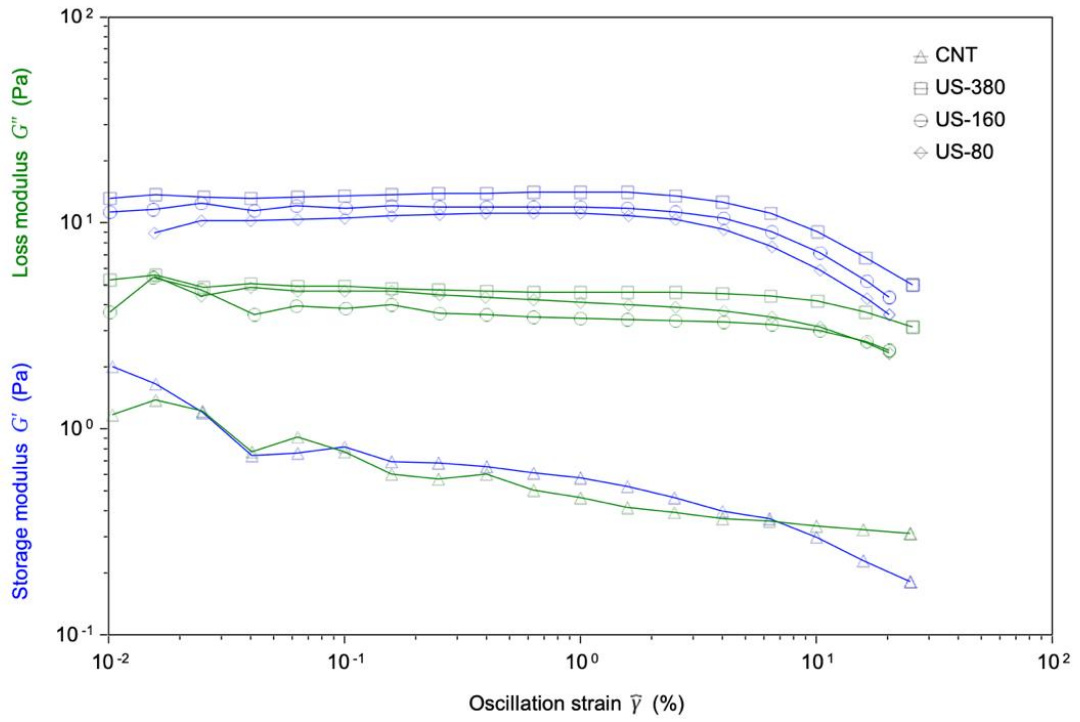
Albumin vizkozite değerleri depolama boyunca istatistiksel olarak azalmaktadır. Ultrases uygulama güçlerinin viskozite değerleri üzerine etkisi de önemli bulunmuştur. Bu çalışmada

Uygulama x Süre x Depolama üçlü interaksiyon istatistiksel olarak önemli ($p<0,05$) olduğu belirlenmiştir.

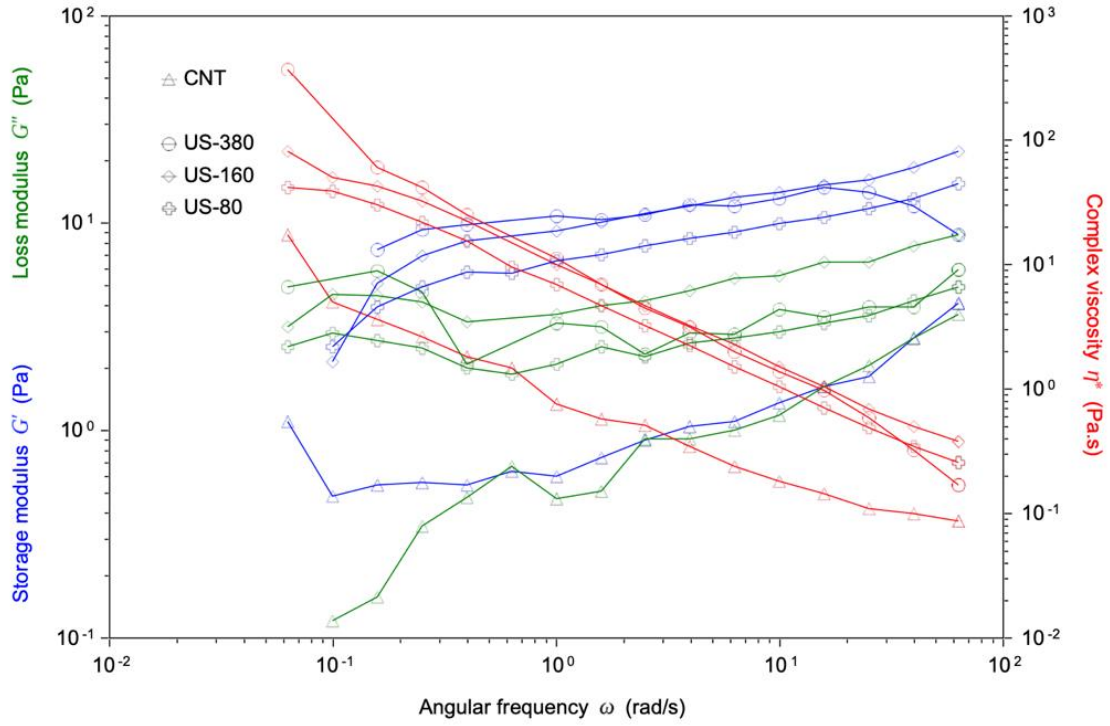
Lucisano vd. (1996)'da ilerleyen depolama zamanıyla yumurta albümin viskozitesinin azaldığını belirtmiştir. Arzeni vd. (2012) 20 kHz frekans ve 20 Amp'de yumurta akı üzerinde yaptıkları çalışmada ultrasesin yumurta albümininde yüzey hidrofobik etkiyi arttırdığı ancak toplam sülfhidril grupları üzerinde bir değişiklik oluşmadığını ifade etmişlerdir. Aynı çalışmada ultrasesin albümin görünür viskozitesini %13 nispetinde 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. Lizozim kompleks içinde mevcut olduğunda, daha güçlü hale gelir ve bozunması depolama sırasında pH artışından kaynaklanmaktadır. Yumurtanın depolanma ile birlikte glikoprotein ve ovomusunin disülfid bağları yıkıma uğrayarak membranın geçirgenliği değişmekte ve albümin viskozitesi azalmaktadır. Yumurtadaki suyun albümininden 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 vd., 2007). Albüminin viskozitesi ovomucin-lizozim kompleksine bağlı olup, ovomucin konsantrasyonu sıvılaşmış albüminle kıyaslandığında kalın albümine göre dört kat daha fazla olduğu tespit edilmiştir.



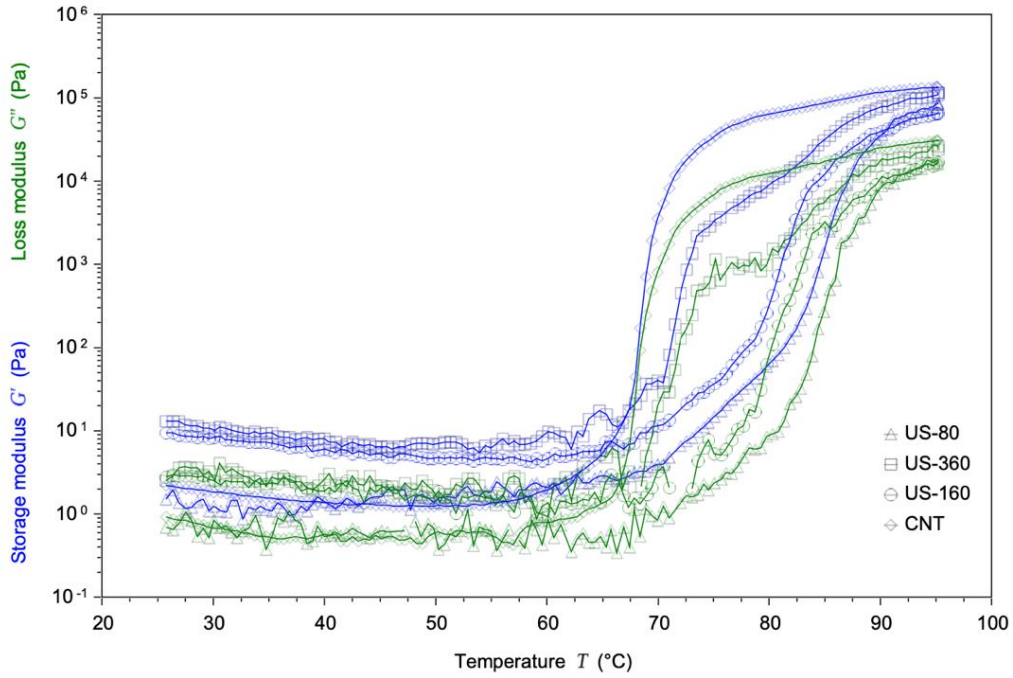
Şekil 5 Farklı ultrases uygulamalarının sıvı yumurta beyazının, 4 ° C'de saklama süresi boyunca kesme hızı (viskozite eğrisi) ile viskozite değişimi üzerine etkisi.



Şekil 6 Farklı ultrases uygulamalarının sıvı yumurta beyazının 24 ° C'de 4 haftalık saklama süresi boyunca yumurtaların deformasyon tarama eğrisine etkisi.



Şekil 7 Farklı ultrases uygulamalarının sıvı yumurta beyazının, 24 ° C'de 4 haftalık saklama süresi boyunca yumurtaların kalitesinin bir fonksiyonu olan Elastik modül-G 've viskoz modül -G' üzerine etkisi.

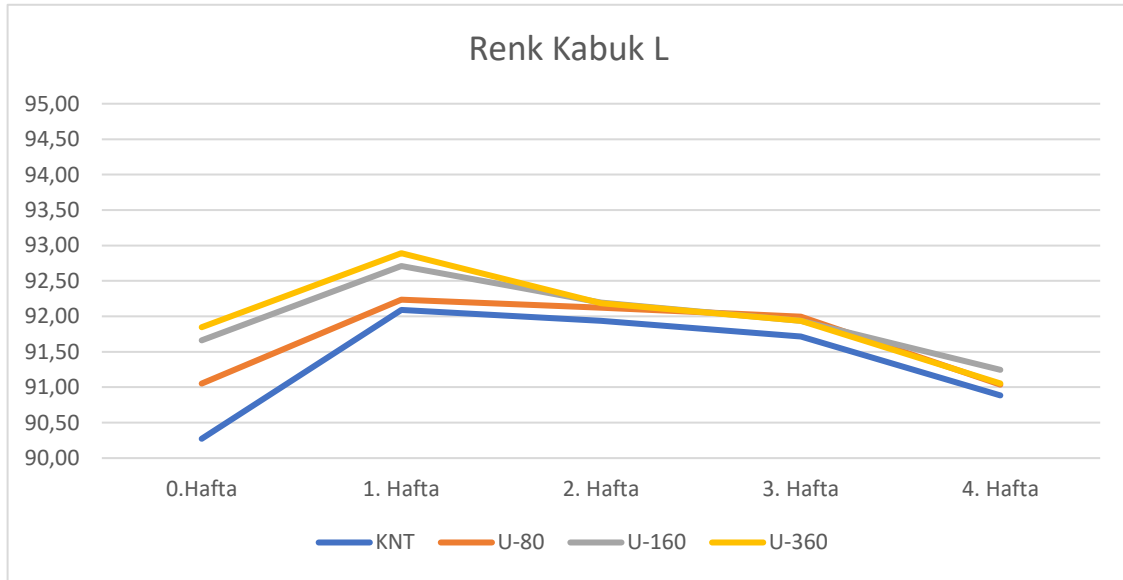


Şekil 8 Farklı ultrases uygulamalarının sıvı yumurta beyazının, 4 ° C'de saklama süresi boyunca sıvı yumurta beyazlarının sıcaklık tarama eğrisine etkisi

4.1.8. Renk analizleri

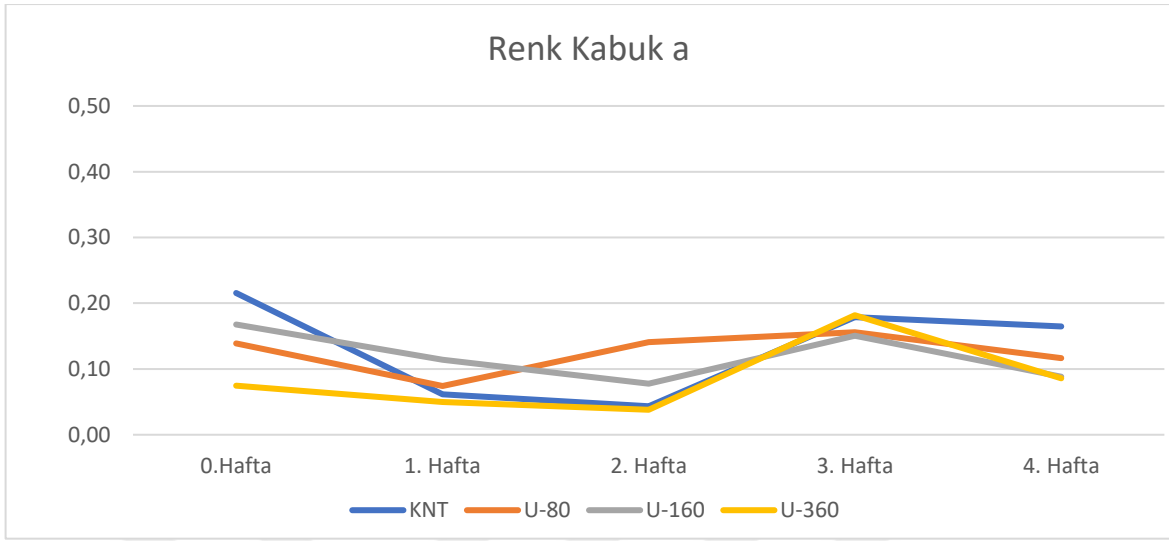
Tablo 14’de farklı ultrases konsantrasyonları uygulanan yumurtaların 4 haftalık depolama süresince kabuk L* renk parametre değerleri verilmiştir. Depolama süresince tüm örnek gruplarında 0. Haftadan 1. Haftaya kadar L* renk parlaklık değerlerinde yükselme görülürken, 1. Haftadan itibaren L* parlaklık değeri 92-93 aralıklarından 90,9-91,5 aralığındaki değerlere düşüş göstermiştir.

Tablo 14 Farklı ultrases konsantrasyonlarının depolama süresi boyunca yumurta kabuk L* renk parametresi üzerine etkisi



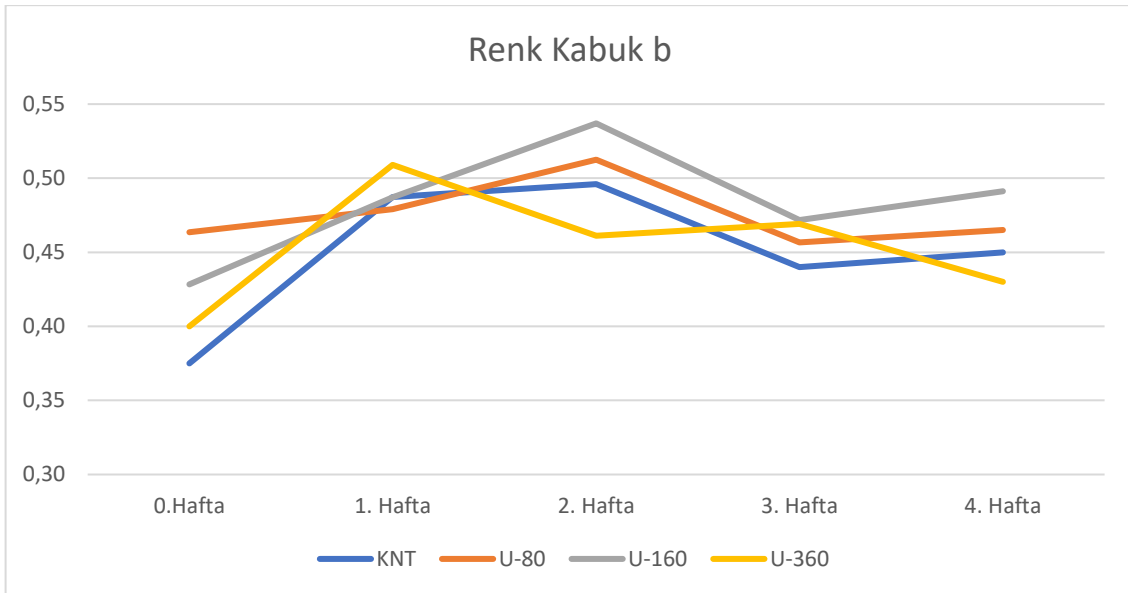
Tablo 15’de farklı ultrases konsantrasyonlarının yumurtaların kabuk a* renk parametre değerlerine etkileri verilmiştir. Ultrases uygulamalarında artan güce karşı kabuk a* değerlerinin istatistikî açıdan önemli ($p < 0,05$) düzeyde azaldığı saptanmıştır.

Tablo 15 Farklı ultrases konsantrasyonlarının depolama süresi boyunca yumurta kabuk a* renk parametresi üzerine etkisi



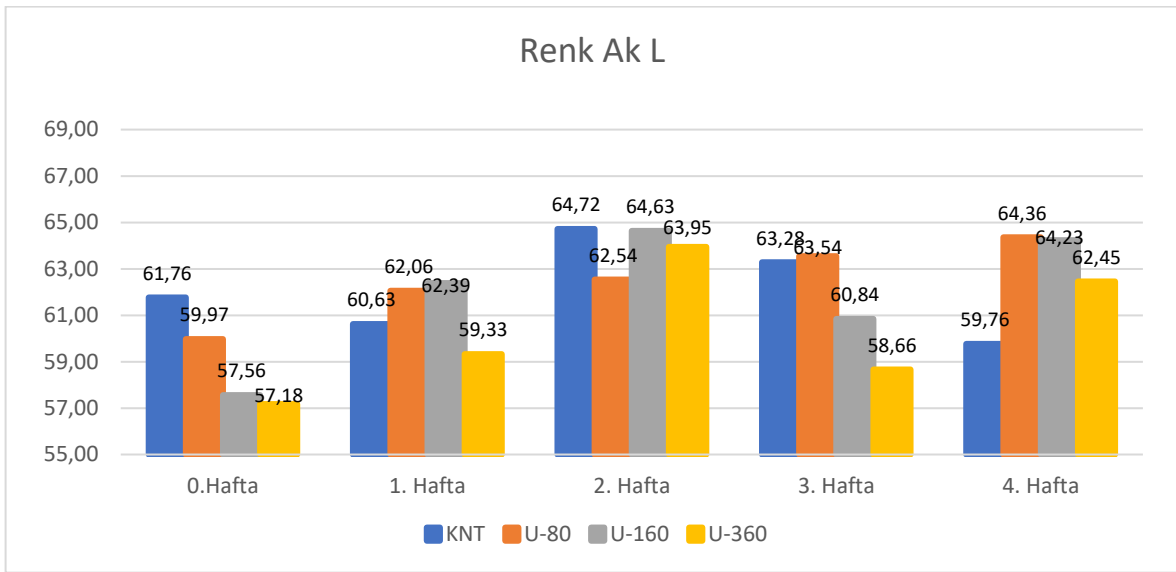
Tablo 16'da farklı ultrases konsantrasyonlarının yumurtaların kabuk b* renk parametre değerlerine etkileri verilmiştir. Ultrases uygulamalarında artan güce karşı kabuk b* değerlerinin istatistiki açıdan önemli ($p < 0,05$) düzeyde arttığı saptanmıştır.

Tablo 16 Farklı ultrases konsantrasyonlarının depolama süresi boyunca yumurta kabuk b* renk parametresi üzerine etkisi



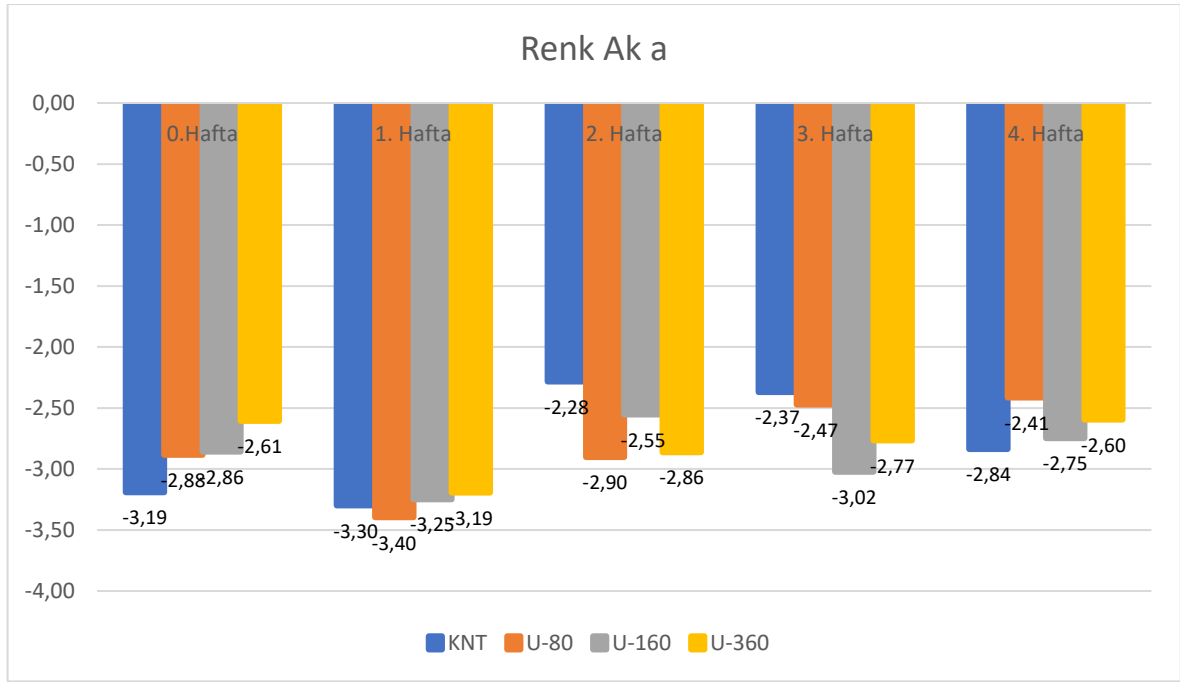
Tablo 17’de farklı ultrases konsantrasyonları uygulanan yumurtaların 4 haftalık depolama süresince albümin L* renk parametre değerleri verilmiştir. Kontrol örneği dışındaki örneklerde L* renk değerlerinde istatistiksel açıdan önemli düzeyde artış kaydedilmiştir. Sert vd. (2013) tarafından yapılan çalışmada sadece statik ultrases uygulanan örneklerde depolama süresince meydana gelen albümin L* değerlerindeki azalmanın istatistiki olarak önemli olduğu belirtilmiştir.

Tablo 17 Farklı ultrases konsantrasyonlarının depolama süresi boyunca yumurta akı L* renk parametresi üzerine etkisi



Tablo 18’de farklı ultrases konsantrasyonları uygulanan yumurtaların 4 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 vd., 2013).

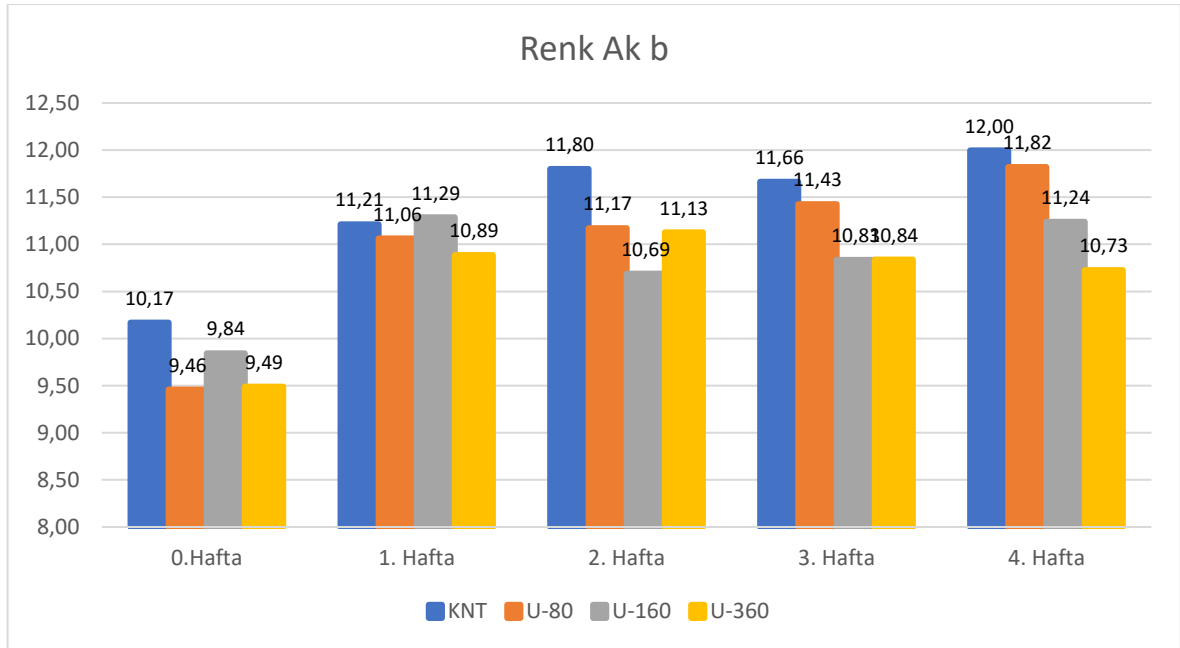
Tablo 18 Farklı ultrases konsantrasyonlarının depolama süresi boyunca yumurta akı a* renk parametresi üzerine etkisi



Tablo 19’da farklı ultrases konsantrasyonları uygulanan yumurtaların 4 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 vd., 2013). Sert vd. (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.

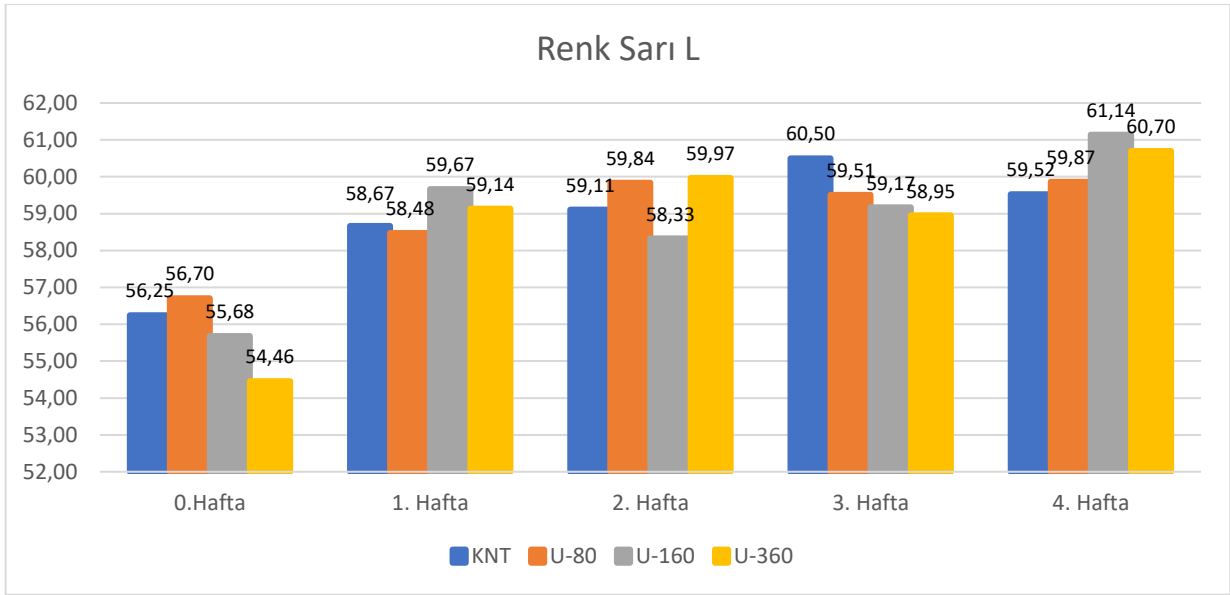
Tablo 19 Farklı ultrases uygulama sonrası depolama süresinin yumurta akı b* renk parametresi üzerine etkisi



Tablo 20’de farklı ultrases konsantrasyonları uygulanan yumurtaların 4 haftalık depolama süresince sarı L* renk parametre değerleri verilmiştir. Depolama süresince tüm örnek gruplarında L* renk parlaklık değerlerinde istatistiksel açıdan önemli düzeyde artış kaydedilmiştir.

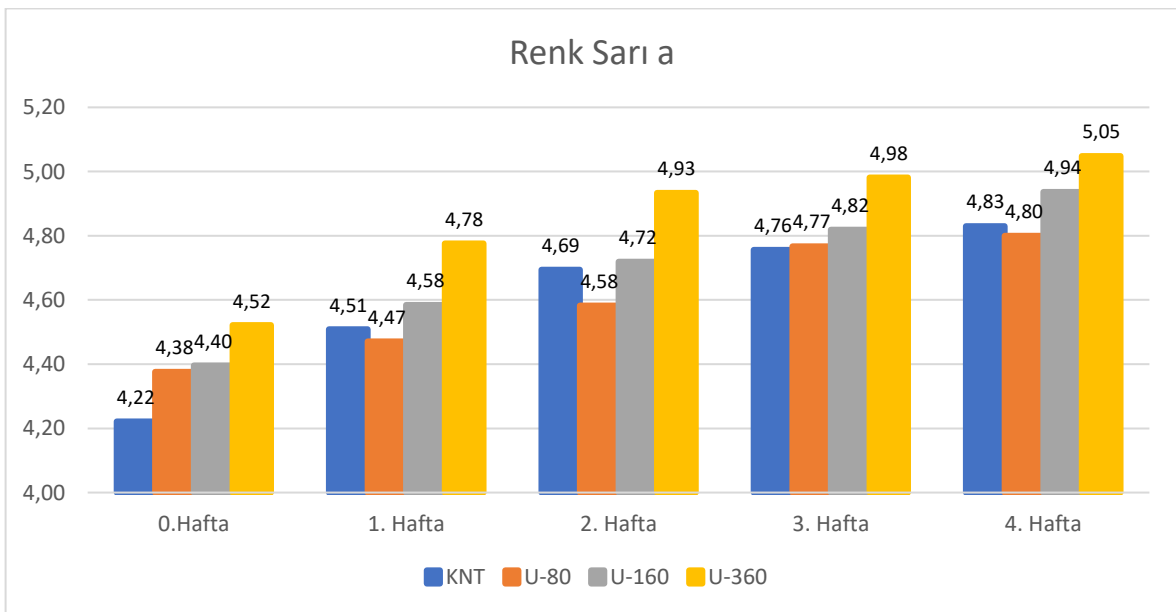
Ultrases uygulamalarında artan güce karşı sarı L* değerlerinin istatistiki açıdan önemli ($p < 0,05$) düzeyde arttığı saptanmıştır. Yapılan bir literatür çalışmasında ise kontrol, 5 dk; 15 dk ve 30 dk uygulama sürelerinde sarı L* değerleri sırası ile 71,68; 71,20; 74,29 ve 79,00 olarak bildirilmiştir (Sert vd., 2013). Elde edilen sonuçların daha önce yapılan çalışmalar ile uyumlu olduğu gözlenmiştir.

Tablo 20 Farklı ultrases uygulama sonrası depolama süresinin yumurta sarısı L* renk parametresi üzerine etkisi



Tablo 21’de farklı ultrases konsantrasyonları uygulanan yumurtaların 4 haftalık depolama süresince sarı a* renk parametre değerleri verilmiştir. Depolama boyunca a* renk değerinin stabil bir artış izlediği ifade edilebilir. Elde edilen sonuçlar yapılan literatür sonuçları ile uyumluluk gösterdiği belirlenmiştir (Sert vd., 2013).

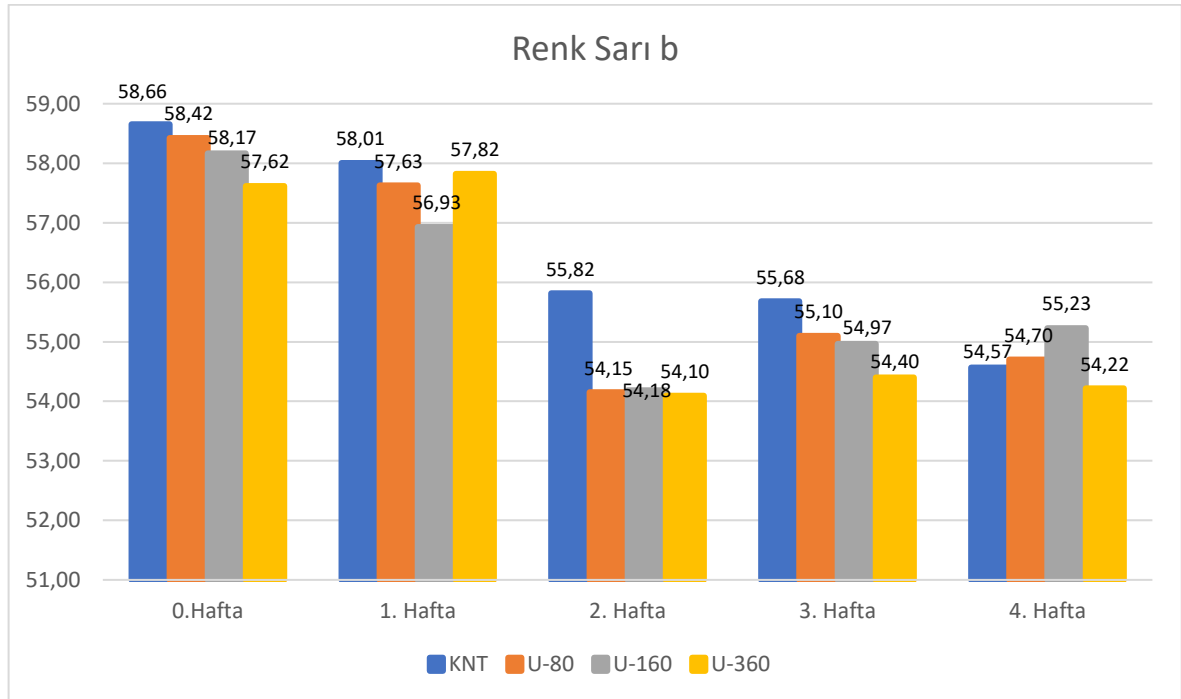
Tablo 21 Farklı ultrases uygulama süreleri sonrası depolama süresinin yumurta sarısı a* renk parametresi üzerine etkisi



Tablo 22’de farklı ultrases konsantrasyonları uygulanan yumurtaların 4 haftalık depolama süresince sarı b* renk parametre değerleri verilmiştir. Depolama süresince tüm örnek gruplarında b* renk değerlerinde istatistiksel açıdan önemli ($p<0,05$) düzeyde azalma kaydedilmiştir.

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 vd., 2013). Elde edilen sonuçların daha önce yapılan çalışmalar ile uyumlu olduğu gözlenmiştir.

Tablo 22 Farklı ultrases uygulama süreleri sonrası depolama süresinin yumurta sarısı b* renk parametresi üzerine etkisi



4.1.9. Kabukta kırılma direnci (kabuk mukavemeti) analizi

Mikro çatlaklar, kırılmalar, yumurta kabuğu kalitesi, üreticilere zarar veren ana etmenler olarak gösterilebilir. Yumurta kabuğunun gücü, perakende taşıma ve depolama için oldukça önemlidir. Bu sayede yumurta kabuğu, yumurta içeriğini ortamdan korur ve kabuk üzerindeki gözeneklerden kütle transferini en aza indirir. Yumurta kabuğu, sonikasyon gibi işlemlere dayanmalı ve ayrıca tüketiciye ulaşmak için mümkün olduğu kadar yüksek kalitede olmalıdır.

Sonikasyonun kavitasyon mekanizması nedeniyle yumurta kabukları üzerinde zararlı etkileri olabilmektedir. İşlem görmemiş yumurtalar, en yüksek kırılma mukavemetini göstererek kabuk dayanıklılığını önemli ölçüde korumuştur (Tablo 23). Bu, sonikasyonun kabuğun özelliklerini etkilediğini, kavitasyon mekanizması sebebiyle yüzeyde deformasyonların meydana gelebileceğini göstermiştir.

Bu sonuçlar Sert, Aygun ve Demir ve Shafey, Hussein ve Al-Batshan ile uyumludur, ultrases uygulaması yumurta kabuk mukavemetini azaltmaktadır (Sert D. vd., 2011; Shafey vd., 2013).

Kabuğun alt kısmı, üst kısma göre daha düşük kırılma mukavemetine sahiptir. Yumurtaların ortalama kabuk mukavemeti depolama sonunda 4616 (üst)-3950 (alt)'dan 4287 (üst)- 3666 (alt)'a düşmüştür (Tablo 23).

Daha yüksek sonikasyon gücü uygulandıkça, kabuk mukavemeti de önemli ölçüde azalmıştır. Özellikle 360-W sonikasyon uygulanan örneklerde, diğerlerinden önemli ölçüde daha düşük kabuk mukavemeti olduğu tespit edilmiştir.

İstatistiksel analizler, depolama süreleri ve sonikasyon gücünün kabuk mukavemeti üzerindeki etkilerinin istatistiksel olarak önemli olduğunu göstermiştir. Ultrason muamelerinin gücüne ve ayrıca depolamaya bağlı olarak kabuk mukavemeti azalmıştır. Ultrason uygulanmış yumurta kabuklarının alt kısımlarının kabuk mukavemeti değerleri, işlem görmemiş kontrol grubu yumurta kabuklarından önemli ölçüde daha düşük bulunmuştur. Bu sonuçlar Shafey, Hussein ve Al-Batshan (2013) ve Caner ve Yüceer (2015) tarafından yapılan önceki araştırmalarla uyumludur, sonikasyon gücü arttıkça kabuk mukavemeti azalmaktadır (Caner ve Yüceer, 2015; Shafey vd., 2013).

Tablo 23 Farklı ultrases uygulamalarının yumurta kabuğu alt mukavemeti değerleri üzerine etkisi

Uygulama	Kabuk Mukavemeti - Alt				
	0. Hafta	1. Hafta	2. Hafta	3. Hafta	4. Hafta
Kontrol	3950±70Aa	3850±63Ba	3827±43Ba	3742±104Ca	3666±130Da
80 W	3862±137Ab	3816±135ABa	3753±52Bb	3677±47Cb	3608±66Ca
160 W	3790±133Ab	3720±90Ab	3589±113Bc	3497±106BCc	3410±106Cb
360 W	3622±107Ac	3543±61Bc	3397±120Cd	3337±72Cd	3316±76Cc

Veriler, Üçlü ölçümlerin Ortalama ± standart sapmaları olarak ifade edilir.

a-e Farklı küçük harflerle aynı sütundaki ortalamalar önemli ölçüde farklıdır (P <0.05).

A-G Farklı büyük harflerle aynı satırdaki ortalamalar önemli ölçüde farklıdır (P <0.05).

Tablo 24 Farklı ultrases uygulamalarının yumurta kabuğu alt mukavemeti değerleri üzerine etkisi

Uygulama	Kabuk Mukavemeti - Üst				
	0. Hafta	1. Hafta	2. Hafta	3. Hafta	4. Hafta
Kontrol	4616±104Aa	4595±102Aa	4454±111Ba	4370±104CDa	4287±68Da
80 W	4600±100Aa	4532±114ABa	4430±65Ba	4332±48Ca	4232±47Da
160 W	4459±141Ab	4395±139ABb	4334±76Bb	4288±150BCa b	4205±144Ca
360 W	4130±145Ac	4102±68Ac	4038±151Ac	3923±108Ab	3857±140Bb

Veriler, Üçlü ölçümlerin Ortalama ± standart sapmaları olarak ifade edilir.

a-e Farklı küçük harflerle aynı sütundaki ortalamalar önemli ölçüde farklıdır (P <0.05).

A-G Farklı büyük harflerle aynı satırdaki ortalamalar önemli ölçüde farklıdır (P <0.05).

BEŞİNCİ BÖLÜM BÖLÜM

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada; farklı ultrases güçlerinin (80W, 160W, 360W) taze yumurtanın oda sıcaklığında (25°C) depolama boyunca, fiziksel ve kimyasal, ve kalite özelliklerindeki değişim üzerine etkisi incelenerek, bu uygulamaların yumurtanın raf ömrüne etkisi belirlenmiştir.

Yumurta, yüzeyinde bulunan porlar aracılığı ile depolama boyunca su ve CO₂ kaybına uğrayarak ağırlığında azalmalar meydana gelir. Ultrases işlemi uygulanan yumurtalarda ağırlık kaybı diğer örneklere göre önemli ölçüde artış göstermemiştir.

Ultrases işlemi sırasında su içerisinde 3 dk bekletilen yumurtalarda kütikula zarına da herhangi bir zarar gelmediği görülmüştür.

Ağırlık kaybında ise ikinci haftada depolama sırasında en yüksek ağırlık kaybı 80 W ultrases uygulamasına tabi tutulan örneklerde görülmekte iken üçüncü ve dördüncü hafta örneklerinde 80 W ve 160 W ultrases uygulamasına tabi tutulan örneklerin ağırlık kaybı değerleri arasında istatistiksel olarak önemli bir fark olmadığı görülmüştür. 360 W gücündeki ultrases uygulamasının ise 4. Hafta sonunda ağırlık kaybını azaltmada daha etkili bir yöntem olduğu görülmüştür.

Depolamada CO₂ kaybına bağlı olarak yumurta akının yüksekliğinde de belirgin bir incelmeye meydana gelir. Albumin yüksekliğine bağlı olarak ölçülen Haugh biriminde de yumurtanın bayatlaması sonucunda azalma görülür. Haugh birimi yumurta iç kalitesinin belirlenmesinde önemli bir parametredir.

Depolama başlangıcında tüm örneklerin Haugh birimi 81-79 arasında olmasına rağmen 4 haftalık depolama sonunda Haugh birimi en yüksek olan örnekler 360 W ultrases işlemine tabi tutulmuş örnekler olarak karşımıza çıkmaktadır. Depolama ile birlikte tüm örneklerin Haugh birimleri önemli ölçüde azalsa da 360 W ultrases işlemi uygulanan numuneler 4 hafta boyunca en yüksek Haugh birimine sahip örnekler olmuşlardır. Bu çalışmadan elde edilen sonuçlara göre 360 W ultrases uygulamasının depolama sırasında yumurta akı kalitesinin korunmasında en etkili yöntem olduğu görülmektedir.

Yumurta kalitesinin tayininde bir diğer önemli parametre ise yumurta sarısı indeksi olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu indeks sarı genişliğinin yüksekliğine oranı olarak ifade edilmektedir. Ultrases işlemine tabi tutulmuş yumurta örneklerinin sarı indeks değerleri işlem görmemiş yumurtalardan önemli ölçüde yüksek bulunmuştur. Bu çalışmadan elde

edilen verilere göre ultrases işlemi yumurtaların tazeliğini iki hafta daha uzatmayı sağlamaktadır.

Sonikasyon işlemi sayesinde depolama boyunca yumurta akının pH'ı korunmuş, beyazın sıvılaşması önlenmiş ve bu sayede yumurta beyazının kalitesinin korunması sağlanmıştır. Yapılan bu çalışmaya göre 160 W ultrases uygulaması mikro çatlaklara sebep olmadan yumurta kalitesinin korunabileceğini göstermiştir.

Yumurtanın albümini yumurtanın fonksiyonel kullanımı açısından oldukça önemlidir. Yumurtanın jelleşme, köpük oluşturma, yapısal bağlayıcılık, emülsiyon kapasitesi gibi özelliklerinin belirlenmesinde relatif köpük kapasitesi değeri önemli bir parametredir. Bu çalışmada elde edilen sonuçlar göstermektedir ki ultrases uygulaması yumurtanın bu bahsedilen köpük stabilitesini ve köpürme kabiliyeti kalitesini %20 oranında artırabilmektedir.

Ultrasonikasyon uygulamasının, fonksiyonel özellikleri (pH, Kuru madde, Haugh birimi ve sarı indeksi), RWC ve köpük özelliklerini, reolojik davranışları geliştirmesi sayesinde kabuklu yumurtaların kalitesini artırarak faydalı etkileri bulunduğu açıkça görülmektedir. Ultrases ile muamele edilmiş kabuklu yumurtaların raf ömrünü ve tazeliğini etkileyen fonksiyonel özelliklerinin, depolama boyunca kontrol grubu numunelerine kıyasla uygulanan güce bağlı olarak muhafaza edildiği görülmüştür.

Bu araştırmadan, 80-W ve 160-W sonikasyon gücünün, depolanabilirliği arttırarak iç kaliteyi ve fonksiyonel özellikleri koruduğu, taze kabuklu yumurtaları çiftlikten masaya kadar koruyarak ekonomik kayıpları en aza indirmek için kullanılabilceği konusunda umut vaat etmekte olan bir yöntem olacağı sonucuna varmak mümkündür. Ayrıca taşıma ve depolama sırasında hasarları önlemek de ekonomik kayıpların önüne geçmek için elzemdir. Bu bağlamda, kayıpların en aza indirgenmesi için de kabuk mukavemeti oldukça önemli bir faktör olarak karşımıza çıkmaktadır. Daha yüksek güçlü ultrasonikasyon uygulamasının (360-W) sonikasyon işlemi sırasında mikro çatlaklara veya kabuğun kırılmasına neden olabileceği bu çalışma kapsamında gözlenmiştir. Yumurtalarda (kabuk) yapısal değişikliklere yol açabileceğinden uygulanan gücü ve muamele süresini optimize etmek önemlidir. Besin değeri yüksek olan yumurtanın depolama süresini arttırmaya ve taşıma

sırasında kırılgenlığını minimize etmeye y6nelik çalışmaların arttırılması gerekmektedir. B6ylece değerli bir gıda maddesi olan yumurta kayıpları en aza indirilebilecek ve 6lke ekonomisine fayda sağlanacaktır.

Bulgularımız, çalışmanın sonuçlarının kabuklu yumurtalar 6zerinde end6striyel 6lekte uygulama için umut verici olabileceğini ve depolama sırasındaki ekonomik kaybı azaltabileceğini g6stermektedir. Sonikasyon, taze kabuklu yumurtaların fonksiyonel ve reolojik 6zelliklerini geliştirmek için uygulanabilir alternatif, termal olmayan teknikler arasında 6nemli bir yere sahiptir. Bu uygulama ile birlikte termal olmayan y6ntemlerin kombinasyonları da kabuklu yumurtalarda raf 6mr6n6 artırma konusunda verimli sonuçlar verebilir.

Sonuç olarak, çalışma kapsamında kullanılan y6ntemlerin yumurtanın fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik kalitesini iyileştirdiği g6zlenmiştir.

KAYNAKÇA

- Açıkgöz, Z., ve Önenç, S. (2006). Fonksiyonel Yumurta Üretimi. *Hay. Üret.*, 47 (1): 36-46.
- Adewuyi, Y. (2001). Sonochemistry- Environmental Science and Engineering Applications. *Ind. Eng. Chem. Res.*, 40: 4681-4715.
- Anonim. (1990). Official Methods of Analysis of Association of Official Chemists. *AOAC Inc.*
- Anonim. (2001). Egg Grading Manual. *United States Department of Agriculture. Agricultural Handbook Number, 75.*
- Anonim, 2015. TÜİK. Türkiye'de Yumurta Üretim Hacmi. Erişim 15.05.2022
- Anonim. (2018). Kanatlı Hayvancılık Sektör Politika Belgesi. 27-28.
- Arzeni C., P. O. (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 A. M. R. (2012). Functionality of Egg White Proteins as Affected by High Intensity Ultrasound. *Food Hydro.*, 29 (2): 308-316.
- Bermudez-Aguirre, D., Corradini, M., Mawson, R., ve Barbosa-Canovas, G. (2010). Modeling the Inactivation of *Listeria innocua* in Raw Whole Milk Treated under Thermo-sonication. *Innovative Food Science ve Emerging Technologies*, 10: 172–178.
- Bhale, S., No, H., Prinyawiwatjul, W., Farr, A., Nadarajah, K., ve Meyers, S. (2003). Chitosan coating improves shelf Life of eggs. *J of Food Sci*, 68:2378-2383.
- Bozkurt, H., ve İçier, F. (2009). UV-C ve Ultrason Önışlemlerinin Çilek Kalitesi Üzerine Etkileri. *Gıda Dergisi*, 34 (5): 279-286.
- 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., 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 Yüceer, M. (2014). Maintaining functional properties of shell eggs by ultrasound treatment. *J Sci Food Agric*.
- Caner, C., ve Yüceer, M. (2015). Efficacy of various protein-based coating on enhancing the shelf life of fresh eggs during storage. *Poultry science*, 94:1665-1677.

- Caner, C., Ve Yüceer, M. (2019). The effects of ozone, ultrasound and coating with shellac and lysozyme–chitosan on fresh egg during storage at ambient temperature – part 1: interior quality changes. *International Journal of Food Science and Technology*.
- 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*.
- Chen, M., Yeh , G., ve Chiang , B. (1996). Antimicrobial and Physicochemical Properties of Methylcellulose and Chitosan Films Containing a Preservative. *J. Food Proces. Preser.*, 20 (5): 379-390.
- Dolatowski, Z., Stadnik , J., ve Stasiak, D. (2007). Applications of Ultrasound in Food Technology. *Acta Sci. Pol. Technol. Aliment.*, 6 (3): 89-99.
- Ercan, S., ve Soysal, Ç. (2010). Effect of Ultrasound and Temperature on Tomato Peroxidase. *Ultrasonics Sonochemistry*, 18: 689-695.
- FAO. (2018).
- Fellows , P. (2000). Food Processing Technology: Proicples and Practices. *Woodhead publishing*.
- Freeland-Graves, J., ve Peckman, G. (1987). Foundation of Food Prep. *Macmillan Publishing*, 415-440.
- Gélvez-Ordoñez V, M.-G. F. (2009). The Effect of Ultrasonic Treatment on Some Sunctional Properties of Egg White. *Revista Científica, FCV-LUZ XIX:71-76* .
- Goldman, R. (1962). Ultrasonic Technology. *Newyork: USA: Reinhold Publishing Corporation*.
- Gonzalez, G. (2003). Effects of power ultrasound treatments on properties of Longsisimus beef muscle,.. *Unpublished Doctoral Dissertations, Iowa State University*.
- Hammershøj M., L. L. (2002). Storage of Shell Eggs Influences the Albumen Gelling Properties. . *LWT - Food Sci. and Techn.*
- Heperkan , D., ve Gökler, O. (2006). Kabuklu Yumurtada Patojen Riskleri Ve Muhafaza Yöntemleri. *Dünya Gıda*, 11-17.
- Jones, D. (2007). Egg functionality and quality during long-term storage. *Int J of Poult Sci*, 6:157-162.
- Keklik , N. (2009). Decontamination of Poultry Products by Pulsed Uv-Light. . *PhD Dissertation (Doktora Tezi). The Pennsylvania State University, Pennsylvania, USA*.

- Keoelbeck , K. (1999). *What Is Egg Quality and Conserving It? University of Illinois.* .
<http://www.truill.uiuc.edu/poultrynet/paperDisplay.cfm?ContentID=522>.
 adresinden alındı
- 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.
- Knorr, D., Zenker, M., Heinz, V., ve Lee, D. (2004). Applications and Potential of Ultrasonics in Food Processing. *Trends in Food Science and Technology*, 15: 261-266.
- Koudele, J., ve Heinsohn, E. (1960). *The Egg Products Industry of the United States*.
- 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.
- 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.
- Leleu , S., Herman , L., Heyndrickx, M., Michiels, C., Baerdemaeker , J., 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*.
- Li-Chan , E., Powrie , W., ve Nakai , S. (1995). The Chemistry of Eggs and Egg Products. In: Stadelman, W. J. ve Cotterill, J. (eds). *Egg Science and Technology*.
- Li-Chan, E., ve Kim, H. (2008). Structure and Chemical Composition of Eggs. In: Mine, Y. (ed) *Egg Bioscience and Technology. John Wiley ve Sons, Inc. Hoboken*.
- Lomakina, K., ve Mikova, K. (2006). A study of the factors affecting the foaming properties of egg white. *Czech J of Food Sci*, 24:110-118.
- Lucisano , M., Hidalgo, A., Comelli, E., ve Rossi , M. (1996). Evolution of Chemical and Physical Albumen Characteristics During the Storage of Shell Eggs. *J. Agric. Food Chem.*, 44: 1235-1240.
- Lucisano M., H. A. (1996). Evolution of Chemical and Physical Albumen Characteristics During the Storage of Shell Eggs. *J. Agric. Food Chem.*, 44: 1235-1240.
- Macherey , L. (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*.

- Majid, I.; Nayik, G. A. (2015). Ultrasonication and food technology: A review. *Cogent Food & Agriculture*, 2-3.
- Mason , T., Paniwnyk , L., ve Lorimer , J. (1996). The Uses of Ultrasound in Food Technology. *Ultrason Sonochem*, 3: 253-260.
- Mason, T. (1990). Introduction. In: Chemistry with Ultrasound. *Elsevier Applied Science*, 1–26.
- McClements , D. (1995). Advances in the Application of Ultrasound in Food Analysis and Processing. *Trends in Food Sci. ve Tech.*, 6: 293-299.
- Mine, Y. (2007). Egg Bioscience and Biotechnology. *Wiley-Interscience ve Sons, Inc., Publication*.
- 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, 584.
- O., S. T. (2011a). Effect of Low Cost Shell Coatings and Storage Conditions on the Raw and Cooked Qualities of Shell Egg. *CyTA - Journal of Food*.
- Ozdemir, M., ve Floros, J. (2004). Active Food Packaging Technologies. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, 44 (3): 185-93.
- Özbakır, S. (2015). Yumurta Yüzeyinin Dezenfeksiyonunda Ozon ve Ultrasonikasyon Teknolojilerinin Kullanılması. *Yüksek Lisans Tezi - Abant İzzet Baysal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı*.
- Piyasena , P., Mohareb , E., ve McKellar , R. (2003). Inactivation of Microbes Using Ultrasound: A Review. *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.
- Rastogi, N. (2011). Opportunities and Challenges in Application of Ultrasound in Food Processing. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, 51 (8): 705-22.
- Rocculi P., T. U. (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. .
- Scott, T., ve Silversides , F. (2000). The Effect of Storage and Strain of Hen on Egg Quality. *Poult. Sci.*, 79 (12): 1725-1729.
- Sercan Solmaz. (2022, 01 08). <https://www.sercansolmaz.com/canl%C4%B1lar%C4%B1nduydu%C4%9Fu-ses-frekans-aral%C4%B1klar%C4%B1-9cfe6c11d12a> adresinden alındı

- Sert , D.; Aygun , A.; Demir, M.K. (2011). Effects of ultrasonic treatment and storage temperature on egg quality. *Poult Sci*, 90:869-875.
- 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.
- Shafey , T., Hussein, E., ve Al-Batshan, H. (2013). Effects of ultrasonic waves on eggshell strength and hatchability of layer-type breeder eggs. *South African Journal of Animal Science*, 43:56-63.
- Sheng L, W. Y. (2018). Influence of high-intensity ultrasound on foaming and structural properties of egg white. *Food Res Int*, 108:604-610.
- Sheng, L., Wang, Y., Chen, J., Zou, J., ve Wa, Q. (2018). Influence of high-intensity ultrasound on foaming and structural properties of egg white. *Food Research International*.
- Soria , A., ve Villamiel, M. (2010). Effect of Ultrasound on the Technological Properties and Bioactivity of Food: A Review. *Trends in Food Sci. ve Techn.*, 21 (7): 323-331.
- Stadelman, W., ve Cotterill, J. (1995). Egg Science and Technology. *The Haworth Press Inc.*
- Stefanovic AB, J. J.-J. (2017). Effect of the controlled high-intensity ultrasound on improving functionality and structural changes of egg white proteins. *Food Bioprocess Tech*, 10:1224.
- Surai , P., ve Sparks, N. (2001). Designer Eggs: From Improvement of Egg Composition to Functional Food. *Trends in Food Sci. ve 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*.
- Şivgin , T., Evren , M., Apan , M., Akkaya , M., ve Öztürk, C. (2011). Sıvı Yumurta Üretim Yöntemleri Ve Mikrobiyolojik Özellikleri. . 7. *Gıda Mühendisliği Kongresi. Ankara*.
- Ternes, W. (2002). Egg Lipids. In: Sikorski, Z. E. ve Kolakowska, A. (eds). *Chem. And Funct. Prop. Of Food Lipids. CRC Press*.
- Torrico D. D., N. H. (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 DD, N. H. (2011). Mineral oil-chitosan emulsion coatings affect quality and shelf-life of coated eggs during refrigerated and room temperature storage. *J of Food Sci* , 76:S262-268.
- TÜİK. (11 Mart 2021). *Kümes Hayvancılığı Üretimi*. 1.
- TÜİK. (2018). TAVUK YUMURTASI. *Tarım Ürünleri Piyasaları*. 1.
- Van der Plancken, I., Van Loey, A., ve Hendrickx , M. (2007). Foaming Properties of Egg White Proteins Affected by Heat or High Pressure Treatment. *J. of Food Eng.*, 78 (4): 1410-1426.
- Vercet, A., Sanchez, C., Burgos, J., Montanes, L., ve Lopez Buesa, P. (2002). The Effects of Manothermosonication on Tomato Pectic Enzymes and Tomato Paste Rheological Properties. *Journal of Food Engineering*, 53: 273–278.
- 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. ve Emerg. Tech*, 9 (2): 161-169.
- Watkins, B. (1995). The Nutrition Value of the Egg. In: Stadelman, W. J. veCotterill, J. (eds) New York.
- Wellman-Labadie, O. (2008). Antimicrobial Defences of the Avian Egg. PhD Dissertation (Doktora Tezi). University of Ottawa,. *Ottawa, ON, Canada*.
- Wong , Y., Herald, T., ve Hachmeister, K. (1996). Evaluation of Mechanical and Barrier Properties of Protein Coatings on Shell Eggs. *Poult Sci*, 75 (3): 417-422.
- Wu, H., Hulbert, G., ve Mount, J. (2001). Effects of Ultrasound on Milk Homogenization and Fermentation with Yogurt Starter. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 1: 211-218.
- Yuceer M., A. M. (2016). Ozone treatment of shell eggs to preserve functional quality and enhance shelf life during storage. *Journal of the science of food and agriculture*, 96:2755-2763.
- Yüceer, M. (2018). Sıvı yumurtada ultrasases tekniği kullanımının ürünün bazı fiziksel ve fonksiyonel özellikleri üzerindeki etkisi. *THE JOURNAL OF FOOD*.

