



T.C.
BURDUR MEHMET AKİF ERSOY ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

**ULTRASONİKASYON DESTEKLİ UV-C IŞIK
İŞLEMİNİN YUMURTA SARISINDA *Salmonella*
Typhimurium İNAKTİVASYONU ÜZERİNE ETKİSİ**

Hilal UYAR

BURDUR, 2018

T.C.
BURDUR MEHMET AKİF ERSOY ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

ULTRASONİKASYON DESTEKLİ UV-C IŞIK
İŞLEMİNİN YUMURTA SARISINDA *Salmonella*
Typhimurium İNAKTİVASYONU ÜZERİNE ETKİSİ

Hilal UYAR

Danışman: Prof. Dr. Yusuf YILMAZ

BURDUR, 2018

YÜKSEK LİSANS JÜRİ ONAY FORMU

Hilal UYAR tarafından Prof. Dr. Yusuf YILMAZ yönetiminde hazırlanan “Ultrasonikasyon Destekli UV-C Işık İşleminin Yumurta Sarısında *Salmonella Typhimurium* İnaktivasyonu Üzerine Etkisi” başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Savunma Tarihi: 20/09/2018

Prof. Dr. Yusuf YILMAZ

(Danışman)

Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi,
Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü.....

Dr. Öğr. Üyesi İlyas ÇELİK

(Jüri Üyesi)

Pamukkale Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi,
Gıda Mühendisliği Bölümü.....

Prof. Dr. Oğuz GÜRİSOY

(Jüri Üyesi)

Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi,
Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü.....

ONAY

Bu Tez, Enstitü Yönetim Kurulu'nun _____ Tarih ve _____ Sayılı Kararı ile
Kabul Edilmiştir.

.....
Doç. Dr. Ayşe Gül MUTLU GÜLMEMİŞ

Müdür
Fen Bilimleri Enstitüsü

ETİK KURALLARA UYGUNLUK BEYANI

Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin ilgili hükümleri uyarınca Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “**Ultrasonikasyon Destekli UV-C Işık İşleminin Yumurta Sarısında *Salmonella Typhimurium* İnaktivasyonu Üzerine Etkisi**” başlıklı bu tezin;

- Kendi çalışmam olduğunu,
- Sunduğum tüm sonuç, doküman, bilgi ve belgeleri bizzat ve bu tez çalışması kapsamında elde ettiğimi,
- Bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara atıf yaptığımı ve bunları kaynaklar listesinde usulüne uygun olarak verdiğimi,
- Kullandığım verilerde değişiklik yapmadığımı,
- Tez çalışması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını,
- Bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya diğer bir üniversitede başka bir tez çalışması içinde sunmadığımı,
- Bu tezin planlanmasından yazımına kadar bütün safhalarda bilimsel etik kurallarına uygun olarak davrandığımı,

bildirir, aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul edeceğimi beyan ederim.

20/09/2018

.....
Hilal UYAR

TEŞEKKÜR

Bu araştırma için beni yönlendiren, karşılaştığım zorlukları bilgi ve tecrübesi ile aşmamda yardımcı olan değerli danışman hocam Prof. Dr. Yusuf YILMAZ'a, saygıdeğer hocam Prof. Dr. Oğuz GÜRSOY'a ve Gıda Yük. Müh. Uzman Özge GÖKÇE'ye teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmam için gerekli malzeme ve ekipman desteğinde bulunan Süt Ofis Gıda Mamülleri San. ve Tic. A.Ş. Üretim Müdürü Musa ÖZEN'e teşekkür ederim.

Tez dönemim boyunca hem maddi hem de manevi açıdan beni ve çalışmalarımı her zaman destekleyen, çalışmalarımda bana yardım eden ve beni hiçbir konuda yalnız bırakmayan dostlarım Eda ÖZCAN ile Didem GÖZE'ye ve manevi ablam Aybüke YAZAR ÖZEN'e ayrıca teşekkür ederim. Çalışmalarına yardım eden Kübra KOCATÜRK'e de teşekkür ederim.

Eğitim hayatımın her aşamasında beni her anlamda destekleyen ve güç veren babam Yaşar UYAR'a, annem Nalan UYAR'a, çalışmalarımın her aşamasında beni manevi anlamda destekleyen ağabeyim Mustafa Ali UYAR, ablam Hatice Rahiye GÜLDAMLA ile eniştem Ömer Ersagun GÜLDAMLA'ya ve son olarak da, tez dönemimde aramıza katılmış olmasının verdiği mutlulukla bana hep moral olan yeğenim Eren Batur GÜLDAMLA'ya sonsuz sevgi ve saygılarımı sunarım.

Eylül, 2018

Hilal UYAR

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
TEŞEKKÜR	i
İÇİNDEKİLER.....	ii
ŞEKİL DİZİNİ.....	iv
ÇİZELGE DİZİNİ	v
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	vi
ÖZET	vii
SUMMARY	viii
1. GİRİŞ.....	1
2. GENEL BİLGİLER.....	3
2.1. Yumurta	3
2.1.1. Yumurtanın Tanımı ve Özellikleri	3
2.1.2. Yumurtanın Fiziksel ve Kimyasal Yapısı	3
2.1.3. Pastörize Sıvı Yumurta Ürünlerinin Üretimi	7
2.1.4. Yumurta Muhafazasında Kullanılan Alternatif Metotlar.....	8
2.2. Ultraviyole Işık	9
2.2.1. Tanımı	9
2.2.2. Ultraviyole Işık ile Mikrobiyal İnaktivasyon.....	10
2.2.3. Ultraviyole Işığın Gıda Endüstrisindeki Uygulamaları.....	11
2.3. Ultrasonikasyon	13
2.3.1. Tanımı	13
2.3.2. Ultrasonikasyon ile Mikrobiyal İnaktivasyon.....	14
2.3.3. Ultrasonikasyonun Gıda Endüstrisindeki Uygulamaları.....	15
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	18
3.1. Materyal	18
3.1.1. Araştırma Materyali	18
3.1.2. Kullanılan Cihazlar	18
3.2. Yöntem.....	18
3.2.1. Örneklerin Hazırlanması ve Muhafazası.....	18
3.2.2. UV-C Işık Uygulaması.....	19
3.2.3. Mikrobiyolojik Analizler	21
3.2.3.1. Mikrobiyoloji Denemelerinde Kültürün Aktifleştirilmesi	21
3.2.3.2. UV-C Işık Uygulaması Sonundaki Mikrobiyolojik Analizler	22
3.2.4. Renk Tayini.....	22
3.2.5. Reolojik Analizler	22
3.2.6. İstatistiksel Analizler.....	23
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA.....	24
4.1. Mikrobiyolojik Analize Ait Bulgular	24
4.2. Yumurta Sarılarının Renk Değerlerine Ait Bulgular	25
4.3. Yumurta Sarılarının Reolojik Değerlerine Ait Bulgular.....	26
5. SONUÇ.....	28

KAYNAKLAR.....	29
ÖZGEÇMİŞ.....	35



ŞEKİL DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 2.1. Newton Tipi ve Newton Tipi Olmayan Akışkanlar İçin Kayma Gerilimi ve Kayma Hızı.....	6
Şekil 2.2. Yumurta Üretim Şeması.....	8
Şekil 2.3. Elektromanyetik Spektrum	9
Şekil 2.4. Ultraviyole Işığın DNA Üzerindeki Etkisi.....	10
Şekil 2.5. Ultrasonik Kaviteasyon.....	14
Şekil 3.1. Kullanılan Kombine Sistemin Genel Görünüşü.....	19
Şekil 3.2. Sürekli Akış UV Reaktör Sistemi	19
Şekil 3.3. Sürekli Akış Sisteminde Sıvı Yumurta Sarılarının Ultrasonikasyona Maruz Bırakılması İçin Hazırlanan Paslanmaz Çelik Boru.....	20

ÇİZELGE DİZİNİ

	Sayfa
Tablo 2.1. Yumurta kısımlarının besin değeri	4
Tablo 2.2. Mikrobiyolojik Kriterler Tebliği'ne göre yumurta ürünlerinin mikrobiyolojik özellikleri.....	5
Tablo 2.3. Sıvı yumurta ürünleri için kullanılan pastörizasyon koşulları.....	9
Tablo 2.4. Farklı mikroorganizmaların 254 nm dalga boyundaki UV ışık ışınlarına maruz kaldıktan sonra %90 inaktivasyonu için gereken dozlar (J/m^2)	11
Tablo 3.1. Sistemlerin birbirine bağlanmasında kullanılacak malzemelerin yoğunlukları (kg/dm^3)	21
Tablo 4.1. <i>Salmonella</i> Typhimurium'la (10 mL) inoküle edilmiş yumurta sarısı (120 mL) karışımın ultrasonikasyonla kurulan kombine sistemde UV-C ışık (130 mL/dakika akış hızında) muamele edilmesi sonucu mikrobiyal yük üzerine etkisi.....	24
Tablo 4.2. Ultrasonikasyon destekli UV-C ışık uygulama süresinin sıvı yumurta sarılarının renk değerleri üzerine etkisi	25
Tablo 4.3. Ultrasonikasyon destekli UV-C ışık uygulama süresinin sıvı yumurta sarılarının viskozitesinin belirlenmesinde kullanılan üssel model ve Herschel-Bulkley modeli değerleri.....	26

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

a*	: CIE Lab Sisteminde Kırmızı Renk Parametresi
b*	: CIE Lab Sisteminde Sarı Renk Parametresi
CIE	: Uluslararası Aydınlatma Komisyonu
DNA	: Deoksiribo Nükleik Asit
kob	: Koloni Oluşturan Birim
L *	: CIE Lab Sisteminde Aydınlık Parametresi
RNA	: Ribo Nükleik Asit
TGK	: Türk Gıda Kodeksi
TSA	: Triptik Soy Agar
TSB	: Triptik Soy Brot
US	: Ultrasonikasyon
US-UVC	: Ultrasonikasyon Destekli Ultraviyole C Işık
UV	: Ultraviyole
ΔE	: Toplam Renk Farklılığı

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

Ultrasonikasyon Destekli UV-C Işık İşleminin Yumurta Sarısında *Salmonella* Typhimurium İnaktivasyonu Üzerine Etkisi

Hilal UYAR

Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Yusuf YILMAZ

Eylül, 2018

İnsan vücudu için gerekli besin öğelerini içeren yumurta ve ürünlerinin muhafazası için pastörizasyon, soğutma, dondurma, kurutma ve koruyucu madde ilavesi gibi farklı uygulamalar mevcuttur. Gıda endüstrisinde ultraviyole ışık ve ultrasonikasyon gibi ısı olmayan işlemler muhafaza amaçlı denenmekte ve mikrobiyal inaktivasyon etkinliğini daha iyi hale getirmek için bilimsel ve teknolojik çalışmalara devam edilmektedir. Bu tez çalışmasında, ışık geçirgenliği düşük sıvı yumurta sarılarında UV-C ışık uygulamasının *Salmonella* inaktivasyonu üzerine etkinliğini arttırmak için ultrasonikasyon yönteminden yararlanılmıştır. UV-C ışık, ultrasonikasyon (US) işlemi ile kombine kullanılarak (US-UVC ışık) sıvı yumurta sarıları 90 dakika boyunca muameleye maruz bırakılmış, 90 dakikalık işlem *S.Typhimurium* yükünü 1,33 logaritmik birim düşürebilmiş ve bu düşüş istatistiksel anlamda önemli bulunmuştur ($p < 0,05$). US-UVC ışık işleminin sıvı yumurta sarılarının renk değerlerinden a^* ve b^* üzerine etkisi istatistiksel açıdan önemli bulunmazken ($p > 0,05$), L^* ve ΔE üzerine etkisi istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur ($p < 0,05$). Çalışmadaki tüm sıvı yumurta sarıları psödoplastik akış özelliği göstermiş ve işlemin viskozite üzerine etkisi önemsiz bulunmuştur ($p > 0,05$). Sonuç olarak, literatür bulgularıyla kıyaslandığında UV-C ışık işlemine US desteğinin sıvı yumurta sarılarında *S.Typhimurium* inaktivasyonu üzerine etkisi teknolojik anlamda önemsiz bulunmuş ve yumurta sarılarının viskozitesi ile renk değerleri üzerine herhangi bir olumsuz etkisi belirlenmemiştir.

Anahtar Kelimeler: Yumurta sarısı, Ultrasonikasyon, *Salmonella* Typhimurium, Ultraviyole ışık

SUMMARY

M.Sc. Thesis

**Effect of Ultrasonication Assisted UV-C Light Treatment on Inactivation of
Salmonella Typhimurium in Egg Yolk**

Hilal UYAR

**Burdur Mehmet Akif Ersoy University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Food Engineering**

Supervisor: Prof. Dr. Yusuf YILMAZ

September, 2018

Different processing methods such as pasteurization, cooling, freezing, drying and addition of preservatives have been used for the preservation of liquid eggs and their products that contain nutritional ingredients for human body. Food industry has been searching non-thermal processes such as ultraviolet light (UV-C) and ultrasonication (US), and scientific and technological studies are continuing to improve the microbial inactivation efficiency of these novel methods. In this study, US was used to increase the effectiveness of UV-C light application on *Salmonella* inactivation in egg yolks. UV-C light combined with ultrasonication (US-UVC light) was exposed to liquid egg yolks for up to 90 minutes. The 90-minute application of US-UVC light decreased the *S.Typhimurium* load by 1.33 logarithmic units, and this decrease was statistically significant ($p < 0.05$). The effect of US-UVC light processing on the L^* and ΔE values of egg yolks was found statistically significant ($p < 0.05$), while the effect of US-UVC light treatment on the a^* and b^* color values of egg yolks was statistically insignificant ($p > 0.05$). All liquid egg samples in this study showed pseudoplastic flow characteristics, and the effect of this treatment on the viscosity of egg yolk samples was insignificant ($p > 0.05$). As a result, compared to the literature findings, the effect of US process during UV-C light treatment on *S.Typhimurium* inactivation in liquid egg yolks was technologically insignificant and no negative effect of this combined treatment was determined on the viscosity and color values of egg yolks.

Keywords: Egg yolk, Ultrasonication, *Salmonella Typhimurium*, Ultraviolet light

1. GİRİŞ

Yumurta, insan vücudu tarafından ihtiyaç duyulan besin öğelerini içermesi açısından biyolojik olarak yüksek değere sahip bir gıdadır. Doğrudan tüketildiği gibi pek çok ürünün işlenmesi sırasında katkı maddesi olarak da kullanılır (MEB, 2011). Yumurta bileşiminde %74 su içermekle birlikte, önemli bir protein kaynağıdır. Doymamış yağ asitlerinden özellikle oleik asidi, minerallerden demir ve fosforu, vitaminlerden ise A, D, E, K, B12 vitamini de dahil olmak üzere B grubu vitaminlerini de önemli miktarlarda içerir. Yumurta yüksek besin içeriği ve düşük kalori değeri nedeniyle her yaştaki insanın diyetinde yer alması gereken bir gıda maddesidir (Serdaroğlu ve Deniz, 2002).

Yumurta, besin değeri yüksek bir gıda olmasının yanında mikrobiyal gelişim açısından da çok iyi bir ortam sağlamaktadır (ICMSF, 2005). Yumurta ürününün muhafazası için farklı uygulamalar bulunmaktadır (pastörizasyon, dondurma, soğutma, koruyucu madde ilavesi vb.) Düzgün koşullarda muhafaza edilmemesi halinde de bazı sağlık sorunlarına neden olabilir (ICMSF, 2005). Yumurta ile ilgili en önemli sağlık sorunlarından birisi *Salmonella* spp. türlerinin neden olduğu Salmonellozis hastalığıdır (Souza, 2012). *Salmonella*'nın 2500'den fazla serotipi bildirilmiştir ancak *Salmonella enterica subsp. enterica serotip Typhimurium* (*S. Typhimurium*) dünya çapında en tehlikeli Salmonellozis etkenidir. (Brenner vd., 2000; Galanis vd., 2006). *Salmonella*'nın pek çok türü, tavuğun bağırsak yolunda yaşayabilir ve dışkı teması ile yumurtaya bulaşabilir. Kontamine yumurtalar soğuk zincirde kırılma olması durumunda önemli ölçüde bakteri gelişimi için potansiyel teşkil ederler ve bu durum da yumurtayı çiğ veya az pişmiş olarak tüketen kişiler için ciddi bir sağlık riski yaratabilir (Souza, 2012).

Ultrasonikasyon, gıda endüstrisinde kullanım potansiyeli olan ısısal olmayan yeni teknolojilerden birisidir. Ultrasonikasyon, insan kulağının duyamayacağı kadar yüksek frekanslı (20 kHz -10 MHz) ses dalgaları ile ortaya çıkan bir enerji türüdür (Bhaskarcharya vd., 2009; Yazar Özen, 2017). “Ultrasonikasyon gücü”, daha düşük frekanslarda (20-100 kHz) daha yüksek güçte ultrasonikasyon anlamına gelir ve kavitasyona neden olma kabiliyetine sahiptir. Ultrasonikasyonun kullanılmasının temel avantajı, ses dalgalarının genellikle güvenli ve çevre dostu olduğu düşünülmektedir (Ashokkumar vd, 2009). Ultrasonikasyonun kullanımı gıdaların raf ömrünü uzatabilir ve aynı zamanda özellikle

ısıya duyarlı gıda maddelerinde gıdaların duyusal özelliklerini, besleyici niteliğini ve fonksiyonel özelliklerini koruyabilir.

Gıda endüstrisinde kullanılan ısısal olmayan bir diğer yöntem de ultraviyole (UV) ışık uygulamasıdır. UV radyasyon, güneşten gelen ışık enerjisinin bir şeklidir. Enerjinin değişik şekilleri, dalga boylarına göre sınıflandırılır. En kısa dalga boylu radyasyon en fazla enerjiyi içerir. UV radyasyonu 320-400 nm arasında UV-A, 280-320 nm arasında UV-B ve 200-280 nm arasında UV-C olmak üzere üç kategoride sınıflandırılabilir (Mutlu vd., 2003).

UV-C ışığının en yaygın uygulamaları havanın, yüzeylerin ve suyun dezenfeksiyonudur ve de yıllardır bu alanlarda kullanılmaktadır (Bintsis vd., 2000). Ancak günümüzde gıdaların muhafazasında kullanımına olan ilgi de artmaktadır (Guerrero-Beltran ve Barbosa-Canovas, 2004). Özellikle sıvı gıdaların işlenmesinde pastörizasyon ve sterilizasyon gibi ısı işlemlere alternatiftir (Engin vd. 2009). UV ışık uygulaması ile hücre genetik mutasyona uğramakta; bu nedenle bakteri, virüs, küf ve diğer mikroorganizmaların çoğalması engellenmekte ve mikroorganizmalar inaktif hale gelmektedir (Kasım ve Kasım, 2007).

Yapılan literatür taramalarına göre sıvı yumurta sarısı üzerinde mikrobiyal inaktivasyon sağlamak amacıyla, ultrasonikasyon destekli UV-C ışık uygulaması (US-UVC) ile ilgili bir çalışma bulunmamaktadır. Bu tezde *Salmonella Typhimurium* ile kontamine edilen sıvı yumurta sarısı, ultrasonikasyon desteğiyle birlikte 0, 15, 30, 45, 60, 75, 90 dakika sürelerle UV-C ışığa maruz bırakılmış, inaktivasyonun etkinliği, sıvı yumurta sarısının viskozite ve rengindeki değişim belirlenmiştir.

Bu tezin temel amacı; raf ömrü uzun, doğal, yüksek oranda besleyici ve güvenli kabul edilebilir sıvı yumurta ürünleri üretmek için termal olmayan bir koruma işlemi olarak ultrasonikasyon eşliğinde 254 nm'de UV-C radyasyonunun yumurta sarısı için uygunluğunu araştırmaktır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Yumurta

2.1.1. Yumurtanın Tanımı ve Özellikleri

Türk Gıda Kodeksi Yumurta ve Yumurta Ürünleri Tebliği'ne göre yumurta; *Gallus gallus var. domesticus* cinsi tavuklardan elde edilen, doğrudan insan tüketimine veya gıda sanayisinin kullanımına sunulan veya yumurta ürünlerinin hazırlanmasına uygun kabuklu yumurta olarak tanımlanmaktadır (2014). Yumurta, et grubu besinler içerisinde yer alır ve mükemmel protein kaynağıdır. Birçok vitamin ve minerali içerdiği için sağlıklı beslenmede önemli rolü vardır. Besleyici değerinin yanı sıra ucuzdur. Kolay ulaşılabilir ve kolay hazırlanır olması kolay çiğnenmesi ve sindirimi nedeniyle tüm yaş grubundaki bireyler için bir tercih nedenidir (Rakıcıoğlu, 2013).

Yumurta, tek başına tüketilebildiği gibi birçok ürünün işlenmesi sırasında aroma ve renk vermesi, jelleştirme, emülsifiye etme, nem tutma, kabartma, köpükendirme, kristalleşmeyi önleme gibi birçok özelliği nedeniyle katkı maddesi olarak da kullanılmaktadır (Tayyar, 2005; Alakır, 2006). Yumurta proteinleri ısı işlem sonucu denatürasyona uğrayarak katılaştığı için sütlü tatlılarda ve çorbalarda kıvam arttırıcı olarak kullanılır. Bunun yanında mayonez, kek, pasta, salata sosları vb. üretiminde de yumurtadan yararlanılmaktadır (Rakıcıoğlu, 2013).

2.1.2. Yumurtanın Fiziksel ve Kimyasal Yapısı

Yumurta, vitamin ve mineraller açısından oldukça zengin bir gıdadır. Yumurta akı ve sarısının vitamin ve mineral madde içeriği birbirinden farklıdır. Yumurta sarısı, vitamin A, D, E, tiamin, riboflavin, biyotin, kolin ve pantotenik asit; yumurta akı ise niasin bakımından oldukça zengindir. Yumurta akında sodyum, potasyum, klor, kükürt ve magnezyum; yumurta sarısında ise başta demir olmak üzere bakır, kalsiyum, fosfor ve çinko daha fazla bulunur (Çelebi ve Karaca, 2006).

Bütün yumurta, yumurta akı ve sarısının besin değeri ile ilgili veriler Tablo 2.1'de verilmiştir.

Tablo 2.1. Yumurta Kısımlarının Besin Değeri (Zeidler, 2002)

Yumurta Kısmı (60 g/adet)	Su (%)	Protein (%)	Yağ (%)	Karbonhidrat (%)	Enerji (kcal)
Yumurta akı	88,0	9,7-10,6	0,03	0,4-0,9	19
Yumurta sarısı	48,2	15,7-16,6	31,8-35,5	0,2-1,0	65
Bütün yumurta	75,5	12,8-13,4	10,5-11,8	0,3-1,0	84

Sıvı yumurta ürünleri, sıvı halde yumurta beyazı, yumurta sarısı ile bütün yumurta olarak üç şekilde bulunmakta ve bu ürünler ticari olarak pastörize edilip satılmaktadır. ABD’de sıvı yumurta ürünleri kitleler halinde metal veya plastik tanklarda satışa sunulmakta veya lamine alüminyum folyo ve kağıt kartonlarda ya da hermetik olarak kapanmış polietilen torbalarda ambalajlanabilmektedir. Sıvı yumurta ürünleri arasında tam yumurta, yumurta sarısı, yumurta beyazı, tuzlu yumurta sarısı, şekerli yumurta sarısı, enzim modifiye yumurta sarısı, köpürge yumurta beyazı ve yumurta sarısı ile beyazının farklı karışımları sayılmaktadır (Bayana, 2017). Yumurta ve ürünlerinin raf ömrünün uzatılmasında patojen ve bozulma yapan mikroorganizmaların inaktivasyonu önem taşımaktadır. Yumurta ürününün uygun koşullarda muhafaza edilmemesi bazı sağlık sorunlarına neden olabilir (ICMSF, 2005). Yumurta ile ilgili en önemli halk sağlığı sorunlarından birisi *Salmonella* spp. türlerinin neden olduğu Salmonellozis hastalığıdır (Souza, 2012). *Salmonella*’nın diğer pek çok türleri gibi *Salmonella enteritidis*, tavuğun bağırsak yolunda yaşayabilir ve dışkı teması ile yumurtaya bulaşabilir. Kontamine yumurtalar soğuk zincirde kırılma olması durumunda önemli ölçüde bakteri gelişimi için potansiyel teşkil ederler ve bu durum da yumurtayı çiğ veya az pişmiş olarak tüketen kişiler için ciddi bir sağlık riski yaratabilir (Souza, 2012).

Türk Gıda Kodeksi Mikrobiyolojik Kriterler Tebliği’ne göre (Türk Gıda Kodeksi Mikrobiyolojik Kriterler Tebliği, 2011) yumurta ürünlerinin sahip olması gereken mikrobiyolojik özellikler Tablo 2.2’de verilmiştir.

Tablo 2.2. Mikrobiyolojik Kriterler Tebliği'ne Göre Yumurta Ürünlerinin Mikrobiyolojik Özellikleri (Türk Gıda Kodeksi Mikrobiyolojik Kriterler Tebliği, 2011)

Mikroorganizmalar/ Toksinler/ Metabolitler	Numune Alma Planı ⁽¹⁾		Limitler ⁽²⁾		Referans metot ⁽³⁾	Kriterin uygulanacağı basamak	Sonuçların uygun çıkmaması halinde alınacak tedbirler
	n	c	m	M			
Enterobacteriaceae	5	2	10 ¹ kob/g- mL	10 ² kob/g- mL	ISO 21528-2	(⁴)	(⁵)

(¹) : n: Numune sayısı; c: m ile M limiti arasında değere sahip olmasına izin verilen numune sayısı

(²) : kob: Koloni oluşturan birim (katı besiyerinde)

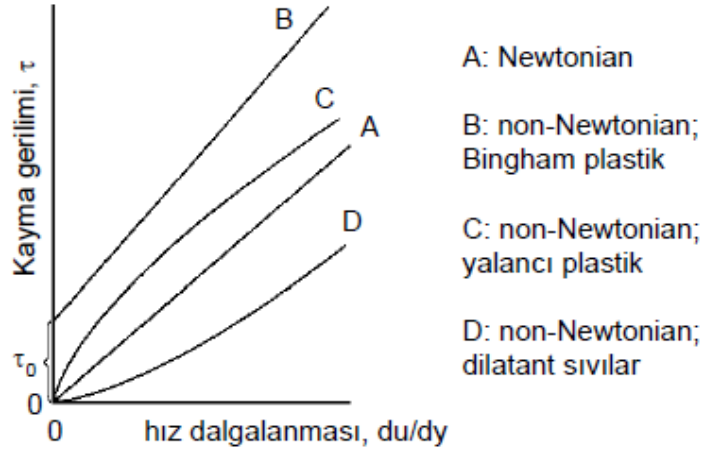
(³): Bu Yönetmelikte belirtilen standartların yayımlanmış en son halleri kullanılır.

(⁴): Üretim işleminin sonunda

(⁵): Isıl işlem uygulamasının etkinliği ve yeniden kontaminasyonun engellendiği kontrol edilmelidir.

Isıl işlem, yumurta ürünleri endüstrisinde mikrobiyal inaktivasyonu sağlamak amacıyla yaygın bir şekilde uygulanmaktadır. Ve bu ısıl işlem sonucu sıvı yumurtanın viskozitesinde değişimler meydana gelmektedir (Abbasnezhad vd., 2014). Viskozite, akışkanların akmaya karşı gösterdikleri direnç anlamına gelmekte olup, sıvıların akış, katıların ise deformasyon özelliklerini belirlemektedir (Bourne, 2002).

Isaac Newton tarafından akış tipleri Newton tipi ve Newton tipi olmayan olmak üzere 2 gruba ayrılmıştır. Bir akışkanın 'Newton tipi akışkan' olarak adlandırılabilmesi için, akışkanın kayma gerilimi ile kayma oranı arasında doğru orantı (lineer bağıntı) olması gerekmektedir. Bu orantı Şekil 2.1'de verilen grafikteki merkezden geçen A doğrusu ile gösterilmiştir. Şekildeki B, C ve D eğrileri ile gösterilen akış tipleri Newton tipi olmayan akış tipleridir. B eğrisini veren sıvılara 'Bingham plastikleri', C eğrisini veren sıvılara 'psödoplastik' (yalancı plastik) ve D eğrisini veren sıvılara 'dilatant akışkanlar' adı verilmektedir. Newton tipi olmayan akışkanların sabit bir viskozite değeri yoktur ve kayma oranına bağlı olarak viskozite değiştiği için bu tür akışkanlar için görünür 'viskozite değeri' mevcuttur. Newton tipi olmayan akışkanlara örnek vermek gerekirse, mayonez Bingham, ketçap psödoplastik ve nişasta solüsyonu ise dilatant akışkanlardır (Beşergil ve Beşergil, 1996).



Şekil 2.1. Newton Tipi ve Newton Tipi Olmayan Akışkanlar İçin Kayma Gerilimi ve Kayma Hızı (Beşergil ve Beşergil, 1996)

Lee vd., (1999), yaptıkları bir çalışmada yumurtanın reolojik özelliklerini incelemişler ve yumurtanın Newton tipi olmayan akış davranışı gösterdiğini bildirmişlerdir. Newton tipi olmayan akışkanların kayma gerilimi ile kayma oranı arasındaki ilişkiyi tanımlamak için pek çok matematiksel model önerilmiştir. Bunlardan yaygın olarak kullanılanlar Newton (2.1), Herschel-Bulkley (2.2), Üssel Model (2.3), ve IPC Paste (2.4) modelleridir (Penna vd., 2001; Abbasnezhad vd., 2014; Atif vd., 2012).

$$\text{Newton modeli } \tau = \eta\dot{\gamma} \quad (2.1)$$

$$\text{Üssel model } \tau = K(\dot{\gamma})^n \quad (2.2)$$

$$\text{Herschel-Bulkley modeli } \tau = \tau_0 + K(\dot{\gamma})^n \quad (2.3)$$

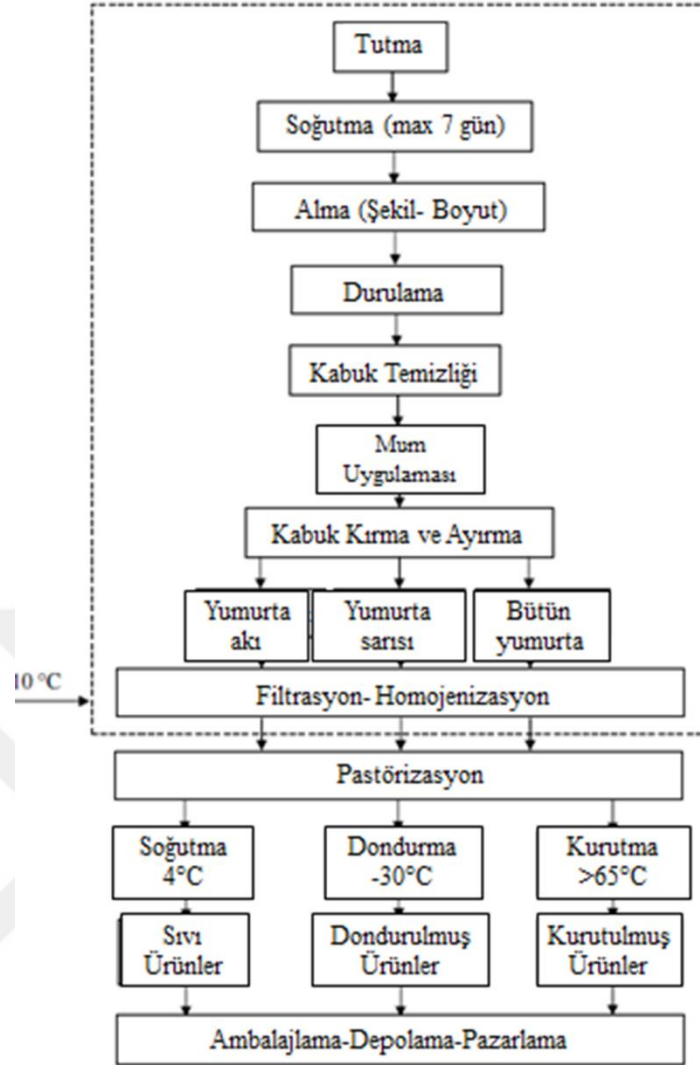
$$\text{IPC Paste modeli } \eta = kR^a \quad (2.4)$$

Burada τ kayma gerilimini, $\dot{\gamma}$ kayma oranını, τ_0 yıkılma (akma) gerilimini, K kıvam katsayısını, η viskoziteyi (cP), n akış davranış indeksini, a kayma hassasiyet faktörünü, R dönüş hızını (rpm), k tutarlılık çarpanını göstermektedir (Özdemir ve Kılıç, 2004). Akış davranış indeksi $0 < n < 1$ aralığında olan akışkanlar Newton tipi olmayan akışkan özelliği göstermektedir (Ertugay vd., 2012).

2.1.3. Pastörize Sıvı Yumurta Ürünlerinin Üretimi

Sıvı yumurta ürünlerinin işlenmesi; uzun raf ömrüne sahip, yüksek kaliteli ve güvenli ürün elde etmek için tüketime kadar çeşitli adımlardan geçmektedir. İşleme başlamadan önce, kabuklu yumurtalar genellikle 7-10 gün içinde soğutulmuş depoda tutulur. Üretim hattında, kabuklu yumurtalar büyüklük ve şekillerine göre gruplara ayrılır, daha sonra yıkanır ve tavuktan gelen dışkıyı arındırmak için tamamen durulanır. Bu bölüm çok önemlidir çünkü ovulasyondan sonra çok miktarda gıda kaynaklı mikroorganizma dışkıdan yumurtaya bulaşmaktadır. Yumurta kabukları, yüksek oranda seyreltilmiş kimyasallar püskürtülerek sterilize edilir. Kusurları tespit etmek ve gidermek için kabuklu yumurtalar daha sonra kuartz halojen ışığa maruz bırakılır (USDA, 2000).

Kabuklar kırılır ve sıvı yumurtalar, yumurta akı ve yumurta sarısı üretmek amacıyla ayrılırlar veya bütün yumurtayı oluşturmak için karıştırılırlar. Bütün veya ayrılmış yumurtalar homojenize edilir ve kabuk parçalarını, zarları ve şalaz bağlarını çıkarmak için filtrelendir. Yumurta ürünleri, gıda kaynaklı patojenleri inaktive etmek için pastörizasyon ünitesine gönderilir. Ürüne bağlı olarak etkili pastörizasyon için çeşitli zaman-sıcaklık kombinasyonları kullanılır. Pastörize edilmiş sıvı bütün yumurta ürünleri, gram başına 1,000 mikroorganizmanın daha azını içermelidir (USDA, 2000). Pastörize yumurta ürünleri son olarak ambalajlama öncesi tüketicinin ihtiyaçlarına göre soğutulur, kurutulur veya tuzlanır. Yumurta üretim şeması Şekil 2.2'de gösterilmiştir.



Şekil 2.2. Yumurta Üretim Şeması (Atılgan, 2007)

2.1.4. Yumurta Muhafazasında Kullanılan Alternatif Metotlar

Sıvı yumurta ürünleri için bilinen en yaygın dayandırma yöntemi, belirli sürede ürüne sıcaklık uygulamak suretiyle mikroorganizmaların yok edilmesi prensibine dayanan ısı pastörizasyon işlemidir (Muriana, 1997). Alternatif pastörizasyon metotları olarak, ısı kullanımı veya ısının diğer tekniklerle kombinasyonu yerine; irradyasyon, biyokoruma, atımlı elektrik alan, yüksek hidrostatik basınç atımı ve ultra yüksek basınç homojenizasyonu, yüksek hidrostatik basınç ile yüksek ultrason işleminin kombinasyonu, hidrojen peroksit uygulaması ve pH ayarlı pastörizasyon kullanılır (Souza, 2012). Bütün bu metotlar, *Salmonella* spp, *Listeria monocytogenes*, *E.coli* O157:H7 veya *Bacillus cereus* gibi patojenlerin elemine edilmesine odaklanmıştır. Ve bunların çoğu koagülasyon oluşumu ve proteinlerin denatürasyonu yoluyla sıvı yumurta ürünlerinin yapılarında

önemli değişikliklere yol açmaktadır (Souza, 2012). Bu değişikliklerin elimine edilmesi için belirlenen pastörizasyon koşulları Tablo 2.3'te gösterilmiştir.

Tablo 2.3. Sıvı Yumurta Ürünleri İçin Kullanılan Pastörizasyon Koşulları (Wu, 2014)

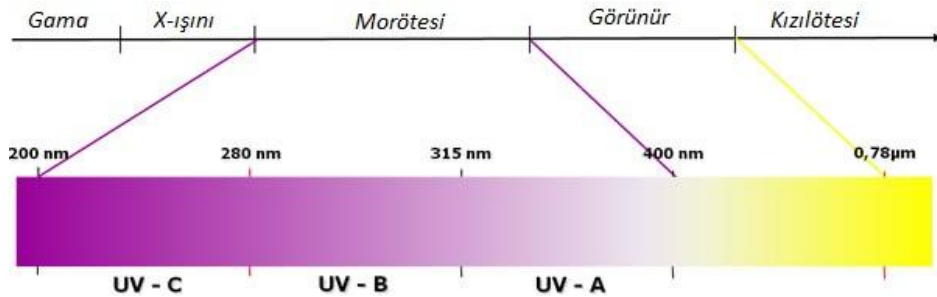
Sıvı Yumurta Ürünleri	Minimum Tutma	
	Sıcaklık (°C)	Süre (dakika)
Yumurta Akı (Kimyasal İçermeyen)	55,6	3,10
Bütün Yumurta (Kimyasal İçermeyen)	60,0	3,50
Yumurta Sarısı (Kimyasal İçermeyen)	60,0	3,10
Bütün Yumurta Karışımları (%2 bileşen)	60,0	3,10
Tuzlu Bütün Yumurta (%2 veya daha fazla tuz)	62,2	3,10
Şekerli Bütün Yumurta (%2-12 şeker)	60,0	3,10
Tuzlu Yumurta Sarısı (%2-12 tuz)	62,2	3,10
Şekerli Yumurta Sarısı (%2 veya daha fazla şeker)	62,2	3,10

Bütün bu kısıtlamalara karşılık UV-C ışık uygulaması, mikrobiyolojik olarak güvenliği sağlamak ve uzun raf ömrüne sahip gıda üretimi için alternatif bir ısıl olmayan işlem olabilir (Souza, 2012). UV-C ışık uygulaması sadece ısının zararlı etkilerini elemine etmez aynı zamanda fazla işlemi ve masrafları da azaltır ve zaten berrak meyve suları ile gıda yüzeyleri için US-FDA tarafından onaylanmış bir metottur (Souza, 2012).

2.2. Ultraviyole Işık

2.2.1. Tanımı

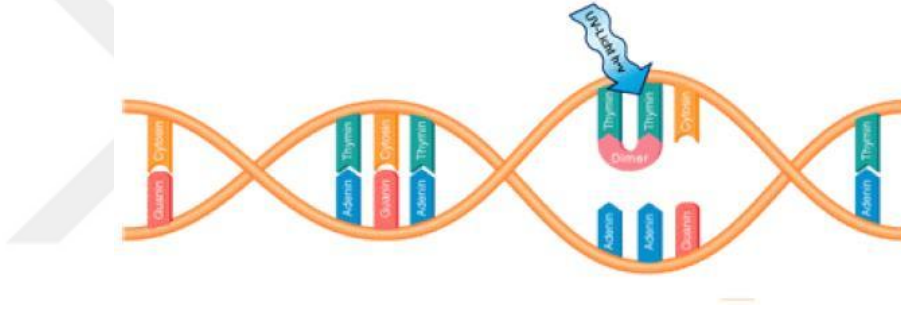
Ultraviyole (UV) ışık, güneşten gelen ışık enerjisinin bir şeklidir. Enerjinin değişik şekilleri ve dalga boylarına; UV-A, UV-B ve UV-C olmak üzere üç kategoride (Şekil 2.3) sınıflandırılabilir (Mutlu vd., 2003).



Şekil 2.3. Elektromanyetik Spektrum

2.2.2. Ultraviyole Işık ile Mikrobiyal İnaktivasyon

UV-C ışığın en yaygın uygulamaları havanın, yüzeylerin ve suyun dezenfeksiyonudur ve yıllardır bu alanlarda kullanılmaktadır (Bintsis vd., 2000). Ancak günümüzde gıdaların muhafazasında kullanımına olan ilgi de artmaktadır (Guerrero-Beltran ve Barbosa-Canovas, 2004). Özellikle sıvı gıdaların işlenmesinde pastörizasyon ve sterilizasyon gibi ısı işleme alternatifidir (Engin vd., 2009). UV ışık uygulaması ile hücre genetik mutasyona uğramakta; bu nedenle bakteri, virüs, küf ve diğer mikroorganizmaların çoğalması engellenmekte ve mikroorganizmalar inaktif hale gelmektedir (Kasım ve Kasım, 2007). Hücresel DNA ve RNA'larca absorbe edilen ultraviyole ışık ışınları, bitişik timin bazları arasında kimyasal kovalent bağları oluşturarak timin dimerleri meydana getirir (Şekil 2.4). Ortaya çıkan timin dimerleri hücresel ultraviyole hasarının başlıca mekanizmasını oluşturur. Hücre bölünmesi öncesi kromozom replikasyonu bozulur; genlerin transkripsiyonu ve ekspresyonu yapılamaz (Özkütük, 2007).



Şekil 2.4. Ultraviyole Işığın DNA Üzerindeki Etkisi

Mikrobiyal inaktivasyonun sağlanması için gıdanın en az $0,04 \text{ J/cm}^2$ enerjiye maruz kalması gerekmektedir (Özkütük, 2007). Literatürde bazı mikroorganizmaların inaktivasyonu için uygulanması gereken dozlar mevcuttur (Tablo 2.4).

Tablo 2.4. Farklı Mikroorganizmaların 254 nm Dalga Boyundaki UV Işık Işınlarına Maruz Kaldıktan Sonra %90 İnaktivasyonu İçin Gereken Dozlar (J/m²) (Philips (2006)'dan uyarlanmıştır).

Mikroorganizma	Doz (J/m ²)
<i>Escherichia coli</i>	30
<i>Salmonella enteritidis</i>	40
<i>Salmonella paratyphi</i>	32
<i>Salmonella typhimurium</i>	80
<i>Sarcina lutea</i>	197
<i>Staphylococcus albus</i>	18,4
<i>Staphylococcus aureus</i>	26
<i>Yersinia enterocolitica</i>	11
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	60
<i>Rhizopus nigricans</i>	1110
Rotavirüs	81
<i>Cryptosporidium parvum</i>	25
Mavi yeşil alg	3000

2.2.3. Ultraviyole Işığın Gıda Endüstrisindeki Uygulamaları

Ünlütürk vd. (2008), UV'ye dirençli *E. coli* (ATCC 8739) suşunun sıvı yumurta ürünleri için hedef mikroorganizma olarak termal pastörizasyon işlemi olmayan UV-C radyasyonunun verimliliğini araştırmışlardır. Sıvı yumurta sarısı ve sıvı bütün yumurta içinde 0,316 log kob/mL maksimum inaktivasyon 0,675 log kob/mL, UV-C ışığının sıvı bütün yumurta ve sıvı yumurta sarısı için uygulanabilir inaktivasyon prosesi olmayabileceğini göstermişlerdir. Öte yandan, sıvı bütün yumurtada *E. coli*'nin (ATCC 8739) 2 log değerinden daha düşük bir azalma sağladığını bulmuşlardır.

Ünlütürk vd. (2010) *E. coli* O157'nin patojenik suşu *E.coli* K-12'nin (ATCC 25253) patojenik olmayan bir suşu ile sıvı yumurta beyazı için termal olmayan pastörizasyon işlemi olarak UV-C ışınlamasının verimliliğini araştırmışlardır. Bu amaçla, aşılınmış sıvı yumurta beyazı numuneleri, 0,314 mW/cm² bir bilinen yoğunluk seviyesine ve 0, 3, 5, 7, 10, 13, 17 ve 20 dakika boyunca 0,153 cm'lik bir numune derinliğine sahip bir UV-C radyasyonuna tabi tutmuşlardır. İlk mikrobiyal yükü azaltmak için UV-C ışınlama tedavisinin ya hafif ısı tedavisi ya da ısısız olmayan teknolojilerle kombine edildiğinde ya da sıvı yumurta beyazının termal pastörizasyonunun olumsuz etkileri için ön tedavi yöntemi ya da alternatif bir yöntem olarak kullanılabilirliğini öne sürmüşlerdir.

Souza vd. (2014) sıvı yumurta ürünlerine inoküle edilmiş, patojenik olmayan *Salmonella subterranea*, *Listeria innocua* ve *Escherichia coli* suşları kullanılarak, sargılı tüp reaktörde UV-C işleminin mikrobiyal etkinliğini araştırmışlardır. Etkinliği bütün

yumurta, yumurta akı ve yumurta sarısı fraksiyonlarında değerlendirmişlerdir. Buna ek olarak, UV-C ile işlenmiş sıvı yumurtanın doğal yumurta mikroflorasının gelişimi incelenmiş ve 4°C'de saklama esnasında ısıl işlem görmüş numuneler ile karşılaştırmışlardır. Sıvı yumurta ürünlerinin uzun vadeli mikrobiyal stabilitesinin UV-C muamelelerinden olumlu bir şekilde etkilendiğini ve raf ömrünün buzdolabında 8 hafta kadar uzadığı sonucuna ulaşmışlardır.

Geveke (2008), boru şeklindeki UV işlem sistemini daha yüksek bir akış hızına kadar büyük ölçüde ölçeklendirmek ve sıvı yumurta beyazı içinde *E. coli*'nin inaktivasyonunu sağlamak amacıyla çalışma yapmıştır. *E. coli*'nin yumurta akı popülasyonu 80°C'de 50°C'de UV'ye maruz bırakıldıktan sonra 2,5 log azaldığı sonucuna ulaşmıştır. UV muamele süresi 0 s'ye düştüğünde (yani, UV ampulleri kapalı olduğunda) ve sıcaklık 50°C'de tutulduğunda, indirgeme 0,1 log olmuştur.

Engin ve Yüceer (2011), UV ve ultrasonikasyon işlemlerinin yoğurdun reolojik özellikleri üzerine potansiyel etkilerini göstermek için viskozite ve sinnerez ölçümleri yapılmışlardır. UV ışığı, toplam koliformlar, *E. coli* ve *Staphylococcus* türleri üzerinde büyük bir etkiye sahip olduğunu, ancak ultrasonikasyonun, belirli mikroorganizma gruplarını azaltmada, UV ve ısı işlemlerinin etkinliğinden yoksun olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

Uysal Pala ve Kırca Toklucu (2010), UV ışık teknolojisinin meyve sularına uygulanmasını araştırmış ve şimdiye kadar yürütülen araştırmaların UV ışın teknolojisinin, meyve suyu üretim teknolojisi açısından alternatif olabileceğini belirtmişlerdir. UV uygulanması sırasında mikrobiyal inaktivasyonun en yüksek düzeyde; fenolik bileşikler, karotenoidler ve C vitamini gibi biyoaktif bileşikler ile aroma bileşenlerindeki kayıpların, istenmeyen lezzet oluşumu gibi durumların ise her meyve suyu için optimizasyonunu içeren ileri düzeyde araştırmalara ihtiyaç olduğunu belirtmişlerdir.

Gayan vd. (2014) yaptıkları çalışmayı, toksin üreten *S.aureus* suşlarının UV-C direncini ve inaktivasyon kinetiklerini ve büyüme fazının UV direnci üzerindeki etkisini karakterize etmek için tasarlamışlardır. *S.aureus*'un UV inaktivasyonu üzerine bazı çevresel faktörlerin (pH, su aktivitesi ve absorpsiyon katsayısı) ve işleme sıcaklığının etkisi, farklı uygulama ortamında bu patojenin inaktivasyonu için UV-H kombine sisteminin geliştirilme ihtimalini değerlendirmek üzere incelemiştirlerdir. Farklı sıvı gıdalarda *S. aureus*'un inaktive edilmesi için UV ve UV-H işlemlerinin etkinliğini değerlendirmişlerdir. Oda sıcaklığında yapılan UV işlemi, hücre zarında oksidatif hasara veya yaralanmaya neden olmamıştır. Tersine, UV-H muameleleri hücrelerde hücre zar

hasarlarını tek başına karşılık gelen ısı işlemlerinden daha fazla indüklediğini belirlemişlerdir.

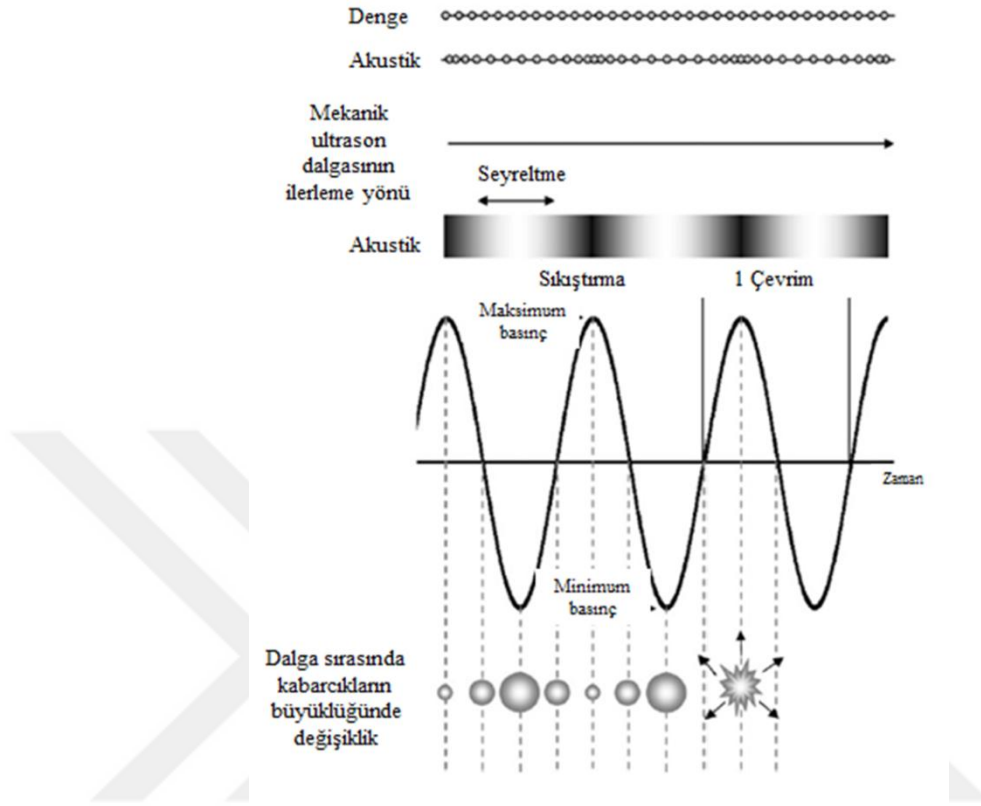
Reinemann vd. (2006) ise, taze inek sütüne 1,5 kJ/L UV uygulamasının toplam canlı organizma sayısında 3 log'luk bir azalma meydana getirdiğini saptamışlardır. Araştırmacılar, laboratuvar düzeyinde ve pilot düzeyde UV uygulamaları arasında toplam aerobik mezofilik, koliform ve psikrofil bakteri sayılarında görülen azalmalar bakımından önemli bir fark olmadığını belirtmişlerdir. Ancak, yüksek doz UV uygulamasının süt ve ürünlerinde duyuşal açıdan problem yaratabileceğinin göz önünde bulundurulması gerektiğini ifade etmişlerdir.

2.3. Ultrasonikasyon

2.3.1. Tanımı

20 kHz veya daha yüksek frekanslı basınçlı dalgalara ultrasonik ses dalgaları adı verilmektedir (Sağdıç vd., 2008). Ultrasonikasyon teknolojisinin uygulaması sıvı sistemlerde daha etkilidir ve etki başlıca kavitasyon (Şekil 2.5) olgusuna bağlıdır. Ultrasonikasyonun üretilmesi; çok hızlı bir şekilde devam eden bir sıkıştırma ve ortam içinden geçerken ürettiği dalgaların osilasyonu şeklinde olmaktadır. Sıvı içerisine gönderilen ses dalgaları sıvı içinde bulunan moleküllerin titreşmesi ve bu titreşimi komşu moleküle aktararak devam ettirmesi ile meydana gelir. Bu enerjinin aktarımı ile ortamdaki moleküllerde sıkışma ve gevşemeler olmaktadır. Sıkışma sırasında sıvıda bulunan moleküller birbirine yaklaşırken, gevşeme sırasında birbirinden uzaklaşmaya başlayan moleküller arasında meydana gelen çekim sonucu kabarcıklar oluşur. Moleküllerin birbirine uzaklaşma anından yaklaşma evresine geçerken seri devam eden osilasyon sonucu meydana gelen kabarcıklar birbirine yaklaşan moleküller arasında ani olarak patlar. Bu patlama ile kabarcığın etrafında çok kısa bir an içinde 5500 °C 'ye kadar bir sıcaklık ve 50 MPa bir basınç oluşur. Bu gaz kabarcıklarının ani patlaması kavitasyon bölgesinde yüksek bir kesme etkiye ve türbülansın oluşmasına neden olur (Söbeli ve Kayaardı, 2014; Soria ve Villamiel, 2010; O'Donnell vd., 2010; Piyasena vd., 2003). Burada oluşan ısı, basınç ve türbülans çeşitli etkilere sahiptirler. Bu enerji ve yoğunluk boyunca ortamın viskozitesi, yüzey gerilimi, buhar basıncı, serbest bırakılan gaz konsantrasyonu, katı partiküllerin durumu, sıcaklığı, uygulama basıncı oluşan kavitasyonun büyüklüğüne bağlıdır. Kavitasyon tarafından salınan enerji miktarı kabarcıkların kabarcık büyüme kinetiği ve çöküşü üzerindeki etkiye bağlıdır. Bu enerji sıvının buhar basıncı ile

kabarcıkların ara yüzeyindeki yüzey gerilimi ile birlikte artabilir. Özellikle de sulu gıdalar yüksek yüzey gerilimine sahipse kavitasyon için ortamın etkisi çok daha fazladır (Knorr vd., 2004).



Şekil 2.5. Ultrasonik Kavitasyon (Soria ve Vilamiel, 2010)

Ultrasonikasyon teknolojisi gıda endüstrinde çeşitli alanlarda uygulanmış ve olumlu sonuçlar alınmıştır. Bu alanlar; enzim inaktivasyonu ve ekstraksiyonu, mikroorganizma inhibisyonu, dondurma, kurutma, filtrasyon, homejenizasyon/emülsifikasyon, tenderizasyon gibi uygulamalardır. Halen gıda endüstrisinde sınırlı kullanım alanı bulan ultrasonikasyon teknolojisinin gelecekte çok daha yaygın uygulama alanının olacağı düşünülmektedir (Yüksel, 2013).

2.3.2. Ultrasonikasyon ile Mikrobiyal İnaktivasyon

Gıda muhafazası endüstriyel bir faaliyete dönüştüğü için, gıda endüstrisinde halk sağlığını korumak ve bozulmayı önlemek için tek mikrobiyal inaktive edici ajan ısı olmuştur. Bununla birlikte, ısı, besleyici değer kaybı ve organoleptik ve fonksiyonel özelliklerdeki değişiklikler gibi gıdalarda istenmeyen etkilere neden olabilir. Bu nedenle, mevcut sıvı yumurta pastörizasyon işlemlerinin yoğunluğundaki herhangi bir artış,

kalitesinde bir düşüşe neden olacaktır. Ultrasonik yöntem, prosesi en aza indirmek, kaliteyi arttırmak ve gıda ürünlerinin güvenliğini korumak için tasarlanan hızlı gelişen tekniklerden biridir (Knorr vd., 2011).

Ultrasonikasyonun antimikrobiyal rolü ilk olarak denizaltı savaşında deniz yaşamı üzerinde zararlı etkilere karşı keşfedilmiştir. Daha sonraki araştırmalar mikroorganizmaların yok edilmesi için ultrasonik mekanizma üzerine odaklanmıştır (Earnshaw vd., 1995). Gıdalardaki mikroorganizmaları inaktive etmek için ultrason teknolojisinin kullanılmasına olan ilgi, pek çok araştırmaya yol açmıştır (Jayasooriya vd., 2004; Paniwnyk, 2016; Demirdöven ve Baysal, 2009; Bastarrachea vd., 2017; Kentish ve Feng, 2014). Ultrasonikasyon ile sıvı içerisinde meydana gelen kavitasyon, mikro-kabarcıklar oluşturur. Bu mikro-kabarcıklar yüksek miktarda enerji açığa çıkarır ve çökme sırasında yüksek basınç oluşturur. Yüksek miktarda enerji ve basınç salınması mikrobiyal inaktivasyon için uygun bir ortam sağlamaktadır (Feng vd., 2011).

2.3.3. Ultrasonikasyonun Gıda Endüstrisindeki Uygulamaları

Knorr vd. (2004) çalışmalarında yüksek hidrostatik basınç tedavisinden önce sadece nisin veya ultrason kombine prosedürü uygulamışlar ve bu ultrason-yüksek hidrostatik basınç kombinasyonu, ultrason ek etkisine atfedilen, *E. coli* inaktivasyonunun bir miktar artmasına neden olduğunu bulmuşlardır. Bu ultrason-yüksek hidrostatik basınç kombinasyonunda artmış mikrobiyal inaktivasyon etkilerinin olmamasını sıvı bütün yumurtanın düşük sıcaklığı ile açıklamışlardır. Nisin ve yüksek hidrostatik basınç kombine tedavisi ile daha umut verici sonuçlar elde etmişlerdir. Nisin ilavesi, Gram-pozitif *Listeria*'ya karşı yüksek hidrostatik basıncın 5 günlük döngüye kadar ölümcül etkilerini arttırdığını görmüşlerdir. Eklenen nisin, kendisinin bakterisidal etki için yeterli olmadığı *Listeria*'nın sitoplazmik zarına eklendiği, ancak hücre zarındaki yüksek hidrostatik basınçtan gelen stresin, *Listeria*'nın hücre ölümüne yol açtığı düşünülmektedir. Nisin-yüksek hidrostatik basınç kombinasyonunun *E. coli* üzerindeki marjinal etkileri Gram-negatif *E. coli* membran yapısı veya sıvı bütün yumurtanın koruyucu etkileri ile açıklanabilir. Bu sonuçlar nisin-yüksek hidrostatik basınç kombinasyonunun esas olarak basınç etkileri ile Gram-negatif *E. coli*'nin mikrobiyal yüklerini ve nisin ile yüksek hidrostatik basıncın kombine hareketi ile Gram-pozitif *Listeria*'nın yüklerini etkili bir şekilde azaltacağını ortaya koymuşlardır.

Char vd. (2010), yaptıkları çalışmada, *E.coli* ATCC 35218 ve *S.cerevisiae*'nin, pepton suyu, portakal suyu ve / veya elma suyundaki ultrasonikasyon ve UV-C ışığının tek

ve / veya kombine etkisi üzerindeki etkisini incelemişlerdir. UV-C ve ultrasonikasyonun eş zamanlı veya seri uygulamalarına ek olarak, gerinim karışımlarının ve tekli kültürlerin tepkileri incelenmiş ve karşılaştırılmıştır. UV-C radyasyonu, *E. coli* ATCC 35218, bir *E. coli* kokteyli, *S. cerevisiae* KE162'nin inaktive edilmesi ve pepton suyundaki ve berraklaştırılmış elma suyundaki bir maya kokteyli etkisiz hale getirilmiştir, ancak sıkılmış portakal suyunda kötü etkisizleştirme etkisi ortaya çıkmıştır. UV-C ışığının, su ve meyve sularında mikrobiyal inaktivasyon için değerli bir teknoloji olduğunu ancak etkinliği berrak, opak olmayan ortamlarla sınırlı olduğunu söylemişlerdir.

Ordonez vd. (1984), yaptıkları bir çalışmada 5-62°C arasında değişen sıcaklıklarda 20 kHz/160 W'lık bir uygulamada *Streptococcus faecium* ve *Streptococcus durans* inaktivasyonu incelenmişlerdir. Ultrasonikasyonun sıcaklık ile beraber uygulanmasının çok daha etkili olduğu görülmüştür (1 logaritmik birim daha fazla azaltma etkisi).

Garcia vd. (1989), sütteki *Bacillus subtilis* sporları üzerinde 70-95°C sıcaklık aralıklarında ultrasonikasyon uygulaması yapmışlardır. Tek başına ultrasonikasyon bir etki göstermezken, sıcaklıkla beraber uygulanmasının spor popülasyonunu % 63-73 oranında azalttığını gözlemlemişlerdir.

Manas vd. (2000), yaptıkları bir çalışmada sıvı bütün yumurtaya uygulanan manosonikasyon ve manotermosonikasyonun *Salmonella enteritidis* (ATCC 13076), *Salmonella* Typhimurium (ATCC 13311), ve *Salmonella senftenberg* 775W (ATCC 43845) serotipleri üzerindeki inaktive edici etkisini etkisini araştırmışlardır. Sıvı bütün yumurtanın 60°C sıcaklıkta 3,5 dakika süre ile pastörizasyonu sonucu, *Salmonella* Typhimurium ve *Salmonella enteritidis* ile kontamine olmuş sıvı bütün yumurtadaki gıda güvenliğinin sağlandığını fakat *Salmonella senftenberg* 775W ile kontaminasyonun gerçekleşmediğini görmüşlerdir. Bu nedenle, sıvı bütün yumurtada *Salmonella senftenberg* 775W'nin manotermosonikasyon tarafından inaktivasyon hızını araştırmışlardır. 60°C'de 3,5 dakika ısı muamelesinden sonra, yaklaşık olarak *Salmonella senftenberg* 775W popülasyonunu yaklaşık % 75'ini inaktive etmişlerdir.

Huang vd. (2006), sıvı bütün yumurtada *Salmonella enteritidis*'in darbeleri elektrik alan, yüksek basınç ve ultrason kombine işlemleri ile inaktivasyonu üzerine yaptıkları çalışmada; *S. enteritidis*'in sıvı bütün yumurta içinde inaktive edilmesi için darbeleri elektrik alanın, yumurtanın yüksek viskozitesi nedeniyle etkili olmadığını bulmuşlardır. Isı ile yapılan ultrasonikasyon işlemi, *S. enteritidis*'in inaktivasyonu üzerinde sinerjik bir etki gösterdiğini, sıcaklık ve işlem süresinin artmasıyla daha büyük inaktivasyon sağlandığını

gözlemlemişlerdir. Yüksek basınç-ultrasonikasyon işlemleri kombinasyonunda, *S. enteritidis*'in en büyük azalmayı gösterdiğini saptamışlardır.



3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Araştırma Materyali

Bu çalışmada kullanılan yumurta örnekleri ulusal ölçekte üretim yapan bir firmaya (Abalıoğlu Yumurta ve Besicilik A.Ş., Denizli, Türkiye) ait olup, Burdur ilinde yer alan ulusal bir marketten temin edilmiştir.

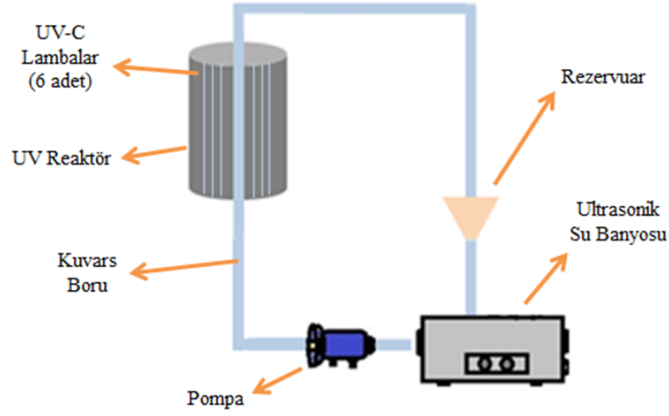
3.1.2. Kullanılan Cihazlar

Yumurta sarılarının homojen hale getirilmesinde mikser (Beko BKK 3055 MK, Arçelik A.Ş., İstanbul), ürün tartımlarında hassas terazi (HR-250AZ, A&D Company, Ltd., Cakarta, Endonezya) kullanılmıştır. Mikrobiyolojik analiz için besiyerini hazırlamak amacıyla su banyosu (WiseBath Wisd 1 kW T10AL, Seul, Güney Kore), inkübatör (Wise cube, Daihan Scientific Co., Ltd., Seul, Güney Kore), otoklav (WiseClave Wisd), vortex (WiseMix Wisd VM-10) sirkülasyonlu su banyosu (WiseCircu Wisd WCR-P8 1.6 kW, Seul, Güney Kore) ve biyogüvenlik kabini (JSR JSBC-1200 SB) kullanılmıştır. UV-C reaktör ve ultrasonik su banyosundan (WiseClean Wisd WUC-D06H, Seul, Güney Kore) oluşan kombine sisteme maruz kalan örneklerin renkleri (Chroma meter CR-400/410, Konica Minolta Holdings Inc., Tokyo, Japonya) renk ölçüm cihazı ile ölçülmüştür.

3.2. Yöntem

3.2.1. Örneklerin Hazırlanması ve Muhafazası

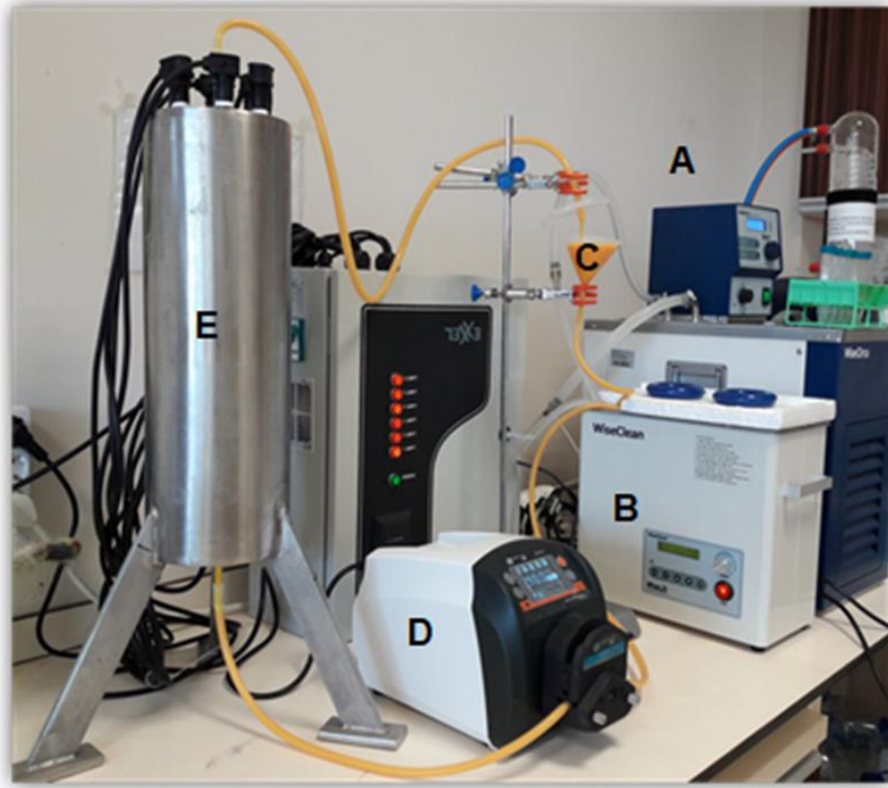
Temin edilen yumurtalar aseptik ortamda, derin bir kap içerisine kırılmış, yumurtaların sarıları, yumurta sarısı ayırıcısı yardımıyla ayrılmış ve başka bir kaba aktarılmıştır. Burada mikser ile 10 saniye en düşük devirde karıştırılarak homojen hale getirilmiştir. Yumurta sarılarına ultrasonikasyon ve UV-C ışık uygulamak için tasarlanan kombine sistem Şekil 3.1'de gösterilmiştir. Bu sisteme verilen yumurta sarıları 15, 30, 45, 60, 75 ve 90 dakikalık sürelerde ultraviyole ışığa maruz bırakılmıştır. Tüm deneyler 3 tekerrürlü olacak şekilde farklı günlerde gerçekleştirilmiştir. Analizde kullanılan tüm malzemeler, otoklavda steril hale getirildikten sonra kullanılmıştır.



Şekil 3.1. Kullanılan Kombine Sistemin Genel Görünüşü

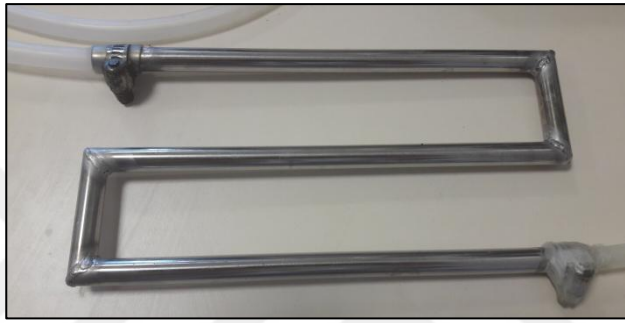
3.2.2. US-UVC Işık Uygulaması

Homojen hale getirilmiş sıvı yumurta sarılarına US-UVC ışık uygulaması tasarlanan sürekli akış UV reaktör sistemi ile gerçekleştirilmiştir. Sürekli Akış UV Reaktör Sistemi; pompa, rezervuar, UV reaktör ve bağlantı elemanlarından oluşmaktadır (Şekil 3.2).



Şekil 3.2. Sürekli Akış UV Reaktör Sistemi (A: Soğutmalı Sirkülasyonlu Su Banyosu, B: Ultrasonik Su Banyosu, C: Rezervuar, D: Peristaltik Pompa, E: UV-C Reaktör)

Sisteme rezervuardan giren örnekler UV reaktörden peristaltik pompa yardımıyla sistemi 5 mm iç çaplı kuvars bir boru içerisinde dolaşmış ve döngü sayısı ile akış hızı değiştirilerek UV-C ışığa maruz kalma süresi ayarlanmıştır. Kuvars boru etrafına 6 adet UV-C lamba hegzagonal şekilde yerleştirilmiştir (Şekil 3.2). Sürekli sistemde akış halindeki sıvı yumurta sarıları paslanmaz çelik boru (Şekil 3.3) içerisinde (iç çap:10 mm, toplam uzunluk:700 mm) ultrasonikasyon işlemine ultrasonik su banyosunda maruz bırakılmıştır. Ultrasonikasyon sırasında sıcaklık buz kalıpları kullanılarak 20°C'nin altında tutulmuş, silikon hortum kısım ise buz banyosu içerisinden spiral haline getirilmiş bakır boru ile geçirilerek sıcaklık 10°C'nin altında tutulmuştur.



Şekil 3.3. Sürekli Akış Sisteminde Sıvı Yumurta Sarılarının Ultrasonikasyona Maruz Bırakılması İçin Hazırlanan Paslanmaz Çelik Boru

Ses iletimi yoğunluk ile doğru orantılıdır. Yoğunluğun artması, sesin daha iyi iletilmesini sağlar. Katı ortam, tanecikleri birbirine çok yakın ve daha güçlü bağlarla bağlı olduklarından, ses kaynağının oluşturduğu titreşim enerjisi bir molekülden diğerine çok daha hızlı iletilir (Anonim, 2018B). Tablo 3.1'de bazı malzemelerin yoğunlukları verilmiştir. Ses iletimi en iyi olan materyal bakırdır. Fakat gıdaların bakırla etkileşime girmesinin zehirleyici olabileceği farklı kaynaklarda mevcuttur (Anonim, 2018C). Bu nedenle paslanmaz çelik boru tercih edilmiştir. *Salmonella* Typhimurium bakterisinin inaktivasyon dozlarını karşılayacak döngü sayısı sistem içerisine giren örnekten belirli sürelerde (0, 15, 30, 45, 60, 75 ve 90 dakika) numune alınıp klasik kültürel yöntemlerle analiz edilmiştir.

Tablo 3.1. Sistemlerin Birbirine Bağlanmasında Kullanılabilecek Malzemelerin Yoğunlukları (kg/dm³) (Anonim, 2018A)

Malzeme	Yoğunluk (kg/dm ³)
Bakır	8,933
Cam	2,4-2,7
Çelik	7,850-8,000
Çinko	7,150
Demir	7,850
Lastik	0,910-1,100
Plastik	1,200-1,400

Mikrobiyolojik analizler için, yumurta kabukları %70'lik etil alkol-su karışımı sprey edilerek steril hale getirilmiş ve mümkün olduğunda aseptik şartlarda yumurta içeriği toplanarak steril beherlerde biriktirilmiştir. Şalaz bağlarının kopmasıyla (yumurta sarısı ayırıcısı yardımıyla) yumurta fazları ayrılmış ve yumurta sarısı karışımı sterilize edilmiş basit bir el çırpıcısı ile homojen hale getirilmiştir. Karıştırma işlemi steril mikser yardımı ile düşük devirde 10 saniye boyunca gerçekleştirilirken karışımın köpürerek hava kabarcığı oluşmasının önüne geçilmesi amaçlanmıştır. Sürekli akış sistemi kullanılarak yumurta sarısı karışımları US-UVC ışık muamelesine maruz bırakılmıştır.

3.2.3. Mikrobiyolojik Analizler

3.2.3.1. Mikrobiyoloji Denemelerinde Kültürün Aktifleştirilmesi

Liyofilize *Salmonella* Typhimurium RSKK 11020'un aktifleştirilmesi için suş Eppendorf tüpüne alınmış ve önceden hazırlanan Triptik Soy Brot'tan (TSB) 1 mL üzerine eklenmiştir. 18-24 saat 37°C sıcaklıkta inkübasyona bırakılmıştır. Gelişmeye bırakılan Eppendorf tüpündeki suş, 23 saat sonunda inkübatörden alınmış ve içerisine 10 mL TSB bulunan cam tüpe yerleştirilmiştir. 18-24 saat 37°C'de inkübasyona bırakılmıştır.

İnkübasyona bırakılan kültürden alınarak, önceden petrilere dökülerek hazırlanmış olan Triptik Soy Agar (TSA) üzerine dökme plak yöntemi ile ekim yapılmıştır. İçerisinde TSA bulunan 4 adet petriye ekim yapıldıktan sonra 18-24 saat 37°C sıcaklıkta inkübasyona bırakılmıştır. Gelişme gözlenen petrilere tek düşen koloniler, içerisine 1 mL TSB bulunan 4 adet Eppendorf tüpüne alınmıştır. 18-24 saat 37°C'de inkübasyona bırakılmıştır. İçerisinde kültür gelişen petrilere +4°C'ye kaldırılmıştır. İnkübasyon süresi sona erdiğinde Eppendorf tüpleri +4°C'ye kaldırılmıştır. 4 adet cam tüp içerisine 5 mL TSB koyulmuş ve

üzerine önceden gelişmeye bırakılan ve +4°C'ye kaldırılmış olan Eppendorf tüplerindeki kültürden 300 µL eklenmiştir. 18-24 saat 37°C'de inkübasyona bırakılmıştır. 4 adet cam tüp içerisine 10 mL TSB koyulmuş ve üzerine önceki gün gelişmeye bırakılan kültürden 300 µL eklenmiştir. 18-24 saat 37°C'de inkübasyona bırakılmıştır.

İnkübasyon sonunda içerisinde en fazla gelişme gözlenen cam tüp seçilerek sadece TSB referans alınarak spektrofotometrede optik yoğunluk (OD) ölçümü yapılmıştır. Ölçüm sonucu OD değerinin yaklaşık 1 olduğu görülmüştür. Olması gereken değer aralığı 0,7-1,0 olduğu için elde edilen değer kabul edilmiştir. 8 adet boş cam tüpe 9 mL peptonlu su eklenmiştir. İnkübasyon sonunda içerisinde en fazla gelişme gözlenen cam tüpten 1 mL kültür alınarak pepton su bulunan tüplerden ilkinde alınmıştır. Bu şekilde (-1, -2, -3, -4, -5, -6, -7, -8) 2 paralelli olarak seyreltme yapılmıştır. Sonrasında seyreltme yapılan tüplerden 1'er mL alınarak petrilere aktarılmıştır. Üzerlerine de TSA'dan dökme plak yöntemi ile ekim yapılmıştır. 18-24 saat 37°C'de inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon sonunda sağlıklı bir gelişme gözlenmiş ve herhangi bir bulaşma olmadığı saptanmıştır.

3.2.3.2. US-UVC Işık Uygulaması Sonundaki Mikrobiyolojik Analizler

US-UVC Işık Uygulamasına maruz kalan (0, 15, 30, 45, 60, 75, 90 dakika) sıvı yumurta sarılarından 1'er mL alınarak ekimler gerçekleştirilmiştir. Dökme plak yöntemi uygulanmıştır. 9 mL peptonlu su bulunan tüplere 1'er mL yumurta sarısı örneği eklenmiş ve seyreltme yapılmıştır. Seyreltmelerden -3 ve -7 arasında yapılanlardan petrilere dökme ekim (TSA) yapılmıştır. 18-24 saat 37°C'de inkübasyona bırakılmıştır. Sonrasında sayım yapılarak değerlendirilmiştir.

3.2.4. Renk Tayini

US-UVC ışık işlemine maruz bırakılan sıvı yumurta sarısı örneklerinde renk ölçümlerinde CIE L*a*b* (Commission International de L'Eclairage/Uluslararası İlüminasyon Komisyonu) sistemi kullanılmıştır. Ölçümler oda sıcaklığında kolorimetrenin üreticisi tarafından sağlanan bir optik cam hücrenin içerisinde, yaklaşık 5 mL yumurta sarısı örneği kullanılarak yapılmıştır.

3.2.5. Reolojik Analizler

US-UVC ışık işlemine maruz bırakılan sıvı yumurta sarılarının reolojik ölçümleri küçük örnek adaptörü kullanılarak SC4-21 kodlu mil (spindle) kullanılarak Brookfield

viskozimetresi (Model DV2T, Brookfield Engineering Laboratories, ABD) ile gerçekleştirilmiştir.

Reolojik analizler için küçük örnek adaptörü içerisindeki numune kabına 8 mL yumurta sarısı konulmuş ve ölçümler $\pm 4^{\circ}\text{C}$ sıcaklıkta gerçekleştirilmiştir. 30 rpm'den 80 rpm'e kadar 10'ar birimlik dönüş hızı artışlarına karşılık gelen her bir dönüş hızında 15'er saniye aralıklarla numunelerin kayma oranı (1/s), kayma gerilimi (Pa), viskozite (cp) ve tork (%) değerleri ölçülmüş ve cihaz tarafından her bir ölçüm 3 defa tekrarlanarak 3 ölçümün ortalaması alınmıştır.

3.2.6. İstatistiksel Analizler

Elde edilen veriler the SAS System for Windows 9.0 (SAS Institute Inc., Carry, Kuzey Karolina, ABD) istatistik paket programında, varyans analizi ile (PROC GLM) US-UVC ışık uygulama süresinin yumurta sarısındaki mikrobiyolojik değerleri, renk değerleri ve viskozite değerleri üzerine etkisine bakılmıştır.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Tez çalışmasından elde edilen bulgular üç bölümde sunulmuştur. Reaktörde US-UVC ışık uygulamasına maruz kalan yumurta sarılarından farklı sürelerde alınan sıvı örnekler üzerinde yapılan mikrobiyolojik analizlerden elde edilen sonuçlar Bölüm 3.1’de, US-UVC ışık işlemine maruz bırakılan yumurta sarılarındaki renk değişimi bulguları Bölüm 3.2’te ve reolojik analizlere ait bulgular ise Bölüm 3.3’te sunulmuştur.

4.1. Mikrobiyolojik Analize Ait Bulgular

Mikrobiyolojik analiz için, 120 mL yumurta sarısı karışımı 10 mL kültür ile karıştırılarak elde edilen karışımı 130 mL/dakika akış hızında US-UVC ışık işlemine maruz bırakılmış ve 0, 15, 30, 45, 60, 75 ve 90. dakikalarda sistemden örnekler çekilerek US-UVC ışık işleminin mikrobiyal yük üzerine etkisi incelenmiştir. Analiz sırasında sıcaklık $\pm 17^{\circ}\text{C}$ civarında kontrol altında tutulmuştur. Analiz üç tekerrür halinde üç farklı günde yapılmış ve sonuçlar Tablo 4.1’de sunulmuştur.

Tablo 4.1. *Salmonella* Typhimurium’la (10 mL) İnoküle Edilmiş Yumurta Sarısı (120 mL) Karışımın US-UV-C Işık İşlemiyle (130 mL/dakika Akış Hızında) Muamele Edilmesi Sonucu Mikrobiyal Yük Üzerine Etkisi

Süre (dakika)	Mikrobiyal Yük (log kob/mL)
	Ortalama \pm Standart Sapma*
0	7,02 \pm 0,14 ^a
15	6,92 \pm 0,17 ^a
30	6,54 \pm 0,36 ^b
45	6,32 \pm 0,33 ^c
60	6,04 \pm 0,58 ^c
75	5,83 \pm 0,70 ^c
90	5,69 \pm 0,61 ^c

*Aynı sütun içerisinde farklı harfler ortalamaların istatistiksel açıdan farklı olduğunu göstermektedir (p<0,05).

Çalışma sonuçlarına göre, 90 dakikalık US-UVC ışık işlemi yumurta sarılarında *S.Typhimurium* inaktivasyonunu 1,33 logaritmik birim düşürebilmiştir. Bu azalış istatistiksel anlamda önemli bulunmuştur (p<0,05).

Bayana (2017), UV-C ışığa maruz bırakılan yumurta sarısı karotenoidleri ve yağ asitlerinin degradasyon kinetiğinin belirlenmesi üzerine yaptığı çalışmada, yumurta sarılarını 120 dakika boyunca UV-C ışığa maruz bırakarak *S.Typhimurium* inaktivasyonunu 1,71 logaritmik birim düşürmüştür. Bu çalışma sonuçları, Bayana (2017)’nin yapmış olduğu çalışma sonuçlarıyla benzerlikler göstermiştir.

4.2. Yumurta Sarılarının Renk Değerlerine Ait Bulgular

CIE sistemine göre L^* aydınlık, a^* kırmızı-yeşil, b^* ise sarı-mavi değerine karşılık gelmektedir ve her bir renk değeri X,Y,Z koordinatları üzerinde konumlanmıştır. Y ekseninde L^* değerleri 0-100 aralığında bir skalaya sahiptir ve ürün L^* değeri 0'a doğru yaklaştıkça siyah renge, 100'e doğru yaklaştıkça beyaz renge dönmektedir. X ekseninde yer alan a^* değeri pozitif alanda ise kırmızıya, negatif alanda ise yeşile; Z ekseninde yer alan b^* değeri pozitif alanda ise sarıya, negatif alanda ise maviye dönüklük olarak tanımlanmaktadır (Altuğ Onoğur vd., 2011).

CIE Lab birimleri cinsinden renk farklılıkları, Denklem 3.1 (Balcı ve Oğulata, 2008) yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \quad (3.1)$$

Δ , farklılığı göstermektedir ve E harfi, Almanca hissetme anlamına gelen Empfindung kelimesinden gelmektedir. Renk düzleminin farklı bölgelerinin karşılaştırılmasında ve renk farklılıklarının ölçülmesinde kullanılmaktadır. Renk farklılıklarının ΔL^* , Δa^* ve Δb^* şeklinde üç bileşene ayrılmasına rağmen, öncelikle bunlardan birincisi önemlidir ve $L^*_{\text{numune}} - L^*_{\text{standart}}$ işleminin değerinin pozitif olması numunenin standarttan daha açık olduğunu, negatif olması ise daha koyu olduğunu göstermektedir (Yeşil, 2010).

Tablo 4.2. US-UVC Işık Uygulama Süresinin Sıvı Yumurta Sarılarının Renk Değerleri Üzerine Etkisi

Süre (dakika)	Sıvı Yumurta Sarısı Renk Değerleri			
	Ortalama±Standart Sapma*			
	L^*	a^*	b^*	ΔE
0	53,12±1,31 ^d	9,97±1,08 ^a	47,94±2,38 ^b	-
15	56,76±0,89 ^c	9,38±0,77 ^a	48,66±1,54 ^a	3,94±0,68 ^c
30	57,48±1,15 ^c	8,94±1,17 ^a	47,70±1,62 ^b	4,60±0,69 ^c
45	58,27±1,38 ^c	9,08±0,79 ^a	47,22±1,07 ^c	5,46±0,97 ^c
60	59,34±1,73 ^c	8,65±1,02 ^a	46,45±1,18 ^c	6,61±1,56 ^c
75	60,56±1,95 ^b	8,65±0,78 ^a	45,66±0,75 ^c	8,03±1,93 ^b
90	61,56±2,32 ^a	8,27±0,62 ^a	45,00±0,19 ^c	9,28±2,24 ^a

* Aynı sütun içerisinde farklı harfler ortalamaların istatistiksel açıdan farklı olduğunu göstermektedir ($p < 0,05$).

Yapılan çalışmada sıvı yumurta sarılarının renk değerlerine bakıldığında (Tablo 4.2), a^* ve b^* değerlerinde istatistiksel açıdan bir fark gözlenmezken ($p > 0,05$), L^* ve ΔE

değerleri istatistiksel açıdan farklı bulunmuştur ($p < 0,05$). Yapılan çalışma sonuçları, US-UV-C ışık işleminin sıvı yumurta sarısının renk değerleri arasında anlamlı bir farklılık oluşturduğu gözlemlenmiştir.

Benzer bir çalışma olan, UV-C ışığa maruz bırakılan yumurta sarısı karotenoidleri ve yağ asitlerinin degradasyon kinetiğinin belirlenmesi üzerine yapılan bir çalışmada (Bayana, 2017), UV-C ışık uygulamasının sıvı yumurta sarılarının renk değerleri (L^* , a^* ve b^*) üzerine etkisi istatistiksel açıdan önemli olmadığı sonucuna ulaşmıştır.

Ngadi vd. (2003) elma suyu (pH 3,5) ve yumurta beyazı (pH 9,1) gibi UV-C ışık geçirgenliği sınırlı olan ürünlerdeki *Escherichia coli* O157:H7'nin inaktivasyonu üzerine pH, ortamı derinliği (1; 3,5; 5 ve 10 mm) ve UV-C ışık dozunun (0-6,5 mW.min/cm²) etkisini araştırmıştır. Ortamın pH değeri, mikrobiyal inaktivasyonu etkilemezken, ortam derinliğinin azaltılması mikrobiyal inaktivasyonu arttırmıştır. Sıvı derinliği ve UV-C ışık dozu sırasıyla 1 mm ve 6,5 mW.min/cm² olduğunda, *E.coli* O157:H7 sayısında 5 log redüksiyon elde edilmiştir. Yazarlar, elma suyunda 4 haftalık depolama periyodunda herhangi bir renk değişikliği göstermediğini rapor etmişlerdir. Sıvı yumurta için ise, 4 hafta depolama süresince renk değişikliği gözlenmemiştir.

4.3. Yumurta Sarılarının Reolojik Değerlerine Ait Bulgular

Gıda alanında uygulamalarda yumurta sarısı kullanımı yaygın olmakla birlikte, fiziksel ve kimyasal özelliklerinin bilinmesi gerekmektedir. Yumurta sarısı ile yapılan çalışmaya ait reolojik analiz bulguları Tablo 4.3'te verilmektedir.

Tablo 4.3. US-UV-C Işık Uygulama Süresinin Sıvı Yumurta Sarılarının Viskozitesinin Belirlenmesinde Kullanılan Üssel Model ve Herschel-Bulkley Modeli Değerleri

Süre (dakika)	Üssel Model		Herschel-Bulkley Modeli		
	k	n	k	n	τ_0
0	1604,0±1743,4 ^a	0,59±0,10 ^a	8667,0±7452,9 ^a	0,39±0,23 ^b	-108,80±161,40 ^b
15	2179,2±3584,5 ^a	0,67±0,29 ^a	107,9±90,0 ^b	1,07±0,19 ^b	53,72±87,77 ^b
30	523,7±387,8 ^a	0,85±0,02 ^a	454,8±468,2 ^b	0,93±0,11 ^b	5,03±5,74 ^b
45	2286,0±3211,4 ^a	0,68±0,22 ^a	83,5±120,8 ^b	1,37±0,34 ^a	93,73±119,12 ^a
60	2076,3±1567,5 ^a	0,74±0,05 ^a	892,6±1355,1 ^b	1,14±0,40 ^b	51,12±69,65 ^b
75	2011,7±1592,6 ^a	0,67±0,10 ^a	1379,9±2219,1 ^b	1,13±0,49 ^b	38,93±36,80 ^b
90	3360,7±2330,3 ^a	0,61±0,13 ^a	2101,6±3482,0 ^b	1,23±0,75 ^b	67,23±94,65 ^b

*Aynı sütun içerisinde farklı harfler ortalamaların istatistiksel açıdan farklı olduğunu göstermektedir ($p < 0,05$). n: Akış davranış indeksi; k: Konsistans katsayısı (Pa*sⁿ); τ_0 : Akma gerilimi (Pa)

Yapılan çalışmada sıvı yumurta sarılarının n, k ve τ_0 değerlerinde (Tablo 3.2) istatistiksel açıdan bir fark gözlenmemiştir ($p > 0,05$). Akış davranış indeksi (n) değerleri 1 olan akışkanlar Newton tipi akışkanlardır. Eğer n değeri 1'den küçük ise bu tür akışkanlara

Psödoplastik akışkan denir. n değeri 1'den büyük ise yüksek kayma oranında akışkan kalınlaşır ve bunlara da dilatant (kaymayla kalınlaşan) akışkan denir. Eğer n değeri 0 ile 1 arasında bir değer ise akışkan psödoplastik olarak sınıflandırılmaktadır. Bu tip akışkanlar kaymayla incelen (shear-thinning) akış özelliği göstermektedir. Psödoplastik akışkanlarda görünür viskozite kayma oranı artışıyla azalmaktadır. Bu çalışmada da sıvı yumurta ürünlerinin doğru akış davranışını belirlemek için farklı reolojik modeller (Herschel-Bulkley ve Üssel Model) test edilmiştir.

Çalışmada kullanılan yumurta sarılarının akış davranış indekslerinin (n) üssel modelde $0,59 \pm 0,10$ ve $0,85 \pm 0,02$, Herschel-Bulkley modelinde ise $0,39 \pm 0,23$ ve $1,37 \pm 0,34$ aralığında olması, tüm yumurta sarılarının Newton tipi olmayan akış özelliğine sahip olduğunu göstermektedir. Sonuç olarak görünür viskozitenin kayma oranı arttıkça azalması ve değerlerin 0 ile 1 aralığında olması yumurta sarısı örneklerinin psödoplastik akış türüne sahip olduğunu göstermektedir.

UV ışık kullanılarak yumurta ürünlerinin dezenfeksiyonu üzerine yapılan bir çalışmada (Atılğan, 2007); sıvı yumurta akı, sıvı yumurta sarısı ve sıvı bütün yumurta üzerinde yapılan reolojik analizde üssel model, Herschel-Bulkley ve Newton tipi olmayan akış modelleri kullanılmıştır. Çalışmada akış davranış indeksi değerleri 0 ile 1 aralığında bulunmuş olup, bütün yumurta örneklerinin psödoplastik akış davranışına sahip olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Çalışmamızın sonuçları, bu çalışma ile benzerlik göstermektedir.

5. SONUÇ

Bu çalışmada, alternatif pastörizasyon metotlarından biri olan US-UVC ışık uygulamasının yumurta sarılarında mikrobiyal inaktivasyon gerçekleştirilirken reolojik özellik ve renk üzerine etkisi araştırılmıştır. Tasarlanan UV-C reaktör içerisinde US-UVC ışığa maruz bırakılan yumurta sarılarından belirli sürelerde örnek alınmış ve US-UVC ışık işlemine maruz kalma sürelerine göre, viskozite ve CIE L*a*b* yöntemi ile renk değerlerindeki değişimler incelenmiştir.

Çalışma sonuçlarına göre, 90 dakikalık US-UVC ışık işlemi yumurta sarılarında *S.Typhimurium* inaktivasyonunu 1,33 logaritmik birim düşürebilmiştir. Bu azalış istatistiksel anlamda önemli bulunmuştur ($p<0,05$).

US-UVC ışık işleminin sıvı yumurta sarılarının renk değerlerinden a^* ve b^* üzerine etkisi istatistiksel açıdan önemli bulunmazken ($p>0,05$), L^* ve ΔE üzerine etkisi istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur ($p<0,05$).

Çalışmada sıvı yumurta sarılarının n , k ve τ_0 değerlerinde istatistiksel açıdan bir fark gözlenmemiştir ($p>0,05$). Çalışmada görünür viskozite kayma oranı arttıkça azalmış ve değerler 0 ile 1 aralığındadır. Yumurta sarısı örnekleri bu özelliklerinden dolayı psödoplastik akış özelliği göstermektedir.

Sonuç olarak, mikrobiyal inaktivasyon amacıyla kullanılacak US-UVC ışık işleminin yumurta sarılarının renk ve viskozite değerleri üzerine olumsuz etkisinin olmadığı bu çalışmayla belirlenmiştir. Bunun yanında mikrobiyal inaktivasyon amaçlı yumurta sarılarına US-UVC ışık işleminin yetersiz kaldığı görülmüştür. Tasarlanan sistem, üzerinde bazı iyileştirmeler/geliştirmeler yapıldığında pilot ölçekli veya endüstriye yönelik daha büyük çaplı sistemlere temel oluşturabilecek potansiyele sahiptir. Bu sayede, endüstride kullanılan ısı pastörizasyon sistemleri yerine yatırım maliyeti daha düşük alternatif bir sistem olarak kullanımı da mümkün olabilecektir.

KAYNAKLAR

- Abbasnezhad, B., Hamdami, N., Shahedi, M., Vatankhah, H., 2014. Thermophysical and rheological properties of liquid egg white and yolk during thermal pasteurization of intact eggs. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 8,259-269.
- Alakır, İ., 2006. Yumurta Sarısında Lutein, Zeaksantin, Kantaksantin, Ksantofillerin Saptanması ve Hunter L a b Renk Parametreleri ile İlişkiler: Isıl İşlemlerin Etkilerinin Belirlenmesi Üzerine Araştırmalar. Yüksek Lisans Tezi, *Celal Bayar Üniversitesi*, Manisa, Türkiye.
- Altuğ Onoğur, T. ve Elmacı, Y. 2011. *Gıdalarda Duyusal Değerlendirme*. 2.Baskı, Sidas Yayınları, İzmir, ISBN: 978-9944-5660-8-7, 148.
- Anonim, 2018A. http://www.imo.org.tr/resimler/dosya_ekler/e1e403ff67f488d_ek.pdf. (Erişim Tarihi 12.09.2018).
- Anonim, 2018B. http://fizikolog.net/fizik_ansiklopedisi/ses_nedir.html. (Erişim Tarihi 18.09.2018).
- Anonim, 2018C. <https://www.sozcu.com.tr/2017/dunya/uzmanlar-uyariyor-ayrani-bakir-bardakta-icenler-dikkat-1963538/>. (Erişim Tarihi 18.09.2018).
- Ashokkumar, M., Lee, J., Zisu, B., Bhaskarcharya, R., Kentish, S., 2009. Sonication increases the heat stability of whey proteins. *Journal of Dairy Science*, 92, 5353-5356.
- Atılğan, M. R., 2007. Disinfection of Liquid Egg Products By Using UV Light. Master Thesis, *İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü*, İzmir, Türkiye.
- Atif, A., Akhtar, N., Khan, H.M.S., 2012. Assessment of physical stability and antioxidant activity of polysiloxane polyalkyl polyether copolymer-based creams. *Journal of Chemistry* Article ID 938042.
- Balcı, O., Oğulata, R.T., 2008. Boyanmış kumaşlarda kimyasal apre uygulamaları sonucunda oluşabilecek renk değişiminin ve CIELAB değerlerinin yapay sinir ağıları kullanılarak tahmin edilmesi. *Tekstil ve Konfeksiyon*, 61-69.
- Bastarrachea, L.J., Walshb, M., Wrennb, S.P., Tikekarc, R.V., 2017. Enhanced antimicrobial effect of ultrasound by the food colorant erythrosin B. *Food Research International*, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28873696> (Erişim Tarihi:18.09.2018).
- Bayana, D. 2017. UV-C Işığa Maruz Bırakılan Yumurta Sarısı Karotenoidleri ve Yağ Asitlerinin Degradasyon Kinetiğinin Belirlenmesi, *TÜBİTAK 3001 Araştırma Projesi*, 1150983.

- Beşergil, B. ve Beşergil, R.Ö., 1996. *Proje Çalışmaları*. 1. Baskı. Ege Üniversitesi Yayınları, İzmir, Türkiye.
- Bhaskarcharya, R.K., Kentish, S., Ashokkumar, M., 2009. Selected applications of ultrasonics in food processing. *Food Engineering Reviews*, 1, 31-49.
- Bintsis, T., Litopoulou-Tzanetaki, E., Robinson, R.K. 2000. Existing and potential applications of ultraviolet light in the food industry – a critical review, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 80, 637-645.
- Bourne, M.C., 2002. *Physics and Texture: in Food texture and viscosity: Concept and measurement*, 2th Edition, New York: Academic Press, 59-106.
- Brenner, F.W., Villar, R.G., Angulo, F.J., Tauxe, R., Swaminathan, B., 2000. Salmonella nomenclature. *Journal of Clinical Microbiology*, 38(7), 2465–2467.
- Char, C.D., Mitilnaki, E., Guerrero, S.N., Alzamora, S.M. 2010. Use of high-intensity ultrasound and UV-C light to inactivate some microorganisms in fruit juices. *Food Bioprocess Technology*, 3, 797-803.
- Çelebi, Ş., Karaca, H., 2006. Yumurtanın besin değeri, kolesterol içeriği ve yumurtayı n-3 yağ asitleri bakımından zenginleştirmeye yönelik çalışmalar. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 37(2), 257-265.
- Demirdöven, A., Baysal, T., 2009. The use of ultrasound and combined technologies in food preservation. *Food Reviews International*, 25, 1–11.
- Earnshaw, R.G., Appleyard, J., Hurst, R.M., 1995. Understanding physical inactivation processes: combined preservation opportunities using heat, ultrasound and pressure. *International Journal of Food Microbiology*, 28, 197-219.
- Engin, B., Güneşer, O., Karagül Yüceer, Y. 2009. Ultraviyole ışınlarının sütün mikrobiyel özellikleri üzerine etkisi. *Gıda*, 34 (5), 303-308.
- Engin, B., Karagül Yuceer, Y. 2011. Effects of ultraviolet light and ultrasound on microbial quality and aroma-active components of milk. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 92, 1245-1252.
- Ertugay, M.F., Başlar, M. Şengül, M., Sallan, S., 2012. The effect of acoustic energy on viscosity and serum separation of traditional ayran, a Turkish yogurt drink. *Gıda*, 37 (5), 253-257.
- Feng, H., 2011. *The Thermodynamic and Kinetic Aspects of Power Ultrasound Processes*. In: Feng H., Barbosa-Canovas G., Weiss J. (eds) *Ultrasound Technologies for Food and Bioprocessing*. Food Engineering Series. Springer, New York.
- Galanis, E., LoFoWong, D.M.A., Patrick, M.E., Binsztein, N., Cieslik, A., Chalermchikit, T., Aidara-Kane, A., Ellis, A., Angulo, F.J., Wegener, H.C., 2006. Web-based surveillance and global *Salmonella* distribution, *Emerg Infect Dis*, 12, 381–388.

- Garcia, M. L., Burgos, J., Sanz, B. and Ordoñez, J. A. 1989. Effect of heat and ultrasonic waves on the survival of two strains of *Bacillus subtilis*. *The Journal of Applied Bacteriology*, 67, 619-628.
- Gayán, E., García-Gonzalo, D., Alvarez, I., Condon, S. 2014. Resistance of *Staphylococcus aureus* to UV-C light and combined UV-Heat treatments at mild temperatures. *International Journal of Food Microbiology*, 172, 30-39.
- Geveke, D.J. 2008. UV inactivation of *E. coli* in liquid egg white. *Food Bioprocess Technology*, 1, 201-206.
- Guerrero-Beltran, J. A., Barbosa-Canovas, G., 2004. Advantages and limitations on processing foods by UV light. *Food Science and Technology International*, 10(3), 137-147.
- Huang, E., Mittal, G.S., Griffiths, M.W., 2006. Inactivation of *Salmonella enteritidis* in liquid whole egg using combination treatments of pulsed electric field, high pressure and ultrasound. *Biosystems Engineering*, 94(3), 403-413.
- ICMSF, 2005. *International Commission on Microbiological Specifications for Foods. Microorganisms in Foods 6: Microbial Ecology of Food Commodities*. Springer, New York, 597-632.
- Jayasooriya, S.D., Bhandari, B.R., Torley, P., D'Arcy, B.R., 2004. Effect of high power ultrasound waves on properties of meat: a review. *International Journal of Food Properties*, 7(2), 301-319.
- Kasım, M.U., Kasım, R. 2007. Sebze ve meyvelerde hasat sonrası kayıpların önlenmesinde alternatif bir uygulama: UV-C. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 13 (4), 413-419.
- Kentish, S., Feng, H., 2014. Applications of power ultrasound in food processing. *Food Science and Technology*, 263-284.
- Knorr, D., Forehling, A., Jaeger, H., Reineke, K., Schlueter, O., Schoessler, K., 2011. Emerging technologies in food processing. *Annualreviews Food Science Technology*, 2, 203-235.
- Knorr, D., Zenker, M., Heinz, V., Lee, D., 2004. Applications and potential of ultrasonics in food processing. *Trends in Food Science & Technology*, 15, 261-266.
- Lee, D., Heinz, V., Knorr, D., 1999. Evaluation of Processing Criteria for The High Pressure Treatment of Liquid Whole Egg: Rheological Study. *Berlin University of Technology*, 32, 299-304.
- Manas, P., Pagan, N., Raso, J., Sala, F.J., Condon, S., 2000. Inactivation of *Salmonella Enteritidis*, *Salmonella Typhimurium*, and *Salmonella Senftenberg* by ultrasonic waves under pressure. *Journal of Food Protection*, 6(4), 451-456.

- Milli Eğitim Bakanlığı, 2011. Çevre Sağlığı, “Yumurta Ve Ürünleri”, 850CK0021, 17-37, http://www.megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Yumurta%20Ve%20C3%9Cr%C3%BCnleri.pdf (Erişim Tarihi:07.10.2018).
- Muriana, P.M. 1997. Bacteriocins for control of *Listeria* spp. in Food. *Journal of Food Protection*, 54-63.
- Mutlu, B., Şen, O., Toros, H. 2003. Ultraviyole Radyasyonun İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri, III. Atmosfer Bilimleri Sempozyumu. *III. Atmosfer Bilimleri Sempozyumu Bildiri Kitabı*, İTÜ, İstanbul, 84-89.
- Ngadi, M., Smith, J.P. and Cayouette, B. 2003. Kinetics of ultraviolet light inactivation of *Escherichia coli* O157:H7 in liquid foods. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 83, 1551-1555.
- O'Donell, C.P., Tiwari, B.K., Bourke, P., Cullen, P.J. 2010. Effect of ultrasonic Processing on food enzymes of industrial importance. *Trends in Food Science & Technology*, 21, 358-367.
- Ordenez, J.A., Sanz, B., Hernandez, P.E., Lopez-Lorenzo, P. 1984. A note on the effect of combined ultrasonic and heat treatments on the survival of thermophilic Streptococci. *Journal of Applied Bacteriology*, 56, 175-177.
- Ozdemir U, Kilic M. 2004. Influence of Fermentation conditions on rheological properties and serum separation of ayran. *Journal Texture Study*, 35(4), 415-428.
- Özkütük, N., 2007. Ultraviyole Lambalarının Kullanımı. 5. *Ulusal Sterilizasyon ve Dezenfeksiyon Kongresi*, Antalya, 490-496.
- Paniwnyk, L., 2016. Applications of ultrasound in processing of liquid foods. *Ultrasonics Sonochemistry*, <http://dx.doi.org/10.1016/j.ultsonch.2016.12.025>.
- Penna, A.L.B., Sivieri, K., Oliveria, M.N., 2001. Relation between quality and rheological properties of Lactic beverages, *Journal of Food Engineering*, 49, 7-13.
- Philips, (2006). Ultraviolet Purification Application Information. *The Netherlands*, https://www.proflamps.it/uploads_uk/downloads/Philips%20UV%20Technology%20brochure.pdf (Erişim Tarihi: 07.10.2018).
- Piyasena, P., Mohareb, E., McKellar, R.C., 2003. Inactivation of microbes using ultrasound: a review. *International Journal of Food Microbiology*, 87, 207-216.
- Rakıcıoğlu, N., 2013. Yumurta ve sağlıklı beslenme. *Yum-Bir*, 4-8, <http://www.yum-bir.org/UserFiles/File/yumurta.pdf> (Erişim Tarihi:07.10.2018).
- Reinemann, D., Gouws, P., Cilliers, T., Houck, K., Bishop, J. 2006. New methods for UV treatment of milk for improved food safety and product quality. *ASABE Annual International Meeting*, Oregon, Portland, 66-88.

- Sağdıç, O., Ekici, L., Yetim, H. 2008. Gıdaların Muhafazasında Yeni Mikrobiyal İnaktivasyon Metotları. *Türkiye 10. Gıda Kongresi*, 949-952.
- Serdaroğlu, M., Deniz, E.E. 2002. Sıvı yumurtaların dondurulması ve dondurma nedeniyle oluşan kalite problemleri, *Hayvansal Üretim*, 43(1), 55-63.
- Soria, A.C., Villamiel, E. 2010. Effect of ultrasound on the technological properties and bioactivity of food: a review. *Trends in Food Science & Technology*, 21, 323-331.
- Souza, P.E., Müller, A., Fernandez, A., Stahl, M. 2014. Microbiological efficacy in liquid egg products of a UV-C treatment in a coiled reactor. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 21, 90-98.
- Souza, P.M., 2012. Study of Short-Wave Ultraviolet Treatments (UV-C) As A Non Thermal Preservation Process For Liquid Egg Products, Master Thesis. *Universitat Politècnica De Valencia*, Valencia, İspanya.
- Söbeli, C., Kayaardı, S. 2014. Et kalitesini belirlemede yeni teknikler. *Gıda*, 39(4), 251-258.
- Tayar, M., 2005. Yumurta Hijyeni. <http://mtayar.uludag.edu.tr/yumurtahijyeni.htm> (Erişim Tarihi: 20.07.2018).
- Türk Gıda Kodeksi, 2011. *Mikrobiyolojik Kriterler Tebliği*, <http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2011/12/20111229M3-6.htm> (Erişim Tarihi: 18.09.2018).
- Türk Gıda Kodeksi, 2014. *Yumurta ve Yumurta Ürünleri Tebliği*, <http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2014/12/20141220-5.htm> (Erişim Tarihi: 18.09.2018).
- USDA, 2000. Egg Grading Manual. Agricultural Marketing Service, *Agricultural Handbook* (Volume 75).
- Uysal Pala, Ç., Kırca Toklucu, A. 2010. Ultraviyole ışık (UV) teknolojisinin meyve sularına uygulanması. *Akademik Gıda*, 8(1), 17-22.
- Ünlütürk, S., Atılgan, M.R., Baysal, A.H., Tarı, C. 2008. Use of UV-C radiation as a non-thermal process for liquid egg products (LEP). *Journal of Food Engineering*, 85, 561-568.
- Ünlütürk, S., Baysal, A.H., Atılgan, M.R. 2010. UV-C uygulamasının sıvı yumurta beyazının mikrobiyolojik kalitesi üzerine etkisi. *Gıda*, 35 (5), 363-369.
- Wu, J., 2014. Eggs and Egg Products Processing. Department of Agricultural, Food and Nutritional Science, *University of Alberta*, Canada.
- Yazar Özen, A., 2017. Ultrasonikasyon Uygulamasının Ayran Üretiminde Bazı Kalite Parametrelerine Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, *Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi*, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Burdur, Türkiye.

Yeşil, Y. 2010. Melanj Elyaf Karışımlarında Renk Değerlerinin Yeni Bir Algoritma Geliştirilerek Tahmin Edilmesi. , Doktora Tezi, *Çukurova Üniversitesi*, Türkiye.

Yüksel, F. 2013. Gıda teknolojisinde ultrases uygulamaları. *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 8(2), 29-38.

Zeidler, G., 2002. Processing and packaging shell eggs. commercial chicken meat and egg production. *Kluwer Academic Publishers*, 1140-1143.



ÖZGEÇMİŞ

Adı ve Soyadı: Hilal UYAR

Doğum Yeri ve Yılı: İzmir, 1994



Eğitim Durumu

Yıl

Lise : Aydın Lisesi	2008-2011
Emel Mustafa Uşaklı Anadolu Lisesi	2011-2012
Lisans: Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi	2012-2016

Çalıştığı Kurum/Kurumlar

Burcu Gıda Konservecilik ve Salça Sanayi A.Ş.'de yaz stajı (2015)

Yayınları

- Uyar, H., Özcan, E., Yörük, M., Yılmaz, Y. 2016. Galvinoksil Radikal Bazlı Primer Antioksidan Aktivite Yöntemi ile Kuru Meyvelerin Antioksidan Aktivitelerinin Belirlenmesi ve Sonuçların Farklı Yöntemlerle Karşılaştırılması. *TÜBİTAK 2209A Araştırma Projesi*, Proje Yürütücüsü.
- Uyar, H., Özcan, E., Bayana, D., Gürsoy, O., Yılmaz, Y. 2017. Ultraviolet (UVC) Light Applications for Microbial Inactivation in Liquid Egg Products. *II. Uluslararası Turizm ve Mikrobiyal Gıda Güvenliği Kongresi*, Bildiri Özetleri Kitabı, Sayfa: 46.
- Özcan, E., Uyar, H., Gürsoy, O., Yılmaz, Y. 2017. Potential Innovative Techniques for Meat Marination. *II. Uluslararası Turizm ve Mikrobiyal Gıda Güvenliği Kongresi*, Bildiri Özetleri Kitabı, Sayfa: 45-46.