



T.C.
ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ
BİLİMSEL ARAŞTIRMA PROJELERİ
KOORDİNASYON BİRİMİ

**SIVI YUMURTA ÜRÜNLERİNİN ULTRASES TEKNİĞİ İLE
MUAMELESİ VE FONKSİYONEL İLE REOLOJİK ÖZELLİKLERİNİN
BELİRLENMESİ**

Proje No: FBA-2015-656

Proje Türü: Bağımsız Araştırma

SONUÇ RAPORU

Proje Yürütücüsü:
Yrd.Doç.Dr. Muhammed YÜCEER
Çanakkale Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu / Gıda İşleme Bölümü

Araştırmacılar:
Prof.Dr. Cengiz CANER
Mühendislik Fakültesi / Gıda Mühendisliği Bölümü

Arş.Gör.Dr. Rıza TEMİZKAN
Mühendislik Fakültesi / Gıda Mühendisliği Bölümü

TEŞEKKÜR: Bu çalışma ÇOMÜ BAP Birimi tarafından FBA-2015-656 proje numarası ile desteklenmiştir. Çalışmanın laboratuvar ön denemelerinde çaba harcayan Hatice ALDEMİR'e teşekkür ederiz.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa No
ÖZET	5
ABSTRACT	5
1. GİRİŞ / AMAÇ VE KAPSAM	6
1.1. GENEL BİLGİLER	6
2. GEREÇ VE YÖNTEM	14
2.1. Materyal	14
2.1.1. Likit Bütün Yumurta	14
2.2. Metot	14
2.2.1. pH Tayini	15
2.2.2. Suda Çözünebilir Kuru Madde	15
2.2.3. Renk Analizleri	15
2.2.4. Köpük Özellikleri	15
2.2.5. Su Aktivitesi	15
2.2.6. Sıvı Yumurta Raf Ömrü Tayini/Ambalaj İçi Gaz Konsantrasyonu	15
2.2.7. Reolojik Ölçümler	15
2.2.8. İstatistiksel Analizler	16
3. BULGULAR	17
3.1. pH Sonuçları	17
3.2. Suda Çözünür Kuru Madde Sonuçları	17
3.3. Sıvı Yumurta Renk Sonuçları	18
3.3.1. Renk L* Değeri	18
3.3.2. Renk a* Değeri	19
3.3.3. Renk b* Değeri	20
3.4. Su Aktivitesi (a_w) Sonuçları	20
3.5. Sıvı Yumurta Köpük Kapasitesi Sonuçları	20
3.6. Sıvı Yumurta Köpük Stabilitesi Sonuçları	21

3.7. Ambalaj İçi Gaz Konsantrasyonu	22
3.8. Sıvı Bütün Yumurtanın Reolojik Davranışı	23
4. TARTIŞMA VE SONUÇ	25
5. KAYNAKLAR	25

ÖZET:

Çalışma kapsamında; ultrases uygulamasının 150 W ve 375 W değerlerinde 2 ve 5 dakika süre ile muamelesinin sıvı bütün yumurtanın fiziko-kimyasal kalite kriterlerine ve reolojik davranışı üzerine etkisi belirlenmiştir. Sıvı yumurtanın pH değeri, kuru madde, köpük oluşturma özellikleri, ambalaj içi gaz konsantrasyonu, su aktivitesi ve reolojik davranışları depolama süresince ölçülmüştür.

Çalışma sonucunda, ultrases muamelesinin bütün sıvı yumurtanın fiziko-kimyasal özelliklerini (yüksek pH değeri ve düşük ambalaj için CO₂ konsantrasyonu), fonksiyonel karakteristiğini (yüksek relatif köpük oluşturma kapasitesi) ve görünümünü (yüksek L* değeri) iyileştirdiği belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Yumurta, sıvı bütün yumurta, ultrases, köpük özellikleri, reoloji, kalite kriteri.

ABSTRACT:

The goal of this Project was to observe the effect of ultrasound treatment on physico-chemical Properties and rheological behaviors of liquid whole egg (LWE). LWE samples were ultrasound treated with 150 and 375 W for 2 and 5 min of exposure times. The pH value, dry matter, foaming properties, headspace gas composition in the package, water activity and rheological behaviors of LWE samples were measured.

The results show that ultrasound treatment produced LWE with better physico-chemical (higher pH value, the lower CO₂ composition in gas headspace) and functional properties (higher relative whipping capacity) with a better color appeal (higher L* value).

Key words: Egg, liquid whole egg, ultrasound, foaming properties, rheology, quality criteria.

1. GİRİŞ / AMAÇ VE KAPSAM

1.1. GENEL BİLGİLER

Yumurta; hızla bozulabilen bir gıda olup, beslenme açısından önemli bir endüstriyel üründür. Ekonomik değerinin yanı sıra yumurta, anne sütünden sonra, insan ihtiyacı için gerekli tüm besin öğelerini yapısında bulunduran; yüksek protein içeriği, kolayca bulunabilmeleri ve düşük maliyeti nedeniyle insanlar için mükemmel bir besindir. Bu açıdan yumurta en kaliteli proteine sahip olduğu için besleyici değeri de yüksek olup, "elzem amino asitleri" A, D, E ve B grubu vitaminleri, kolin ve ksantofil gibi yüksek biyoyararlıklılı bileşenleri yeterli ve dengeli miktarlarda içermektedir. Yumurta hem besleyici hem de fonksiyonel özelliklere sahip olduğundan dolayı birçok gıda ürününde kullanılır. Yumurta ürünleri, birçok gıdanın hazırlanmasında (mayonez yapımı, pastacılık, makarna üretimi gibi) vazgeçilmez bir girdi olarak kullanılmaktadır. İnsan beslenmesi ve ülke ekonomisi açısından önemli bir besin maddesi olan yumurta, tüketici tarafından kolay temin edilebilen besin değeri yüksek bir gıda maddesi olup, çeşitli alternatiflerle kolaylıkla hazırlanıp tüketilebilmektedir. Yumurta, gıda maddeleri arasında en kaliteli proteine sahip bir besin olmasının yanında, insan vücudunda sentezlenemeyen ve dışarıdan alınması gerekli olan "elzem amino asitleri" yeterli ve dengeli miktarlarda içermektedir. Yumurta, sindirilebilirliği yüksek bir gıda olup, tamamına yakını vücut tarafından kullanılmaktadır (proteininin biyolojik değeri %93,7 iken, sütte %84,5 ve sığır etinde %74,3). Yumurta A, D, E ve B grubu vitaminleri ile demir ve çinko gibi mineralleri de içermektedir. Yumurta ürünleri, mayonez, kek ve makarna gibi bir çok endüstriyel gıdanın imalatında alternatifi/ikamesi olmayan bir gıdadır (Mine, 2007). Bu kadar değerli bir besin olmasına rağmen, yumurtaya gereken önem ve ilgi henüz verilmemiştir. Yumurta sektörü Türkiye'de çok istikrarsız bir gidiş sergilediğinden yumurta sanayiinin geliştirilmesine özel önem verilmesi gerekmektedir.

Tavukçuluk sektöründe faaliyet gösteren entegre işletmeler, teknoloji yönünden ileri ülkeler seviyesinde olup, çok modern işletmelere sahiptirler. Ülkemizde üretilen yumurtaların bir kısmı iç pazarda değerlendirilirken bir kısmı da teşvik kapsamında ihraç edilmektedir. Nüfus artışına paralel olarak insanların besin madde ihtiyaçları da artmaktadır. Artan nüfusun besin maddesi ihtiyacının karşılanmasında yem ve yumurta maliyetinin düşürülmesi, birim başına üretimin artırılması, ayrıca ürünlerin raf ömrünün de beraberinde artırılması gerekmektedir. Türk Gıda Kodeksi, Yumurta ve Yumurta Ürünleri Tebliği'ne göre yumurta 8-15°C'deki depolarda muhafaza edilmelidir. Uygun depolama ve muhafaza kalitenin korunması açısından önemlidir. Yumurta albümini, pasta ve unlu mamul endüstrisinde iyi çırpılma kabiliyeti ve iyi köpük stabilitesinden dolayı yaygın kullanılmaktadır. Yumurta gerek bütün halde veya sarısı ve akı olarak, unlu mamuller, makarna ürünleri, bebek mamaları, dondurma, salata sosları ve mayonez gibi birçok gıda sanayi ürününün formülasyonunda yer almaktadır. Bu nedenle, albümin (yumurta akı) bağlama yeteneği ve koagülatif uygulamalarda kullanıldığından dolayı önemlidir (Huopalahti, ve ark., 2007). Yumurta sarısı, yumurtanın yaklaşık üçte birini (hacimce %33) oluşturur ve tüm yağ içeriği, minerallerin ve vitaminlerin çoğunu kalorisinin dörtte üçünü içermektedir. Bütün yumurta, sıvı yumurta sarısı ve yumurta beyazı, pastane, makarna, bisküvi gibi gıdalarda, içecek ve gıda endüstrisinde ana madde olarak kullanılmaktadır. Yaşam stili ve teknolojinin değişmesiyle, işlenmiş yumurta ürünlerinde artan bir talep vardır. "Yumurta ürünleri" ifadesi, ticari, gıda hizmeti sağlayan ve ev kullanımı için yumurtaları işleme ve kolaylık sağlayan formları için kabuklarından çıkarılan yumurtaları ifade (belirten) etmektedir. Bu ürünler, soğutulmuş sıvı, dondurulmuş ve kurutulmuş ürünler

olarak sınıflandırılabilir. Taze yumurta kullanan gıda işleme tesislerinde, üretim sırasında yüzlerce yumurtanın kırılması için harcanan zaman, bu yumurtaların kabuklarının oluşturduğu atıklar ve kabuklu yumurtanın depolanması için ayrılması zorunlu olan geniş alan gereksinimi, işletme açısından önemli problemler oluşturmaktadır.

Birçok ülkede taze yumurta gerek gıda sanayiinde gerekse evlerde kullanılmak üzere pastörizasyon, kurutma ve dondurma teknikleriyle işlenerek tüketiciye ulaşmaktadır. Sıvı yumurta ürünlerinin islenmesi sırasında en fazla problem yaratan *Salmonella* ve *Escherichia coli* gibi patojen özelliğe sahip fekal koliform mikroorganizmaların sistemden tamamen temizlenmeleri gerekir. Bu amaçla yumurta ürünlerinin termal veya termal olmayan herhangi bir yöntem ile pastörize/dezenfekte edilmesi şarttır. Uygun bir proses tasarımı için ise reolojik özelliklerinin ölçülmesi ve tanımlanması gerekmektedir.

Yumurta pastörizasyonunda hedeflenen, *Salmonella*'nın öldürülmesi yumurta akı, bütün yumurta ve yumurta sarısında kimyasal kompozisyon ve pH farklılığına bağlı olarak *Salmonella*'nın ısıl direnci değişiklik göstermektedir. Pastörizasyonda yumurta akı veya sarısında pH ayarlanarak daha düşük sıcaklıklarda kullanılabilir. USDA, sıvı yumurta pastörizasyonunu (konvansiyonel işleme) yumurta proteini koagülasyonunun oluşmayabileceği kritik bir sıcaklık-zaman koşulunda yürütülmesini gerektirir. Yumurta sarısı için minimum sıcaklık ve tutma süresi 60°C ve 6,2 dakika. Yumurta beyazı ve bütün yumurta için, minimum sıcaklık ve tutma süresi 55,6°C ve 6,2 dakika, 60°C ve 3,5 dakika süreli (Anonim 2003). pH değeri 4,6'ya ayarlanmış yumurta sarısı 60°C'da 1 dakika pastörize edilmektedir. Yumurta akında ise pH 7'nin altındaki değerler *Salmonella*'nın ısıl direncini azaltmakla birlikte yumurta akının fonksiyonel özelliklerinin zarar görmesine neden olmaktadır. Yumurta akına ısıl işlem uygulandığında ilk dikkate değer değişme köpürme yeteneğinde görülmektedir. Sarı ile karışmış yumurta akında ise köpürme özelliği sıcaklıkla değişim göstermektedir. Ayrıca yumurtada bulunan konalbümin ısısal hassasiyeti en yük olan protein olup, 63°C'de biyoaktif özelliklerini yitirmektedir (Arzeni, ve ark., 2011).

Günümüzde artan nüfus ve yükselen yaşam standardı yanında teknolojik gelişmeler; gelecek nesillere sağlıklı bir çevre aktarma, yeterli miktarda gıda temini sağlama amacıyla gıdalarda alternatif yaklaşım gündeme gelmiştir. Dünya nüfusunun besin ihtiyacının karşılanması için; verimin artırılması yanında, gıdaların üstün kalitelerinin korunması, raf ömrünün arttırılması gerekmektedir. Gıda ürünlerinin dayanma süresi; uygun muhafaza tekniği ile gıdaların raf ömürleri arttırılabilecektir. Bunun yanında, tüketiciye cazip gelecek, yüksek besleyicilik değerine sahip, kalitesi muhafaza edilmiş gıdaların geliştirilmesi gıda endüstrisinin önemli bir görevi olmuştur. Gıda maddeleri fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik faktörlerin etkisiyle depolanmaları sırasında değişikliğe uğramakta, yapısal ve duysal özelliklerini kaybetmektedirler. Bu değişimleri mikrobiyel ya da fonksiyonel özellikleri oluşturmaktadır. Mikroorganizmaların gelişiminde sıcaklık, pH, su aktivitesi, redoks potansiyeli ve gıdaların bileşiminde bulunan koruyucu maddeler önemli olup, bu faktörlerin değişimi ile gıdaların raf ömürleri etkilenmektedir. Mikroorganizmaların inaktivasyonunda başlıca uygulanan yöntem ısıl işlemdir. Isıl işlem gıdanın duysal özelliklerini ve besin içeriğini olumsuz etkileyebileceğinden son yıllarda araştırmacılar ve üreticilerin alternatif işleme tekniklerine olan ilgisi artmıştır. Bu teknikler Yüksek basınç, ısınlama, ultrases, ozonlama, klorin dioksit ve ultrases gibi yöntemleri kapsamaktadır (Gould, 2000; Stoica, ve ark., 2013).

Yumurta ve ürünlerinin raf ömrünün uzatılması ve kalitesinin korunması amacıyla günümüzde pastörizasyon tekniğinden yararlanılmaktadır. Ancak ısıl işlemin yumurtanın fonksiyonel özellikleri, besinsel bileşimi, aroma ve yapısına zarar vermesi nedeniyle, bu yöntem alternatif olabilecek metotların geliştirilmesi ve uygulanması konusunda çalışmalar hız

kazanmıştır. Termal pastörizasyon en güncel ve en iyi anlaşılan tekniği temsil etmesine rağmen yumurta ürünlerinin pıhtılaşma, köpürme ve emülsiyon oluşturma özelliklerini etkileyebilmektedir. Bu özelliklerinin geliştirmek için çeşitli pastörizasyon yöntemleri; ultrasonik dalga muamelesi, yüksek elektrik alan darbeleri, yüksek hidrostatik basınç veya ultra-pastörizasyon içeren aseptik paketleme ile birlikte sıvı yumurta ürünlerinin özellikleri ve raf ömrü araştırılmaktadır. Bu yöntemlerin çoğu ısıl yöntemlerdir ve sıvı yumurta ürünlerinin yapısında özellikle proteinlerin pıhtılaşması ve denatürasyon üzerine önemli değişiklikler yapabilirler.

Gıda ürünlerinin kalite ve güvenliğinin iyileştirilmesinde yeni yöntemlerin kullanımı güncel konular arasında olup, yoğun şekilde araştırılmakta ve uygulama alanı bulunmaktadır. Yumurta ve ürünlerinin kalitesinin iyileştirilmesi ve tazeliklerinin daha uzun süre muhafazasının sağlanması için basit ve pahalı olmayan yeni metotlara ihtiyaç vardır. Bu sınırlamalara cevap olarak, ultrases, bu ürünlerin raf ömrünü uzatmada patojen popülasyonlarda uygun azaltmalar elde etmek için alternatif bir ısısal olmayan yöntem olabilir. Dünya üretiminde söz sahibi olduğumuz yumurta ve ürünleri gibi endüstriyel amaçlı tüketime sunulan ürünlerin ileri teknoloji kullanılarak üretimi, pazarlanabilir ürünlerin çeşitliliğinin ve ihracat potansiyelinin artırılması, böylece bölge ve ülke ekonomisine katkıda bulunulması projenin genel amaçları arasında yer almaktadır. Projenin özel amacı ise yumurtanın fonksiyonel özelliklerinin ultrases tekniği kullanılarak geliştirilmesi üzerine tasarlanmıştır. Farklı parametrelerde ultrases uygulamalarına bağlı olarak yumurtanın fiziksel, kimyasal ve fonksiyonel kalitesindeki değişikliğin tespiti; hem yumurtanın muhafazası esnasındaki ekonomik kaybın önlenmesi hem de fonksiyonel niteliklerinin korunması endüstriyel açıdan önem taşımaktadır.

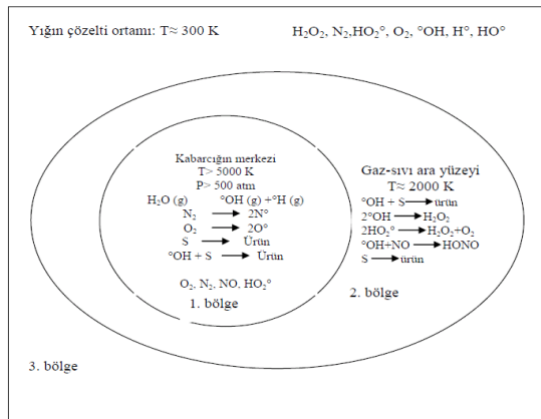
Ultrases; ısıl olmayan alternatif işleme tekniklerden olup, yüksek enerjili ultrases dalgalarının kullanılması anlamındadır. Ultrases bazı enzim ve mikroorganizmaları, ısıl uygulamalara nazaran daha hızlı inaktive edebilmektedir. Ultrases uygulamasının avantajları: aroma kaybının minimize edilmesi, yüksek homojenite ve kavitasyon etkisidir. Ultrases, mekaniksel nitelikte olup çok yüksek frekansta (18 kHz-500 MHz) duyulabilecek tonda sese sahiptir. Ultrason uygulamaları esnasında hücre içinde vakumlu boşlukların (kativasyonlar) oluşması, hücre çeperinin incilmesi, noktasal sıcaklık yükselişi, mikro buharlaşma ve şok dalgaları gibi etkiler, geleneksel ısıl işlem uygulamalarında oluşan besin kaybı ve olumsuz duyuşal değişimlere neden olmazken mikroorganizmaların daha düşük sıcaklıklarda ve kısa sürelerde inaktivasyonunu sağlamaktadır. Ultrason uygulamalarının etkinliği üzerine, kullanılan ultrasonik dalgaının genliği, uygulama süresi, uygulamanın yapıldığı hacim, gıdanın bileşimi ve sıcaklık etkili olmaktadır. Bir ultrason dalgası, herhangi bir materyale dikey doğrultuda yönlendirilirse, parçacıklar kuvvet ile aynı yönde titreşirler (basınç dalgası), eğer paralel yönlendirilirse, parçacıklar kuvvete dikey doğrultuda (shear) oluşur. Ultrason frekansı önemli bir parametredir ve maksimum kabarcık boyutunu belirlemektedir. Düşük frekanslarda (örneğin 20 kHz) üretilen kabarcıkların boyutu büyüktür ve çöktüğünde yüksek enerjiler üretmektedir (Chemat, ve ark., 2011; Dolatowski ve StadStasiak, 2007). Ultrases dalgaları katı, sıvı ve gaz gibi ortamlarda sıkışma ve genleşme ile yayılabilme özelliğine sahip olup, kavitasyon oluşturma özellikleri bulunmaktadır. Gıda sanayiinde kullanılan ultrases uygulaması düşük enerji yoğunluklu ($<1 \text{ W/cm}^2$; $>100 \text{ kHz}$) ve yüksek enerji yoğunluklu ($10-1000 \text{ W/cm}^2$; $20-100 \text{ kHz}$) olarak değerlendirilmektedir. Düşük yoğunluklu ultrases uygulamaları ağırlıklı olarak gıdaların tahribatsız muayenesinde kullanılmakta olup, yumurtanın kalitesinin tayini amacıyla uygulanan tasnif sistemleri buna örnektir. Yüksek yoğunluklu ultrases uygulamaları ise gıda sanayiinde proses işleme sürecinde değerlendirilmektedir. Enzim veya mikrobiyel inaktivasyon ile ekstraksiyon işlemleri bu uygulamalar arasındadır. Ultrases uygulaması diğer birçok uygulama ile kombine edilerek kullanılabilir. Isı ile yapılan kombinasyonda

termoultrasonikasyon; basınç ile kombine edilen ultrases uygulamasına manosonikasyon veya sıcaklık ve basıncın ultrases ile kombinasyonunda işlemin adı monotermsosonikasyon olarak adı verilmektedir (Piyasena, ve ark., 2003; Rastogi, 2011; Soria ve Villamiel, 2010; Vilkh, ve ark., 2008).

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

Gıda üretimi ve işlenmesinde ultrases tekstür, viskozite ve birçok katı ya da sıvı gıdaların konsantrasyon tayini ile sebze-meyve, et, yumurta, süt ve diğer gıdaların bileşimlerinin belirlenmesi, akış düzeyi ve sıcaklık ölçümlerinin belirlenmesinde kullanılmaktadır. Ayrıca ambalajlanmış gıdalara ve yumurta kabuklarına zarar vermeden kontrol edilebilmesinde, kabuk kalınlığının ölçülmesinde, yüzeylerin temizlenmesinde, kurutmada, filtrasyonda, mikroorganizmaların ve enzimlerin inaktivasyonunda, hücre tahribatında, sıvılardan gazların ayrıştırılmasında ve ekstraksiyon prosesi gibi uygulamaların geliştirilmesinde kullanılmaktadır (Aboonajmi, ve ark., 2010; Baysal ve Demirdöven, 2012; Dolatowski, ve ark., 2007; Fellows, 2000; McClements, 1995; Ozdemir ve Floros, 2004; Rastogi, 2011).

Ultrases uygulaması mikroorganizmaları inaktive etmede etkili bir şekilde kullanılabilir. Pastörizasyona göre ultrasonun; tat kaybını azaltmak, daha homojen ürün elde etmek ve önemli enerji tasarrufu sağlamak gibi avantajları bulunmaktadır (Mason, ve ark., 1996; Piyasena, ve ark., 2003). Ses ötesi dalgaların kavitasyonel etkilerinin sadece tek bir kabarcıkla değil; kabarcık yığını içerisindeki kavitasyonel olaylarla da ilgili olduğu da bazı araştırmacılar tarafından savunulmaktadır.



Tablo-1. Bir kavitasyon kabarcığı üzerinde sonokimyasal tepkimelerin olduğu bölgeler (Adewuyi, 2001).

Gıda üretimi ve işlenmesinde ultrasesin tekstür, viskozite ve bir çok katı ya da sıvı gıdaların konsantrasyon ölçümlerini; sebze-meyve, et, yumurta, süt ve diğer gıdaların bileşimlerinin belirlenmesini, akış düzeyi ve sıcaklık ölçümlerini, ambalajlanmış gıdalara ve yumurta kabuklarına zarar vermeden kontrol edilebilmesinde ve yüzeylerin temizlenmesi, kurutma ve filtrasyon, mikroorganizmaların ve enzimlerin inaktivasyonu, hücre tahribatı, sıvılardan gazların ayrıştırılması, ısı transferi ve ekstraksiyon proseslerinin hızlanması ve difüzyona bağlı herhangi bir prosesin geliştirilmesi gibi alanlarda kullanılmaktadır (Demirdöven ve Baysal, 2008; Ercan ve Soysal, 2013; Fellows, 2000; Mason, ve ark., 1996).

Sıvı yumurta ürünlerinin reolojik özelliklerini bazı araştırmacılar tarafından araştırılmış (Hamid-Samimi, ve ark., 1984, Hamid-Samimi, ve ark., 1985, Punidadas, ve ark. 1999, Telis-Romero, ve ark., 2006) olsa da, bulunan reolojik davranışları hakkında farklı sonuçlar bildirmişlerdir.

Ultrases tekniği yumurtalarda Haugh Birimi, albümin kalınlığı, hava boşluğu gibi bazı kalite özelliklerinin tayin edilmesi, tazeliğinin belirlenmesi amacıyla kullanılan bir yöntemdir (Aboonajmi, ve ark., 2010; Aboonajmi, ve ark., b.t.). Huang, ve ark. (2006) *Salmonella Enteritidis*'in sıvı bütün yumurtada inaktivasyonu üzerine yaptıkları çalışmada 55°C'de 40 W ultrases uygulamasının artan muamele süresinde mikrobiyel inaktivasyonun arttırdığını belirtmişlerdir. 20°C'de 138 MPa yüksek basınç uygulaması ile ultrasesin kombine edilmesi ile 3,2 log mikrobiyel azalma elde edilmiştir.

Albümin proteinlerinin 20 kHz ve %20 Amp'de yüksek dalga boyunda ultrasese maruz bırakılması neticesinde yüzey hidrofobik etkisinin arttığı ancak -SH gruplarının etkilenmediği bildirilirken görünür viskozitenin azaldığı ve daha stabil emülsiyon elde edildiği bildirilmiştir (Arzeni, ve ark., 2012). Lee, ve ark. (2003) tarafından yapılan çalışmada, sıvı bütün yumurtanın 300 sn. süre ile 24,6-34,6 ile 42,0 W güçte ultrases ile yüksek basınç uygulaması ve nisin ilavesi ile yapılan kombine işlemde yüksek basınç ile ultrasesin birlikte uygulandığı uygulamalarda *E. coli* sayısındaki azalmanın 24,6 W'da 1 log olduğu ifade edilmiştir.

Yumurta albümin proteinlerinin ultrases ile muamele sonrası jelleşme ve viskoelastik özelliklerinin incelendiği bir çalışmada 20 dakika süre ile 20 kHz ve %20 Amp'de ısı ile kombine edilerek yapılan uygulama neticesinde yumurtanın fonksiyonel özelliklerinin iyileştirildiği bildirilmiştir (Arzeni, ve ark., 2011). Cabeza, ve ark. (2005) Ultrasesin ısı ile kombine edildiği termoultrases uygulamasının yumurtanın fonksiyonel özelliklerini değiştirmeden *Salmonella*'nın eliminasyonu üzerine yapılan çalışmada, *Salmonella*'nın uygulama sonrası hijyen için kabul edilebilir düzeye düşürüldüğü ifade edilmiştir. Termoultrases ile kontrol grubu yumurta örnekleri arasında istatistiki açıdan raf ömrü, emülsiyon ve köpük kapasitesi, tekstür, duyuşal nitelik gibi fonksiyonel özelliklerde farklılık bulunmadığı bildirilmiştir. Çalışma kapsamında 24 kHz, 400 W ultrases ile 54°C'de 5 dk. ısıl işlemin kombine edildiği görülmüştür. Aygun ve Sert (2012) tarafından yapılan çalışmada japon damızlık bildiricim yumurtalarında ultrases uygulaması ile sanitasyon amacıyla kullanılan benzalkonyum klorür karşılaştırılmıştır. 35 kHz de 5 dk. -10 dk. ve 15 dk. olarak yapılan tüm ultrases uygulamalarında mikrobiyel yükün önemli düzeyde azaltıldığı ve yumurtada ağırlık kaybı, mortalite ve mineral madde değerlerinin sanitasyon ve kontrol gruplarına göre farksız olduğu belirtilmiştir.

Yumurtada ultrasesin etkisinin araştırıldığı bir diğer çalışmada ise ultrases uygulaması ve yumurta muhafaza sıcaklığının yumurtada ağırlık kaybı, özgül yoğunluk, kabuk mukavemeti, albümin yüksekliği, HB, renk, pH, su aktivitesi TMAB, mineral madde içeriği ve duyuşal özellikleri açısından araştırılmıştır. En düşük ağırlık kaybı ultrases uygulamasının 10 dk. ve 15

dk. olarak muamele edildiği ve 5°C’de muhafaza edilen örnek gruplarında görülürken, ultrases uygulamasına tabii tutulan yumurtalarda kalite kriterlerinde iyileşme saptanmıştır. Ultrases muamele süresinin 5 dk’dan 30 dk’ya çıkarılması ile albümin ve sarı TMAB sayım değerlerinin azaldığı tespit edilmiştir (Sert, ve ark., 2011). Sert, ve ark. (2013) tarafından Ultrasesin yumurtada *E. coli* ATCC 25922’nin azaltılması ve 22°C’de 14 gün süre ile depolanan yumurtalarda kalite kriterlerine etkisi çalışılmış ve ultrases muamele süresine göre yumurta kabuğu mukavemetinin azaldığı bildirilmiştir. *E. coli*’nin uygulama süresinin 30 dk’ya çıkarılması ile tamamen inaktive edildiği saptanmıştır. Ordonez ve Burgos (1976) ve Garcia, ve ark. (1989) ultrases uygulamasının *Bacillus* gibi spor oluşturan bakteriler üzerindeki etkisini araştırmışlardır. McClements (1995) ultrases ve klor uygulamasının birleştirilmesi halinde mikroorganizma inaktivasyonunun daha etkili olacağını belirtmiştir. Tavuk karkaslarında bulunan *Salmonella*, ultrases ile birlikte klorun kullanılmasıyla, daha çabuk inaktive edilmiştir. Bunun nedeni olarak da ultrasesin hücreleri yüzeyden ayırması ve böylelikle klorun hücrelere daha iyi nüfuz etmesi gösterilmektedir (Sorhaug ve Stepaniak, 1997).

Yumurtanın kalitesini korumak amacıyla çeşitli araştırmalar yapılmakta olup, en yaygın muhafaza yöntemi, belirli ısı işlem (55,6°C – 6,2 dk.) uygulamak suretiyle mikroorganizmaların inaktive edilmesine karşı, koagülasyon neticesinde yumurtanın fonksiyonel özellikleri arasında yer alan köpük ve emülsiyon oluşturma kapasitesi ile beraber besin değeri olumsuz yönde etkilemektedir (Hou ve ark., 1996). *S. Enteritidis* inaktivasyonunda uygulama potansiyeline sahip diğer bir yöntem ışınlama metodudur. Kabuklu yumurtaya Gama ışınlaması (0,5-3,0 kGy) uygulandığında *Salmonella* spp. ve diğer patojen bakterilerin inaktivasyonu için gerekli gücün en az 1,5 kGy doz olduğu saptanmıştır. Mikrodalga ısıtma fonksiyonel ve duyuşal özelliklere daha az zarar vererek, kabuklu yumurtada bulunan *S. Enteritidis*’in inaktivasyonuna yardımcı olabilmektedir. Mikrodalga ile kabuklu yumurtanın ısıtılmasında 3,5 ve 2,0-0,75 Wg⁻¹ güç 9 dk. pastörizasyon normlarına ulaşmanın gerekli olduğunu bildirilmiştir.

Ultrases tekniği kullanılarak yapılan çalışmalarda geleneksel yöntemlere göre daha az aroma kaybı, daha iyi homojenizasyona etkisi ve daha düşük enerji tüketimi gibi avantajların elde edildiği bildirilmiştir. Ayrıca geleneksel teknikler ile inaktive edilemeyen bazı enzimlerin yanında sporlu ve vejetatif bakterilerin de ultrases ile hızla inaktivasyona uğradıkları tespit edilmiştir (Feng, ve ark., 2011). Bu araştırmada ultrases uygulamasının: Taze yumurtanın kalite kriterlerine (yoğunluk, kuru madde, köpük kapasitesi ve stabilitesi, pH) sıvı bütün yumurta renk değerleri yanında depolama boyunca 4°C sıcaklığında raf ömrü testi periyodik olarak belirlenecektir. Böylelikle bu çalışmada, sıvı bütün yumurtanın, kontrol (muamele görmemiş sıvı yumurta), ticari pastörize ürün, ultrases uygulaması (150 W) 3 dakika, (150 W) 6 dakika, (375 W) 3 dakika ve (375 W) 6 dakika muamele işlemleri gerçekleştirilmiş ve sıvı bütün yumurtanın işlenmesinde termal olmayan proseslerin uygulanabilirliği araştırılmıştır. Farklı güç ve sürelerde ultrases ile muamele edilen sıvı bütün yumurtalar; 300 mL tartılarak ticari firmadan temin edilmiş bag in box ambalajlara dolumu yapılmış ve 4°C’de muhafaza edilmiştir. Depolama boyunca, örneklerin kalite kriterleri (kuru madde, pH, köpük kapasitesi ve stabilitesi, renk değerleri (L*, a*, b*), ambalaj içi gaz konsantrasyonu ve reolojik ölçümler) depolama süresince haftalık olarak gerçekleştirilmiş, böylelikle çalışma kapsamında uygulanan yeni tekniklerle üretilen ürünlerle, mevcut geleneksel işleme teknikleri ile üretilenler arasındaki fark ve ürünlerdeki fonksiyonel özelliklerdeki değişim ve reolojik davranış karakterize edilmiştir.

Temel hayvansal gıda kaynaklarından biri olan yumurta, insan sağlığı ve ülke ekonomisinde önemli bir yeri vardır. İnsan beslenmesi ve ülke ekonomisi açısından önemli bir besin maddesi olan yumurta, tüketici tarafından kolay temin edilebilen besin değeri yüksek bir gıda maddesi olup, çeşitli alternatiflerle kolaylıkla hazırlanıp tüketilebilmektedir. Yumurtanın

önemi, hemen hemen bütün besin maddelerini yoğun bir şekilde içermesinden kaynaklanır. Yumurta çoğunlukla kabuklu yumurta olarak tüketilmektedir. Ancak, yumurta farklı hallerde işlenmesi hızla artmaktadır. Taze yumurta kullanan gıda işleme tesislerinde, üretim sırasında yüzlerce yumurtanın kırılması için harcanan zaman, bu yumurtaların kabuklarının oluşturduğu atıklar ve kabuklu yumurtanın depolanması için ayrılması zorunlu olan geniş alan gereksinimi, işletme açısından önemli problemler oluşturmaktadır. Birçok ülkede taze yumurta gerek gıda sanayiinde gerekse evlerde kullanılmak üzere pastörizasyon, kurutma ve dondurma teknikleriyle işlenerek tüketiciye ulaşmaktadır. Günümüzde pastörizasyon tekniği likit yumurtaların muhafazasında kullanılan tek yöntem olup alternatiflerinin geliştirilmesi yönünde çabalar bulunmaktadır. Pastörizasyonun likit yumurtanın fonksiyonel özellikleri, besinsel bileşimi, aroma ve yapısı üzerindeki olumsuz etkileri nedeniyle alternatif metotların geliştirilmesi ve uygulanması hız kazanmıştır.

Gelişmiş ülkelerde yumurta ürünleri (sıvı, dondurulmuş ve kurutulmuş yumurta) kullanımı hızla artmaktadır. Bu yumurta ürünleri arasında öne çıkan ürünleri arasında pastörize sıvı yumurta, dondurulmuş veya kurutulmuş yumurta ürünleridir. Pastörize likit yumurta, kabuklu yumurtanın kullanıldığı her yerde zaman tasarrufu sağlamak ve tat, lezzet açısından hiçbir fark gözlenmemektedir. Sıvı bütün yumurta, özellikle fırıncılık ürünleri, şekerlemeler ya da dondurma sanayi üretiminde kullanılmaktadır. Sıvı yumurta, besin değerine ek olarak, köpük, pıhtılaşma, ya da emülsiyon gibi bu tür yiyeceklerle fonksiyonel özelliklerine de katkıda bulunur. Yumurta bu özelliklerinden dolayı yumurta protein koagülasyon olabileceğinden kolayca ısı ile işleme bozulabildiğinden yumurta ürün pastörizasyon kritik bir sıcaklık-zaman aralığından yapılır. USDA sıvı 60 °C'de en az 3,5 dakika süre ile ısısal işlem gerçekleştirilmektedir (USDA, 1969).

Sıvı yumurta ürünlerinin işlenmesi sırasında en fazla problem yaratan *Salmonella* ve *Escherichia coli* gibi patojen özelliğe sahip fekal koliform mikroorganizmaların sistemden tamamen temizlenmeleri gerekir. Bu amaçla yumurta ürünlerinin termal veya termal olmayan herhangi bir yöntem ile pastörize/dezenfekte edilmesi şarttır. Uygun bir proses tasarımı için ise fonksiyonel ve reolojik özelliklerinin ölçülmesi ve tanımlanması gerekmektedir.

Geleneksel uygulanan termal pastörizasyon işlemine alternatif sıvı yumurtanın buzdolabında raf ömrünü uzatılmasında uygulanabilecek alternatif teknolojiler ultrapastörizasyon aseptik ambalajlama, ultrasonik dalgalar, UV, yüksek darbeli elektrik alanı, yüksek hidrostatik basınç ve nisin gibi bir antimikrobiyel ajanların kullanımıdır. Bununla birlikte, yukarıda sözü edilen çalışmaların çoğu mikrobiyolojik noktada yoğunlaşmış olup bu proseslerin sıvı yumurtanın fiziko-kimyasal özelliklerindeki değişiklikleri ayrıntılı incelenmemiştir.

Geleneksel olmayan koruma teknikleri besinsel, duyuşal açıdan, katkı maddeleri, düşük enerji talebi ve tüketici talebi gibi çevre güvenliğini karşılamak için geliştirilmektedir. Buna ek olarak, taze, daha doğal ve daha sağlıklı ürün tüketici talebini sağlamak için gıdaların mikroorganizmaların ve enzimlerin inaktive olmayan termal koruma tekniklerine olan ilgilerini artmıştır.

Yüksek hidrostatik basınç, yüksek elektrik alan, yüksek yoğunluklu ultrason veya antimikrobiyel bakteriyosinlerin kullanımı gibi termal olmayan gıda muhafaza teknolojileri, gıdaların korunmasında yeni yöntemler olarak potansiyel araştırmacılar tarafından büyük ilgi ile araştırılmaktadır. Ultrases saniyede 20.000 veya daha fazla ses dalgasının titreşimi ile oluşan enerji türü olup gıda endüstrisi için umut vadeden alternatif teknolojilerden biridir.

Sıvı yumurta ürünleri üretiminde en yaygın pastörizasyon metodu belirli bir süre için ısı uygulaması ile mikroorganizmaların etkisiz hale getirilmesidir. Amerika Birleşik Devletleri Tarım Dairesi (USDA) yumurta protein koagülasyon oluşabilir kritik bir sıcaklık-zaman durumuna yapılacak sıvı yumurta pastörizasyon (konvansiyonel termik işlem) gerektirir. Yumurta sarısı için minimum sıcaklık ve tutma süresi gereksinimleri 60°C ve 6,2 dk. Yumurta beyazı ve bütün yumurta, minimum sıcaklık ve tutma süresi gereksinimleri için 55,6 °C ve 6,2 dakika, 60 °C ve 3,5 dakika, sırasıyla (USDA-ARS, ABD) (Froning, ve ark., 2002)

Yumurta depolandığında, fonksiyonel özellikleri de hızlıca değişmektedir, özellikle ovalbümin S-ovalbümine dönüşmektedir. Ovomusin-lisozim kompleksinin ayrılması (ovomusin jelinin parçalanması ile) teknolojik açıdan önemli reaksiyonlardan birisidir (Yuceer ve Caner, 2014). Bu reaksiyon; jel özelliği ve köpürme özelliğinin azalmasına ve yumurta beyazının viskozitesinin azalmasına yol açmaktadır. Bununla birlikte bu reaksiyonlar pH artışına yol açmakta ve yumurtanın depolanma süresini azaltmaktadır. Bu nedenle yumurtanın kalite kriterlerinin iyileştirilmesi, dolayısıyla raf ömürlerinin artırılmasına yönelik araştırmalar ilgi görmektedir. Uygun muhafaza, işleme ve ambalajlamanın yapılması ile söz konusu kayıplar en aza indirilerek yumurta ürünlerinin raf ömürlerini artırılabilir. Bu amaçla, pek çok gıda da olduğu gibi yumurta kalitesinin muhafazası ve meydana gelebilecek zararların azaltılması için yeni yöntemler kullanılabilir. Yeni yöntemlerden birisi olan ultrases uygulamasıyla; yumurta fonksiyonel özelliklerinin muhafazası sağlanabilecek ve raf ömrü uzatılabilecektir. Yumurta kalitesinin iyileştirilmesi konusunda birtakım çalışmalar olsa da ultrases uygulamasıyla raf ömrü ve kayıpların azaltılması konusunda çalışmalara da ihtiyaç duyulmaktadır. Termal pastörizasyon halen en geçerli ve en iyi anlaşılan teknik olmamasına rağmen, bu özellikleri köpürme ve emülsifiye, koagülasyon etkileyebilmekte ve yumurta ürünlerinin kalitesi ve fonksiyonel özelliklerini azaltmaktadır (Stadelman ve Cotterill, 1995).

Ultrasonik uygulama, yüksek elektrik alan, yüksek hidrostatik basınç veya aseptik ambalaj ile kombine ultra-pastörizasyon dahil olmak üzere alternatif pastörizasyon yöntemleri (raf ömrünü uzatılması) ve sıvı ısı işlem dezavantajlarını en aza indirmek açısından incelenmelidir. Bu yöntemlerin çoğu sıvı yumurta ürünlerinin yapısı önemli pıhtılaşmayı ve proteinlerin denatürasyonu neden olarak değişikliklere neden olabilir. Bu değişiklikleri karşısında, ultrases mikrobiyolojik güvenli ve uzun raf ömürlü ürünler elde etmek amacıyla, sıvı ürünler için alternatif bir termal olmayan bir uygulama olabilir.

Yeni teknikler ile ticari ürünlerin üretimi üzerine yapılan uygulama sayısı ve market raflarındaki ürün sayısı her geçen gün artmaktadır. Yumurta ürünleri üretiminde de günümüzde alternatif işleme teknikleri üzerine ticari uygulamalar ve Ar&Ge çalışmaları son 3-5 yılda farklı bir boyut kazanarak herhangi bir koruyucu katkı maddesi kullanılmadan ürünün fonksiyonel özelliklerinin muhafaza edilerek raf ömrünün korunması ilke edilmiştir. Örnek olarak pastörizasyon tekniği ile üretilebilen bütün sıvı yumurtalarda en fazla 2-3 aylık raf ömrüne ulaşılırken alternatif teknikler ile bu süre 4-5 ay gibi depolama süreleri elde edilmiştir. Çalışma kapsamında ultrases uygulanmış sıvı yumurtanın fiziksel ve kimyasal analizleri yapılarak sektör açısından değer taşıyan bir veri tabanı oluşturulmuştur.

Yeni teknolojik yaklaşımlar pek çok çalışmanın odağı haline gelmiştir. Günümüzde pastörizasyon tekniği likit yumurtaların muhafazasında kullanılan tek yöntem olup alternatiflerinin geliştirilmesi yönünde çabalar bulunmaktadır. Pastörizasyonun likit yumurtanın fonksiyonel özellikleri, besinsel bileşimi, aroma ve yapısı üzerindeki olumsuz etkileri nedeniyle alternatif metotların geliştirilmesi ve uygulanması hız kazanmıştır (Stadelman ve Cotterill, 1995). Geliştirilmekte olan yeni yöntemlerle, yumurta gibi gıda ürünlerinde ısı işlem

uygulamaları sonucunda meydana gelen değişimlerin azaltılması ve raf ömrünün uzatılması amaçlanmaktadır.

Türkiye’de yumurta ürünleri sektörü, dış ticaret anlamında çok büyük bir varlık gösterememektedir. Bu açıdan sıvı yumurta muhafaza tekniklerinin geliştirilmesi, yumurtadaki fonksiyonel kayıplarının azaltılması ve raf ömrünün uzatılması bakımından oldukça önemlidir. Son yıllarda yeni yöntemler konusunda ve bunların gıdalara uygulanabilirliği konusunda önemli gelişmeler olmuştur. Daha kaliteli, daha sağlıklı, minimum işleme-koruma teknolojileri uygulanmış yüksek kaliteli ürünlere müşterilerin artan bir ilgisi söz konusudur.

Gelişmiş ülkelerde özellikle yumurta ürünlerinde yeni yöntemler ile gıdaların raf ömürlerinin uzatılması ticari bakımdan başarılı uygulama alanları bulmuştur (Vurgulu elektrik alan-PEF, UV ve yüksek basınç- HPP) (Geveke ve Torres, 2013; Monfort, ve ark., 2013; Patrignani, ve ark., 2013; Sampredo, ve ark., 2006). Bu başarının sağlanmasında uygulanan yöntemlerin uygulama dozları (konsantrasyonu) ve sürelerinin seçimi, her bir ürün için bu parametrelerin dikkate alınması ve bunların optimizasyonu gereklidir. Yumurta ürünlerinde ultrases gibi yeni alternatif koruma metotlarının uygulanması ile kalite kriterlerine etkilerinin ayrıntılı belirlenmesi gerekmektedir.

Sıvı yumurta ülkemizde yeni gelişen bir sektör olup sınırlı kullanım alanına sahiptir. Sıvı yumurta genellikle kek, pasta mayonez vb. ürünlerde ana girdi olarak kullanılmaktadır. Üretim aşamasında ürünün muhafazası için ısıt işlemleri (pastörizasyon) uygulanmaktadır. Bu proje kapsamında sıvı yumurtanın kalite kriterlerinin korunması ve raf ömrünün uzatılması için yeni muhafaza yöntemlerinden ultrases uygulanmıştır.

Çalışma kapsamında; ultrases uygulamasının 150 W ve 375 W değerlerinde 2 ve 5 dakika süre ile muamelesinin sıvı bütün yumurtanın fiziko-kimyasal kalite kriterlerine ve reolojik davranışı üzerine etkisi belirlenmiştir. Böylece depolama boyunca yumurta kalite kriterlerini, fonksiyonel özellikleri ve reolojik davranışı ile raf ömrünü uzatma üzerindeki etkinliğinde ultrasesin kullanılabileceği güç ve süresinin belirlenip, diğer raf ömrü uygulamalarına kıyasla avantajları detaylı bir şekilde ortaya konulmuştur.

2. GEREÇ VE YÖNTEM

2.1. Materyal

2.1.1. Likit Bütün Yumurta: Çalışmada hammadde olarak kullanılan pastörize sıvı bütün yumurta yerel ölçekli sıvı yumurta üreticisinden aynı üretim/parti numarasına sahip 20 kg’lık bag in box ambalajlarda ve soğuk zincirde (2-4 °C) temin edilerek bölüm laboratuvarına ulaştırılmıştır.

2.2. Metot

2.2.1. pH Tayini: Ultrases ile muamele edilen ve edilmeyen sıvı yumurtada ölçümler Ohaus Starter 3100 pH metreyle 20±2°C’de belirlenmiştir (Caner ve Yüceer, 2015).

2.2.2. Suda Çözünebilir Kuru madde: Ultrases ile muamele edilen ve edilmeyen sıvı yumurtada ölçümler numunenin sıcaklığı 20±1°C’de, ilk olarak saf su ile 0 ayarı yapıldıktan

sonra Atago Pal-1 (Atago Co. Ltd. Tokyo, Japonya) refraktometre ile yapılmış ve kuru madde (°Briks) ölçülmüştür (Caner ve Yüceer, 2015).

2.2.3. Renk Analizleri: Ultrases ile muamele edilen ve edilmeyen sıvı yumurtada ölçümler kolorimetreyle (CR-400, Konica Minolta Sensing, Osaka, Japonya) L*, a*, b* değerlerinin ölçümü ile gerçekleştirilmiştir (Yüceer, ve ark., 2015b).

2.2.4. Köpük Özellikleri: Enzimle muamele edilmiş ve edilmemiş 100 ml sıvı yumurtanın sıcaklığı 20±2°C'ye ayarlandıktan sonra Hobart mikserde (N50CE, Hobart Foster Scandinavia A/S, Aalborg, Danimarka) 3. devirde 2 dakika çırpma ile oluşturulan köpük 1000 ml'lik mezüre alınarak hacim kaydedilmiş ve hesaplamalar yapılmıştır (Caner ve Yuceer, 2014). Oluşan köpük hacmi kaydedildikten hemen sonra mezür ters çevrilip oda sıcaklığında bir saat beklenerek drenajın bir beherin içine birikmesi sağlanmıştır. Bir saat sonra biriken drenaj 100 ml'lik mezüre alınarak hacmi kaydedilmiştir (Köpük stabilitesi köpüğün oda sıcaklığında 60 dakika boyunca tutulması sonucu oluşan drenajın belirlenmesiyle hesaplanmıştır (Min, ve ark., 2005). Bu veriler kullanılarak köpük kapasitesi ve köpük stabilitesi belirlenmiştir.

Köpük kapasitesi yüzde olarak belirtilmiştir. Köpük kapasitesinin (%) hesaplanması için kullanılan matematiksel metot Janssen ve diğerleri (1971) tarafından verilmiştir.

$$\text{Köpük kapasitesi (\%)} = 100 \times \frac{(\text{köpüğün hacmi})}{(\text{ilk sıvı fazın hacmi})}$$

Burada köpüğün hacmi, çırpıldıktan sonra oluşan nihai köpüğün hacmini ifade etmekte iken; ilk sıvı fazın hacmi, çırpılmadan önceki yumurta akının mililitre olarak hacmini ifade etmektedir (Macherey, ve ark., 2011; Patrignani, ve ark., 2013).

Köpük stabilitesi yüzde olarak ifade edilmiştir. Köpük stabilitesi, köpük yapısının lamellerinden akan sıvının miktarı olan drenajın gözlemlenmesiyle hesaplanmıştır (Kuropatwa, ve ark., 2009). Aşağıdaki formül (Janssen ve ark., 1971) köpürmüş yumurta beyazının köpük stabilitesini belirlemek için kullanılmaktadır.

$$\text{Köpük stabilitesi (\%)} = 100 \times \frac{(\text{ilk sıvı fazın hacmi}) - (60 \text{ dakika sonra oluşan drenajın hacmi})}{\text{ilk sıvı fazın hacmi}}$$

Bu denklemde; ilk sıvı faz, çırpılmadan önceki yumurtanın mililitre olarak hacmidir; drenajın hacmi oda sıcaklığında bir saat sonra toplanan drenajın mililitre olarak hacmidir (Lomakina ve Mikova, 2006).

2.2.5. Su Aktivitesi: Sıvı yumurta örnekleri, su aktivitesi kaplarına konulduktan sonra AquaLab 4TE (Decagon Devices, Amerika Birleşik Devletleri) cihazında ölçümler gerçekleştirilmiştir (Cervenka, ve ark., 2006).

2.2.6. Sıvı Yumurta Raf Ömrü Tayini/Ambalaj İçi Gaz Konsantrasyonu: 100 ml sıvı yumurta örneği bag in bags ambalajlarda buzdolabında depolanmıştır. Paket içerisinde hava boşluğunda gaz kompozisyonun (%CO₂ ve %O₂) değişimi üzerinden gaz analizörü (OxyBaby, HTK, Hamburg, Almaya) kullanılarak raf ömrü tayini yapılmıştır. Gaz içeriği ölçümleri ölçümler buzdolabında depolanan SYA'da periyodik olarak gerçekleştirilmiştir.

2.2.7. Reolojik Ölçümler: Ultrases ile muamele edilmiş ve edilmemiş sıvı yumurtada reolojik ölçümler HR-2 (Discovery Series Hybrid HR-2, TA Instruments, New Castle, DE, ABD) reometre 40 mm paslanmaz çelik plate/plate geometrilili ölçüm sensörü ile 1 mm aralıkta gerçekleştirilmiştir. Her bir test için yaklaşık 1,32 ml sıvı yumurta örneği reometre plakası arasına alınmıştır. Genlik tarama testi dinamik testler öncesinde (frekans taraması, sıcaklık taraması) öncesinde doğrusal bölge içinde kalan uygun gerilim değerinin saptanması,

gerilim/gerilim oranının (modülüs) sabit kaldığı doğrusal bölgenin (LVER) belirlenmesi ve her veri noktası lineer viskoelastik dağılımın doğrulanmasında osilasyon verilerinin sinüs eğrileri lineer analiz yazılım programı yardımıyla yapılmıştır. Kayma hızı taraması (Flow ramp) testi $25 \pm 0,01^{\circ}\text{C}$ 'de; düşük kayma hızından (0,01 1/s) yüksek kayma hızına (100 1/s) doğru 150 saniye boyunca gerçekleştirilmiştir. Daha sonraki analizlerde kullanmak üzere lineer viskoelastik bölgedeki en uygun % strain değerini bulmak için deformasyon taraması (oscillation amplitude) testi yapılmıştır. Test parametreleri olarak açısal frekans 20 rad/s ve sıcaklık 25°C olarak belirlenmiş ve % strain %0,01'den %100'e değişen değerlerde analiz gerçekleştirilmiştir. Bu test sonucunda elde edilen lineer bölgedeki en uygun % strain daha sonraki analizlerde kullanılmış ve bu işlem her örnek için yeniden yapılmıştır. Frekans taraması (Oscillation frequency) testi, frekans ise 0,01 ile 10 Hz aralığında 25°C 'de ve bir önceki analiz sonucu bulunan en uygun % strain değeri kullanılarak gerçekleştirilmiştir (Ahmed, ve ark., 2003; Spencer, ve ark.). Her bir örnek yenilenerek 3 kere ölçülmüştür. Sıcaklık taraması (Oscillation temperature ramp) testi 40°C 'den 70°C 'ye ısıtma hızı $1^{\circ}\text{C}/\text{dakika}$ nisbetine arttırılarak, deformasyon taraması (oscillation amplitude) sonucu elde edilen % strain değerinde ve açısal frekans 20 rad/s'de gerçekleştirilmiştir. Çalışmada G' , G'' , faz açısı, δ ; kompleks viskozite, η^* , kıvam katsayısı ve akış davranış indeksi belirlenmiştir (Alkay ve Ertani, 2015; İbanoğlu ve Alben, 2007; Marcet, ve ark., 2016; Ruth, ve ark., 2013; Yüceer, 2007; Yüceer, ve ark., 2015a).

2.2.8. İstatistiksel Analizler: Çalışmada farklı ultrases uygulamasının sıvı yumurta kalitesi üzerine etkilerinin araştırılmasında varyans analizinden (ANOVA) yararlanılmıştır. Bu istatistiksel analizlerde SAS istatistik programı kullanılmıştır.

3. BULGULAR

3.1. pH Sonuçları:

Yumurta pH değeri yumurta tazeliğinin ve kalitesinin önemli bir göstergesidir. Depolama boyunca özellikle albümin pH değerindeki artış, yumurta kabuğunda doğal olarak bulunan gözenekler yoluyla CO_2 kaybıyla ilgili olarak bikarbonat tampon sisteminde değişiklikler meydana gelebilir. Yumurta beyazı zayıf bir karbonik asit solüsyonu içeriğiyle,

yumurtanın ilerleyen depolama boyunca daha fazla CO₂ ve su sağlamak için parçalanır ve yumurta beyazı da gittikçe incilir ve albümin pH değerinde bir artış meydana gelmektedir (Yuceer ve Caner, 2014). Yumurta bırakıldığı zaman, yumurta pH değeri, nötr noktasından (pH 7,0) artarak, albümin içinde karbonik asidin parçalanmasından kaynaklanan CO₂'nin serbest bırakılması nedeniyle 9,5'e yükselmektedir ve bu durum bikarbonat tampon sisteminde oluşan değişiklikler ile açıklanmaktadır (Caner ve Yuceer, 2015). Kabuk gözenekleri boyunca CO₂ in kaybı ile taze yumurtaların depolanması sırasında, yumurta pH değeri bazik hale gelmekte; ve yumurta sarısı, özellikle de albümin kalitesinin bozulmasından dolayı yapısında yapısal değişiklikler meydana gelmektedir (Caner ve Yuceer, 2015). Yoğun albümin muhtemelen karbonik asit (H₂CO₃) oluşumunu ve artan albümin pH değeri çok sayıda kimyasal tepkime nedeniyle daha sıvı hale gelir. Alkol tampon sisteminin bir bileşeni olan H₂CO₃, su ve karbondioksit (CO₂) oluşturmak üzere ayrışır. Doğal şartlar altında, CO₂, kabuk gözenekleri boyunca dağılarak ve buharlaşmakta ve böylelikle albümin asitlik değerini azaltmaktadır. Bu durum protein kompleksinin pH değerini arttırmaktadır. Yoğun albümin kalınlığı kaybı, bu kompleksin doğal çözünmesi ile ilişkilendirilmektedir (Yuceer ve Caner, 2014). Ancak sıvı yumurtada durum farklılık arz etmekte ve bu çalışmada gözlemlenen başlangıçtaki yumurta pH değeri (7,37±0,04) ultrases ile muamele edilen sıvı bütün yumurta numuneleri ile muamele edilemeyen örnekler arasında artan ultrases W gücü ile pH değerinde artış kaydedilmiş ve depolama süresince yumurtanın pH değeri azalmıştır. Tablo 1’de Ultrases ile muamele edilen sıvı bütün yumurtanın pH değerlerindeki değişim verilmiştir. Buna göre meydana gelen artışın 375 W (3 ve 6 dk. uygulaması) değerinde kontrol grubu ve 150 W (3 ve 6 dk. uygulaması) ultrases gücü uygulaması arasında istatistiki açıdan kontrolden farklı ancak uygulamalar açısından benzer olduğu belirlenmiştir. Yumurta akında yapılan bir çalışmada, ultrasesin sıvı yumurta akı –SH ve disülfid grupları üzerinde bir oksidasyona neden olmadığı bildirilmiş ve termal geçiş olan 65 ve 81°C’lerinde de önemli bir değişiklik olmadığı ifade edilmiştir (Arzeni, ve ark., 2011). Ayrıca yumurta albüminin 20 kHz frekansında ve %20 amplitude uygulanan ultrases çalışmasında –SH içeriğinin etkilenmediği, yüzey hidrofobitesinin arttığı ifade edilmiştir (Arzeni, ve ark., 2012).

	0. Hafta	1. Hafta	2. Hafta	3. Hafta	4. Hafta	5. Hafta	6. Hafta
Kontrol	7,37±0,04 Ba	7,01±0,02 ABb	6,77±0,01 Bc	6,43±0,02 Cd	6,26±0,02 De	6,20±0,01 Cef	6,14±0,03 Bf
150W-3dk	7,42±0,02 ABa	7,00±0,06 ABb	6,41±0,03 Dc	6,37±0,04 Ccd	6,39±0,03 Ccd	6,35±0,04 Bcd	6,33±0,03 Ad
150W-6dk	7,43±0,03 ABa	6,97±0,04 Bb	6,52±0,05 Cc	6,39±0,05 Cd	6,35±0,04 Cd	6,34±0,04 Bd	6,34±0,02 Ad
375W-3dk	7,47±0,02 Aa	7,02±0,04 ABb	6,82±0,02 Bc	6,86±0,01 Ac	6,47±0,03 Bd	6,37±0,03 Be	6,35±0,04 Ae
375W-6dk	7,46±0,02 Aa	7,07±0,03 Ab	6,92±0,02 Ac	6,77±0,02 Bd	6,74±0,03 Ad	6,48±0,05 Ae	6,40±0,01 Af

^{A-C} Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (Depolama: sabit, Uygulama: farklı) (p<0,05)

^{a-f} Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (Uygulama: Sabit, Depolama: farklı) (p<0,05)

Tablo 1. Ultrases ile muamele edilen sıvı bütün yumurtanın depolama boyunca pH değerlerindeki değişim

3.2. Suda Çözünür Kuru Madde Sonuçları:

Tam yumurta içindeki katıların içeriği sarı beyaz oranına ve yumurta sarısı ve beyaz kimyasal bileşimlerine göre değişmektedir. Homojenize edilmiş üründe, belirli toplam katı içeriği değeri ile karakterize edilen bileşenleri üretmek için düzeltilmesi gerekebilmektedir. Sarılığın beyaza oranı, tavuk yaşıyla artan yumurta boyutuyla ilişkilidir ve yumurta sarısı ve beyaz toplam katı içeriği tavuk soyundan da etkilenebilmektedir (Ragni, ve ark., 2011).

Bütün yumurtada albümin, %10 protein (albüminler, mukoproteinler ve globulinler dahil) ve yaklaşık %90 sudan oluşur. Kuru madde içinde yumurta sarısı, %68 düşük yoğunluklu lipoprotein (LDL), %16 yüksek yoğunluklu lipo-protein (HDL), %10 globüler proteinler (livetinler), %4 fosfoprotein (fosvitin) ve %2 ise küçük proteinlerden oluşmaktadır (Huopalahti, ve ark., 2007).

Yumurta tozu beyazının temel fonksiyonel özelliği yüksek köpürme kapasitesidir. Bununla birlikte, en uygun köpürme kapasitesi için yumurta sarısı lipidlerinin beyaz kısmına sızıntısını ve kontaminasyonunu azaltmak önemlidir. Lipidin parçalanması ve yumurta beyazının tam köpükleşme kapasitesini koruyabilmesini sağlanması önemlidir. Albümindeki su yumurtaya sarısına nüfuz edebilmektedir. Zayıf ve sulu albümin yumurta sarısındaki su konsantrasyonlarında değişikliklere neden olmakta, uzun depolama süresi boyunca, suda çözünür kuru madde (DMA-dry matter) değeri, albüminin sarısının karıştırılması nedeniyle artmaktadır. Tablo 2’de Ultrases ile muamele edilen sıvı bütün yumurtanın kuru madde değerlerindeki değişim verilmiştir. Ultrases ile muamele edilen sıvı yumurta numuneleri ile muamele edilemeyen örnekler arasında benzer kuru madde (briks) değeri gözlenmiştir. Genel olarak, depolama boyunca sıvılaşma, yumurta akınında akışkanlığın artmasına ve yumurta kalitesinin bozulmasına neden olmaktadır. Fakat bütün yumurtadan ziyade sarı ve beyazı içeren karışım yumurtada kuru maddedeki değişimin birlikte yer aldığından uygulamalar arası bağımsız tüm sarı ve beyazının durumdan farklı olmakta olup, doğrudan kalite parametresini göstermemektedir.

	0. Hafta	1. Hafta	2. Hafta	3. Hafta	4. Hafta	5. Hafta	6. Hafta
Kontrol	23,94±0,07 Aa	24,01±0,08 Aa	24,05±0,08 Aa	24,01±0,04 Aa	24,01±0,04 Aa	23,99±0,03 Aa	24,02±0,03 Aa
150W-3dk	23,96±0,06 Ab	24,08±0,12 Aa	23,99±0,05 Aab	24,00±0,03 Aab	23,99±0,02 Aab	23,97±0,04 Aab	24,00±0,03 Aab
150W-6dk	24,01±0,08 Aa	24,01±0,06 Aa	24,02±0,05 Aa	24,00±0,05 Aa	24,00±0,06 Aa	24,00±0,04 Aa	24,02±0,05 Aa
375W-3dk	24,03±0,04 Aa	24,01±0,04 Aa	24,02±0,04 Aa	24,01±0,04 Aa	23,97±0,06 Aa	24,01±0,04 Aa	23,99±0,05 Aa
375W-6dk	24,01±0,06 Aa	23,99±0,04 Aa	24,01±0,04 Aa	24,01±0,05 Aa	24,00±0,05 Aa	24,00±0,04 Aa	24,01±0,04 Aa

^A Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (Depolama: sabit, Uygulama: farklı) (p<0,05)

^{a-b} Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (Uygulama: Sabit, Depolama: farklı) (p<0,05)

Tablo 2. Ultrases ile muamele edilen sıvı bütün yumurtanın kuru madde değerlerindeki değişim

3.3. Sıvı Yumurta Akı Renk Sonuçları:

Yumurta renginin görsel izlenimi, yumurta ve içeren ürünlerin kabul edilebilirliğini belirler.

3.3.1. Renk L* Değeri

Ultrases ile muamele edilen sıvı bütün yumurtanın L* renk değerlerindeki değişim Tablo 3’te verilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre ultrases ile sıvı yumurtanın muamele edilmesi ile saydamlık-opak olma durumu 375 W-6 dk. uygulaması ile değişmiş ve L* parlaklık değerlerinde uygulamayı takiben yapılan ölçümlerde istatistiksel açıdan önemli düzeyde tespit edilmiştir. Ultrases uygulanmış numuneler kontrolle karşılaştırıldığında L* değeri 65 bandında kalırken, depolama boyunca L* değeri artmıştır. Beş haftalık depolamadan sonra parlaklıkta (L* değerleri) genel bir artış belirlenmiştir. L* değerleri 66,41-66,86 arasında seyretmiş, ancak istatistiksel olarak anlamlı farklılığa ulaşamamıştır (P>0,05). Bu farklılıkların tümü pratik anlam taşıyacak kadar büyük değildir. İstatistiksel olarak bu değerler önemli olmasına rağmen, tüketici üzerindeki bu değerlerin etkisi minimum olacaktır. Maillard reaksiyonu, yumurta beyazında amino asitlerle reaksiyona giren az miktarda glikozun bir sonucu olarak ortaya çıkar. Yumurta beyazı için, sıcaklık uygulaması ve depolama uzun süre sorunlu olabilmektedir.

Yumurta akılarındaki glikozu parçalayarak kahverengileşmeyi azaltılabilir. Glikozun aldehit grubunun proteinden bir amino grubu ile reaksiyona girdiğinde Maillard tipi reaksiyona yol açarak, serbest veya bağlanmış olan polisakaritlerin hidrolize olabilir, dolayısıyla daha basit ve daha reaktif bir aldöz oluşturması mümkün olmaktadır. Benzer şekilde, Wang, ve ark. (2013) yumurta akı ile yapılan bir çalışmada ise yumurta parlaklık değerinin ultrases uygulaması ile azaldığı ve ifade edilmiş ve bu durumun ultrasesin protein yüzey hidrofobisitesinin artışı ve sülfidril gruplar üzerinde azalma etkisi ile riboflavin moleküllerinin protein makromolekülleri üzerindeki yüzey etkisi ile ilgili olabileceği belirtilmiştir. Nitekim ultrasesin yumurta proteinlerinin çözünürlüğünü arttırdığı belirtilmiştir (Stefanovic, ve ark., 2017). Ultrases uygulaması ile yumurtanın parlaklık değerinin azaldığı literatürde yer almıştır (Sert, ve ark., 2013). Diğer ultrases uygulamalarındaki değişim ise benzer bulunmuştur (Wang, ve ark., 2013)

	0. Hafta	1. Hafta	2. Hafta	3. Hafta	4. Hafta	5. Hafta
Kontrol	65,69±0,06 Ad	65,80±0,04 Ad	65,99±0,08 Ccd	68,95±0,15 Aa	67,14±0,06 Ab	66,42±0,02 Ac
150W-3dk	65,24±0,04 Ad	66,02±0,89 Ac	68,30±0,80 Aa	67,39±0,16 Cb	66,38±0,12 BCc	66,41±0,03 Ac
150W-6dk	65,14±0,04 Ac	65,48±0,05 Ac	66,91±0,58 Bb	68,11±0,14 Ba	66,64±0,04 ABCb	66,69±0,05 Ab
375W-3dk	65,54±0,13 Ac	65,60±0,04 Ac	65,83±0,38 Cc	67,63±0,03 BCa	66,24±0,03 Cbc	66,44±0,03 Ab
375W-6dk	65,35±0,06 Ab	65,55±0,04 Ab	65,67±0,40 Cb	66,34±0,03 Da	66,85±0,03 ABa	66,86±0,04 Aa

^{A-D} Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (Depolama: sabit, Uygulama: farklı) (p<0,05)

^{a-d} Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (Uygulama: Sabit, Depolama: farklı) (p<0,05)

Tablo 3. Ultrases ile muamele edilen sıvı bütün yumurtanın L* renk değerlerindeki değişim

3.3.2. Renk a* Değeri

Ultrases ile muamele edilen sıvı bütün yumurtanın a* renk değerlerindeki değişim Tablo 4'te verilmiştir. Hutchings (1999) göre, a* ve b* ölçüm koordinatları, gıda matrisindeki yapısal değişikliklere en duyarlı olan değerlerdir. Termal işleme tabi tutulan birçok gıdada, proteinleri denatüre olabilir, böylece yarı saydamlık ve/veya opaklık gelişmektedir (Hutchings, 1999; Su ve Lin, 1993). Yumurta proteinlerinin termal koagülasyonu, işlenmiş sıvı yumurta numunelerinde meydana gelen ana renk değişikliklerini de açıklamaktadır. Elde edilen sonuçlara göre ultrases ile sıvı yumurtanın muamele edilmesi ile a* renk değerlerinde farklılık meydana gelmiş ve depolama süresince renk parametresi tüm uygulama grupları ve kontrol numunesinde azalma kaydetmiştir.

	0. Hafta	1. Hafta	2. Hafta	3. Hafta	4. Hafta	5. Hafta
Kontrol	5,31±0,03 Ba	5,18±0,03 Aa	4,38±0,04 Ab	2,55±0,03 Cc	1,43±0,02 Dd	0,89±0,01 De
150W-3dk	5,29±0,02 BCa	5,18±0,05 Aa	3,18±0,04 Cb	2,52±0,05 Cc	2,33±0,04 Cc	1,73±0,02 ABd
150W-6dk	5,10±0,03 Ca	5,24±0,32 Aa	3,96±0,18 Bb	1,60±0,04 Dc	2,56±0,04 Bd	1,88±0,03 Ae
375W-3dk	5,80±0,04 Aa	5,20±0,04 Ab	4,45±0,41 Ac	3,06±0,03 Bd	3,04±0,02 Ad	1,56±0,02 BCe
375W-6dk	5,25±0,03 BCa	5,15±0,02 Aa	4,54±0,07 Ab	4,41±0,02 Ab	2,30±0,04 Cc	1,49±0,02 Cd

^{A-C} Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (Depolama: sabit, Uygulama: farklı) (p<0,05)

^{a-f} Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (Uygulama: Sabit, Depolama: farklı) (p<0,05)

Tablo 4. Ultrases ile muamele edilen sıvı bütün yumurtanın a* renk değerlerindeki değişim

Çalışmada kırmızı/yeşil (a* değerleri) 5,8-5,1 aralığından depolama sonunda 1,88-0,89 düşerek istatistiksel anlamlı bir fark göstermektedir (P>0,05). Sarı/mavi (b* değerleri) 35,83-35,06 arasında ve depolama sonunda 34,67- 25,45 anlamlı bir fark göstermektedir (P> 0,05).

3.3.3. Renk b* Değeri

Ultrases ile muamele edilen sıvı bütün yumurtanın b* renk değerlerindeki değişim Tablo 5'te verilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre ultrases ile sıvı yumurtanın muamele edilmesi ile b* renk değerlerinde azalma kaydedilmiştir.

	0. Hafta	1. Hafta	2. Hafta	3. Hafta	4. Hafta	5. Hafta
Kontrol	35,83±0,76 Ac	34,69±0,02 Be	35,39±0,09 Cd	37,43±0,02 Ba	36,28±0,02 Ab	29,51±0,17 Cf
150W-3dk	35,35±0,04 Bd	35,52±0,29 Ad	37,44±0,23 Ab	38,67±0,04 Aa	36,65±0,04 Ac	25,45±0,40 Ee
150W-6dk	35,10±0,25 Bc	35,01±0,14 Bc	35,96±0,16 Bb	36,62±0,06 Ca	36,55±0,05 Aa	27,42±0,22 Dd
375W-3dk	35,27±0,08 Bb	35,08±0,03 ABb	35,28±0,21 Cb	36,72±0,04 Ca	35,28±0,40 Cb	32,87±0,05 Bc

375W-6dk	35,06±0,04 Bcd	34,94±0,04 Bcd	35,39±0,03 Cbc	35,94±0,03 Da	35,75±0,03 Bab	34,67±0,04 Ad
-----------------	----------------	----------------	----------------	---------------	----------------	---------------

^{A-E} Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (Depolama: sabit, Uygulama: farklı) (p<0,05)
^{a-f} Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (Uygulama: Sabit, Depolama: farklı) (p<0,05)

Tablo 5. Ultrases ile muamele edilen sıvı bütün yumurtanın b* renk değerlerindeki değişim

3.4. Su Aktivitesi (a_w) Sonuçları:

Su aktivitesi mikrobiyel büyümede kritik bir rol oynamaktadır. Sınırlı a_w ile yapılan mikrobiyel yaşam ve büyümenin, pH ve oksijen gibi çeşitli faktörlere bağlıdır. Çoğu bakteri gelişimi, a_w 0,85'in altında engellenir. Yumurta a_w değeri yaklaşık 0,96'dır ve bu da mikrobiyel büyüme için ideal bir ortam sağlar. Bu çalışmada, kontrol a_w 0,956 ve ultrases uygulamaların a_w değeri 0,953 olup anlamlı bir farklılık yoktu. Bu, bu çalışmada kullanılan ultrases sistemin aşırı ısıtma nedeniyle yumurta su kaybındaki değişimin göstergesi olarak değerlendirilebilmektedir. Kontrol ve ultrases ile muamele edilen sıvı yumurta örneklerinde su aktivitesi değerleri Tablo 6'da verilmiştir. Buna göre artan ultrases uygulama yoğunluğu ve muamele süresi ile su aktivitesi değerlerinde kısmi azalma kaydedilmiştir. Buna göre artan ultrases uygulama yoğunluğu ve muamele süresi ile su aktivitesi değerlerinde depolama boyunca azalma kaydedilmiştir. Bu çalışmada, kontrol a_w 0,915 ve ultrases uygulamaların a_w değeri 0,933 ile 0,937 arasında olup anlamlı bir farklılık vardır. Deney sonuçları literatür çalışmaları ile uyumaktadır (Sert, ve ark., 2011).

	1. Hafta	2. Hafta	3. Hafta	4. Hafta	5. Hafta
Kontrol	0,928±0,001 Ab	0,938±0,002 Aa	0,934±0,001 Aab	0,924±0,000 Bb	0,915±0,002 Bc
150W-3dk	0,928±0,000 Ab	0,932±0,007 Aab	0,939±0,000 Aa	0,937±0,001 Aa	0,933±0,003 Aab
150W-6dk	0,924±0,000 Ab	0,931±0,001 Aa	0,933±0,000 Aa	0,935±0,000 Aa	0,934±0,000 Aa
375W-3dk	0,928±0,000 Ab	0,933±0,001 Aab	0,934±0,000 Aab	0,936±0,001 Aa	0,937±0,000 Aa
375W-6dk	0,930±0,000 Ab	0,936±0,005 Aa	0,937±0,000 Aa	0,933±0,000 Aab	0,934±0,001 Aab

^{A-B} Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (Depolama: sabit, Uygulama: farklı) (p<0,05)

^{a-b} Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (Uygulama: Sabit, Depolama: farklı) (p<0,05)

Tablo 6. Ultrases ile muamele edilen sıvı bütün yumurtanın su aktivitesi değerlerindeki değişim

3.5. Sıvı Yumurta Akı Köpük Kapasitesi Sonuçları:

Köpük, küçük hava kabarcıklarının sulu bir sürekli fazda dağıldığı koloidal sistemlerdir (Damodaran ve Paraf, 1997). Bütün yumurta çırpıldığında, hava kabarcığı sıvı albümin içinde sıkışır ve köpük oluşur. Yumurta akının mükemmel köpürme özellikleri bulunmaktadır. Bu özellikler, çırpma veya köpürme esnasında hava-sıvı ara yüzünde hızlı bir şekilde adsorbe edilebilme yeteneği ve moleküller arası etkileşimler yoluyla kohezif viskoelastik bir film oluşturma kabiliyeti ile belirlenmektedir (Mine, 1995). Amififik moleküller, sıvı fazdaki hava kabarcıklarını oluşturmak ve dengelemek için gereklidir. Birçok protein etkili köpükleştirici ajanlar ve stabilizatörler olarak kullanılabilir. Çoğunlukla globular protein olan yumurta akı proteinleri, proteinlerin kısmen açılmasıyla yüzey hidrofobisitesinin ve esnekliğin artmasının onları daha iyi yüzey aktif maddeler (ör. Köpük oluşturan maddeler) haline gelmesi ve köpürme özelliklerini geliştirmeleri beklenmektedir. Yumurta albümin proteinlerinin yapısal modifikasyonu, proteinlerin kısmen açılmasıyla elde edilebilmektedir. Protein molekülleri, hidrofilik ve hidrofobik gruplar gibi davranmaktadırlar. Hidrofilik gruplar su fazına doğru, hidrofobik gruplar hava fazına doğru düzenlenmektedir. Kabartma işlemi sırasında hava kabarcıkları oluşturmak için çözeltiye gelir, hidrofobik bölgeler arayüzde adsorpsiyonu kolaylaştırır ve bunu bir süre sonra kısmi açılım (yüzey denatürasyonu) izlemektedir. Moleküler konfigürasyondaki bu değişim, sıvı-hava arayüzünde biriken bazı proteinlerin çözünürlüğünün veya çökmesine neden olmaktadır. Yüzey gerginliğinde devam eden azalma, yeni ara yüzlerin ve daha fazla kabarcık oluşumunu kolaylaştırmakta, bu ise kısmen açılmış moleküllerin ve sonrasında ise, köpüğün kararlılığı için gerekli olan kabarcıkların etrafında dengeleyici bir film oluşturmak üzere birleşmesini sağlamaktadır (Lomakina ve Mikova, 2006).

Moleküler esneklik, ara yüzey geriliminin düşürülmesi özellikleriyle ilişkili olan protein köpükleştirme kabiliyetinde rol oynamaktadır. Bir protein ortamının pH değerinin değiştirilmesi, proteinlerin açılmasına yol açmaktadır. pH değeri olarak ifade edilen yumurta asitliği, yumurta köpüğünün hacmi, kapasitesi ve stabilitesi üzerinde güçlü bir etkiye sahiptir. Köpük, gaz halindeki fazın sıvı veya katı fazda dağıldığı bir koloidal dispersiyon olarak tanımlanmaktadır. Farklı köpürme özelliklerine sahip yumurta akı, farklı gıda uygulamaları için kullanılabilir ve kullanılan açılma ve yeniden katlama pH değerlerini kontrol ederek uyarlanabilmektedir. Tüm sıvı yumurtanın köpürme stabilitesi 470-500 arasında değiştiği ve Tablo 7'de görülebilen uygulanan ultrases ve uygulama süresinden etkilendiği gözlenmektedir. Kontrol ve ultrases ile muamele edilen sıvı yumurta örneklerinde relatif köpük kapasitesi değerleri Tablo 7'de verilmiştir. Buna göre artan ultrases uygulama yoğunluğu ve muamele süresi ile relatif köpük kapasitesi değerlerinde 150 W'de artış 375W'de ise kısmi azalma kaydedilmiştir. 150 W ultrases uygulamasının köpük kapasitesini olumlu yönde arttırdığı tespit edilmiştir. Köpüklenme kapasitesi 375 W a artması ile temel olarak proteinlerin fiziksel denatürasyonuna bağlı olarak azaldığı gözlenmiştir (Tablo 7). 150 W ultrason ve uygulama zamanının köpürme gücünde belirgin bir artışa yol açtığı gözlenmiştir (Tablo 7). Moleküler esneklik, ara yüzey geriliminin düşürülmesi özellikleriyle ilişkili olan protein köpükleştirme kabiliyetinde rol oynamaktadır. Yüksek ultrases (375 W), protein moleküllerinin sıralı yapısının ara yüz gerilimini düşüren rasgele sarmal tipi proteinlere bozulmasına neden olduğundan, köpük kapasitesinde düşmeye yol açmıştır. Ultrases, farklı doz ve sürelerde uygulandığında aglomerasyona ve parçalanmaya neden olabilir, buda köpük kapasitesini etkileyebilmektedir.

	0. Hafta	1. Hafta	2. Hafta	3. Hafta	4. Hafta	5. Hafta	6. Hafta
Kontrol	410,00±14,14 Cb	582,50±3,54 Ba	580,00±7,07 Ba	572,50±10,61 Ba	577,50±3,54 Ba	572,50±17,68 Ca	565,00±7,07 Ba
150W-3dk	565,00±7,07 Bb	657,50±3,54 Aa	655,00±7,07 Aa	667,50±3,54 Aa	652,50±10,61 Aa	590,00±14,14 Cb	587,50±3,54 ABb
150W-6dk	610,00±14,14 Abc	665,00±7,07 Aa	647,50±3,54 Aab	653,00±4,24 Aa	627,50±3,54 Aabc	600,00±7,07 BCc	587,50±3,54 ABc
375W-3dk	607,50±17,68 Ac	645,00±14,14 Abc	687,50±10,61 Aa	670,00±7,07 Aab	652,50±10,61 Aab	635,00±7,07 ABbc	607,50±10,61 Ac
375W-6dk	612,50±10,61 Ab	650,00±14,14 Aab	670,00±14,14 Aa	667,50±3,54 Aa	662,50±10,61 Aa	647,50±3,54 Aab	622,50±10,61 Ab

^{A-C} Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (Depolama: sabit, Uygulama: farklı) (p<0,05)

^{a-f} Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (Uygulama: Sabit, Depolama: farklı) (p<0,05)

Tablo 7. Ultrases ile muamele edilen sıvı bütün yumurtanın relatif köpük kapasitesi değerlerindeki değişim

Çalışma sonuçlarına göre tablo 7 'de ultrases ile muamele edilen sıvı bütün yumurtanın relatif köpük kapasitesi değerlerindeki değişim verilmiş olup, buna göre artan ultrases günü ve süresi ile yumurta relatif köpük oluşturma değerlerinin artış kaydettiği belirlenmiştir, bu durum bütün sıvı yumurtanın fonksiyonel özelliklerinin korunması ve geliştirilmesinde ultrasesin etkinliğini göstermektedir.

Yumurta albüminin yapısı (proteinlerin kompozit karışımları), her bileşen farklı bir işlevi yerine getirdiğinden, köpük olayında iyi performans göstermesine izin verir (Stadelman, 1995). Globulinler mükemmel biçimlendirici (gövde) dir ancak köpüklenme, ovomüsin, lizozim ve daha az oranda ovomukoit, ovotransferin ve ovalbümin ile olan protein etkileşimlerinden önemli ölçüde etkilenir. Fakat her birinin yalnız başlarına köpürme kapasitesi çok az veya hiç yoktur (Johnson ve Zabik, 1981). Genellikle sıvı yumurta beyazı içindeki protein ve yağ parçacıklarını daha eşit olarak dağıtır ve sıvı yumurta beyazının köpürme kapasitesini artırabilir (Knorr, ve ark., 2004).

Ma, ve ark. (1993) 2.37 ve 2.98 kGy ışınlama dozunun yumurta beyazındaki proteinin konformasyonel değişikliklerine ve yüzey hidrofobikliğindeki artışa bağlı olarak köpürme kabiliyetinin geliştirildiğini bildirmiştir. Buna karşılık, Min ve ark. (2005), yüzeydeki

hidrofobikliği artıran yumurta beyazı proteininin konformasyonel değişikliklerine bağlı olarak ışınlama dozunun artması ile hem köpürme kabiliyetinin, hem de köpük stabilitesinin önemli ölçüde azaldığını ileri sürmektedir (Ma, ve ark., 1993) .

3.6. Sıvı Yumurta Akı Köpük Stabilitesi Sonuçları:

Köpürme stabilitesi, yüzey hidrofobitesini arttıran yumurta beyazı proteininin konformasyonel değişikliklerine bağlı olarak uygulanan güce ve zaman bağlı olarak belirgin olarak artmıştır. Köpük stabilitesi yüzey viskozitesine bağlıdır. Bu nedenle, hava-su arayüzünde oluşan agregalar bir yüzey jel şebekesi oluşturduğu görünmektedir ve bu ultrases uygulanmış yumurta beyazının stabilitesinden sorumlu olabilmektedir. Yumurta beyazı (temelde bir protein kolloidi çözeltisi) hacminin 6 ila 8 katı kadar genişleyebilir ve çırpılmış haldeyken stabil köpükler oluşturabilir. Yumurta köpükleri çeşitli gıdalara dahil edilebilir ve birçok tarif de kullanılır (Damodaran, 2007). Tüm sıvı yumurtanın köpürme stabilitesi 90-93 arasında değiştiği ve Tablo 8'de görülmektedir. Uygulanan ultrases ve uygulama süresinden etkilendiği gözlenmektedir. Kontrol ve ultrases ile muamele edilen sıvı yumurta örneklerinde relatif köpük stabilitesi değerleri Tablo 7'de verilmiştir. Buna göre uygulanan ultrases uygulama yoğunluğu ve muamele süresi ile relatif köpük kapasitesi değerlerinde kısmi azalmalara yol açtığı gözlenmiştir. Protein solüsyonunun aşırı derecede çırpıldığında daha kararsız köpüklere neden olan daha küçük bir kabarcık konsantrasyonuna neden olur. Bu dengesizlik çırpılma elastikiyetindeki azalmaya bağlı; proteinlerin hava-albümin ara yüzünde aşırı çözülmesinden kaynaklanmaktadır (Johnson ve Zabik, 1981). Köpük üç temel mekanizma ile çökmektedir. Birincisi, kabarcık, zamanın bir fonksiyonu olarak orantılıdır; kabarcıklar, daha yüksek bir basınç bölgesi olan içten gelen hava difüzyonuna bağlı olarak zamanla boyutu küçülür. İkincisi, lamellerin kopması olup; kabarcıklar, iki kabarcık arasında delik oluşumuna neden olan itme ve çekme kuvvetleri nedeniyle çabucak birleşir. Üçüncü de drenajdır - kabarcıkların etrafındaki su, doğal olarak, kabarcığı çevreleyen filmde proteinleri çıkaran sıvı tabakaya kadar boşaltır ve bu kabarcıklar desteklemek için çok ince olmaktadır (Lomakina ve Mikova, 2006).

Proteinler, hava/su arayüzünü, ara yüzey gerilimini düşürerek ve güçlü arayüzey filmler oluşturarak stabilize etmek için gözenekli yapıdaki gıdalarda bulunmaktadır. Genellikle, globulinler ve β -kazein gibi iyi köpürme kabiliyetine sahip olan proteinler köpük stabilize etme kapasitesine sahip olmazken, ovomüsin ve lizozim gibi kararlı köpük oluşturan proteinler genellikle kötü köpürme kabiliyetine sahiptirler (Damodaran, 2007).

	0. Hafta	1. Hafta	2. Hafta	3. Hafta	4. Hafta	5. Hafta
Kontrol	60,33±4,51 Ab	63,67±4,51 Ab	72,33±1,15 Aa	73,00±1,00 Aa	78,67±0,58 Aa	79,33±3,06 Aa
150W-3dk	56,75±2,22 Ab	61,33±3,21 Ab	68,00±2,65 Aa	70,00±1,00 Aa	73,67±0,58 Ba	75,50±2,12 Aa
150W-6dk	53,50±1,29 Ab	63,50±2,12 Aa	65,50±0,71 Aa	66,50±3,54 Aa	70,00±3,00 ABa	72,00±1,41 Aa
375W-3dk	54,25±2,06 Ac	61,50±0,71 Abc	64,50±3,54 Ab	71,00±1,41 Aab	76,50±0,71 ABa	76,00±1,41 Aa
375W-6dk	54,25±4,35 Ac	63,50±2,12 Ab	64,50±0,71 Ab	67,50±0,71 Ab	72,50±0,71 ABab	77,00±2,65 Aa

^{A-B} Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (Depolama: sabit, Uygulama: farklı) ($p<0,05$)

^{a-c} Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (Uygulama: Sabit, Depolama: farklı) ($p<0,05$)

Tablo 8. Ultrases ile muamele edilen sıvı bütün yumurtanın köpük stabilitesi değerlerindeki değişim

3.7. Ambalaj İçi Gaz Konsantrasyonu:

Çalışmada Ultrases ile muamele edilen sıvı bütün yumurtanın O_2 değerlerindeki değişim Tablo 9'da verilmiş olup, artan depolama süresi ile ambalaj içerisindeki O_2 düzeyi istatistiki açıdan önemli düzeyde azalmıştır. Ancak bu azalmanın özellikle depolama sonunda uygulamalar ve kontrol grubu arasında benzer bulunmuştur ($p>0,05$).

	0. Hafta	1. Hafta	2. Hafta	3. Hafta	4. Hafta
Kontrol	19,07±0,12 Aa	8,50±0,50 Ab	1,17±0,29 Bc	0,13±0,06 Ad	0,13±0,06 Ad
150W-3dk	19,23±0,21 Aa	7,63±0,32 Bb	3,33±0,31 Ac	0,33±0,15 Ad	0,13±0,06 Ad
150W-6dk	19,37±0,15 Aa	7,27±0,25 BCb	2,87±0,32 Ac	0,30±0,10 Ad	0,17±0,06 Ad
375W-3dk	19,33±0,15 Aa	6,67±0,38 Cb	2,73±0,32 Ac	0,40±0,10 Ad	0,20±0,10 Ad
375W-6dk	19,17±0,15 Aa	4,33±0,25 Db	2,83±0,21 Ac	0,47±0,15 Ad	0,13±0,06 Ad

^{A-C} Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (Depolama: sabit, Uygulama: farklı) (p<0,05)

^{a-d} Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (Uygulama: Sabit, Depolama: farklı) (p<0,05)

Tablo 9. Ultrases ile muamele edilen sıvı bütün yumurtanın O₂ değerlerindeki değişim

Çalışmada Ultrases ile muamele edilen sıvı bütün yumurtanın CO₂ değerlerindeki değişim Tablo 10'da verilmiş olup, artan depolama süresi ile ambalaj içerisindeki CO₂ düzeyi istatistiki açıdan önemli düzeyde artış kaydetmiştir. Meydana gelen artış depolama süresince ve sonunda uygulamalar ve kontrol grubu arasında fark önemli bulunmuştur (p<0,05). Bu durum özellikle artan ultrases gücü ve süresi ile CO₂ değerlerinde bir azalmanın meydana geldiği ve depolama ile raf ömrü arasındaki ilişki değerlendirildiğinde artan ultrases W ve muamele süresi ile yumurta raf ömrünün arttığı gözlenmiştir. Bu durum ayrıca pH değerlerindeki değişim ile teyit edilmiştir.

	0. Hafta	1. Hafta	2. Hafta	3. Hafta	4. Hafta
Kontrol	5,07±0,08 Ae	9,90±0,10 Ad	19,90±0,10 Ac	29,50±0,10 Ab	35,50±0,10 Aa
150W-3dk	3,37±0,32 Be	7,67±0,31 Bd	16,73±0,25 Bc	26,93±0,55 Bb	34,37±0,06 ABa
150W-6dk	3,20±0,20 Be	7,00±0,20 Bd	16,47±0,50 Bc	25,90±0,46 Bb	33,03±0,25 Ba
375W-3dk	2,97±0,32 Be	6,43±0,32 Bd	15,57±0,67 BCc	23,13±0,74 Cb	29,23±0,15 Ca
375W-6dk	3,33±0,31 Bd	3,77±0,32 Cd	14,37±1,19 Cc	15,90±0,60 Db	17,43±0,32 Da

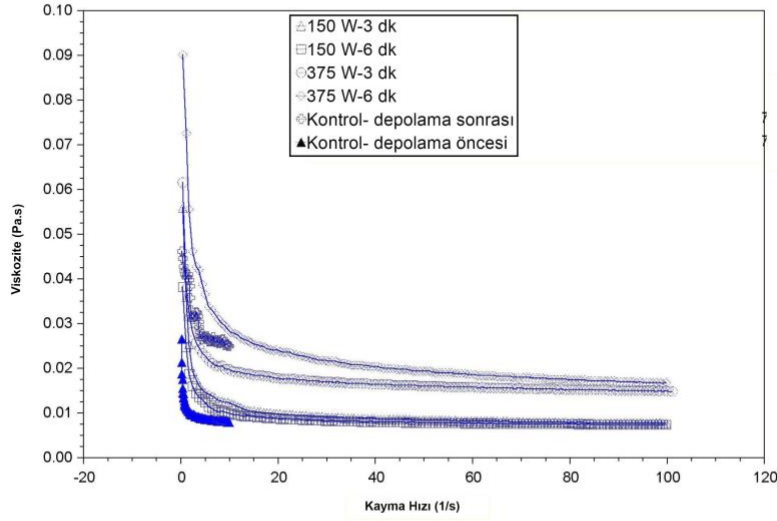
^{A-C} Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (Depolama: sabit, Uygulama: farklı) (p<0,05)

^{a-e} Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (Uygulama: Sabit, Depolama: farklı) (p<0,05)

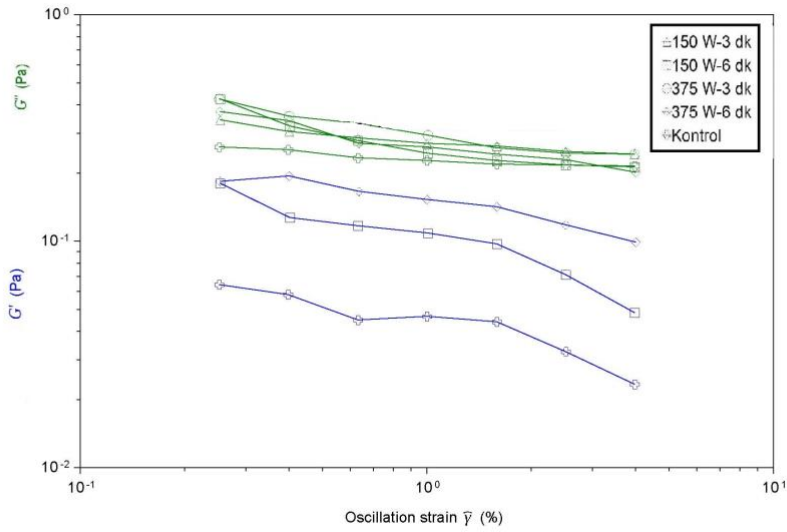
Tablo 10. Ultrases ile muamele edilen sıvı bütün yumurtanın CO₂ değerlerindeki değişim

3.8. Sıvı Bütün Yumurta Reolojik Davranışı:

Sıvı bütün yumurtanın viskoelastik özellikleri lineer viskoelastik bölgede dinamik süpürme testi reometrede gerçekleştirilerek belirlenmiştir. Bu kapsamda elastik ve viskoz modülüsün frekans ile değişimi gözlenmiştir. Ultrases ile muamele edilen ve edilmeyen sıvı bütün yumurtaların viskoelastik özelliklerini tanımlayan grafikler Şekil 1, 2 ve 3'te verilmiştir. Şekil 1'de Ultrases ile muamele edilen/edilmeyen sıvı bütün yumurta örneklerinin viskozite değerlerinin kayma hızı ile değişimi ifade edilmiştir. Buna göre, kayma hızı ile viskozite değişiminin (akışkanlık eğrisi) orantılı olduğu, Newtonsu davranış ile artan ultrases güç ve sürelerinde viskozitenin arttığı, yapının Newton bir akış davranışı sergilediği gözlenmiştir.

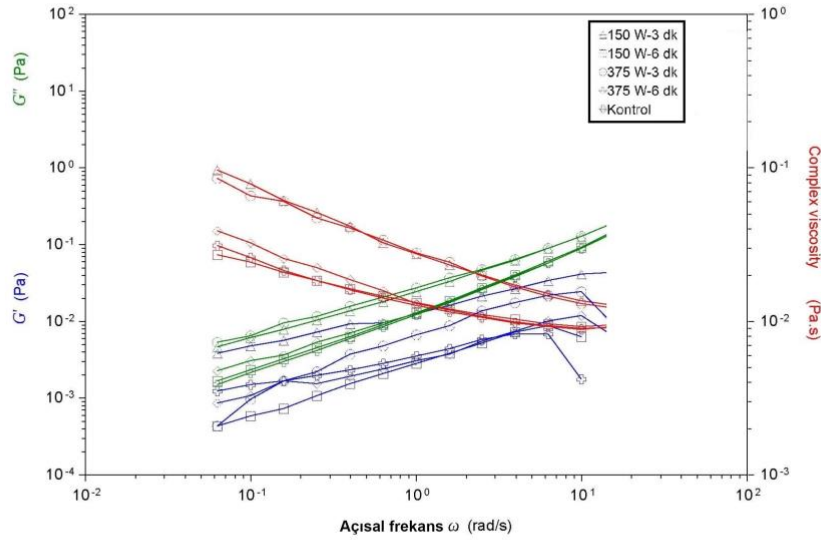


Şekil 1. Ultrases ile muamele edilen/edilmeyen sıvı bütün yumurta örneklerinin viskozite değerlerinin kayma hızı ile değişimi



Şekil 2. Ultrases ile muamele edilen/edilmeyen sıvı bütün yumurta örneklerinin viskoelastik davranışlarının değişimi

Şekil 2’de çalışmada frekans artışı ile elastik modülüsün (G') arttığı, viskoz modülüsün (G'') ise azaldığı belirlenmiştir. Ultrases uygulanmayan tüm sıvı bütün yumurta örneklerinde G'' ’nin G' ’den daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu durum özellikle viskoelastik davranış gösteren sıvı yumurta örneklerinin sıvı-benzeri bir yapı sergilediği gözlenmiştir.



Şekil 3. Ultrases ile muamele edilen/edilmeyen sıvı bütün yumurta örneklerinin viskoelastik davranışlarının frekansla değişimi

Ultrases ile muamele edilen/edilmeyen sıvı bütün yumurta örneklerinin viskoelastik davranışlarının frekansla değişimi verilmiştir. G'' ve G''' 'nin belirli bir frekans üzerinde kesiştiği ve bu frekans değerlerinde ise, sistemin katı benzeri bir davranış karakteri sergilediği ($G' > G''$) belirlenmiştir. Ayrıca 150 W- 3 dk ve 375 W- 3 dk ile muamele edilen sıvı bütün yumurta numunelerinin G'' ve G''' değerlerini diğer numunelere göre önemli düzeyde değiştirdiği gözlenmiştir. Örnekler incelendiğinde düşük açısal frekans değerlerinde sıvı benzeri ($G'' > G'$) karakterde iken artan frekans değerinde ise elastik/katı benzeri ($G' > G''$) bir yapısal davranış belirlenmiştir.

4. TARTIŞMA VE SONUÇ

Ultrases uygulanan sıvı yumurtaya, uygulama koşulları (Watt gücü ve uygulama zamanı), yumurtanın fonksiyonel ve fiziko-kimyasal özellikleri üzerinde etkisinin incelendiği çalışmada; ultrases 150 W uygulanması yumurtanın köpürme kabiliyetini artırmada ve kalite kriterlerini arttırmada oldukça etkili olduğu belirlenmiştir. Ayrıca artan ultrases günü ve süresi ile yumurta relatif köpük oluşturma değerlerinin artış kaydettiği belirlenmiştir, bu durum bütün sıvı yumurtanın fonksiyonel özelliklerinin korunması ve geliştirilmesinde ultrasesin etkinliğini göstermektedir. Çalışma kapsamında frekans artışı ile elastik modülüsün (G') arttığı, viskoz modülüsün (G'') ise azaldığı belirlenmiştir. Ultrases uygulanmayan tüm sıvı bütün yumurta örneklerinde G'' 'nin G''' 'den daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu durum özellikle viskoelastik davranış gösteren sıvı yumurta örneklerinin sıvı-benzeri bir yapı sergilediği gözlenmiş olup, 150 W- 3 dk ve 375 W- 3 dk ile muamele edilen sıvı bütün yumurta numunelerinin G'' ve G''' değerlerini diğer numunelere göre önemli düzeyde değiştirdiği gözlenmiştir. Örnekler

incelendiğinde düşük açısız frekans değerlerinde sıvı benzeri ($G'' > G'$) karakterde iken artan frekans değerinde ise elastik/katı benzeri ($G' > G''$) bir yapısal davranış belirlenmiştir.

Çalışma kapsamında hedeflenen yumurtanın relatif köpük oluşturma değerinin arttırılması başarı kriterine erişilmiş olup, bunun yanında yumurtanın raf ömrünün arttırılmasına yönelik olarak ambalaj içi gaz konsantrasyonu ve pH parametrelerinin birlikte raf ömrünü belirlemede önemi ortaya konulmuştur.

5. KAYNAKLAR

- Aboonajmi, M., Akram, A., Nishizu, T., Kondo, N., Setarehdan, S., and Rajabipour, A. (2010). An Ultrasound based Technique for the Determination of Poultry Egg Quality. *Res. Agri. Eng.* 56:26-32
- Aboonajmi, M., Setarehdan, S. K., Nishizu, T., and Kondo, N. (b.t.). Prediction of Poultry Egg Freshness Using Ultrasound Technique.
- Adewuyi, Y. G. (2001). Sonochemistry- Environmental Science and Engineering Applications. *Ind. Eng. Chem. Res.* 40:4681-4715
- Ahmed, J., Ramaswamy, H. S., Alli, I., and Ngadi, M. (2003). Effect of high pressure on rheological characteristics of liquid egg. *LWT - Food Science and Technology* 36:517-524
- Alkay, G., and Ertani, E. (2015). Gıda endüstrisinde nişasta analizlerine yönelik Antoon Paar çözümleri. <http://www.dunyagida.com.tr/haber.php?nid=3553>.
- Arzeni, C., Pérez, O. E., and Pilosof, A. M. R. (2012). Functionality of egg white proteins as affected by high intensity ultrasound. *Food Hydro.* 29:308-316
- Arzeni, C., Pérez, O. E., and Pilosof, M. R. 2011. Aggregation and Gelation Properties of Egg White Proteins as Affected by High Intensity Ultrasound in 11th International Congress on Engineering and Food, Athens, Greece.
- Aygun, A., and Sert, D. (2012). Effects of ultrasonic treatment on eggshell microbial activity, hatchability, tibia mineral content, and chick performance in Japanese quail (*Coturnix coturnix japonica*) eggs. *Poult. Sci.* 91:732-738
- Baysal, T., and Demirdöven, A. (2012). Ultrasound in Food Technology in Handbook on Applications of Ultrasound: Sonochemistry for Sustainability. Chen, D. ed. CRC Press Inc., USA.
- Cabeza, M. C., Garcia, M. L., De La Hoz, L., Cambero, I., and Ordonez, J. A. (2005). Thermoultrasonication Eliminates Salmonellae from Intact Eggshells without Changing the Functional Properties of their Components. *J. Food Sci.* 70:292-295
- Caner, C., and Yuceer, M. (2014). Maintaining functional properties of shell eggs by ultrasound treatment. *J Sci Food Agric* kabul edildi, basımda
- Caner, C., and Yuceer, M. (2015). Maintaining functional properties of shell eggs by ultrasound treatment. *J Sci Food Agric* 95:2880-2891
- Caner, C., and Yuceer, M. (2015). Efficacy of various protein-based coating on enhancing the shelf life of fresh eggs during storage. *Poult Sci* 94:1665-1677
- Cervenka, L., Brozkova, I., and Vytrasova, J. (2006). Effects of the principal ingredients of biscuits upon water activity. *Journal of Food and Nutrition Research* 45:39-43
- Chemat, F., Huma, Z., and Khan, M. K. (2011). Applications of ultrasound in food technology: Processing, preservation and extraction. *Ultrasonics Sonochem.* 18:813-835
- Damodaran, S. (2007). Amino acids, peptides, and proteins. Pages 269-281 in Fennema's Food Chemistry. Damodaran, S., Fennema, O., Parkin, K., Decker, E., Sikorski, Z., McClements, D., Brecht, J., Schwartz, S., Swaisgood, H., and Ho, C. eds. Boca Raton: CRC Press., London, UK.

- Damodaran, S., and Paraf, A. (1997). *Food Proteins and Their Application*. Marcel Dekker, Inc., New York.
- Demirdöven, A., and Baysal, T. (2008). The Use of Ultrasound and Combined Technologies in Food Preservation. *Food Reviews International* 25:1-11
- Dolatowski, Z., Stadnik, J., and Stasiak, D. (2007). Applications of Ultrasound in Food Technology. *Acta Sci. Pol. Technol. Aliment.* 6:89-99
- Dolatowski, Z. J., and StadStasiak, D. (2007). Applications of Ultrasound in Food Technology. *Acta Sci. Pol., Technol. Aliment.* 6:89-99
- Ercan, S. Ş., and Soysal, Ç. (2013). Use of ultrasound in food preservation. *Natural Science* 05:5-13
- Fellows, P. J. (2000). *Food Processing technology: Proicples and Practices*. Woodhead publishing.
- Feng, H., Barbarosa-Canovas, G. V., and Weiss, J. (2011). *Ultrasound Technologies for Food and Bioprocessing*. Springer Science +Business Media.
- Froning, G. W., Peters, D., Muriana, P., Eskridge, K., Travnicek, D., and Sumner, S. S. (2002). International Egg Pasteurization Manual.
- García, 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*. *J. of App. Microb.* 67:619-628
- Geveke, D. J., and Torres, D. (2013). Liquid egg white pasteurization using a centrifugal UV irradiator. *Int J Food Microbiol* 162:43-47
- Gould, G. W. (2000). Emerging Technologies in Food Preservation and Processing in the last 40 years. Pages 1-11 in *Innovations in Food Processing*. Barbarosa-Canovas, G. V., and Gould, G. W. eds. Technomic Publishing Co., Lancaster, PA, USA.
- Huang, E., Mittal, G. S., and Griffiths, M. W. (2006). Inactivation of *Salmonella enteritidis* in Liquid Whole Egg using Combination Treatments of Pulsed Electric Field, High Pressure and Ultrasound. *Biosys. Eng.* 94
- Huopalahti, R., López-Fandiño, R., Anton, M., and Schade, R. (2007). *Bioactive Egg Compounds*. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg.
- Hutchings, J. B. (1999). *Food color and appearance*. 2.nd Edition ed. Gaithersburg: Aspen Publishers.
- İbanoğlu, E., and Alben, E. 2007. Protein-Hidrokolloid Sistemlerinde Fonksiyonel ve Reolojik Özellikler in Proje No: 105 O 123. Tarım, O. v. V. A. G. ed. TÜBİTAK, Gaziantep.
- Johnson, T. M., and Zabik, M. E. (1981). Ultrastructural Examination of Egg Albumen Protein Foams. *J Food Sci* 46:1237-1240
- Knorr, D., Zenker, M., Heinz, V., and Lee, D.-U. (2004). Applications and potential of ultrasonics in food processing. *Trends in Food Science & Technology* 15:261-266
- Kuropatwa, M., Tolkach, A., and Kulozik, U. (2009). Impact of pH on the interactions between whey and egg white proteins as assessed by the foamability of their mixtures. *Food Hydrocol.* 23:2174-2181
- Lee, D. U., Heinz, V., and Knorr, D. (2003). Effects of combination treatments of nisin and high-intensity ultrasound with high pressure on the microbial inactivation in liquid whole egg. *Inn. Food Sci. & Emer. Techn.* 4:387-393
- Lomakina, K., and Mikova, K. (2006). A study of the factors affecting the foaming properties of egg white – a review. *Czech J. of Food Sci.* 24:110-118
- Ma, C. Y., Harwalkar, V. R., Poste, L. M., and Sahasrabudhe, M. R. (1993). Effect of gamma irradiation on the physicochemical and functional properties of frozen liquid egg products. *Food Research International* 26:247-254
- Macherey, L. N., Conforti, F. D., Eigel III, W., and O'Keefe, S. F. (2011). Use of *Mucor miehei* Lipase to Improve Functional Properties of Yolk-Contaminated Egg Whites. *J Food Sci* 76:C651-C655
- Marcet, I., Collado, S., Paredes, B., and Díaz, M. (2016). Rheological and textural properties in a bakery product as a function of the proportions of the egg yolk fractions: Discussion and modelling. *Food Hydrocolloids* 54:119-129
- Mason, T. J., Paniwnyk, L., and Lorimer, J. P. (1996). The Uses of Ultrasound in Food Technology. *Ultrason Sonochem* 3:253-260

McClements, D. J. (1995). Advances in the Application of Ultrasound in Food Analysis and Processing. *Trends in Food Sci. & Tech.* 6:293-299

Min, B. R., Nam, K. C., Lee, E. J., Ko, G. Y., Trampel, D. W., and Ahn, D. U. (2005). Effect of irradiating shell eggs on quality attributes and functional properties of yolk and white. *Poult Sci* 84:1791-1796

Mine, Y. (1995). Recent Advances in The Understanding of Egg White Protein Functionality. *Trends in Food Sci. & Techn.* 6:225-232

Mine, Y. (2007). *Egg Bioscience and Biotechnology*. Wiley-Interscience & Sons, Inc., Publication, Hoboken, New Jersey, USA.

Monfort, S., Sagarzazu, N., Condón, S., Raso, J., and Álvarez, I. (2013). Liquid Whole Egg Ultrapasteurization by Combination of PEF, Heat, and Additives. *Food and Bioprocess Technology* 6:2070-2080

Ordóñez, J. A., and Burgos, J. (1976). Effect of ultrasonic waves on the heat resistance of *Bacillus* spores. *App. and Environ. Microb.*:183-184

Ozdemir, M., and Floros, J. D. (2004). Active Food Packaging Technologies. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 44:185-193

Patrignani, F., Vannini, L., Sado Kamdem, S. L., Hernando, I., Marco-Molés, R., Guerzoni, M. E., and Lanciotti, R. (2013). High pressure homogenization vs heat treatment: Safety and functional properties of liquid whole egg. *Food Microbiol* 36:63-69

Piyasena, P., Mohareb, E., and McKellar, R. C. (2003). Inactivation of microbes using ultrasound: a review. *Int. J. of Food Microbiol.* 87:207-216

Ragni, L., Berardinelli, A., Cevoli, C., and Sirri, F. (2011). Admittance Measurements to Assess the Total Solids and Fat Contents in Liquid Whole Egg Products. *J. of Food Eng.* 107:179-185

Rastogi, N. K. (2011). Opportunities and challenges in application of ultrasound in food processing. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 51:705-722

Ruth, C., Veldea, J. V., Mathuesa, W., Liedekerkeb, P. V., and Moldenaersa, P. 2013. A rheological characterisation of liquid egg albumen. Pages 1-6 in InsideFood Symposium, Leuven, Belgium.

Sampedro, F., Rodrigo, D., Martínez, A., Barbosa-Cánovas, G. V., and Rodrigo, M. (2006). Review Application of Pulsed Electric Fields in Egg and Egg Derivatives. *Food Science and Technology International* 12:397-405

Sert, D., Aygun, A., and 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., and Mercan, E. (2013). Effect of ultrasonic treatment on reduction of *Escherichia coli* ATCC 25922 and egg quality parameters in experimentally contaminated hens' shell eggs. *J. of the Sci. of Food and Agric*: 93:2973-2978

Soria, A. C., and Villamiel, M. (2010). Effect of ultrasound on the technological properties and bioactivity of food: a review. *Trends in Food Sci. & Techn.* 21:323-331

Spencer, J. E., Scanlon, M. G., and Page, J. H. Drainage and Coarsening Effects on the Time-Dependent Rheology of Whole Egg and Egg White Foams and Batters.

Stadelman, W. J. (1995). Quality identification of shell eggs. Pages 39-66 in *Egg Science and Technology*. Stadelman, W. J., and Cotterill, J. eds. The Haworth Press Inc. 4th ed. Westport, Conn.: AVI. Publishing., New York.

Stadelman, W. J., and Cotterill, O. J. (1995). *Egg Science and Technology* The Haworth Press Inc - Food Products Press, New York.

Stefanovic, A. B., Jovanovic, J. R., Dojcinovic, M. B., Levic, S. M., Nedovic, V. A., Bugarski, B. M., and Knezevic-Jugovic, Z. D. (2017). Effect of the Controlled High-Intensity Ultrasound on Improving Functionality and Structural Changes of Egg White Proteins. *Food and Bioprocess Technology* 10:1224-1239

Stoica, M., Mihalcea, L., Borda, D., and Alexe, P. (2013). Non-thermal novel food processing technologies. An overview. *Journal of Agroalimentary Processes and Technologies* 19:212-217

Su, H.-P., and Lin, C.-W. (1993). A new process for preparing transparent alkalised duck egg and its quality. *J Sci Food Agric* 61:117-120

- USDA. 1969. Egg Pasteurization Manual U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service.
- Vilkhu, K., Mawson, R., Simons, L., and Bates, D. (2008). Applications and Opportunities for Ultrasound Assisted Extraction in The Food Industry — A Review. *Inv. Food Sci. & Emerg. Tech.* 9:161-169
- Wang, Y., Zhang, M., Adhikari, B., Mujumdar, A. S., and Zhou, B. (2013). The Application of Ultrasound Pretreatment and Pulse-Spouted Bed Microwave Freeze Drying to Produce Desalted Duck Egg White Powders. *Drying Technology* 31:1826-1836
- Yüceer, M. (2007). *Kolesterolü Azaltılmış Yumurta Sarısı Üretimi ve Düşük Kolesterolü Mayonez Üretiminde Kullanımı*. M.Sc. Dissertation (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Yuceer, M., and Caner, C. (2014). Antimicrobial lysozyme-chitosan coatings affect functional properties and shelf life of chicken eggs during storage. *J Sci Food Agric* 94:153-162
- Yüceer, M., Temizkan, R., Aldemir, H., and Caner, C. 2015a. Enzim Modifiye Sıvı Yumurta Akının Reolojik Karakterizasyonu in 6. Ulusal Veteriner Gıda Hijyeni kongresi. Sancak, P. D. Y. C. ed. (Sözlü Sunum), Van.
- Yüceer, M., Temizkan, R., and Caner, C. 2015b. Evaluation of Color Changes in Various Edible Coated Eggs during Storage in XVI. European Symposium on the Quality of Eggs and Egg Products, Nantes, France.