



SIVI YUMURTADA ULTRASES TEKNİĞİ KULLANIMININ ÜRÜNÜN BAZI FİZİKSEL VE FONKSİYONEL ÖZELLİKLERİ ÜZERİNDEKİ ETKİSİ

Muhammed Yüceer*

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Çanakkale Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Gıda İşleme Bölümü, Merkez, Çanakkale, Türkiye

Geliş / *Received*: 12.07.2018; Kabul / *Accepted*: 12.11.2018; Online baskı / *Published online*: 05.12.2018

Yüceer, M. (2018). Sıvı yumurtada ultrases tekniğinin kullanımının ürünün bazı fiziksel ve fonksiyonel özellikleri üzerindeki etkisi. *GIDA* (2018) 43 (6): 1019-1029 doi: 10.15237/gida.GD18079

Yüceer, M. (2018). *Effects of ultrasound treatment on functional and physical properties of liquid eggs. GIDA (2018) 43 (6): 1019-1029 doi: 10.15237/gida.GD18079*

ÖZ

Bu çalışmada, ultrases uygulamasının 150 W ve 375 W değerlerinde 3 ve 6 dakika sürede sıvı bütün yumurtanın fiziko-fonksiyonel kalite kriterlerine etkisi belirlenmiştir. Sıvı bütün yumurtanın pH, L*, a*, b* renk, köpük kapasitesi, köpük stabilitesi, ambalaj içi O₂ ve CO₂ gaz konsantrasyonu depolama süresince (4°C'de 5-6 hafta) ölçülmüştür. Ultrases uygulamasının yumurtanın kalite kriterlerinde; pH değerinde (7.37±0.04'den 7.46±0.02'e) artış ve depolamada CO₂ konsantrasyonunda (35.50±0.10'den 17.43±0.32'e) azalma kaydedilmiştir. (375W-6 dk.). Çalışmada ultrases uygulaması, köpük kapasitesi değerleri üzerinde önemli düzeyde etki ederek; 410±14.14 (kontrol), uygulamalarda ise sırası ile; 565±7.07; 610±14.14; 607.5±17.68 ve 612.5±10.61 (150W-3 dk.; 150W-6 dk.; 375W-3 dk. ve 375W-6 dk.) değerleri belirlenmiştir. Uygulanan ultrases gücü ve uygulama süresinin artması ile birlikte yumurtaların köpük kapasitelerinin arttığı sonucuna ulaşılmıştır. Ultrasesin sıvı yumurtanın fizikofonksiyonel özellikleri üzerindeki etkisi incelendiğinde sonikasyon tekniğinin raf ömrünün artırılması ve fonksiyonel özelliklerinin geliştirilmesi amacıyla kullanılabilme potansiyeli belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Yumurta, sıvı bütün yumurta, ultrases, köpük oluşturma özellikleri, kalite kriteri, depolama.

EFFECTS OF ULTRASOUND TREATMENT ON FUNCTIONAL AND PHYSICAL PROPERTIES OF LIQUID EGGS

ABSTRACT

The effects of different ultrasound powers (150 W and 375 W) and exposure times (3 min and 6 min) on physico-functional properties of liquid whole eggs were investigated. Whipping capacity, foaming stability, pH, L*, a*, b* color, package headspace O₂ and CO₂ gas concentration were analyzed at weekly intervals during storage (5-6 weeks at 4°C). Ultrasound has improved the whipping capacity and maintained quality criteria's in increasing shelf life during storage, stabilizing pH and limiting CO₂ especially in 375W-6 min. Ultrasound has provided a significant increase on whipping capacity values from 410±14.14 (control/untreated) to 565±7.07; 610±14.14; 607.5±17.68, and 612.5±10.61, respectively (150W-3 min; 150W-6 min; 375W-3 min and 375W-6 min). Egg's whipping capacity values were increased with increasing exposure time and power (Watt). Sonication has a potential to become significant breakthrough and improve functional properties of eggs during storage while increasing shelf-life.

Keywords: Egg, liquid whole egg, ultrasound, foaming properties, quality criteria, storage.

*Yazışmalardan sorumlu yazar / *Corresponding author*;

✉ myuceer@comu.edu.tr,

☎ (+90) 286 218 0018/5525

☎ (+90) 286 218 0549

GİRİŞ

Yumurta; hızla bozulabilen bir gıda olup, beslenme açısından önemli bir fonksiyonel üründür. Ekonomik değerinin yanı sıra yumurta, anne sütünden sonra, insan ihtiyacı için gerekli tüm besin öğelerini yapısında bulunduran; yüksek protein içeriği, kolayca bulunabilmesi ve düşük maliyeti nedeniyle insanlar için mükemmel bir besindir. Bu açıdan yumurta mayonez, kek ve makarna gibi bir çok endüstriyel gıdanın imalatında kullanılan ve alternatifi/ikamesi olmayan bir gıdadır (Mine, 2007). Kentleşmenin beraberinde getirdiği yaşam koşulları ve teknolojinin hızlı gelişmesiyle, günümüzde paketlenmiş ürünlere ve işlenmiş yumurta ürünlerinde artan bir talep söz konusudur. "Yumurta ürünleri" ifadesi, ticari veya ev dışı tüketim hizmeti sağlayan müşteri segmentinde, yumurtaların işlenmesi ile pratik kullanımını sağlayan formu olarak ifade edilebilmektedir. Bu ürünler, soğutulmuş sıvı, dondurulmuş ve kurutulmuş ürünler olarak sınıflandırılmaktadır. Sıvı yumurta ürünlerinin işlenmesi sırasında gıda güvenliği açısından Salmonella gibi patojen mikroorganizmaların inaktive edilmesi gerekmektedir. Yumurta ve ürünlerinin raf ömrünün uzatılması ve kalitesinin korunması amacıyla günümüzde pastörizasyon tekniğinden yararlanılmaktadır. Ancak ısı işleminin yumurtanın fonksiyonel özellikleri, besinsel bileşimi, aroma ve yapısında istenmeyen değişiklikler meydana getirmesi nedeniyle, bu yöntem alternatif olabilecek metotların geliştirilmesi ve uygulanması konusundaki çalışmalar hız kazanmıştır. Nitekim yumurta akı, bütün yumurta ve yumurta sarısının kimyasal kompozisyonu ve pH farklılığına bağlı olarak Salmonella'nın ısı direnci değişiklik göstermektedir. Yumurta akına ısı işlem uygulandığında ilk kayda değer değişiklik köpürme yeteneğindeki kayıpta görülmektedir. Ayrıca pıhtılaşma, köpürme ve emülsiyon oluşturma özelliklerini olumsuz yönde etkilemekte ve yumurtada bulunan konalbümin ısısal hassasiyeti yüksek bir protein olup, 63°C'de biyoaktif özelliklerini yitirmektedir (Arzeni vd., 2011). Yumurta akı bağlama yeteneği ve köpük oluşturma kapasitesi açısından gıda sanayiinde önemlidir (Huopalahti vd., 2007).

Yenilikçi gıda işleme yöntemleri olarak günümüzde ultrasonik dalga uygulaması (sonikasyon), yüksek elektrik alan darbeleri, yüksek hidrostatik basınç, ışınlama, UV ve ozonlama uygulaması ile sıvı yumurta ürünlerinin özellikleri ve raf ömrü araştırılmaktadır. Ultrases; ısı olmayan alternatif işleme tekniklerinden olup, yüksek frekansta (18 kHz-500 MHz) ve yüksek enerjili ultrases dalgalarının kullanılması anlamındadır. Sonikasyon uygulamalarının etkinliğinde ise, kullanılan ultrasonik dalganın genliği, uygulama süresi, uygulamanın yapıldığı hacim, gıdanın bileşimi ve sıcaklık rol oynamaktadır. Düşük frekanslarda (örneğin 20 kHz) üretilen kabarcıkların boyutu büyüktür ve çöktüğünde yüksek enerjiler üretmektedir (Chemat vd., 2011; Dolatowski vd., 2007). Ultrason uygulamaları esnasında hücre içinde vakumlu boşlukların (kavitasyon) oluşması, hücre çeperinin incilmesi, noktasal sıcaklık artışı, mikro buharlaşma ve şok dalgaları gibi etkiler, geleneksel ısı işlem uygulamalarında oluşan besin kaybı ve olumsuz duyuşal değişimlere neden olmazken mikroorganizmaların daha düşük sıcaklıklarda ve kısa sürelerde inaktivasyonunu sağlamaktadır (Rastogi, 2011; Soria ve Villamiel, 2010). Pastörizasyona göre ultrasesin; tat kaybını azaltmak, daha homojen ürün elde etmek ve enerji tasarrufu sağlamak gibi avantajları bulunmaktadır (Mason vd., 1996; Piyasena vd., 2003). Ultrases uygulamalarına bağlı olarak yumurtanın fiziksel, kimyasal ve fonksiyonel kalitesindeki değişikliğin tespiti; hem yumurtanın işleme ve muhafazasındaki ekonomik kaybın önlenmesi hem de fonksiyonel niteliklerinin korunması endüstriyel açıdan önem taşımaktadır. Çalışma ile sıvı bütün yumurtanın kontrol, ultrases uygulaması (150 W) 3 dakika, (150 W) 6 dakika, (375 W) 3 dakika ve (375 W) 6 dakika uygulama gerçekleştirilmiş ve sıvı bütün yumurtanın işlenmesinde sonikasyonun uygulanabilirliği araştırılmıştır. Çalışmada, depolama boyunca 4°C sıcaklıkta, örneklerin kalite kriterleri (pH, köpük kapasitesi, stabilitesi, L*, a*, b* renk değerleri, ambalaj içi O₂ ve CO₂ gaz konsantrasyonu) belirlenmiştir.

MATERYAL ve YÖNTEM

Materyal

Çalışmada hammadde olarak kullanılan çiğ sıvı bütün yumurta yerel ölçekli sıvı yumurta üreticisinden aynı parti numaralı 20 kg'lık bag in box (PE/EVOH) ambalajlarda ve soğuk zincirde (2 ile 4 °C arası) temin edilerek laboratuvara ulaştırılmıştır.

Ultrases Uygulaması

Kavitasyon oluşturmak için ultrases cihazı (Ultraschall processor UIP1000hd, Hielscher Ultrasonics GmbH, Teltow, Almanya) kullanılarak BS2d18 metalik prob ile cihazın çift cidarlı paslanmaz çelikten mamul özel haznesi içerisinde her seferde 300 ml'lik sıvı yumurtaya uygulama gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla 2 farklı güç parametresi (150 W ve 375 W) 3 ve 6 dk. süre kombinasyonu deneysel çalışmada uygulanmıştır. Çalışma iki tekerrür ve iki paralel olarak gerçekleştirilmiştir. Uygulama esnasında sıvı yumurtada sıcaklık artışı önlemek için cidardan soğuk su sirkülasyonu yapılmıştır. Deneysel tasarım için sistemi karakterize eden kontrol parametrelerindeki (ultrases W gücü ve uygulama süresi) öncelikle bağımsız değişkenlerin birbirleriyle etkileşimi ve bunların her birisinin hedefe (yüksek yumurta RWC değeri) olan etkileri hep birlikte dikkate alınarak işlem parametrelerinin optimizasyonu için laboratuvar ön denemeleri gerçekleştirilmiştir.

Metotlar

pH Tayini

Ultrases uygulanan ve uygulanmayan sıvı yumurta örneklerinde ölçümler pH metreyle (Ohaus

Starter 3100, NJ, ABD) $20\pm 2^\circ\text{C}$ 'de 6 hafta süresince belirlenmiştir (Caner ve Yüceer, 2015).

Renk Analizleri

Sıvı yumurtada ölçümler kolorimetreye (CR-400, Konica Minolta Sensing, Osaka, Japonya) L^* , a^* , b^* değerlerinin ölçümü ile 5 hafta boyunca gerçekleştirilmiştir (Yüceer vd., 2015).

Köpük Özellikleri

Sıvı yumurta numunelerinde 100 ml sıvı yumurtanın sıcaklığı $20\pm 2^\circ\text{C}$ '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, 2015). Oluşan köpük hacmi kaydedildikten sonra bir saat beklenerek drenajın bir beherin içine birikmesi sağlanmıştır. Biriken drenaj 100 ml'lik mezüre alınarak sıvı hacmi köpük stabilitesi olarak kaydedilmiştir (Min vd., 2005).

$$\text{Köpük kapasitesi (\%)} = 100 \times \frac{(\text{köpüğün hacmi})}{(\text{ilk sıvı fazın hacmi})} \quad (\text{Eşitlik 1})$$

Eşitlik 1'de oluşan 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 vd., 2011; Patrignani vd., 2013). Köpük stabilitesi, köpük yapısının lamellerinden akan sıvının miktarı olan drenajın gözlemlenmesiyle hesaplanmıştır (Kuropatwa vd., 2009). Aşağıdaki formül köpürmüş yumurtanın köpük stabilitesini belirlemek için kullanılmaktadır.

$$\text{Köpük stabilitesi (\%)} = 100 \times \frac{(\text{ilk sıvı fazın hacmi}) - (60 \text{ dakika sonra oluşan drenajın hacmi})}{\text{ilk sıvı fazın hacmi}} \quad (\text{Eşitlik 2})$$

Eşitlik 2'de; ilk sıvı faz, çırpılmadan önceki yumurtanın mililitre olarak hacmidir; drenajın hacmi oda sıcaklığında bir saat sonra toplana drenajın mililitre olarak hacmidir (Lomakina ve Mikova, 2006).

Ambalaj İçi Gaz Konsantrasyonu

100 ml sıvı yumurta örneği bag in bags ambalajlarda 4°C 'de depolanmıştır. Paket içerisinde hava boşluğunda gaz kompozisyonunun ($\%\text{CO}_2$ ve $\%\text{O}_2$) değişimi 4 hafta süresince

periyodik olarak ölçülmüştür. Bu amaçla gaz analizörü (OxyBaby, HTK, Hamburg, Almaya) kullanılmış, ambalajın üst yüzeyine özel etiket yapıştırılarak gaz kaçıışı önlenmiş ve cihazın iğne ucu batırılarak ölçüm yapılmıştır. Yöntemde ambalaj içi gaz konsantrasyonunun depolama ile değişimi (oksijen miktarının azalması ve karbondioksit miktarının artışı) esas alınmış, raf ömrü tayini yapılarak sonuçlar v/v olarak verilmiştir.

İstatistiksel Değerlendirme

Çalışmada farklı ultrases uygulamasının sıvı yumurta kalitesi üzerine etkilerinin araştırılmasında varyans analizinden (ANOVA) yararlanılmıştır. Depolama boyunca ultrases uygulanan ve uygulanmayan (kontrol) sıvı yumurtalarda belirlenen parametreler arasında herhangi bir istatistiki farklılık olup olmadığını belirlemek için LSM-PROG GLM istatistiksel prosedürü ile SAS 9.1.3 istatistik programı (SAS Institute Inc. SAS) kullanılmıştır (*P* değerinin 0.05'den daha küçük olmasıyla tanımlanmıştır).

BULGULAR ve TARTIŞMA

pH Değeri Sonuçları:

Yumurtada pH değeri önemli bir kalite göstergesidir. Depolama boyunca albümin (yumurta akı) pH değeri, yumurta kabuğunda bulunan ve 'por' adı verilen gözenekler yoluyla nötr noktadan (pH 7.0) artarak CO₂ kaybına bağlı olarak karbonik asidin (H₂CO₃) parçalanması ile 9.5'e yükselmektedir. (Yuceer ve Caner, 2014). Yoğun albümin viskozitesi de H₂CO₃ oluşumu ve artan pH değeri kimyasal tepkimelerle düşmekte ve tampon sisteminin bir bileşeni olan H₂CO₃, su ve CO₂ oluşturmak üzere ayrışarak albümin asitlik değerini azaltmaktadır (Caner ve Yüceer, 2015). Ancak sıvı yumurtada durum farklılık arz etmekte ve bu çalışmada gözlemlenen başlangıçtaki yumurta pH değeri (7.37±0.04) ultrases uygulanan ve uygulanmayan tüm sıvı yumurta örneklerinde artan ultrases W

gücü ile pH değerinde artış kaydedilmiş ve depolama süresince yumurtanın pH değeri azalmıştır. Çizelge 1'de Ultrases uygulanan 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. 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 vd., 2011). Ayrıca yumurta albüminin 20 kHz frekansında ve %20 amplitude (genlik) uygulanan ultrases çalışmasında -SH içeriğinin etkilenmediği sadece yüzey hidrofobitesinin arttığı ifade edilmiştir (Arzeni vd., 2012). Ancak ultrases uygulamasının yumurta akı proteinlerinden olan ovalbümin üzerinde çözünür agregat (kümeleşme) oluşumuna yol açtığı bildirilmiştir (Xiong vd., 2016). Bu açıdan ultrasesin yumurta akı pH değeri üzerinde etkisinin uygulamaların kendi içerisinde benzerlik taşıdığı ancak 375 W uygulamasının kontrole göre istatistiki açıdan önemli düzeyde farklı olduğu, 150 W değerinde ise kontrol ile benzer olduğu belirlenmiştir. Bu durum artan ultrases gücü ile protein net yüklerinin etkilendiğini göstermektedir (Gharbi ve Labbafi, 2018).

Çizelge 1. Farklı güç ve sürelerde uygulanan ultrases işleminin sıvı bütün yumurtanın PH değerlerine depolama süresince etkisi

Table 1. Effect of different ultrasound Watt and exposure time on pH values of liquid whole egg during storage periods

Depolama Süresi (Hafta) / Sıvı Bütün Yumurta pH Değeri Storage Time (Week) / Liquid Whole Egg's pH Values	0. Hafta (Week 0)	1. Hafta (Week 1)	2. Hafta (Week 2)	3. Hafta (Week 3)	4. Hafta (Week 4)	5. Hafta (Week 5)	6. Hafta (Week 6)
K*	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 ^{De}	6.37±0.04 ^{Ced}	6.39±0.03 ^{Ced}	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}

*K: Kontrol - control, untreated sample; W: Watt; dk-dakika: min

^{A-C} Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (Uygulama: sabit, Depolama: farklı) (*P*<0.05)

^{A-C} Different lowercase letters donate significant differences between treatment times in same treatment and storage time (Treatment: constant -Storage: variable) (*P*<0.05).

^{a-f} Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (Depolama: sabit, Uygulama: farklı) (*P*<0.05)

^{a-f} Different capital letters donate significant differences between storage times in same treatment and time (Storage: constant - Treatment: variable) (*P*<0.05).

Sıvı Yumurta Renk Değerleri (L*, a*, b*):

Sıvı yumurta renginin görsel izlenimi müşteri tarafından kabul edilebilirliğini belirlemektedir. Ultrases uygulanan sıvı bütün yumurtanın L* renk değerlerindeki değişim Çizelge 2’de verilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre ultrases uygulanan sıvı yumurtanın saydımlık-opak olma durumu 375 W - 6 dk. uygulaması ile değişmiş ve L* parlaklık değerlerinde uygulamayı takiben yapılan ölçümlerde istatistiksel açıdan önemli düzeyde farklılık tespit edilmiştir. Ultrases uygulanmış numuneler kontrolle karşılaştırıldığında L* değeri 65 değerinde depolama boyunca L* değeri artmıştır. Beş haftalık depolama sonrası L*

değerlerinde artış belirlenmiştir. L* değerleri 66.41-66.86 arasında değişmiş, ancak istatistiksel olarak anlamlı farklılığa ulaşamamıştır ($P>0.05$). Benzer şekilde, Wang vd. (2013) yumurta akı ile yapılan bir çalışmada ise yumurta parlaklık değerinin ultrases uygulaması ile azaldığı ifade edilmiş ve bu durumun ultrasesin protein yüzey hidrofobisitesinin artışı ve sülfidril gruplar üzerinde azalma riboflavin moleküllerinin protein makro molekülleri üzerindeki yüzey etkisi ile ilgili olabileceği belirtilmiştir. Nitekim ultrasesin yumurta proteinlerinin çözünürlüğünü arttırmaktadır (Sert vd., 2013; Stefanovic vd., 2017).

Çizelge 2. Farklı güç ve sürelerde uygulanan ultrases işleminin sıvı bütün yumurtanın L* renk değerlerine depolama süresince etkisi

Table 2. Effect of different ultrasound Watt and exposure time on L* color values of liquid whole egg during storage periods

Depolama Süresi (Hafta) / Sıvı Bütün Yumurta L* Renk Değeri Storage Time (Week) / Liquid Whole Egg's L* Color Values	0. Hafta (Week 0)	1. Hafta (Week 1)	2. Hafta (Week 2)	3. Hafta (Week 3)	4. Hafta (Week 4)	5. Hafta (Week 5)
K*	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}

*K: Kontrol - control, untreated sample; W: Watt; dk-dakika: min

^{A-C} Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (Uygulama: sabit, Depolama: farklı) ($P<0.05$)

^{A-C} Different lowercase letters donate significant differences between treatment times in same treatment and storage time (Treatment: constant -Storage: variable) ($P<0.05$).

^{a-c} Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (Depolama: sabit, Uygulama: farklı) ($P<0.05$)

^{a-c} Different capital letters donate significant differences between storage times in same treatment and time (Storage: constant - Treatment: variable) ($P<0.05$).

Ultrases tekniği uygulanan sıvı bütün yumurtanın a* renk değerlerindeki değişim Çizelge 3’te verilmiştir. Yumurta proteinlerinin termal koagülasyonu, işlenmiş sıvı yumurta numunelerinde meydana gelen ana renk değişikliklerini de açıklamaktadır. Elde edilen sonuçlara göre ultrases uygulanan sıvı yumurtanın a* renk değerlerinde farklılık meydana gelmiş ve depolama süresince renk parametresi tüm uygulama grupları ile kontrol numunesinde azalma kaydetmiştir. Çalışmada kırmızı/yeşil (a* değerleri) 5.8-5.1 aralığından depolama sonunda

1.88-0.89 düşerek istatistiksel anlamlı bir fark göstermektedir ($P>0.05$). Ultrases uygulanan sıvı bütün yumurtanın b* renk değerlerindeki değişim Çizelge 4’te verilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre ultrases uygulanmasıyla b* renk değerlerinde azalma kaydedilmiştir. Sarı/mavi (b* değerleri) 35.83-35.06 arasında ve depolama sonunda 34.67-25.45 anlamlı bir fark göstermektedir ($P>0.05$). Bu durumun ovalbümin üzerinde çözünür agregat (kümeleşme) oluşumu ile ilgili olabileceği değerlendirilmektedir (Xiong vd., 2016)

Çizelge 3. Farklı güç ve sürelerde uygulanan ultrases işleminin sıvı bütün yumurtanın a* renk değerlerine depolama süresince etkisi

Table 3. Effect of different ultrasound Watt and exposure time on a* color values of liquid whole egg during storage periods

Depolama Süresi (Hafta) / Sıvı Bütün Yumurta a* Renk Değeri Storage Time (Week) / Liquid Whole Egg's a* Color Values	0. Hafta (Week 0)	1. Hafta (Week 1)	2. Hafta (Week 2)	3. Hafta (Week 3)	4. Hafta (Week 4)	5. Hafta (Week 5)
K*	5.31±0.03Ba	5.18±0.03Aa	4.38±0.04Ab	2.55±0.03Cc	1.43±0.02Dd	0.89±0.01Dc
150W-3dk	5.29±0.02BCa	5.18±0.05Aa	3.18±0.04Cb	2.52±0.05Cc	2.33±0.04Cc	1.73±0.02ABd
150W-6dk	5.10±0.03Ca	5.24±0.32Aa	3.96±0.18Bb	1.60±0.04Dc	2.56±0.04Bd	1.88±0.03Ae
375W-3dk	5.80±0.04Aa	5.20±0.04Ab	4.45±0.41Ac	3.06±0.03Bd	3.04±0.02Ad	1.56±0.02BCc
375W-6dk	5.25±0.03BCa	5.15±0.02Aa	4.54±0.07Ab	4.41±0.02Ab	2.30±0.04Cc	1.49±0.02Cd

*K: Kontrol - control, untreated sample; W: Watt; dk-dakika: min

A-D Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (Uygulama: sabit, Depolama: farklı) (P<0.05)

A-D Different lowercase letters donate significant differences between treatment times in same treatment and storage time (Treatment: constant -Storage: variable) (P<0.05).

a-e Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (Depolama: sabit, Uygulama: farklı) (P<0.05)

a-e Different capital letters donate significant differences between storage times in same treatment and time (Storage: constant - Treatment: variable) (P<0.05).

Çizelge 4. Farklı güç ve sürelerde uygulanan ultrases işleminin sıvı bütün yumurtanın b* renk değerlerine depolama süresince etkisi

Table 4. Effect of different ultrasound Watt and exposure time on b* color values of liquid whole egg during storage periods

Depolama Süresi (Hafta) / Sıvı Bütün Yumurta b* Renk Değeri Storage Time (Week) / Liquid Whole Egg's b* Color Values	0. Hafta (Week 0)	1. Hafta (Week 1)	2. Hafta (Week 2)	3. Hafta (Week 3)	4. Hafta (Week 4)	5. Hafta (Week 5)
K*	35,83±0,76Ac	34,69±0,02Bc	35,39±0,09Cd	37,43±0,02Ba	36,28±0,02Ab	29,51±0,17Cf
150W-3dk	35,35±0,04Bd	35,52±0,29Ad	37,44±0,23Ab	38,67±0,04Aa	36,65±0,04Ac	25,45±0,40Ec
150W-6dk	35,10±0,25Bc	35,01±0,14Bc	35,96±0,16Bb	36,62±0,06Ca	36,55±0,05Aa	27,42±0,22Dd
375W-3dk	35,27±0,08Bb	35,08±0,03ABb	35,28±0,21Cb	36,72±0,04Ca	35,28±0,40Cb	32,87±0,05Bc
375W-6dk	35,06±0,04Bcd	34,94±0,04Bcd	35,39±0,03Cbc	35,94±0,03Da	35,75±0,03Bab	34,67±0,04Ad

*K: Kontrol - control, untreated sample; W: Watt; dk-dakika: min

A-E Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (Uygulama: sabit, Depolama: farklı) (P<0.05)

A-E Different lowercase letters donate significant differences between treatment times in same treatment and storage time (Treatment: constant -Storage: variable) (P<0.05).

a-e Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (Depolama: sabit, Uygulama: farklı) (P<0.05)

a-e Different capital letters donate significant differences between storage times in same treatment and time (Storage: constant - Treatment: variable) (P<0.05).

Sıvı Yumurta Köpük Kapasitesi:

Yumurta akının mükemmel köpürme özellikleri bulunmaktadır. Yumurta çırpıldığında, hava kabarcığı sıvı albümin içinde sıkışır ve köpük oluşmaktadır. Köpük kapasitesi, 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). Kontrol ve ultrases uygulanan sıvı yumurta örneklerinde köpük kapasitesi değerleri Çizelge 5'te verilmiştir. Buna göre artan ultrases uygulama yoğunluğu ve uygulama süresi ile köpük kapasitesi değerlerinde artış kaydedilmiştir. 150

W-3 dk. ultrases uygulamasının köpük kapasitesini kontrole göre olumlu yönde arttırdığı tespit edilmiştir. Köpüklenme kapasitesi diğer uygulama guruplarında ise istatistiki olarak 150 W-3 dk. uygulamasından farklı bulunmuş ve daha yüksek köpük kapasitesi değerlerine erişilmiştir. 150 W-6dk, 375 W-3 dk ve 375 W -6 dk ultrases ve uygulama zamanının köpürme gücünde belirgin bir artışa yol açtığı gözlenmiştir. Bu durumun yüksek ultrases gücü uygulamasının protein moleküllerinin sıralı yapısının ara yüz gerilimini düşüren ve rastgele sarmal tipi proteinlere dönüşümü ile ultrases uygulamasının yumurta akı proteinlerinden olan ovalbümin üzerinde çözünür agregatlardan kaynaklanabileceği düşünülmektedir (Xiong vd., 2016). Çalışmada artan ultrases gücü ve süresi ile yumurta köpük oluşturma değerlerinin artış kaydettiği belirlenmiştir. Bu durum bütün sıvı yumurtanın fonksiyonel özelliklerinin korunması ve geliştirilmesinde ultrasesin etkinliğini göstermektedir. Sıvı yumurta içindeki protein ve yağ parçacıklarını daha eşit olarak dağıtılması ile sıvı yumurtanın köpürme kapasitesini arttırılabilmektedir (Johnson ve Zabik, 1981). Bu ise ultrasesin homojenizasyon etkisi ve yüzey

hidrofobik etkisiyle açıklanabilmektedir. Nitekim albümin proteinlerinin 20 kHz ve %20 Amp'de yüksek dalga boyunda ultrases uygulamasıyla yüzey hidrofobik etkisinin arttığı ancak -SH gruplarının etkilenmediği bildirilirken daha stabil emülsiyon elde edildiği bildirilmiştir (Arzeni vd., 2012). Yumurta akı proteinlerinin ultrases uygulaması sonrası jelleşme ve viskoelastik özelliklerinin incelendiği bir çalışmada ise 20 dakika süre ile 20 kHz ve %20 Amp'de ısı ile kombine edilerek yapılan uygulamada yumurtanın fonksiyonel özelliklerinin iyileştirildiği bildirilmiştir (Arzeni vd., 2011). Ultrases tekniği kullanılarak yapılan çalışmalarda geleneksel yöntemlere göre daha iyi homojenizasyona etkisi ve daha düşük enerji tüketimi gibi avantajların elde edildiği bildirilmiştir (Feng vd., 2011). Nitekim ultrasesin yumurta proteinlerinin çözünürlüğünü arttırdığı, partikül büyüklüğünü azalttığı ve yumurta biyoaktif bileşenleri olan lizozim (pozitif yüklenme) ile ovomusin (negatif yüklenme) arasında elektrostatik güç oluşturduğu bilinmektedir (Gharbi ve Labbafi, 2018; Jovanovic vd., 2016; Sert vd., 2013; Stefanovic vd., 2017).

Çizelge 5. Farklı güç ve sürelerde uygulanan ultrases işleminin sıvı bütün yumurtanın köpük oluşturma kapasitesi değerlerine depolama süresince etkisi

Table 5. Effect of different ultrasound Watt and exposure time on whipping capacity values of liquid whole egg during storage periods

	Depolama Süresi (Hafta) / Sıvı Bütün Yumurta Köpük Oluşturma Kapasitesi Değeri						
	Storage Time (Week) / Liquid Whole Egg's Whipping Capacity Values						
	0. Hafta (Week 0)	1. Hafta (Week 1)	2. Hafta (Week 2)	3. Hafta (Week 3)	4. Hafta (Week 4)	5. Hafta (Week 5)	0. Hafta (Week 0)
K*	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 ^{B^{Cc}}	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}

*K: Kontrol - control, untreated sample; W: Watt; dk-dakika: min

^{A-C} Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (Uygulama: sabit, Depolama: farklı) (P<0.05)

^{A-C} Different lowercase letters donate significant differences between treatment times in same treatment and storage time (Treatment: constant -Storage: variable) (P<0.05).

^{a-c} Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (Depolama: sabit, Uygulama: farklı) (P<0.05)

^{a-c} Different capital letters donate significant differences between storage times in same treatment and time (Storage: constant - Treatment: variable) (P<0.05).

Sıvı Yumurta Köpük Stabilitesi:

Kontrol ve ultrases uygulanan sıvı yumurta örneklerinde köpük stabilitesi değerleri Çizelge 6'da verilmiştir. Köpürme stabilitesi, yüzey hidrofobitesini arttıran yumurta proteininin konformasyonel değişikliklerine bağlı olarak uygulanan güç ve süre ile artmıştır. Köpük stabilitesi yüzey viskozitesine bağlıdır. Bu nedenle, hava-su ara yüzünde oluşan agregalar bir yüzey jel şebekesi oluşturduğu görülmektedir ve bu ultrases uygulanmış yumurtanın stabilitesinden sorumlu olabilmektedir (Damodaran, 2007). Çizelge 6'da sıvı bütün yumurtanın köpürme stabilitesinin 53.5 ile 79.33 arasında olduğu ve stabilitenin uygulanan güç ve süreden etkilendiği gözlenmektedir. Buna göre ultrases gücü/yoğunluğu ve süresi ile köpük stabilitesi değerlerinde düşüş gözlenmiştir. 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. Üçüncüsü ise drenaj olup, 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). Genellikle, globülinler ve β -kazein gibi iyi köpürme kabiliyetine sahip olan proteinler köpük stabilize etme kapasitesine sahip olmazken, ovomusin ve lizozim gibi kararlı köpük oluşturan proteinler genellikle kötü köpürme kabiliyetine sahiptirler (Damodaran, 2007).

Çizelge 6. Farklı güç ve sürelerde uygulanan ultrases işleminin sıvı bütün yumurtanın köpük stabilitesi değerlerine depolama süresince etkisi

Table 6. Effect of different ultrasound Watt and exposure time on foaming stability values of liquid whole egg during storage periods

Depolama Süresi (Hafta) / Sıvı Bütün Yumurta Köpük Stabilitesi Değeri Storage Time (Week) / Liquid Whole Egg's Foaming Stability Values	Depolama Süresi (Hafta) / Sıvı Bütün Yumurta Köpük Stabilitesi Değeri					
	0. Hafta (Week 0)	1. Hafta (Week 1)	2. Hafta (Week 2)	3. Hafta (Week 3)	4. Hafta (Week 4)	5. Hafta (Week 5)
K*	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}

*K: Kontrol - control, untreated sample; W: Watt; dk-dakika: min

^{A-B} Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (Uygulama: sabit, Depolama: farklı) ($P<0.05$)

^{A-B} Different lowercase letters donate significant differences between treatment times in same treatment and storage time (Treatment: constant -Storage: variable) ($P<0.05$).

^{a-c} Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (Depolama: sabit, Uygulama: farklı) ($P<0.05$)

^{a-c} Different capital letters donate significant differences between storage times in same treatment and time (Storage: constant - Treatment: variable) ($P<0.05$).

Ambalaj İçi Gaz Konsantrasyonu:

Çalışmada ultrases uygulanan sıvı yumurtanın O_2 değerlerindeki değişim Çizelge 7'de verilmiş olup, artan depolama süresi ile ambalaj içerisindeki O_2 düzeyi istatistiki açıdan önemli düzeyde azalmıştır. Ancak bu azalma özellikle depolama sonunda uygulamalar ve kontrol grubu arasında benzer bulunmuştur ($P>0.05$). Çalışmada ultrases uygulanan sıvı bütün yumurtanın CO_2

değerlerindeki değişim Çizelge 8'de verilmiş olup, artan depolama süresi ile ambalaj içerisindeki CO_2 düzeyi istatistiki açıdan önemli düzeyde artış kaydetmiştir. Meydana gelen artış depolama süresince uygulamalar ve kontrol grubu arasında fark önemli bulunmuştur ($P<0.05$). Bu durum özellikle artan ultrases gücü ve süresi ile CO_2 değerlerinde bir azalmanın meydana geldiği belirlenmiştir. Depolama boyunca artan

Ultrases uygulanan sıvı yumurtanın fizikofonksiyonel karakterizasyonu

mikrobiyel faaliyete bağılı olarak raf ömrüne etkisi değerlendirildiğinde artan ultrases gücü ve uygulama süresi ile yumurta raf ömrünün arttığı gözlenmiştir. Nitekim çalışmada pH değerlerinin değişimi ile bu durum teyit edilmektedir. Ambalaj içi O₂ değerinin depolama ile artışı numunedeki

toplam bakteri florasında bulunan aerobik bakterilerin faaliyeti sonucu ürünün bozulma reaksiyonlarının (pH'daki azalma) gerçekleşmesinin göstergesi olarak değerlendirilmiş ve çalışmada gaz geçirgenliği düşük olan metalize bag in box kullanılmıştır.

Çizelge 7. Farklı güç ve sürelerde uygulanan ultrases işleminin sıvı bütün yumurtanın ambalaj tepe boşluğu O₂ konsantrasyonu değerlerine depolama süresince etkisi

Table 7. Effect of different ultrasound Watt and exposure time on package headspace O₂ gases concentration of liquid whole egg during storage periods

Depolama Süresi (Hafta) / Sıvı Bütün Yumurta O ₂ Gaz Konsantrasyonu Değeri Storage Time (Week) / Liquid Whole Egg's O ₂ Gases Concentration Values	0. Hafta (Week 0)	1. Hafta (Week 1)	2. Hafta (Week 2)	3. Hafta (Week 3)	4. Hafta (Week 4)
K*	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}

*K: Kontrol - control, untreated sample; W: Watt; dk-dakika: min

^{A-B} Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (Uygulama: sabit, Depolama: farklı) (P<0.05)

^{A-B} Different lowercase letters donate significant differences between treatment times in same treatment and storage time (Treatment: constant -Storage: variable) (P<0.05).

^{a-d} Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (Depolama: sabit, Uygulama: farklı) (P<0.05)

^{a-d} Different capital letters donate significant differences between storage times in same treatment and time (Storage: constant - Treatment: variable) (P<0.05).

Çizelge 8. Farklı güç ve sürelerde uygulanan ultrases işleminin sıvı bütün yumurtanın ambalaj tepe boşluğu CO₂ konsantrasyonu değerlerine depolama süresince etkisi

Table 8. Effect of different ultrasound Watt and exposure time on package headspace CO₂ gases concentration of liquid whole egg during storage periods

Depolama Süresi (Hafta) / Sıvı Bütün Yumurta CO ₂ Gaz Konsantrasyonu Değeri Storage Time (Week) / Liquid Whole Egg's CO ₂ Gases Concentration Values	0. Hafta (Week 0)	1. Hafta (Week 1)	2. Hafta (Week 2)	3. Hafta (Week 3)	4. Hafta (Week 4)
K*	5.07±0.08 ^{Ac}	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 ^{Be}	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 ^{Be}	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}

*K: Kontrol - control, untreated sample; W: Watt; dk-dakika: min

^{A-D} Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (Uygulama: sabit, Depolama: farklı) (P<0.05)

^{A-D} Different lowercase letters donate significant differences between treatment times in same treatment and storage time (Treatment: constant -Storage: variable) (P<0.05).

^{a-e} Aynı satırda farklı harflerle gösterilen değerler istatistiksel olarak farklıdır (Depolama: sabit, Uygulama: farklı) (P<0.05)

^{a-e} Different capital letters donate significant differences between storage times in same treatment and time (Storage: constant - Treatment: variable) (P<0.05).

TARTIŞMA VE SONUÇ

Akustik kavitasyon etkisinin sıvı yumurtanın fiziko-kimyasal ve fonksiyonel özelliklerine etkisinin karakterize edildiği çalışmada; ultrases 150 W uygulanması yumurtanın köpürme ve kalite kriterlerini arttırmada oldukça etkili olduğu belirlenmiştir. Ayrıca artan ultrases gücü ve süresi ile yumurta köpük oluşturma değerlerinin artış kaydettiği belirlenmiştir, bu durum bütün sıvı yumurtanın fonksiyonel özelliklerinin geliştirilmesinde ultrasesin etkinliğini göstermektedir. Çalışma kapsamında hedeflenen yumurtanın köpük oluşturma değerinin arttırılmasının yanında sıvı yumurtanın raf ömrünün belirlenmesine yönelik olarak ambalaj içi gaz konsantrasyonu ve pH parametrelerinin birlikte raf ömrünü belirlemede önemi ortaya konulmuştur.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, ‘Sıvı Yumurta Ürünlerinin Ultrases Tekniği ile Muamelesi ve Fonksiyonel ile Reolojik Özelliklerinin Belirlenmesi’ başlıklı Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından FBA-2015-656 numaralı proje kapsamında desteklenmiş ve ‘Sıvı Yumurta Ultrases Tekniğiyle İşlenmesi Yöntemi’ başlık ve 2018/08369 numarası ile patent başvurusu yapılmış olup Prof. Dr. Cengiz CANER ve Arş. Gör. Dr. Rıza TEMİZKAN’a çalışmaya değerli katkıları için teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

Arzeni, C., Pérez, O. E., and Pilosof, A. M. R. (2012). Functionality of egg white proteins as affected by high intensity ultrasound. *Food Hydrocoll.* 29:308-316, doi:10.1016/j.foodhyd.2012.03.009.

Arzeni, C., Pérez, O. E., and Pilosof, M. R. 2011. Aggregation and gelation properties of egg white proteins as affected by high intensity ultrasound. Pages 1-6 in 11th International Congress on Engineering and Food, Athens, Greece.

Caner, C., and Yuceer, M. (2015). Maintaining functional properties of shell eggs by ultrasound treatment. *J Sci Food Agric.* 95:2880-2891, doi:10.1002/jsfa.7029.

Caner, C., and Yüceer, M. (2015). Efficacy of various protein-based coating on enhancing the shelf life of fresh eggs during storage. *Poult Sci.* 94:1665-1677, doi:10.3382/ps/pev102.

Chemat, F., Huma, Z., and Khan, M. K. (2011). Applications of ultrasound in food technology: Processing, preservation and extraction. *Ultrasonic Sonochem.* 18:813-835, doi:10.1016/j.ultsonch.2010.11.023.

Damodaran, S. (2007). Amino acids, peptides, and proteins. 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. 269-281 s, ISBN: 978-1-4822-0812.

Dolatowski, Z. J., Stadink, J., and Stasiak, D. (2007). Applications of ultrasound in food technology. *Acta Sci Pol., Technol. Aliment.* 6:89-99,

Feng, H., Barbarosa-Canovas, G. V., and Weiss, J. (2011). *Ultrasound Technologies for Food and Bioprocessing.* Springer Science +Business Media, 495-509 s, ISBN: 978-1-4419-7472-3.

Gharbi, N., and Labbafi, M. (2018). Effect of processing on aggregation mechanism of egg white proteins. *Food Chem.* 252:126-133, doi:10.1016/j.foodchem.2018.01.088.

Huopalahti, R., López-Fandiño, R., Anton, M., and Schade, R. (2007). *Bioactive Egg Compounds.* Springer-Verlag, Berlin Heidelberg., 150 s, ISBN: 978-3-450-37883-9.

Johnson, T. M., and Zabik, M. E. (1981). Ultrastructural examination of egg albumen protein foams. *J Food Sci.* 46:1237-1240, doi:10.1111/j.1365-2621.1981.tb03030.x.

Jovanovic, J. R., Stefanovic, A. B., Sekuljica, N. Z., Tanaskovic, S. M., Dojcinovic, M. B., Bugarski, B. M., and Knezevic-Jugovic, Z. D. (2016). Ultrasound Pretreatment as a Useful Tool to Enhance Egg White Protein Hydrolysis: Kinetics, Reaction Model, and Thermodynamics. *J Food Sci.* 81:C2664-2667, doi:10.1111/1750-3841.13503.

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 Hydrocoll.* 23:2174-2181, doi:10.1016/j.foodhyd.2009.05.001.
- 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,
- Macherey, L. N., Conforti, F. D., Eigel III, W., and O’Keefe, S. F. (2011). Use of mucor michei lipase to improve functional properties of yolk-contaminated egg whites. *J Food Sci* 76:C651-C655, doi:10.1111/j.1750-3841.2011.02138.x.
- Mason, T. J., Paniwnyk, L., and Lorimer, J. P. (1996). The uses of ultrasound in food technology. *Ultrason Sonochem* 3:253-260, doi:10.1016/S1350-4177(96)00034-X.
- 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, doi:10.3382/ps.2012-02345.
- Mine, Y. (1995). Recent advances in the understanding of egg white protein functionality. *Trends in Food Sci. & Techn.* 6:225-232, doi:10.1016/S0924-2244(00)89083-4.
- Mine, Y. (2007). *Egg Bioscience and Biotechnology*. Wiley-Interscience & Sons, Inc., Publication, Hoboken, New Jersey, USA, 319 s, ISBN: 978-0-470-03998-4.
- 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, doi:10.1016/j.fm.2013.04.004.
- Piyasena, P., Mohareb, E., and McKellar, R. C. (2003). Inactivation of microbes using ultrasound: a review. *Int. J. of Food Microbiol.* 87:207-216, doi:10.1016/s0168-1605(03)00075-8.
- Rastogi, N. K. (2011). Opportunities and challenges in application of ultrasound in food processing. *Crit Rev Food Sci Nutr.* 51:705-722, doi:10.1080/10408391003770583.
- Sert, D., Aygun, A., Torlak, E., and Mercan, E. (2013). Effect of ultrasonic treatment on reduction of Esherichia coli ATCC 25922 and egg quality parameters in experimentally contaminated hens' shell eggs. *J Sci of Food Agric.* 93:2973-2978, doi:10.1002/jsfa.6126.
- 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, doi:10.1016/j.tifs.2010.04.003.
- 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 Bioprocess Technol.* 10:1224-1239, doi:10.1007/s11947-017-1884-5.
- 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 Technol.* 31:1826-1836, doi:10.1080/07373937.2013.829851.
- Xiong, W., Wang, Y., Zhang, C., Wan, J., Shah, B. R., Pei, Y., Zhou, B., Li, J., and Li, B. (2016). High intensity ultrasound modified ovalbumin: Structure, interface and gelation properties. *Ultrason Sonochem.* 31:302-309, doi:10.1016/j.ultsonch.2016.01.014.
- 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, doi:10.1002/jsfa.6322.
- Yüceer, M., Temizkan, R., and Caner, C. 2015. 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.