T.C.

SELÇUK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

FARKLI KURUTMA SİSTEMLERİNİN PASTÖRİZE SIVI YUMURTA AKININ BAZI FONKSİYONEL ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİ

Büşra Nur GÜNDOĞAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı

Temmuz-2021
KONYA

Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL VE ONAYI

Büşra Nur GÜNDOĞAN tarafından hazırlanan "Farklı Kurutma Sistemlerinin Pastörize Sıvı Yumurta Akının Bazı Fonksiyonel Özellikleri Üzerine Etkisi" adlı tez çalışması 08/07/2021 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı'nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri	**İmza**
Başkan Prof. Dr. Mehmet Musa ÖZCAN	……..
Danışman Prof. Dr. Cemalettin SARIÇOBAN	……..
Üye Doç. Dr. Durmuş SERT	……..

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Sait GEZGİN
FBE Müdürü

Bu tez çalışması S.Ü. BAP tarafından 19201114 nolu proje ile desteklenmiştir.

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

İmza

Büşra Nur GÜNDOĞAN

Tarih:

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

FARKLI KURUTMA SİSTEMLERİNİN PASTÖRİZE SIVI YUMURTA AKININ BAZI FONKSİYONEL ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİSİ

Büşra Nur GÜNDOĞAN

Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Cemalettin SARIÇOBAN

2021, viii + 43 Sayfa

Jüri
Prof. Dr. Mehmet Musa ÖZCAN
Prof. Dr. Cemalettin SARIÇOBAN
Doç. Dr. Durmuş SERT

Bu çalışmada, iki farklı kurutma yöntemi (mikrodalga, etüv) kullanılarak elde edilen yumurta akı tozlarının bazı fizikokimyasal ve fonksiyonel özellikleri belirlenmiştir. Ayrıca kurutma aşamasından önce yumurta akına uygulanan fermentasyon işleminin, elde edilen yumurta akı tozu üzerindeki etkileri incelenmiştir. Mikrodalgada kurutularak elde edilen yumurta akı tozlarının nem ve protein içeriği, etüvde kurutularak elde edilenlere göre daha düşük bulunmuştur ($p<0.01$). Her iki yönteme göre de fermente yumurta akı tozlarının pH'ı (5.82-5.92), fermente olmayan yumurta akı tozlarının pH'ından (9.78-9.96) daha düşüktür ($p<0.01$). Mikrodalgada kurutularak elde edilen yumurta akı tozlarının; L^* değerleri, etüvde kurutularak elde edilenlere kıyasla daha yüksek, b^* değerleri ise daha düşük bulunmuştur ($p<0.01$). Fermente yumurta akı tozlarından elde edilen jellerin b^* değerlerinin fermente olmayan yumurta akı tozlarından elde edilen jellerin b^* değerlerinden daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Etüvde kurutularak elde edilen yumurta akı tozlarının jel sertliğinin mikrodalgada kurutularak elde edilen yumurta akı tozu jellerinden daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Ayrıca fermentasyon işlemi her iki yönteme göre de yumurta akı tozlarının jel sertliğini artırmıştır. Ayrıca gamsılık, çiğnenebilirlik ve geri kazanım değerleri etüv ile kurutularak elde edilen yumurta akı tozlarında daha yüksek iken, iç yapışkanlık değerlerinin daha düşük olduğu saptanmıştır. Bununla birlikte fermente yumurta akı tozlarında her iki yönteme göre de dış yapışkanlık, gamsılık, çiğnenebilirlik ve geri kazanım değerleri kontrol gruplarından daha düşük bulunmuştur ($p<0.01$). Tüm kayma hızlarında (20 rpm, 50 rpm, 100 rpm) viskozite değerlerinin en düşük etüv kontrol grubunda olduğu belirlenmiştir ($p<0.01$). Kurutma aşamasından önce uygulanan fermentasyon işleminin; elde edilen yumurta akı tozunda köpürme kapasitesini azalttığı, emülsiyon kapasitesini ise artırdığı belirlenmiştir ($p<0.01$).

Anahtar Kelimeler: Fermantasyon, Fizikokimyasal özellikler, Fonksiyonel Özellikler, Kurutma, Yumurta akı tozu,

ABSTRACT

MS THESIS

THE EFFECT OF DIFFERENT DRYING SYSTEMS ON SOME FUNCTIONAL PROPERTIES OF PASTEURIZED LIQUID EGG WHITE

Büşra Nur GÜNDOĞAN

THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF SELÇUK UNIVERSITY
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE IN FOOD ENGINEERING

Advisor: Prof. Dr. Cemalettin SARIÇOBAN

2021, viii + 43 Pages

Jury
Prof. Dr. Mehmet Musa ÖZCAN
Prof. Dr. Cemalettin SARIÇOBAN
Assist. Prof. Dr. Durmuş SERT

In this study, some physicochemical and functional properties of egg white powders obtained by using two different drying methods (microwave, oven) were determined. In addition, the effects of the fermentation process applied to the egg white before the drying stage on the obtained egg white powder were investigated. The moisture and protein content of egg white powders obtained by drying in the microwave were found to be lower than those obtained by drying in the oven ($p<0.01$). According to both methods, the pH of fermented egg white powders (5.82-5.92) is lower ($p<0.01$) than that of unfermented egg white powders (9.78-9.96). Egg white powders obtained by drying in the microwave; L^* values were higher and b^* values were lower than those obtained by drying in an oven ($p<0.01$). It was determined that the b^* values of gels obtained from fermented egg white powders were higher than the b^* values of gels obtained from unfermented egg white powders. It was determined that the gel hardness of the egg white powders obtained by drying in the oven was higher than the egg white powder gels obtained by drying in the microwave. In addition, the fermentation process increased the gel hardness of egg white powders according to both methods. In addition, while the gumminess, chewiness and resilience values were higher in the egg white powders obtained by drying in an oven, the internal adhesiveness values were found to be lower. On the other hand, cohesiveness, gumminess, chewiness and resilience values of fermented egg white powders were lower than control groups according to both methods ($p<0.01$). It was determined that the viscosity values were the lowest in the oven control group at all slip velocities (20 rpm, 50 rpm, 100 rpm) ($p<0.01$). The fermentation process applied before the drying stage; It was determined that the foaming capacity of the obtained egg white powder decreased and the emulsion capacity increased ($p<0.01$).

Keywords: Drying, Egg White Powder, Fermentation, Functional Properties, Physicochemical Properties

ÖNSÖZ

Tez çalışmam süresince her aşamada bilgi ve tecrübesi ile bana yol gösteren ve her konuda hoşgörüsü ile desteğini esirgemeyen çok değerli danışman hocam Prof. Dr. Cemalettin SARIÇOBAN'a öncelikli olarak teşekkür ederim.

Ayrıca, lisans ve yüksek lisans eğitimin boyunca bilgisini, deneyimlerini esirgemeyen; analizlerde ekipmanlarından faydalandığım Sayın Prof. Dr. Mustafa KARAKAYA hocama, tezimin birçok aşamasında anlayışıyla ve bilgisiyle yardımlarını esirgemeyen Doç. Dr. Sultan ARSLAN TONTUL hocama, tezimin özellikle laboratuvar aşamasında yardım ve desteklerini gördüğüm değerli hocalarım Dr. Öğretim Üyesi Kübra ÜNAL, Araş. Gör. Dr. Ali Samet BABAOĞLU, Araş. Gör. Dr. Hümeyra ÇETİN BABAOĞLU, Dr. Edibe Rabia ÖZKAN ve kıymetli arkadaşlarım Gıda Yük. Müh. Eda ALAGÖZ, Gıda Müh. Aliye AŞIKKUTLU, Gıda Müh. Merve KOÇAK, Gıda Yük. Müh. İlkay ÇELİK, Gıda Yük. Müh. Alime CABİ'ye, tez analizlerimde kullandığım pastörize sıvı yumurta akını temin etmemi sağlayan Gıda Yük. Müh. Merve YAŞKIR ve Konya Anako Yumurta Ürünleri A.Ş'ne sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Hayatımın her döneminde sevgisini, desteğini, ilgisini ve anlayışını benden esirgemeyen haklarını asla ödeyemeyeceğim canım aileme; manevi desteğini hiçbir zaman esirgemeyen tüm dostlarıma en samimi duygularımla teşekkür ederim.

Büşra Nur GÜNDOĞAN
KONYA-2021

İÇİNDEKİLER

ÖZET ..... **iv**

ABSTRACT ..... **v**

ÖNSÖZ ..... **vi**

İÇİNDEKİLER ..... **vii**

SİMGELER VE KISALTMALAR ..... **vii**

1. GİRİŞ **1**

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI **4**

2.1. Yumurtanın Yapısı 4
2.2. Yumurta Akında Çeşitli Muhafaza Yöntemleri 6
1.2.1. Yumurta tozu 9

3. MATERYAL VE YÖNTEM **12**

3.1. Materyal 12
3.2. Yöntem 12
3.2.1. Yumurta akı tozunun üretimi 12
3.2.2. Analiz yöntemleri 14

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA **18**

4.1. Yumurta Akı Tozunun Nem, Protein ve pH Sonuçları 18
4.2. Yumurta Akı Tozunun Verimi 20
4.3. Yumurta Akı Tozunun Renk Sonuçları 21
4.4. Yumurta Akı Tozunun Jelde Renk Tayini Sonuçları 24
4.5. Yumurta Akı Tozunun Jel Tekstür Sonuçları 25
4.6. Yumurta Akı Tozunun Viskozite Sonuçları 28
4.7. Yumurta Akı Tozunun Köpürme Kapasitesi ve Emülsiyon Kapasitesi Sonuçları 29

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER **33**

5.1 Sonuçlar 33
5.2 Öneriler 35

KAYNAKLAR **36**

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

% : Yüzde
*L** : Parlaklık değeri
*a** : Kırmızılık değeri
*b** : Sarılık değeri
pH : Ölçülen asitlik
K: Potasyum
Na : Sodyum
Ca : Kalsiyum
P: Fosfor
Fe : Demir
Cl : Klor
S : Kükürt
Cu : Bakır
℃ : Santigrat derece
a_w : Su aktivitesi
NaCl : Sodyum klorür
NaOH : Sodyum hidroksit
HCl : Hidroklorik asit
$Ca_3(PO_4)_2$: Kalsiyum fosfat
$CaCO_3$: Kalsiyum karbonat
$MgCO_3$: Magnezyum karbonat

Kısaltmalar

TPA : Tekstür Profil Analizi
A_{mm} : Tüpteki Tüm Çözeltinin Yüksekliği
B_{mm} : Emülsiyon Tabakasının Yüksekliği
L. : Lactobacillus
K. : Kluyveromyces
g : Gram
kg : Kilogram
mg : Miligram
ml : Mililitre
rpm : Dakikadaki devir sayısı
dk : Dakika
l : Litre
s : Saniye

1. GİRİŞ

Yumurta ve yumurta ürünleri; dünyada ve Türkiye'de severek tüketilen, dünyanın birçok yerinde kolaylıkla üretilebilen ve asırlardır insan beslenmesinde kullanılabilen bir gıdadır. İçerdiği besin maddeleri bakımından ortalama 160 g süt ve 60 g ete eşdeğerdir. Yumurtanın uygun koşullar altında 21 gün gibi kısa bir süre içerisinde bir canlı oluşturabilmesi, besin değerini açıklamak için yeterlidir (Akbay, 1985).

Yumurtanın tavuk, hindi, kaz, ördek, bıldırcın gibi farklı kanatlı hayvanların bir ürünü olmasına rağmen yumurta deyimi ile genellikle tavuk yumurtası anlaşılmaktadır. Bu durum, tavuk dışındaki kanatlı hayvanlardan elde edilen yumurtaların insan gıdası olarak kullanımındaki rollerinin kısıtlı olmasından kaynaklanmaktadır (Koç, 2009). Genellikle tavuk dışında diğer kanatlıların yumurtalarından söz edileceğinde, o hayvanın türü belirtilir. Bu çalışmada da yumurta kelimesi tavuk yumurtasını ifade etmektedir.

Günümüzde, yumurtasından faydalandığımız evcil tavukların (*Gallus domesticus*) atalarının yabani tavuklar olduğu bilinmektedir (Şamlı ve Okur, 2016). Tavuk yumurtası üretimi hem gıda maddeleri arasında yer alması hem de çeşitli ürünlerin formülasyonlarında kullanılabilmesi bakımından diğer yumurtalardan daha büyük miktarlara ulaşmıştır (Güler, 2016).

Yumurta akı, oransal olarak yumurtanın büyük bir kısmını meydana getirir ve pastane ürünleri, makarna, et ürünleri, salata sosları, mayonez gibi farklı ürünlerde kullanılmaktadır (Arzeni ve ark., 2012). Yumurta akının birçok üründe kullanılmasının sebebi kuru maddenin %80'inden fazlasını oluşturan yumurta akı proteinlerinin köpürme, jelleşme, emülsifiye etme gibi önemli özelliklerinden kaynaklanmaktadır (Lechevalier ve ark., 2007).

Ancak yumurta akının raf ömrünün kısa olması, problemlere yol açmaktadır (Yuwanta, 2010). Ayrıca gıda endüstrileri için mikrobiyal riskler, depolama sorunları, işçilik, üretim aşamasında yüzlerce yumurtanın kırılması için harcanan zaman, kullanılan yumurtaların kabuklarının oluşturduğu atıklar gibi önemli problemlere yol açmaktadır. Birçok ülkede taze yumurta hem gıda sanayinde hem de evlerde kullanılmak üzere pastörizasyon, kurutma ve dondurma gibi farklı tekniklerle işlenmektedir (Serdaroğlu ve Deniz, 2002; Kiosseoglou, 2003).

Pastörizasyon, konserve, kurutma ve fermantasyon gibi yumurtalar için farklı işleme teknikleri sayesinde yumurtanın raf ömrünün uzatılabileceği ve kullanıma uygun yumurta ürünlerinin elde edilebildiği bildirilmiştir (Fellows, 2009).

Pastörize sıvı yumurta ve dondurulmuş yumurta ürünleri taze yumurtaya göre daha uzun raf ömrüne sahiptir. Fakat paketleme ve depolama işlemleri zahmetlidir. Daha uzun raf ömrü ve taşıma, depolama maliyetlerinin düşük olması, mikrobiyal açıdan güvenli olması sebebiyle yumurta tozu son yıllarda ilgi çeken bir yumurta ürünüdür (Van der Plancken ve ark., 2007). Yumurta akı tozu, toz halde ya da sulandırılarak gıda endüstrisinde kullanılabilmektedir (Stadelman ve Cotterill, 1995).

Yumurta akının besin içeriğini azaltmadan toz haline getirilmesi oldukça önem arz etmektedir. Bu sayede çeşitli ürünler için daha verimli ve çok yönlü olacağı bilinmektedir (Lechevalier ve ark., 2007)

Yumurta akındaki şeker miktarı yaklaşık %0.4-0.9'dur ve bu miktarın çok büyük bir kısmı glikoz formundadır (Yuwanta, 2010). Proteinler ile glikoz arasındaki etkileşim (Maillard reaksiyonu), olumsuz tat, koku, renk ve görünüşe sebep olabilmektedir. Ayrıca yumurta akı tozunun kalitesini ve bazı niteliklerini düşürebilmektedir (Lechevalier ve ark., 2007). Kurutma aşamasından önce yumurta akına fermantasyon işlemi uygulanmasının bu durumu önleyebileceği bildirilmiştir (Stadelman ve Cotterill, 1995).

Yumurta akında glikozun giderilmesi maya, enzim ve bakteriler aracılığıyla yapılabilmektedir. Fakat maya ve enzimler bazı dezavantajları nedeniyle yumurta akı fermantasyonunda genellikle tercih edilmemektedir. Sıklıkla kullanılan teknik, birçok avantaja sahip olması sebebiyle, kontrollü bakteriyel fermantasyondur (Stadelman ve Cotterill, 1995).

Pastörizasyon işleminin ardından yumurta akının pH değeri laktik veya sitrik asit ile 7.0-7.5 arasına düşürülmekte ve bir veya birden fazla özel bakteri suş kültürü ile 30-33°C'de fermente edilmektedir. Kontrollü bakteriyel fermantasyon yönteminde bakteriler glukozu fermente ederek organik asit üretir ve yumurta akındaki glukozun glukonik aside dönüşümü sağlanır (Belitz ve ark., 2009; Yüceer ve Caner, 2019). Bütün yumurta ve yumurta akı fermantasyonunda genellikle *Streptococcus* ve *Lactobacillus* tercih edilmektedir (Sebring, 1995; Belitz ve ark., 2009; Yüceer ve Caner, 2019).

Kurutma işlemi, yumurta bileşenlerinin değişimine yol açmaktadır. Aynı zamanda uygulanan kurutma yöntemine göre yumurta akı tozunda farklı özellikler görülmektedir. Endüstriyel yumurta tüketicileri, uygulanan çeşitli kurutma işlemlerinin,

yumurta tozunun fizikokimyasal ve fonksiyonel özellikleri üzerine etkisi hakkında daha fazla bilgiye ihtiyaç duymaktadır (Franke ve Kießling, 2002).

Bugüne kadar yumurta tozuyla ilgili oldukça az çalışma yapıldığı, ayrıca yapılan çalışmalarda yumurta akı tozu eldesi için genellikle sprey kurutma yönteminin kullanıldığı görülmüştür (Susyal, 2011).

Mikrodalga işlemi, hızlı olması ve enerji maliyetlerinin düşük olması ve hassas işlem kontrolü sağlaması nedeniyle yumurta akı tozu üretiminde alternatif olabilir (Giese, 1992). Mikrodalga enerjisi ve geleneksel ısıtma günümüzde pişirme, kurutma, fırınlama ve pastörizasyon amacıyla kullanılmaktadır (Rosenberg ve Bogl, 1987; Megahed, 2001).

Yapılan bu tez çalışmayla ilgili dünya çapında fazla çalışma bulunmamaktadır. Ayrıca yapılan kaynak araştırmaları neticesinde *Lactobacillus rhamnosus* kullanılarak üretilen yumurta akı tozu çalışmalarına rastlanmamıştır.

Genel kontrollü bakteri fermantasyonlarında *L. plantarum, L. mesenteroides, , L. lactis, L. brevis, L. fermenti, L. casei, L. helveticus* ve *K. pneumoniae* kullanıldığı yapılan çalışmalarda görülmüştür (White, 2000; Yaşkır, 2019).

Bu çalışmanın amacı, etüv ve mikrodalgada kurutularak elde edilen yumurta akı tozlarının bazı özelliklerinin (fizikokimyasal, fonksiyonel) belirlenmesi, ayrıca her iki kurutma yönteminden önce uygulanan fermantasyon işleminin yumurta akı tozu üzerine etkilerinin belirlenmesi olmuştur.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1. Yumurtanın Yapısı

Yumurta yapısal olarak dıştan içe doğru; kabuk, yumurta akı ve sarısı olmak üzere üç temel bileşenden meydana gelmektedir (Şamlı ve Okur, 2016). Oransal olarak bir yumurtanın, %8-11'ini kabuk, %56-61'ini yumurta beyazı (akı), %27-32'sini ise yumurta sarısı oluşturmaktadır. Kabukları ayrılmış yumurtanın ise, % 64'ü yumurta akı, % 36'sı yumurta sarısıdır (Susyal, 2011).

Bütün yumurta; su (%75), proteinler (%12), lipitler (%12), karbonhidrat ve minerallerden (%1) oluşmaktadır (Kovacs-Nolan ve ark., 2005). Yumurta, vitamin ve mineraller açısından oldukça zengin bir gıda maddesidir (Mountney ve Parkhurst, 1976). Yumurta, C vitamini dışında tüm vitaminleri içermekle beraber, yağda eriyen A, D, E, K vitaminleri ve suda eriyen B-kompleksi vitaminlerini önemli miktarda bünyesinde bulundurmaktadır. Yumurta sarısı ve akı kimyasal yapıları yönünden farklılıklar göstermektedir. Yumurta sarısı A vitamini, pantotenik asit ve B_{12}, yumurta akı ise niasin ve riboflavin açısından zengindir (Mountney ve Parkhurst, 1976). Ayrıca minerallerden; Na, K, Cl ve S yumurta akında yüksek miktarda bulunurken; yumurta sarısında ise Ca, Fe, Cu ve P önemli düzeydedir (Tekinşen ve Çelik, 1995; Aksu ve Algan, 2007). Yumurta, doymuş ve doymamış yağ asitlerine ek olarak lesitin, sefalin ve kolesterol içerir ve yağ bakımından da zengin bir gıda maddesidir (Şenköylü, 2001). Ayrıca yumurta, yüksek miktarda protein içermekle birlikte yeterli ve dengeli miktarda esansiyel amino asitleri bünyesinde bulundurmaktadır (Surai ve Sparks, 2001). Ek olarak yumurtaların besin değeri, depolama şartları ve süresine, tavuğun beslenmesine bağlı olarak değişiklik gösterebilmektedir (Shallo, 2001).

Kabuk; yumurtaya şekil veren, yumurtanın en dış kısmını oluşturan ve yumurtanın iç kısmını dış etkenlerden koruyan katmandır (Şenköylü, 2001; Demirci, 2011). Yumurta kabuğu oldukça ince bir katman olmakla birlikte, 'por' olarak adlandırılan gözenekleri bulundurur ve bu porlar yumurtanın çevre ile arasında gaz ve nem alışverişi sağlamaktadır (Erol, 1994; Forsythe ve Hayes, 1998; Zeidler, 2002; Koelkebeck, 2007). Yumurta kabuğunda dağılışları düzensiz olup, yumurtanın küt ucunda yoğun, sivri ucunda ise daha seyrek bir dağılım göstermektedirler. Yumurtanın orta kısmında ise iki uç arasında bir yoğunlukta dağılım gösterirler. Ayrıca kalın kabuklu yumurtalar daha az sayıda por bulundurmaktadır (Şenköylü, 2001). Kabuğun

üst kısmında porların yüzeyini kaplayan gözle görülmeyen, doğal, protein benzeri bir film bulunmaktadır. ‘Kütikula’ adı verilen bu film mikroorganizmaların yumurta içine geçişine karşı ilk savunma basamağıdır. İkinci engel, yumurta kabuğudur. Kabuğun iç kısmında bulunan kabuk zarları ise üçüncü ve dördüncü bariyerler olarak görülür (Koelkebeck, 2007). Yumurta kabuğu; %94 $CaCO_3$, %1 $MgCO_3$, %1 $Ca_3(PO_4)_2$ ve %4 organik maddelerden oluşmaktadır (Şamlı ve Okur, 2016).

Yumurta kabuğunun altında yumurtanın sıvı içeriğini saran kabuk zarı bulunmaktadır (Yücel, 2000; Aksu ve Algan, 2007). Bu zar, yumurta kanalındaki salgı hücrelerinden oluşan bir salgı ürünüdür. Dıştaki kabuk zarı, iç kısımdakinin üç katı kalınlıkta olup, kabuğa sıkı bir şekilde bağlıdır. Kabuk zarları; yumurtaya mikroorganizma girişini önlediği gibi kuluçkadaki yumurtaların iç kısmına oksijen geçişi sağlamakta ve ayrıca yumurtanın kurumasını engellemektedir (Şenköylü, 2001). Ayrıca bu iki zar, yumurtanın sivri olmayan ucunda birbirinden ayrılarak hava boşluğunu oluşturmaktadır. Depolama süresinin artmasıyla yumurta kabuğunda bulunan porlardan hava girmekte ve bu durumun sonucunda zarlar arasındaki hava boşluğu genişlemektedir (Yaşkır, 2019).

Yumurta akı; 4 tabakadan oluşmakta olup iç kısmından dışa doğru; (I) vitellin, membran ve şalaza (II) iç sıvı albümin, (III) katı albümin, (IV) dış sıvı albümin şeklinde sıralanır (Şamlı ve Okur, 2016). Yumurta akının en büyük bileşeni su olup yaklaşık %88 civarındadır. Toplam kuru madde içeriği %11-13 arasındadır ve bu miktar tavuğun cinsine ve yaşına bağlı olarak farklılık gösterebilmektedir. Yumurta akında sudan sonra en yüksek miktardaki bileşen proteindir ve yaklaşık %11 civarında bulunmaktadır (Susyal, 2011). Proteinler arasında biyolojik değeri en yüksek protein olarak bilinen albumin, dengeli esansiyel amino asit içeriği sayesinde vücut tarafından neredeyse tamamıyla kullanılabilmektedir (Şenköylü, 2001; Demirci, 2011). Yumurta akının ana proteinleri ovalbumin (%54), ovotransferrin (%12), ovomukoid (%11), lizozim (%3.5) ve ovomusin (%3.5) olarak kabul edilmektedir. Avidin (%0,05), sistatin (%0.05), ovomakroglobulin (%0.5), ovoflavoprotein (%0.8), ovoglikoprotein (%1) ve ovoinhibitor (%1.5) ise yumurta akınında bulunan minör proteinler olarak bilinmektedir (Kovacs-Nolan ve ark., 2005). Yumurta akı proteinleri ısıya maruz kalmaları sonucunda (yaklaşık 63 ºC'de) denature olmakta ve denaturasyon sonucu yumurta akı donuk ve katı bir görüntü oluşturmaktadır (Tekinşen ve Çelik, 1995).

Yumurta akı ayrıca karbonhidrat, kül ve eser miktarda lipit içermektedir (Kovacs-Nolan ve ark., 2005). Yumurta akında bulunan lipit miktarının (%0.01), ihmal

edilebilir düzeyde olduğu belirtilmiştir (Mine, 1995). Yumurta akının karbonhidrat miktarı yaklaşık %0.4-0.9 arasındadır (Yuwanta, 2010). Yumurta akında bulunan karbonhidratlar, serbest formda ve proteinlere bağlı olmak üzere iki farklı formdadır. Serbest karbonhidratların başında glukoz (%98) yer almaktadır (Kovacs-Nolan ve ark., 2005). Yumurta akındaki 'lizozim' adlı enzim, antimikrobiyal bir etkiye sahiptir. Lizozim, gram pozitif bakterilerin hücre zarlarını eritmektedir (Şenköylü, 2001).

Vitellin membran, yumurta sarısını çevreleyen, jelatin görünümünde ince bir film tabakasıdır. Şalaza, vitellin membranla beraber yumurta akı içerisindeki yumurta sarısının, yumurtanın orta kısmında kalmasını sağlamaktadır. Depolama süresi uzadıkça, şalaza gerilmekte ve zamanla kopmaktadır (Güler, 2016).

Yumurta sarısı, yumurta akından hem miktar hem de bileşim açısından oldukça farklıdır. Yumurta sarısının içerdiği su miktarı, yumurta akına göre azdır (Güler, 2016). Soluk sarı-koyu sarı renkte ve küre şeklinde olan yumurta sarısı, çok ince bir zar ile çevrelenmektedir. Hayvansal kaynaklı bir gıda olmasına rağmen, yumurtanın içerdiği yağ miktarı düşüktür, ayrıca bu yağın büyük bir kısmı doymamış yağ asitleri şeklindedir. Yumurtada bulunan yağların tamamı yumurta sarısındadır. Yumurta fosfolipidleri; özellikle lesitin, kolesterol ve sefalini yüksek miktarda içermektedir. Bir yumurta sarısında 213 mg kolesterol bulunmaktadır. Yumurta akı ise kolesterol ve yağ içermemektedir (Tekinşen ve Çelik, 1995). Ayrıca yumurta sarısı, vitamin ve mineral maddeler bakımından yumurta akından daha zengin içeriğe sahiptir (Senkoylu, 2001). Yumurta sarısı, yumurtanın sıvı kısmının yaklaşık %33'ünü ve proteininin %44'ünü oluşturmaktadır (Howell ve ark., 1997). Yumurta sarısı proteinleri de yumurta akı proteinleri gibi ısıyla denatüre olmaktadır. Fakat yumurta sarısının denatürasyon sıcaklığı daha yüksektir (65-68 ºC) ve denatürasyon sırasında önce kıvamlı, sonra kuru bir hal almaktadır (Tekinşen ve Çelik, 1995).

2.2. Yumurta Akında Çeşitli Muhafaza Yöntemleri

Yumurta, doğal ambalaja sahip nadir gıdalardan biridir. Fakat oluşumu ve tüketimi arasında geçen süre içinde kalitesinde hızla istenmeyen biyolojik, kimyasal ve fiziksel değişiklikler meydana gelmektedir. Bu sebeple hem sağlık açısından olumsuzlukları ortadan kaldırmak hem de yumurtaların raf ömrünü artırmak amacıyla yumurtalara çeşitli muhafaza yöntemleri ve işleme teknikleri uygulanmaktadır (Stadelman, 1988; Heperkan ve Gökler, 2006).

Pastörizasyon, kurutma, fermantasyon, dondurma, konserve gibi çeşitli yöntemler kullanılarak yumurta ürünleri elde edilebilmektedir (Fellows, 2009). Pastörize sıvı yumurta ve dondurulmuş yumurta ürünlerinin paketleme ve depolama işlemlerinin zahmetli ve maliyetli olduğu bilinmektedir. Ayrıca bu ürünlerin raf ömrünün kısa olması sebebiyle son yıllarda yumurta tozu dikkatleri üzerine çekmektedir (Van der Plancken ve ark., 2007).

Yumurtanın pastörizasyonunda, patojen mikroorganizma riskini önlemek ve yumurtaların fiziksel ve fonksiyonel özelliklerini korumak amaçlanmaktadır (Bell ve ark., 2002). Bütün yumurta, yumurta akı ve yumurta sarısında kimyasal kompozisyon farklılığına bağlı olarak yok edilmesi hedeflenen *Salmonella*'nın ısı direnci farklılık göstermektedir (Stadelman ve Cotterill, 1995). Ayrıca yumurta endüstrisinde ısıl işlem uygulanarak pastörizasyon yerine ısıl olmayan pastörizasyon teknikleri de uygulanabilmektedir. Işınlama, ultrasonik dalgalar, darbeli elektrik alan, glukoz oksidaz, nisin ve organik asitler bu amaçla kullanılabilmektedir. Ayrıca yüksek basınç uygulaması da ısı kullanımıyla pastörizasyona yardımcı olarak kullanılabilen bir yöntemdir (Susyal, 2011).

Kurutulmuş yumurta ürünleri, depolama ve taşıma maliyetlerinin düşük olması, mikrobiyal açıdan güvenli olması gibi sebeplerden dolayı oldukça ilgi çekicidir (Bergquist, 1986). Kurutma, gıdaları muhafaza etmek amacıyla uygulanan en eski yöntemlerden biridir ve bu yolla gıdaların içerisindeki su miktarını azaltmak için birçok yöntem geliştirilmiştir (Lechevalier ve ark., 2007). Kurutma işlemi, enzimatik bozunmayı önlemekte ve mikrobiyal gelişmeyi sınırlandırmaktadır (Lili ve ark., 2015). Kurutulmuş yumurta ürünleri, mayonez, salata sosları, fırın ürünleri, dondurma gibi birçok gıdada kullanılmaktadır (Yaşkır, 2019).

Yumurta akı tozu üretiminde dikkat edilmesi gereken bazı önemli hususlar vardır. Kurutma aşamasından önce yumurta akına uygulanan çeşitli ön işlemlerin kurutma sırasında meydana gelebilecek çözünürlük kaybı, fonksiyonel özelliklerin azalması, kötü tat ve koku oluşumu gibi istenmeyen değişiklikleri önleyebileceği bildirilmiştir (Stadelman ve Cotterill, 1995). Bu ön işlemlerden biri fermantasyondur. Yumurta akında bulunan glikozun fermantasyon işlemi ile kurutma aşamasından önce uzaklaştırılması gerekmektedir (Wu, 2014). Yumurta akına uygulanan fermentasyon ile glikozun aside dönüşmesi sağlanmaktadır. Böylece yumurta tozunun depolanması sırasında çözünürlük ve renk stabilitesi korunmuş olmaktadır (Stadelman ve Cotterill, 1995).

Yumurta akından glikozun giderilmesi maya, enzim veya bakteriler aracılığıyla yapılabilmekte olup işlevsel ve finansal üstünlüklerinden dolayı kontrollü bakteriyel fermantasyon en çok tercih edilen yöntemdir. Bakteriyel fermantasyonun kullanılması, işçilik ve malzeme açısından düşük maliyette, iyi bir lezzet ve çözünürlüğe sahip, köpürme özellikleri iyi olan, yüksek kaliteli yumurta akı ürünü elde edilebilmesini sağlamaktadır (Stadelman ve Cotterill, 1995). Ayrıca fermantasyon işleminin antioksidanları artırabileceği ve acılaşmayı azaltabileceği bildirilmiştir (Torino ve ark., 2013; Nahariah ve ark., 2019).

Lactobacillus rhamnosus, probiyotik aktiviteye sahip olduğu bilinen laktik asit bakterilerinden biridir (Arnold ve ark., 2017). *L. rhamnosus*'un, *Escherichia coli* gibi patojenlerin gelişmesine karşı antimikrobiyal aktiviteye sahip olduğu bildirilmiştir (Nikoskelainen ve ark., 2003; Anyogu ve ark., 2014; Dubourg ve ark., 2015). *Lactobacillus rhamnosus GG* suşu ilk olarak 1990 yılında yapılan çalışmalarda kullanılmıştır. Doğal olarak insan bağırsak florasında bulunması, düşük pH'daki ortamlara karşı dirençli olması, gastrointestinal sistem duvarına tutunabilmesi başlıca özellikleridir (Goldin ve ark., 1992; Szajewska ve ark., 2001; Reid ve Burton, 2002).

Yumurta akı tozlarının üretiminde dikkat edilmesi gereken önemli bir nokta mikrobiyal güvenliğin sağlanmasıdır. *Salmonella*, elde edilen yumurta akı tozlarında önemli bir soruna yol açmaktadır. Kurutma aşamasından önce pastörizasyon uygulanarak yumurtada bulunan *Salmonella* yok edilmelidir, ancak *Salmonella* yumurta akı tozlarına kurutma aşamasından sonra da bulaşabilmektedir. Bu durumda ise kurutma aşamasından sonra *Salmonella* sıcak depolama ile yok edilmelidir. Yumurta akı tozunun 53-65ºC'de 5-20 gün depolanması, ürünün fonksiyonel özelliklerine zarar vermeden *Salmonella* sayısını azaltmak için uygulanabilen bir yöntemdir (Stadelman ve Cotterill, 1995).

Yumurta içeriğinden dolayı ısıya oldukça duyarlı bir gıdadır ve kurutulmuş ürünün kalitesi, kurutma koşullarından büyük ölçüde etkilenebilmektedir (Bergquist, 1986). Endüstriyel yumurta tüketicileri, yumurta tozunun fizikokimyasal ve fonksiyonel özellikleri üzerine kurutma işleminin ve farklı kurutma yöntemlerinin etkisi hakkında daha fazla bilgiye ihtiyaç duymaktadır (Franke ve Kießling, 2002).

Güneş enerjisi ile kurutma, tamburlu kurutma, püskürtmeli kurutma, püskürtmeli yataklı kurutma, akışkan yataklı kurutma, köpük kurutma, mikrodalga kurutma ve dondurarak kurutma gibi özel gereksinimleri karşılamak için farklı tipte kurutucular geliştirilmiştir (Vega-Mercado ve ark., 2001).

Yumurta tozu ilk olarak tavada kurutma yöntemi ile üretilmiştir. İlk aşamada sadece yumurta beyazı kurutulmuştur. İlerleyen zamanlarda bütün yumurta ve yumurta sarısı konveyör kurutuculardа kurutulmuştur. Bu yöntem tavada kurutma tekniğine benzemektedir. İkinci dünya savaşının başlamasının ardından askeri ihtiyaçlardan dolayı kurutulmuş yumurta üretiminde büyük bir artış meydana gelmiştir ve bu dönemde sprey kurutma yöntemi kullanılarak bütün yumurta tozunun üretimi sağlanmıştır (Spicer, 1969).

Dondurarak kurutma yöntemi, su veya herhangi bir çözücünün, vakum ortamında bulunan maddeden buhar olarak ayrıştırılması ile gerçekleşmektedir. Ayrıştırılan bu buhar, kurutma işleminin gerçekleştiği ortamdan uzaklaştırılmaktadır. Bu yöntem, özellikle ısıya duyarlı gıdalarda tercih edilmektedir. Dondurarak kurutma yöntemi, özellikle tat ve aroma kayıplarını minimuma indirme gibi çeşitli avantajlara sahip olmasından dolayı işletmelerce tercih edilmemektedir (Guardiola ve ark., 1997; Sadıkoğlu ve Özdemir, 2003). Bunun sebebi yaklaşık 20 saat toplam kuruma süresi ile zaman alıcı, ayrıca yüksek maliyetli bir yöntem olmasından kaynaklanmaktadır (Rostami ve ark., 2018)

Sprey kurutma yönteminde sıvı yumurta akı, sıcak havada ince zerrecikler haline dönüştürülmek üzere püskürtülmekte ve ardından buhar haline dönüşen su emilerek sistemden uzaklaştırılmaktadır (Yaşkır, 2019).

Sprey kurutma yönteminde besleme sıcaklığı, havanın giriş ve çıkış sıcaklıkları önemli parametrelerdir. Besleme giriş sıcaklığının emülsiyonun viskozitesini, akışkanlığını ve kapasitesini etkilediği bildirilmiştir. Ek olarak sprey kurutmada gerek duyulan ısıtma ve atomizasyonun, yumurta akı proteinlerinde bir derece denatürasyona sebep olduğu rapor edilmiştir (Koç, 2009; Katekhong ve Charoenrein, 2018).

1.2.1. Yumurta tozu

Yumurta tozunun gıda endüstrisinde kullanımı gün geçtikçe artmaktadır. Bu artışın sebeplerinin başında depolama ve taşıma maliyetlerinin düşük olması ve mikrobiyal açıdan güvenli olması gelmektedir. Yumurta tozu uygun depolama koşulları altında 1-2 yıl süre ile depolanabilmektedir (Linden ve Lorient, 1999). Ayrıca depolama sırasında hijyenik tutulması kolaydır. Yapı bakımından homojen olup toz halde ya da istenilen miktarda su ile karıştırılarak ürün formülasyonunda kullanılabilmektedir (Stadelman ve Cotterill, 1995).

Yumurta akı tozundan fırın ürünleri, çikolata, beze, şekerleme, fındık ezmesi, vücut geliştirme ve çeşitli sağlık ürünlerinde faydalanılabilmektedir (Stadelman ve Cotterill, 1995; Lechevalier ve ark., 2007).

Prasad ve ark. (2004); kabuklu yumurta tüketimi yerine, yumurta tozu ile zenginleştirilmiş bisküvilerin, uzak bölgelerde bulunan askeri personeller için iyi bir ikame olabileceğini ifade etmişlerdir.

Franke ve Kießling (2002); yaptıkları bir çalışmada, sprey kurutma işleminde kurutma havası giriş sıcaklığı ve atomizör basıncının yumurta tozunun bazı fonksiyonel özellikleri üzerine etkilerini incelemişler ve bu iki parametrenin belirleyici olduğunu ifade etmişlerdir. Hava giriş sıcaklığındaki artışın yumurta tozunun emülsiyon stabilitesinde artışa neden olduğunu fakat köpük oluşumu ve protein çözünürlüğünde azalmaya yol açtığını bildirmişlerdir. Bununla beraber kurutma aşamasında meydana gelen protein denatürasyonunun yumurta tozunun fonksiyonel özelliklerinin değişiminden sorumlu olduğunu belirtmişlerdir.

Yumurta akının *Saccharomyces cerevisiae* ile fermentasyonda pH 6.5-7 arasında glikoz içeriğinin 24 saatte tamamen tüketildiği belirtilmiştir. Fakat fermentasyon sonunda elde edilen yumurta akı tozunda ekşi maya kokusu olduğu ve toz numunelerde kekleşme meydana geldiği bildirilmiştir (White, 2000; Yaşkır, 2019).

Fermantasyon süresinin uzatılması ile üründeki karbonhidrat miktarının daha fazla düşürüleceği fakat protein bozunması nedeniyle yumurta akının köpürmesinin ve çözünürlüğünün azalacağı bildirilmiştir (Nahariah ve ark., 2018).

Nahariah ve ark. (2019); yaptıkları bir çalışmada, fermentasyon süresinin fermente yumurta akının glikoz içeriği üzerinde çok önemli bir etkiye sahip olduğunu belirlemişlerdir. Ayrıca 12 saatlik fermentasyon öncesi ve sonrası arasında bir fark olmamasına rağmen, 24 saat, 36 saat ve 48 saat fermentasyon süresi boyunca önemli ölçüde farklı düşüş görüldüğünü bildirmişlerdir.

Anandharamakrishnan ve ark. (2007), protein denatürasyonunun kurutma koşulları ile yüksek oranda ilişkili olduğunu bildirmiştir.

Petrova ve ark. (1986); kurutma sıcaklığının (hava girişi) bütün yumurta tozu üzerindeki etkisini inceledikleri bir çalışmada, kurutma sırasında daha yüksek sıcaklık uygulanması sonucunda protein çözünürlüğü ve köpürme gücünün azaldığını bildirmişlerdir.

Sprey kurutma yöntemiyle elde edilen yumurta akı tozlarında bazı özellik kayıpları meydana geldiği bilinmektedir. Yumurta akı tozuna uygulanan 10-15 gün

süreyle 75-80 °C kuru ısıtma uygulamasının özellik kayıplarını dengeleyeceği belirtilmiştir. Kuru ısıtma işleminin jelleşme ve köpürme özelliklerini iyileştirdiği ifade edilmiştir (Lechevalier ve ark., 2007).

Pratama ve ark. (2019); *Kluyveromyces lactis* başlangıç konsantrasyonu ve fermentasyon süresinin yumurta akı tozunun fiziksel, kimyasal ve fonksiyonel özelliklerine etkisini inceledikleri bir çalışmada fermentasyon işleminin yumurta akının karbonhidrat miktarını (%0.4-0.9), %0.16, %0.17, %0.19 miktarlarına düştüğünü rapor etmişlerdir. Ayrıca ortalama karbonhidrat içeriğinin, yüksek *K. lactis* başlangıç konsantrasyonu ile azaldığını, %0.6 *K. lactis* ilavesinin daha yüksek karbonhidrat azalmasına neden olduğunu bildirmişlerdir.

Yumurta akı tozuyla ilgili yayınlanan çalışmalara rağmen, gıda endüstrisinde tüketicilerin ihtiyaçlarına yönelik ürünlerin daha iyi bir şekilde üretilebilmesi için daha fazla bilimsel veriye ihtiyaç duyulmaktadır. Örneğin iyi köpürme özellikleri, sert jel yapıları, emülsifikasyon özellikleri unlu mamuller, soslar, tatlılar ve krema ürünlerine işlevsellik kazandırabilmektedir (Ayadi ve ark., 2008).

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Çalışmada kullanılan pastörize yumurta akı KONYA ANAKO Yumurta Ürünleri A.Ş. temin edilmiştir. Soğuk zincir kırılmadan 0-4 °C'de Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü Enstrümantal Analiz Laboratuvarı'na getirilmiş ve analizler gerçekleştirilmiştir. Kullanılan pastörize yumurta akının ortalama renk değerleri; L^*=71.05, a^*=-2.70, b^*=8.93, nem miktarı; 88.18; protein miktarı; 9.04, pH değeri ise 9.73'tür.

Kurutma işlemi öncesinde uygulanan fermentasyon işleminde kullanılan *Lactobacillus rhamnosus GG,* Chr. Hansen firmasından temin edilmiştir, %20 gliserol içerisinde dondurulmuş saf kültürlerdir. Dondurulmuş kültürler fermentasyon aşamasından hemen önce oda sıcaklığında (21-22 °C) eritilmiştir.

3.2. Yöntem

3.2.1. Yumurta akı tozunun üretimi

3.2.1.1. Fermantasyon işlemi

Pastörize sıvı yumurta akının pH değeri (9.5-10) yüksek olduğundan fermentasyon işlemi öncesinde bakteriler için uygun pH koşullarının hazırlanması gerekmektedir. Bu amaçla pastörize sıvı yumurta akının pH değeri 1.0 M sitrik asit ile yaklaşık 6.5-7'ye ayarlanacak şekilde düşürülmüştür (White, 2000; Quan ve Benjakul, 2018).

Laboratuvar şartlarında *Lactobacillus rhamnosus GG*'nin (3 ml, 10^6 kob/ml), 300 ml pastörize yumurta akına inoküle edilmesinin ardından inkübatörde 37 °C inkübe edilmiştir. Fermantasyon işlemi, yapılan çalışmalara bağlı olarak, glikoz kalıntısı kalmayana kadar sürdürülmüştür. Bu süre yaklaşık 40-45 saat arasında değişmektedir. Glikoz kullanımını takip etmek amacıyla bir Keto-Diastix Urinalysis test şeridi (Bayer Diastix) kullanılmıştır. Glikoz tamamen tüketildikten sonra fermentasyon aşaması tamamlanmış kabul edilmiştir (Yaşkır, 2019).

3.2.1.2. Kurutma işlemi

Fermantasyon aşamasının ardından kurutma işlemine geçilmiş olup kurutma işleminde mikrodalga ve etüv olmak üzere 2 farklı yöntem uygulanmıştır.

Her iki kurutma aşamasından önce behere tartılan 40±0.20 g fermente olan ve olmayan pastörize yumurta akı numuneleri 2.5 dk süreyle süt köpürtücü cihaz (Kiwi Kcm 7501) ile köpürtülmüştür. Ardından mikrodalga cam tepsisine aktarılmıştır. Bu işlemin ardından kurutma aşamasına geçilmiş olup mikrodalga yöntemi için 360 W mikrodalga gücünde 8 dk süresince kurutma işlemi gerçekleştirilmiştir. Etüvde kurutma yönteminde ise 50 °C'de 6 saat süre boyunca kurutma gerçekleştirilmiştir. Her iki yöntem için de uygulanan güç sıcaklık ve süreler ön denemeler sonucunda belirlenmiştir. Kurutma işlemi sonucunda elde edilen peletler, bir öğütücü (Sinbo SCM 2934) ile toz haline getirilmiştir. Şekil 3.1'de kurutma işlemi sonrası toz haline getirilmiş yumurta akı tozları gösterilmiştir.



Şekil 3.1. Kurutma işlemi sonrası elde edilen yumurta akı tozları.

Elde edilen yumurta akı tozlarının bazı fizikokimyasal özelliklerini belirlemek amacıyla, nem, protein, pH ve renk analizleri gerçekleştirilmiştir. Ayrıca yumurta akı

tozlarının; jel tekstürü, viskozite, emülsiyon kapasitesi ve köpürme kapasitesi özellikleri belirlenmiştir.

Denemeler tesadüf parselleri deneme tertibine göre, iki tekerrürlü üç paralel olacak şekilde yürütülmüştür.

3.2.2. Analiz yöntemleri

3.2.2.1. Nem tayini

Yumurta akı tozlarının % nem oranı otomatik nem ölçme cihazı (Precisa XM 50) ile belirtilmiştir.

3.2.2.2. Protein tayini

Yumurta akı tozlarının toplam protein içeriği AOAC (2000)'e göre belirlenmiştir.

3.2.2.3. pH tayini

Saf su ile sulandırılarak başlangıç kuru maddesine getirilen yumurta akı tozlarının pH değerleri, pH metre (WTW ProfiLine pH 3110, Almanya) ile belirlenmiştir (Koç, 2009).

3.2.2.4. Verim

Elde edilen yumurta akı tozlarının verimi aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır (AOAC, 2000):

Verim (%) = [(Üretilen yumurta akı tozunun toplam ağırlığı (g)/ Yumurta akının toplam ağırlığı (g)]x100

3.2.2.5. Renk tayini

Yumurta akı tozlarında *L**, *a** ve *b** renk değerleri kalorimetre cihazı (CR-400 model, Konica Minolta, Osaka, Japonya) kullanılarak belirlenmiştir (Hunter, 1975). Ölçümler örneklerin 3 farklı noktasından okumalar yapılarak gerçekleştirilmiştir.

3.2.2.6. Jelde renk tayini

Jel tekstür tayininde belirtildiği gibi hazırlanan yumurta tozundan elde edilen jel örneklerinde *L**, *a**, *b** renk değerleri ölçülerek (CR-400 model, Konica Minolta, Osaka, Japonya) belirlenmiştir. Ölçümler örneklerin 3 farklı noktasından okumalar yapılarak gerçekleştirilmiştir.

3.2.2.7. Jel tekstürü tayini

Yumurta akı tozu, %20 (ağırlıkça) kurumadde içerecek şekilde 0.5 M NaCl çözeltisiyle sulandırılmıştır ve oluşan süspansiyonun pH'sı NaOH veya HCl asit ile 7.0'ye ayarlanmıştır. Çapı ve boyu belirli plastik kapların her biri belirli bir miktar (50-100 g) süspansiyon ile doldurulmuştur. Kapların ağızları kapatılıp (alüminyum folyoyla), su banyosunda 90 °C'de 15 dakika tutulmuştur. Süre sonunda buzlu su içerisinde soğutulup ardından 4˚C'de 1 gün bekletilmiştir (Franke ve Kießling, 2002). Oluşan jel, oda sıcaklığına ulaştıktan sonra Tekstür Profil Analizi, 50 kg loadcell yük hücresine sahip tekstür analizi cihazı (TA-HD Plus Texture Analyser, UK) kullanılarak yapılmıştır. Yumurta akı tozu jellerinde kompresyon testleri (%50 kompresyon; test hızı: 5.0 mm/s; test sonrası hız: 5 mm/s; bekleme süresi: 0.1 s) gerçekleştirilmiştir. Örneklerin sertlik (hardness, g), iç yapışkanlık (adhesiveness), elastikiyet (springiness, mm), dış yapışkanlık (cohesiveness), gamsılık (gumminess, g), çiğnenebilirlik (chewiness, gxmm) ve geri kazanım (esneklik, resilience) gibi TPA parametreleri belirlenmiştir. Tekstür analiz cihazına ait yazılım programı kullanılarak tekstür profil analizleri (TPA) gerçekleştirilmiştir.

3.2.2.8. Viskozite ölçümleri

Yumurta akı tozlarının viskozite değerleri, Lopez de Ogara ve ark. (1986)'nın belirttikleri metot modifiye edilerek tespit edilmiştir: Saf su ile sulandırılarak başlangıç kuru maddesine getirilen yumurta akı tozlarının viskozite değerleri, viskozimetrenin (DV2T Touch Screen Viscometer) 5 numaralı probu kullanılarak 20.0, 50.0 ve 100.0 devir/dakika kayma hızlarındaki viskozite değerleri (cP) okunmuştur. Şekil 3.2'de hazırlanan yumurta akı tozlarının viskozite ölçümleri gösterilmiştir.



Şekil 3.2. Yumurta akı tozlarının viskozite ölçümü.

3.2.2.9. Emülsiyon kapasitesinin belirlenmesi

Yumurta akı tozlarının emülsiyon kapasitesi Onwuka (2005)'nın uyguladığı yöntemde bazı modifikasyonlar yapılarak belirlenmiştir: 0.1 g yumurta akı tozu 10 ml saf su ile 28±2 °C'de 30 saniye 1.600 rpm'de homojenize edildi. Daha sonra yavaş yavaş 10 ml rafine mısırözü yağı ilave edildi, 30 saniye daha karıştırıldı, daha sonra bir santrifüj tüpüne aktarıldı ve 1100 rpm'de 5 dakika santrifüjlendi. Emülsiyon kapasitesi tüpteki tüm çözeltinin yüksekliği (A_{mm}) ve emülsiyon tabakasının yüksekliği (B_{mm})'ne göre şu şekilde hesaplanmıştır:

Emülsiyon Kapasitesi (%) = [(B_{mm}) / (A_{mm})] x 100

3.2.2.10. Köpürme kapasitesinin belirlenmesi

Köpürme kapasitesi, Daramola (2018) uyguladığı yönteme göre belirlenmiştir. 2 g yumurta akı tozu 100 ml saf su ile 5 dakika süreyle bir karıştırıcıda (Waring Commercial Laboratory Blender-Waring Products Division U.S.A.) "max" hız ayarında homojenize edilmiştir. Ardından 250 ml'lik dereceli bir ölçüm silindirine aktarılmıştır. Köpürme kapasitesi şu şekilde hesaplanmıştır (Coffmann ve Garciaj, 1977):
Köpürme Kapasitesi (%) = [(Çırpıldıktan sonraki hacim (ml) - Çırpılmadan önceki hacim (ml)]x100 / [Çırpılmadan önceki hacim (ml)]

3.2.2.11. İstatiksel analizler

Araştırma sonuçlarına göre elde edilen veriler MINITAB yazılım versiyonu 16 kullanılarak analiz edilmiştir. Ortalamalar arasındaki farkın önemli olup olmadığı Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi kullanılarak belirlenmiştir.

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

4.1. Yumurta Akı Tozunun Nem, Protein ve pH Sonuçları

Yumurta akı tozlarının nem, protein miktarlarının ve pH değerlerinin Varyans analiz sonuçları Çizelge 4.1'de Tukey Çoklu Karşılaştırma testi sonuçları ise Çizelge 4.2'de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Yumurta akı tozu nem, protein ve pH değerlerine ait varyans analiz sonuçları.

Varyasyon Kaynakları	SD	Nem		Protein		pH	
		KO	F	KO	F	KO	F
Muamele	3	4.9344	35.31**	14.267	46.13**	31.988	130565.03
Hata	20	0.1397		0.309		0.000	**
Toplam	23						

**:p<0.01 seviyesinde önemli

Çizelge 4.2. Yumurta akı tozu nem, protein ve pH değerlerine ait Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

Muamele	n	Nem (%)	Protein (%)	pH
Mikrodalga Kontrol	6	5.36^{c}±0.41	65.68^{c}±0.82	9.96^{a}±0.02
Mikrodalga Fermente	6	5.22^{c}±0.56	64.67^{d}±0.59	5.92^{c}±0.02
Etüv Kontrol	6	7.19^{a}±0.12	68.18^{a}±0.11	9.78^{b}±0.01
Etüv Fermente	6	6.17^{b}±0.24	67.08^{b}±0.45	5.82^{d}±0.01

*: Aynı sütunda farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak (p<0.01) birbirinden farklıdır.

Yumurta akı tozlarının varyans analiz sonuçları incelendiğinde nem, protein içerikleri ve pH değerleri istatistiki açıdan çok önemli (p<0.01) düzeyde bulunmuştur.

Çalışma sonuçlarına göre; mikrodalgada kurutularak elde edilen yumurta akı tozlarının nem içeriği, etüvde kurutularak elde edilen yumurta akı tozlarının nem içeriğinden daha düşük bulunmuştur. Kurutma yönteminin nem içeriği üzerinde çok önemli etkisi olmuştur. Sonuçlara göre, mikrodalga kullanımı ile etüve göre çok daha kısa süre içinde nem miktarı daha düşük yumurta akı tozu elde edilebileceği görülmüştür.

Protein miktarının; etüvde kurutularak elde edilen yumurta akı tozlarında (%67.08-68.18), mikrodalgada kurutularak elde edilen yumurta akı tozlarından (%64.67-65.68) daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Ndife ve ark. (2010), taze yumurta akının fırında 44 °C sıcaklıkta (4 saat) kurutulması yöntemiyle elde ettikleri yumurta akı tozunun fonksiyonel özelliklerini inceledikleri bir çalışmada, yumurta akı tozunun protein içeriğini %62.04, nem içeriğini ise %4.32 olarak belirlemişlerdir.

Preethi ve ark. (2020), yaptıkları bir çalışmada iletken hidro kurutma yöntemiyle elde ettikleri yumurta akı tozunun nem değerlerini %3-4 olarak belirlemişlerdir. Ayrıca dondurarak ve sprey kurutma yöntemiyle elde ettikleri yumurta akı tozlarının nem miktarlarının sırasıyla %3.11, %5.90 olduğunu gözlemlemişlerdir. Aynı çalışmada araştırmacılar, iletken hidro kurutma yöntemi sonucunda elde edilen yumurta akı tozlarının protein miktarlarının (%76.02, %80.71, %82.01) sprey kurutma yöntemi ile elde edilmiş yumurta akı tozunun protein miktarından (%68.01) daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca bu yöntemde yumurta akına uygulanan sıcaklık arttıkça elde edilen yumurta akı tozlarının protein miktarı azalmıştır. Araştırmacılar, sprey kurutma yöntemiyle elde edilen yumurta akı tozundaki protein kaybının, kurutma işlemi sırasında proteinlerin kısmen bozulmasından kaynaklanabileceğini, hidro kurutma yönteminin yumurta akı için verimli bir kurutma yöntemi olarak kullanılabileceğini ifade etmişlerdir.

Nahariah ve ark. (2019), bir çalışmasında, laktik asit bakterileri ile fermente ettikleri yumurta akında artan fermentasyon süresi ile toplam protein miktarında önemli ölçüde düşüşler olduğunu bildirmişlerdir. Bu durumun mikroorganizmaların proteinleri çözünmüş proteinlere parçalama yeteneği ile ilişkili olabileceğini bildirmişlerdir.

Ayadi ve ark. (2008), orta düzeyde püskürtmeli kurutma koşullarının kurutulmuş yumurta akı ve bütün yumurtanın işlevselliği üzerine etkisini araştırdıkları bir çalışmada elde ettikleri kurutulmuş yumurta akının protein miktarının %79.34 olduğunu bulmuşlardır. Sprey kurutma işleminden sonra protein miktarındaki azalmanın, yumurta akında bulunan proteinlerin ısıyla denatürasyonu ve sprey kurutma işlemiyle indüklenen amino asit kalıntılarındaki kimyasal değişim (deaminasyon gibi) ile açıklamışlardır.

Koç ve Çabuk (2020); yaptıkları bir çalışmada, köpük kurutma yöntemiyle 60 °C, 70 °C ve 80 °C'de kurutularak elde edilen yumurta akı tozlarının nem miktarlarının sırasıyla %6.44, %6.30, %6.97 olduğunu belirtmişlerdir. Kurutma hava sıcaklığı 60 °C'den 70 °C'ye yükseldiğinde nem içeriği değerleri azalmıştır, ancak daha fazla artış

için ters etki gözlemlenmiştir. Bu durumun yumurta akı köpüğündeki nemin atılmasına izin vermeyen kabuk oluşumundan kaynaklanmış olabileceğini belirtmişlerdir.

Koç ve ark. (2011), sprey kurutma koşullarının bütün yumurta tozunun fonksiyonel ve fizikokimyasal özellikleri üzerine etkisini inceledikleri bir çalışmada, farklı sıcaklıklar sonucu elde ettikleri bütün yumurta tozlarından en yüksek nem içeriğine sahip olanın %3 seviyesinde olduğunu bildirmişlerdir.

Pratama ve ark. (2019), *Kluyveromyces lactis* başlangıç konsantrasyonu ve fermentasyon süresinin yumurta akı tozunun fiziksel, kimyasal ve fonksiyonel özelliklerine etkisini inceledikleri bir çalışmada nem içeriklerinin %12.80, %12.51, %12.75 olduğunu belirtmişlerdir.

Orishagbemi ve ark. (2017), bir çalışmada, köpük mat yöntemiyle 60 °C'de 5 saat kurutulmuş iki farklı çeşit bütün yumurtadan elde ettikleri yumurta tozunun nem oranlarını %5.1 ve %4.8 olarak belirlemişlerdir.

Nem içeriği %8'den fazla olmayan toz formundaki gıdaların uygun paketleme ve depolama altında kayda değer bir raf ömrüne sahip olduğu bildirilmiştir (Barbosa-Cánovas ve Juliano, 2005; Orishagbemi ve ark., 2017).

pH değerlerinin ise; her iki yöntem sonucunda da fermente yumurta akı tozlarında daha düşük olduğu gözlemlenmiştir. Bu durum fermentasyon aşamasından önce ürünün pH değerinin sitrik asitle düşürülmesi ve buna ek olarak fermantasyon aşamasında üründeki asit miktarının artmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Fermentasyon sırasında *Lactobacillus*'un glikozu organik asitlere (esas olarak laktik asit) dönüştüreceği ve pH'ı düşüreceği bildirilmiştir (Doblado ve ark., 2003).

4.2. Yumurta Akı Tozunun Verimi

Yumurta akı tozu verimi Varyans analiz sonuçları çizelge 4.3'de Tukey Çoklu Karşılaştırma testi sonuçları ise çizelge 4.4'de verilmiştir.

Çizelge 4.3. Yumurta akı tozunun verim miktarlarına ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	SD	Verim	
		KO	F
Muamele	3	1.0475	914.20**
Hata	20	0.0011	
Toplam	23		

**p<0.01 seviyesinde önemli.

Çizelge 4.4. Yumurta akı tozunun verim miktarlarına ait Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

Yumurta Tozu	**n**	**Verim (%)**
Mikrodalga Kontrol	6	10.60^{c}±0.03
Mikrodalga Fermente	6	11.22^{b}±0.02
Etüv Kontrol	6	11.20^{b}±0.04
Etüv Fermente	6	11.61^{a}±0.03

*: Aynı sütunda farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak ($p<0.01$) birbirinden farklıdır.

Yumurta akı tozlarının varyans analiz sonuçları (Çizelge 4.3) incelendiğinde verim değerleri istatistiki açıdan çok önemli ($p<0.01$) düzeyde bulunmuştur. Her iki yönteme göre de fermente yumurta akı tozlarında verimin, fermente olmayan yumurta akı tozlarına göre daha yüksek olduğu görülmektedir. Bu durumun fermentasyon sırasında bakterilerin biyokütle üretiminden kaynaklandığı düşünülmektedir. Ayrıca etüvde kurutularak elde edilen yumurta akı tozlarının verimlerinin mikrodalgada kurutularak elde edilen yumurta akı tozlarının verimlerinden daha yüksek olduğu görülmektedir. Bu durumun yumurta akı tozlarının nem miktarları ile ilişki olabileceği düşünülmektedir.

Ariyanti ve Hadiyanto (2013), fermente ürünlerde bakterilerin biyokütle üretimi sonucu verimlerinin artabileceğini açıklamıştır.

Pratama ve ark. (2019), *Kluyveromyces lactis* başlangıç konsantrasyonu ve fermentasyon süresinin yumurta akı tozunun fiziksel, kimyasal ve fonksiyonel özelliklerine etkisini inceledikleri bir çalışmada %9.21 (en düşük) ve %11.31 (en yüksek) arasında verim miktarlarına sahip farklı muamelelerde yumurta akı tozları elde etmişlerdir. *K. lactis* starter konsantrasyonu ve fermentasyon süresinin birlikte yumurta akı tozu verimi üzerinde önemli bir etki göstermediğini belirtmişlerdir. Ayrıca verimin, üretilen yumurta akı tozundaki karbonhidrat içeriği ve nem ile ilişkili olduğunu iddia etmişlerdir.

4.3. Yumurta Akı Tozunun Renk Sonuçları

Yumurta akı tozlarının renk değerlerini belirlemek için L^* (parlaklık), a^* (kırmızılık), b^* (sarılık) değerleri ölçülmüştür. Yumurta akı tozlarının renk değerlerine ait Varyans Analizi sonuçları Çizelge 4.5.'de ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları Çizelge 4.6.'de verilmiştir.

Varyans analiz sonuçlarına göre *L**, *a** ve *b** değerleri açısından yumurta akı tozları arasındaki fark istatistiki olarak çok önemli (p<0.01) düzeyde bulunmuştur.

Çizelge 4.5. Yumurta akı tozu renk verilerine ait Varyans Analizi sonuçları.

Varyasyon Kaynakları	SD	*L**		*a**		*b**	
		KO	F	KO	F	KO	F
Muamele	3	5.7874	274.78**	0.8213	5.01**	14.472	41.16**
Hata	20	0.0211		0.1639		0.352	
Toplam	23						

**p<0.01 seviyesinde çok önemli.

Çizelge 4.6. Yumurta akı tozu ortalama renk değerlerine ait Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları*.

Muamele	n	*L**	*a**	*b**
Mikrodalga Kontrol	6	97.41^{a}±0.11	-5.13^{b}±0.27	15.87^{c}±0.40
Mikrodalga Fermente	6	97.33^{a}±0.10	-4.94^{ab}±0.25	17.50^{b}±0.49
Etüv Kontrol	6	96.52^{b}±0.13	-4.39^{a}±0.23	18.08^{b}±0.18
Etüv Fermente	6	95.29^{c}±0.21	-5.21^{b}±0.68	19.63^{a}±0.98

*: Aynı sütunda farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak (p<0.01) birbirinden farklıdır.

Mikrodalga ile kurutulan yumurta akı tozlarında etüv ile kurutulan yumurta akı tozlarına kıyasla *L** değerlerinin daha yüksek, *b** değerlerinin ise daha düşük olduğu bulunmuştur. Etüv ile kurutularak elde edilen yumurta akı tozlarının *b** değerlerinin mikrodalga ile kurutularak elde edilen yumurta akı tozlarından yüksek olmasının sebebinin numunenin daha uzun kurutma işlemine maruz kalmasından dolayı olduğu düşünülmektedir. Ayrıca her iki yönteme göre de fermente yumurta akı tozlarının *b** değerlerinin kontrol gruplarından daha yüksek olduğu görülmektedir. Bu durum pH farklılıklarından kaynaklandığı düşünülmektedir.

(Koç ve Çabuk, 2020), köpük kurutma yöntemiyle 60 °C, 70 °C ve 80 °C'de kurutularak elde edilen yumurta akı tozlarının karakterizasyonunu inceledikleri bir çalışmada, kurutma sıcaklığının renk değerlerine önemli etkisi olduğunu belirtmişlerdir. Buna göre kurutma sıcaklığının 60 °C'den 70 °C'ye yükseldiğinde yumurta akı tozlarının *L** ve *a** değerlerinin önemli ölçüde arttığını ancak daha fazla sıcaklık artışının bu değerlerde önemli bir düşüşle sonuçlandığını, ayrıca *b** değerinde ise tam tersi etki gözlendiğini rapor etmişlerdir.

Pérez-Reyes ve ark. (2021), yumurta akı tozlarının kalitesine su aktivitesi ve kuru ısıtma süresinin etkisini araştırdıkları bir çalışmada, daha uzun kuru ısıtma süresinin, daha büyük b^*'ye karşılık gelen daha sarı numuneler ürettiği gözlemlemişlerdir. Sıcaklık ve daha uzun maruz kalma süresi ile protein yapılarındaki değişikliklerin bu renk değişikliklerini açıklayabileceğini bildirmişlerdir. Ayrıca yumurta akı tozunda L^* değerinin yüksek olmasının daha yüksek a_w değerine sahip olması ile açıklanabileceğini ifade etmişlerdir.

Preethi ve ark. (2020), yaptıkları bir çalışmada iletken hidro kurutma ve dondurarak kurutma yöntemleriyle elde ettikleri yumurta akı tozlarının L^*, a^* ve b^* değerlerinde önemli bir farklılık olmadığını ifade etmişlerdir.

Katekhong ve Charoenrein (2016), yumurta akına uyguladıkları dondurularak kurutma yönteminden sonra L^*, a^*, b^* değerlerinin sırasıyla 87.79, −1.89, 23.44 olduğunu bildirmişlerdir.

Katekhong ve Charoenrein (2017), yumurta akını dondurularak ve sıcak havayla kuruttukları bir çalışmada, sıcak havayla kurutulan yumurta akının b^* değerinin, dondurularak kurutulandan daha yüksek olduğunu belirtmişlerdir. Bu durumun sıcak havayla kurutulan yumurta akında muhtemelen enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonunun (Maillard reaksiyonu) meydana gelmesinden kaynaklandığını ifade etmişlerdir. Ayrıca sıcak havayla kurutulan yumurta akının su içeriği dondurarak kurutulan yumurta akından daha yüksek olduğunu, bu nedenle depolama sırasında sıcak havayla kurutulan yumurta akı numunesindeki Maillard reaktanlarının dondurarak kurutulan yumurta akındakinden daha yüksek bir moleküler hareketliliğe sahip olması ve bunun da daha yüksek b^* değerine neden olabileceğini belirtmişlerdir.

Katekhong ve Charoenrein (2018), sprey kurutma sıcaklıklarının kurutulmuş yumurta akının fiziksel ve fonksiyonel özellikleri üzerine etkilerini araştırdıkları bir çalışmada, sprey kurutma işleminde farklı giriş sıcaklıklarının (140 °C, 160 °C ve 180 °C) kullanılmasının, kurutulan numunelerin rengini etkilemediğini belirtmişlerdir.

Koç ve ark. (2011), sprey kurutma koşullarının bütün yumurta tozunun fonksiyonel ve fizikokimyasal özellikleri üzerine etkilerini inceledikleri bir çalışmada, L^* değerinin kurutma işlemi sırasında arttığı gözlemlemişlerdir.

4.4. Yumurta Akı Tozunun Jelde Renk Tayini Sonuçları

Jel tekstür tayininde belirtildiği gibi hazırlanan yumurta tozundan elde edilen jel örneklerinde renk değerlerini belirlemek için *L** (parlaklık), *a** (kırmızılık), *b** (sarılık) değerleri ölçülmüştür. Yumurta akı tozlarının renk değerlerine ait Varyans Analizi sonuçları Çizelge 4.7.'de ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları Çizelge 4.8.'de verilmiştir.

Varyans analiz sonuçlarına göre *L**, *a** ve *b** değerleri açısından yumurta akı tozları jel örnekleri arasındaki fark istatistiki olarak çok önemli ($p<0.01$) bulunmuştur.

Çizelge 4.7. Yumurta akı tozu jelinde renk verilerine ait Varyans Analizi sonuçları.

Varyasyon Kaynakları	SD	*L**		*a**		*b**	
		KO	F	KO	F	KO	F
Muamele	3	2.8992	6.05**	0.30685	4.98**	9.4311	20.29**
Hata	20	0.4793		0.06167		0.4648	
Toplam	23						

**p<0.01 seviyesinde önemli.

Çizelge 4.8. Yumurta akı tozu jelinde ortalama renk değerlerine ait Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları*.

Muamele	n	*L**	*a**	*b**
Mikrodalga Kontrol	6	$88.32^{b}\pm0.74$	$-4.93^{b}\pm0.32$	$9.72^{b}\pm0.66$
Mikrodalga Fermente	6	$89.48^{a}\pm0.35$	$-4.87^{b}\pm0.06$	$12.52^{a}\pm0.45$
Etüv Kontrol	6	$89.67^{a}\pm0.86$	$-4.43^{a}\pm0.32$	$11.50^{a}\pm0.79$
Etüv Fermente	6	$89.86^{a}\pm0.71$	$-4.77^{ab}\pm0.20$	$12.20^{a}\pm0.78$

*: Aynı sütunda farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak ($p<0.01$) birbirinden farklıdır.

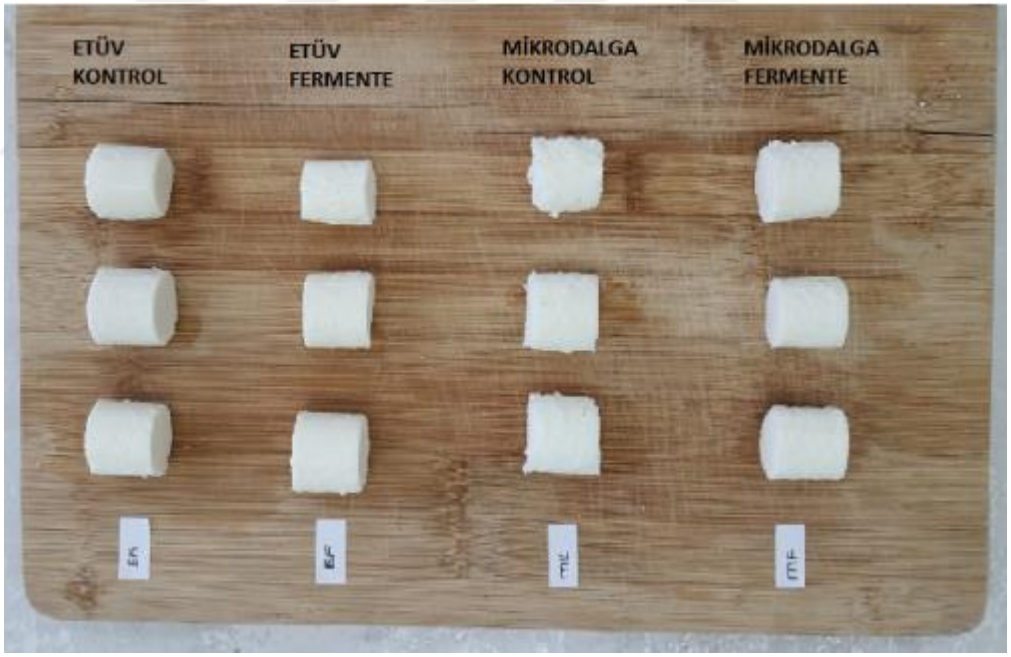
Yumurta akı tozundan elde edilen jellere göre araştırma sonuçları incelendiğinde, *L** değerinin mikrodalga kontrol grubunda en düşük (88.32) olduğu görülmektedir. Bu fark istatistiki açıdan önemli ($p<0.01$) düzeyde bulunmuştur. Diğer yumurta akı tozu jel örneklerinin *L** değerleri arasındaki fark istatistiki açıdan önemsizdir. Sonuçlara göre *a** değerinin ise en düşük etüv fermente (-4.77) grubunda olduğu görülmektedir. Her iki yönteme göre de fermente yumurta akı tozu jellerinin *b** değerlerinin kontrol gruplarından daha yüksek olduğu bulunmuştur. Bu durumun, örneklerin pH değerleri arasındaki farklılıklardan kaynaklandığı düşünülmektedir.

Handa ve ark. (1998), yaptıkları bir çalışmada, yumurta akı tozlarından elde edilen jellerin renklerinde pH'nın önemli ölçüde etkisi olduğunu belirtmişlerdir. Buna göre pH 5'de; *L**, *a**, *b** değerlerinin sırasıyla 89.4, -3.44, 8.33 olduğunu pH 9'da ise *L**, *a**, *b** değerlerinin sırasıyla 85.5, -5.36, 5.93 olduğunu gözlemlemişlerdir.

Kitabatake ve ark. (1988), ısı ile muamele edilen alkali yumurta akı jellerinin *L** değerinin daha düşük olduğunu bildirmişlerdir (Handa ve ark., 1998).

4.5. Yumurta Akı Tozunun Jel Tekstür Sonuçları

Yumurta akı tozlarının jel tekstür değerlerine ait Varyans Analizi sonuçları Çizelge 4.9.'da ve Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları Çizelge 4.10.'da verilmiştir. Yumurta akı tozlarının varyans analiz sonuçları incelendiğinde jel tekstür değerleri istatistiki açıdan çok önemli ($p<0.01$) düzeyde bulunmuştur. Şekil 4.1'de yumurta akından elde edilen jel yapıları görülmektedir.



Şekil 4.1. Yumurta akı tozlarından elde edilen jel yapıları.

Çizelge 4.9. Yumurta akı tozu jellerinin Tekstür Profil Analiz (TPA) parametrelerine ait Varyans Analizi sonuçları.

Varyasyon Kaynakları	SD	Sertlik		İç yapışkanlık		Elastikiyet		Dış yapışkanlık		Gamsılık		Çiğnenebilirlik		Geri kazanım	
		KO	F	KO	F	KO	F	KO	F	KO	F	KO	F	KO	F
Muamele	3	12732082	14645547.64**	934.28	3556.50**	0.020271	55.66**	0.18415	1037.46**	7859843	2686064.44**	5208686	1437957.60**	0.050800	896.47**
Hata	20	1		0.26		0.000364		0.00018		3		4		0.000057	
Toplam	23														

**p<0.01 seviyesinde önemli.

Çizelge 4.10. Yumurta akı tozu jellerinin ortalama Tekstür Profil Analiz (TPA) parametrelerine ait Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları*

Faktör	n	Sertlik(g)	İç yapışkanlık	Elastikiyet(mm)	Dış yapışkanlık	Gamsılık(g)	Çiğnenebilirlik (g×mm)	Geri kazanım
Mikrodalga Kontrol	6	703.22±0.97^{d}	-0.51±0.03^{a}	0.78±0.01^{a}	0.66±0.01^{a}	465.14±2.14^{c}	362.83±1.71^{c}	0.28±0.00^{b}
Mikrodalga Fermente	6	1223.03±0.93^{c}	-0.81±0.09^{a}	0.68±0.03^{b}	0.29±0.01^{c}	362.50±1.29^{d}	245.31±1.96^{d}	0.11±0.00^{d}
Etüv Kontrol	6	3301.35±0.99^{b}	-25.98±0.98^{c}	0.80±0.01^{a}	0.65±0.01^{a}	2540.54±1.04^{a}	2034.71±1.93^{a}	0.31±0.00^{a}
Etüv Fermente	6	3599.43±0.83^{a}	-16.37±0.29^{b}	0.80±0.01^{a}	0.61±0.02^{b}	2223.84±2.09^{b}	1775.90±1.99^{b}	0.26±0.01^{c}

*: Aynı sütunda farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak (p<0.01) birbirinden farklıdır.

Yumurta tozu jeli, protein içeriği, ısıtma hızı ve sıcaklık, pH, iyonik kuvvet, glikoz molekülünün oksidasyonu ve yüzey hidrofobisitesi gibi çeşitli faktörlerden etkilenmektedir (Kudre ve ark., 2018). Yumurtanın kurutulması sırasında yüzey hidrofobikliğinin arttığı ve bu durumun jel dokusu üzerinde faydalı bir etkiye sahip olduğu bildirilmiştir (Kato ve ark., 1990b; Handa ve ark., 2001).

Yumurta akı tozlarının jel tekstür sonuçları incelendiğinde, etüvde kurutularak elde edilen yumurta akı tozlarının jel sertliğinin mikrodalgada kurutularak elde edilen yumurta akı tozu jellerinden daha yüksek olduğu görülmektedir. Ayrıca fermentasyon işlemi her iki yönteme göre de yumurta akı tozlarının jel sertliğini artırmıştır. Handa ve ark. (2001), yumurta akı tozlarında jel sertliğinin protein yüzey hidrofobikliği ile arttığını bildirmişlerdir. Hammershøj ve ark. (2006)'na göre, ısıtma hücresinde kalma süresi ve sıcak hava ile temas hidrofobikliği artırmaktadır.

Katekhong ve Charoenrein (2017), yumurta akı tozunda jel numunelerinin sertlik değerlerindeki artışın, proteinin kısmi konformasyonel açılmasından kaynaklı olabileceğini belirtmişlerdir.

Kato ve ark. (1990a), kurutulmuş yumurta beyazının jel sertliğindeki artış ile kurutulmuş yumurta beyazı proteininin denatürasyon entalpisindeki azalmanın ilişkili olduğunu rapor etmişlerdir.

Preethi ve ark. (2020), bir çalışmada farklı kurutma koşullarında işlenen yumurta akı tozundan hazırlanan jellerde belirgin farklılık gözlendiğini ifade etmişlerdir. Buna göre sprey kurutma yöntemiyle elde ettikleri yumurta akı tozu jellerinin sertliğinin dondurarak kurutma ve iletken hidro kurutma yöntemiyle elde ettikleri yumurta akı tozu jellerin sertliğinden daha yüksek olduğu bildirmişlerdir.

Katekhong ve Charoenrein (2018), bir çalışmalarında spreyle kurutulan yumurta akı tozundan yapılan jel numunelerinin tüm kurutma koşulları altında (140, 160 ve 180 °C) sertlik değerinin önemli ölçüde farklı olmadığını gözlemlemişlerdir.

Lee ve Chen (1999), farklı sıcaklık uygulamaları (50, 65, 80 ve 95 °C) sonucunda kuruttukları yumurta akında kurutma sıcaklığının arttırılmasının, jel dokusu üzerinde olumsuz bir etkiye yol açtığını, kurutma sıcaklığı ne kadar yüksek olursa jel sertliğinin o kadar azalacağını bildirmişlerdir.

Koç ve ark. (2011), sprey kurutma koşullarının bütün yumurta tozunun fonksiyonel ve fizikokimyasal özellikleri üzerine etkilerini inceledikleri bir çalışmada, jel dokusunun hava giriş sıcaklığından önemli ölçüde etkilenmediğini bulmuşlardır.

Çalışma sonuçlarına göre gamsılık, çiğnenebilirlik ve geri kazanım değerleri etüv ile kurutularak elde edilen yumurta akı tozlarında daha yüksek iken, iç yapışkanlık değerlerinin daha düşük olduğu saptanmıştır. Bununla birlikte fermente gruplarda her iki yönteme göre de dış yapışkanlık, gamsılık, çiğnenebilirlik ve geri kazanım değerleri kontrol gruplarından daha düşük bulunmuştur.

Yüksek elastikiyet değeri, jelin sağlam ağ yapısını koruma yeteneğini göstermektedir (Handa ve ark., 1998). Araştırma sonuçlarına göre mikrodalgada kurutularak elde edilen fermente yumurta akı tozunun diğer gruplara göre en düşük elastikiyet değerine sahip olduğu görülmektedir. Bu fark istatistiki açıdan önemli ($p<0.01$) düzeydedir. Diğer yumurta akı tozlarının elastikiyet değerleri arasındaki fark istatistiki açıdan önemsiz bulunmuştur.

4.6. Yumurta Akı Tozunun Viskozite Sonuçları

Yumurta akı tozu viskozite değerlerine ait Varyans analiz sonuçları çizelge 4.11.'de, Tukey Çoklu Karşılaştırma testi sonuçları ise çizelge 4.12'de belirtilmiştir.

Çizelge 4.11. Yumurta akı tozunun farklı kayma hızlarında ölçülen viskozite değerlerine ait Varyans Analizi sonuçları.

Varyasyon Kaynakları	SD	20 dev/dak		50 dev/dak		100 dev/dak	
		KO	F	KO	F	KO	F
Muamele	3	2613904	1043.82**	488342	272.05**	161870	207.69**
Hata	20	2504		1795		779	
Toplam	23						

**p<0.01 seviyesinde önemli.

Çizelge 4.12. Yumurta akı tozunun farklı kayma hızlarında ölçülen ortalama viskozite değerlerine ait Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları*.

Yumurta Tozu	n	20 dev/dak	50 dev/dak	100 dev/dak
Mikrodalga Kontrol	6	$1430.0^{a}\pm99.40$	$614.00^{a}\pm84.43$	$354.00^{a}\pm55.74$
Mikrodalga Fermente	6	$155.0^{b}\pm8.37$	$58.00^{b}\pm6.07$	$32.00^{b}\pm2.53$
Etüv Kontrol	6	$20.00^{c}\pm0.00$	$16.00^{b}\pm0.00$	$12.00^{b}\pm0.00$
Etüv Fermente	6	$176.7^{b}\pm8.16$	$60.67^{b}\pm3.93$	$34.33^{b}\pm1.97$

*: Aynı sütunda farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak ($p<0.01$) birbirinden farklıdır.

Tüm kayma hızlarında (10 dev/dak, 20 dev/dak, 50 dev/dak, 100 dev/dak) yumurta akı tozlarının viskozite değerleri arasındaki farklar istatistiki olarak önemli ($p<0.01$) düzeyde bulunmuştur. Yumurta akı tozlarına ait viskozite sonuçları incelendiğinde etüvde kurutularak elde edilen kontrol grubun diğer gruplardan daha viskoz yapıda olduğu görülmektedir. Mikrodalga kontrol grubunun viskozite değerleri tüm kayma hızlarında en yüksek değerdedir.

Wang ve ark. (2020); yumurta akı tozunun mikrodalga ile kuru ısıtılması sonucunda viskozitesini inceledikleri bir çalışmada, mikrodalga termal veya alan etkisi nedeniyle yumurta akı proteininin viskozitesini iyileştirebileceğini, yumurta akı proteininin viskozitesinin mikrodalga işleminden sonra arttığını gözlemlemişlerdir. Bu durumun, mikrodalganın yumurta akı proteininin çözünürlüğü ve denatürasyonu üzerindeki etkisiyle ilgili olabileceğini belirtmişlerdir. Ayrıca, mikrodalga ile kuru ısıtma işleminin, yumurta akı proteininin çözünürlüğünü de önemli ölçüde artırdığını ve çözeltideki çözünür protein içeriğinin, sistemin viskozitesinde önemli bir rol oynayabileceğini rapor etmişlerdir.

4.7. Yumurta Akı Tozunun Köpürme Kapasitesi ve Emülsiyon Kapasitesi Sonuçları

Yumurta akı tozu köpürme kapasitesi ve emülsiyon kapasitesi değerlerinin Varyans analiz sonuçları çizelge 4.13.'te Tukey Çoklu Karşılaştırma testi sonuçları ise çizelge 4.14.'te belirtilmiştir.

Çizelge 4.13. Yumurta akı tozlarının köpürme kapasitesi ve emülsiyon kapasitesi değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	SD	Köpürme Kapasitesi		Emülsiyon Kapasitesi	
		KO	F	KO	F
Muamele	3	1201.9	1872.26**	1039.8	1229.38**
Hata	20	0.6		0.8	
Toplam	23				

**p<0.01 seviyesinde önemli.

Çizelge 4.14. Yumurta akı tozlarının köpürme kapasitesi ve emülsiyon kapasitesi değerlerine ait Tukey Çoklu Karşılaştırma Testi sonuçları

Yumurta Tozu	n	Köpürme Kapasitesi (%)	Emülsiyon Kapasitesi (%)
Mikrodalga Kontrol	6	41.32^{b}±0.87	57.00^{c}±0.77
Mikrodalga Fermente	6	20.83^{d}±0.93	73.92^{b}±0.97
Etüv Kontrol	6	52.33^{a}±0.52	50.75^{d}±0.99
Etüv Fermente	6	27.20^{c}±0.82	78.17^{a}±0.93

*: Aynı sütunda farklı harfle işaretlenmiş ortalamalar istatistiki olarak ($p<0.01$) birbirinden farklıdır.

Köpük, gaz halindeki bir fazın katı ya da sıvı faz içerisinde dağıldığı koloidal bir dispersiyon olarak tanımlanmaktadır (Johnson ve Zabık, 1981). Yumurta akı tozunun köpürme özellikleri beze, pandispanya, şekerleme gibi ürünleri etkilemektedir. Yumurta akının köpürme özellikleri; yumurta sarısına ve bütün yumurtaya göre farklılık göstermekte ve birçok yönden kurutma işleminden etkilenmektedir (Koç, 2009).

Yumurta akının köpürme özellikleri ayrıca; çırpma hızı ve süresi, sıcaklık, pH, tavuk yaşı, yumurtanın tazeliği, depolama şartları, pastörizasyon, kuru madde miktarı, yumurta sarısı veya lipit varlığı, tuz, şeker, stabilizatörler ve yüzey aktif bileşikler, metal iyonları ve proteolitik enzimler gibi faktörlerden etkilenmektedir (Hata ve ark., 1997; Hammershøj ve Qvist, 2001).

Yumurta akının ana proteinlerinden kabul edilen ovotransferrin, köpük oluşumuna katkı sağlamaktadır, ancak düşük sıcaklıkta (53 °C) denatüre olmaktadır. Örneğin yumurta akının pastörizasyonunda bile, tüm yumurta akı proteinleri arasında en iyi köpürme kabiliyetine sahip olan ovotransferrin açısından önemli olan fonksiyonel özelliklerin zarar görmesine neden olabileceği bildirilmiştir (Bovšková ve Míková, 2011).

Yumurta akı tozlarının varyans analiz sonuçları incelendiğinde köpürme kapasitesi ve emülsiyon kapasitesi değerleri istatistiki açıdan çok önemli ($p<0.01$) düzeyde bulunmuştur. Fermente gruplarının köpürme kapasitesi değerlerinin kontrol gruplarından daha düşük seviyede olduğu tespit edilmiştir. Bunun sebebinin fermentasyon süresinin uzun olmasından kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Jiang ve ark. (2020), laktik asit bakterileri ile 3, 6 ve 9 saatlik farklı fermentasyon sürelerinin taze yumurta akı üzerine etkilerini belirledikleri bir çalışmada, 6 saatlik fermentasyondan sonra köpürme kapasitesinin %72.3'ten %93.0'a yükseldiğini, ancak daha sonra 9 saatlik fermentasyon sonucunda %66.3'e düştüğünü bildirmişlerdir. Bu durumun 6 saatlik fermentasyondan sonra yumurta akının köpürme kapasitesi,

moleküler yapı, yüzey aktivitesi ve reolojik özellikler dâhil olmak üzere yumurta akı proteinlerinin fizikokimyasal değişimlerinden kaynaklanabileceğini belirtmişlerdir.

Ayrıca etüvde kurutulan yumurta akı tozlarının köpürme kapasitesinin mikrodalgada kurutulanlara göre daha yüksek olduğu bulunmuştur. Bu durumun sıcaklıktan kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

Bamidele ve ark. (2019); 35 °C, 40 °C, 45 °C ve 50 °C fırın kurutma sıcaklıklarının taze bütün yumurtaların fonksiyonel özelliklerine etkisini incelediği bir çalışmada, köpürme kapasitesi değerlerinin sırasıyla %20.59, %19.61, %13.73 ve %26.47 olduğunu rapor etmişlerdir. Ek olarak aynı çalışmada emülsiyon aktivitesinin sırasıyla %40.83, %46.25, %45, %43.75 olduğu belirtilmiştir. Araştırmacılar tarafından, 50 °C'de köpürme kapasitesinin artması, ısı uygulaması nedeniyle yumurta sarısı lipidinin yoğunluğu azalacağından, ısının yumurtanın lipit bileşeni üzerindeki etkisinden kaynaklanabileceği, ayrıca artış, ovomusin-albümin kompleksinin ısıl işlemle ayrışmasıyla da ilişkili olabileceği şeklinde yorumlanmıştır.

Franke ve Kießling (2002), püskürtmeli kurutucunun giriş havası sıcaklığı ve nozül basıncının yumurta tozunun fonksiyonel özellikleri üzerindeki etkisini incelemiş ve giriş havası sıcaklığı arttıkça protein çözünürlüğünün ve köpürme özelliklerinin azaldığını bulmuşlardır.

Orishagbemi ve ark. (2017); bir çalışmada köpük kurutma yöntemiyle 60 °C'de 5 saat kurutulmuş iki farklı çeşit bütün yumurtadan elde ettikleri yumurta tozunun köpürme kapasitesi değerlerini %17 ve %18.2 olarak belirlemişlerdir. Ayrıca bu sonuçların kullanılan ham sıvı yumurtaların köpürme kapasiteleri değerlerinden %10 oranında daha az olduğunu rapor etmişlerdir. Bu azalmanın kurutma sırasında, yumurtanın köpürmesinden sorumlu olan albümin proteininin ısıdan etkilenmesinin bir sonucu olarak açıklamışlardır.

Yumurta akı kuru halde (%7.5 nem) 80 °C'de 10 gün ısıtıldığında, köpürme kapasitesinin ve köpük stabilitesinin önemli ölçüde arttığı Kato ve ark. (1994) tarafından rapor edilmiştir.

Winarti ve Trianini (2005), en iyi yumurta akı köpürmesinin pH 6.5-9.5 civarında meydana geleceğini bildirmişlerdir (Pratama ve ark., 2019).

Bovšková ve Míková (2011); yumurta akının köpük kalitesini etkileyen faktörlerini inceledikleri bir çalışmada, pastörize edilmiş ve pastörize edilmemiş yumurta beyazının en kötü çırpma kalitesinin pH 5'te gözlendiğini belirtmişlerdir.

Yumurta sarısı, bütün yumurta ve yumurta akı gıda ürünlerinde iyi birer emülsifiye edici ajandır (Chapin, 1951). Fermentasyon işlemi sonrasında elde edilen yumurta akı tozlarının emülsiyon kapasitesinin (%73.92-78.17) kontrol gruplarının emülsiyon kapasitesinden (%57-50.75) yüksek olduğu araştırma sonucunda belirlenmiştir.

Emülgatör olarak proteinin etkinliğinin sadece proteinin türüne ve durumuna (doğal veya katlanmamış) değil, aynı zamanda çözeltinin pH değerine, diğer emülgatörlerin varlığına, iyonik kuvvete ve eklenen yağın türüne de bağlı olduğu bildirilmiştir (Hermansson, 1994).

Campbell ve ark. (2003), kuru ısıtma işlemi uygulanarak yumurta akı tozlarının emülsiyon kapasitesi ve emülsiyon stabilitesi değerlerinin artırılabileceğini bildirmişlerdir.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

5.1 Sonuçlar

Bu çalışmada, pastörize yumurta akının etüv ve mikrodalga olmak üzere iki farklı yöntemle kurutulması sonucunda elde edilen yumurta akı tozlarının bazı fizikokimyasal ve fonksiyonel özellikleri belirlenmiştir. Elde edilen veriler istatistiki analiz test sonuçlarına göre değerlendirilmiştir.

Yumurta akı tozlarının varyans analiz sonuçları incelendiğinde, nem protein miktarları ve pH değerleri istatistiki açıdan çok önemli ($p<0.01$) düzeyde bulunmuştur. Çalışma sonuçlarına göre etüv ile elde edilen yumurta akı tozlarının nem miktarı (%6.17-7.19) mikrodalga ile elde edilen yumurta akı tozlarının nem miktarından (%5.22-5.36) daha yüksek bulunmuştur. Mikrodalgada kurutularak elde edilen yumurta akı tozlarının nem miktarı çok daha kısa süre içinde daha fazla azalmıştır. Ayrıca mikrodalgada elde edilen yumurta akı tozlarının (kontrol ve fermente) nem içeriklerinin yakın olduğu (istatistiki açıdan önemsiz) belirlenmiştir ve etüvde kurutma yöntemine göre bu yöntem ile daha kontrollü bir şekilde yumurta akı tozu elde edilebileceği düşünülmektedir.

Etüvde kurutularak elde edilen yumurta akı tozlarının protein miktarlarının (%67.08-68.18), mikrodalgada kurutularak elde edilen yumurta akı tozlarından (%64.67-65.68) daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca her iki yönteme göre fermente yumurta akı tozlarının protein miktarlarının daha az olduğu belirlenmiştir.

Çalışma sonuçlarına göre her iki kurutma (mikrodalga ve etüv) işleminde de fermente yumurta akı tozlarının pH değerlerinin (5.82-5.92) fermentasyon uygulanmamış yumurta akı tozlarından (9.78-9.96) daha düşük olduğu gözlemlenmiştir. Bu durumun fermentasyon işlemi öncesinde yumurta akına ilave edilen sitrik asitten kaynaklandığı bilinmektedir. Ayrıca fermentasyon işlemi sırasında kullanılan bakterinin glikozu organik asitlere dönüştürerek yumurta akının pH değerini azalttığı düşünülmektedir.

Yumurta akı tozlarının varyans analiz sonuçlarına göre, verim oranları istatistiki açıdan çok önemli ($p<0.01$) bulunmuştur. Buna göre her iki yöntemde de fermente gruplarının (%11.22-11.61) verim oranının kontrol gruplarından (%10.60-11.20) daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bu durumun fermentasyon işlemi sırasında bakterilerin

biyokütle üretiminden kaynaklandığı düşünülmektedir. Ayrıca verim oranlarının yumurta akı tozlarının nem miktarları ile de ilişkili olduğu gözlemlenmiştir.

Yumurta akı tozlarının varyans analiz sonuçları incelendiğinde, renk değerleri istatistiki açıdan çok önemli ($p<0.01$) bulunmuştur. Çalışma sonuçlarına göre L^* değerinin mikrodalga ile elde edilen yumurta akı tozlarında (97.33-97.41), etüv ile elde edilen yumurta akı tozlarından (95.29-96.52) daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca etüvde kurutularak elde edilen yumurta akı tozlarının b^* değerleri (18.08-19.63), mikrodalgada kurutularak elde edilen yumurta akı tozlarından (15.87-17.50) daha yüksek bulunmuştur. Bu durumun etüvde kurutma işleminde numunenin daha uzun süre ısıya maruz kalmasından kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

Çalışma sonuçlarına göre yumurta akı tozlarının varyans analiz sonuçları incelendiğinde, yumurta akı tozlarının jel rengi değerleri istatistiki açıdan çok önemli ($p<0.01$) düzeyde bulunmuştur. L^* değerinin mikrodalga kontrol grubunda en düşük (88.32) olduğu görülmektedir. Diğer yumurta akı tozu jel örneklerinin L^* değerleri arasındaki fark istatistiki açıdan önemsizdir. Sonuçlara göre a^* değerinin ise en düşük etüv fermente (-4.77) grubunda olduğu görülmektedir. Her iki yönteme göre de fermente yumurta akı tozu jellerinin b^* değerlerinin kontrol gruplarından daha yüksek olduğu bulunmuştur. Bu durumun, örneklerin pH değerleri arasındaki farklılıklardan kaynaklandığı düşünülmektedir.

Yumurta akı tozlarının varyans analiz sonuçları incelendiğinde, jel tekstür değerleri istatistiki açıdan çok önemli ($p<0.01$) bulunmuştur. Buna göre, etüvde (3301.35-3599.43 g) kurutularak elde edilen yumurta akı tozlarının jel sertliğinin mikrodalgada (703.22-1223.03 g) kurutularak elde edilen yumurta akı tozu jellerinden daha yüksek olduğu görülmektedir. Ayrıca fermentasyon işlemi her iki yönteme göre de yumurta akı tozlarının jel sertliğini artırmıştır. Bu farklılıkların proteinlerden ve kurutma işleminin süresinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Çalışma sonuçlarına göre gamsılık, çiğnenebilirlik ve geri kazanım değerleri etüv ile kurutularak elde edilen yumurta akı tozlarında daha yüksekken, iç yapışkanlık değerlerinin daha düşük olduğu saptanmıştır. Bununla birlikte fermente gruplarda her iki yönteme göre de dış yapışkanlık, gamsılık, çiğnenebilirlik ve geri kazanım değerleri kontrol gruplarından daha düşük bulunmuştur. Ayrıca mikrodalgada kurutularak elde edilen fermente yumurta akı tozunun diğer gruplara göre en düşük elastikiyet değerine sahip olduğu görülmektedir. Bu fark istatistiki açıdan önemli ($p<0.01$) düzeydedir. Diğer yumurta

akı tozlarının elastikiyet değerleri arasındaki fark istatistiki açıdan önemsiz bulunmuştur.

Fermantasyon işleminin ve farklı kurutma yöntemlerinin yumurta akı tozunun köpürme kapasitesi üzerinde çok önemli ($p<0.01$) etkiye sahip olduğu belirlenmiştir. Buna göre; etüv ile elde edilen yumurta akı tozlarının köpürme kapasitesi (%27.20-52.33) mikrodalga ile elde edilen yumurta akı tozlarının köpürme kapasitesinden (%20.83-41.32) daha yüksek bulunmuştur. Ayrıca uygulanan fermentasyon işlemi sonucunda yumurta akı tozlarının köpürme kapasitesinin önemli ölçüde azaldığı görülmektedir. Bunun olumsuz durumun fermentasyon süresinin uzun olmasından kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

Çalışma sonuçlarına göre; fermentasyon işleminin her iki yönteme göre, yumurta akı tozlarının emülsiyon kapasitesini önemli düzeyde ($p<0.01$) artırdığı gözlemlenmiştir. Fermantasyon işlemi uygulanmadan elde edilen yumurta akı tozlarının emülsiyon kapasiteleri %50.75 ve %57 iken, fermente yumurta akı tozlarının emülsiyon kapasiteleri ise %78.17 ve %73.92 olarak bulunmuştur.

5.2 Öneriler

Yumurta, mükemmel bir protein kaynağıdır. Fakat raf ömrünün kısa olması bu değerli gıdanın kullanımını sınırlandırmaktadır. Yumurtanın işlenerek yumurta akı tozuna dönüştürülmesi ile raf ömrü 1-2 yıla kadar uzatılabilmektedir. Ayrıca çeşitli ön işlemlerin elde edilen son ürüne farklı fonksiyonel özellikler kazandırdığı görülmüştür.

Yumurta üretiminin dönemsel veya piyasa şartlarından dolayı üretim fazlası olması durumunda yumurta akı tozuna dönüşümünün yadsınamayacak derecede olumlu etkisi olacaktır. Bu durumda işletmeler yumurta üretiminde üretim kapasitesini düşürmeden üretimlerini devam edebileceklerdir. Yumurta akı tozu üretimi genel olarak şu an için dünyada çok yaygın kullanılan bir ürün olmadığı gibi yeterli kaynak veya çalışma olmadığı gözlemlenmiştir. Yaptığımız çalışmada farklı kurutma yöntemleri sonucunda elde ettiğimiz toz numunelerin bazı fizikokimyasal ve fonksiyonel özellikleri üzerinde durulmuştur. Ayrıca fermentasyon işleminin yumurta akı tozundaki etkileri gözlemlenmiştir. Çalışmada kullanılan bakteri kültürü probiyotik olup gelişimi takip edilmemiştir. İlerleyen zamanlarda buna yönelik kapsamlı araştırmalar ile yeni ürünler geliştirilmesinin faydalı olabileceği düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

Akbay, R., 1985, Tavuk Eti ve Tavukçulukta Tutulan Kayıtlar, *Bilimsel Tavukçuluk. Güven Matbaa. ANKARA*.

Aksu, H. ve Algan, Ö., 2007, Pastörize Sıvı Yumurtaların Mikrobiyolojik Özellikleri Üzerine Bir Araştırma, *İstanbul Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü*.

Anandharamakrishnan, C., Rielly, C. and Stapley, A., 2007, Effects of process variables on the denaturation of whey proteins during spray drying, *Drying Technology*, 25 (5), 799-807.

Anyogu, A., Awamaria, B., Sutherland, J. and Ouoba, L., 2014, Molecular characterisation and antimicrobial activity of bacteria associated with submerged lactic acid cassava fermentation, *Food Control*, 39, 119-127.

AOAC, I., 2000, In Williams, S.(Ed.), Official methods of analysis, *Washington DC: Association of Official Analytical Chemists*.

Ariyanti, D. and Hadiyanto, H., 2013, Ethanol production from whey by Kluyveromyces marxianus in batch fermentation system: kinetics parameters estimation, *Bulletin of Chemical Reaction Engineering & Catalysis*, 7 (3), 179.

Arnold, J. W., Monteagudo-Mera, A., Altermann, E., Cadenas, M. B., Thompson, A. L. and Azcarate-Peril, M. A., 2017, Genome sequences of potential probiotic Lactobacillus rhamnosus isolates from human infants, *Genome announcements*, 5 (14), e00107-00117.

Arzeni, C., Pérez, O. E. and Pilosof, A. M., 2012, Functionality of egg white proteins as affected by high intensity ultrasound, *Food Hydrocolloids*, 29 (2), 308-316.

Ayadi, M., Khemakhem, M., Belgith, H. and Attia, H., 2008, Effect of moderate spray drying conditions on functionality of dried egg white and whole egg, *Journal of Food Science*, 73 (6), E281-E287.

Bamidele, A., Olusegun, O. and Folasade, J., 2019, Influence of Different Oven Drying Temperatures on Functional Properties and Amino Acid Composition of Eggs, *American Journal of Food Technology*, 14, 19-27.

Barbosa-Cánovas, G. V. and Juliano, P., 2005, Physical and chemical properties of food powders, In: Encapsulated and powdered foods, Eds: CRC Press, p. 51-86.

Belitz, H.-D., Grosch, W. and Schieberle, P., 2009, Food contamination, *Food Chemistry*, 467-497.

Bell, D. D., Weaver, W. D. and North, M. O., 2002, Commercial chicken meat and egg production, Springer Science & Business Media, p.

Bergquist, D., 1986, Egg dehydration. Ch. 14 in Egg Science and Technology, WJ Stadelman and OJ Cotterill, Avi Publishing, Westport, CT.

Bovšková, H. and Míková, K., 2011, Factors influencing egg white foam quality, *Czech Journal of Food Sciences*, 29 (4), 322-327.

Campbell, L., Raikos, V. and Euston, S. R., 2003, Modification of functional properties of egg-white proteins, *Food/Nahrung*, 47 (6), 369-376.

Chapin, R. B., 1951, Some factors affecting the emulsifying properties of hen's egg, Degree of Ph.D of Science Food Technology, *Iowa State University*.

Coffmann, C. and Garciaj, V., 1977, Functional properties and amino acid content of a protein isolate from mung bean flour, *International Journal of Food Science & Technology*, 12 (5), 473-484.

Daramola, E. I., 2018, Comparative evaluation of differently processed whole egg powder, Degree of Master of Animal Science, *Ahmadu Bello University*.

Demirci, M., 2011, Beslenme, Yenilenmiş 5. baskı, *Gıda Teknolojisi Derneği Yayın* (44), 370.

Doblado, R., Frias, J., Muñoz, R. and Vidal-Valverde, C., 2003, Fermentation of Vigna sinensis var. carilla flours by natural microflora and Lactobacillus species, *Journal of Food Protection*, 66 (12), 2313-2320.

Dubourg, G., Elsawi, Z. and Raoult, D., 2015, Assessment of the in vitro antimicrobial activity of Lactobacillus species for identifying new potential antibiotics, *International Journal of Antimicrobial Agents*, 46 (5), 590-593.

Erol, M., 1994, Ankara'da satılan yumurtaların Salmonella yönünden araştırılması, *Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Ankara*.

Fellows, P. J., 2009, Food processing technology: principles and practice, Elsevier, p.

Forsythe, S. ve Hayes, P., 1998, Food Hygiene, Microbiology and HACCP. Aspen Publishers, *Inc. Gaithersburg, Maryland. J*.

Franke, K. and Kießling, M., 2002, Influence of spray drying conditions on functionality of dried whole egg, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 82 (15), 1837-1841.

Giese, J., 1992, Advances in microwave food processing, *Food Technology (Chicago)*, 46 (9), 118-123.

Goldin, B. R., Gorbach, S. L., Saxelin, M., Barakat, S., Gualtieri, L. and Salminen, S., 1992, Survival of Lactobacillus species (strain GG) in human gastrointestinal tract, *Digestive Diseases and Sciences*, 37 (1), 121-128.

Guardiola, F., Codony, R., Rafecas, M., Grau, A., Jordán, A. and Boatella, J., 1997, Oxysterol formation in spray-dried egg processed and stored under various

conditions: prevention and relationship with other quality parameters, *Journal of Agricultural and Food Chemistry,* 45 (6), 2229-2243.

Güler, G., 2016, Serbest Olarak Yetiştirilen Yumurta Tavuklarının Yemlerinde ve Yumurtalarında Propolis Ekstraktı Kullanımının Raf Ömrü ve Kalite Parametrelerine Etkileri, Yüksek Lisans Tezi, *Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*.

Hammershøj, M. and Qvist, K. B., 2001, Research note: importance of hen age and egg storage time for egg albumen foaming, *LWT-Food Science and Technology,* 34 (2), 118-120.

Hammershøj, M., Rasmussen, H. C., Carstens, J. H. and Pedersen, H., 2006, Dry-pasteurization of egg albumen powder in a fluidized bed. II. Effect on functional properties: gelation and foaming, *International Journal of Food Science & Technology,* 41 (3), 263-274.

Handa, A., Takahashi, K., Kuroda, N. and Froning, G. W., 1998, Heat-induced egg white gels as affected by pH, *Journal of Food Science,* 63 (3), 403-407.

Handa, A., Hayashi, K., Shidara, H. and Kuroda, N., 2001, Correlation of the protein structure and gelling properties in dried egg white products, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49 (8), 3957-3964.

Hata, H., Hagi, T. and Horano, K., 1997, Hen Eggs. Their Basic and Applied Science, CRC Press. Boca Raton.

Heperkan, D. ve Gökler, O., 2006, Kabuklu yumurtada patojen riskleri ve muhafaza yöntemleri, *Dünya Gıda*, 11-17.

Hermansson, A.-M., 1994, Microstructure of protein gels related to functionality, In: Protein structure-function relationships in foods, Eds: Springer, p. 22-42.

Howell, W. H., McNamara, D. J., Tosca, M. A., Smith, B. T. and Gaines, J. A., 1997, Plasma lipid and lipoprotein responses to dietary fat and cholesterol: a meta-analysis, *The American Journal of Clinical Nutrition*, 65 (6), 1747-1764.

Hunter, R. S., 1975, The meseasurment of appearance. Jone Wiley & Sons, *Inc., New York.*

Jiang, Y., Jia, J., Xiong, D., Xu, X., Yang, Y., Liu, X. and Duan, X., 2020, Effects of short-term fermentation with lactic acid bacteria on egg white: Characterization, rheological and foaming activities, *Food Hydrocolloids*, 101, 105507.

Johnson, T. M. and Zabık, M. E., 1981, Ultrastructural examination of egg albumen protein foams, *Journal of Food Science*, 46 (4), 1237-1240.

Katekhong, W. and Charoenrein, S., 2016, Changes in physical and gelling properties of freeze-dried egg white as a result of temperature and relative humidity, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 96 (13), 4423-4431.

Katekhong, W. and Charoenrein, S., 2017, Color and gelling properties of dried egg white: Effect of drying methods and storage conditions, *International Journal of Food Properties*, 20 (9), 2157-2168.

Katekhong, W. and Charoenrein, S., 2018, Influence of spray drying temperatures and storage conditions on physical and functional properties of dried egg white, *Drying Technology*, 36 (2), 169-177.

Kato, A., Ibrahim, H. R., Watanabe, H., Honma, K. and Kobayashi, K., 1990a, Structural and gelling properties of dry-heated egg white proteins, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 38 (1), 32-37.

Kato, A., Ibrahim, H. R., Watanabe, H., Honma, K. and Kobayashi, K., 1990b, Enthalpy of denaturation and surface functional properties of heated egg white proteins in the dry state, *Journal of Food Science*, 55 (5), 1280-1283.

Kato, A., Ibrahim, H., Nakamura, S. and Kobayashi, K., 1994, New methods for improving the functionality of egg white proteins, *Egg Uses and Processing Technologies: New Developments. Wallingford, UK: CAB International*, 250-267.

Kiosseoglou, V., 2003, Egg yolk protein gels and emulsions, *Current Opinion in Colloid & Interface Science*, 8 (4-5), 365-370.

Kitabatake, N., Shimizu, A. and Doi, E., 1988, Preparation of heat-induced transparent gels from egg white by the control of pH and ionic strength of the medium, *Journal of Food Science*, 53 (4), 1091-1095.

Koç, G. Ç. and Çabuk, B., 2020, Characterization of The Foam-Mat Dried Egg White Powder, *Gıda*, 45 (1), 150-160.

Koç, M., 2009, Pastörize sıvı yumurtanın püskürtmeli kurutma yöntemi ile optimum kurutma koşullarının belirlenmesi ve mikroenkapsülasyonu, *Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, İzmir, Türkiye*.

Koç, M., Koç, B., Susyal, G., Yilmazer, M. S., Ertekin, F. K. and Bağdatlıoğlu, N., 2011, Functional and physicochemical properties of whole egg powder: effect of spray drying conditions, *Journal of Food Science and Technology*, 48 (2), 141-149.

Koelkebeck, K., 2007, What is egg shell quality and how to preserve it. University of Illinois, Department of Animal Sciences.

Kovacs-Nolan, J., Phillips, M. and Mine, Y., 2005, Advances in the value of eggs and egg components for human health, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53 (22), 8421-8431.

Kudre, T. G., Bejjanki, S. K., Kanwate, B. W. and Sakhare, P. Z., 2018, Comparative study on physicochemical and functional properties of egg powders from

Japanese quail and white Leghorn chicken, *International Journal of Food Properties*, 21 (1), 957-972.

Lechevalier, V., Jeantet, R., Arhaliass, A., Legrand, J. and Nau, F., 2007, Egg white drying: Influence of industrial processing steps on protein structure and functionalities, *Journal of Food Engineering*, 83 (3), 404-413.

Lee, W. and Chen, T., 1999, Effects of drying temperature and desugarization on gelation characteristics of egg white solids, *Journal of food processing and preservation*, 23 (4), 349-353.

Lili, L., Huan, W., Guangyue, R., Xu, D., Dan, L. and Guangjun, Y., 2015, Effects of freeze-drying and spray drying processes on functional properties of phosphorylation of egg white protein, *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, 8 (4), 116-123.

Linden, G. and Lorient, D., 1999, New ingredients in food processing: biochemistry and agriculture, CRC Press, p.

Lopez de Ogara, M., Bercovich, F., Pilosof, A. and Bartholomai, G., 1986, Denaturation of soybean proteins related to functionality and performance in a meat system, *International Journal of Food Science & Technology*, 21 (3), 279-287.

Megahed, M., 2001, Microwave roasting of peanuts: effects on oil characteristics and composition, *Food/Nahrung*, 45 (4), 255-257.

Mine, Y., 1995, Recent advances in the understanding of egg white protein functionality, *Trends in Food Science & Technology*, 6 (7), 225-232.

Mountney, G. ve Parkhurst, C., 1976, Eggs-physical, chemical, nutritional and functional characteristics, *Poultry Products Technology, Avi Publishing Company Inc, Connecticut, USA*, 320-325.

Nahariah, N., Legowo, A., Abustam, E., Hintono, A. and Hikmah, H., 2018, Functional characteristics of fermented egg white powder after pan-drying at different temperatures and times, *International Journal of Poultry Science*, 17 (3), 134-139.

Nahariah, N., Hikmah, H. and Yuliati, F., 2019, Microbiological activities in fermented egg whites with different level of milk and fermentation times, *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 214-221.

Ndife, J., Ejikeme, C. and Amaechi, N., 2010, Effect of oven drying on the functional and nutritional properties of whole egg and its components, *African Journal of Food Science*, 4 (5), 254-257.

Nikoskelainen, S., Ouwehand, A. C., Bylund, G., Salminen, S. and Lilius, E.-M., 2003, Immune enhancement in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) by potential probiotic bacteria (*Lactobacillus rhamnosus*), *Fish & Shellfish Immunology*, 15 (5), 443-452.

Onwuka, G. I., 2005, Food analysis and instrumentation: theory and practice, Napthali prints, p.

Orishagbemi, C., Ichado, I. and Sanda, M., 2017, Physical, functional and sensory properties of foam mat dehydrated whole egg powder, *Journal of Scientific Research and Reports*, 1-7.

Pérez-Reyes, M. E., Tang, J., Barbosa-Cánovas, G. V. and Zhu, M.-J., 2021, Influence of water activity and dry-heating time on egg white powders quality, *LWT*, 140, 110717.

Petrova, T., Krugalev, S. ve Malakhova, V., 1986, Effect of drying regimes on properties of dried egg, *Mjasnaja Industrija SSSR*, 5, 27-28.

Prasad, N., Swamy, M., Viswanathan, K. ve Santhanam, K., 2004, Nutritional quality of egg-fortified biscuits, *Journal of Food Science and Technology-Mysore*, 41 (5), 534-536.

Pratama, A., Putranto, W. S., Suradi, K., Adawiyah, R., Risanawati, R. and Ninda, C., 2019, The Effect of Kluyveromyces Lactis Starter Concentration and Fermentation Time to the Physicochemical and Functional Properties of Egg White Powder, *Jurnal Ilmu dan Teknologi Hasil Ternak (JITEK)*, 14 (2), 117-125.

Preethi, R., Shweta, D., Moses, J. and Anandharamakrishnan, C., 2020, Conductive hydro drying as an alternative method for egg white powder production, *Drying Technology*, 1-13.

Quan, T. H. and Benjakul, S., 2018, Gelling properties of duck albumen powder as affected by desugarization and drying conditions, *Journal of texture studies*, 49 (5), 520-527.

Reid, G. and Burton, J., 2002, Use of Lactobacillus to prevent infection by pathogenic bacteria, *Microbes and Infection*, 4 (3), 319-324.

Rosenberg, U. and Bogl, W., 1987, Microwave thawing, drying, and baking in the food industry, *Food Technology (Chicago)*, 41 (6), 85-91.

Rostami, H., Dehnad, D., Jafari, S. M. and Tavakoli, H. R., 2018, Evaluation of physical, rheological, microbial, and organoleptic properties of meat powder produced by Refractance Window drying, *Drying Technology*, 36 (9), 1076-1085.

Sadıkoğlu, H. ve Özdemir, M., 2003, Dondurarak kurutma teknolojisi ve evreleri, *Gıda*, 28 (6), 643-649.

Sebring, M., 1995, Desugarization of egg products, *Egg Science and Technology*, 323-334.

Senkoylu, N., 2001, Yumurtanın Biyolojik Özellikleri, *Modern Tavuk Üretimi. Anadolu Matbaası, İstanbul*, 55-64.

Serdaroğlu, M. ve Deniz, E. E., 2002, Sıvı Yumurtaların Dondurulması ve Dondurma Nedeniyle Oluşan Kalite Problemleri, *Hayvansal Üretim*, 43 (1).

Shallo, H., 2001, Designer foods: egg products, *Proceedings of the 54th Reciprocal Meat Conference. American Meat Science Association, Savory, IL*, 169-171.

Spicer, A., 1969, Freeze drying of foods in Europe, *FOOD TECHNOLOGY*, 23 (10), 1272-&.

Stadelman, W. J., 1988, Egg and poultry-meat processing, VCH, p.

Stadelman, W. J. and Cotterill, O. J., 1995, Egg science and technology. Ed, Binghamton, NY: Food Products Press.

Surai, P. and Sparks, N., 2001, Designer eggs: from improvement of egg composition to functional food, *Trends in Food Science & Technology*, 12 (1), 7-16.

Susyal, G., 2011, Mikroenkapsüle edilmis yumurta tozunun depolanması sırasında yağ asitleri kompozisyonunda meydana gelen değişmeler, *Yüksek Lisans Tezi, Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Manisa*.

Szajewska, H., Kotowska, M., Mrukowicz, J. Z., Arma, M. and Mikolajczyk, W., 2001, Efficacy of Lactobacillus GG in prevention of nosocomial diarrhea in infants, *The Journal of Pediatrics*, 138 (3), 361-365.

Şamlı, H. ve Okur, A., 2016, Tüm Yönleriyle Yumurta, *İstanbul: İstanbul Ticaret Borsası Yayınları, Yayın* (208), 1-133.

Şenköylü, N., 2001, Modern Tavuk Üretimi (Gözden Geçirilmiş ve Genişletilmiş 3. Baskı), *Anadolu Matbaası, ISBN*, 975-93691.

Tekinşen, C. ve Çelik, C., 1995, Yumurta, *SÜ Vet. Fak. Yayın Ünitesi, Konya*.

Torino, M. I., Limón, R. I., Martínez-Villaluenga, C., Mäkinen, S., Pihlanto, A., Vidal-Valverde, C. and Frias, J., 2013, Antioxidant and antihypertensive properties of liquid and solid state fermented lentils, *Food Chemistry*, 136 (2), 1030-1037.

Van der Plancken, I., Van Loey, A. and Hendrickx, M., 2007, Effect of moisture content during dry-heating on selected physicochemical and functional properties of dried egg white, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55 (1), 127-135.

Vega-Mercado, H., Góngora-Nieto, M. M. and Barbosa-Cánovas, G. V., 2001, Advances in dehydration of foods, *Journal of Food Engineering*, 49 (4), 271-289.

Wang, X., Gu, L., Su, Y., Li, J., Yang, Y. and Chang, C., 2020, Microwave technology as a new strategy to induce structural transition and foaming properties improvement of egg white powder, *Food Hydrocolloids*, 101, 105530.

White, A. L. M., 2000, Microbial Modification of Egg Albumen to Improve Its Functional and Physicochemical Properties, Degree of Master of Science Food Science, *University of Manitoba*.

Winarti, E. and Trianini, 2005, Peluang telur invertil pada usaha penetasan telur itik sebagai telur konsumsi, *Seminar Nasional Teknologi Peternakan dan Venteriner*.

Wu, J., 2014, Eggs and egg products processing, *Food processing: Principles and applications*, 437-455.

Yaşkır, M., 2019, Laktik asit bakterileri kullanılarak üretilen yumurta akı tozlarının fonksiyonel özelliklerin belirlenmesi, *Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*.

Yuwanta, T., 2010, Telur dan kualitas telur, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.

Yüceer, M. ve Caner, C., 2019, Endüstriyel Yumurta Ürünlerinin Helal Gıda Açısından Üretim Şartlarının İncelenmesi ve Değerlendirilmesi, *Helal Yaşam Dergisi*, 1 (1), 23-34.

Yücel, A., 2000, Yumurta, *Yumurta ve Bal, Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Yardımcı Ders Notları*, 4, 5-36s.

Zeidler, G., 2002, Processing and packaging shell eggs, In: Commercial chicken meat and egg production, Eds: Springer, p. 1129-1161.